

간행물 등록번호

MABIK-2022-000001-10

제5회 해양생물 탐구대회 수상작 모음집

나도 해양과학자

- 해양생물 + 탄소중립 -



주최·주관



국립해양생물자원관

후원



해양수산부



교육부

제5회 해양생물 탐구대회 수상작 모음집

나도 해양과학자

- 해양생물 + 탄소중립 -



주최·주관



국립해양생물자원관

후원



해양수산부



교육부

// 국립해양생물자원관 제5회 해양생물 탐구대회를 소개합니다 //

| 해양생물 탐구대회는

해양생물에 대한 청소년의 관심을 유발하고, 그 중요성에 대한 인식을 제고하기 위해 마련되었습니다.
그리고 청소년의 해양적 소양 및 과학탐구능력 함양에 도움이 되고자 하였습니다.

| 제5회 대회의 주제는 해양생물+탄소중립

기후위기의 시대, 우리가 정한 주제로 함께 고민하고 탐구해보는 경험의 시간이었습니다.

| 탐구대회는

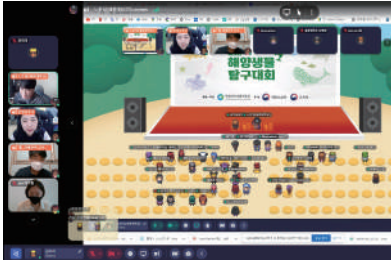
국립해양생물자원관이 주최·주관하고, 해양수산부, 교육부가 후원하였습니다.

| 탐구대회의 접수부터 수료까지

대상	최종접수	본선진출	최종수료
(국내) 전국 초·중·고	104팀	30팀	25팀
(해외) 베트남, 인도네시아 청소년	2팀	2팀	2팀

| 탐구대회 진행과정은

- 탐구계획서 접수 : 2022. 5. 19.(목) ~ 6. 7.(화)
- 예선심사 : 2022. 6. 13.(월)
- 온라인 워크숍 : 2022. 6. 22.(수), 게더타운 * 지난대회 수상팀 인천원당초, 대전하기중 발표
- 멘토선생님과 함께 : 2022. 6. 22.(수) ~ 10. 12.(수)
- 본선 중간심사 : 2022. 8. 22.(월) ~ 8. 29.(월)
- 본선 최종심사 : 2022. 10. 29.(토)
- 시상식 : 2022. 10. 29.(토)



온라인 워크숍



카페활동(멘토링)



최종발표대회

| 탐구대회 시상내역은

시상		초	중	고
해양수산부장관상	대상 (3팀)	Sea앗! 탐험대 (하남풍산초등학교)	글 속 바다의 미래 (다선중학교)	비교와 대조 (한국과학영재학교)
	최우수상 (3팀)	SEA레기톤 (솔밭초등학교)	남성여중의 자랑 (이리남성여자중학교)	sea_nergy(씨_너지) (하동여자고등학교)
국립해양생물 자원관장상	우수상 (6팀)	TOP (연산초등학교)	넷-제로팀(Net-Zero) (순천왕의중학교)	PISCES (동인고등학교)
		그랑블루 (용죽초등학교, 비전초등학교)	서울 sea 물주먹 (동국대사범대학부속 여자중학교)	객흔풀 (중등고등학교)
	장려상 (13팀)	해(海) 맑은 아이들 (한밭초등학교)	탄소줄이는 밥상 위에 오이장아찌 (송의여자중학교)	부산강한여자 (부산과학고등학교)
		씨위드(Sea with) (대전성모초등학교)	네모난 돌 (연무여자중학교)	환생 (인천하늘고등학교)
		S.Y.H (운중초등학교)	석고대죄 (연무여자중학교)	이서 (청심국제고등학교)
		-	I CAN SEA YOU (군산 진포중학교)	간척을 배척 (인천포스코고등학교)
		-	RGB (대전중학교)	-
	-	Come O2n (당리중학교,장평중학교, 하단중학교)	-	
	특별상 (2팀)	-	MK SCIENCE (Hoang Van Thu Middle School, Nguyen Du Middle School/베트남)	Salvator Maris (SMAN Kuningan/ 인도네시아)



Index

| 초등부 수상작

- Sea앗! 탐험대 08
- SEA레기통 26
- TOP 38
- 그랑블루 56
- 海맑은 아이들 70
- 씨워드 86
- S.Y.H 100

| 중등부 수상작

- 글 속 바다의 미래 118
- 남성여중의 자랑 163
- 넷-제로팀(Net-Zero) 150
- 서울 SeA 물주먹 168
- 탄소줄이는 밥상 위에 오이장아찌 186
- 네모난 돌 200
- 석고대죄 220
- I CAN SEA YOU 234
- RGB 248
- Come O2n 260



| 고등부 수상작

- 비교와 대조 278
- sea_nergy(씨_너지) 298
- PISCES 318
- 객흔풀 336
- 부산강한여자 350
- 환생 370
- 이서 386
- 간척을 배척 396

| 해외팀 수상작

- MK SCIENCE 418
- Salvator Maris 420

| 멘토선생님 의견 424



제5회
해양생물 탐구대회 

수상작모음집

초등부

초록빛 바다를 지키기 위해서 -기장군 갯녹음과 바다숲에 대한 탐구



팀명 Sea앗! 탐험대

학생명 정민준, 김나을

지도교사명 이지은

학교 하남풍산초등학교

1. 탐구 동기 및 목적

○ 탐구 동기

- 바다숲이 사라지고 있다.
- 지구 온난화와 바다 개발, 해조류를 먹이로 하는 동물의 증가로 인해 바다숲이 줄어드는 ‘갯녹음’ 현상이 일어나고 있다. 한국 수자원 공단에 따르면, 갯녹음 현상은 제주도를 시작으로 동해와 남해까지 빠르게 확산되고 있으며, 그 면적이 19000ha에 이른다고 한다.
- 주로 제주도 조하대에서 관찰되던 갯녹음은 2021년 현장 조사 결과 18개 해역의 조간대에서도 진행되고 있는 것이 확인되었다.
- 특히, 최근 3년 동안 갯녹음이 부산 기장군에서 빠르게 퍼지고 있다고 한다. 기장 해조류 연구센터에 따르면, 기장 연안의 40%에서 갯녹음이 진행하고 있다.
- 갯녹음 현상이 진행되면 딱딱하고 하얀 석회질이 바위를 덮는다. 이로 인해 해조류가 살 수 있는 공간이 사라지고, 바다숲이 줄어든다. 바다숲이 줄어들면 바다숲에 사는 생물도 줄어들어 바다 전체가 큰 피해를 입는다.
- 탄소 중립과 바다숲
- 해조류는 나무처럼 광합성을 해서 이산화탄소를 흡수하고, 땅에 저장한다. 이를 통해 공기 중의 온실 가스를 줄여 탄소 중립에 도움을 줄 수 있다.
- 기장군은 올해 해양수산부의 인공구조물 개발 사업에 선정되어, 2025년까지 인공어초에 해조류를 심는 사업이 진행된다.
- 기장 해역별 해조 자원 조사에 따르면, 기장군의 두호, 공수, 대번 등의 해역은 길천, 월내, 임랑의 해역과 비교하였을 때 갯녹음 정도 차이가 심한 편이다.

따라서, 우리는 부산 기장군 해안 조간대 최상부를 답사하여 기장군에서 살고 있는 해조류를 관찰하고, 석회조류의 번성 정도를 관찰하고자 한다. 갯녹음이 심한 해역과 그렇지 않은 해역을 비교하며 기장군 갯녹음의 원인에 대해 탐구할 것이다. 이를 바탕으로 기존의 갯녹음 판정 기준의 보완점을 제시하고자 한다. 또한, 기장군 바다숲 조성에 적절한 해조류를 선정하고, 메타버스를 이용하여 바다숲을 체험할 수 있는 콘텐츠를 제작해볼 것이다. 이를 통해 사람들에게 바다숲의 가치에 대해 알리고, 해양 탄소 중립을 위한 바다숲 조성사업에 기여하고자 한다.

○ 탐구 목적

- 기장군 연안 답사를 통해 기장군 연안의 갯녹음 현황을 파악한다.
- 갯녹음이 심한 해역과 그렇지 않은 해역의 수온, pH, 주변 환경 등을 비교하여 기장군 갯녹음의 원인 및 특징을 조사한다.
- 갯녹음 판정 기준의 보완점을 제시한다.
- 기장군에서 잘 자라는 해조류 종류를 선정하여 기장군 바다숲 조성사업에 기여한다.
- 메타버스와 SNS를 통해 사람들에게 바다숲의 필요성과 가치에 대해 알린다.

2. 탐구 내용 및 결과

탐구 ① 기장 해안 실태조사



○ 탐구 동기

- 부산시 기장군에 위치한 해역 중 갯녹음이 비교적 심한 것으로 알려진 대변, 동암, 공수와 갯녹음이 심하지 않은 것으로 알려진 월내, 길천 해역을 답사하여 주변 환경을 관찰하고, 수온, 염도, 산도를 측정한다. 이를 통해 같은 기장군 내에서도 갯녹음 정도의 차이가 발생하는 이유를 알아보고자 한다.

○ 방법

- 2022.08.10.~2022.08.12. 부산 기장군 대변, 동암, 공수, 월내, 길천 해역을 답사하며 해안과 주변 환경의 특징을 조사한다.
- 바닷물의 온도, 염도, 산도를 측정한다. (3회 측정 후 평균값 기록)



○ 결과

1) 월내항 방파제 인근 (부장 기장군 장안읍 월내리)



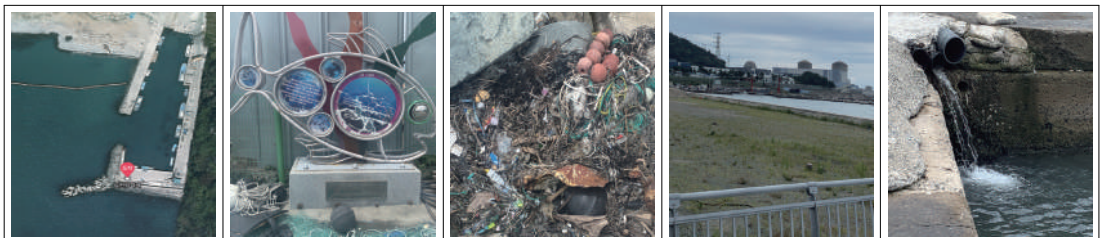
(1) 주변 환경 특징

- 월내항의 어업 인구는 3,000여 명으로 부산광역시 총 어업 인구의 31.7%에 해당하는 연안 어업의 근거지이다.
- 남쪽에는 임랑 해수욕장이 있고, 북쪽에서 장안천이 흘러 해안으로 유입된다.
- 월내~고리간 친수공원 조성사업으로 연안 피해 방지를 위해 방파제 축조가 진행되고 있다. 답사기간에도 공사가 진행되어 월내항 일부 해안은 접근이 어려웠다.

(2) 수온, 염도, pH 조사

- 수온 (°C) : 17.7
- 염도 (‰) : 2.93
- 산도 (pH) : 8.2

2) 길천 방파제 인근 (부산 기장군 장안읍 길천리)



(1) 주변 환경 특징

- 해안 지역은 대부분 매립되어 고리 원자력 발전소의 부지로 활용되고 있다고 한다.
길천항에서도 원자력 발전소가 보일 정도로 가까운 거리에 위치하고 있다. 원전은 냉각수로 바닷물을 끌어다 쓰고, 7~9℃가량 데워진 물을 바다로 방출한다고 한다.
- 바다숲을 홍보하는 조형물을 확인할 수 있었다. 조형물은 버려진 낚시그물, 부표 등과 함께 방치되고 있다.
- 인근 건물에서 항구 쪽으로 방출수가 흐르고 있었다. 방출수의 온도는 24.3도로, 길천항의 수온인 19.3℃보다 약 4℃가량 높았다.
- 항구 주위에서 부표, 그물 등 쓰레기들을 많이 관찰할 수 있었다.

(2) 수온, 염도, pH 조사

- 수온(℃) : 19.3
- 염도(%) : 3.18
- 산도 (pH) : 8.4

3) 대변항 인근 (부산 기장군 기장읍 대변리)



(1) 주변 특징

- 대변항은 전국 멸치 생산량의 60%를 차지하는 국내 최대의 멸치 산지이다.
멸치를 소재로 한 분수 조형물을 확인할 수 있었다.
- 다른 항구에 비해 항구가 매우 크고, 주변에 생선과 젓갈을 파는 가게 등을 많이 볼 수 있다.
- 어업에 사용하는 그물 등 쓰레기가 항구 곳곳에 버려져 있었다.
- 답사 당시 방파제를 보강하기 위한 공사가 진행되고 있었다.

(2) 수온, 염도, pH 조사

- 수온(℃) : 17.7
- 염도(%) : 3.3
- 산도 (pH) : 8.3

4) 동암 방파제 인근 (부산 기장군 기장읍 연화리)



(1) 주변 특징

- 북쪽으로 오랑대공원과 해동용궁사가 위치해 있어 관광객들이 많다고 한다. 답사 기간 동안 방문한 기장군 해역 중 사람이 가장 많았다.
- 각종 캔 및 플라스틱 쓰레기를 많이 찾을 수 있었다.
- 주위에 횡집이 많아 버려진 전복과 조개껍질이 많았다. 횡집 주인분께 여쭙보니, 관광객이 많은 여름에는 하루에 5~6망씩 전복 껍질이 나온다고 하셨다.
- 방파제 주위로 죽은 해조류들이 쌓여있었고, 방파제 블록이 부식되어 일부가 부서지고 하얗게 변한 모습을 관찰할 수 있었다.

(2) 수온, 염도, pH 조사

- 수온(°C) : 19.4
- 염도(%) : 3.19
- 산도 (pH) : 8.6

5) 공수 어촌 체험 마을 인근 (부산 기장군 기장읍 시랑리)



(1) 주변 특징

- 송정해수욕장과 근접해있고, 어촌 체험마을을 운영하고 있다.
- 작은 홍합, 따개비 등 조식동물, 경쟁생물이 서식하고 있었다.
- 다른 해안에 비해 사람이 많지 않았고, 주변에서 공사도 진행하고 있지 않았다.

(2) 수온, 염도, pH 조사

- 수온(°C) : 19.7
- 염도(%) : 2.1
- 산도 (pH) : 7.5

탐구 ② 기장 연안의 해조류 서식 현황



○ 내용

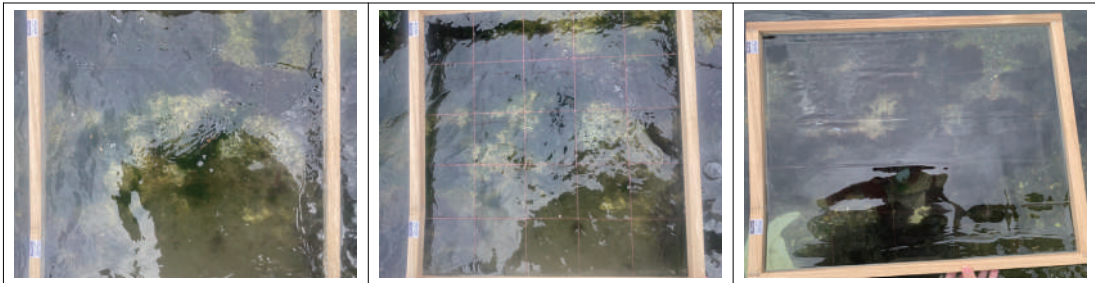
- 부산시 기장군에 위치한 해역 중 대변, 동암, 공수, 월내, 길천 해역의 조간대에서 해조류 방형구 조사를 실시한다. 이를 통해 지역별 갯녹음 진행 정도를 파악하고자 한다.

○ 방법

- 50 × 50 cm 크기의 방형구를 사용하여 해역별 2~3개의 정점에 걸쳐 사진 촬영 후, 촬영된 사진을 통해 전체 바위 면적 대비 유무절 석회조류가 관찰된 바위의 면적의 비율을 계산한다.
- 방형구에서 해조류가 출현하는 경우 출현한 해조류 표본을 채집하며, 채집 후 구글렌즈 검색 및 도감 조사를 통해 종을 파악한다. 이후 종별 피도를 기록한다. 생물이 출현하는 경우 출현 종을 기록한다.

○ 결과

1) 월내항 방파제 인근 (부장 기장군 장안읍 월내리)



석회조류 관찰상	관찰된 거의 모든 바위의 일부에 하얀 석회가 점박이 형태로 전체 면적 대비 30% 가량 붙어있다.
해조류 관찰상	초록갈파래, 구멍갈파래, 잎파래의 녹조류와 다시마, 미역의 갈조류, 꼬시래기가 약 40%정도 관찰된다. 이 중 녹조류가 차지하는 비율은 약 10% 정도이다.
조식·경쟁생물 관찰상	조사 지역에서 조식·경쟁생물은 관찰되지 않았다.

2) 길천 방파제 인근 (부산 기장군 장안읍 길천리)



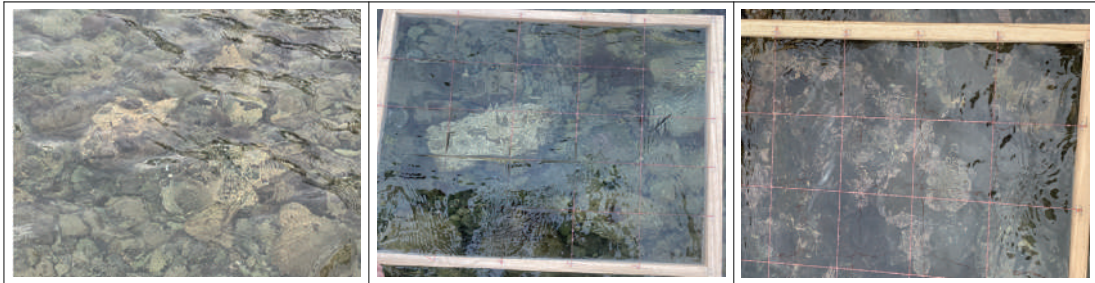
석회조류 관찰상	관찰된 모든 바위에는 아니지만, 70%이상 바위에 하얀 석회가 덮인 형태로 붙어 있다. 흰색 석회질이 관찰된 바위는 전체 면적의 90%이상 흰색으로 덮여있다.
해조류 관찰상	녹조류, 갈조류, 홍조류 등 해조류는 전혀 관찰되지 않았다.
조식·경쟁생물 관찰상	조사 지역에서 조식·경쟁생물은 관찰되지 않았다.

3) 대변항 인근 (부산 기장군 기장읍 대변리)



석회조류 관찰상	거의 모든 바위에서 흰색, 회색, 분홍색 석회조류를 관찰할 수 있었다. 바위의 95% 이상이 석회조류로 덮여있다.
해조류 관찰상	녹조류는 전혀 관찰되지 않았고, 다시마를 5%가량 관찰할 수 있었다.
조식·경쟁생물 관찰상	조사 지역에서 조식·경쟁생물은 관찰되지 않았다.

4) 동암 방파제 인근 (부산 기장군 기장읍 연화리)



석회조류 관찰상	관찰된 모든 바위에는 아니지만, 약 70%의 바위에 흰색, 분홍색 석회가 덮힌 형태로 붙어있다. 흰색 석회질이 관찰된 바위는 전체 면적의 90%이상이 흰색으로 덮여있다. 일부 바위는 분홍색 석회질이 점처럼 붙어있는 것을 확인할 수 있었다.
해조류 관찰상	녹조류는 전혀 관찰되지 않았고, 다시마를 3% 가량 관찰할 수 있었다.
조식·경쟁생물 관찰상	조사 지역에서 조식·경쟁생물은 관찰되지 않았다.

5) 공수 어촌 체험 마을 인근 (부산 기장군 기장읍 시랑리)



석회조류 관찰상	관찰된 모든 바위에는 아니지만, 약 20%의 바위에 하얀 석회가 덮힌 형태로 붙어있다. 흰색 석회질이 관찰된 바위는 전체 면적의 70%이상이 흰색 점박이 형태로 덮여있다.
해조류 관찰상	초록갈파래, 구멍갈파래, 청각의 녹조류를 5% 정도, 다시마를 10%정도 관찰할 수 있었다.
조식·경쟁생물 관찰상	조사 지역에서 홍합, 따개비, 고등을 다량 관찰할 수 있었다. 특히 홍합이 바위틈을 따라 우점하고 있었으며, 이 경우 해당 바위에서는 해조류를 전혀 볼 수 없었다.

탐구 ③

기장군 갯녹음 특징 분석 & 판정 기준 보완



○ 내용

- 탐구 ①,②를 바탕으로 기장군 해역별 갯녹음 현황을 정리하고, 해역별 특징을 비교하여 기장군 갯녹음의 특징을 분석한다.
- 분석 내용을 바탕으로 기존 갯녹음 판정 기준의 보완점을 제시한다.

○ 방법

- 월내, 길천, 대변, 동암, 공수 해역에서 측정한 수온, 염도, 산도, 석회 조류의 종류와 피도, 해조류 서식 현황, 조식 및 경쟁 생물의 유무, 주변 특징을 표로 정리하여 비교 분석한다.
- 수산자원관리공단에서 제공하는 갯녹음 진단 및 판정 기준을 알아보고, 탐구내용을 바탕으로 보완점을 제시한다.

○ 결과

1) 기장군 갯녹음 특징 분석

조사지역	수온 (°C)	염도 (%)	산도 (pH)	석회조류	해조류	조식·경쟁 생물 관찰상	주변 특징
월내	17.7	2.93	8.2	30%, 흰색, 점박이가 붙은 형태	40% (녹조류 10%)	x	북쪽에서 장안천이 흘러 유입, 방파제 축조 공사 진행 중
길천	19.3	3.18	8.4	70%, 흰색, 덮인 형태	x	x	원자력 발전소 방출수 유입, 어업 폐기물 발견
대변	17.7	3.3	8.3	95%, 흰색, 회색, 분홍색, 덮인 형태	5% (녹조류 x)	x	어업이 활발한 항구, 어업 폐기물 다량 발견, 방파제 보강공사 진행중
동암	19.4	3.19	8.9	70%, 흰색, 분홍색, 덮인 형태	3% (녹조류x)	x	관광객 다수 방문, 죽은 해조류, 방파제 부식 확인
공수	19.7	2.1	7.5	20%, 흰색, 점박이가 덮인 형태	15% (녹조류 5%)	홍합, 따개비, 고등 다량 발견	해수욕장 근접, 어촌 체험마을 운영, 사람이 많지 않음, 조식동물, 경쟁생물 서식 확인

(1) 갯녹음은 해역 전체에 진행되는 경우와 일부 바위에만 진행되는 경우가 있다.

- 석회 조류의 피도가 비슷하다고 하더라도 해역 전체에 점박이 형태로 붙어있는 경우와, 일부 바위에만 석회조류가 완전히 덮여있는 경우가 있었다. 두 경우 피도는 비슷하지만, 점박이 형태와 비교했을 때 덮인 형태의 갯녹음이 발생한 경우 해당 정점에서 해조류를 발견하기가 더 어려웠다. 덮인 형태의 갯녹음이 해조류 부착에 더 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 따라서, 피도 이외뿐만 아니라 갯녹음의 형태로 갯녹음의 정도를 파악할 수 있는 새로운 지표가 필요하다.

(2) 갯녹음은 염도가 높을수록 많이 발생한다.

- 염도가 3% 이상으로 나타난 길천, 대변, 동암 지역은 염도가 3% 미만으로 나타난 월내, 공수와 비교했을 때 갯녹음이 더 많이 발생했다. 특히, 염도가 3% 이상인 경우 갯녹음이 덮인 형태로 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

(3) 갯녹음은 위치보다 주위 환경에 많은 영향을 받는다.

- 월내, 길천 지역은 거리 상으로 매우 인접하게 위치하여 있음에도, 갯녹음 정도가 차이가 극명하게 나타났다. 월내와 길천지역은 수온에서도 1도 이상으로 큰 차이를 보였으며, 염도 역시 길천이 월내보다 0.3%가량 높게 나타났다. 이는 길천에 유입된 높은 온도의 방출수와 어업 폐기물의 영향일 것으로 예측할 수 있었다. 따라서, 해역의 위치뿐만 아니라 주변 환경의 특성을 고려하여 갯녹음 관리가 이루어져야 한다.

(4) 조식생물뿐만 아니라 따개비, 홍합이 서식하는 경우에도 해조류는 서식하기 어렵다.

- 공수지역 바위의 경우 바위 틈을 따라 많은 홍합이 서식하고 있었다. 공수의 다른 해역에서는 해조류를 발견할 수 있었지만, 홍합이 출현한 바위에서는 해조류를 발견할 수 없었다. 따개비, 홍합이 부착한 바위에는 해조류가 부착하기 어렵기 때문이라고 예측할 수 있었다.

(5) 어업과 관광으로 인한 폐기물은 갯녹음에 영향을 미친다.

- 답사를 진행하면서 어업 폐기물이 해안에 방치된 것을 확인할 수 있었다. 또한, 플라스틱 쓰레기들이 바다에 떠다니는 것도 자주 목격할 수 있었다. 어업과 관광업이 발달한 대변과 동암의 경우, 그렇지 않은 해역보다 갯녹음이 훨씬 많이 진행되었다. 인간의 활동이 갯녹음에 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있었다.

(6) 갯녹음은 기장군의 월내, 길천 해역까지 확대되고 있다.

- 2020년 기장군 해조류 서식 실태조사에 따르면, 월내, 길천 해역은 갯녹음이 1기 지역이었다. 그러나,

이번 답사 결과 길천 지역의 갯녹음은 2기로 나타났다. (무절 석회 조류 피도 60-80%, 해조류 피도 60-80%, 해조류 피도 20-40%) 이를 통해 갯녹음이 점차 확대, 심화되고 있음을 알 수 있다. 따라서, 갯녹음이 활발하게 진행 중인 기장군 해역에 바다숲을 조성하여 연안 생태계를 보호해야 함을 알 수 있었다.

2) 갯녹음 판정 기준 보완점 제시

- 수산자원관리공단의 갯녹음 판정은 석회조류와 해조류의 피도, 조식 동물량과 해조상을 통해 이루어진다. 그러나, 탐구 ③에 따라 판정 기준 및 요인을 보완할 필요가 있다.

판정기준	심화·지속 요인	판정
<input type="checkbox"/> 무절산호조류 피도 40~60% <input type="checkbox"/> 해조류 피도 40~60%	● 조식동물의 해조섭식량 30g/m ² /day ● 조식동물량(성개) 5~10마리/m ² ● 해조상 - 대형 갈조류 및 다년생 해조류 감소 - 소형 홍조 증가	제1기 (초기)
<input type="checkbox"/> 무절산호조류 피도 60~80% <input type="checkbox"/> 해조류 피도 20~40%	● 조식동물의 해조섭식량 40~60g/m ² /day ● 조식동물량(성개) 10~20마리/m ² ● 해조상 - 대형 갈조류 소실정후 - 소형 다년생 홍조류 서식	제2기 (진행)
<input type="checkbox"/> 무절산호조류 피도 80% 이상 <input type="checkbox"/> 해조류 피도 20% 미만	● 조식동물의 해조섭식량 70g 이상/m ² /day ● 조식동물량(성개) 20마리 이상/m ² ● 해조상 - 대형 갈조류 소실 - 소형 단년생 홍조류 서식	제3기 (심화)

▲ 갯녹음 진단 및 판정기준 (수산자원관리공단, 2014)

(1) 경쟁 생물의 서식

- 조식생물 뿐만 아니라 따개비, 홍합 등의 경쟁 생물이 서식하는 경우 역시 해조류가 서식하기 어려운 조건이 된다. 따라서, 경쟁 생물의 종류와 서식량도 갯녹음 심화·지속 요인에 추가할 필요가 있다.

(2) 갯녹음 형태 (덮인 형태 / 점박이 형태)

- 석회조류의 피도뿐만 아니라 석회 조류가 바위에 부착하고 있는 형태 또한 해조류의 서식에 영향을 준다. 따라서, 석회조류의 형태를 갯녹음 심화·지속 요인에 추가할 필요가 있다.

(3) 조사 해역의 염도

- 답사 결과 염도가 높을수록 갯녹음이 심화되는 것을 확인할 수 있었다. 조사 해역의 염도 역시 갯녹음 심화·지속 요인에 추가할 필요가 있다.

(4) 해역 주변 환경의 특징

- 원자력 발전소의 방출수가 방류되는 경우나 해역에서 활발한 어업이 이루어지고 있는 경우, 해역 인근에서 공사가 진행되는 경우에 갯녹음이 심화된다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서, 해역 주변 환경의 특징 역시 갯녹음 심화·지속 요인에 추가할 필요가 있다.

< 갯녹음 진단 및 판정 기준 (보완) >

판정기준	심화·지속 요인
무절 산호조류 피도	<ul style="list-style-type: none"> · 조식 동물의 해조섭취량 · 조식동물량(성계) · 해조상 <ul style="list-style-type: none"> - 대형 갈조류 및 다년생 해조류 감소 - 소형 홍조류 증가 - 갯녹음 형태 (점박이 / 덮음) - 경쟁 생물량 (피도) - 염도 (%) - 주변 환경의 특징 (방출수 유무, 주변 개발 현황 등)
해조류 피도	

탐구 ④

기장군 바다숲에 적합한 해조류 선정

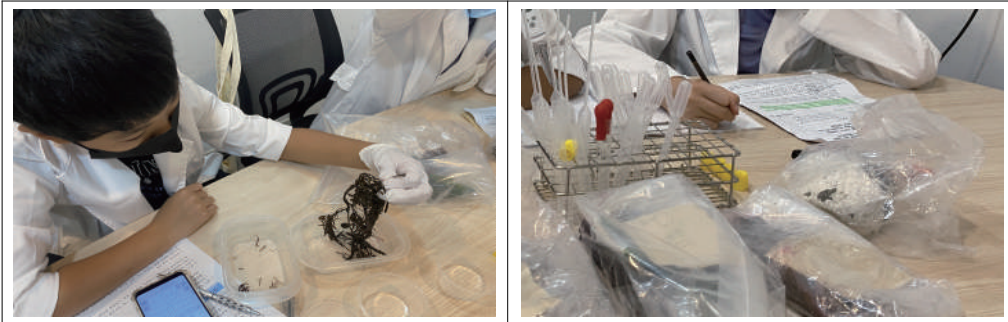


○ 내용

- 답사를 통해 기장군에 서식하는 해조류 표본을 채취한다.
- 엽록소 추출 실험을 통해 기장군 바다숲 조성에 적합한 해조류를 선정한다.

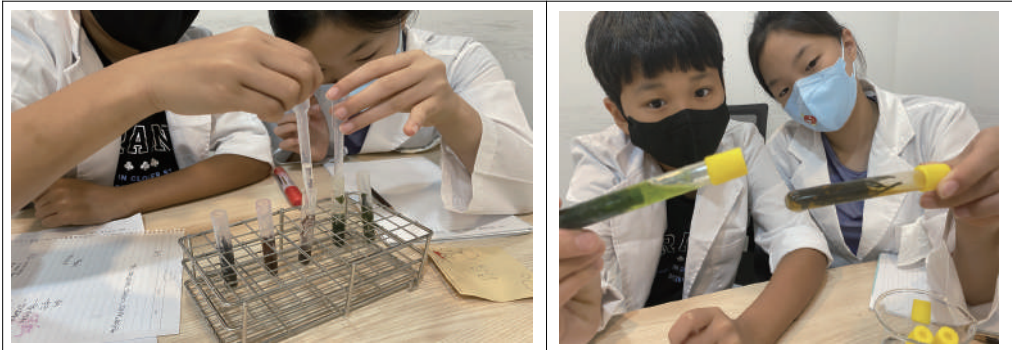
○ 방법

- 해조류 표본 채취



- 1) 기장군 해역을 답사하며 월내 길천, 대변, 동암, 공수에서 해조류를 채취한다.
- 2) 채취한 해조류를 해역별로 분류하여 지퍼백에 담고, 실험 전까지 냉장 보관한다.
- 3) 준비한 해조류 표본은 장갑을 끼고 관찰하며, 구글 렌즈, 도감 등을 참고하여 종을 파악한다.

- 해조류 광합성량 측정 (엽록소 추출 실험)






- 1) 유리관에 초록 갈파래, 청각, 꼬시래기, 다시마, 옥덩굴을 각각 10g씩 넣는다.
- 2) 유리관에 에탄올을 20ml씩 붓고, 80°C의 물에서 5분간 증탕한다.
- 3) 변화한 에탄올 색을 관찰한다.
- 4) 에탄올 색의 사진을 찍어 RGB 수치로 변환하여 기록한다.

○ 결과

1) 표본 채취 결과

월내	길천	대변	동암	공수
초록 갈파래, 구멍 갈파래, 다시마, 미역, 꼬시래기	해조류 관찰 X	다시마	다시마	초록 갈파래, 구멍 갈파래, 청각, 다시마

2) 엽록소 추출 실험 결과

초록 갈파래	청각	꼬시래기	다시마	옥덩굴
				
(RGB : 21 110 36)	(RGB : 105 80 39)	(RGB : 128 49 4)	(RGB : 143 66 44)	(RGB : 190 23 114)

- 엽록소는 모든 식물과 조류에서 발견되는 초록색 색소로, 광합성을 통해 산소를 만드는 중요한 역할을 한다. 엽록소가 많이 포함될수록 초록색에 가깝다.
- 바다숲 조성을 위한 해조류를 선정할 때 해조류의 산소 공급 역할을 고려하여 엽록소가 많이 포함된 해조류를 선정해야 한다.
- 광합성량을 우선으로 했을 때, 초록 갈파래나 청각을 선정하는 것이 가장 좋을 것이다. 그러나, 청각은 공수 해역에서만 소량 발견되었기 때문에 바다숲 조성을 위한 해조류로 초록 갈파래를 선정하는 것이 좋을 것이다.

탐구 ⑤

메타버스를 이용한 바다숲 박물관



○ 내용

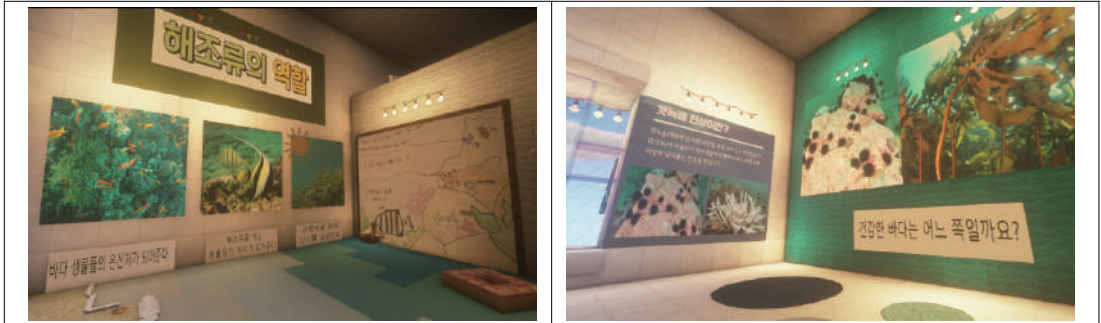
- 기장군의 갯녹음과 바다숲을 알릴 수 있는 온라인 바다숲 박물관을 만든다.
- 온라인 박물관 제작에 앞서 부산 해양 자연사 박물관의 '바다의 은밀한 지배자, 해조류' 전시를 관람하고, 전시 구성 방법을 익힌다.

○ 방법

- 교육용 메타버스 게임인 '마인크래프트'를 이용하여 바다숲을 알릴 수 있는 '바다숲 박물관'을 제작하여 학생들이 접속할 수 있도록 한다.
- 유튜브 채널을 개설하여 바다숲 박물관을 소개하는 홍보 영상을 제작 후 업로드 한다.

○ 결과





▲ 완성된 전시관 내부 모습
(해조류의 종류 및 역할, 갯녹음 현상과 기장군 갯녹음 현황, 바다숲에 대해 소개하고 있다.)

3. 탐구의 결론 및 의의

○ 결론

- 기장군 해안 실태 조사 : 기장군 월내~공수 해역의 해조류 서식 현황 및 해역 주변 환경을 답사를 통해 조사하였다.
- 기장군 해안 갯녹음 조사 : 기장군 월내~공수 해역의 갯녹음 진행 정도를 방형구를 통해 조사하였다. 월내, 길천 해역은 이전 조사와 달리 2기로 판명되어 기장군 해역에서 갯녹음이 심화되고 있다는 것을 알 수 있었다.
- 갯녹음 진단 기준 보완점 제시 : 기존 갯녹음 진단 기준의 보완점을 제시하였다. 이를 통해 갯녹음의 판정 및 예방에 도움을 줄 수 있다.
- 바다숲 조성에 적합한 해조류 선정 : 초록 갈파래를 이용하여 기장군 바다숲을 조성한다면 산소 공급에 효과적일 것이라고 판단하였다.
- 메타버스를 이용한 바다숲 박물관 제작 : 메타버스 게임인 마인크래프트를 통해 기장군 바다숲 박물관을 만들고, 갯녹음과 바다숲에 대해 알렸다.

○ 의의(기대효과)

기장군은 올해 해양수산부의 인공구조물 개발 사업에 선정되어, 2025년까지 인공어초에 해조류를 심는 사업이 진행된다. 이러한 상황에서 기장군 해역별 갯녹음 진행 정도 및 해조류 서식을 파악하는 것은 사업 진행의 기초가 될 수 있다. 또한, 갯녹음 판단 기준의 보완점을 제시하여 기존의 방식보다 더욱 정밀하고 다양하게 갯녹음을 판정할 수 있으며, 이는 갯녹음의 판정뿐만 아니라 예방에도 도움을 줄 수 있다. 마지막으로, 메타버스를 이용한 '바다숲 박물관'을 제작했다. 거리나 시간에 제약 없이 박물관을 이용할 수 있어 갯녹음과 바다숲에 대해 많은 사람들에게 알릴 수 있다.

4. 탐구를 진행하면서 어려운 점과 알게 된 점

○ 어려운점

- 경기도 하남에서 부산 기장군까지 답사를 다녀왔다. 대중교통을 타고 이동했는데, 이동 시간이 길고, 날이 덥고 습해서 힘들었다. 답사를 진행하기 전에 계획을 철저하게 세우는 것이 중요하다는 것을 알게 되었다.
- 방형구 틀을 설치하기 위해 바닷물 속으로 들어가야 했다. 물이 차가워서 힘들었다.
- 구글 렌즈로 검색을 해도 잘 나오지 않는 경우가 있어서 해조류 종류를 구분하는 것이 어려웠다.

○ 알게 된 점

- 갯녹음의 진행 과정과 종류에 대해 자세히 알게 되었다. 갯녹음이 점박이 형과 덮인 형 두 종류가 있다는 것을 알게 되었고, 분홍색과 회색, 흰색 석회조류가 있다는 것을 알게 되었다.
- 조식동물 뿐만 아니라 홍합 등 경쟁생물이 등장할 때도 해조류가 사라진다는 것을 알게 되었다.
- 갯녹음이 1기였던 월내, 길천 해역도 현재에는 갯녹음 2기로, 시간이 지날수록 갯녹음이 심화되고 있다는 사실을 알게되었다.
- 갯녹음은 조식동물뿐만 아니라 주변 환경에도 많은 영향을 받는다.
- 부산 기장군 해역을 답사할 때 관광객들이 버린 쓰레기와 어업 폐기물을 쉽게 찾아볼 수 있었다. 바다를 깨끗하게 관리해야 한다고 생각하게 되었다.

○ 기타

- 갯녹음의 지표는 기존에 제시된 것이 있기 때문에, 지표를 신호등으로 표시하는 것은 무의미하다고 판단. 갯녹음 판정 기준에 대한 보완점을 제시하는 것으로 변경함.
- 기장군해조류육종융합 연구센터 문의 결과 인공어초의 구조와 재질을 고안하는 실험은 초등학생 수준에서 어렵다고 판단. 엽록소 추출 실험을 통해 기장군 바다 숲에 적합한 해조류를 선정해보는 실험으로 대체함.

5. 참고문헌

○ 기사

- “바다의 사막화! 갯녹음 현상과 원인에 대해 알아보자!”, 한국해양과학 기술원
“바다 사막화 ‘갯녹음’기장해역에 급속 확산, 국제신문
“바다가 위험해요, 갯녹음”, 해양수산부
“하얗게 변하는 바다, 갯녹음 현상”, 한국해양수산개발원
“바다의 날을 맞이하여 알아보는 바다 사막화 현상”, 한국환경공단
“기장군, ‘해양 인공구조물 개발 사업’공모 선정”, 부산 기장군청 보도자료

○ 영상

- “거대한 해초 숲”, 바다탐험대 옥토넷
- <https://youtu.be/RNZX1MZ2q7Q>
“수온이 높아지며 갯녹음이 진행된 독도 바다”, UHD 환경스페셜, 22.01.13
- <https://youtu.be/4Qcz-gIN0ko>
수천억짜리 ‘바다 숲’ 들어가보니…바닷속은 ‘구조물 무덤’, KBS 2021.06.04.
- https://youtu.be/5_yGVOXPpQU
지금까지 이런 숲은 없었다...! 바다숲에 대한 모든 것, 똑똑한 바다, 2022.05.12
- <https://www.youtube.com/watch?v=NFLIOQIjWx0>
바다의 사막화, 갯녹음 현상 바다가 아프면 바다 친구들도 아파요, 자연과학동화, 2022.01.22.
- <https://youtu.be/0QupYfmprqk>

○ 논문

- 최임호. "한국 동해 연안해역의 갯녹음 현황 파악 및 관리방안 연구:." 국내박사학위논문 전남대학교 일반대학원, 2021. 광주
유혜민, 박지연, "한국의 갯녹음 실태 연구." 應用地理 -.33 (2016): 79-102.
김형근, 갯녹음(백화)현상의 원인 규명 및 대책, 해양수산부, 2022
곽철우, 바다숲 복원을 위한 부착기질 개선 및 Seed Bank 조성 기술개발 최종보고서, 해양수산부, 2018

○ **자문**

해조류육종융합 연구센터 윤민지 선생님

조류와 태양광을 이용한 해양 부유 쓰레기 제거장치에 대한 연구



팀명 SEA레기통

학생명 김건우, 김민주

지도교사명 이광원

학교 솔밭초등학교

1. 탐구 동기 및 목적

○ 탐구 동기

- 지금 바다에 떠다니는 쓰레기의 90%는 플라스틱이다. 이러한 바다에 떠다니는 플라스틱 등이 자외선, 파도, 해류 등에 마모되어 조각이 된 플라스틱을 2차 미세플라스틱이라 부르고, 분해되지 않은 채 해수면을 떠다니다 유해 화학물질을 흡수하고 고농축 독성물질로 변하게 되어 플랑크톤, 작은 물고기, 큰 물고기 등 먹이 사슬에 따라 축적되어 우리 식탁에 오를 수 있어 인간에게 심각한 위협이 됨을 알게 되었다.
- 우리가 자주 접하는 해변에서 얼마나 많은 미세플라스틱이 있는지 궁금하고, 미세플라스틱을 줄일 수 있는 방법을 알고 싶어졌다.

○ 탐구 목적

- 해안에서 오염물질, 플라스틱 쓰레기 및 모래사장에서 미세 플라스틱 조각들을 직접 눈으로 관찰하여 심각성을 느껴보는 기회를 가져본다.
- 바다에 떠다니는 플라스틱을 줄이기 위해 플라스틱 쓰레기 수집 장치가 필요하다고 생각했고, 쓰레기 수집 장치는 해양생물에게는 피해를 최소한으로 줄 수 있도록 만든다.
- 쓰레기 수집 장치에서 수거한 쓰레기 중 선별하여 플라스틱을 재활용하여 탄소 중립의 취지에 맞는 탄소배출을 줄일 수 있다.
- 쓰레기 수집 장치에는 태양광, 풍력, 조력 발전을 이용하여 항해하는 선박에 피해를 막는 조명을 설치하고, 남은 에너지는 모아 사용을 하면 신재생에너지로 무공해 에너지를 생산할 수 있다.

2. 탐구 내용 및 결과

○ 내용

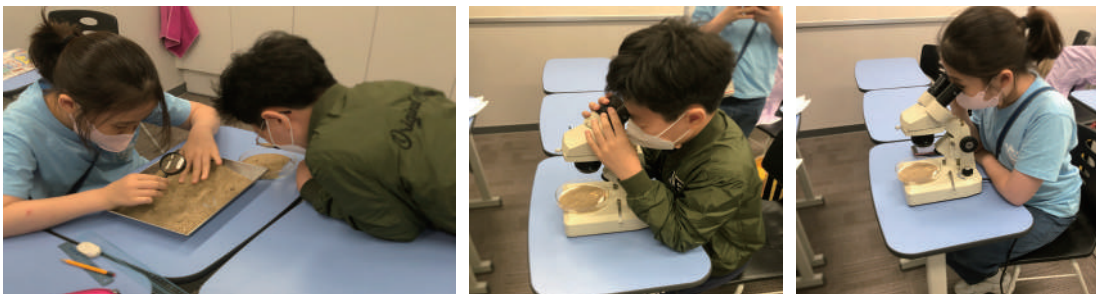
- 미세플라스틱에 대한 기초 자료 조사
 - 미세플라스틱의 개념, 종류, 위험성에 관해 인터넷 자료 와 문헌조사 실시
- 우리나라의 주요 오염물질, 플라스틱 쓰레기 현황을 찾아본다.
 - 오염실태 조사
 - 해변 모래 속 미세플라스틱 오염조사
- 쓰레기 수집 장치 축소모형 제작
 - 쓰레기 수집 장치가 제대로 작동하는지 실험한다.

○ 방법

- 도비도 항에서 오염 실태 조사
 - 충청남도 당진시 석문면 도비도항을 찾아 오염물 종류와 오염물 수 조사
 - 동일 지역의 모래 시료를 채취하였다.
- 단위면적당(50cm × 50cm) 오염물의 종류와 오염물 수 조사
 - 해안 모래 속 미세플라스틱 함유 실태 비교 및 분석

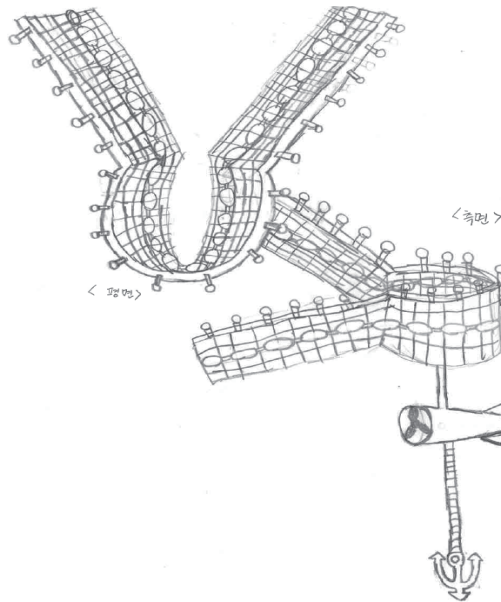


- 육안 관찰 및 실체 현미경 관찰



○ 모형 제작 : 쓰레기 수집 장치 축소모형 제작

• 1차 제작



방법1) 짚대 2개를 준비한다.

방법2) 두 짚대 사이를 그물로 연결한다.



- 문제점 : 사이즈가 너무 커서 만들기가 어려웠고 위아래 폭이 너무 커서 시범적으로 적용할 수 있는 수조가 없었다. => 해결책 : 사이즈를 더 줄여보자.

- 2차 제작 : 1차 제작시의 문제점을 보완하여 제작
 - 실제모형의 1/200으로 축소한 쓰레기 수집 장치를 2차 제작했다.
 - 만든 방법은 다음과 같다.

방법1) 짚대 50cm 2개를 준비한다.

방법2) 두 짚대 사이를 그물로 연결한다.

방법3) 부표를 중간에 연결한다. ⇨ 연결 방법: 케이블 타이로 부표와 그물을 연결

방법4) 수조 안에 넣고 선풍기로 바람을 일으킨다.

방법5) 플라스틱 쓰레기를 넣어서 쓰레기 수집 장치에 쓰레기가 모이는지 확인한다.



- 결과 : 바람을 일으켜 플라스틱 쓰레기가 쓰레기 수집 장치에 모이는 것을 확인하였다.
- 문제점 : 쓰레기 수집 장치가 고정이 안 되어 바람에 밀려가는 현상 발생한다.
그물과 짚대와의 연결에 구멍이 생긴다.

- 3차 제작 : 2차 제작시의 문제점을 보완하여 제작
 - 실제모형의 1/200으로 축소한 쓰레기 수집 장치를 3차 제작했다.
 - 만든 방법은 다음과 같다.

방법1) 마끈 50cm 2개를 준비한다.

방법2) 두 마끈 사이를 그물로 연결한다.

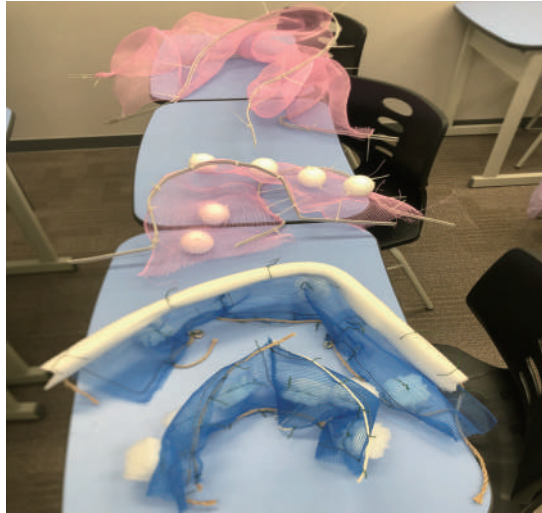
방법3) 부표를 중간에 연결한다. ⇨ 연결 방법: 철사로 부표와 그물을 연결

방법4) 수조 안에 넣고 선풍기로 바람을 일으킨다.

방법5) 플라스틱 쓰레기를 넣어서 쓰레기 수집 장치에 쓰레기가 모이는지 확인한다.



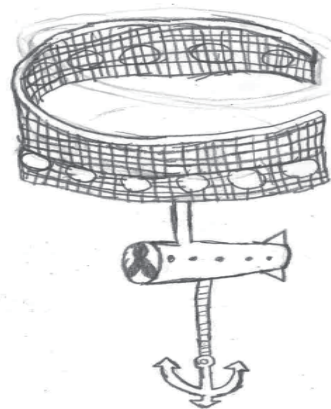
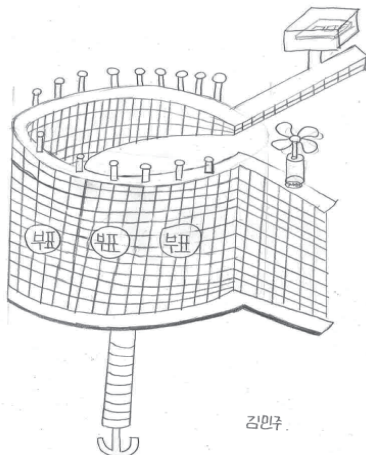
- 결과 : 바람을 일으켜 플라스틱 쓰레기가 쓰레기 수집 장치에 모이는 것을 확인하였다.
- 문제점
 - 쓰레기 수집 장치에 부표를 연결하다보니 전체가 뜨게 되었다. 이를 해결하기 위해 아래에 추를 매달아놓아 아래는 뜨지 않게 만들었다.
 - 부표의 위치가 일정하지 않아서 쓰레기 수집 장치가 표면과 완벽히 평행하지는 않았다. 이를 해결하기 위해 다음 제작 때에는 부표의 위치를 일정하게 할 것이다.
- 4차 제작 : 3차 제작시의 문제점을 보완하여 제작
 - 3차까지 제작한 쓰레기 수집 장치의 문제점을 파악하자.



- 문제점 및 해결책

- 부표의 위치가 일정하지 않아 수평이 안 맞는다. 따라서 쓰레기가 잘 모이지 않는다.
⇒ 부표의 위치를 일정하게 만든다.
- 그물 뒷부분에 틈이 생긴다. ⇒ 틈이 생기지 않도록 촘촘히 묶는다.
- 그물의 폭(위아래)이 너무 크다. ⇒ 그물의 폭을 최소화한다.
- 그물 안에 물고기가 잡힐 수 있다. ⇒ 물고기가 들어가지 않도록 물고기가 싫어하는 소리를 넣는다.
- 그물의 Ω, \wedge 모양이 잘 안 만들어진다. ⇒ 그물의 재질을 바꾼다.

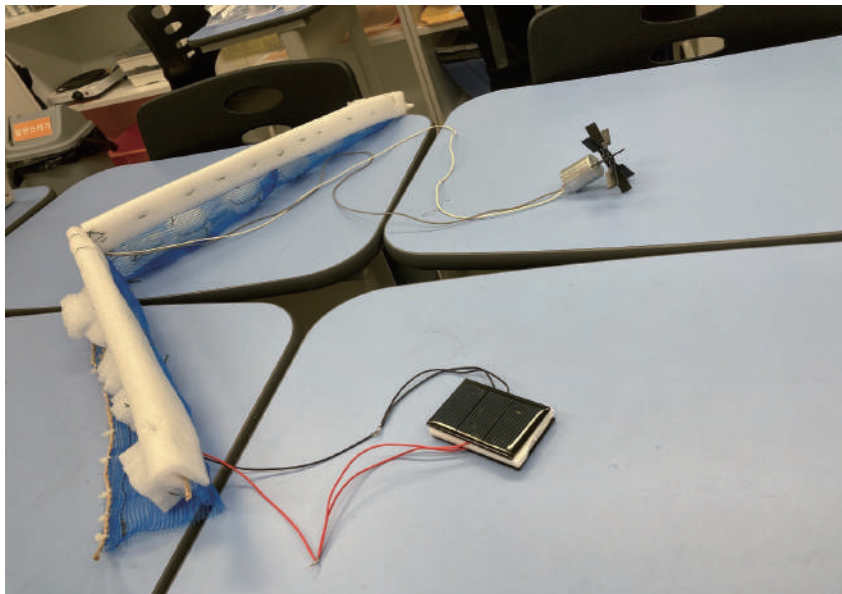
- 태양광 발전기와 풍력 발전기, 조력 발전기 장착 설계도



- 5차 제작 : 80cm 크기로 쓰레기 수집 장치를 만들고, 태양광 발전장치와 수력 발전장치를 연결한다.



- 태양광 발전장치와 수력 발전장치를 led 등과 연결한다.



- 문제점 : 태양광 발전장치를 연결하기 위하여 부표에 연결을 하였으나 뒤집어 지는 현상이 발생하였다.
- 해결책 : 어느 쪽으로 뒤집혀도 태양광 발전이 일어날 수 있도록 양쪽에 패널을 달아준다.

○ 결과

• 미세플라스틱에 대한 기초 자료 조사

- 미세플라스틱의 정의와 종류, 형성과정

미세플라스틱은 대부분의 문헌에서는 '5mm 이하의 크기인 플라스틱 조각 또는 입자'를 정의하고 있다. EU와 ECHA의 유엔 해양 전문가 그룹에서는 그 하한 범위를 1mm로 제시된 사례가 있다. 현재로서의 미세플라스틱이란 현장에서 육안으로 쉽게 식별하기 어려운 수주의 크기인 5mm이하이며, 대부분이 단위로 측정되는 작은 크기의 플라스틱으로 이해하는 것이 적절하다. 미세플라스틱은 생성되는 기원에 따라 1차, 2차로 나뉜다. 1차 미세플라스틱은 세안제, 바디워시, 치약 등 생활용품 속에 들어있는 플라스틱 알갱이가 하수처리장으로 걸러지지 않은 채 들어가는 것을 말하며, 2차 미세플라스틱은 강이나 바다로 버려진 플라스틱 등이 자외선, 파도, 해류 등에 마모되어 조각이 된 플라스틱을 뜻한다.

- 해양 생물에 미치는 미세플라스틱의 영향

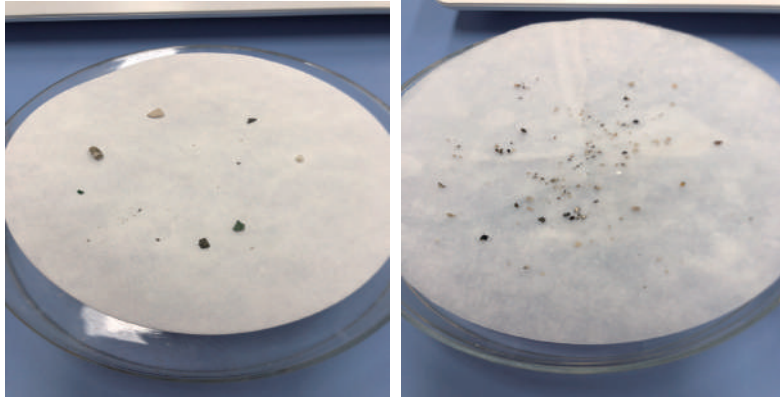
미세플라스틱이 바다로 떠내려가 분해되지 않은 채 해수면을 떠다니다 유해 화학 물질을 흡수하여 고농축 독성물질로 변하게 된다. 이 독성물질을 플랑크톤이 먹이로 인식해 먹게 되고 작은 물고기들이 그 플랑크톤을 먹어 체내 독성물질을 축적하게 된다. 먹이사슬에 따라 그 독성물질이 축적되어 우리 식탁에 오를 수 있다. 매년 약 800만 톤의 플라스틱 쓰레기가 해안 국가들의 바다로 빠져나가 떠다니며 강한 자외선과 파도에 마모되어 작은 플라스틱 입자가 된다. 또한 플라스틱이 분해될 때 해로운 화학물질들이 유출되는 것도 문제가 된다. 이 미세플라스틱이 인체 내에 흡수되어 장기적으로 쌓일 경우 생식질환, 호르몬 이상 같은 질병위험을 증가 시킨다.

• 오염실태 조사

- 도비도항 단위면적당 오염물 종류와 오염물 수 조사

플라스틱	4
나무, 목재	2
캔, 철재	1
그물, 섬유	1
기타	5
총 수	13

- 해변 모래 속 미세플라스틱 오염조사
- 플라스틱 조각 분리 및 분류



- 플라스틱 조각 크기별 비교 (100g 당)

플라스틱 조각 크기(cm)	입자 개수
3 이상	0
2이상 ~ 3미만	0
1이상 ~ 2미만	0
0.1이상 ~ 0.5미만	28
0.1미만	89

- 쓰레기 수집 장치를 넓은 연못에 넣어 바람이 부는 상황에서 플라스틱 부유물이 잘 모아지는지 확인을 하였다.



3. 탐구의 결론 및 의의

○ 결론

- 도비도항을 찾아 모래 시료를 채취하여 플라스틱으로 인한 오염 실태를 조사한 결과, 육안으로 확인할 수 있는 플라스틱 물질은 총 4개가 발견 되었다. 미세플라스틱으로 추정되는 물질 중 흰색 및 투명 및 검은 색 등 다양하게 나타났다. 플라스틱 생활 쓰레기의 종류 및 색은 워낙 다양하게 분포하기 때문에 색은 큰 유의성이 보이진 않았다. 실체현미경을 통한 관찰 결과 다양한 형태의 미세플라스틱이 발견되었다. 대부분의 형태는 생활 용품의 일부로 추정되는 파편형을 나타냈으며, 오랜 시간 동안 자외선, 파도, 해류 등에 마모 되었을 것으로 생각된다.
- 쓰레기 수집 장치 축소모형의 쓰레기 수집이 효율적으로 이뤄지는지 실제 연못에서 바람이 많이 부는 상황에서 실험을 해본 결과 다량의 쓰레기가 수집 되는 것을 관찰할 수 있었다.

○ 의의(기대효과)

- 도비도항의 모래 속 미세플라스틱 실태 조사를 통해 우리 주변 해양 생태계 내 미세플라스틱 오염의 실태를 직접 확인할 수 있었다.
- 유튜브 홍보 및 블로그를 통해 해양 미세플라스틱의 위험성 홍보 및 탄소 중립의 중요성, 해양생태계의 중요성을 알리는 계기가 되었다.
- 쓰레기 수집 장치로 해양에서 떠돌고 있는 다양한 크기의 플라스틱 쓰레기를 수집하여 해양 속 미세플라스틱 농도를 낮출 수 있을 것으로 기대한다. 특히 조류가 센 지역은 그물의 크기를 크게 하여 앞쪽에서는 비교적 큰 쓰레기들을 수거하고, 조류가 약한 뒤쪽에서는 그물의 크기를 작게 하여 크기가 작은 쓰레기들을 수거하여 효율적으로 해양 쓰레기를 수집할 수 있을 것으로 기대한다.
- 쓰레기 수집 장치에 부착한 신재생 에너지원인 태양광, 풍력, 조력 발전기를 이용하여 에너지를 사용 및 저장으로 인해 이산화탄소 발생량을 줄일 수 있는 효과 및 탄소중립의 취지에 맞게 기후이상에 안전하고 지속가능한 사회를 만드는데 도움이 될 것이라고 생각된다.

4. 탐구를 진행하면서 어려운 점과 알게 된 점

○ 어려운 점

- 미세플라스틱의 형태가 워낙 다양하고 크기가 작아 정확하게 관찰 및 측정하기가 어려웠다. 아직까지는 미세플라스틱 연구가 다양하게 이뤄지지 않다 보니 선행 연구의 참고 자료가 많지 않은 점이 어려웠다.
- 쓰레기 수집 장치 축소 모형 제작은 정교하게 제작하기가 어려웠고, 기존의 비슷한 형태와는 차별성을 갖는 게 어려웠다. 특히 수집된 플라스틱 쓰레기는 따로 수거선을 이용해야 하는 점이 한계이자 개선·극복 해야 할 사항이다.

○ 알게 된 점

- 미세플라스틱이 얼마나 해양 환경에 큰 영향을 주는지 직접 알 수 있는 기회가 되었고, 실제 해안 모래에 다양한 형태의 미세플라스틱이 존재하는지 관찰할 수 있었다.
- 미세플라스틱의 독성이 해양 생물의 생태계에만 영향을 끼치는 게 아니라 인간에게 그 피해가 올 수 있음을 알게 되어 얼마나 위험한 상황인지 알게 되었다.
- 미세플라스틱을 포함 플라스틱 쓰레기가 많이 발생하지 않도록 1회 용품의 사용을 자제하고, 분리 수거를 철저히 하며 나뿐만 아니라 주변에 있는 사람들에게도 알려 탄소중립을 이룰 수 있도록 노력 해야 됨을 깨닫게 되었다.

○ 기타

- 탐구수행 계획서 상의 우리나라 해안가의 조류 흐름의 조사는 서해 새만금, 남해진도대교 부근, 동해 경포대 부근으로 계획 했지만 탐구 내용과 큰 연관성이 없어 진행하지 않았다.

5. 참고문헌

[네이버블로그] 미세플라스틱의 위험성

https://blog.naver.com/PostPrint.naver?blogId=fira_sea&logNo=222861809055

[한국일보]미세플라스틱으로 병든 해변... 두 뺨 모래사장서 이만큼이나

<https://m.hankookilbo.com/News/Read/201808291116075309>

[위키백과] 탄소중립

https://ko.wikipedia.org/wiki/%ED%83%84%EC%86%8C_%EC%A4%91%EB%A6%BD

[오마이뉴스] 해양쓰레기 전문가가 '오션클리업' 비판한 까닭

http://www.ohmynews.com/NWS_Web/View/at_pg.aspx?CNTN_CD=A0002220726

해양 산성화로 인한 해양생물의 생태위협과 블루카본(염생생물)을 활용한 구제방안



팀명 T. O .P (Team Ocean Protector)

학생명 강민지, 강윤지

지도교사명 이성민

학교 연산초등학교

1. 탐구 동기 및 목적

○ 탐구 동기

- 창의적 체험 활동 수업 시간, 우리 반 이성민 담임선생님께서 세계 곳곳에서 일어나는, 쉽게 잡히지 않는 산불, 넓은 대륙을 휩쓸고 간 토네이도, 폭염, 폭설 등의 자연재해 영상과 함께 기후 붕괴의 최후 저지선인 1.5°C 상승을 막기 위해서는 탄소배출량을 줄여야 한다는 것을 차분하지만 단호한 어조로 말씀해 주셨다. 덧붙여, '지구 온난화'로 인해 바닷물의 온도가 점점 오르면서 지구 면적의 70%를 차지하고 있는 바닷물이 산성으로 변하여 '해양 산성화'가 진행되고 있다고도 하시면서 과제를 내어 주셨다.

“ '지구 온난화' 와 '해양 산성화'에 관해 조사를 해 옵니다. 책을 찾아봐도 좋고, 검색을 해도 좋습니다. 형식은 공책에 적어도 좋고, PPT작업을 해도 좋습니다. 이상 수업 끝!” 이라고 하시며 수업을 마치셨다. '지구 온난화'와 '해양 산성화'에 대한 과제 조사를 하면서, 해양이 산성화된 결과는 무엇일까? 에 대한 생각주머니가 커져갔다.

해양이 산성화되면 수소이온이 많아지는데, 수소 이온은 탄산염이온과 반응하기 때문에 결국 해양생물이 껍데기를 만드는 데 필요한 탄산염이온이 부족해진다는 것을 알게 되었다. '해양 산성화'로 인해 조개껍데기, 산호 등 탄산칼슘으로 이루어진 해양 생물들의 성장이 저하되고 몸체가 녹아내리게 되는 현상이 나타나게 되는 것이다. 이것은 어패류의 감소로 이어져 향후, 인류 식량 문제에도 영향을 줄 것이라는 생각에 탐구활동에 관심이 많은 T.O.P 팀은, 우리의 손으로 직접 '해양 산성화'가 진행됨에 따라 조개껍질이 어떻게 변하는지 탐구해보고 싶었고, 해양 산성화를 좀 더 완화 할 수 있는 방법이 없는지 탐구해보기로 했다.

- 다양한 분야의 환경과 탐구 활동에 관심이 많았던 T.O.P 팀은, 지속가능한 환경을 지키기 위해 미래 세대 교육사회 공헌 활동인, ‘환경 지킴이 활동’ 과 부산 문화재단 주최 ‘2022 비치코밍 투게더’(해양 쓰레기를 줍는 ‘비치코밍’을 통해 환경 문제를 일상으로 끌어들이 다양한 문화예술 활동을 전개하는 프로젝트)에 선정되어 참여하면서 해양 관련, 다양한 환경 탐구와 함께 바닷물에 휩쓸려 온 작은 조개껍데기 관찰해보기 시작했고 해양 산성화 농도, 온도에 따라 조개껍데기가 어떻게 변하는지, 해양 산성화를 완화 시킬 수 있는 방법은 무엇인지 탐구해 보기로 하였다.

○ 탐구목적

- 대기 중 이산화탄소 농도가 증가하여 해수에 용해되어 그 결과, 해수의 pH낮아져 ‘해양산성화’의 위험성이 알려지고 있다. 해양 산성화로 인한 해양 생물의 생태위험을 산성화 농도 실험, 위도에 따른 온도 실험, 단계적인 탐구 활동을 통해, 가속화 되고 있는 해양 산성화에 보다 구체적인 자료를 제공하며, 해양 산성화를 완화 할 수 있는 구제 방안(염생식물)을 탐구 하는데, 그 목적을 둔다. 또한, 탐구 활동 시작과 함께 만든 T.O.P 밴드를 통해, 해양 산성화에 관련된 다양한 의견을 듣고, 탐구 활동을 통해, 인식변화에 대해서 알 수 있는 기회를 제공한다. 나아가 본 탐구 활동이, 해양 환경 보호에 도움이 되고자 한다.

2. 탐구 내용 및 결과

○ 내용

- 해양 산성화에 대한 선행 연구 조사

현장 답사 : 부산 청사포(해녀 인터뷰), 기장 대변항(어민 인터뷰, 상인 인터뷰), 국립해양박물관, 순천만 국제 습지 센터, 갈대 군락, 삼락 습지 생태원, 기장 공수 어촌마을.



부산 청사포 (해녀 인터뷰, 패각)



기장 대변항 (해조류에 관한 어민, 상인 인터뷰)



국립해양박물관



· 조언

- 정익교(부산대학교 자연과학대학 해양학과 생물해양학) 명예교수님께 학문적 접근 방법과 실험 시 고려해야 할 사항, 실험의 방향과 한계성에 대해 조언.
- 국립 수산 과학원 수산종자육종연구소: 갈조류(미역, 김, 다시마) 등의 양식장소, 시기별, 지역별 양식 장소, 해조류에 관한 채취방법 조언.












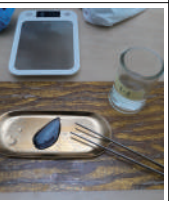















- 탐구 1. pH농도별 조개 껍데기(홍합껍데기)의 변화 관찰 탐구
- 탐구 2. 온도 변화(위도에 따른, 세계의 기후 구분-열대, 온대, 한대)에 따른 조개 껍데기(홍합 껍데기)의 변화 관찰 탐구
- 탐구 3. 탐구 1.의 내용을 바탕으로 블루카본(염생생물)을 활용한 구제방안 탐구
- 탐구 4. T.O.P 밴드를 활용한 온라인 의견 공유, 각 학년 별 설문조사, 교내 캠페인, 비치코밍(해양 쓰레기를 줍는 '비치코밍'을 통해 환경문제를 일상으로 끌어들이어 공공성과 다양성을 확장하고 새로운 쓰임을 알리며 환경에 대한 메시지 전달) 다양한 문화예술 오프라인 활동.





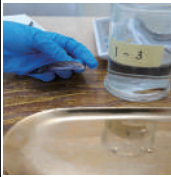

탐구	탐구 내용
<p>탐구1. pH농도별 조개껍데기의 변화 관찰</p>	<ul style="list-style-type: none"> 크기와 두께가 유사한 조개껍데기(홍합을 선택), 홍합을 크기와 두께가 유사한 것끼리 분류 작업 함.-실험의 정확도를 높이고자, 같은 종류(다른 종류일 경우, 껍데기의 성분이 달라 결과에 영향을 미칠 수 있다고 판단) 타당한 결과 도출을 위해 동일한 pH농도에 각각 3번의 실험을 함. (ex)1-1, 1-2, 1-3, 2-1, 2-2, ...) 면적의 변화를 한 눈에 보기 위해 모눈종이로 본을 뒀고, 미세 전자저울을 이용하여 초기 무게와 산성 반응 후 무게를 비교하여 수치화시켜 통계 처리함.
<p>탐구2. 온도 변화에 따른 홍합의 변화 관찰</p>	<ul style="list-style-type: none"> 이산화탄소의 온실 효과로 대기 기온과 해수 수온이 상승되어 그 결과 해수에 용해 되는 이산화탄소가 증가. 그 결과 탄산염 완충 작용으로 수소 이온이 증가하여 해수의 pH가 낮아져서 산성화가 일어남. T.O.P팀은 '해수 수온'이 어떠한 영향을 미치는지 온도 변화에 따른 홍합의 변화를 관찰함. 위도에 따른, 세계의 기후 구분-적도 부근은 열대 기후, 고위도로 갈수록 온대기후, 냉대, 한대기후로 나뉜다. <ul style="list-style-type: none"> i) 정해진 탐구 활동의 기간을 고려하여, 결과의 빠른 도출을 위해 pH농도를 pH4로 정함. ii) 기후 구분의 설정 온도는, 결과의 대비를 고려해, 열대(30°C), 온대(22°C), 한대(3°C)로 설정함.
<p>탐구3. 블루카본 (염생생물)활용한 조사 및 탐구</p>	<ul style="list-style-type: none"> 탐구1,2의 내용을 바탕으로 해양 산성화를 완화 할 수 있는 구제 방안으로 홍합과 블루 카본(염생 생물)을 함께 넣은 후, 산성 용액에 넣고 일정 기간 관찰, 탐구 함.
<p>탐구4. T.O.P 밴드를 활용한 온, 오프라인 활동</p>	<p>SNS T.O.P 밴드의 의견 공유, 교내 홍보 활동을 통해 '해양 산성화로 인한 해양생물의 생태위협과 블루카본(염생생물)의 탐구를 알리기 전과, 후의 인식변화를 알아봄.</p> <p>'해양 산성화'에 대한 여러 의견을 종합해보며 나아가 본 탐구 활동이, 해양 환경 보호에 도움이 되고자 함.</p>

○ 방법

- 탐구 1. pH농도별 조개 껍데기(홍합껍데기)의 변화 관찰 탐구

2022년 7월 31일						
<p>홍합껍데기 분류작업.(약 3g으로 일정한 크기로 분류) 실험의 정확도와 타당한 결과 도출을 위해 동일한 pH농도에 3번의 실험을 함.(라벨작업) 최초 홍합의 무게를 전자저울을 이용해 기록, 크기와 면적을 한 눈에 볼 수 있게 모눈종이에 본을 뜸.</p>						
			<p>pH4 pH5 pH6 산성농도(오차범위 ±0.5)</p>			
사 진						
	2022년 8월 3일					
<p><pH4의 산성용액에 담은 홍합 1-1, 1-2, 1-3 관찰> ◦홍합의 껍데기 안쪽과 표면에 기포 생김. ◦만져보니 홍합껍데기에서 흰 색깔의 무엇인가가 만져짐.</p>						
<p><pH5의 산성용액에 담은 홍합 2-1, 2-2, 2-3 관찰> ◦홍합 껍데기의 안쪽 부분에 기포가 생겼고, 유리방 바닥에 크고 작은 기포들이 보임. ◦홍합 껍데기에 붙어 있는 기포사이사이로 볼록볼록 홍합 표면이 부풀어져 있음.</p>						
<p><pH6의 산성용액에 담은 홍합 3-1, 3-2, 3-3 관찰> ◦홍합의 껍데기 안쪽과 표면에 기포 생김.</p>						
	1-1	1-2	2-1	1-2	3-3	2-2
사 진						

2022년 8월 6일						
<p><pH4의 산성용액에 담은 홍합 1-1, 1-2, 1-3 관찰> ◦산성 용액에서 꺼내어 무게 측정 후, 유리병에 넣으니, 산성용액에 홍합껍데기가 떠 있다가 점차 가라앉음. ◦홍합껍데기의 표면이 우툴두툴하며, 껍질의 표면막이 벗겨짐. ◦흰색의 결정체 같은 것이 묻혀져 있고 기포도 많이 있음.</p>						
<p><pH5의 산성용액에 담은 홍합 2-1, 2-2, 2-3 관찰> ◦산성 용액에서 꺼내어 무게 측정 후, 유리병에 넣으니, 산성용액에 홍합껍데기가 떠 있다가(2-3) 가라앉음. (2-1과 2-2는 산성용액에 뜨지 않았다.) ◦홍합 껍데기의 테두리 쪽에 흰색의 결정체가 모여 있으며 껍데기의 막 같은 것이 벗겨지기 시작함.</p>						
<p><pH6의 산성용액에 담은 홍합 3-1, 3-2, 3-3 관찰> ◦홍합의 껍데기 안쪽과 표면 여러 부분에 기포가 생김.</p>						
	2-1	2-3	1-1	1-2	3-1	3-2
사진						
2022년 8월 9일						
<p><pH4의 산성용액에 담은 홍합 1-1, 1-2, 1-3 관찰> ◦홍합의 껍데기 안쪽과 표면에 기포 생김. ◦만져보니 홍합껍데기에서 흰 색깔의 무엇인가가 만져짐.</p>						
<p><pH5의 산성용액에 담은 홍합 2-1, 2-2, 2-3 관찰> ◦홍합 껍데기의 안쪽 부분에 기포가 생겼고, 유리방 바닥에 크고 작은 기포들이 보임. ◦홍합 껍데기에 붙어 있는 기포 사이사이로 볼록볼록 홍합 표면이 부풀어져 있음.</p>						
<p><pH6의 산성용액에 담은 홍합 3-1, 3-2, 3-3 관찰> ◦홍합의 껍데기 안쪽과 표면에 기포 생김.</p>						
	3-1	1-1	1-2	1-3	2-1	2-3
사진						

2022년 8월 12일						
<p><pH4의 산성용액에 담은 홍합 1-1, 1-2, 1-3 관찰> ◦홍합 껍데기 안쪽 매끈해 지면서 얇아짐. 마치 L자 파일을 말아서 만지는 느낌이 듦. ◦홍합 껍데기의 검정 표면이 테두리 부분부터 벗겨지면서 떨어지며, 1-2에 담긴 홍합은 껍데기 곳곳에서 검정 홍합껍질이 벗겨짐.</p>						
<p><pH5의 산성용액에 담은 홍합 2-1, 2-2, 2-3 관찰> ◦8월 9일에 관찰한 홍합 껍데기의 볼록하게 부풀려져 있는 부분이 떨어질 듯 홍합 껍데기에 붙어 있음. ◦껍데기의 곳곳 자그마한 부분으로 검정색 부분의 껍질이 벗겨지기 시작함.</p>						
<p><pH6의 산성용액에 담은 홍합 3-1, 3-2, 3-3 관찰> ◦홍합의 껍데기 안쪽과 표면에 기포 줄어들었으며, 홍합 껍데기 표면이 우둘투둘해짐.</p>						
	1-1	1-2	1-2	2-1	1-3	3-1
사 진						

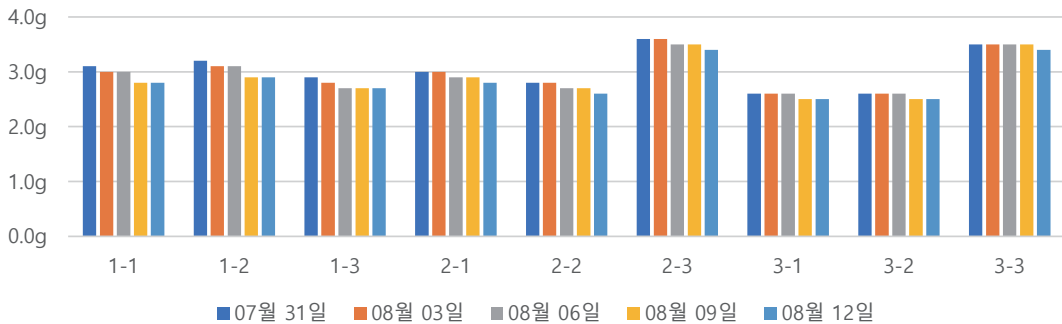
탐구 1) pH농도별 홍합 껍데기의 변화 관찰에서 면적의 변화를 한 눈에 보기 위해 모눈종이로 본을 뒀고, 미세 전자저울을 이용하여 초기 무게와 산성 반응 후 무게를 비교하여 수치화시켜 통계 처리하였다.

탐구1) pH농도별(구분1: pH4, 구분2: pH5, 구분3: pH6로 설정함.) 3일 간격으로 무게와 면적의 변화를 수치화 함.

시간에 따른 무게변화

구분	07월 31일	08월 03일	08월 06일	08월 09일	08월 12일
1-1	3.1g	3.0g	3.0g	2.8g	2.8g
1-2	3.2g	3.1g	3.1g	2.9g	2.9g
1-3	2.9g	2.8g	2.7g	2.7g	2.7g
2-1	3.0g	3.0g	2.9g	2.9g	2.8g
2-2	2.8g	2.8g	2.7g	2.7g	2.6g
2-3	3.6g	3.6g	3.5g	3.5g	3.4g
3-1	2.6g	2.6g	2.6g	2.5g	2.5g
3-2	2.6g	2.6g	2.6g	2.5g	2.5g
3-3	3.5g	3.5g	3.5g	3.5g	3.4g

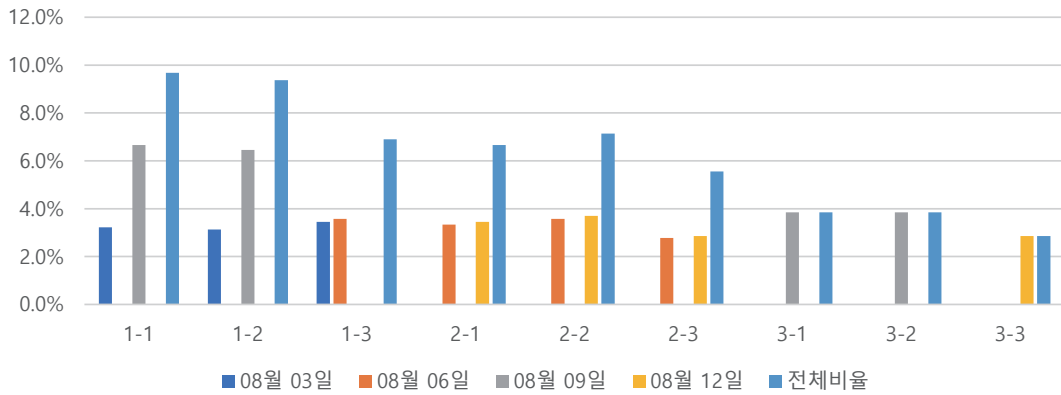
시간에 따른 무게변화



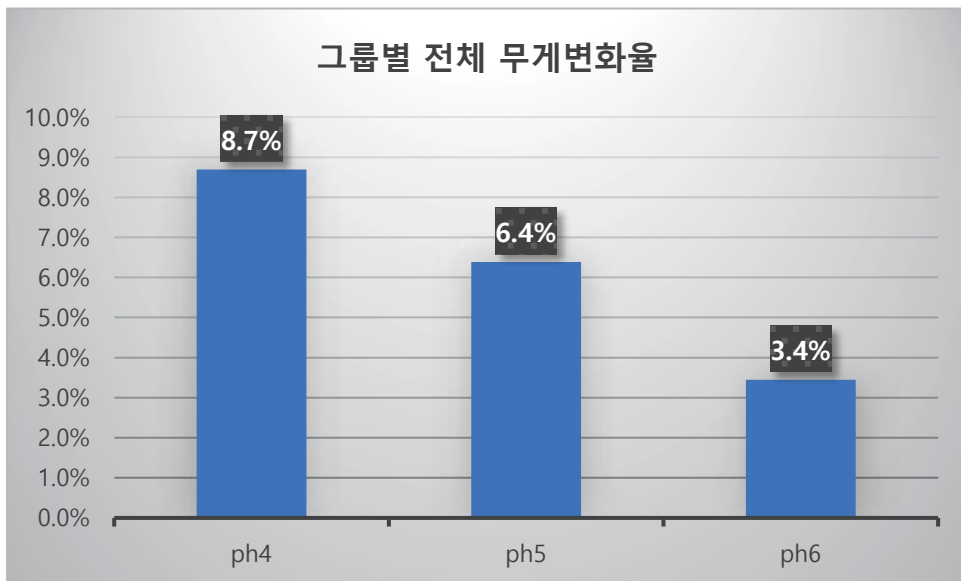
시간에 따른 무게변화율

구분	08월 03일	08월 06일	08월 09일	08월 12일	전체비율
1-1	3.2%	0.0%	6.7%	0.0%	9.7%
1-2	3.1%	0.0%	6.5%	0.0%	9.4%
1-3	3.4%	3.6%	0.0%	0.0%	6.9%
2-1	0.0%	3.3%	0.0%	3.4%	6.7%
2-2	0.0%	3.6%	0.0%	3.7%	7.1%
2-3	0.0%	2.8%	0.0%	2.9%	5.6%
3-1	0.0%	0.0%	3.8%	0.0%	3.8%
3-2	0.0%	0.0%	3.8%	0.0%	3.8%
3-3	0.0%	0.0%	0.0%	2.9%	2.9%

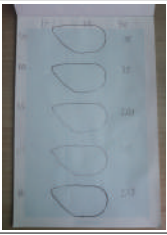
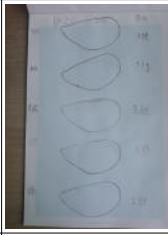
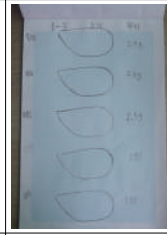
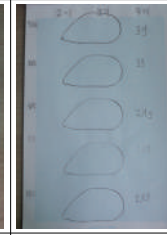
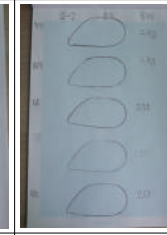
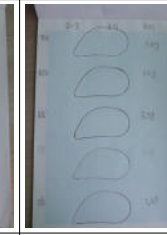

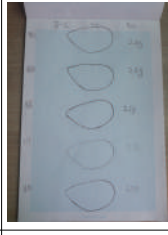
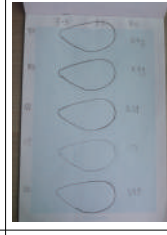
시간에 따른 무게변화율



그룹별 전체 무게변화율



시간에 따른 면적 변화

사 진						
	1-1	1-2	1-3	2-1	2-2	2-3
탐구 1의 산성용액 농도에 따른 홍합 껍데기를 시간에 따른 면적의 변화를 한눈에 보기 위해 모눈 종이에 그린 것이다.						
사 진				산성 용액 pH농도에 따라 변화되는 크기를 한 눈에 보기 쉽게 3일 간격으로 무게와 함께 적은 기록지이다.		
	3-1	3-2	3-3			

- 탐구 2. 온도 변화에 따른 조개껍데기(홍합껍데기)의 변화 관찰 탐구

이산화탄소의 온실 효과로 대기 기온과 해수 수온이 상승되어 그 결과 해수에 용해되는 이산화탄소가 증가된다. 탄산염 완충작용으로 수소 이온이 증가하여 해수의 pH가 낮아져서 산성화가 일어난다. T.O.P 팀은 ‘해수 수온’이 어떠한 영향을 미치는지 온도 변화에 따른 홍합 껍데기의 변화를 탐구하였다. 위도에 따른, 세계의 기후 구분-적도 부근은 열대기후(30℃), 고위도로 갈수록 온대 기후(22℃), 냉대 기후(3℃)로 설정하여 홍합 껍데기를 넣고 탐구한다.(정해진 탐구 활동 기간을 고려하여, 결과의 빠른 도출을 위해 pH농도를 pH4로 설정함.)

열대 기후(30℃) 설정

<pH4의 산성용액, 온도 30℃에 담긴 홍합 껍데기 관찰>

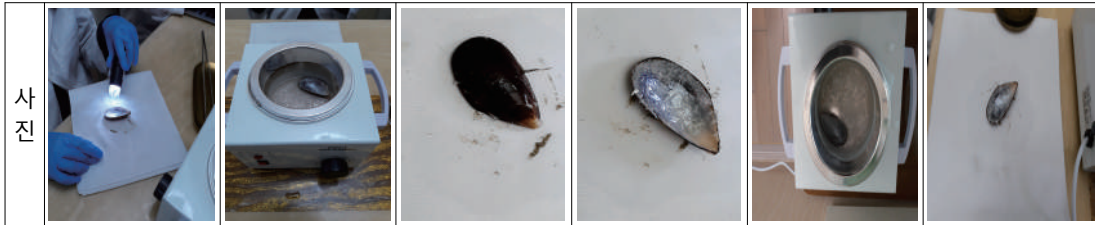
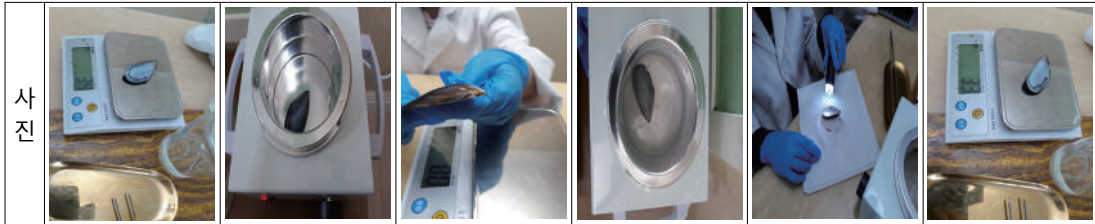
o3.4g의 홍합 껍데기를 넣은 후, 하루씩 관찰함.

o(1일차) 홍합 껍데기가 불규칙적으로 우툴두툴 했으며, 흰색의 결정체가 불투명하게 나타나기 시작했다.

o(2일차) 용기에 담긴 pH4의 산성용액이 불투명해지고 사진과 같이 1일차에 나타났던 흰색의 결정체가 더욱 진해짐.

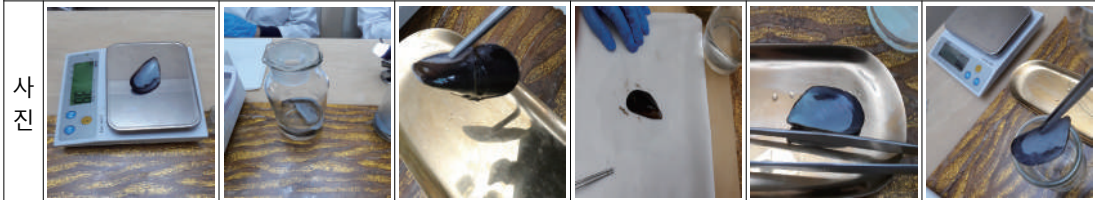
홍합 무게는 3.3g.

o(3일차) 현미경으로 홍합 껍데기의 안쪽과 바깥쪽을 확인하니, 홍합 껍데기가 은박지처럼 부스러질 듯한 현상이 나타났다. 바깥쪽보다 안쪽의 진행 상황이 더욱 빨랐다.



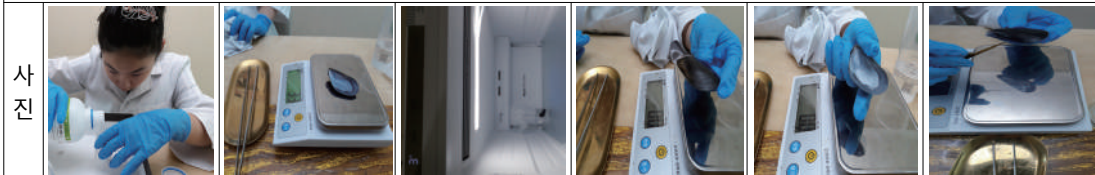
온대 기후(22°C) 설정

- <pH4의 산성용액, 온도 22°C에 담긴 홍합 껍데기 관찰>
 ◦3.5g의 홍합 껍데기를 넣은 후, 하루씩 관찰함.
 ◦(1일차) 홍합 껍데기 안쪽과 표면에 기포가 생김.
 ◦(2일차) 무게는 1일차와 같지만, 유리병에 넣으면 홍합껍데기가 서서히 가라앉음.
 ◦(3일차) 홍합껍데기 안쪽에 흰색의 알갱이가 만져짐.



한대 기후(3°C) 설정

- <pH4의 산성용액, 온도 3°C에 담긴 홍합 껍데기 관찰>
 ◦3.3g의 홍합 껍데기를 넣은 후, 하루씩 관찰함.
 ◦(1일차) 홍합 껍데기 안쪽과 바깥 쪽 검정 표면의 변화 없음.
 ◦(2일차) 1일차와 같이 홍합 껍데기 안쪽과 바깥 쪽 검정 표면에 변화 없음.
 ◦(3일차) 홍합 껍데기 안쪽 부분에는 변화가 없으나, 홍합 껍데기 표면의 테두리 일부는 표면막이 벗겨지려 함.



- 탐구 3. 블루카본(염생생물)을 활용한 구제방안 탐구

탐구1, 2의 내용을 바탕으로 해양 산성화를 완화 할 수 있는 구제 방안으로 홍합껍데기와 블루카본(염생생물)을 함께 넣고, 산성용액을 넣어 탐구 활동을 함.

갈대, 톳, 파래를 넣고 생물임을 고려하여 pH6으로 산성농도를 맞추었다. 통제 변인은 pH6 산성 농도 용액, 물의 양, 환경(장소), 홍합 껍데기이고, 변인 통제는 톳, 파래, 갈대이다. 모두 가덕도 갯벌에서 채취하였고, 톳, 파래, 갈대가 탐구 3의 활동에서 pH6의 산성용액에 정화작용을 할 것이지만, T.O.P 팀은, 톳, 파래, 갈대 중에서 더 활발히 정화작용을 하는 염생 생물을 탐구해보았다.

- 생물과 산성용액을 고려하여 6시간에 한 번씩 리트머스 종이를 사용하여 확인하는 작업을 하였다.

홍합껍데기와 블루카본(염생생물-갈대, 파래, 톳)을 넣은 후, 산성용액을 넣고 탐구

- 생물과 산성용액을 고려하여 6시간에 한 번씩 리트머스 종이를 사용하여 확인하는 작업을 하였다.
- 3.8g의 홍합껍데기를 톳과 같이 탐구를 진행.
- 3.3g의 홍합껍데기를 파래와 같이 탐구를 진행.
- 2.7g의 홍합껍데기를 갈대와 같이 탐구를 진행.
- 톳,파래,갈대에 담긴 홍합껍데기 모두 무게에는 변화가 없었다. 그러나 홍합 겉표면 부분에서는 현미경으로 살펴보니 미세한 차이가 있었음을 알 수 있었다.
- 톳과 파래 모두 채취할 당시, 영커 있어 사진과 같이 많은 양을 채취할 수 있었다. 반면, 갈대는 길이가 많이 커서 실험에 쓰일 크기로 찾다 보니, 한켠에 작은 갈대를 발견해서 채취하였다. 육안으로 보기에 갈대 양이 작았지만, 탐구 3 활동을 진행하니, 갈대에 담긴 홍합껍데기의 표면과, 리트머스 용지의 색 또한 가장 많이 초록색으로 변화되는 과정을 볼 수 있었다.

사진						
사진						
사진						
	기준점을 보기 위해 pH6에 담긴 리트머스 용지와, 물에 담은 리트머스 용지.	왼쪽 리트머스는 pH6에 담긴 것으로 비교 기준으로 삼음.	왼쪽부터 파래, 갈대, 톳 순서로 탐구함.(6시간 경과)	왼쪽부터 파래, 갈대,톳 순서로 탐구함.(12시간 경과)	왼쪽부터 파래, 갈대,톳 순서로 탐구함.(18시간 경과)	

- 탐구 4. 해양 생물의 생태위협과 블루카본(염생생물)을 활용한 구제방안, 해양 산성화를 알리는 활동, T.O.P 밴드를 활용한 온, 오프라인 활동.

온, 오프라인 의견 공유, 각 학년 별 설문조사, 교내 캠페인, 비치코밍(해양 쓰레기를 줍는 '비치코밍')을 통해 환경문제를 일상으로 끌어들이며 공공성과 다양성을 확장하고 새로운 쓰임을 알리며 환경에 대한 메시지 전달) 다양한 문화예술 오프라인 활동.

- 생물과 산성용액을 고려하여 6시간에 한 번씩 리트머스 종이를 사용하여 확인하는 작업을 하였다.

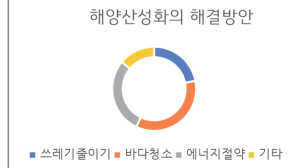
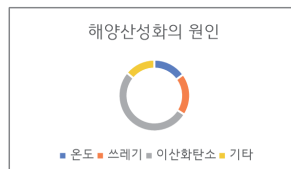
온, 오프라인 활동						
<ul style="list-style-type: none"> ◦ T.O.P 밴드를 활용하여, 해양 산성화에 관한 영상, 자료 공유. ◦ 교내 홍보 활동을 통해 '해양 산성화로 인한 해양 생물의 생태위협과 블루카본(염생생물)을 활용한 구제방안'을 알기 전과 후를 설문조사를 통해 인식변화를 알아봄. ◦ 해양산성화를 알리는 포스터, 표어를 만들고, 교내 활동을 하며 탐구대회, 탐구주제를 알리는 활동을 함. 						
사 진						

[해양 산성화, 해양 산성화로 인한 해양 생물의 생태위협과 블루카본(염생생물)을 활용한 구제방안]

- 인식에 관한 설문조사



[해양 산성화, 해양 산성화로 인한 해양 생물의 생태위협과 블루카본(염생생물)을 활용한 구제방안 탐구 내용을 알린 후] - 인식에 관한 설문조사



○ 방법

- 탐구 1. pH농도별 조개 껍데기(홍합껍데기)의 변화 관찰 탐구 결과

pH 4, 5, 6 산성용액에 각각 홍합 껍데기를 넣어, 농도에 따라 홍합 껍데기가 어떻게 변화하는지 탐구하는 활동이었다.

해양 산성화는 대기 중 이산화탄소 수치의 상승으로 인한 것인데, 이산화탄소가 공기와 바다로 용해되어 해양이 산성화가 되어 가고 있고, 해조류나 해양 생물에 영향을 미친다. 탐구1의 결과와 같이, pH농도가 낮아짐에 따라 해조류 등 해양생물이 생존에 필요한 껍데기를 제대로 형성, 유지하지 못하였고, 무게 또한 줄어드는 현상이 나타났다. pH4 산성용액에 담은 홍합 껍데기는 흰색의 결정체가 많이 나타났는데, 이것은 탄산칼슘 덩어리로, 해조류의 골격을 구성하는 요소이다. 산성화 농도가 낮아질수록 많이 관찰되었고, 표면 껍질이 부풀었고, 벗겨지는 현상이 많이 나타났다.

-탐구 2. 온도 변화(위도에 따른, 세계의 기후 구분-열대, 온대, 한대)에 따른 조개 껍데기 (홍합 껍데기)의 변화 관찰 탐구

탐구 1에 이어, 온도 변화에는 산성화가 어떠한 현상으로 나타나는지 탐구했으며, 세계의 기후 구분을 참고하여 열대(30℃), 온대(22℃), 한대(3℃)로 구분 지어 pH4의 산성용액에 홍합 껍데기를 넣고 탐구했다.

열대(30℃)로 설정한 홍합 껍데기의 결과는, 시간이 경과함에 따라 부식의 속도가 빨랐다. 탄산칼슘 덩어리와 함께 산성용액의 색깔도 불투명해졌고, 홍합 껍데기는 마치 은박지처럼 부서질듯한 현상이 나타났다. 온대(22℃)로 설정한 홍합 껍데기는(탐구1의 pH4에 넣은 홍합 껍데기의 환경과 유사.) 홍합 껍데기에는 약간의 기포가 나타났으며, 홍합 껍데기를 담궜을 때, 서서히 가라앉는 현상을 보였다. 한대(3℃)로 설정한 홍합 껍데기는 변화가 없었으며 관찰 3일째 되는 날, 검정색 표면에 홍합껍데기 껍질이 벗겨지는 현상을 보였다. 해수 온도가 높을수록 산성화 진행이 빨라진다는 것을 탐구 2를 통해 알 수 있었다.

-탐구 3. 탐구 1.의 내용을 바탕으로 블루카본(염생생물)을 활용한 구제방안 탐구

탐구 1, 2의 내용을 바탕으로 해양 산성화를 완화 할 수 있는 구제 방안으로 홍합껍데기와 산성용액 함께 블루카본(염생생물)을 넣고 탐구 활동을 하였다.

갈대, 파래, 툇을 채취하여 넣고, 생물임을 고려하여 6시간에 한 번씩 리트머스 종이로 산성용액을 확인하여 pH 농도의 수치가 어떻게 변화하는지 확인하였다. 탐구 기간이 짧아 무게의 변화는 없었으나, 리트머스 용지로 확인한 산성용액 농도 색은 주황색(pH4 농도 색깔)이었으나, 점차 옅은 초록색(pH8 농도 색깔)으로 변화하는 과정을 볼 수 있었다. 특히, 갈대를 넣은 산성용액이 빠른 정화과정을 보였다. 갈대(넣은 양에 비해 정화과정이 빨랐다) 파래, 툇 순서로 정화가 잘 되었다.

○ 방법

- 탐구 4. 온, 오프라인을 활동

교내 홍보 활동을 통해 '해양 산성화로 인한 해양 생물의 생태위협과 블루카본(염생생물)을 활용한 구제방안'을 알기 전과 후의 인식변화 설문조사를 통해 선생님과 학생들의 의견을 공유하고 토론해보았다. 용어는 들어는 봤으나, 원인이나, 직접적으로 실천해야 하는 부분에서는 잘 몰랐다는 응답이 많았다. 이번 캠페인과 탐구 활동으로 더욱 '해양 산성화'에 지속적인 관심뿐만 아니라, 실천으로 이어지는 계기가 되길 다짐했다.

3. 탐구의 결론 및 의의

○ 결론

- 해양 산성화로 인한 해양 생물의 생태위협을 pH농도, 위도에 따른 해양 온도를 달리하면서 단계적인 탐구 활동을 하였다. 그 결과, pH농도가 낮을수록 해조류의 골격을 구성하는 껍데기(탄산칼슘)가 제대로 형성, 유지되지 못하였고, 무게 또한 줄어드는 현상이 나타났다. 또한, 해수 온도가 높을수록 해양 산성화가 빠르게 진행되고, 해조류의 피해도 심각하게 나타났다. 이것은 향후 인류 식량문제로 이어질 가능성도 있다. 그러나, 탐구 3과 같이 염생생물이 해양 산성화를 완화시키는 방안으로 블루카본(염생생물)을 심고, 보존하면 해양 환경은 물론 전 세계 지구 환경에 도움이 될 것이다.

탐구 활동과 캠페인을 하며 '해양 산성화로 인한 해양 생물의 생태위협과 블루카본(염생생물)을 활용한 구제방안'을 많이 알렸고, 다양한 분야(해양학자, 양식업자, 해녀 등)의 내용을 탐구 활동에 담았다. 본 탐구 활동이 더 나은 환경과 해양 환경 보호에 도움이 되고자 한다.

○ 의의(기대효과)

- 염생생물이 해양의 산성화를 완화시키는 방안으로 나타나고 있는 만큼 해안에 서식하고 있는 해안 초목을 보호하고, 습지를 보전하는 것이 해양 산성화를 완화 할 수 있는 방법이라 하겠다. 이미 오염된 해양도 해조류를 심어 보존하면 해양 환경 보호에 도움이 될 것이다.

교내, 외 해양 산성화, 완화 방안 등을 홍보하면서 많은 사람들이 해양 보호 활동에 관심을 갖고 실천해 주었으면 더 좋겠다는 생각을 했고, 일회성 관심이 아닌 우리 생활 속에서 지속적으로 관심을 갖고 해양 환경 보호에 도움이 되었으면 좋겠다는 기대를 해보았다.

4. 탐구를 진행하면서 어려운 점과 알게 된 점

○ 어려운 점

- 블루카본(염생생물)에 관한 탐구를 하면서, T.O.P 팀은 블루카본을 직접 재배, 관찰하고 재배한 것으로 탐구3의 활동을 하려고 했다. 6월 주문한 맹그르브가 도착했고 물 속에 넣어 재배를 시작했는데, 잘 성장하지 않았다. 기간도 많이 소요되어, 염생생물은 갯벌에서 채취하는 것으로 결정을 하였다.
- pH4의 산성용액에 담긴 홍합을 본뜨는 과정(탐구1)에서 홍합이 부러질까봐 조심스러웠다.

○ 알게 된 점

- 갈대를 채취하려 화명 습지 생태공원과 가덕도 갯벌을 갔을 때, 자그마한 갈대라도 뿌리가 엄청 깊어 끈질긴 생명력과 땅을 지지하고 있는 뿌리의 강력한 힘을 알 수 있었다. 갈대를 채취해 보니 많이 힘든 점이 그 만큼 땅을 향해 뻗어있는 뿌리가 강하다는 것을 알게 되었다.

○ 기타

- 탐구 3의 해양 산성화를 완화 할 수 있는 구제 방안으로 홍합껍데기에 넣을 염생생물을 채취하려 화명습지 생태공원을 방문하였다.

갈대군락 옆에 강아지풀, 연꽃이 같이 있어 탐구 3실험에 사용하였다. 탐구 1, 2와 동일하게 pH 산성용액을 넣었는데, 탐구 3실험은, 염생생물과 홍합 껍데기가 같이 들어있는 실험이어서 염생생물이 사는 환경을 조성할 때, 흠이 필요한 실험이었다. 용액이 탐구 1, 2에 사용했던 양보다 많이 필요했으나, 탐구 1, 2에 사용한 양과 동일한 용액의 양을 사용해서 탐구 3 실험 중, 홍합이 말라버려 실험이 되지 않았다. 마침 15회차 보고서를 업로드 했을 때, 멘토 선생님께서도 염생생물로 탐구를 하는 것이 더욱 좋을 것 같다는 조언을 얻고, T.O.P 팀은 김, 파래, 미역 등을 홍합 껍데기와 같이 탐구하기로 했다.

살아있는 상태로 넣어야 해서 어촌마을, 양식장을 알아보니, 미역은 11-3월까지, 다시마는 미역 양식이 끝난 뒤, 그 자리에서 3월-6월까지 양식을 하신다고 하였고, 우리가 탐구하는 기간인 여름에는 종자를 심어 놓고 장비를 점검한다고 말씀해주셨다. 미역, 다시마가 정화작용을 할 수 있는 상태로 탐구 활동을 하는 것이 실험의 진행 순서로, 고민을 하다가, 국립 수산과학원 수산종자육종연구소 연구사님께 조언을 구하였다. 해조류, 갈조류(미역, 다시마)에 관한 설명과 함께 조건대에서 정화작용을 하는 것을 채취하여 탐구 활동을 하는 것을 조언해 주셨고, 주말을 이용해 만조, 간조시간을 확인한 뒤, 새벽에 가덕도 갯벌로 가서 갈대, 파래, 툇을 채취하였다.

탐구 계획에 변동이 있었지만, 탐구에 쓰일 생물과 그 생물 상태가 활동하는 시기, 탐구재료에 따라 사용될 용액의 비율(용량) 등을 한 번 더 숙지하는 좋은 깨달음을 얻은 것 같다.

5. 참고문헌

○ 도서

- 정익교 (2021), 『해조류 바다숲과 기후변화- 해조가 답이다』, 부산대학교 출판문화원
- 타일러 라쉬 (2021), 『두 번째 지구는 없다』, (주)알에이치코리아, p.35
- 박선희 (2021), 『지구가 보내는 위험한 신호, 아픈 바다 이야기』, 팜파스, p.121
- 조르수 페테르망 (2016), 『한 걸음씩 알아가는 바다교실』, 풀과 바람, p.27 p.62
- 스토리베리 (2020), 『지구 온난화와 탄소 배출권』, 몽치, p.63

○ 기사

- 김상수, 김현일 『바다의 위기, 인류의 위기...』, 헤럴드 경제, 2022. 5. 27
- 차근호 『탄소 배출권 증가로 바다가 산성화되고 있다.』, 연합뉴스 2022. 3. 19
- 박상욱 『탄산수 바다'찾아오나? 뜨겁고 거칠어진 한반도 바다.』, JTBC 2022. 1. 24
- 해양수산부, 『2050 탄소 중립 로드맵』, 해양 환경 정책과, 2022. 1. 17
- 울산 향만공사, 『우리에게 주는 경고, 바다 산성화』2019. 5. 16

○ 논문

- 이정석, 이규태, 김찬국 외4명 『해수중 용존 CO2 농도 증가가 해양 생물 및 해양 생태계에 미치는 영향』, 한국 해양 환경, 에너지 학회 2006.11 p4.
- 김성규, 『해양 산성화(Ocean Acidification) 에 대한 초등 예비교사들의 이해』, 한국환경과학회지, 2017, Vol.26, p662.
- 김태욱, 김동선, 박근하, 고영호, 모아라(2022), 우리나라 주변 바다의 산성화 현황과 영향 요인 분석, 한국지구과학학회

○ 도움받은 사람

- 정익교(부산대학교 자연과학대학 해양학과 생물해양학)명예교수
- 국립 수산과학원 수산종자육종연구소
- 청사포 해녀
- 기장 대변항 어민
- 기장 어촌 공수마을 양식장 어민
- 연산초등학교 T.O.P 해양생물동아리 친구들
- 좋은 말씀과 격려로 응원해주시고 때로는 냉철하고 현실적인 조언을 해주신 이성민 선생님께 깊은 감사를 드립니다.

해조류를 활용한 지속 가능 용기 제조 방법 연구



팀명 그랑블루

학생명 정세엽, 송서울

지도교사명 윤숙현

학교 용죽초, 비전초

1. 탐구 동기 및 목적

○ 탐구 동기

- 해조류를 활용한 지속 가능 식물성 용기 제조 방법 연구

○ 탐구 목적

- 해조류를 원료로 한 친환경 플라스틱 제조 방법에 대해 연구
· 해조류에 대한 인식은 동양과 서양에서 큰 차이가 있음, 해조류를 우리나라와 일본에선 '바다의 채소'로 여기는데 반해, 서양에서는 '바다의 잡초(seaweed)'로 인식함
서양인들은 해조류를 잡초라고 생각한다면 이 잡초를 이용해 그릇 등 음식 용기를 제작할 수 있다는 것이 흥미로움

2. 탐구 내용 및 결과

○ 내용

· 1회차 : 해조류 분류

가) 해조류는 크게 세가지로 구분 됨

- 갈조류 : 다시마 · 미역 · 툇 · 실말 등

- 홍조류 : 김 · 우뚝가사리 등

- 녹조류 : 파래 등

나) 갈조류에 포함된 미끈거리는 성분은 알긴산이고 이 알긴산은 자연을 살리는 마시는 물병인 오후 물병의 주 재료가 됨을 알아냄

• 2회차 : 국립해양생물자원관 견학

해조류를 직접 채집하기 위해 갯벌 방문하였으나 녹조류인 파래만 채집이 가능했고 다양한 해조류를 확보하지 못해 아쉬움



- 채집된 파래를 건조시켜 가루를 내어 반죽을 만들 계획임



- 갈조류에 포함된 미끈거리는 성분은 알긴산이고 이 알긴산은 자연을 살리는 마시는 물병인 오후 물병의 주 재료가 됨을 알아냄
- 오후는 아직 개발 초기 단계여서 해결해야 하는 문제가 몇가지 있는데, 외부막이 아직은 과일껍질 정도로 얇기 때문에 일반적인 플라스틱 물병보다 운반하기가 어렵다는 점, 표면을 위생적으로 유지해야 한다는 점, 한 번 열면 모두 마셔야 한다는 점, 주위에 물을 쏟을 수 있다는 점!! 등을 해결할 수 있는 자료를 찾아보기로 함
- 플라스틱 용기제작 과정은 연구중이며 현재 그릇으로의 가능성을 보기 위해 밀가루와 해조류를 섞은 소형 그릇을 제작하여 오븐으로 구워 봄
- 그릇에 물을 부어 그릇이 녹지 않고 형태를 유지하는 시간이 30분이상이 됨을 확인함

○ 방법

- 직접 채집하여 건조한 재료를 이용하여 그릇을 만듦
- 채집이 어려운 재료의 경우를 시중에 판매되고 있는 분말 가루를 사용함

• 3회차 : 해조류를 이용한 그릇 제작 1

가) 해조류 재료의 그릇 제작

- 파래, 한천, 미역을 이용한 그릇 제작
- 재료들과 밀가루를 반죽하여 그릇 제작
- 최상의 굳기를 찾기 위해 한천과 밀가루의 배합을 정해봄

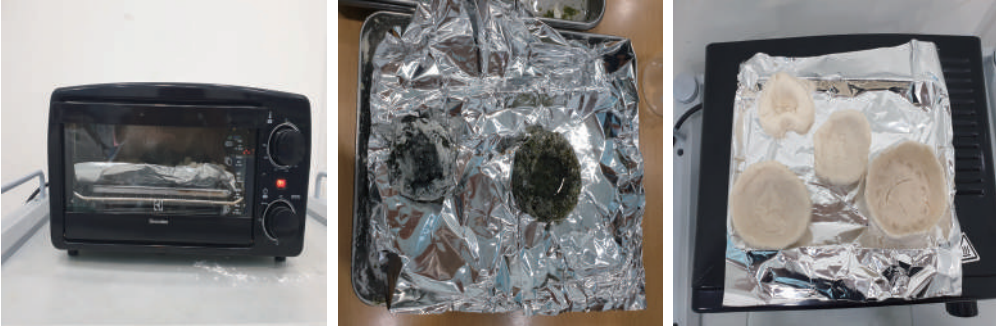
	한천(g)	밀가루(g)	물(ml)
A	1	29	25
B	3	27	25
C	5	25	25
D	10	20	25



	파래(g)	밀가루(g)	물(ml)
E	6	24	25

	미역(g)	밀가루(g)	물(ml)
F	6	24	25

- 다양한 재료와 밀가루를 반죽하여 오븐에서 205℃의 온도에서 10분간 구웠다.



- 제작한 용기에 물을 담아 보았고 그릇의 형태가 변함없이 30분 이상 지속되는 결과를 얻었다.

[아쉬운 점]

- 실제 그릇 사이즈가 아닌 작은 크기로 만들어 아쉬웠다.
- 국물을 담을 수 있는 코딩 재질의 물질을 겉 표면에 바르고 싶다.

• 4회차 : 오호 물병 만들기

가) 알긴산 나트륨과 젯산 칼슘을 재료로 한 오호 물병 제작

- 우리가 연구하고 있는 해조류 중 갈조류에서 채취가 가능한 알긴산 나트륨이 주재료인 오호 물병을 제작함
- 해조류의 특징이 겉표면이 미끈미끈한 성질이 있는데 알긴산 나트륨도 더운물에 녹여보니 잘 녹지도 않았지만 젤리 형태의 점성이 큰 액체상태로 변했다.(15분 가량 계속 저어줌)
- 우리가 제작한 그릇에 표면에 바른다면 국물이 있는 그릇도 제작이 가능할 것으로 예상 됨
- 지구를 살리는 마시는 물병인 오호 물병은 플라스틱 용기도 줄일 수 있고 우리가 제작하고 싶은 친환경 해조류 그릇에 활용하면 좋을 것 같다고 생각됨



[5회차 연구 과제]

- 다양한 재료의 해조류를 활용하여 그릇 만들기(다시마, 툇 등등)
- 밀가루 반죽을 대체할 재료 연구

• 5회차 : 해조류를 이용한 그릇 제작 2

- 가) 툇가루를 다양한 방식으로 반죽하여 그릇틀에 넣고 실제 사용이 가능한 그릇을 제작해 본다.
- 나) 툇가루 70g, 물 250g을 큰 냄비에 넣고 가열하여 끓을 때까지 계속 저어주며 덩어리가 없는 액체 상태로 만든다.
 - 뜨거운 상태의 액체를 1시간 정도 식힌다.
 - 준비된 2개의 그릇틀에 액체를 넣어준다.
 - 그릇 1은 냉동실에 2일 보관하고 그릇 2는 실온에서 자연 건조 시킨다.
- 다) 툇가루 70g, 물 250g, 밀가루 70g을 넣어 찬물과 반죽한다
 - 그릇틀에 반죽을 넣는다.
 - 그릇 3은 냉동실에 2일 보관하고 그릇 4는 실온에서 자연 건조 시킨다.



[아쉬운 점]

- 툇가루의 비린 냄새와 그릇 색이 갈색 이어서 음식 그릇으로는 적합하지 않다고 생각되었다.

• 6회차 : 해조류를 이용한 그릇 제작 3

가) 한천을 활용하여 그릇 만들기

- 한천이란?

우뚝가사리·개우무·새발 등 우뚝가사리과의 해초로 만든다. 꼬시래기·갈래곰보 등의 해초로도 만들 수 있다. 우무를 만드는 것은 홍조류의 해초로서 깊은 바다에서 자라고 있으며 엽록소 이외에 홍조소라 이르는 홍색의 색소를 가지고 있기 때문에 홍색 또는 홍자색을 나타낸다.

한천 용액은 응고력이 세고, 응고한 것은 비교적 용융점이 높고 잘 부패하지 않으며, 또 물과의 친화성이 강하여 수분을 일정한 형태로 유지하는 능력이 크기 때문에 젤리·잼 등의 과자와 아이스크림, 양조시의 찌꺼기 없힘 등의 식품가공에 많이 이용되고 있으며, 세균의 작용으로 잘 분해되지 않고 응고력이 강하기 때문에 세균배양용으로도 쓰인다.

- 톳가루 그릇을 제작하다보니 음식의 그릇색은 밝은 색이나 투명색이 적당할 것 같이 고민해보았다. 해조류의 일반적인 갈색, 푸른색을 제외하고는 찾기 힘들어 한천 가루를 구입하여 그릇을 만들어 보면 어떨까? 라는 생각이 들었다.

한천은 젤리처럼 말랑말랑하기 때문에 그릇으로 만드려면 얼려봐야겠다고 생각하여 실험을 진행하였다.

- 한천의 젤라틴 성분을 극대화 시키기 위해 뜨거운 열을 가하여 녹였다.

한천 100g, 물 250g 넣고 보글보글 끓여 오를때까지 계속 저어 주었다.

뜨거운 액체 한천 용액을 5분정도만 식힌 후 그릇틀에 넣었다.

한천은 상온에서도 금방 굳어졌기 때문에 차갑게 만들어 그릇틀에 넣으면 그릇 모양이 제대로 만들어지지 않을 것으로 생각되었다.

한천의 특성상 굳어지기도 쉽고 색상도 밝은 색이어서 가장 실용적인 그릇이 만들어 질 것으로 예상되었다.



• 7회차 : 해조류를 이용한 그릇 제작 4

가) 파래를 활용하여 그릇 만들기

- 직접 채집한 파래를 건조하여 가루로 만든다.

3회차 실험에서 파래를 이용하여 밀가루와 반죽한후 오븐에 구웠는데 높은 열에 그릇을 굽다 보니 건조하여 틈이 생기고 갈라짐이 심해 액체를 담을 수가 없었다.

그래서 이번에는 오븐에 굽지 않고 실온에서 건조 시켜 보기로 했다.

파래가루 100g, 물 100g, 밀가루 100g을 넣고 반죽하였다.

그릇틀을 이용하여 상온에서 2일간 건조 시킨다.



○ 결과

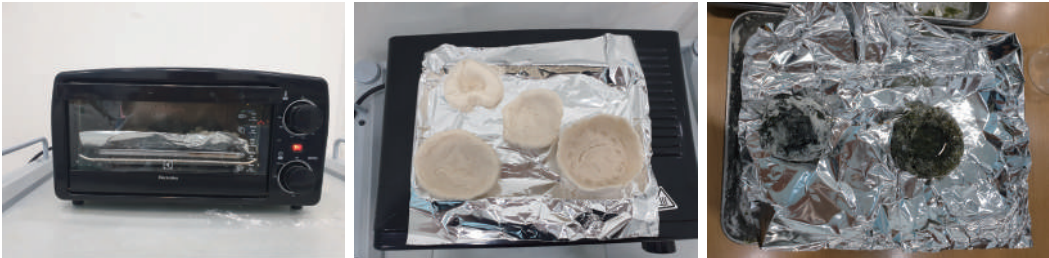
가. 해조류를 3종류(갈조류, 홍조류, 녹조류)로 분류하며 성분을 알아보았다.

- 갈조류 : 다시마·미역·톳·실말 등
- 홍조류 : 김·우뭇가사리 등
- 녹조류 : 파래 등

나. 갈조류에 포함된 미끈거리는 성분은 알긴산이고 이 알긴산은 자연을 살리는 마시는 물병인 오호 물병의 주 재료가 됨을 알게 되었다.

다. 한천은 우뭇가사리·개우무·새발 등 우뭇가사리과의 해초로 만든다. 꼬시래기·갈래곰보 등의 해초로도 만들 수 있다.

라. 채집한 파래, 판매하는 미역, 한천 가루를 밀가루, 찬물과 섞어 반죽하고 그릇 모양을 만들었다. 전기 오븐에서 205℃의 온도에서 10분간 구웠다.



- 사진으로 확인 할 수 있듯이 고열로 구워진 그릇은 건조하여 많은 균열이 있었고 물을 담아 놓으면 30분은 물이 새지 않았으나 점점 녹는게 눈으로도 확인할 수 있었다.

마. 미끈거리는 주 성분이 알긴산이고 이 알긴산은 자연을 살리는 마시는 물병인 오호 물병의 주 재료가 됨을 알게되었다.

- 알긴산 나트륨과 젯산 칼륨을 재료로 한 오호 물병을 제작하였다.

지구를 살리는 마시는 물병인 오호 물병은 플라스틱 용기도 줄일 수 있고 우리가 제작하고 싶은 친환경 해조류 그릇에 활용하면 좋을 것 같다고 생각되었다.



바. 톳가루를 다양한 방식으로 반죽하여 그릇들에 넣고 실제 사용이 가능한 그릇을 제작해 본다.

1) 톳가루 70g, 물 250g을 큰 냄비에 넣고 가열하여 끓을 때까지 계속 저어주며 덩어리가 없는 액체 상태로 만든다.

- 뜨거운 상태의 액체를 1시간 정도 식힌다.
- 준비된 2개의 그릇들에 액체를 넣어준다.
- 그릇 1은 냉동실에 2일 보관하고 그릇 2는 실온에서 자연 건조 시킨다.

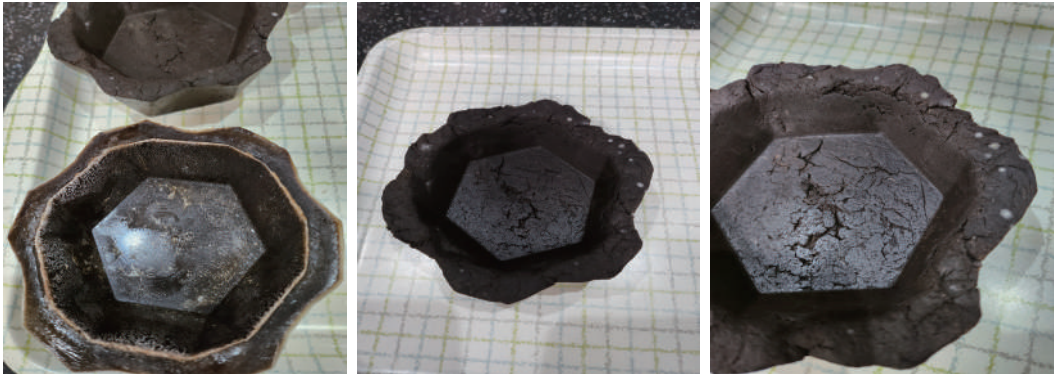
2) 톳가루 70g, 물 250g, 밀가루 70g을 넣어 찬물과 반죽한다

- 그릇들에 반죽을 넣는다.
- 그릇 3은 냉동실에 2일 보관하고 그릇 4는 실온에서 자연 건조 시킨다.



[아쉬운 점]

- 톳가루의 비린 냄새와 그릇 색이 갈색 이어서 음식 그릇으로는 적합하지 않다고 생각되었다.



- 커다란 문제점이 발생하였다.

천연 재료이다 보니 비가 오는날 자연 건조를 시켰던 그릇에서 하얀 곰팡이가 피어 올랐다.

실생활에서 습한 곳에 보관하면 그릇을 사용할 수 없을 것이라는 결론을 얻었다.

냉동 실에 얼렸던 그릇은 윤기도 띄고 겉표면이 코팅 된것처럼 부드러웠으나 물을 담아 10분 정도가 지나니 그릇이 녹기 시작했다.

사. 툇가루 그릇을 제작하다보니 음식의 그릇색은 밝은 색이나 투명색이 적당할 것 같이 고민해보았다. 해조류의 일반적인 갈색, 푸른색을 제외하고는 찾기 힘들어 한천 가루를 구입하여 그릇을 만들어 보면 어떨까? 라는 생각이 들었다.

한천은 젤리처럼 말랑말랑하기 때문에 그릇으로 만드려면 얼려봐야겠다고 생각하여 실험을 진행하였다.

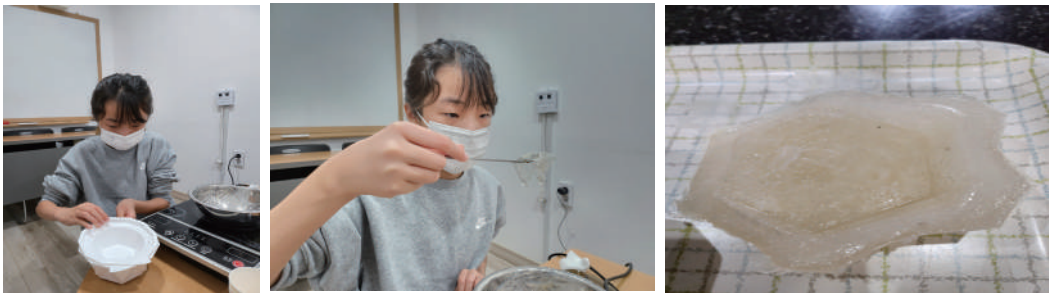
- 한천의 젤라틴 성분을 극대화 시키기 위해 뜨거운 열을 가하여 녹였다.

한천 100g, 물 250g 넣고 보글보글 끓여 오를때까지 계속 저어 주었다.

뜨거운 액체 한천 용액을 5분정도만 식힌 후 그릇틀에 넣었다.

한천은 상온에서도 금방 굳어졌기 때문에 차갑게 만들어 그릇틀에 넣으면 그릇 모양이 제대로 만들어지지 않을 것으로 생각되었다.

한천의 특성상 굳어지기도 쉽고 색상도 밝은 색이어서 가장 실용적인 그릇이 만들어 질 것으로 예상되었다.



우리가 제작한 그릇 중 가장 실용화 가능성이 높았던 그릇이다.

한천 자체의 성질 때문에 물에 녹이고 가열만 해도 시간이 지나면 점점 굳어져갔다.

그릇을 얼리다 보니 물 성분 때문에 상온에서 녹는 현상이 발생했지만 물의 성분을 최소화하고 한천의 용량을 늘리면 그릇 제작이 가능할 것으로 예상된다.

아. 파래를 활용하여 그릇 만들기

- 직접 채집한 파래를 건조하여 가루로 만든다.

3회차 실험에서 파래를 이용하여 밀가루와 반죽한후 오븐에 구웠는데 높은 열에 그릇을 굽다 보니 건조하여 틈이 생기고 갈라짐이 심해 액체를 담을 수가 없었다.

그래서 이번에는 오븐에 굽지 않고 실온에서 건조 시켜 보기로 했다.

파래가루 100g, 물 100g, 밀가루 100g을 넣고 반죽하였다.

그릇틀을 이용하여 상온에서 2일간 건조 시킨다.



상온에서 건조하였는데 툇가루 그릇처럼 곰팡이가 피지는 않았지만 그릇 틀에서 분리 할 수 없게 딱딱하게 굳어버려 그릇 제작이 완성 되지 못했다.

3. 탐구의 결론 및 의의

○ 결론

- 4개월의 시간동안 해조류에 대해 공부하게 되었고 해조류가 살고 있는 바다를 다시 생각해 보게 되는 기회가 되었다.

늘 나에게서 아낌없이 내어주는 바다라는 생각이 있었는데 이렇게 우리에게 풍요로운 먹거리를 제공해주고 있는 정말 고마운 바다가 점점 죽어가고 있다는 보도들도 함께 접하게 되었다. 해양 오염의 가장 큰 원인이 되고 있는 일회용 용기, 비닐, 빨대 등등 실생활에서 너무나 쉽고 가볍게 사용했던 제품들을 나부터라도 조금씩 줄어보면 어떨까? 라는 생각과 함께 일회용품을 제작하는 원료를 해조류로 만들어 보려 했던 우리들의 작은 노력이 완벽한 결과를 남기지 못해 아쉬움이 남는다.

국외 기업에서도 해조류에 전분을 섞고 열을 가해 일회용 종이컵, 계란판 등을 만들었다는 기사를 보고 우리가 했던 실험이 발전 가능성이 있고 실제 제작도 가능하다는 확신을 얻었습니다.

완벽하게 실험을 완성하여 실용화 가능한 그릇을 만들지는 못했지만 이 결과에 만족하지 않고 다양한 제작 방법을 꾸준히 연구하도록 하겠습니다.

○ 의의(기대효과)

- 해조류를 활용한 친환경 식물성 그릇의 제작으로 인해 해양 환경 오염원을 줄이고 자원화 할 수 있을 것으로 예상된다.
- 플라스틱 같은 해양 쓰레기도 줄일 수 있을것으로 예상된다.
- 바다 숲을 이루는 해조류를 활용한 플라스틱 용기 개발은 재료 자체도 친환경 적이지만 제조 과정

- 또한 친환경 적이기 때문에 유해물질도 크게 줄일 수 있는 효과가 있으며 아직은 상품성을 인정받지 못한 해조류를 활용하기 때문에 자원 활용의 효과도 크게 기대할 수 있을 것으로 예상됨
- 식품 섭취로만 가능하던 해조류의 녹조류, 갈조류, 홍조류의 성분 분석 및 다양한 효능을 플라스틱 용기 정보로 기입하여 일상생활에서의 효능 및 효과를 플라스틱 용기를 사용할 때마다 자연스럽게 공유할 있을 것으로 예상됨
 - 해조류와 미세조류들의 친환경 제품임을 널리 보급시킬 수 있음은 물론, 해조류들이 잘 성장할 수 있는 환경을 만들어 주는 노력은 깨끗한 환경으로 우리들 자신에게 돌아올 것으로 예상됨

4. 탐구를 진행하면서 어려운 점과 알게 된 점

○ 어려운 점

- 직접 채집한 재료를 활용하여 그릇 제작을 하려 했으나 예상했던 것처럼 다양한 재료의 채집은 어려워져서 직접 채집한 파래를 제외하고 미역, 다시마, 한천등의 분말 재료를 구입하여 밀가루와 반죽하여 제작하였음
- 겉면에 코팅이 되어있는 재질을 연구하려면 식물성 재질의 플라스틱 용기를 만들 수 있는 환경을 더 많이 찾아봐야 함

○ 알게 된 점

- 해조류에 대한 인식은 동양과 서양에서 큰 차이가 있음, 해조류를 우리나라와 일본에선 '바다의 채소'로 여기는데 반해, 서양에서는 '바다의 잡초(seaweed)'로 인식함
- 해조류는 크게 3가지로 구분됨(갈조류, 홍조류, 녹조류)
- 해조류에서 미끈 거리는 성분은 알긴산이고 갈조류인 다시마, 미역 등의 주 원료가 됨
- 오호 물병의 주재료인 알긴산 나트륨이 갈조류 원료임을 알게됨
- 한천의 갈조류인 우뚝가사리의 성분에서 채취할 수 있음

○ 기타

- 식물성 일회용 그릇을 만들고 싶었으나 완벽한 그릇은 만들지 못했고 그릇의 겉면을 코팅할 수 있는 다양한 재료를 더 찾아보고 싶다.

5. 참고문헌

- 네이버 지식 백과(해조류)
- 자연을 살리는 마시는 물병 오후(블로그 기사)
- 국제해조류 박람회
- 한국수산자원관리공단
- 식용해조류 (한용봉 저)
- 먹을수 있는 플라스틱! 예보웨어
- 생명을 품은 바다 이야기(키아라 카르미나티 저)
- LG 사이언스랜드 (바다 숲에 해조류를 가꾸자고?)
- YTN 사이언스 (해조류로 고성능 바이오플라스틱 만든다)
- YTN 사이언스 (해조류의 변신, 미역으로 만드는 고성능 플라스틱)
- YTN 사이언스 (미역이 고성능 플라스틱으로...친환경 제작 기술 개발)
- 키즈현대 (플라스틱이 100%분해된다고? 식물로 만든 플라스틱, 환경오염의 해결책)
- 국제 1저널 (극한환경 생육 해조류 유전체 세계)



성공적인 바다숲을 위한 옥덩굴의 이산화탄소 흡수력 탐구



팀명	해(海) 맑은 아이들		
학생명	주예나, 왕지후, 송효민, 강수연		
지도교사명	이지혜	학교	대전한밭초등학교

1. 탐구 동기 및 목적

○ 탐구 동기

- 탄소중립 실천 방안으로 바다숲 조성관리사업을 실천하고 있다는 기사를 읽고 해양식물의 탄소저장과 흡수능력에 대해 알게 되었습니다. 하지만 집에 있는 어항에 수질 정화 목적으로 넣은 개운죽이 기능을 하지 못하고 죽은 것이 생각이 나서 이처럼 해양식물도 기대했던 긍정적인 효과를 보여주지 못하고 시들거나 적응을 못 할 수도 있지 않을까? 하는 생각이 들었습니다. 오염된 물을 정화하기 위해 얼마나 더 많은 식물이 필요한 걸까? 식물 한 줄기가 어느 정도의 물을 정화할 수 있을까? 하는 궁금증이 탐구 동기입니다.

○ 탐구 목적

- 해양식물이 탄소저장 능력이 뛰어난 분명한 환경의 영향을 많이 받기 때문에 다양한 조사가 이루어져야 바다숲 조성관리사업이 성공할 수 있다고 생각했습니다.
- 해양식물의 이산화탄소 흡수와 산소 배출을 실험을 통해 확인합니다.
- 지구 온난화가 더 진행된 상황을 가정하여 이산화탄소의 양을 증가시켰을 경우 해양식물이 흡수한 이산화탄소량이 어느 정도 되는지? 를 알아봅니다.
- 해수 온도상승에 따른 해양식물 상태를 관찰합니다.
- 산성도가 낮아진 상황에서 해양식물의 정화 정도를 측정하고 해양식물의 양을 늘릴 때 이산화탄소 흡수정도를 확인합니다.
- 지구온난화의 심각성을 체감하고 탄소중립을 위해 솔선수범합니다.

2. 탐구 내용 및 결과

2-1. 탄소중립에 대한 배경지식 이론탐구와 실험대상 탐색

○ 내용

- 탐구 대상에 관한 검색을 하던 중 해양식물의 한 종류인 바다포도(옥덩굴, C okamurae) 키우기 키트를 판매하는 것을 알게 되었습니다.
- 탐구에 필요한 배경지식을 넓히기 위하여 탄소중립과 옥덩굴에 대해 사전 조사를 실시합니다.

○ 방법

- 실험에 앞서 바다 포도 키우기 키트를 구매하여 키워보고, 키트 판매처인 씨 앤 바이오테크 방문과 한국조류학회장이신 최한길 교수님(원광대학교 자연과학대학 생명과학부)을 찾아뵙고 조언을 구해 봅니다.
- 국립해양생물자원관 방문, 해양환경을 주제로 한 전시회 <마주하는 바다>에 참여, 바닷가와 집 근처에서 줍깅을 실천하였습니다.
- 각자 탐구한 내용을 프리젠테이션을 하여 발표하였습니다.

○ 결과


- 바다 포도 키우기 키트로 옥덩굴이 하루도 견디지 못하고 하얗게 잎이 변하여 구입처에 문의하니 '관상용이라 키우기 쉽지 않고 오래가지 않는다'라는 답변을 주셨고 옥덩굴을 키워본 사람들의 경험과 전문가의 조언을 종합해본 결과 해양식물을 육상에서 키우기 위해서는 수족관, 램프, 냉각기 등의 장비가 필요하며 가격이 고가이므로 구입에 무리가 있었습니다. 옥덩굴을 연구하시는 박수경 박사님(원광대학교)께서 특별한 장치 없이 1주일만 생존할 수 있다고 조언을 해주셔서 최소한의 환경을 만들어 주면서 실험을 1주 안에 진행하는 것으로 이야기하였습니다. 옥덩굴의 상태가 양호하면 같은 실험의 기간을 연장하여 진행하고 하나의 실험이 끝나면 다시 옥덩굴을 구입하여 실험하기로 하였습니다.

			
옥덩굴에 대해 알아보기	전문가와 만남 (최한길 교수님)	'씨 앤 바이오테크'의 옥덩굴 육상양식장을 방문	국립해양생물자원관 방문
			
해양환경 동화만들기 체험	해양환경 전시회 「마주하는 바다」 참여	바닷가 해양쓰레기 줍기	학교 근처에서 줍기

2-2. 옥덩굴의 이산화탄소 흡수와 산소배출능력

○ 내용

- 밀폐용기에 옥덩굴을 넣고 이산화탄소발생기(지스 이타발생기 ZC-II)를 이용하여 이산화탄소를 발생시킨 후 이산화탄소와 산소의 변화 그래프 관찰합니다.
- MBL(Microcomputer-Based Laboratory)의 이산화탄소, 산소 측정 센서를 이용하여 공기 중의 이산화탄소, 산소의 양을 측정합니다.

		
이산화탄소 발생	MBL을 이용한 측정	변화 그래프 관찰

○ 방법

실험 1. 밀폐용기를 이용한 실험

- 방법: 밀폐용기에 꼭 맞는 뚜껑을 만들고 뚜껑에 이산화탄소와 산소 센서를 부착하고 이산화탄소 발생 튜브를 넣습니다. 옥덩굴 15g을 해수(pH8.3)와 함께 밀폐용기에 넣고 뚜껑을 덮어 밀봉한 후 내부의 이산화탄소와 산소의 양을 측정합니다.
- 결과: 9시간 후 이산화탄소는 121ppm 줄어 들었고 산소의 양은 변함이 없었습니다.

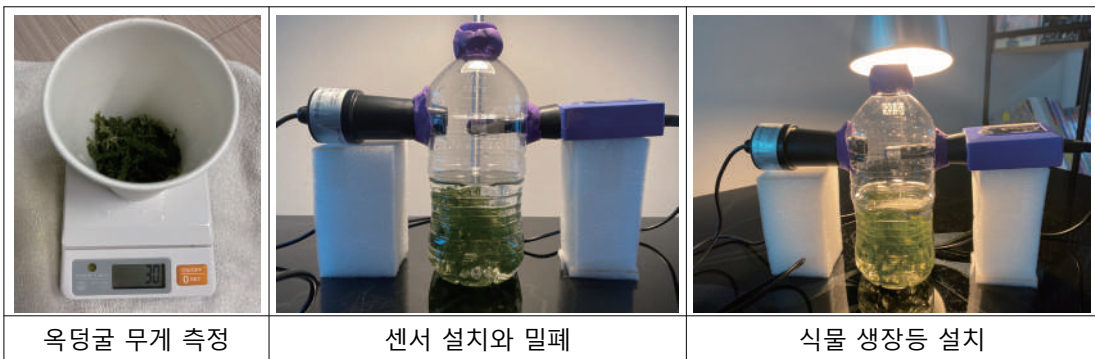
시간 \ 기체의 양	이산화탄소(ppm)	산소(%)
처음 측정	1342	0.12
9시간 후	1221	0.12

- 실험 1의 문제점 개선

변화시켜야 할 기체의 양이 많음 뚜껑과 반투명 용기로 광량이 부족함	⇒	패트병(1L)으로 용기 변경
완전 밀폐가 되지 않음	⇒	아이클레이를 이용하여 밀폐
식물의 양이 적음	⇒	식물의 양을 늘림(15g→30g)
관찰 시간대별로 빛의 양이 다름	⇒	식물 성장등으로 일정한 조건 유지

실험 2. 페트병을 이용한 실험

- 방법: 1L 페트병에 구멍을 내고 이산화탄소, 산소 센서의 앞부분을 끼웁니다. 옥덩굴의 양을 30g으로 늘리고 밀폐를 위하여 센서를 끼운 부분과 페트병 뚜껑 주위를 아이클레이를 이용하여 막습니다. 일정한 광량을 제공하기 위하여 식물 성장등을 설치합니다.

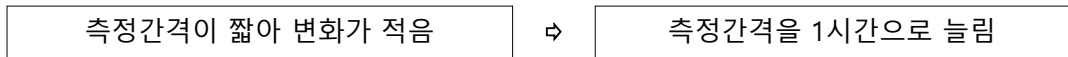


○ 결과

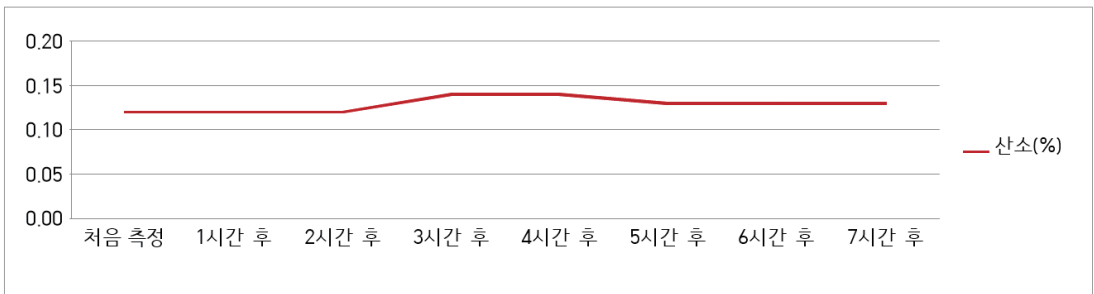
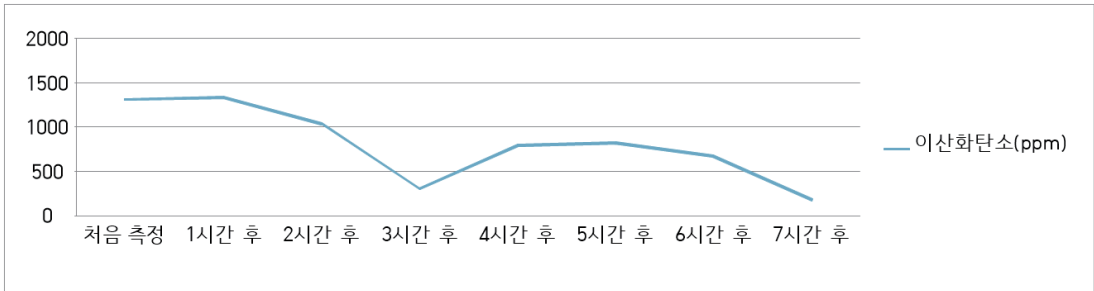
- 1시간 동안 10분 간격으로 측정

시간 \ 기체의 양	이산화탄소(ppm)	산소(%)
처음 측정	1312	0.12
10분 후	1312	0.12
20분 후	1282	0.12
30분 후	1282	0.12
40분 후	1374	0.12
50분 후	1335	0.12

- 문제점 개선



· 1시간 간격으로 측정



2-3. 이산화탄소 배출량 증가시 옥덩굴의 탄소흡수 능력

○ 내용

지구온난화가 가속화되어 이산화탄소의 배출량이 증가되었다고 가정하였을 때 옥덩굴의 이산화탄소 흡수능력을 알아봅니다. 현재의 대기중 이산화탄소의 농도가 769ppm으로 측정되어 그보다 50% 증가된 1153.5ppm으로 실험하려고 하였으나 정확한 이산화탄소의 양을 조절하기 어려움이 있어 가장 가까운 수치에서 실험을 시작하였습니다.

○ 방법

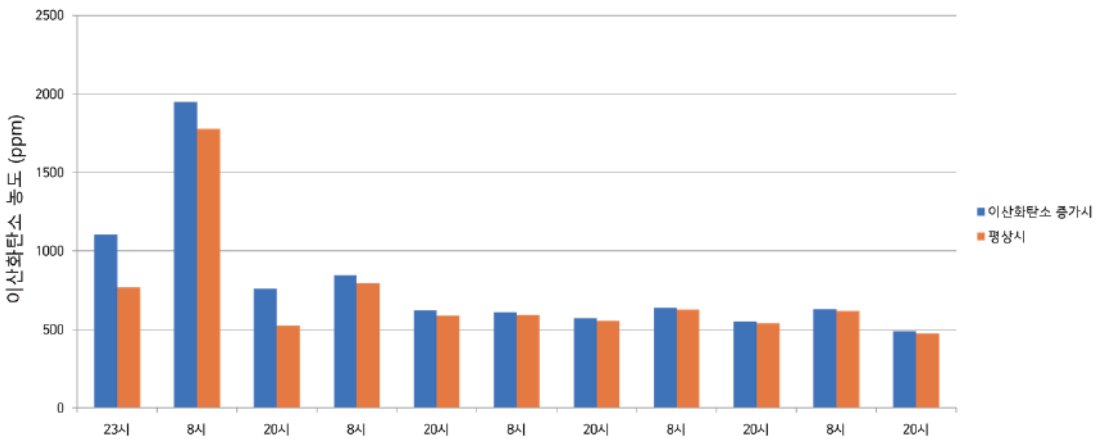
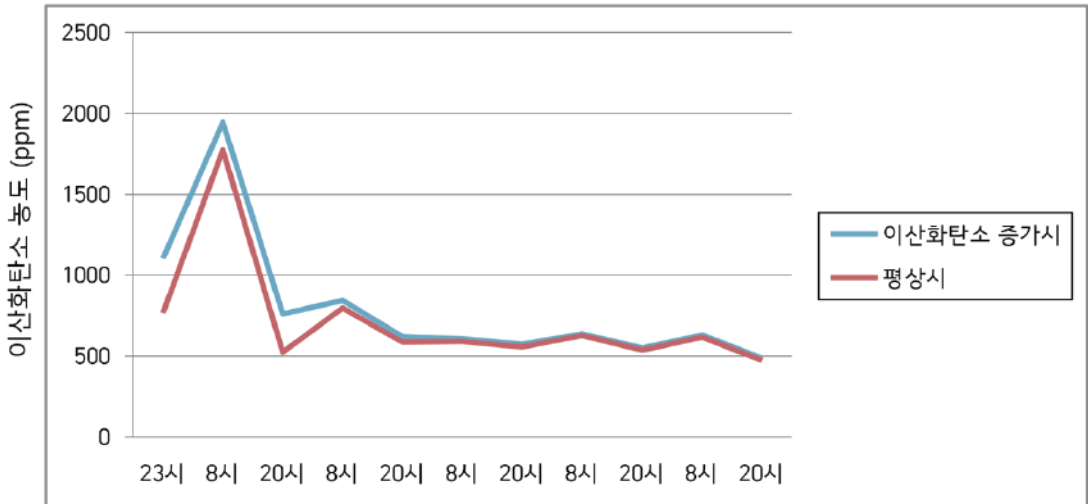
1. 동일한 양(30g)의 옥덩굴을 플라스틱 컵에 심습니다.(양쪽 각 컵에 해수 150 ml) 한쪽은 이산화탄소 발포정을 1/4정도 넣고(A) 다른 한 쪽은 그대로(B) 둡니다.
2. 투명한 플라스틱 통 2개를 준비합니다. 옥덩굴의 호흡을 위해 플라스틱 통 양 옆에 지름 0.5cm 크기의 구멍을 3개씩 뚫어줍니다.
3. 이산화탄소 측정기와 옥덩굴이 들어있는 플라스틱 컵을 투명한 플라스틱 통으로 덮습니다.
4. 낮 14시간, 밤 10시간으로 광량을 조절해 줍니다.

○ 결과



2-3의 이산화탄소 흡수실험

측정일	측정시간	A	증감량(ppm)	B	증감량(ppm)
1일차	23시-㉓	1104		769	
2일차	8시-㉒	1947	+843 ①	1777	+1008 ②
	20시-㉑	761	-1186 ③	523	-1254 ④
3일차	8시-㉐	845	+84 ⑤	796	+273 ⑥
	20시-㉏	622	-223 ⑦	588	-208 ⑧
4일차	8시-㉍	608	+14 ⑨	592	+4 ⑩
	20시-㉌	573	-35 ⑪	556	-3 ⑫
5일차	8시-㉋	637	+64 ⑬	626	+70 ⑭
	20시-㉊	550	-87 ⑮	537	-89 ⑯
6일차	8시-㉉	631	+81 ⑰	616	+79 ⑱
	20시-㉈	487	-144 ⑲	475	-141 ⑳



옥덩굴(30g)을 해수에 넣은 상태에서 한쪽에만(A) 이산화탄소량을 증가시킨 후 하루에 2번 이산화탄소량을 측정했을때 시간이 지날수록 양쪽 모두 이산화탄소의 양은 줄어든다는 것을 알 수 있습니다. ㉔의 경우 A, B 모두 이산화탄소의 양이 큰 폭으로 증가하였는데 이는 밤사이의 측정치이므로 광합성 하고는 무관하다고 추정되며 증가 폭으로 보았을 때 옥덩굴의 밤사이 호흡으로 인한 발생된 이산화탄소라기보다 이산화탄소 발포정이 밤사이 녹으면서 증가된 것으로 추정됩니다. ①의 증가량(843ppm)보다 ②의 증가량(1008ppm)이 더 크므로 공기 중으로 발산된 이산화탄소가 B에 영향을 주었을 것으로 예상됩니다. B에 영향을 주어 A, B의 이산화탄소량이 비슷한 수준으로 대폭 상승하였습니다. ㉔의 경우는 큰 폭으로 증가된 이산화탄소가 광합성을 촉진시켰으며 큰폭으로 감소된 ③, ④의 이산화탄소의 양이 이를 입증합니다. ①<②이므로 ③<④ 결과치를 보여주었습니다. ⑤의 경우 밤사이 이산화탄

소의 배출 증가량은 84ppm인데 비해 ⑥은 증가량이 273ppm으로 이산화탄소 배출양이 컸고 ⑦~⑫까지는 A의 증감 폭이 약간 큰 것으로 보이다가 ⑬~⑳에서는 A, B의 증감 폭이 비슷하고 이산화탄소의 양도 비슷해졌습니다. 밤사이(20시~8시)에는 정도 차이는 있지만 이산화탄소의 양이 두 경우(A와 B) 모두 증가하였고, 낮에는 (8시~10시)에는 이산화탄소의 양이 A, B 두 경우 줄어든 것을 확인할 수 있습니다. 약 5일 동안 A는 1460ppm(최고치-최소치), B는 1302ppm의 이산화탄소를 흡수하였습니다.

2-4 옥덩굴이 해양산성화에 미치는 영향

○ 내용

- 해수의 pH를 pH8.3에서 pH7.6화로 낮췄을때 옥덩굴의 이산화탄소 흡수능력을 측정합니다.
- 같은 면적에 옥덩굴의 양을 늘리게 되면 이산화탄소의 흡수능력이 향상되는지를 확인합니다.

○ 방법

실험 1.

- 2개의 통을 준비하여 옥덩굴 30g과 60g을 각각 담고 해수 2L를 넣습니다.
- 탄소중립 로드맵에서 제시한 2100년도 해양 산성도 pH 7.65~8.05를 참고하여 해수(pH 8.2)에 섬유유연제를 투입하여 pH 7에 맞춥니다.
- 광합성을 위해 빛을 쬐줍니다.
- 아침과 저녁 하루에 2회 pH를 측정합니다.

	옥덩굴 30g	옥덩굴 60g
20일 22시	pH 7.0	pH 7.0
21일 06시	pH 7.1	pH 7.1
21일 14시	pH 7.3	pH 7.3
21일 22시	pH 7.3	pH 7.3
22일 06시	pH 7.3	pH 7.3
22일 14시	pH 7.4	pH 7.3
옥덩굴(30g, 60g) 물 2L일 때의 pH 결과		

- 문제점 개선
- 효과의 극대화를 위해 물의 양은 줄이고 옥덩굴의 양은 늘렸습니다.

물의 양의 변화	→	2L에서 1L로 줄임
식물의 양이 변화	→	옥덩굴 30g을 10g으로 60g을 80g

실험2.

- pH7.0로 산성화된 해수를 옥덩굴이 정화하기엔 무리가 있다고 판단이 되어 물의 양2L에서 1L로 줄이고 옥덩굴이 양이 늘어나면 이산화탄소의 흡수량이 늘어날 것으로 예상하며 60g을 80g으로 변경하였고 옥덩굴 30g을 10g으로 줄여서 두 수조의 옥덩굴의 양의 차이를 크게 변화하였습니다.

	옥덩굴 10g	옥덩굴 80g
22일 22시	pH 7.2	pH 7.3
23일 06시	pH 7.0	pH 7.0
23일 14시	pH 7.1	pH 7.1
23일 22시	pH 7.1	pH 7.0
24일 06시	pH 7.0	pH 7.0
24일 14시	pH 7.0	pH 6.8
24일 22시	pH 6.9	pH 6.9
25일 08시	pH 6.8	pH 6.8
옥덩굴양이 10g, 80g이고 물이 1L일 때 pH 측정결과		

- 문제점 개선

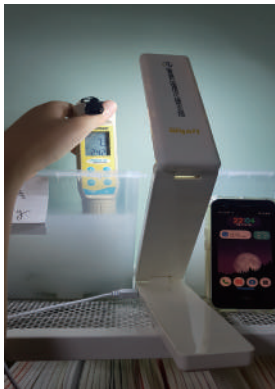
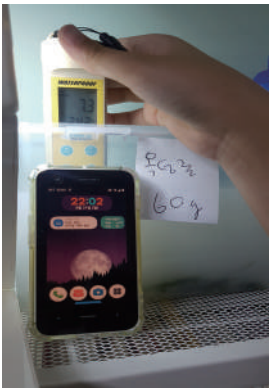

산성화 정도를 조절함.	⇨	pH 7.0 → pH 7.7
식물의 양을 변경함.	⇨	옥덩굴 80g → 50g
pH 측정도구를 변경함.	⇨	측정기 → 리트머스 종이
세제의 변경.		투명한 세제로 변경

실험3.

1. 섬유유연제로 인해 물이 탁해져서 빛이 통과되지 않아 광합성이 어렵다고 판단이 되어 세제를 바꾸어 물을 투명하게 만들었습니다.
 - 설정한 산성화 농도가 낮아 옥덩굴이 이산화탄소를 흡수능력이 떨어지는 것으로 판단되어 pH 7.0에서 pH 7.7로 높였습니다.
 - 옥덩굴 10g과 80g의 중량 차이가 크다고 판단되어 10g과 50g으로 변경하였습니다.
 - pH 측정기(PC/PT/PCS Testr35)가 작은 단위까지는 측정이 되지 않아서 색상으로 산성화 정도를 볼 수 있는 리트머스 종이로 측정하기로 하였습니다.
 - 물 1L씩 2개의 수조, 온도와 광도, pH는 동일한 조건으로 실험합니다.

- 문제점 개선

측정이 정확하지 않음	⇒	리트머스 종이 → 측정기
빛의 양을 조절함	⇒	낮 14시간 동안만 성장등을 켜

		
pH 7.3	pH 7.3	pH 7
8.21(일) 22시경 30g	8.21(일) 22시경 60g	8.28(일) 20시경

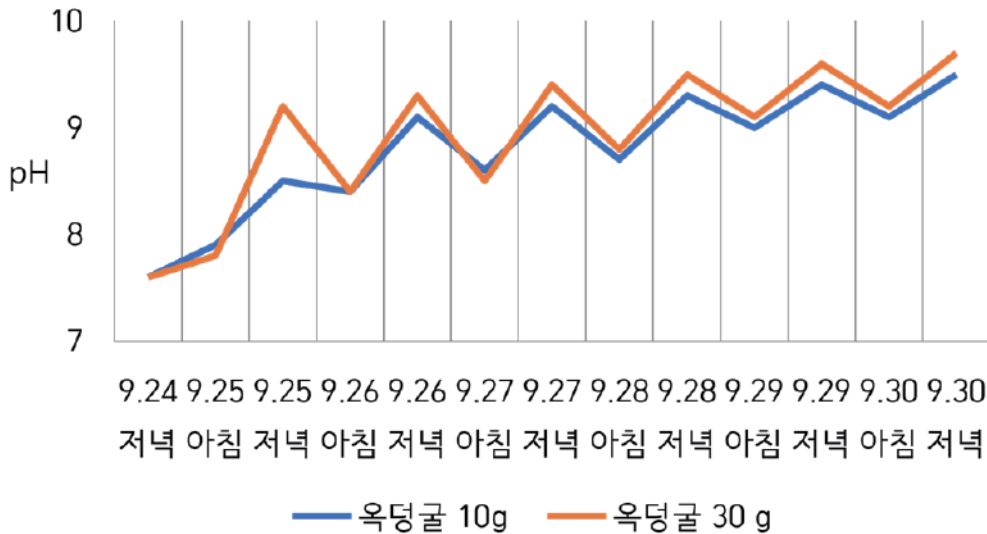
실험4.

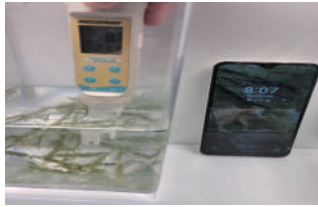
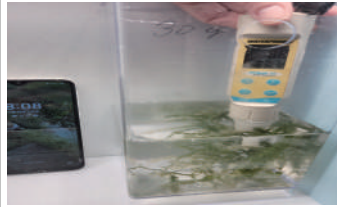
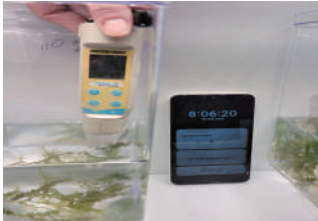
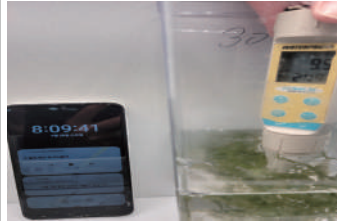
- 두개의 수조에 해수(pH 8.2) 1리터씩을 넣고 한쪽에는 옥덩굴 10g(사진상 좌측) 또 한쪽에는 30g을 넣습니다.
- 해양 산성화가 진행된 상황을 만들기 위해 두 수조 모두 pH를 7.6으로 약산성 세제를 넣어 맞춥니다. (해양수산부 2050 탄소중립 로드맵에 따른 2100년 예상 pH 약 7.65~8.05 참고)
- 자연과 비슷한 광합성 환경을 위해 식물 성장등을 낮 14시간

○ 결과

날짜	시간	옥덩굴 10g	옥덩굴 30g	온도(°C)
9.24	10시 30분경	pH 7.6	pH 7.6	20.6
9.25	8시 10분경	pH 7.9	pH 7.8	23.1
	10시 15분경	pH 8.5	pH 9.2	24.6
9.26	8시 16분경	pH 8.4	pH 8.4	23.4
	10시 17분경	pH 9.1	pH 9.3	24.2
9.27	8시 10분경	pH 8.6	pH 8.5	23.1
	10시 12분경	pH 9.2	pH 9.4	25.0
9.28	8시 07분경	pH 8.7	pH 8.8	23.0
	10시 06분경	pH 9.3	pH 9.5	24.9
9.29	8시 30분경	pH 9.0	pH 9.1	23.7
	10시 31분경	pH 9.4	pH 9.6	25.4
9.30	8시 10분경	pH 9.1	pH 9.2	23.0
	10시 45분경	pH 9.5	pH 9.7	25.3

※ 2개 수조의 pH를 측정하는데 하나의 측정기를 사용하여 시간차가 있어 시간표기에 있어 몇시몇분경으로 표기



날짜	9.28	
아침		
저녁		
옥덩굴	10g	30g

- 실험1에서는 실험 첫째날(20일 22시)보다 실험 마지막 측정일(22일 14시)에 pH 수치가 옥덩굴 30g은 0.4 (7.0 →7.4), 옥덩굴 60g은 0.3 (7.0 →7.3) 상승하여 이산화탄소가 흡수된 것으로 판단되나 옥덩굴의 양에 따른 이산화탄소 흡수의 차이는 보이지 않았습니다.
- 실험2에서는 옥덩굴 10g은 pH 7.2에서 pH 6.8로, 80g은 pH 7.3에서 pH 6.8로 모두 수치가 낮아졌습니다. 이는 이산화탄소의 흡수는 이루어지지 않았고 증가된 것으로 광합성이 원활하게 이루어지지 않는 것으로 볼 수 있습니다.
- 실험 3에서는 광합성은 24시간 유지하고 세제를 바꾸어 물이 투명해지도록 하였습니다. 옥덩굴 10g은 pH 7.7에서 pH 8.1로 옥덩굴 50g은 pH 7.7에서 pH 7.9로 수치가 상승하였습니다. 이는 투명한 물로 인해 빛이 투과되어 적절한 광합성이 이루어져서 이산화탄소의 흡수가 이루어졌다고 볼 수 있습니다. 하지만 옥덩굴의 양이 많은 쪽(50g)에서 더 많은 이산화탄소의 흡수가 있을 것으로 예상되었는데 pH가 옥덩굴 10g에서 0.4 상승, 옥덩굴 50g에서 0.2 상승하여 옥덩굴 양이 많은 쪽이 이산화탄소 흡수량이 더 적었습니다. 이는 야간에도 조명이 노출되어 야간 호흡량이 늘어난 것이 원인이라고 고려됩니다.
- 실험 4에서는 실험 1~3의 문제점을 보완하여 생장등의 시간을 14시간으로 설정하고 물이 투명한 상태를 유지할 수 있는 세제를 사용하였습니다. 해수 1L에 pH 7.6으로 설정한 수조에 옥덩굴 10g과 30g을 넣었는데, 옥덩굴 10g은 pH 7.6에서 pH 9.5로 pH 1.9상승하였고, 옥덩굴 30g은 pH 7.6에서 pH 9.7로 pH 2.1 상승하였습니다. 산업화 이전 평균 8.2였던 해수의 pH가 2100년도에는 7.6~8.05임을 고려해보면 큰 상승 폭으로 이산화탄소 저감 효과가 큰 것으로 보여집니다. 또한 같은 면적에 옥덩굴의 양을 3배 증가하였더니 pH는 0.2 상승하였습니다.

2-4 온도변화에 따른 옥덩굴 성장

○ 내용

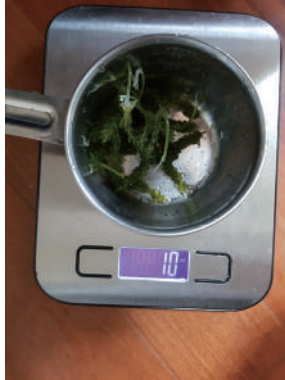

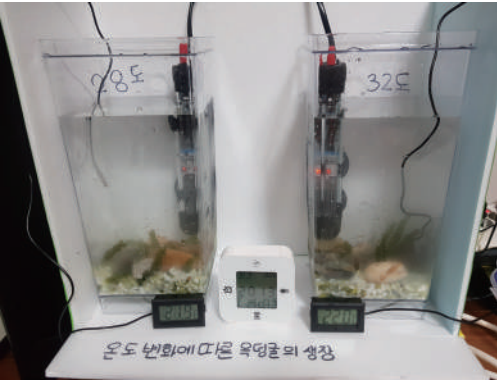
- 옥덩굴은(c.okamurae)은 아열대성 해조류로 지구온난화로 해수의 온도가 상승하면서 남해에서 분포하던 서식지가 동해안의 중·남부 해역까지 분포가 확대된 것으로 나타났습니다.
- 우리나라의 기후환경이 바뀌어서 옥덩굴의 서식지가 점차 늘어나고 개체 수가 많아지고 바다숲 조성을 옥덩굴로 한다고 했을 경우 어느 정도의 온도까지 서식할 수 있는지 확인하고자 합니다.
- 옥덩굴은 번식시험에 성공한 이후 육상 재배도 가능하고 거칠한 돌에 부착하는 기질이 있어 바다숲 조성에 용이합니다. 또한 샬러드나 항암효과, 항산화, 미백 효능 등 활용 가치가 높아 추후 옥덩굴의 노령화로 이산화탄소의 흡수 기능이 떨어질 때 업체를 절단하여 사용하여도 재생이 쉽다고 합니다.

○ 방법

- 문헌조사에서는 25℃가 최적 생장률을 보인다고 하여 15℃, 20℃, 25℃, 30℃의 온도설정을 생각했지만 15~25℃의 온도를 유지하기 위해서는 냉각기가 필요한 것을 추후에 알게 되었습니다. 고민을 하던 중 <바다 수온 27.6℃, 고수온 주의>라는 뉴스(헬로tv 2021.08.03.)를 접하게 되었습니다. 또 옥덩굴의 주 서식지인 남해 동부 바다의 9월 상순 온도가 28℃까지 기록된 기상청의 자료를 보고 9월 초의 바다 수온은 앞으로 더 상승할 수 있다고 생각이 되어 온도를 28~34℃까지 설정하여 옥덩굴의 상태를 지켜보기로 하였습니다.
- 옥덩굴 10g을 2개의 수조에 자갈을 깔고 심어준 뒤 같은 양의 해수를 넣고 한쪽은 28℃, 한쪽은 32℃로 설정하여 5일동안 관찰하였습니다.
- 정확도를 위해 하루에 2번을 기본으로 온도를 체크 설정하였는데 처음에 설정온도로 상승하는 과정에서 온도변화가 더디면 히터기를 가동해서 외부에서 조절을 해주었습니다. 온도가 낮을 경우에는 봉지에 열을 담아 해수에 담가주는 방법으로 설정온도 근사치를 유지하였습니다.
- 같은 조건하에 28℃ 수조의 온도를 30℃로 32℃의 수조를 34℃로 온도를 상승시켰으며 5일동안 관찰하였습니다.

○ 결과

- 수온 28℃에 있는 옥덩굴은 엽체 일부가 하얗게 변한 부분이 있지만 전반적으로 초록색으로 건강해 보였습니다. 하지만 30℃, 32℃, 34℃는 엽체가 하얗게 변하여 옥덩굴이 살기에 적합한 온도였습니다.

22.9.4	22.9.4	22.9.4
		
준비과정 (옥덩굴 10g)	준비과정 (옥덩굴 심기)	온도설정 28°C.(좌), 32°C(우)

3. 탐구의 결론 및 의의

○ 결론

- 해양식물의 표본으로 선정한 옥덩굴의 이산화탄소 흡수능력은 뛰어났으나 산소 배출 효과가 있음을 확인하였습니다. 이산화탄소의 양이 증가되는 상황에서는 광합성 활발하게 일어나 이산화탄소의 수능력이 또한 증가하였습니다.
- 수중에서 서식하는 해양식물의 광합성이 원활하게 이루어지려면 빛이 잘 투과되어야 하므로 해수의 오염정도나, 적조, 해양쓰레기 등이 광합성을 방해한다면 이산화탄소의 흡수능력을 저하 시킬 수 있습니다.
- 밤새 빛에 노출된 옥덩굴은 호흡량을 증가시켜 이산화탄소 배출량이 늘어나 이산화탄소 저감 효과를 방해하였습니다.
- 동일한 면적과 환경조건 하에 옥덩굴의 양을 3배로 늘렸더니 pH0.2 증가하였습니다. -28°C 수온 환경에서도 엽체가 초록색을 띠어 잘 적응한다고 보아 바다숲 조성시 해수 온도가 높은 제주도 부근과 남해에 조성하기 적합합니다.

○ 기대효과

- 해양식물의 이산화탄소 흡수능력이 뛰어나다는 사실은 이미 많은 연구를 통해 밝혀졌습니다. 하지만 좋은 도구가 있어도 사용 방법을 모르면 무용지물이듯이 바다숲 조성 사업이 성공하기 위해서는 더 많은 조사가 이루어지고 자료가 필요합니다. 기사에 따르면 바다숲 228곳이 조성 후 관리 미흡하다는 내용이 있었습니다. 눈가리고 아웅으로 바다숲을 조성하고 거기에서 그치지 않고 꾸준한 연구가 이루어져서 성공적인 바다숲이 조성이 되길 기대합니다.

4. 탐구를 진행하면서 어려운 점과 알게 된 점

○ 어려운 점

- 탐구하고자하는 실험의 장비와 옥덩굴 구입비용이 비싸서 다양한 실험을 하지 못한 것이 아쉽고 정해진 예산 안에서 실험을 계획하는 것이 어려웠습니다.
- 예상하지 못한 결과가 나올 때 원인을 파악하는 것이 어렵고 당황스러웠지만 실패했다고 생각했던 실험에서 새로운 사실을 알아낼 때 기분이 좋았습니다.
- 옥덩굴이 해양식물이기 때문에 다른 환경인 육상에서 실험한다는 것이 어려웠습니다.

○ 기타

- 옥덩굴이 수질정화능력도 알아보고싶었으나 검사 비용이 고가라서 pH만 측정하는 변경하였습니다.
- 옥덩굴의 온도별 성장을 탐구에서 냉각기의 구매가 어려워 온도설정 범위를 조정하였습니다.
- 위와같은 이유로 수정된 실험에 적합한 제목으로 수정하였습니다.

5. 참고문헌

- 해조류육종융합연구센터
- 해양생명자원통합정보시스템
- 수산생명자원정보센터
- 국가해양환경 온라인 교육센터
- 국립해양생물자원관
- 해양환경공단(해수면상승·해수온상승 시뮬레이터, 해양탄소배출량 계산기)
- 수생식물을 활용한 인공습지형 배수로 개발 및 수질정화 효율 연구(전국과학전람회 출품작, 김지민외2인)
- 수서생물들은 어떤 이유 때문에 수질지표종이 될 수 있었을까?(전국과학전람회 출품작, 성화진)
- 기후변화지표종옥덩굴의지리적 분포·재생·활용에관한연구(김주희,배성준)
- 녹조식물, 옥덩굴 생장의 계절변화와 실내배양을 통한 성숙 및 재생유도(한정우)
- 해양수산분야 2050탄소중립 로드맵(해양수산부 자료)
- ‘해초’가 탄소 흡수! ‘바다숲’으로 온실가스 감축(KBS 뉴스, 2021.10.04.)-미세플라스틱이 환경과 건강에 미치는 영향(그린포스트코리아 기사, 2022.1.14.)
- 해인초(네이버블로그)
- 우리 바다에서 일어나는 기후변화,과학적 예측으로 먼 미래까지 내다본다.(해양수산부 보도자료2022.5.26.)
- 정부의 2050탄소중립 추진방향(송중준 해양수산부 해양환경정책과장 기사)
- 지구온난화 해결을 위한 탄소중립 & 바다숲 조성(한국수산자원공단 공식 블로그)
- 바다에도 숲이 있다고? 바다숲(해양수산부 공식 블로그)
- 기후위기 속 해조류의 역할과 변화(국립생태원 블로그)
- 우리 바닷속 미세플라스틱, 해양생물에 영향?(어업 in 수산 기사, 2021.7.7.)
- 화학적산소요구량(COD)측정방법(해양환경공단 블로그)
- 지구의 위기!기후변화의 심각성을 깨달아야 할 때(시빅뉴스, 2020.3.30.)
- 탄소흡수‘바다숲’228곳 조성 후 관리 미흡(이현이기자,단비뉴스, 2022.09.10.)
- 수온상승으로해양산성화 가속,대형 해조류 감소(완도뉴스, 2021.9.3.)
- 이산화탄소에 탈난 바다-급격한 산성화로 해양 생태계 위협(매일경제, 2018.4.20.)
- 우리 바다 생태계 어떻게 변화하고 있을까?(해양수산부 보도자료, 2022.1.26.)

해조류와 함께하는 탄소저감 지구지킴이



팀명 씨워드(Sea-with)

학생명 장한나, 민설

지도교사명 김채현

학교 대전성모초등학교

1. 탐구 동기 및 목적

○ 탐구 동기

- 1) 학교 환경 동아리-이젠 활동을 통해 지구온난화와 탄소중립에 관심을 갖게 되었다. 우리가 직접 탄소를 줄이고 탄소중립을 실천할 수 있는 일들이 무엇일까 탐구하게 되었다. 우뚝가사리를 이용해 종이컵, 빨대 등 친환경 제품을 만들 수 있다는 것을 알게 되었다. 또한, 동아리 활동 중 해양생물자원관 현장학습으로 다양한 해양생물이 탄소중립과 탄소순환을 도와준다는 사실을 알게 되었다.
- 2) 해양생물이 흡수하는 블루카본이 육상생태계의 그린카본보다 탄소 흡수 속도가 50배 빠르다면 블루카본을 효과적으로 활용하기 위해 우리가 할 수 있는 일은 무엇일까 생각하게 되었다. 그 중, 미역, 우뚝가사리, 다시마 등 우리가 쉽게 접할 수 있는 해조류를 이용한 다양한 탄소순환 방법에 대해 연구해보고 싶었다.

○ 탐구 목적

- 해조류도 훌륭한 블루카본의 하나로 인정받고 있다는 것은 사실이다. 그렇다면, 해조류가 어떤 환경에서 탄소를 잘 흡수할까? 과연 오염된 환경에서도 탄소를 흡수하고 산소를 배출할 수 있을까? 이 궁금증을 해결하기 위해 해조류가 광합성을 하는 환경을 변인으로 한 실험을 하려 한다. 해조류도 영양분을 얻기 위해 탄소를 흡수하여 광합성을 하는데, 과연 오염된 환경(세제, 기름 등)에서도 광합성을 잘 할 수 있는지에 대해 탐구해보려 한다. 또한, 바다 생태계에 해조류가 미치는 영향을 알아보고 식생을 잘하도록 우리가 할 수 있는 일이 무엇인지 탐구해보고자 한다.

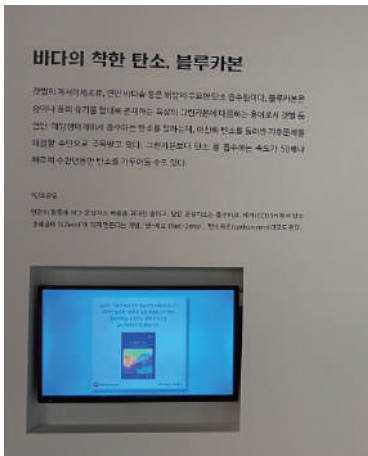
2. 탐구 내용 및 결과

○ 내용

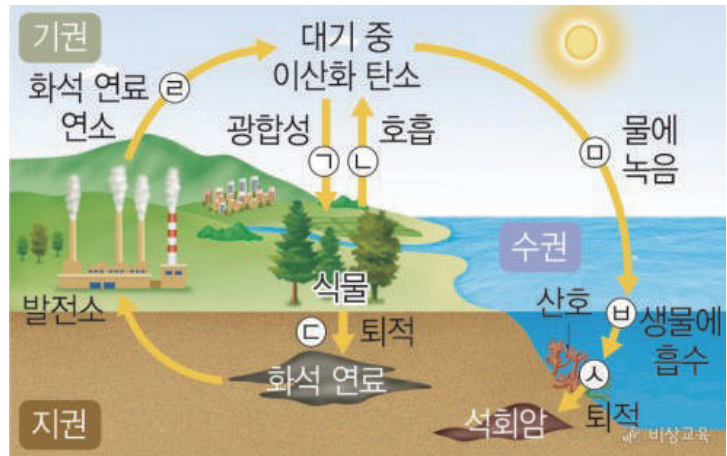
우리는 6월부터 10월까지 월별 탐구계획을 세워 진행하고 있다. 6월은 블루카본과 탄소순환, 바다숲의 현재 실태와 개선점 조사 등 자료조사, 7월은 실험계획 수정 및 해조류 전시회를 관람하였다. 또한 8월 22일과 23일 이틀에 걸쳐 해조류 광합성 실험을 하였으며, 9월은 포스터 작성 및 해조류와 탄소에 관한 설문조사를 실시하였다. 본격적인 실험을 하기 전인 6월과 7월에 조사한 자료들을 정리하자면 다음과 같다.

1) 블루카본과 탄소순환

- 블루카본 : 모든 해양생태계(바닷가에서 서식하는 생물, 맹그로브 숲, 염습지, 잘피림 등)가 흡수하는 탄소
- 탄소순환 : 탄소는 지구에 대기 중에 존재하거나 물에 녹아있다. 대기와 물에 존재하는 탄소를 생산자들이 흡수하면, 유기물을 생산하고 일부는 호흡을 통해 다시 대기 중으로 나간다. 한편, 소비자들이 생산자를 먹게 되면 생산자가 가지고 있던 탄소들이 먹이사슬을 따라 소비자들에게 이동한다. 또, 소비자들이 탄소를 이용하여 호흡을 통해 대기와 물로 탄소를 방출한다. 이렇게 탄소는 계속 순환한다.



<바다의 착한 탄소, 블루카본>



<탄소순환>

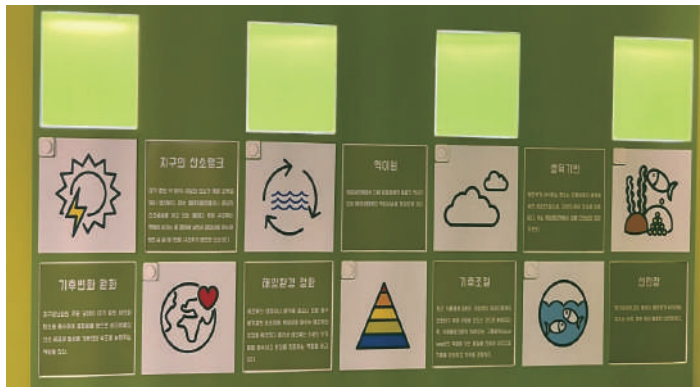
2) '해조류'를 탐구 대상으로 선택한 까닭 및 해조류의 장점

2-1) 해조류를 탐구 대상으로 선택한 까닭

- 해조류가 탄소 저감에 큰 역할을 하기 때문이다.

2-2) 이외의 해조류의 장점

- 맛있고, 몸에 좋은 영양분이 많다.
- 쉽게 구할 수 있다.
- 그린 카본보다 탄소를 50배 이상 빨리 흡수하고, 수천 년 동안 탄소를 저장할 수 있다.
- 기후변화의 속도를 조절할 수 있다. 왜냐하면, 식물플랑크톤이 DMS라는 구름 씨앗의 역할을 하는 물질을 만들어 구름을 형성하고 기후를 조절하기 때문이다.
- 바다 생물의 훌륭한 산란장이 되어준다.
- 해양환경을 정화시켜준다. 해조류는 물속 유기물을 흡수하고 바다 환경을 정화하는 역할을 하기 때문이다.



<해조류의 장점>

- 의약품에 많이 사용된다. 해조류의 장점인 항비만, 노화 억제 등의 효능을 보이는 성분을 활용하기 때문이다.



<의약품에 사용된 해조류>

- 해조류를 이용해서 친환경 생활용품(ex) 접시, 컵 등)을 만들 수 있으며, 이로 인해 발생하는 폐기물이 다른 재료보다 적다.
- 해조류 종류 중 하나인 구멍갈파래 1톤이 시간당 흡수하는 이산화탄소량은 단풍나무의 이산화탄소 흡수율에 비해 3배 이상 많다.
- 메탄가스 방출량을 줄여준다. 해조류 중 하나인 바다 고리풀을 섞은 사료를 소에게 먹였더니 메탄 방출이 90% 줄었다는 사실이 있다.
- 광합성을 통해 지구의 산소탱크 역할을 한다.
- 해조류로 육류 소비를 대체할 수 있다. 해조류로 만든 대체육은 땅과 비료가 필요 없고, 자라면서 오히려 탄소를 흡수하며 고기 맛을 내는 분자와 섞으면 육류 맛이 나기 때문이다.
- 바이오 에너지의 에너지원인 바이오매스의 최적 작물이 될 수 있다. 화석연료는 온실가스를 방출하기 때문에 환경오염이 되는데, 이에 비해 해조류는 높은 에너지 변환 능력을 갖추고 있기 때문이다.

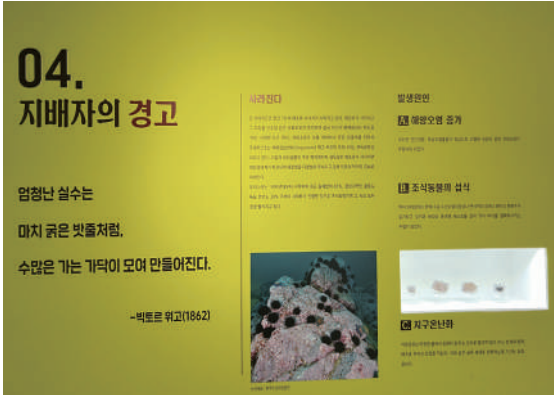
3) 해조류가 자라는 환경인 '바다숲'의 현재 실태

- 전 세계적으로 연간 7%씩 해조류 서식지가 사라지고 있다.

이유

1. 지구온난화 (수온 증가)
2. 해양오염 증가
3. 조식동물의 섭식
4. 갯녹음 현상(해조류가 사라지고 흰색의 석회가 달라붙어 바다가 흰색으로 변하는 것, 한 마디로 바다 사막화)
 - 4-1 갯녹음 현상의 원인 : 수온 상승, 바닷속의 이산화탄소량이 증가, 시멘트 건축물이 바다에 버려짐, 화학비료의 유출

조사 내용을 통해 해조류가 자라는 환경이 오염되고 있음을 깨닫고, 탄소를 흡수할 수 있는 해조류가 잘 자라는 환경을 만들기 위해 환경보호를 해야 한다는 것을 알게 되었다. 따라서, 해조류가 어떤 환경에서 광합성을 잘 할 수 있는지에 대해 실험을 하려 한다.



<사라지는 해조류>



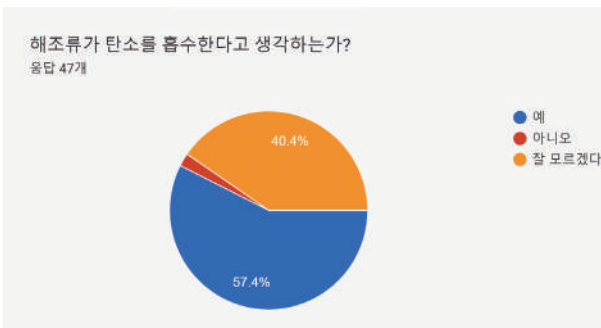
<바다숲 조성 사업>

4) 대전성모초등학교 5학년에 재학 중인 학생들을 대상으로 설문조사 실시 및 그 결과

- 조사 대상: 성모초등학교 5학년 재학생
- 실제 응답자 수: 5학년 재학생 중 47명
- 설문조사 실시 이유: 지구를 깨끗하게 해주는 해조류를 주변 친구들일 잘 알고 있는지 궁금했고, 만일 해조류에 대해 잘 모른다면 해조류에 대해 알려주고 싶어서 설문조사를 실시하였다.

설문조사 결과 분석

1. 해조류가 탄소를 흡수한다고 생각하는가?



왜 이런 결과가 나왔을까?

- 해조류라는 말을 잘 들어보지 못 했어서 잘 모르겠다는 답변이 많았던 것 같다.

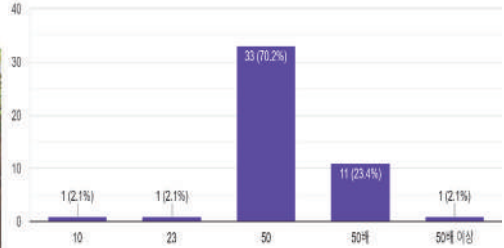
2. 해양생태계가 흡수하는 탄소인 블루카본은 그린카본보다 탄소 흡수 속도가 최대 00배 빠르다. 00에 들어갈 숫자는? (기사를 잘 읽어보세요.)

블루카본



망그로브숲, 출처 = 게티이미지뱅크

다음으로 소개해드릴 탄소는 '블루카본(Blue Carbon)'입니다. 블루카본은 바다와 습지 등 해양 생태계가 흡수하는 탄소를 뜻합니다. 블루카본은 2009년 국제자연연맹(IUCN) 보고서에서 처음 등장한 개념인데, 탄소의 흡수속도가 그린카본보다 최대 50배 이상 빠르고, 탄소 저장에도 용이해 최근 큰 주목을 받고 있습니다.



왜 이런 결과가 나왔을까?

- 대부분의 학생들이 블루카본의 기사를 잘 읽고 물음에 답해주었다. 또한, 이 문장을 통해 해조류가 탄소를 흡수한다는 사실을 알게 되었을 것 같다.

3. (실제 해조류의 광합성 실험 결과) 해조류에 빛을 비추면 얼마 지나지 않아 해조류 표면에 기포가 맺혔다. 이 기포는 무엇이며, 그렇게 생각한 이유는 무엇인가?



<응답 결과>

- 산소 8명 (18%)
- 잘 모름 11명 (25%)
- 탄소 7명 (15%)
- 기타(공기(기포), 수증기, 점액질 등) 16명 (36%)
- '기포'가 무엇인지를 정확히 서술하지 않음 5명 (11%)

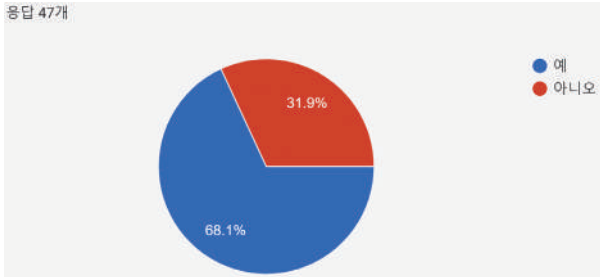
<그렇게 생각한 이유>

- 산소 : 해조류가 탄소를 흡수하여 광합성을 하기 때문이다.
- 탄소 : 해조류가 탄소를 흡수하기 때문이다.
- 기타 : 해조류가 숨을 쉬기 때문에 공기 방울이 생겼다, 기포가 생긴 이유는 해조류의 증산작용 때문일 것이다.

왜 이런 결과가 나왔을까?

- 학생들이 해조류가 광합성을 한다고 생각하지 않는 것 같다.

4. 탄소를 흡수할 수 있는 최고의 자원인 해조류가 현재 환경오염으로 인해 사라지고 있다는 것을 아는가?



왜 이런 결과가 나왔을까?

- 해조류에 대해 평소에 관심을 갖지 않는 것 같다.

5. 해조류의 환경이 파괴되고 있다는 것, 지구온난화의 심화 등의 환경오염을 막기 위해 자신이 실천하고 있는 방법을 간단히 쓰시오.

<응답 결과>

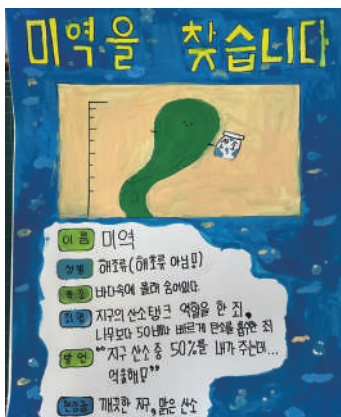
- 3명: 실천하지 않음 (6%)
- 그 외 44명의 답변 중 대부분
- 쓰레기 분리수거, 쓰지 않는 코드 빼기
- 일회용품 사용 줄이기(텀블러 사용, 에코백 사용하기)
- 샤워 시간 줄이기, 음식물 남기지 않기

왜 이런 결과가 나왔을까?

- 학생들이 해조류에 대해 관심을 갖지 않는 것 같다. 하지만 환경오염을 막기 위한 실천은 많이 알고, 대부분의 학생이 실천하고 있는 것 같다.

5) 포스터 제작 및 그림책 만들기

포스터 작성 및 그림책 만들기의 목적: 사람들에게 해조류가 탄소를 흡수한다는 사실 등의 중요성, 해조류의 장점을 알리기 위함



- 포스터
 - 그림책 내용(줄거리)
- ‘새쌤’이라는 아이가 해조류 먹기를 싫어한다. 그날 밤에 미역, 김, 청각이 찾아와 해조류의 장점과 중요성을 알려준다. 그 후로 ‘새쌤’이는 해조류를 좋아하게 되고, 해조류의 장점과 중요성을 널리 알리고 싶어 한다.
- (그림책은 제작 중이므로, 최종 완성 후 10/29일 발표일에 발표 예정)

○ 방법

가설 : 해조류는 오염된 환경보다 오염되지 않은 바닷물이 있는 곳에서 광합성을 제일 잘할 것이다.

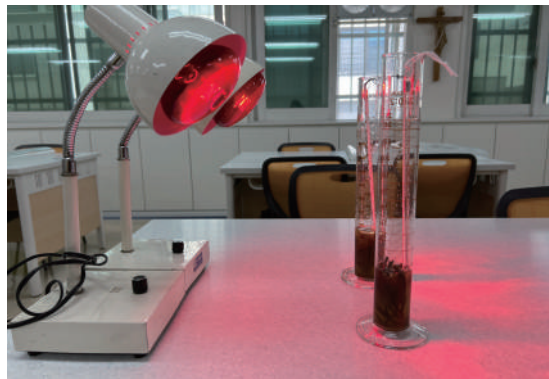
1) 1차 실험

준비물 : 청각, 바닷물, 조명, 스포이트, 눈금실린더, 기름(식용유), 비누(세제), 전자 저울, 거름종이, 비커

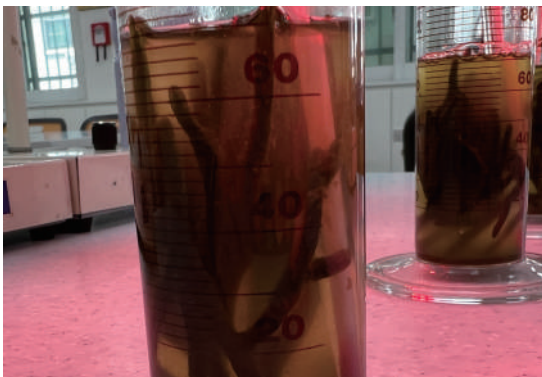
1. 청각 11.1g을 눈금실린더에 넣는다.
2. 각각의 눈금실린더에 깨끗한 바닷물 70ml, 바닷물 60ml+비눗물 10ml, 바닷물 50ml+비눗물 20ml, 바닷물 60ml+기름10ml, 바닷물 50ml+기름20ml로 맞춘다.
3. 각각의 눈금 실린더와 스탠드와의 거리를 약 18cm로 한 후, 동시에 스탠드 불을 비춘다.
(눈금 실린더 사이도 일정한 간격으로 놓았다.)
4. 약 5분 간격으로 시간을 재고 물에서 나타나는 변화를 지켜본다.
5. 시간에 따른 변화를 기록하고 비교해 본다.
6. 실험 결과를 정리한다.



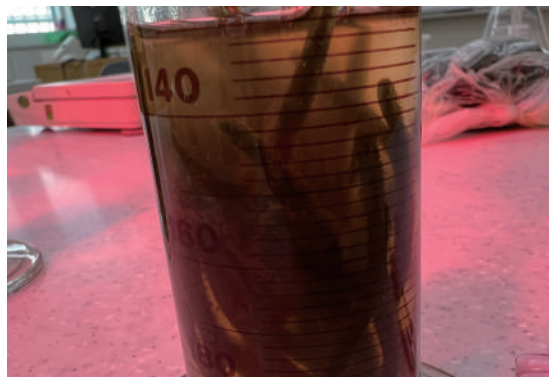
<1차 실험 - 바닷물, 기름 20ml, 기름 10ml 추가>



<1차 실험 - 비눗물 20ml, 비눗물 10ml 추가>



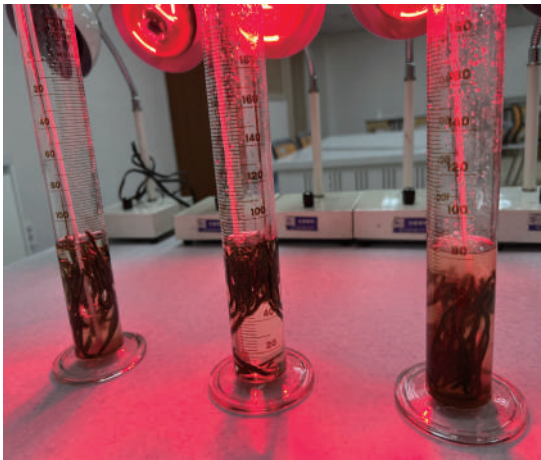
<1차 실험 - 5분 간격으로 청각 표면 관찰>



<1차 실험 - 청각에 맺힌 기포>

2) 2차 실험

1. 청각의 양은 1차 실험과 동일하게 한다. (청각 11.1g)
2. 3개의 눈금실린더에 바닷물 70ml, 바닷물 40ml+기름 30ml, 기름만 70ml로 맞춘다.
3. 각각의 눈금 실린더와 스탠드와의 거리를 약 18cm로 한 후, 동시에 스탠드 불을 비춘다.
(눈금 실린더 사이도 일정한 간격으로 놓았다.)
3. 약 5분 간격으로 시간을 재고 물에서 나타나는 변화를 지켜본다.
4. 시간에 따른 변화를 기록하고 비교해본다.
5. 실험 결과를 정리한다.



<2차 실험 - 기름 40ml+바닷물 30ml,
기름 70ml, 바닷물 70ml>



<2차 실험 - 바닷물 70ml>



<2차 실험 - 기름 40ml+바닷물 30ml>



<2차 실험 - 해조류 표면 관찰>

○ 결과

1) 1차 실험 결과

5분마다 기포수를 측정된 뒤 결과를 비교하였을 때, 결과는 다음과 같았다.

	오후 12:26	오후 12:31	오후 12:36	오후 12:41
바닷물 70ml	0	40	98	약 150
바닷물 50ml+비눗물 20ml	0	0	60	약 85
바닷물 60ml+비눗물 10ml	0	0	약 47	약 62
바닷물 60ml+기름 10ml	0	2	약 90	약 142
바닷물 50ml+기름 20ml	0	22	약 87	약 137

오후 12:41분 이후, 세기 어려울 정도로 기포 수가 많아져 물에서 나타나는 변화를 비교하였다. 그 결과, 광합성을 활발히 하는 순서대로 나열하였더니 세제 20ml<세제 10ml<기름 20ml<기름 10ml<바닷물 70ml의 결과가 나타났다. 하지만, 기름을 넣은 것과 변화를 주지 않은 바닷물에서 실험한 결과가 비슷하게 나와서 2차 실험을 진행하였다.

2) 2차 실험 결과

12시 15분부터 12시 50분까지 청각의 광합성 작용을 관찰한 결과, 기포의 발생량을 순서대로 나열하자면 기름 70ml<기름 30ml+바닷물 40ml<바닷물 70ml의 결과가 나타났다. 특히, 5분 간격으로 물에서 나타나는 변화를 관찰했을 때, 기름을 넣은 것과 기름을 넣지 않은 것과의 차이가 컸다.

총 두 차례의 실험 결과, 예상대로 환경이 오염된 곳보다 오염되지 않고 깨끗한 곳에서 청각이 광합성을 활발히 했다는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과가 나타난 까닭은 세제, 기름 등 오염된 곳에서는 해조류가 오염물질 때문에 숨을 못 쉬고, 오염물질들이 햇빛을 가리는 등 광합성을 하는데 방해가 되기 때문에 광합성을 활발히 하지 못하는 것으로 생각된다.

3. 탐구의 결론 및 의의

○ 결론

6월부터 10월까지의 탐구를 통해 미역, 다시마 등 우리 주변에서 쉽게 구할 수 있는 해조류가 훌륭한 탄소를 흡수할 수 있는 생물인 것을 처음 알게 되었다. 또한, 직접 실험을 통해 해조류는 오염된 환경에서는 광합성을 활발히 못하고, 오염되지 않은 환경에서는 광합성을 활발히 한다는 사실을 직접 보고 깨닫게 되었다. 하지만, 9월에 실시한 설문조사 결과를 통해 해조류가 탄소를 흡수할 수 있다는 사실이 많은 사람들에게는 알려지지 않았다는 것을 알 수 있었다.

○ 의의(기대효과)

자료조사, 전시회 관람, 실험 등을 통해 알게 된 해조류의 탄소흡수와 해조류가 사라지고 있는 실제 모습 등을 다룬 뉴스 기사, 유튜브 영상 등을 널리 알리면 사람들이 관심을 갖고 볼 수 있을 것이다. 실제로, 설문조사 결과 분석을 통해 우리 학교 학생들이 해조류에 관심이 없거나, 해조류가 탄소를 흡수한다는 사실을 잘 모르고 있다는 것을 알았다. 그래서, 사람들이 해조류에 대해 관심을 두고, 사라져가는 해조류를 보호하기 위해 더욱 노력한다면 해조류가 더 이상 사라지지 않을 것 같다.

4. 탐구를 진행하면서 어려운 점과 알게 된 점

○ 어려운 점

1. 자료조사에 관한 어려움

- 해초와 해조의 차이점을 이해하기 어려웠고, 블루카본, 탄소순환, 해조류의 탄소흡수율 등 우리가 생활하면서 쓰지 않았던 단어들을 조사하는 것이 어려웠다. 그리고 자료 중 꼭 필요하거나 원하는 정보들을 찾는(요약) 것이 매우 어려웠다.

2. 실험 방향의 어려움

- 이산화탄소를 발생 실험을 한 후, 발생한 이산화탄소를 이용하여 여러 가지 해조류의 탄소 감축 효과와 갯벌 흙&운동장 흙의 탄소 감축 효과를 비교 분석하는 실험을 하려 했다. 하지만, 실험에 대한 구체적인 방안 생각, '해조류'라는 주제와 벗어난 실험 등의 어려움 때문에 방향을 바꾸게 되었다. 수정한 방향은, 해조류가 오염된 환경에서도 광합성을 할 수 있는지, 오염되지 않은 환경에서보다 광합성을 하는 것이 실제로 어려운지 직접 확인해보는 실험으로 변경하였다.

3. 실험 재료와 관련된 어려움

- 해조류의 광합성 효과를 탐구하는 실험으로 방향을 바꾼 뒤, 실험 재료와 절차를 생각하는 과정에서 문제에 부딪혔다. 생해조류를 구해서 실험을 해야 하는데, 생해조류를 어떻게 구할 것인지(생해조류 보관을 위한 바닷물을 구하는 방법 등)에 어려움을 겪었다. 실제로, 생미역 등 해조류의 제철 시기는 겨울이고, 우리가 실험을 계획했던 8월은해조류의 제철 시기가 아니기 때문에 생해조류를 구하는 것에 어려움을 겪었다(전남 어촌특화지원센터에서도 확인). 실험 재료인 생해조류를 찾으러 이곳저곳 찾아보느라 밤을 새 결과, 생미역으로 계획했던 실험 재료를 해조류 종류 중 하나인 청각으로 대신하게 되었다.

○ 알게 된 점

1. 자료조사를 통해 알게 된 점

- 자료조사를 통해 해조류가 탄소를 흡수할 수 있는 훌륭한 해양생물자원임을 알게 되었다.
- 해조류 중 남조류가 원시시대에서부터 산소를 생성했다는 것을 알게 되었다.
- 해조류가 환경정화뿐만 아니라 일상생활에서 화장품, 의약품, 생활용품 등으로 널리 쓰이고 있다는 것을 알게 되었다.
- 많은 양의 정보 중에서 꼭 필요한 정보가 무엇인지 계속 생각하고 판단해야 함을 알게 되었다.

2. 실험 방향 설정에 대해 알게 된 점

- 실험에 대해 생각할 때 끊임없이 물음을 던져야 한다는 것을 알게 되었다.
(무엇을 탐구하고자 하는가?, 방법은 무엇인가? 그 재료를 선택한 이유는 무엇인가? 등)
- 실험 계획은 구체적이고, 실행 가능한 것으로 세워야 함을 알게 되었다.
- 실험이 계획대로 되지 않을 경우도 생각하여 대체할 수 있는 방법을 세워야 함을 알게 되었다.

○ 기타

- 달라진 내용

1. 실험

우리는 원래 실험을 총 3가지 (이산화탄소 발생 실험, 갯벌 흙과 운동장 흙의 탄소 감축 비교, 해조류의 탄소 효과 비교 분석)로 계획하였었다. 하지만, 각 실험의 문제점을 발견하여 실험을 수정하게 되었다.

가) 이산화탄소 발생 실험

이산화탄소 발생 실험을 통해 생긴 이산화탄소를 포집하여 갯벌 흙과 운동장 흙의 탄소 감축 비교 실험을 진행하려 하였다. 하지만, 이산화탄소의 포집 정도를 알기 위해서는 삼각플라스크 등의 정밀하지 않은 측정 기구보다 좀 더 정밀한 수치를 나타낼 수 있는 기구가 필요함을 알게 되었다.

나) 갯벌 흙과 운동장 흙의 탄소감축 비교 실험

우리는 갯벌이 훌륭한 블루카본으로 인정받을 수 있는지를 확인하기 위해 갯벌 흙과 운동장 흙이 탄소를 흡수하는 정도를 비교하는 실험을 계획하였다. 하지만, 위의 실험과 마찬가지로 갯벌 흙과 운동장 흙이 탄소를 얼마나 흡수할 수 있는지 나타낼 수 있는 기구를 찾기가 어려웠다. 또한, 갯벌 흙과 운동장 흙에 어떻게 이산화탄소를 넣을 것인지에 대한 방법이 명확하지 않았다.

다) 해조류의 탄소 감축 효과 비교 분석

가)의 실험에서 발생한 이산화탄소와 석회수를 이용하여 해조류의 광합성을 통한 이산화탄소 감축 효과가 실제로 있는지 확인하는 실험을 계획하였다. 하지만, 이산화탄소 감축 효과를 가시적으로 볼 수 있을지, 석회수를 넣음에 따라 실험 결과가 달라지는지는 않을지 등의 여러 가지 의문점으로 인해 실험을 변경하게 되었다.

2. 친환경제품 만들기

초기 탐구수행계획서에는 우뭇가사리 인형을 만들어 우뭇가사리 소개와 역할을 사람들에게 알리려 하였다. 하지만, 우뭇가사리 인형을 만드는 것보다는 포스터 제작과 그림책 만들기 등의 홍보를 통해 해조류가 탄소를 흡수할 수 있다는 사실을 알리는 것이 더욱 효과적일 것으로 생각하였다. 따라서, 친환경제품 만들기(우뭇가사리 인형 만들기)는 생략하였다.

5. 참고문헌

- 전시-부산해양자연사박물관, 「바다의 은밀한 지배자, 해조류」, 2022.05.20.~ 2022.10.30
- 온라인 뉴스-이성규, 「해조류가 바이오매스 시대 열까」, theScienceTimes, 2019.08.30
- 온라인 뉴스-한국기후환경네트워크, 「착한 탄소, 블루카본을 아시나요?」, 2022.04.29.
- 사진 자료-인천대학교 산학협력단, 「인천기후변화대응특화센터 및 블루산업활성화 추진연구회」, 2011년 11월, 26쪽
- 사진자료-부산해양자연사박물관, 「바다의 은밀한 지배자, 해조류」, 2022.05.20.~ 2022.10.30.
- 사진자료-박연수, 「주기울표 어디까지 외워봤니? -탄소C-」, 비상교육, 2017.08.04.
- 영상자료-엘쌔's 1분 과학실험, 「광합성이 일어나는 장소와 산물」, 2022.01.25

바다 쓰레기 현황 파악과 해양 생물을 살리는 탄소중립 실천



팀명 S.Y.H

학생명 김지승, 신지율, 이현호

지도교사명 박은희

학교 운중초등학교

1. 탐구 동기 및 목적

○ 탐구 동기

- 저희는 우리의 아주 작은 일상부터 우리의 삶 전체, 어쩌면 이 세상에 살고 있는 모든 생명들의 미래와 연결된 환경에 관심이 생기게 되었습니다. 우리나라와 주변 나라들에 해마다 불어치는 역대급 태풍과 짧아지는 봄과 가을, 사막인 곳에 폭우가 내리기도 하고 영원할 것 같던 빙하가 녹는 등 이상기후 현상들이 벌어지고 있었고 대부분의 현상과 온실가스라는 것이 연관되어있다는 것을 알았습니다. 지구 전체의 에너지가 잘 돌고 순환해야하는데 그것을 온실가스가 방해하고있고 그 온실가스는 사람들이 만들어냈다는 사실도 알게 되었습니다. 그래서 저희는 이번 대회에 참가하면서 온실가스로 무너진 균형을 바로잡은 탄소 중립과 지구의 70%를 덮고 있는 바다, 그 안에 있는 해양 생물 또 그들이 하는 역할등에 조금 더 관심을 갖고 탐구하고 싶었습니다.

○ 탐구 목적

- 이번 탐구를 통해 탐구하고 나누고 싶은 것은 크게 4가지입니다. 먼저, 탄소 중립이 무엇이고, 우리가 배출하는 쓰레기가 해양환경, 해양 생물에 어떤 영향을 주고 있는지 알아보고 싶습니다. 그리고 실제로 바다에 나가 사람들이 바다에 버리는 쓰레기들은 어떤 유형이 있고 얼마나 버려지는지 직접 현황을 파악해보고 싶습니다. 그리고 앞선 두 탐구를 바탕으로 우리가 생활 속에서 바다를 살리기 위해 실천할 수 있는 탄소 중립의 실천 방법을 알아보고자 합니다. 우리 나라에는 바다에 가까이 사는 사람도 많지만 저희처럼 바다보다는 도심 속에서 살아가는 사람들이 많습니다. 사는 곳에 관계 없이 누구나 일상속에서 바다를 생각하고 탄소중립을 실천하도록 하고 싶습니다. 마지막으로 우리가 탐구하고 알게 된 내용을 학교 친구들, 마을 사람들에게 나누고 공유하고 함께하고 싶습니다. 함께 실천하여 사람들이 변화하는 모습을 실제로 보고 싶습니다.

2. 탐구 내용 및 결과

○ 내용

- 탐구를 시작하기에 앞서 네 개의 탐구 문제를 정한 뒤 각각에 맞는 방법으로 탐구를 진행하였습니다.
탐구 문제는 다음과 같습니다.

1) [탐구 1] 탄소 중립, 해양과 해양 생물의 역할, 쓰레기가 바다에 주는 영향 알아보기

: 탐구 주제를 정한 뒤 많은 사람들이 일상적으로 하는 행동들 중 우리 환경과 직접 연결된 것이 무엇이 있을까 생각하다보니 쓰레기를 떠올리게 되었습니다. 하여 탐구에 필요한 탄소 중립에 대해 탐구하고 탄소 중립이라는 큰 순환 안에서 해양과 해양 생물들이 하는 역할과 소중함을 알아본 뒤 우리가 버린 쓰레기가 바다에 어떤 영향을 주고 있는지까지 알아보려고 하였습니다.

2) [탐구 2] 바다에 버려지는 쓰레기의 양과 종류 분석하기

: 우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸여있습니다. 가능하면 두 면 이상의 바다에 방문에 사람들이 방문한 뒤 버려지는 쓰레기의 양과 종류 등 실태를 분석해보았습니다. 사람들이 탄소 중립에 대해 관심을 가졌으면 해서 작은 플로깅 이벤트도 진행했습니다.

- 추가 탐구 : 직접 바다에 나가 탐사를 하고 나니 여름철 피서객이 많아 방문객이 많은 성수기와 평소에 가까운 비성수기의 모습을 비교해 보고 싶어서 여름 피서 기간이 끝난 뒤 다시한번 탐사를 나가 [탐구 2-1]을 진행했습니다.

3) [탐구 3] 탐구 1,2의 결과를 바탕으로 생활 속 탄소중립을 위한 실천 방법 탐구하기

: 앞선 두 탐구를 통해 쓰레기가 우리 환경에 미치는 영향, 실태를 분석해보았다면 우리가 생활 속에서 실제로 쓰레기 배출을 줄이고 탄소 중립을 실천할 수 있는 방법에는 무엇이 있는지 알아보았습니다.

4) [탐구 4] : 우리 모두의 바다, 함께 지키고 실천하는 탄소중립!

: 탄소 중립과 해양 생물에 대해 알게 된 내용을 학교 친구들, 마을 공동체 등 여러 사람에게 알리고 싶어 학교에서 진행하는 교내 퀴즈쇼, 교내 캠페인, 동사무소와 협력한 마을 버스정류장 홍보물 부착, SNS운영등의 활동을 했습니다.

○ 방법

- [탐구 1], [탐구 3]은 정부 정책문서, 각종 뉴스, 홍보 영상, 서적 및 탄소중립 교과서, 인터넷 정보 검색 등을 통해 탄소중립과 해양 생물의 역할 및 중요성, 우리가 아무렇지 않게 버린 쓰레기들이 자연과 바다에 어떤 영향을 주는지를 알아보았습니다. 또 더 많은 정보를 탐색하기 위해 국립해양생물자원관에도 방문해 보았습니다.

- [탐구 2], [탐구 2-1]은 직접 바다에 나가 일정 구역을 선정해 버려진 쓰레기들을 모아 쓰레기의 총량과 종류 등을 분석해 보았습니다.

- [탐구4]는 교내에서 중간놀이시간 등을 이용해 학생들에게 탄소중립에 대해 알리고 퀴즈쇼 등을 진행하였고 행복한 바다와 바다 생물들의 모습 그리기 캠페인 등 교내에서 진행할 수 있는 캠페인을 진행하였습니다. 더불어 운중동주민센터와 연계하여 학교 근처와 사람들이 많이 모이는 버스정류장에 저희가 직접 제작한 탄소중립 실천 홍보물을 부착하여 홍보할 수 있도록 하였습니다.

○ 결과

1) [탐구 1] 탄소 중립, 해양과 해양 생물의 역할, 쓰레기가 바다에 주는 영향 알아보기

① 탄소 중립의 의미와 중요성 알아보기

- 탄소중립이란 : 이산화탄소 배출량과 흡수량을 같게 하여 이산화탄소의 실질적인 배출량을 0(zero)로 만드는 것을 말합니다.
- 탄소중립의 중요성 : 우리가 먹고 마시는 모든 행동들이 이산화탄소를 만들고, 이는 지구의 온도를 높이고 자연 재해를 일으킵니다. 자연재해로 인해 농작물이 제대로 자라지 않으며 식량과 물부족으로 인해 많은 인구가 위기에 빠질 수 있습니다. 이렇게 될 수 있는 한계치는 지역마다 달라서 정확한 한계점이 존재하지 않지만 많은 연구자들은 1.5C의 상승이 지구가 수용할 수 있는 최대 한계치라고 말합니다. 지구의 평균 온도 상승을 1.5C 이내로 억제하기 위해선 2010대비 최소 45%이상 탄소배출을 감축해야합니다.

② 탄소 중립에서 바다, 바다 속 생물들이 하는 역할이 무엇인지

- 해양 생물과 해양이 탄소중립에 도움이 되는 점 : 어패류, 염생식물등 바닷가에서 서식하는 생물은 물론 맹그로브 숲, 염습지와 잘피림, 갯벌 등 해양생태계가 흡수하는 탄소들이 육상생태계보다 50배 이상 빠르고 바닷속에 유기물을 공급해 다양한 종이 서식할 수 있도록 환경을 조성합니다. 또한 해양 생물들 중 고래는 죽으면 심해로 가라앉으며 수천년동안 심해에 탄소를 공급하며 해저생물들의 먹이를 공급합니다. 해조류는 광합성을 통해 온실가스인 이산화탄소를 흡수하고 산소를 배출합니다. 갯벌은 연간 26만톤의 이산화탄소를 흡수하는데 이는 승용차 11만대의 이산화탄소 양입니다.

③ 사람들이 버린 쓰레기가 바다에 미치는 영향

- 쓰레기 섬 : 20세기 기적의 물질로 불리며 인류의 생활을 편리하게 만들어준 플라스틱은 썩지않는 재성이 되어 바다로 흘러들어갑니다. 흘러간 플라스틱이 모여 우리나라의 16배나 되는 “태평양 거대 쓰레기섬”을 만들었습니다. 해변에서 발견된 1000여 마리의 거북이 사체중 52%의 내장에서 플라스틱 쓰레기가 발견되었고, 바다새의 90%가 플라스틱을 먹이로 착각하여 매년 100만 마리가 죽어가고 있습니다.
- 미세 플라스틱 : 매년 800만의 플라스틱이 해양으로 흘러들어갑니다. 플라스틱은 바다에서 분해되고,

분해되어 아주 작은 크기의 초미세플라스틱이 됩니다. 이는 플랑크톤의 먹이가 되며, 먹이사슬을 거치며 생물들에게 축적하여 이동하며 결국 우리 사람들에게 다시 돌아오게 됩니다. 플라스틱이 해양 생물들에 흡수되어 생물들을 해치는 것도 문제지만 플라스틱 제조 과정에서 첨가되는 오염물질들이 바다와 생물체 내에 고농도로 축적되며, 오염된 물질들은 정화가 어렵고 많은 비용이 든다는 문제점이 있습니다. (관련뉴스 : 체내 흡수되는 미세 플라스틱...유해물질과 결합 땀 독성 증폭 | 한경닷컴 (hankyung.com))

④국립 해양 자원관에 다녀온 소감

- 국립 해양 자원관에서 생태계 구성, 필요성을 알아 보았습니다.
- 해양 생태계를 이루고 있는 생물들의 특징을 알게 되었습니다.
- 제 4회 해양생물 탐구대회 수상작들을 보며 조금 더 탐구의 대한 생각을 하고 탐구의 방향성을 조금 더 생각해보는 계기가 되었습니다.

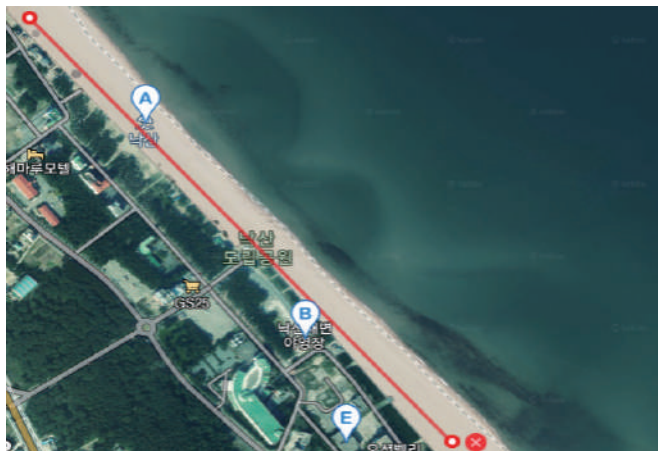
2) [탐구2 , 2-1] : 바다에 버려지는 쓰레기의 양과 종류 분석하기(성수기/비성수기)

① 동해 바다 탐사 결과 (모래사장 및 해수욕장)

↳ 탐사일 : 7월 23-24일

↳ 탐사 내용 : 낙산해수욕장을 찾아가 일정 구역을 탐사하며 버려진 쓰레기를 줍고 사람들에게도 플로깅 이벤트를 진행했습니다. 탐사한 구역은 [그림1]과 같습니다.

피서를 위해 방문한 방문객들에게 바닷가에서 쓰레기를 주워 일정 양 모아오면 탄소중립을 실천할 수 있는 작은 선물을 마련해 증정하였습니다. 동아리 지원금으로 비닐봉지를 대신할 수 있는 친환경 장바구니를 선물하였고 활동을 안내하면서 사람들에게 탄소 중립에 대한 인터뷰를 진행하고 기본적인 내용을 설명하여 알렸습니다.



<그림 1>

- [탐구4]는 교내에서 중간놀이시간 등을 이용해 학생들에게 탄소중립에 대해 알리고 퀴즈쇼 등을 진행하였고 행복한 바다와 바다 생물들의 모습 그리기 캠페인 등 교내에서 진행할 수 있는 캠페인을 진행하였습니다. 더불어 운중동주민센터와 연계하여 학교 근처와 사람들이 많이 모이는 버스정류장에 저희가 직접 제작한 탄소중립 실천 홍보물을 부착하여 홍보할 수 있도록 하였습니다.

↳ 탐사사진



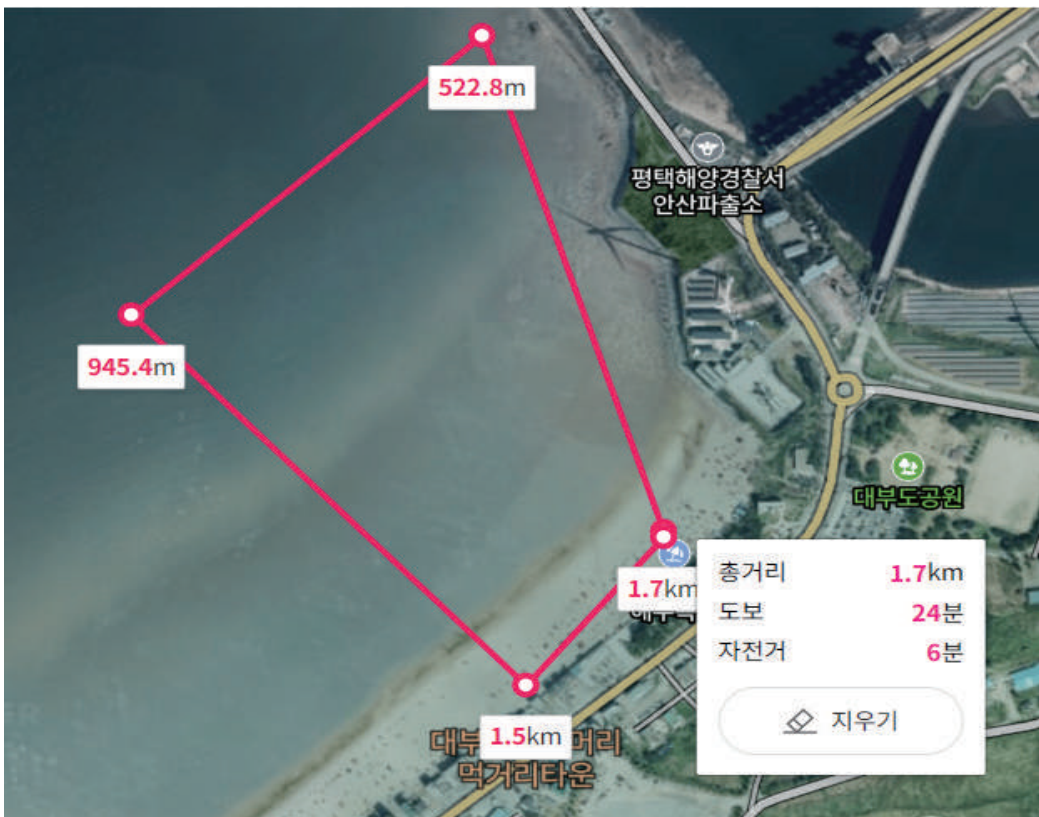
↳ 탐사 결과 : 탐사 결과 플라스틱이 가장 많은 양을 차지했고 그 뒤로 종이류와 일반쓰레기가 가장 많이 배출되는 것을 알 수 있었습니다. 담배꽂초, 작게 찢개지고 부서져 모래 사이사이에 들어있는 플라스틱 조각 등을 많이 발견할 수 있었습니다. 또 낚시 관련 용품, 폭죽놀이 잔해물 등 사람들이 다녀갔던 흔적을 많이 볼 수 있었습니다. 단연 가장 많은 부피, 전체적으로 많은 양을 차지하는 것은 플라스틱이었고 실질적으로 가장 자주 눈에 보이고 많이 발견된 것은 배달음식 쓰레기, 담배꽂초, 맥주캔 등이었습니다.

↳, 탐사를 진행한 뒤 쓰레기 줍기 플로깅 행사를 진행했습니다. 행사를 준비하며 우리가 준비한 행사가 또 다른 쓰레기 배출의 이유가 되지 않게 하기 위해 많이 고민하고 준비했고 피서객들에게 우리가 공부한 탄소 중립과 실천 방법을 안내하였습니다. 그리고 탄소 중립에서 바다 생태계가 하는 중요한 역할을 하고있고 바다 쓰레기로 고통받는 바다 생물들에 대해 알려드렸습니다. 그리고 우리가 했던 것처럼 바다에서 쓰레기를 주워오면 비닐 봉지 사용을 줄일 수 있는 장바구니를 선물로 주는 이벤트를 진행했습니다.

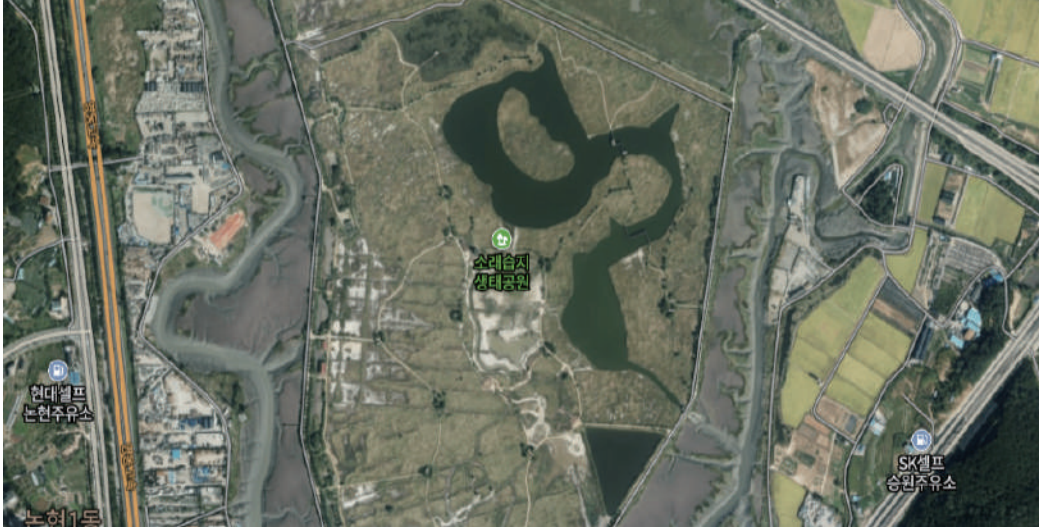
② 서해 바다 탐사 결과 (갯벌)

↳, 탐사일 : 7월 30일

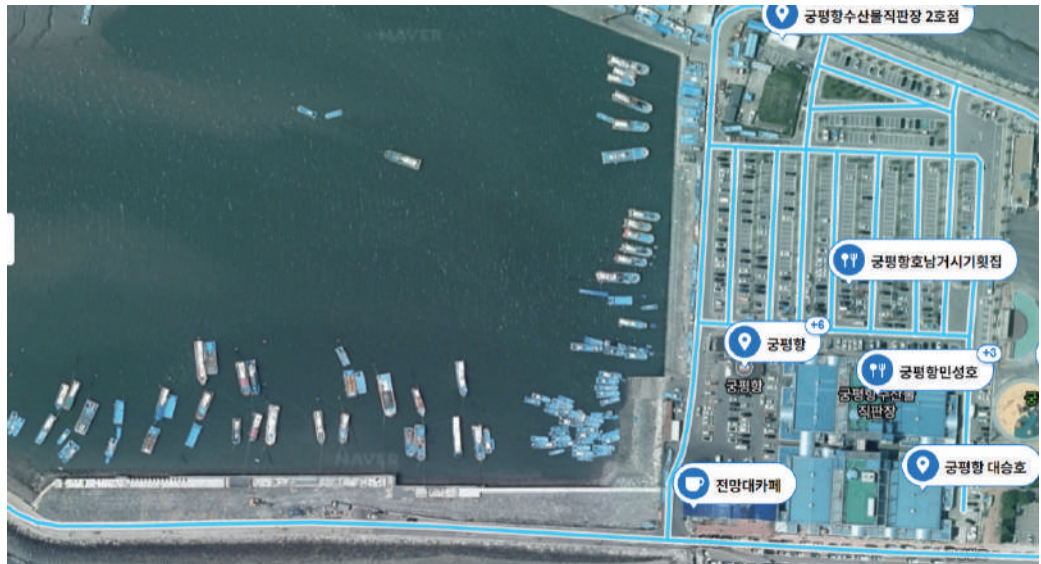
↳, 탐사 내용 : 해수욕장 뿐 만 아니라 갯벌 속에 묻혀있는 쓰레기도 많은 요인으로 줄 것으로 판단하여 동해 뿐 만 아니라 서해 지역, 갯벌 속에 있는 쓰레기 등은 어떤지 탐사해 보기로 했습니다. 탐사 구역은 [그림2,3,4](대부도, 소래습지 생태공원, 궁평항) 와 같습니다.



<그림 2 : 평택항 인근 대부도 갯벌>



<그림 3 : 소래습지 생태공원>



<그림 4 : 공평항 방파제 및 갯벌>

↳ 탐사 사진 :



↳ 탐사 결과 : 탐사 장소 중 습지 생태공원 운영 관계자분께 여쭙본 결과 생태공원은 평일 매일 1-2시간씩 환경 관리를하고 계신다고 하셨습니다. 그래도 직접 탐사를 나가보니 쓰레기를 많이 발견할 수 있었습니다. 그 이유는 근처에 포구에서 버려지는 쓰레기 및 중국에서 밀려오는 쓰레기가 다수일것 이라고 짐작할 수 있었고 한번 쓸려온 쓰레기가 갯벌에 묻히거나 항구쪽 테트라블럭 사이에 갇히게 되면 더욱 수거가 잘 되지 않음을 확인할 수 있었습니다. 공평항 방파제에서는 주로 폐그물, 어망 등의 쓰레기가 많았는데 그 외에도 방파제 테트라블럭 사이사이, 손이 닿지 않는 곳에도 다양한

쓰레기가 구석구석 들어가있는 모습을 볼 수 있었습니다. 갯벌에서는 페어션의 부품, 정비 용품의 잔해 등 생활 쓰레기보다 조업 쓰레기 등을 많이 발견할 수 있어서 다양한 양상을 볼 수 있었습니다. 전체적으로 서해는 다양한 곳을 다녀온 결과 피서객이 많이 방문하는 동해와는 다른 양상을 띄는 것을 알 수 있었습니다.

3) [탐구 -1] : 비성수기일 때 다시 방문해 쓰레기 탐사하기

① 낙산 해수욕장 (동해)

→ 비성수기의 동해는 스티로폼, 담배꽂초가 많았고, 폭죽의 일부의 쓰레기는 있었지만 성수기 보다는 양이 적었다.

② 소래습지 생태공원 (서해)

→ 비성수기의 서해에는 폐금속, 페트병, 스티로폼 부스러기, 비닐부스러기 등이 가장 많이 발견되었다. 오히려 비성수기에는 관광객들이 많아졌지만, 폐금속 같은 항구의 쓰레기가 많았다.

③ 을왕리 해수욕장 (서해)

→ 비성수기 서해에서는 폭죽 꼬다리, 담배꽂초, 폭죽놀이 잔해가 가장 많았다.



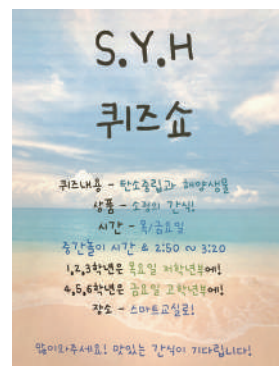
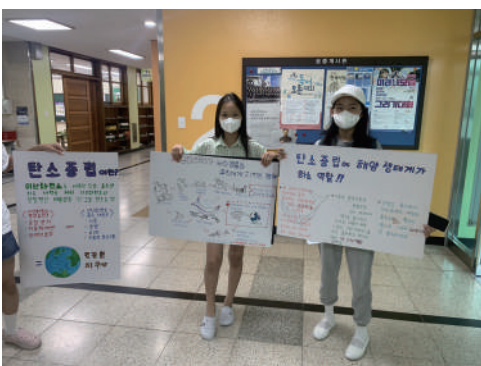
4) [탐구] : 탐구 1,2의 결과를 바탕으로 생활 속 탄소중립을 위한 실천 방법 탐구하기

① 탄소 중립 실천 방법

- 걸어서 이동하기 : 가까운 거리는 걸어서 이동하거나 대중교통을 이용합니다. 걸어서 이동하면 자동차를 이용할때 나오는 화석연료속 탄소가 이산화탄소로 변하는 것을 방지할 수 있습니다.
- 안쓰는 전기 코드 뽑기 : 전원이 꺼져있어도 다음에 켤때를 대비해 전기를 공급하는 전자제품이 있는데요. 사용하지 않는 가전제품의 플러그 뽑기를 통해서 연간 12.6kg의 CO₂를 절감할 수 있으며 나무를 연간 4.7그루를 심는 효과를 볼 수 있다고 합니다.
- 음식을 먹을 땐 먹을 만큼만 덜기 : 우리가 먹고 버리는 음식물 쓰레기는 하루 2만에 달하며 4분의 1은 먹기도 전에 버려집니다. 음식물 쓰레기는 수거하고, 처리할때에도 많은 이산화탄소가 배출됩니다. 음식은 먹을 수 있는 만큼만 배식받고 남기지 않아야 합니다.
- 옷은 꼭 필요한 것만 사거나 물려주기 : 우리가 입는 옷도 플라스틱으로 만든다는 것을 알고 있나요? 매년 버려지는 옷이 330억 벌 이라고 합니다. 새로운 유행을 쫓기보단 아껴입고 작아진 옷은 물려입어 환경을 보호해야 합니다.
- 일회용품 줄이기 : 코로나로 인해 배달음식이 늘어나면서 일회그릇의 사용이 늘어났다고 합니다. 일회용품의 사용을 줄이기 위해 텀블러를 이용하거나 음식을 포장할때는 일회용품보다 집에서 그릇을 가져가도록 합니다.

5) [탐구] : 우리 모두의 바다, 함께 지키고 실천하는 탄소중립!

- ① 교내 탄소중립과 해양생물에 대한 퀴즈쇼 진행 : 탄소 중립, 해양생물에 대해 잘 모르는 친구들을 위해 저,고학년부로 나눠 교내에서 2회 퀴즈쇼를 진행했습니다.



② 탐구2에서 진행했던 플로깅 이벤트로 지역 신문 인터뷰 (설악뉴스)

<http://soraknews.co.kr/detail.php?number=23144&thread=26>



③ 바다에 버려진 쓰레기로 작품 만들어 학교에 전시하기

: 탐구2에서 수거한 쓰레기 중 일부를 활용해 미술작품을 제작해 교내에 전시하였습니다.



④ 바다를 지키고 우리를 살리는 운중초 탄소중립 캠페인 - 교내캠페인 진행



↳, 탄소 중립과 바다 생명들, 우리의 실천 방법 등에 대해 설명하는 영상링크(QR)



↳, 교내 캠페인에 참가한 학생들이 그린 탄소중립으로 행복해진 바다 생물들의 모습을 그린 미술 작품을 모아 전시한 협동작품

⑤ 운중동 주민센터와 협력해 탄소중립을 실천하는 홍보물 버스정류장에 부착하기
(10월 말 중 활동, 협약완료)

⑥ SNS활동을 통한 탄소중립 및 바다 생물 홍보 활동



3. 탐구의 결론 및 의의

○ 결론

이번 탐구를 통해 저희는 탄소 중립에 대해 자세히 알아보았고 탄소중립이라는 큰 순환 안에서 바다와 바다 안에 살고 있는 해양 생물들의 역할과 중요성에 대해 다시 한번 느낄 수 있었습니다. 사람들이 살아가며 발생할 수 밖에 없는 쓰레기가 해양 생물들에게 주는 영향에 대해서도 알아보았고 실제로 피서철과 피서철이 아닐 때 직접 우리 바다에 나가 실제로 얼마나 많은 양의 쓰레기가 버려지고 있고 그 종류는 어떤지 알아볼 수 있었습니다. 실제로 가서 바닷가에 버려진 쓰레기를 줍고, 사람들을 플로깅 챌린지에 참여하도록 홍보하여 수거한 쓰레기를 분석해보니 실제로 바다에는 사람들의 흔적이 상당히 많이 남아있는 것을 알 수 있었습니다. 예전에 뉴스에서 빨대가 코에 박혀 고통스러워하는 거북이, 해파리인줄 알고 비닐봉지를 먹어버린 돌고래, 크고 작은 플라스틱을 먹어 제대로 성장하지 못하고 죽어가는 바다생물들의 사진과 소식을 본적이 있었는데 실제로 우리 바다에도 그런 쓰레기들이 많이 버려진 것을 볼 수 있었습니다. 우리나라의 바다에는 성수기에는 부피도 크고 많이 사용하는 플라스틱 공병 등의 쓰레기가 많았지만 성수기가 아닐 때 찾아가본 바다에는 관광객으로 인한 쓰레기도 많지만 낚시꾼의 흔적이나 그물, 폐어구 등 바다를 업으로 삼아 살아가는 사람들에 의한 쓰레기도 많은 것을 보았습니다. 결국 사람들은 자연을 벗어나서 살 수 없다는 것을 느꼈고 사람들이 살아가기 위해서 탄소를 배출하지 않을 수 없으니 우리가 살아가는 이 환경과 지구를 위해 탄소 중립을 실천해야 하고 탄소 중립에서 중요한 역할을 하는 소중한 바다를 지키기 위해 우리가 노력해야한다는 결론을 얻을 수 있었습니다. 이에 저희는 탐구를 마치고 돌아와 학교 친구들 및 마을 사람들과 함께 탄소 중립을 실천할 수 있도록 많은 캠페인 활동을 하였고 저희에겐 그 시간들이 의미있고 가치있는 경험이었습니다.

○ 의의(기대효과)

전 세계의 많은 나라들과 우리나라의 각 정부부처에서 미래에 대한 이야기를 할 때 빼놓을 수 없는 주제입니다. 저희는 이번 탐구를 통해 그 미래를 살아갈 우리들이 탄소 중립을 실천하기 위해 어떤 것들을 해야하고 탄소 중립의 중요성과 의미가 무엇이며 그 안에서 자연환경의 많은 부분을 차지하는 바다가 어떤 역할을 하고 있는지까지 알 수 있었습니다. 그리고 이를 주변 사람들과 공유하고 나누어 우리에게 이 일이 얼마나 의미있고 중요한지 알릴 수 있는 기회가 되었습니다. 이번 탐구를 하며 우리가 당연하게 생각하는 행동들이 쌓이면 환경에 어떤 영향을 주는지 알 수 있었고 그렇기에 함께 지키고 살려야한다는 마음을 갖고 실천할 수 있었습니다. 이번 탐구를 통해 다른 사람도 좋지만 저희들부터 탄소 중립을 실천할 수 있었고 이를 주변 사람들과 나누어 함께할 수 있다는 것에 큰 의의가 있었습니다. 저희들 뿐 만 아니라 우리나라의 많은 사람들이 더 큰 노력으로 해양 생태계, 해양 생물, 탄소 중립의 중요성과 현재 우리로 인해 받고있는 피해를 알려 더 잘 실천할 수 있도록 하면 좋겠습니다.

4. 탐구를 진행하면서 어려운 점과 알게 된 점

○ 어려운 점

- 저희는 탐구 2. 탐구 2-1을 진행하면서 우리나라의 여러 곳을 다니며 플로깅을 해 보았는데 더 많은 쓰레기를 모으지 못해서 아쉬웠습니다. 우리 나라는 세 면이 바다인 나라라서 주변 나라의 바다와도 영향을 많이 주고받고 있고 탐사할 수 있는 지역도 넓은데 집과 너무 멀거나 코로나 바이러스 등의 요인으로 인해 더 많이 자유롭게 방문해 탐구를 하지 못해 조금 아쉬웠습니다.
- 탄소 중립에 대한 여러 가지 자료를 탐색하던 중 다양한 사이트와 영상 등을 볼 수 있었는데 설명에 쓰이는 말들이 너무 어렵거나 어린이가 이해하기 힘든 내용으로 쓰여있는 부분이 있어서 이해하기가 조금 어려웠으나 노력해서 알아낼 수 있었습니다.
- 직접 플로깅을 진행 하던 중 수거하기 어려운 쓰레기를 줍지 못해 아쉬웠습니다. 버려진 곳이 습지나 갯벌근처이고 흙 속에 깊이 묻혀서 꺼내기 어려운 쓰레기들도 있어서 아쉬웠습니다.
- 사실 저희 팀은 처음에는 바다 생태계의 가장 중요한 역할이 무엇인가 알아보다가 플랑크톤에 대한 연구를 해보고 싶었습니다. 하지만 주제의 특성과 전문성이 요구되는 실험들이 많아서 진행하지 않고 중간에 주제를 바꾸게 되었습니다. 다음번에 다시 한번 더 탐구할 수 있고 기술적인 부분을 보완할 수 있다면 꼭 탐구해보고 싶습니다. 실험적인 측면을 더 많이 추가해 보고 싶습니다.

○ 알게 된 점

- 이번 탐구를 진행하며 먼저 해양쓰레기로 인하여 피해받는 해양생물이 많다는 것을 알게되었습니다. 우리가 버린 쓰레기들로 고통 받고 있는 동물들의 사례를 찾아볼 때는 마음이 너무 아팠고 죄책감도 들었습니다. 앞으로는 일회용품, 쓰레기 등 더욱 주의하며 생활하게 될 것 같습니다.
- 탄소 중립, 해양 생태계 등에 대해 탐구하면서 내가 생각 없이 한 작은 행동들도 다른 많은 생물들에게 또 자연에게 많은 영향을 줄 수 있다는 것을 알게 되었습니다. 탄소 중립 실천 방안을 많이 알게 되었으니 앞으로 일상 속에서 작은 것이라도 실천해서 환경과 바다를 지킬 수 있으면 좋겠습니다.

○ 기타

- 탄소 중립에 대해 더 많은 내용들을 공부하고 실천하고싶고 어린이들을 위한 교육영상이나 콘텐츠가 있으면 좋겠습니다. 탐구를 위해 자료를 찾고 연구하다보니 많은 자료들이 많은 어려운 용어들을 포함하고있어서 추가적인 공부가 필요했습니다. 우리같은 어린이들을 위해 좀 더 쉬운 탄소중립 교육 영상이나 콘텐츠, 캠페인 등이 생겨서 더 많이 홍보해 함께 실천할 수 있다면 좋겠습니다.

5. 참고문헌

- 탄소중립의 탄소는 뭐고, 중립은 뭘까요? (1분교양), 대한민국산업통상자원부 유튜브 영상 (2022.1.28.게시) <https://www.youtube.com/watch?v=eWa5tM0X-Vk>
- 함께 걸어가는 우리가 ‘2050 탄소중립’이 필요한 이유, 대한민국정부 유튜브 영상 (2022.09.20.게시) www.youtube.com/watch?v=7fi-aertd6E
- 인사이트, 박수은 기자 / 사람이 던진 그물에 걸려 펭귄 70마리 떼죽음 당했다 (20200702)
- news 1 , 고통명 기자 / 제주서 발견된 바다거북 사체서 비닐 등 해양쓰레기 '와르르' (20190319)
- chaner A 뉴스 / 온난화에...해안가 곳곳 '조스' 출몰 (20180529)
- 충청타임즈, 정진 환경정책팀장 - 플라스틱! 그 참을 수 없는 존재의 무거움, 2022.02,27 - 정진환경 정책팀장(<http://www.cctimes.kr/news/articleView.html?idxno=694498>)
- schoolforkids-올라피쌤의 이야기(블로그), 2021.09.01. (<https://schoolforkids.tistory.com/entry/2050-%ED%83%84%EC%86%8C%EC%A4%91%EB%A6%BD>)
- [환경부X하루그린] 가정에서 실천하는 탄소중립 (2021.12.14.게시), - 환경부유튜브 영상 https://www.youtube.com/watch?v=Snx_l72jZWI
- 2050 탄소중립을 위한 실천! 산업통상자원부 에너지 전략은 에너지 편 3부 2021.06.01.-대한민국 산업통상자원부 <https://www.youtube.com/watch?v=xXcHh6hgDMA>
- 이산화 탄소가 해양 생태계에 미치는 영향 2015.02.26-그린피스 서울 사무소 <https://www.youtube.com/watch?v=Wm8AHz5QC44>
- 지금까지 이런 바다 숲은 없었다...! 바다숲에 대한 모든 것 -해양수산부 어서오션TV 유튜브 영상 (2022.05.12. 게시.), <https://www.youtube.com/watch?v=NFLIOQIjWx0>
- 탄소중립 꼭 해야 할까요? 2050 탄소중립이 필요한 이유 2022.02.07 순환경제 이야기 링크 : https://blog.naver.com/circular_economy/222640858159
- 계절의변화-탄소중립을해야하는이유 2022.04.11 - 블루카본 링크 : <https://blog.naver.com/2050carbon-neutral/222697895868>
- 정진영 연구원, 체내 흡수되는 '미세 플라스틱'...유해물질과 결합 땀 독성 증폭(한국경제 ,2019.12.23.)
- 정중훈, 편광현, 장윤서 기자, 중앙일보(2022.01.17.) 하루 음식쓰레기 2만t 비밀...4분의 1은 먹기도 전에 버려진다 링크 : <https://www.joongang.co.kr/article/25041150#home>
- 한국서부발전 공식 네이버 블로그, (2019,04,26) 콘센트에서 플러그를 뽑는게 전기 절약에 도움이 될까? 링크 : <https://m.blog.naver.com/iamkowepo/221523201170>



제5회
해양생물 탐구대회 

수상작모음집

중등부

해양생물 부산물을 활용한 친환경 방음재 제작



팀명

글 속 바다의 미래

학생명

김지호, 김태원, 조가현

지도교사명

천정필

학교

다선중학교

1. 탐구 동기 및 목적

○ 탐구 동기

- 뉴스에서 층간소음으로 인한 갈등이 최근 5년간 3배 수준으로 급등했다는 사실을 접했다[1]. 과학 시간에 층간소음을 줄이기 위해서는 방안 벽에 방음재를 설치할 수 있다는 내용이 기억났다. 조사에 따르면, 방음재 중 투과되는 소리를 차단하는 차음재에 적용되는 원자재의 종류로 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리스틸렌이 있다는 것을 알게 되었다[2]. 이러한 화학물질은 석유화학공장에서 이산화탄소를 방출하며, 이산화탄소는 지구온난화를 유발하는 온실기체이므로 차음재에 사용하는 원자재의 대체재를 찾을 필요성을 느꼈다.

- 우리 지역에는 조개구이 가게가 밀집해있다. 매일 가게에서 조개껍데기와 같은 해양생물 부산물이 버려지는데 이를 재활용할 수 없을까 고민을 해보았다.

○ 탐구 목적

- 다양한 해양생물 부산물을 이용한 방음재의 방음 효과(소리의 크기 차단 정도)를 연구한다.

2. 탐구 내용 및 결과

○ 내용

- 방음재의 시료로 사용할 해양 부산물을 조사했다. 시료를 분쇄 및 압축하고, 접착제로 고정하여 방음판을 제작했다. 방음 효과를 확인할 수 있는 실험(구조)을 설계하고 방음판의 종류에 따른 소리의 크기 변화 정도를 측정했다.







○ 방법

- 1) 우리 지역의 해양생물 부산물 조사 및 수집하기 : 우리 지역에 밀집해있는 조개구이 가게, 회센터, 다대포해수욕장 등을 방문하여 현장에서 증사하시는 분들께 버려지는 해양생물의 부산물로 무엇이 있는지 질문하고, 해수욕장 일대를 돌아다니며 직접 조사했다. 조사한 내용을 바탕으로 키조개, 가리비, 바지락, 홍합, 굴, 백합을 수집했고, 수집한 부산물을 물로 깨끗이 씻어 햇볕에 충분히 말렸다.



- 2) 시료로 사용할 부산물 특징 파악하기 : 각 생물의 색, 크기, 겉보기 특징, 크기별 개체수, 껍데기의 평균 무게를 관찰 및 측정했다. 색, 겉보기 특징에 대한 관찰은 팀원들의 주관적 의견이 영향을 미치지 않도록 각자 종이에 적어 동시에 공유하여 확인했고, 개체의 크기, 껍질의 질량을 측정할 때는 오차를 줄이기 위해 조개 종류별 5개씩 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다. 크기별 개체수는 탐구일지에서 계산한 내용에 오류가 있어 다시 계산하였다(Table 1. 참고).

<Table 1. 가리비, 백합, 키조개, 바지락, 홍합, 굴의 생물적 특징[3]>

구분	가리비	백합	키조개	바지락	홍합	굴
학명	<i>Patinopeten yessoensis</i>	<i>Meretrix lusoria</i>	<i>Atrina pectinata</i>	<i>Venerupis philippinarum</i>	<i>Mytilus coruscus</i>	<i>Crassostrea nipponica</i>
사진						
색	흰색, 연홍색	황토색	검정색	검정색, 회색, 적갈색, 흰색	검정색	적갈색, 회색
크기	7~10cm	6~9cm	25~26cm	2.5~4cm	5~6cm	6~10cm
겉보기 특징	중간 두께, 홈이 크게 패임	굵고, 홈이 중간정도 패임	얇고, 광택이 있음	얇고, 다양한 무늬가 있음	얇고, 광택이 있음	굵고, 모양이 불규칙함
껍질의 평균 질량	25.6g	30.9g	80.7g	4.1g	5.4g	31.7g
크기별 개체수*	6.2개	7.5개	19.7개	1개	1.3개	7.7개

추가적으로 실험에 사용한 가리비, 백합, 키조개, 바지락, 홍합, 굴의 생물 분류 체계(7단계)를 조사하였고, 그 결과는 아래와 같다.

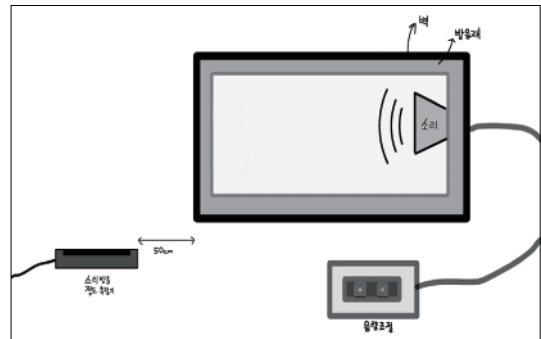
<Table 2. 가리비, 백합, 키조개, 바지락, 홍합, 굴의 생물 분류 체계(출처 : 위키백과)>

종	가리비	백합	키조개	바지락	홍합	굴
속	가리비속	백합속	키조개속	바지락속	홍합속	굴속
과	가리비과	백합과	키조개과	백합과	홍합과	굴과
목	가리비목	백합목	진주조개목	백합목	담치목	굴목
강	이매패강					
문	연체동물문					
계	동물계					

3) 실험 설계하기 : 방음 효과를 확인할 수 있는 방음시험기를 Fig 2.와 같이 설계했다. 음원에서 발생하는 소리의 크기를 일정하고 간편하게 통제하기 위해 마이크로비트를 코딩하여 사용하기로 결정했다. 두 팀원(조가현, 김태원)이 제안한 실험 설계도를 바탕으로 토의를 통해 최종 시험기 모델을 선정했다.

4) 방음판 및 방음시험기 제작하기 :

수집한 조개껍데기를 분쇄하여 가루로 만들었다. 처음 막대사발과 돌절구를 사용하여 분쇄하였으나 생각보다 조개껍데기가 단단하여 망치로 두드려 분쇄하는 방법을 선택했다. 수집한 모든 생물의 개별 방음판을 만들 계획이었으나 수집한 양이 방음판을 만들 만큼 충분하지 않아 ①가리비 판과 ②혼합물 판 그리고 ③백합 판을 제작하기로 했다. 가리비와 백합은 분쇄한 가루를 시료로 그대로 사용했고, 혼합물 시료는 키조개 240g, 바지락 240g, 백합 240g, 홍합 240g, 가리비 480g, 굴 480g을 분쇄한 가루를 섞어 만들었다.



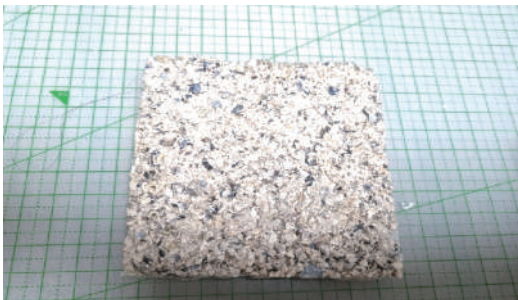
우선 물질의 특성을 확인하고자 분쇄한 가루의 밀도를 계산했다. 처음 측정할 때는 상자에 가루를 담아 부피(가로, 세로, 높이 길이 측정 후 곱함)를 측정하고, 저울로 질량을 측정(여러 번 반복 측정 후 평균값 도출)했다. 그리고 측정한 질량 평균값을 부피로 나누어 밀도를 계산하였다. 그러나 시료별 부피를 일정하게 유지하면 좋을 것이라는 멘토의 조언을 받아 눈금 실린더에 가루를 담아 부피(50ml)를 측정하고, 질량을 측정하는 과정을 10회 반복 측정 및 평균값을 도출했다. 각 물질의 질량, 부피 측정 및 밀도 계산 결과는 Table 3.과 같다.

<Table 3. 가리비, 혼합, 백합의 밀도 측정 결과>

구분	질량(g)											부피 (mL)	밀도 (g/mL)
	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회	평균		
가리비	62.3	63.2	66.4	65.1	63.1	65.7	64.8	65.4	65.0	65.9	64.7	50.0	1.3
혼합물	62.6	63.4	61.3	62.4	61.0	62.8	62.7	61.6	60.8	62.8	62.1		1.2
백합	78.3	76.2	75.7	76.8	76.1	78.6	76.9	77.3	76.7	76.4	76.9		1.5

Table 3. 에서 확인할 수 있듯이 밀도는 백합, 가리비, 혼합물 순으로 컸으며 위 결과로부터 밀도가 큰 시료를 이용해서 만든 방음판이 더 방음 효과가 뛰어날 것이라는 가설을 세웠다.

다음으로 가루에 목공용 본드를 섞어 방음판을 제작했다. 원래 친환경 물품에 가루를 섞어 제작하였으나 실험 결과 단단히 굳지 않고 젤리처럼 유동적인 상태로 굳어버리는 결과를 확인했다. 이러한 결과를 보고, 방음판을 만드는데 접착제로 사용하기에는 부적합하다고 판단했다. 방음판 제작 과정은 먼저 우드보드와 시침핀, 스퀘어 테이프를 사용하여 틀(가로 100mm, 세로 100mm, 높이 10mm)을 만들고, 그 안에 가루와 목공용 본드 혼합물을 넣어 이틀동안 굳혔다. 방음시험기도 동일한 재료를 사용하여 가로 100mm, 세로 200mm, 높이 100mm로 제작하였다. 처음 방음시험기를 설계할 때는 시험기 내부에 시험판 여섯 면을 만들 계획이었으나, 생각보다 시험판이 무거워 설치가 어려웠다. 따라서 한 면만 시험판을 만들고 나머지 면은 우드락으로 유지하기로 했다.



<Fig 3. 시험판(혼합)>



<Fig 4. 방음시험기에 끼워진 시험판>

시험기 내부 중앙에는 음원의 역할을 할 마이크로비트를 설치했다. 음원 장치로 마이크로비트를 선택한 이유는 진동수를 일정하게 유지한 채 소리의 세기를 조절할 수 있기 때문이다. 실험에서는 진동수를 통제하기 위해 기본 도 음으로 설정했고, 마이크로비트에서 방출하는 소리의 세기를 125에서 250까지 25 간격으로 조정했다.

그러나 마이크로비트에서 표시된 소리의 세기에 해당하는 단위가 명확하지 않아서 각 수치에 해당하는 소리의 세기를 소음 측정 애플리케이션을 사용하여 데시벨(dB) 단위로 측정 및 변환했다(Table 4. 참고).



< Fig 5. 마이크로비트 블록코딩 >

< Table 4. 마이크로비트에 표시된 소리의 세기를 소음 측정기로 변환 >

마이크로비트에 표시된 소리 세기(단위 모름)	125	150	175	200	225	250
소음 측정기로 변환한 소리 세기(dB)	62	63	65	66	67	68

실험 중 건전지가 소모될수록 방출되는 소리의 세기가 약해지는 것을 발견하여 비교적 용량이 큰 휴대용 배터리를 케이블로 연결하여 설치했다. 또한 현재 소리의 세기가 얼마인지 시각적으로 확인하기 위해 LED에 소리의 세기가 표시되도록 설계했다. Table 5. 는 실험에 사용한 기기 정보이다.

< Table 5. 실험에 사용한 마이크로비트 및 소음 측정기 >

마이크로비트	소음 측정기
모델명 : BBC micro:bit V2 Go Bundle Processor: Nordic Semiconductor nRF52833 Memory: 512kB Flash, 128kB RAM Interface: NXP KL27Z, 32kB RAM Speaker: on board speaker Wireless: 2.4Ghz Micro: bit Radio/BLE Bluetooth 5.0 Power: 5V via Micro USB port, 3V via edge connector or battery pack. LED power indicator , Power off(push and hold power button) Current available: 200mA available for accessories Software: C++, Make Code, Python, Scratch Size: 5cm(w) x 4cm(h)	제품명: 디지털 소음 측정기(인파로) 측정범위: 30dB ~ 130dB 정확도: ±1.5dB(94dB@1KHz) 제품전원: 9V 배터리 제품 사이즈: 57×36×149mm 무게: 144g

*상품 설명서 참고

<Table 6. 진행한 실험의 목적과 변인>

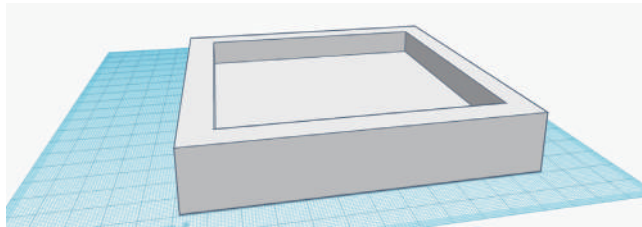
실험	실험 목적	변인
1	방음재가 음원의 진폭(크기)을 얼마만큼 감소하는지 확인하기 위해	<ul style="list-style-type: none"> • 조절 : 음원의 진폭 • 통제 : 음원의 진동수(기본 도 음) • 종속 : 방음시험기 외부에서 측정된 음파의 진폭
2	방음재를 제작하는데 사용한 시료의 종류에 따른 효과를 비교하기 위해	<ul style="list-style-type: none"> • 조절 : 시료별 음원판의 종류 • 통제 : 음원의 진동수 • 종속 : 방음시험기 외부에서 측정된 음파의 진폭
3	친환경 방음재가 얼마만큼의 하중을 버티는지 확인하기 위해	<ul style="list-style-type: none"> • 조절 : 방음판 위에 올리는 추의 개수 • 통제 : 방음판의 종류 및 두께 • 종속 : 방음판의 무너짐 여부

실험 1은 시험판이 마이크로비트에서 나온 소리를 얼마나 막아주는지를 확인하기 위한 실험이다. 음원의 진동수는 기본 도 음으로 유지한 채, 소리의 진폭을 125, 150, 175, 200, 225, 250으로 조절하며 방음시험기 외부에서 다시 진폭을 소음 측정 애플리케이션을 사용하여 dB 단위로 측정했다. 스마트폰의 위치는 시험판으로부터 직선 20cm 거리에 두고 측정했다. 실험 1에서는 가리비 판을 시험판으로 사용하여 실험했다.

실험 2는 방음재에 사용한 시료의 종류에 따라 방음 효과를 비교하기 위한 실험이다. 시험판의 종류를 혼합 판, 백합 판으로 변경하여 실험 1의 과정을 반복했다. 이 실험에서 가설(밀도가 큰 시료일 수록 소리의 세기를 감소시키는 정도가 클 것)의 진위 여부를 확인했다. 이 실험에서는 친환경 시험판 외에도 시중에 판매되고 있는 방음판을 사용하여 시험판과 같은 규격으로 잘라 위의 과정으로 방음 효과를 측정했다. 팀원들이 제작한 친환경 방음 시험판의 실용성을 가늠하기 위한 목적으로 수행했다. 실험에 사용한 방음판 모델의 선정 기준은 쇼핑 사이트 판매량 기준 상위에 랭크된 제품을 선택하였고, 상품에 대한 정보는 아래와 같다. 참고로 밀도는 제품 정보에 나오지 않아서 잘라낸 시험판을 물 위에 띄워 상대적인 밀도를 확인했다.

- 상품명 : 흡음 방음 방진 매트
- 재질 : EVA(에틸렌초산비닐 공중합체)
 - 질량 : 12.3g
 - 밀도 : 1g/ml보다 작음

실험 1, 실험 2를 우드보드, 시침핀, 스카치테이프를 사용하여 만든 방음시험기로 실시하였으나 예상치 못한 문제가 발생했다. 실험을 반복할수록 방음시험기와 시험판의 연결 부위에 틈이 생겨 방음판으로 소리가 막히지 않는 결과가 나타난 것이다. 그 결과 처음 세웠던 가설과 반대되는 결과가 나와 팀원들간 협의를 통해 정교하고 튼튼한 방음시험기와 시험판 제작의 필요성이 제기되었다. 새로운 재료 제작을 위해 학교에 비치된 3D 프린터(SINDOH 3DX)를 사용하기로 했다. 우선 Tinkercad 사이트에서 시험판 틀과 방음시험기를 위와 동일한 사이즈로 Fig 6. 와 같이 재설계하였다. 설계한 stl 파일을 g code 파일로 변환하여 3D 프린터로 출력하였다. 출력하는 과정에서 후드를 작동시키고, 장갑을 착용하는 등 안전에 유의하며 지도 선생님이 주도하여 진행하였다. 방음시험기와 시험판을 연결하는 부분은 따로 출력하여 3D 펜으로 연결 및 고정하였다.

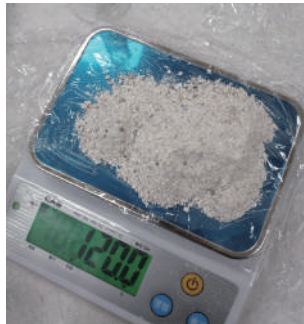


<Fig 6. Tinkercad를 이용한 시험판 설계>

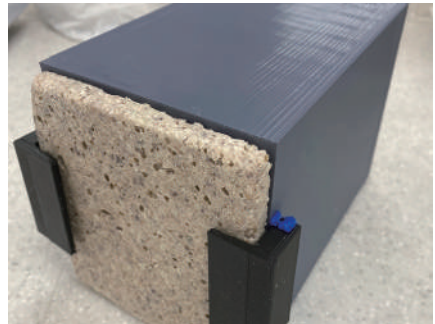
3D 프린터로 새로 제작한 시험판 틀에 분쇄한 시료 120g과 목공용 풀(종이나나 만능본드 목공용, 주요물질은 에틸렌-비닐아세트산공중합체, 폴리 초산 비닐) 70g을 섞어 부은 다음 이를 동안 상온에서 굳혔다(Fig 7. Fig 8. 참고). 이 방법으로 가리비 판, 백합 판, 혼합 판을 제작했다. 제작된 시험판과 방음시험기(Fig 9. 참고) 그리고 스마트폰 애플리케이션이 아닌 소음측정기(Table 5. 참고)를 사용하여 실험 1, 실험 2를 다시 진행했고, 실험 3을 진행하기 위해 별도로 재료를 준비하고 과정을 설계했다.



<Fig 7. 목공용 풀 질량 측정>

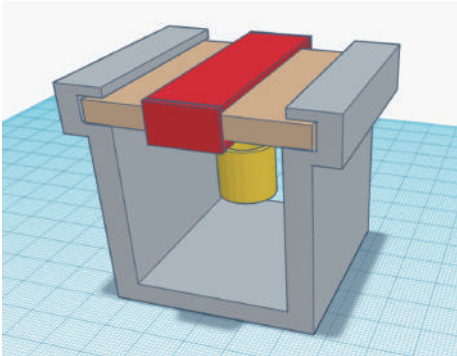


<Fig 8. 백합 가루 질량 측정>



<Fig 9. 새로 제작한 방음시험기와 시험판>

실험 3은 제작된 시험판의 내구도를 알아보기 위한 실험으로, 학교 기술 교과 시간에 배운 교량의 재하시험에 아이디어를 착안했다. 처음에는 Fig 10. 와 같이 시험판에 줄을 연결하고, 아래 부분에 추를 연결하는 구조로 설계했다. 하지만 테스트 했을 때 생각보다 큰 무게를 견디는 것을 보고, 추를 줄줄이 연결하는 방식이 아닌 플라스틱 용기에 담은 방식으로 변경하여 제작했다. 플라스틱 용기에 20~500g추를 무거운 것부터 하나씩 넣으면서 시험판이 무게를 얼마까지 버티는지 확인하는 방식으로 실험을 진행했다(Fig 11. 참고).



<Fig 10. 재하시험 설계도>



<Fig 11. 재하시험 수행>

○ 결과

우드보드로 제작한 방음시험기 및 시험판을 사용한 실험

- 실험 1(방음재가 소리의 진폭을 얼마만큼 감소하는지 확인)

Table 7. 는 마이크로비트 소리 크기를 변화시킬 때 가리비 판 밖에서 측정된 소리의 세기와 소리 감소율을 나타낸 것이다. 가리비 판은 음원에서 나온 소리의 크기를 평균 21.3% 감소시켰으나, 음원의 소리 크기가 커질수록 방음 효과가 점점 감소하는 추세를 보였다.

<Table 7. 음원의 소리 크기에 따른 가리비 판(우드보드 틀 사용) 밖에서 측정된 소리의 세기>

측정 음원	소음 측정기로 측정된 소리의 세기(dB)											감소율 (%)
	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회	평균	
125 (62dB)	46	45	43	44	44	45	44	44	45	44	44.4	28.4
150 (63dB)	47	46	48	48	48	46	47	46	48	47	47.1	25.2
175 (65dB)	51	50	52	51	51	51	49	49	49	49	50.2	22.8
200 (66dB)	52	50	50	52	50	53	51	52	51	52	51.3	22.3
225 (67dB)	55	54	56	55	56	56	56	55	56	56	55.5	17.2
250 (68dB)	58	61	60	59	59	60	60	59	60	61	59.7	12.2

- 실험 2(방음재에 사용한 시료의 종류에 따른 소리의 크기 감소 효과를 비교)

Table 8. 는 마이크로비트 소리 크기를 변화시킬 때 혼합 판 밖에서 측정한 소리의 세기와 소리 감소율을 나타낸 것이다. 혼합 판은 음원에서 나온 소리의 크기를 평균 26.1% 감소시켜 가리비 판보다 더 높은 방음 효과를 보였다. 가리비 판과 마찬가지로 음원의 소리 크기가 커질수록 방음 효과가 점점 감소하는 추세가 나타났다. 가리비의 밀도는 1.3g/ml이고, 혼합물의 밀도는 1.2g/ml였다. 실험 1과 실험 2의 결과에서 ‘밀도가 큰 시료를 이용해서 만든 방음판이 더 방음 효과가 뛰어날 것’이라는 가설이 검증되지 않았다. 팀원들은 우드보드로 제작한 방음시험기의 내구도 문제를 의심하여 3D 프린터로 제작한 방음시험기와 시험판 틀을 사용해 다시 시험판을 제작했고, 위와 동일한 과정으로 실험을 진행했다.

< Table 8. 음원의 소리 크기에 따른 혼합 판(우드보드 틀 사용) 밖에서 측정한 소리의 세기 >

측정 음원	소음 측정기로 측정한 소리의 세기(dB)											감소율 (%)
	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회	평균	
125 (62dB)	43	45	44	43	45	43	43	44	43	43	43.6	29.7
150 (63dB)	45	48	44	44	44	43	44	43	42	43	44.0	30.2
175 (65dB)	48	47	48	47	48	47	49	48	48	48	47.8	26.5
200 (66dB)	50	49	49	50	49	49	49	49	49	50	49.3	25.3
225 (67dB)	51	51	52	51	52	52	52	53	53	52	51.9	22.5
250 (68dB)	54	52	53	52	53	52	53	54	53	52	52.8	22.4

3D프린터로 제작한 방음시험기 및 시험판을 사용한 실험

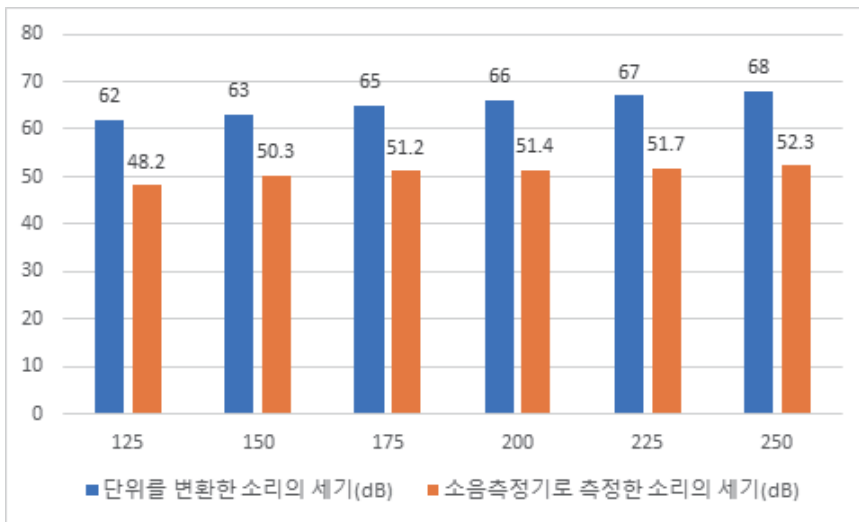
- 실험 1(방음재가 소리의 진폭을 얼마만큼 감소하는지 확인)

Table 9.와 Fig 12.는 마이크로비트 소리 크기를 변화시킬 때 가리비 판 밖에서 측정한 소리의 세기와 소리 감소율을 나타낸 것이다. 가리비 판은 음원에서 나온 소리의 크기를 평균 22.0% 감소시켰다. 우드보드로 제작한 가리비 판과 방음시험기에 실험했을 때와 비교해보면 소리의 세기 감소율이 평균 0.7%만큼 상승했다. Table 7.에서 보듯 음원의 소리 크기가 커질수록 방음 효과가 점점 감소하는 추세를 보인 것과는 달리, 감소율 변화에 큰 차이가 나타나지 않았다.

<Table 9. 음원의 소리 크기에 따른 가리비 판(3D프린터 틀 사용) 밖에서 측정한 소리의 세기>

음원	측정	소음 측정기로 측정한 소리의 세기(dB)										감소율 (%)	
		1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회		평균
125 (62dB)		48.8	47.7	48.5	48.5	48.7	48.4	47.5	47.8	48.4	47.5	48.2	22.3
150 (63dB)		50.0	50.2	50.1	51.0	50.2	49.8	50.1	50.5	50.7	50.26	50.3	20.2
175 (65dB)		51.2	51.0	51.1	51.1	51.0	51.5	51.3	51.6	51.2	51.2	51.2	21.2
200 (66dB)		51.2	51.3	51.5	51.3	51.4	51.4	51.7	51.8	51.2	51.3	51.4	22.1
225 (67dB)		52.0	51.4	51.6	51.6	51.8	52.2	51.2	51.8	52.1	51.7	51.7	22.8
250 (68dB)		53.5	52.5	52.5	53.1	53.1	52.3	53.1	53.5	52.7	52.4	52.3	23.1

<Fig 12. 음원에서 방출한 소리의 세기(좌)와 소음측정기로 측정한 소리의 세기(우) 비교(가리비판)>



- 실험 2(방음재에 사용한 시료의 종류에 따른 소리의 크기 감소 효과를 비교)

Table 10. 은 마이크로비트 소리 크기를 변화시킬 때 혼합 판 밖에서 측정한 소리의 세기와 소리 감소율을 나타낸 것이다. 혼합 판은 음원에서 나온 소리의 크기를 평균 24.4% 감소시켜 가리비 판보다는 높은(+2.4%) 방음 효과를 보였다. 특히, 가장 낮은 소리의 크기인 125(62dB)에서는 29%나 감소하는 결과가 나타났다. 가리비의 밀도는 1.3g/ml이고, 혼합물의 밀도는 1.2g/ml였다. 실험 1과 실험 2의 결과로부터 '밀도가 큰 시료를 이용해서 만든 방음판이 더 방음 효과가 뛰어날 것'이라는 가설에 맞지 않는 결과가 나왔다.

< Table 10. 음원의 소리 크기에 따른 혼합 판(3D프린터 틀 사용) 밖에서 측정한 소리의 세기 >

측정 음원	소음 측정기로 측정한 소리의 세기(dB)											감소율 (%)
	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회	평균	
125 (62dB)	43.3	44.7	43.4	42.7	43.9	44.6	44.9	43.8	44.8	43.5	44.0	29.0
150 (63dB)	49.5	49.7	49.4	49.5	49.1	49.4	49.3	49.5	49.8	49.8	49.5	21.4
175 (65dB)	50.0	50.3	49.7	49.4	49.9	50	49.6	50.1	50	49.6	49.9	23.9
200 (66dB)	50.2	50.2	50.3	49.8	50.3	50.4	50.3	49.8	49.9	49.9	50.1	24.1
225 (67dB)	51.1	49.6	50.3	51.4	51.0	51.2	51.1	51.2	50.8	51.0	50.9	24.0
250 (68dB)	51.9	51.9	51.9	52	51.4	52.1	51.3	51.9	51.8	51.5	51.8	23.8

< Fig 13. 음원에서 방출한 소리의 세기(좌)와 소음측정기로 측정한 소리의 세기(우) 비교(혼합판) >

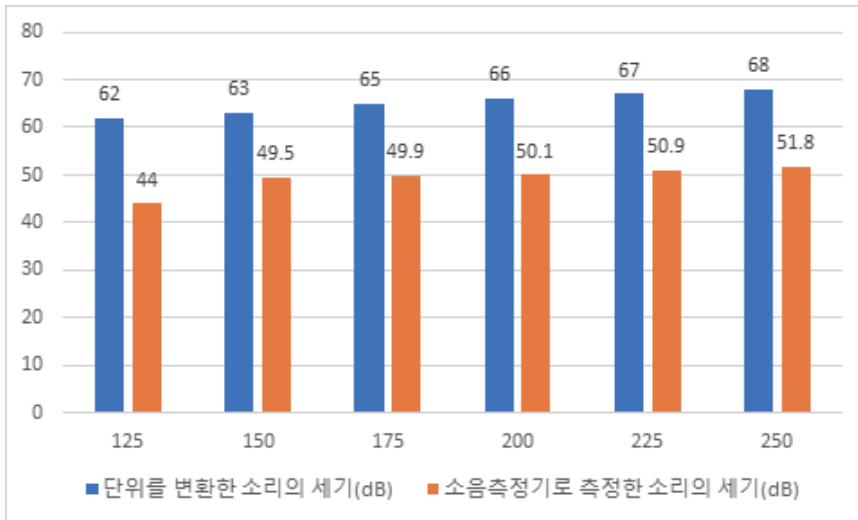


Table 11.와 Fig 14. 는 마이크로비트 소리 크기를 조절할 때 백합 판 밖에서 측정한 소리의 세기와 소리 감소율을 나타낸 것이다. 백합 판은 음원에서 나온 소리의 크기를 평균 21.3% 감소시켜 가리비 판과 혼합 판보다 더 낮은 방음 효과를 보였다. 가리비 판, 혼합판과는 달리 음원의 소리 크기가 커질 수록 방음 효과가 점점 감소하는 추세가 나타났다. 저음 영역(125, 150, 175)에서는 혼합판보다 감소 효과가 높지만, 고음 영역(200, 225, 250)에서는 혼합판보다 감소 효과가 낮았다. 앞서 가리비의 밀도는 1.3g/ml이고, 혼합물의 밀도는 1.2g/ml, 백합의 밀도는 1.5g/ml였다. 혼합 판 실험과 마찬가지로 '밀도가 큰 시료를 이용해서 만든 방음판이 더 방음 효과가 뛰어날 것'이라는 가설에는 맞지 않는 결과가 도출되었다.

<Table 11. 음원의 소리 크기에 따른 백합 판(3D프린터 틀 사용) 밖에서 측정한 소리의 세기>

측정 음원	소음 측정기로 측정한 소리의 세기(dB)											감소율 (%)
	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회	평균	
125 (62dB)	46.5	46.9	46.4	46.4	46.1	46.5	46.0	46.6	46.2	46.2	46.4	25.2
150 (63dB)	47.7	47.6	47.7	47.8	47.5	47.3	47.5	47.7	47.7	47.5	47.3	24.9
175 (65dB)	50.1	50.2	50.0	50.5	50.6	50.4	50.3	50.2	50.6	50.5	50.3	22.6
200 (66dB)	52.3	52.4	52.3	52.4	52.5	52.4	52.0	52.3	52.4	52.3	52.3	20.8
225 (67dB)	55.3	55.4	54.7	54.2	54.7	54.7	54.7	54.9	54.8	54.7	54.8	18.2
250 (68dB)	56.8	57.2	56.6	56.7	56.7	56.7	57.1	57.0	56.9	56.8	56.9	16.3

<Fig 14. 음원에서 방출한 소리의 세기(좌)와 소음측정기로 측정한 소리의 세기(우) 비교(백합판)>

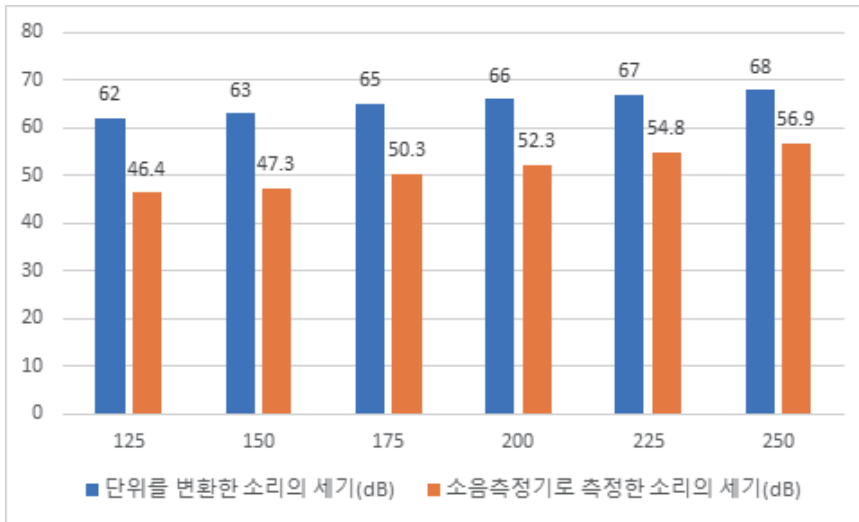
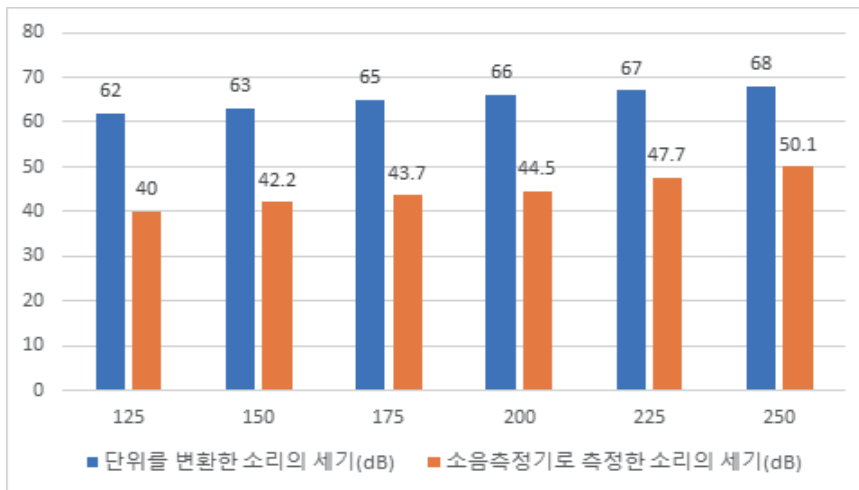


Table 12.와 Fig 15.는 마이크로비트 소리 크기를 조절할 때 시중에 판매되는 방음판 밖에서 측정한 소리의 세기와 소리 감소율을 나타낸 것이다. 시중 방음판은 음원에서 나온 소리의 크기를 평균 31.6%나 감소시켜 앞에서 살펴본 친환경 방음 시험판들보다 높은 방음 효과를 보였다. 구체적으로 시중 방음판은 가리비 판보다 평균 9.6%, 혼합 판보다 평균 7.2%, 백합 판보다 평균 10.3% 감소율이 높게 효과가 나왔다. 음원의 소리 크기가 커질수록 방음 효과는 점점 감소하는 추세가 나타났다.

<Table 12. 음원의 소리 크기에 따른 시중에 유통되는 방음판 밖에서 측정한 소리의 세기>

측정 음원	소음 측정기로 측정한 소리의 세기(dB)											감소율 (%)
	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회	평균	
125 (62dB)	40.0	40.1	39.9	40.2	40.3	40.1	39.8	39.9	40.0	40.1	40.0	35.5
150 (63dB)	42.0	42.3	42.5	42.1	42.3	42.1	42.2	42.1	42.0	42.1	42.2	33.3
175 (65dB)	43.9	43.6	43.8	43.9	43.8	43.8	43.5	44.0	43.5	43.6	43.7	32.8
200 (66dB)	45.1	44.4	44.3	44.3	44.3	44.0	44.6	44.5	44.0	45.1	44.5	32.6
225 (67dB)	47.9	47.5	47.5	47.0	47.9	47.8	47.7	47.8	47.7	47.7	47.7	28.8
250 (68dB)	49.3	49.7	50.3	49.7	50.7	50.4	50.1	49.8	50.7	50.0	50.1	26.3

<Fig 15. 음원에서 방출한 소리의 세기(좌)와 소음측정기로 측정한 소리의 세기(우) 비교
(시중에 유통되는 방음판)>



- 실험 3(방음재가 얼마만큼의 하중을 버티는지 확인)

Fig 16.은 혼합판에 대한 재하시험 과정을 나타낸 것이다. 20~500g 추를 무거운 것부터 하나씩 넣으면서 시험판이 무게를 견디는지 확인했다. 학교에 있는 전체 추의 질량은 4990g인데 가리비 판과 혼합 판은 전체 추를 사용해서 실험해도 그 무게를 버텼고, 백합판의 경우 4970g에서 시험판이 부서졌다. 즉 가리비 판과 혼합 판은 4990g보다 더 큰 질량에 의한 무게를 버틸 수 있을 것으로 예상된다. Table 13.은 시험판별로 견딘 추의 질량 합과 무게로 변환한 값을 나타낸 것이다.지로 ‘밀도가 큰 시료를 이용해서 만든 방음판이 더 방음 효과가 뛰어날 것’이라는 가설에는 맞지 않는 결과가 도출되었다.



< Fig 16. 혼합판 재하시험 >

시험판	질량 합	견디는 무게*
백합 판	4970g	$4.97\text{kg} \times 9.81\text{m/s}^2 = 48.76\text{N}$
혼합 판	4990g (부서지지 않음)	$4.99\text{kg} \times 9.81\text{m/s}^2 = 48.95\text{N}$
가리비 판	4990g (부서지지 않음)	$4.99\text{kg} \times 9.81\text{m/s}^2 = 48.95\text{N}$

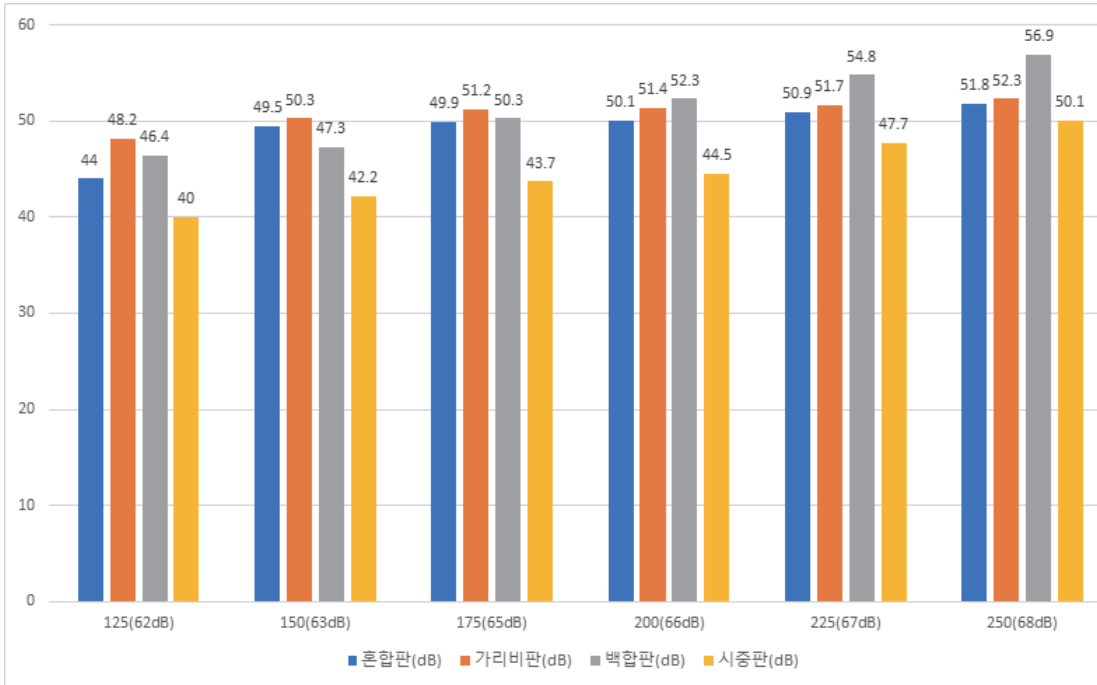
3. 탐구의 결론 및 의의

○ 결론

- 시료의 밀도가 작을수록 높은 방음 효과를 보임.

본 탐구에서는 가리비, 백합, 혼합물(키조개, 바지락, 백합, 홍합, 가리비, 굴을 1:1:1:1:2:2 로 섞은 것)을 시료로 채택하여 밀도를 측정하고, 각 시료를 목공용 풀과 섞어 시험판을 제작했다. 시험판을 방음시험기와 연결하여 시험기 내부의 마이크로비트에서 나오는 소리의 크기를 시험기 밖에서 소음 측정기로 측정하여 소리가 감소하는 비율을 계산했다. 또한 친환경 시험판의 실용성을 가늠하고자 시중에 판매되는 방음판을 구매하여 동일한 규격으로 잘라낸 다음 위와 같은 과정으로 실험을 진행했다. 밀도값은 백합(1.5g/ml), 가리비(1.3g/ml), 혼합물(1.2g/ml), 시중 방음판(1g/ml보다 작음) 순으로 높았으나 소리를 감소시키는 효과는 평균적으로 시중 방음판(31.6%), 혼합 판(24.4%), 가리비 판(22.0%), 백합 판(21.3%) 순으로 밀도와는 역순으로 결과가 나타났다(Fig 17. 참고).

이 실험에 따르면, '시험판을 구성하는 시료의 밀도가 낮을수록 소리의 크기를 감소시키는 효과가 좋다.'는 결론을 얻거나 '밀도는 방음 효과에 상관관계가 없다.'는 결론이 도출될 수 있다. 다만 본 실험을 진행하면서 다음과 같은 제한점이 있기에 결론을 도출하는 것을 미뤄야한다. 첫째, 시험판을 제작하는 과정에서 변인 통제가 제대로 이뤄지지 않았을 가능성이 있다. 아무리 시험판을 제작할 때 3D 프린터로



정교하게 제작한 틀에 담고, 시료와 목공용 풀의 질량을 일정하게 측정하여 담아 굳혔을지라도 팀원들이 수작업으로 섞어 시험판을 제작하고, 굳힐 때의 온도, 습도, 바람, 시간 등을 모두 고려하지 못하였기에 같은 조건으로 만들어진 시험판이라 말하기 조심스럽다. 둘, 측정의 오차가 있을 수 있다. 본 탐구 활동에 사용한 소음 측정기는 기기 자체가 $\pm 1.5\text{dB}$ 의 정확도 범위에서 측정한다고 명시되어 있었다. 따라서 친환경 방음판의 평균 감소율이 약 3% 정도밖에 차이가 나지 않는 상황에서 소음 측정기 자체의 정확도 문제가 탐구 결과에 반영되었을 가능성이 있다. 이러한 제한점으로 더욱 정교하게 가설을 검증하기 위해서는 변인을 정밀하게 통제하거나, 정확도가 높은 소음 측정기를 사용하는 식으로 다시 진행할 필요성이 제기된다.

- 최소 48.76N까지 버티는 내구도.

본 실험에 사용한 시험판은 시료 120g, 목공용 풀 70g을 혼합하여 제작한 것으로, 제작 후 시험판의 질량은 평균 190.0g였다. 학교 실험실에 있는 무게 추를 사용하여 재하 시험을 한 결과, 백합 판은 48.76N의 무게까지 견뎠고, 혼합 판과 가리비 판은 시험 추의 개수 부족으로 48.95N까지 버티는 것을 확인했다. 지면에서 시험판에 작용하는 중력의 크기가 약 $1.86\text{N}(=0.190\text{kg} \times 9.81\text{m/s}^2)$ 인 점을 생각하면 백합 판은 자신의 무게보다 약 26.22배 큰 무게를 견뎠고, 혼합 판과 가리비 판은 그보다 더 큰 무게를 견뎠다.

○ 의의(기대효과)

- 친환경 방음재로서의 활용 가능성

팀원들이 조개껍데기를 수집할 때 수산시장이나 조개구이집에서 일하시는 분께 조개껍데기는 어떻게 처리되는지 여쭙본 결과 모두 폐기된다고 했다. 또한 경상남도 통영에서는 15만 톤의 굴 패각이 쌓여 처치 곤란한 상황이라고 한다[2]. 실험에서 얻은 결론에 근거하여 폐기되고 있는 조개껍데기를 방음재로 제작한다면 다음과 같은 기대효과를 얻을 수 있을 것이다.

첫째, 탄소 배출을 줄일 수 있다. 연구에 따르면 종래의 방음재는 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리스틸렌이 있다는 것을 알게 되었다[3]. 이러한 화학물질을 만들 때는 석유화학공정에서 이산화탄소를 방출하며, 이산화탄소는 지구온난화를 유발하는 온실기체이므로 방음재에 사용하는 원자재의 대체재를 찾을 필요성을 느꼈다. 우리나라에는 전국적으로 해산물 시장이 형성되어 있고, 곳곳에서 조개껍데기가 폐기되고 있다. 이러한 조개껍데기를 재료로 활용한다면 재료를 얻는 과정에 필요한 인적, 기술적 비용을 줄일 수 있을 것이다.

둘째, 도로 방음벽으로 활용할 수 있다. 실험 결과에 따르면 친환경 시험판은 시중에 판매되는 방음판보다 방음 효과도 부족하지만, 질량이 약 15.5배나 커서 가정이나 기관과 같은 건물 내부에 사용하기에는 기술적인 어려움이 있다. 하지만 조개껍데기를 활용한 친환경 시험판은 시험판의 무게보다 26.22배 이상 큰 무게를 견딘다는 결과에 근거하여 도로 방음벽으로 활용할 가능성을 발견했다. 우선 도로 방음벽은 차량과 충돌하여 파괴되었을 때 쉽게 보수할 수 있어야 하는데 조개껍데기를 분쇄한 가루와 접착제를 섞어 붙이면 부분적으로 보수할 수 있다는 장점이 있다. 또한, 도로 방음벽은 차도와 인도를 구분하는 벽의 역할을 하기도 하는데 높은 내구성을 보이는 친환경 방음판을 사용한다면 차량이 도로 방음판과 충돌했을 때 인도로 넘어오지 않게 하는 역할을 해줄 수 있다. 마지막으로 최근 기사[4]에 따르면 도로 방음벽의 빛 반사로 주민들의 눈부심, 피로감, 조망권 침해 등 피해를 호소하고 있다. 이를 빛 반사율이 거의 나타나지 않는 친환경 방음재를 사용한다면 기사와 같은 문제를 해결할 수 있을 것이다.

4. 탐구를 진행하면서 어려운 점과 알게 된 점

○ 어려운점

- 조개를 분쇄하는 과정이 너무 힘들었다. 처음 막대사발, 돌절구 등을 사용하여 조개를 분쇄했는데 생각보다 갈리지 않았다. 부모님께 부탁하여 자동차 타이어 앞에 조개를 두고 지나가는 식으로도 시도했으나 힘들었다. 결국 망치로 분쇄하는 방식으로 해결했지만, 공업용 믹서기가 있다면 더 쉽게 분쇄할 수 있다고 생각했다.

- 소리를 측정할 때 마이크로비트가 내는 소리의 세기 단위를 알아내지 못한 점, 방음판이 단단하게 굳는 데 시간이 오래 걸린다는 점, 주변 생활 소음을 통제하지 못해서 결과값에 오차가 있었던 점이 아쉬웠다. 또한 이를 시중에 판매된다고 가정하였을 때 조개를 수거, 분쇄 작업 등으로 인건비가 많이 들어갈 수 있다는 점이 우려된다.
- 시험판을 굳힐 때 기포가 생겨, 실험 결과에 오차가 생긴 것 같아 아쉬웠다. 또한 조개의 종류가 적다는 것, 밀도를 잘 때 일정한 입자로 같지 않아 결과에 차이가 있었다는 것이 아쉬웠다. 그리고 재하시험을 할 때 추의 양이 부족하여 백합 판과 혼합 판의 최대로 버틸 수 있는 정도를 정확하게 알지 못해 아쉽다. 마지막으로 시험판을 만들 때 목공풀을 이용하였다는 점이 친환경 측면에서 아쉬웠다.

○ 알게 된 점

- 조개껍데기의 굳기가 생각보다 단단해서 돌절구를 이용해 가루로 만들었다. 굴 패각을 절구로 찧었을 때 매우 작고 고운 입자로 잘 갈렸고, 키조개와 홍합은 여러 종류의 크기로 갈아졌다. 세 곳의 조개들을 갈아본 결과, 수산시장의 조개, 바닷가의 조개, 조개구이 가게의 조개들 순서로 잘 부서졌다. 조개구이 가게의 조개는 불에 한 번 달궈진 상태라, 비교적 가루로 만들기 쉬웠지만 조개껍데기에 붙어있는 음식물의 부패를 막기 위해 세척이 필요했다.
- 조개껍데기를 분쇄하여 만든 방음판으로 실험한 결과, 방음 효과가 두드러지게 차이가 나는 것을 보고 실험에 대한 흥미가 더욱 생긴 것 같다. 조개껍데기의 방음 효과를 알아보기 위해 마이크로비트를 사용함으로써 코딩 지식을 쌓게 되었다.
- 친환경 방음판이 의외로 많은 무게를 버틸 수 있다는 것을 알게 되었다. 또한 마이크로비트를 이용해 소리를 내고, 소음측정기로 측정을 하는 과정에서 한 부분이 통제가 안 되면 실험 결과가 정확할 수 없다는 것을 다시금 깨닫게 되었다.

○ 기타

- 실험 계획서에 탑재된 실험 수는 총 5개였다. 그 중 ‘방음재가 음원의 진동수를 얼마만큼 변화시키는지 확인하기 위한 실험’은 결과 보고서에서 제외했다. 그 이유는 주파수를 측정해주는 스마트폰 애플리케이션으로 진동수 변화를 알아보았으나 시험판을 통과한 소리에서 진동수 변화가 전혀 나타나지 않았기 때문이다. 애플리케이션이 아닌 정교한 실험 장치를 구매하여 시도해보려 했으나 비용 문제로 시도하지 못했다. 또 다른 제외 탐구 활동은 ‘방음재의 모양에 따른 소리 차단 정도를 확인하기 위한 실험’이었다. 방음판의 모양을 평평하거나 굴곡이 있게 만들 생각이다. 하지만 무게를 통제하면서 모양을 굳히기에 실패하여 본 탐구 결과 보고서에서는 제외했다.

5. 참고문헌

- [1] 박주희, 「[알쓸신법] ‘총간소음’ 5년간 3배 증가…현명한 해결법은?’KBS NEWS, 2022.06.02.
- [2] 이오성, 「[포토IN] 그 많던 굴 껍데기는 다 어디로 갔을까」, 시사 IN, 2021.12.14.
- [3] 전성진, 「총간 차음재 개선방향 고찰」 (한양대학교 공학대학원 석사학위논문, 2013.), 7~10쪽
- [4] 김동규, 「이서혁신도시 주민들 "도로 방음벽 빛 반사로 피해 심각"」, news1, 2022.10.13.

바다숲 조성이 탄산칼슘 골격생물에게 미치는 영향



팀명 남성여중의 자랑

학생명 소윤지, 김민서, 정주연, 문경미

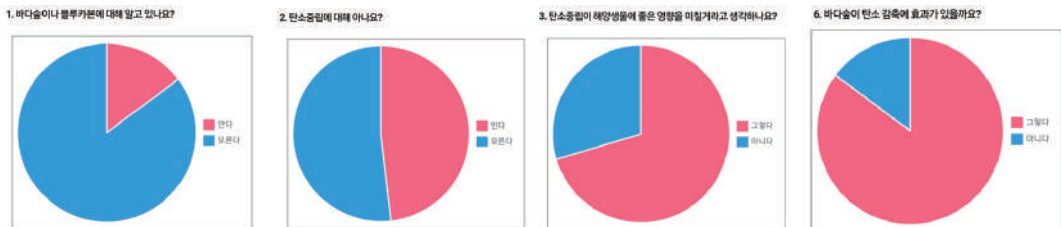
지도교사명 정우경

학교 이리남성여자중학교

1. 탐구 동기 및 목적

○ 탐구 동기

바다에서 주워온 조개에서 균열을 발견한 후 선생님, 친구들과 모여 과학 동아리에서 원인을 찾아보았다. 처음에는 파도에 의해 부식되었다고 예상했지만 해양 산성화가 탄산칼슘 골격생물에 영향을 준다는 것을 알게 되었다. 자세히 알아보니 대기 중 증가한 이산화탄소가 해수에 녹아 들어가면서 바다의 수소 이온 농도(pH)가 낮아지는 현상인 해양 산성화로 인해 탄산칼슘 골격생물이 껍데기가 거의 사라져 멸종위기에 몰릴 수도 있다는 기사를 보았다. 해양 알칼리화에 도움을 주는 대책으로 탄소 감축에 도움이 되는 거머리말 등의 해초를 심어 인공적으로 숲을 조성하는 '바다숲'이 떠오르고 있다. 우리가 본 해양 산성화로 인해 손상된 조개와 해양 알칼리화에 도움을 주는 '바다숲' 사이의 상호작용이 있을지 궁금증이 생겨 탐구를 계획하게 되었다. 일부 학생들의 바다숲과 블루카본 등의 인식조사 결과 학생들이 바다숲에 대한 인식이 높지 않은 것을 알 수 있었고 이것 역시 탐구의 동기가 되었고, 실험과 관찰, 측정을 통해 작은 바다숲에서의 변화로 바다숲과 탄산칼슘 골격생물 간의 관계를 확인하려고 한다.



[그림1. 1학년 50여명을 대상으로 바다숲에 대한 이해도 통계 조사, 네이버폼 사용 2022년 9월]

○ 탐구 목적

- 사람들이 탄소로 인해 공기 오염이 된다는 사실은 공공연하게 아는 사실이다. 하지만 오염 및 지구 온난화 등으로 인해 탄소가 해양 산성화를 촉진하여 탄산칼슘 골격생물을 멸종위기에 놓일 수도 있다는 사실을 직접 실험설계에 따른 변화를 측정하고, 더불어 이번 탐구를 통해 탄소 감축의 중요성을 확인하고자 한다.
- 해양 산성화가 탄산칼슘 골격생 물에게 어떤 변화를 주는지 탐구하고 이를 억제할 대책으로 '바다숲'이 얼마나 효과가 있는지, '바다숲'의 유무에 따른 산호나 조개 등의 생물들이 어떤 변화를 겪는지 탐구한 결과를 목표로 한다.

2. 탐구 내용 및 결과

○ 실험설계 및 결과 예상

바다숲(물미역, 검정말, 나자스말)과 탄산칼슘 골격생물(산호, 조개 대상)간의 영향을 실험상황에서 확인할 수 있도록 단계별 과정을 설계하여 pH측정을 실시하고, 그 흐름의 전 과정은 다음 그림2와 같다.



[그림2. 실험설계 및 탐구의 전과정 흐름도]

위 과정에 따라 실험을 실시하였고, 실험설계에 따른 변인 설정은 <표1>과 같다.

조작 변인	수조의 pH농도 변화 또는 바다숲 환경 설치 유무
통제 변인	빛, 온도, 염류, 수류, 조개 등의 생물 종류 및 수
종속 변인	간이 바다숲 조성에 의한 pH 변화

<표1> 탐구실험의 변인설정

1. 기초 pH 측정방법 익히기 및 실험설계에 따른 재료 준비

- 주변에서 쉽게 구할 수 있는 물 2종류인 정수기물, 수돗물과 비교의 기준이 될 대상인 바닷물의 각각 pH농도와 염도를 측정하여 3가지 액체의 차이점을 비교한다.
- 실험설계에 따른 재료를 준비한다.
- 정수기물과 수돗물 중 바닷물과 비슷한 물을 채택하여 실험 시 이용한다.
- pH측정에 대한 경험이 없어 전자식 pH 측정기를 사용하여 측정방법 등을 익힌다.



[그림3. 다양한 물 환경에서의 pH측정 및 염도 측정]

2. 검정말(해초를 대표하여)에 의한 pH변화 실험

- 실험내용 : 검정말이 물의 pH에 어떤 변화를 주는지 측정하여 확인한다.
- 실험과정 : pH7 조건에서 광합성 결과 변화되는 물의 pH변화를 측정하여 분석한다.
- 예상결과 : 검정말의 광합성에 의해 물에 녹아있는 CO₂를 흡수하여 사용하고 그에 따라 pH는 상승할 것이다.

<추가실험>

- 실험내용 : 식물의 광합성 외에 다른 요인들이 pH변화 요인이 되는지 확인하고자 한다.
- 실험과정 : 물미역을 키우며 온도변화에 따른 pH 변화를 측정한다. 낮은 pH에서의 물미역에 의한 pH변화를 관찰한다. 바닷물 pH에서 다른 외부요인 없이 pH변화가 있는지 확인한다.

3. pH 환경차에 따른 산호, 조개의 변화 관찰

- 실험내용 : 바다숲(검정말)의 유무에 따라 탄산칼슘 생물의 생존과 상태변화에 어떤 변화가 일어나는지 관찰하고 기록한다.
- 실험과정 : 인위적인 상황이지만, pH7.5의 환경과 pH8.1의 환경에서 산호의 변화를 비교 관찰한다.
- 예상결과 : 탄산칼슘 생물이 pH7.5의 환경에서는 훼손 상태가 일어날 것이고, 바닷물 pH에서는 생존력이 지속될 것으로 예상된다.

4. 물미역, 나자스말, 검정말(바다숲 환경)에 의한 pH변화 실험 및 조개에 의한 pH변화

- 실험내용 : pH8.1의 환경에서 물미역, 나자스말, 검정말(이하 바다숲 환경)이 물의 pH에 어떤 영향을 주는지 측정한다. 조개에 의한 pH변화도 측정한다.
- 실험과정 : pH8.1(해수 환경) 조건에서 바다숲이 광합성 결과 변화되는 물의 pH변화를 측정하여 분석한다. 바다숲이 없는 환경에서 조개에 의한 pH변화를 측정한다.
- 예상결과 : pH8.1의 환경에서는 바다숲 환경에 의해 pH값이 일정 정도 상승할 것이다. 바다숲이 없는 환경에서 조개에 의해 CO₂가 발생하여 pH는 일정 정도 하강할 것이다.

5. 조개와 바다숲이 어우러진 환경에서의 pH변화

- 실험내용 : 물미역, 나자스말, 검정말(이하 바다숲 환경)이 조개와 함께 꾸며진 환경에서 pH변화가 어떤 결과가 나타나는지 측정한다.
- 실험과정 : pH8.1(해수 환경) 조건에서 바다숲과 조개들을 한 곳에 넣어 pH변화를 확인한다.
- 예상결과 : pH8.1의 바다숲 환경에서 pH상승하는 정도와 조개에 의한 pH하강 정도가 상호작용하여 중간 정도 혹은 한쪽으로 너무 기울지 않는 pH결과를 얻을 수 있을 것이다.

○ 실험 방법 및 실시 내용

1. 다양한 물환경 기초 확인 실험 및 인근 바다(군산) 현장 채집(2회)

- 준비물 준비 : 수류모터, 여과재, 버퍼솔루션, 폴리랩, 검정말, 백자갈 바닥재, 유리어항, 염도계, 기포 발생기, 박테리아제, pH측정기, LED조명, 스펀지 여과기, 디지털 온도계, 쿨링팬, 미니 스키머, 해수염 준비
- 채집 장소 : 전북 군산시 옥도면 무녀도 및 선유도 조개 및 소라껍데기 채집(7월) 전북 부안군 변산 해수욕장 주변(8월)
- 실험 절차
 - 1) pH meter, 염도계를 준비하고 정수기물, 수돗물, 바닷물, Buffer solution 7.0용액을 각 종이컵에 반절 양만큼 담아 준비한다.
 - 2) Buffer solution 7.0 용액의 pH를 측정하고 조절용 드라이버를 사용하여 맞춘다.
 - 3) 바닷물, 수돗물, 정수기물의 pH와 염도를 측정한다.

2. 검정말(해초를 대표하여)에 의한 pH변화 실험

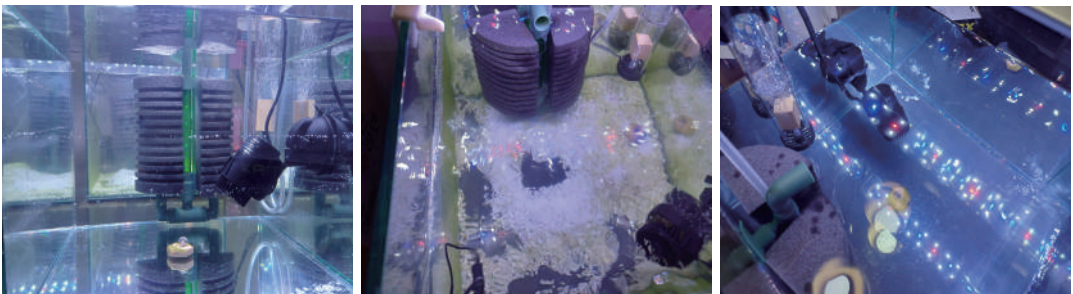
- 실험내용 : 검정말(바다숲)이 pH를 높이는지와 pH가 높아지는 원인, 얼마나 높이는지를 확인한다.
- 실험과정 : 조명없이 검정말을 1주일간 키우고 pH를 측정하여 변화를 본다. 그 후 5일간은 조명을 강하게 틀어놓고 pH 변화를 보고 5일은 조명을 약하게 틀어놓고 pH 변화를 본다.

<추가실험>

- 실험내용 : 온도에 따른 물미역의 물 pH변화 측정

3. pH 환경차에 따른 산호, 조개의 변화 관찰

- 실험내용 : 다른 pH조건(8.3 & 7)에서 산호의 생존 변화 관찰
- 실험과정 : 수조에 산호가 살 환경을 조성하고 첫 번째 수조의 물은 전 바다숲 실험에서 사용하여 pH가 8.3인 물에 해수염을 녹여 사용하고 두 번째 수조의 물은 수돗물에 해수염을 녹여 pH7에 염도 1.1%에 맞춰서 환경을 설정한다. 산호와 조개의 표면을 관찰하며 유실되는 정도를 확인하여 기록한다.



[그림4 바닥재가 있는 어항 pH 8.3(중간) 바닥재가 없는 어항 pH 7.0(오른쪽)]

4. 물미역, 나자스말, 검정말(바다숲 환경)에 의한 pH변화 실험 및 조개에 의한 pH변화

- 실험내용 : 물미역, 나자스말, 검정말(이하 바다숲 환경)을 설치하여 물의 pH변화를 측정한다.
바다숲이 없는 pH8.1의 환경에서 물의 pH변화를 측정한다.
- 실험과정 : pH8.1(해수 환경) 조건에서 바다숲이 광합성 결과 변화되는 물의 pH변화를 측정하여 분석한다. 바다숲이 없는 환경에서 조개에 의한 pH변화를 측정한다.

5. 조개와 바다숲이 어우러진 환경에서의 pH변화

- 실험내용 : 4번의 실험결과를 바탕으로, 바다숲과 조개를 함께 배치하여 pH변화에 어떤 결과가 나타나는지 측정한다.
- 실험과정 : 4번에 실시한 바다숲 환경과 조개들을 pH 8.1환경에 재설치하여 pH변화폭을 관찰한다.
MBL 기반 pH센서로 측정함에 따라, 정량적인 변화를 눈으로 관찰하기 훨씬 편리하였다.

○ 실험 결과

1. 다양한 물의 pH 및 염도 측정 결과

물의 종류	pH	염도
바닷물	8.0	1.9 %이상 (측정불가)
수돗물	7.2	0.0 %
정수기물	7.1	0.0 %

〈표2〉 다양한 물의 pH 및 염도 측정 결과

- pH에 대한 개념의 이해가 필요하여 다양한 방식으로 pH에 대한 탐구의 과정을 실시하여, CO₂와 pH의 변화 관계 등의 인과관계를 탐구하였다.



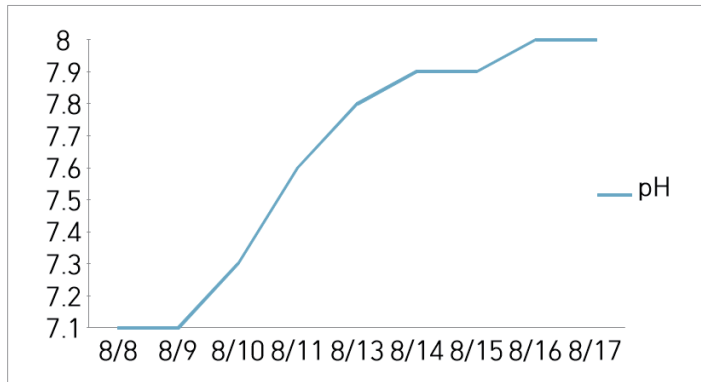
[그림5. 다양한 용액의 pH 측정 및 이해]

2. 검정말(해초를 대표하여)에 의한 pH변화 실험 결과

- 8/8~8/12은 pH가 빠르게 상승하는 것을 볼 수 있다.
- 8/13~8/17은 pH가 비교적 천천히 상승하는 것을 볼 수 있다.
- 7/20~7/26 1주일간 조명 없이 키울 예정이었던 검정말은 3일 동안 pH7.0으로 변화가 없었고 3일 후 죽었다.

일자	7.20	7.21	7.22	8.8	8.9	8.10	8.11	8.12	8.13	8.14	8.15	8.16	8.17
pH	7.0	7.0	7.0	7.0	7.1	7.3	7.6	7.8	7.9	7.9	8.0	8.1	8.3

〈표3〉 검정말에 의한 pH 변화 측정



[그림5. 검정말을 키웠을 때에 나타나는 pH 변화]

- 조명 없이 검정말을 키웠을 때, pH변화가 없었고 조명을 약하게 틀었을 때 pH변화가 비교적 천천히 상승하였으며 조명을 강하게 틀어놓았을 때 pH변화가 비교적 빠르게 상승하는 것을 종합하였을 때 검정말(바다숲)은 pH를 높이고 그 원인으로는 조명, 즉 조명을 통해 광합성을 하여 높아지는 것이라고 예상할 수 있다. pH가 예상보다 빠르게 상승한 원인으로는 바다에 있는 검정말(바다숲)은 낮에만 광합성을 하지만 실험 속 검정말(바다숲)은 조명을 계속 작동하여 광합성 기간을 확대하였다.

3. pH 환경 차이에 따른 산호, 조개의 변화 관찰

- [그림6]은 산호의 구입 초기 모습(왼쪽)과 이후 pH8.3과 pH7에서의 상태변화를 보여주고 있다. 생존 환경이 생각보다 민감하여, 쉽게 상태의 변화가 나타났다.



[그림6. 산호의 처음 모습(왼쪽) 및 pH 8.3 및 pH7에서의 상태변화 모습(중간), 조개의 껍질 균열(오른쪽)]

- pH가 낮은 수조의 산호는 표면이 너덜너덜해지면서 죽었다.
- pH가 높은 수조의 산호는 잘 유지되었다.
- 산성화되었을 때 탄산칼슘 골격생물의 표면이 너덜너덜해지는 등의 변화가 생기고 바닷물이 바다숲으로 인해 pH의 변화가 적어서 표면에 문제가 없거나 생존 기간을 보다 길게 유지해주는 것을 확인하였다.

4. 물미역, 나자스말, 검정말(바다숲 환경)에 의한 pH변화 실험 및 조개에 의한 pH변화

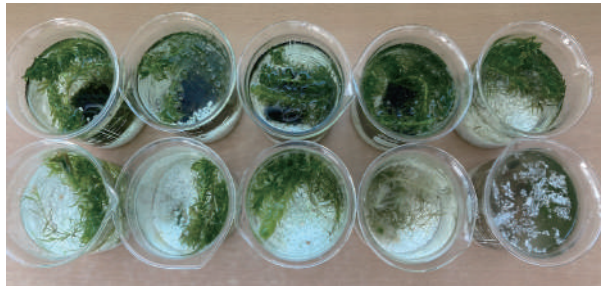
- 바다숲 환경에서의 pH 변화를 일자별로 측정해본 결과 점점 상승하는 것을 확인하였다.
- 조개껍질들을 살펴보았을 때, 물이 뿌영게 흐려지고 pH가 조금씩 낮아지는 것을 확인하였다.
- 산호의 경우, 표면의 흐물흐물한 정도가 높아지고 마치 녹는 것처럼 크기가 작아지며 손상되었다. 크기가 작아졌고, 유실되는 부분이 많아서 훼손 정도가 컸다.
- 바다숲 환경을 인위적으로 조성하였다더라도 물의 흐름(유속, 파도 등) 등의 다양한 환경요인들이 뒷받침 되지 못해 금방 상하거나 죽는 것을 볼 수 있었다.

pH \ 일자	10/04	10/05	10/06	10/07	10/11	10/12
조개를 넣은 바닷물	8.03	7.75	7.85	7.86	-	-
해초를 넣은 바닷물	8.11	9.35	9.05	9.40	-	-

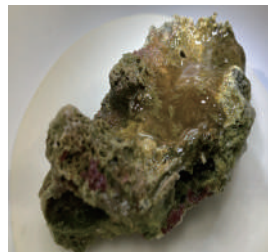
<표4> 실험4에 따른 pH변화표

2. 검정말(해초를 대표하여)에 의한 pH변화 실험 결과

- 8/8~8/12은 pH가 빠르게 상승하는 것을 볼 수 있다.
- 8/13~8/17은 pH가 비교적 천천히 상승하는 것을 볼 수 있다.
- 7/20~7/26 1주일간 조명 없이 키울 예정이었던 검정말은 3일 동안 pH7.0으로 변화가 없었고 3일 후 죽었다.



(전)

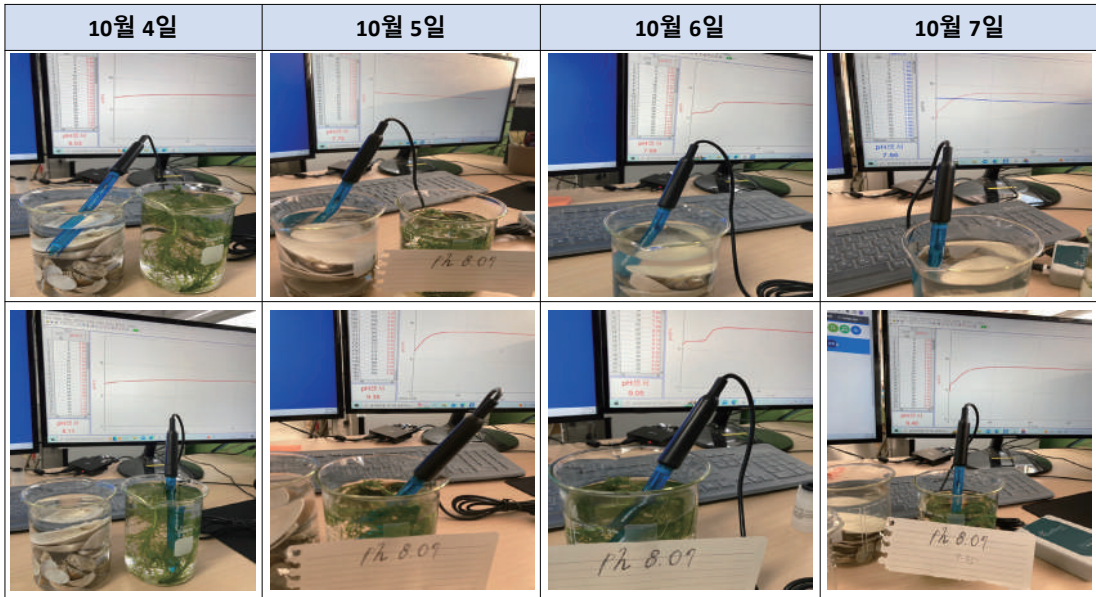


(후)



(후)

[그림7] 바다숲 환경에서의 변화 측정(위), 산호의 상태변화 관찰 및 유실 정도(아래)



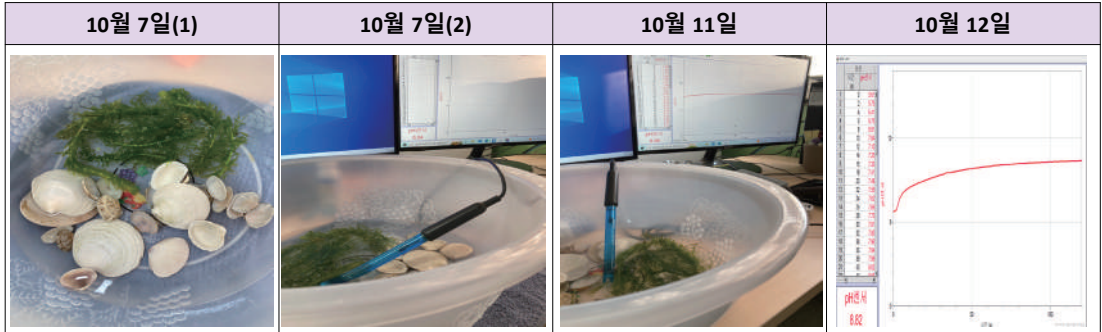
[그림8. 실험4의 실험 측정 과정]

5. 조개와 바다숲이 어우러진 환경에서의 pH변화

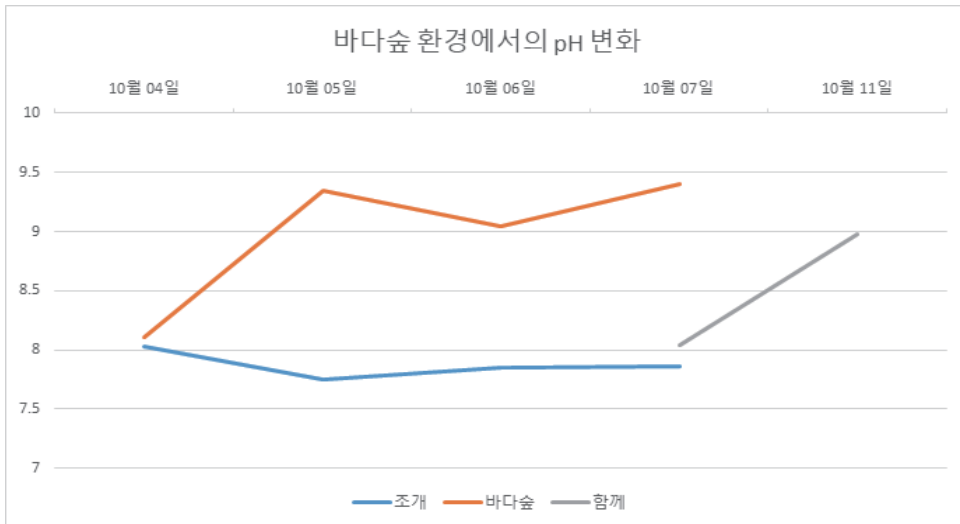
- 조개와 바다숲이 함께 어우러진 환경에서는 바다숲 환경에 비해 pH 상승폭이 크지는 않았으나 증가하는 것을 확인하였다.
- 짧은 기간의 결과이지만, 해초만 배양했을 때에 비교하여 pH상승폭이 있으나 둔화된 것을 보면, 조개껍질이 영향을 주었다는 것을 확인할 수 있었고, 이는 산성화된 바다에 해초들이 중화시켜줌을 확인하였다.

pH \ 일자	10/04	10/05	10/06	10/07	10/11	10/12
조개와 바다숲을 함께 조성한 바닷물 환경	-	-	-	8.04	8.98	8.83

<표5> 실험5의 pH변화표



[그림9. 실험5의 결과값 측정 과정]



[그림10. 실험4와 실험5의 바다숲 환경에서의 pH 변화 양상]

3. 탐구의 결론 및 의의

○ 결론

- 바다숲 환경을 만들어서 나자스말, 물미역, 검정말 등이 물의 pH에 어떤 변화를 줄 수 있는지를 구체적으로 측정하여 확인하였고, 인간이 만들어낸 현재의 지구환경과 해양 오염에 대한 복구 및 유지 노력의 대안으로 대두된 바다숲의 가치를 탐구하였다.
- 산성화된 바다를 살리고 해양 생태환경을 유지하고자 투자된 바다숲 환경이 과연 실효성이 있는가에 대한 궁금증에 관한 탐구를 실시하였고, 바다숲 조성에 의해 바다숲이 가지는 다양한 생태환경에 대한 고려 없이 진행된 실험이었음에도 우리가 계획한 실험에 대한 실제값들을 측정해 가며 긍정적인 결과를 얻었다.
- 바다숲 환경을 제한된 요소로 설정하고 인공적으로 만들어 내는건 무모한 일이었지만, 한정된 바다숲 환경에서 pH가 상승하는 결과값을 얻었다. 또한, pH 7.~의 환경에서 산호나 조개가 쉽게 유실되고 훼손되는 과정을 확인하였고, 조개에 의한 pH가 하강하는 것도 측정하였다.
- 더 정교화된 실험설계가 요구되지만, pH 8.04에서 물미역 등의 해초와 조개가 함께 작용하여 pH가 상승하는 변화에 영향이 있고 상호 관련이 있음을 확인하였다.
- 바다를 구성하는 다양한 생물과 주변 환경요소들이 어우러져 바다를 이루고 있는가를 알게 되었고, 바다숲과 생물들, 그리고 주변의 다른 모든 것들이 함께 아름다운 해양을 조성하는 것들이라고 확인하였다.

○ 의의(기대효과)

바다숲 조성이 해양 산성화를 낮추고 탄산칼슘 골격생물의 멸종을 막는 효과가 있는지를 탐구함으로써 사람들이 정부에서 내세우고 있는 대책 중 하나인 바다숲 조성에 대한 신뢰도를 가질 수 있게 한다. 신뢰도를 가지게 되어 더 많은 해양에 바다숲 조성을 진행할 것을 기대해 볼 수 있다. 해양에 바다숲을 더 조성하게 되면 해양 산성화의 정도를 낮출 수 있고 탄산칼슘 골격생물이 안전하게 살아갈 수 있는 환경을 조성하게 된다.

사람들의 해양산성화의 심각도와 바다숲의 영향력 인지도에 대한 인식 조사를 위해 학교 앞에서 설문조사를 진행하고 모르는 학생들을 위해 요즘 유행하는 플랫폼인 '네이버 웹툰 베스트 도전'이나 '인스타툰'을 활용하여 사람들에게 홍보하고 알림으로써 사람들의 인식 개선과 관심까지 기대해 본다. 앱 인벤터를 활용하여 인공지능 챗봇 형태로 환경과 바다숲에 대한 이해 앱을 구현하여 주변 친구들에게 바다환경과 해양생물의 중요한 가치를 알리고자 한다. 더불어 10월말 학교 축제기간 학생들에게 탄소 중립과 바다숲, 블루카본에 대한 이해를 높이는 캠페인을 하고 블루카본 과학 부스를 운영하여 해양생물의 중요성에 대한 의식을 높이고자 한다.

4. 탐구를 진행하면서 어려운 점과 알게 된 점

○ 어려운 점

- pH의 개념, 탄소 중립, 중화, 산성화, 블루카본 등의 개념을 학습하는 것에 시간이 필요하였다. 바다숲과 산호의 상호 영향에 대한 단순한 호기심으로 이 실험을 계획하고 시작하였으나, 기초적인 측정법과 팀원들 간의 협력, 재료의 선택 등 머릿속의 계획과 실천이 어려웠다.
- 실험 계획을 꼼꼼하게 살펴보았지만, 사용해보지 않은 도구들과 생물들을 다루면서 실험 중 여러차례 생물이 죽거나 썩고 냄새가 가득해지는 상황을 경험하였고, 바다숲의 환경을 일정 기간 유지하는데 있어 여러 변화 요소가 작용하고 그에 따라 관리의 어려움이 많았다. 생각보다 쉬운 재료를 사용하였으면 좋았으나 계획된 상황의 재료를 구하려다 찾기 어렵기도 하여 실험에 여러 차례의 실패를 반복하였다.
- 매번 측정하는 일은 단순한 측정 관찰 활동이지만, 생각보다 정기적인 기록을 하는 활동이 쉽지 않았다.
- 해양생물 탐구대회에 첫 도전이라 많은 생각에 반해 실천과 결과물이 잘 나오지 않아서 아쉽지만, 이를 동기로 탐구 활동에 대한 이해와 의식이 커져서 앞으로의 탐구활동의 바탕이 될 것이다.

○ 알게 된 점

- 실험 계획 수립 시 필요한 재료를 구입하거나 채집한다면 방법, 예산 등을 자세히 설정해놓아야 실험이 계획한대로 진행 가능하다는 점을 알게 되었다.
- 처음에는 해양 문제 하면 쓰레기 문제밖에 알지 못했는데, 탐구주제를 찾아보고 탐구 준비를 하기 위해 해양 문제를 여러 가지 조사하다 보니 바다에는 쓰레기 문제가 가장 크고 많이 교육받는 환경 주제이지만, 쓰레기 말고도 해양 산성화, 간척사업으로 인한 녹조 문제 등 생각해볼 여러 주제들이 있다는 것을 알게 되었다.
- 탐구를 위해 해결 방법을 찾는데 생각보다 사람들이 바다를 지키기 위해 노력을 하고 있음에도 대부분 사람이 행하는 무심한 활동들이 해양에 부정적인 영향을 미치고 있다는 것을 알게 되었다.
- 조사하면서 해양의 pH가 점점 낮아지고 있고 처음에는 pH가 0.1정도 내려가도 별 영향이 없을 거로 생각했지만, pH 지수가 0.1만 올라가도 바다가 뿌연게 흐려지며 많은 생물에게 영향을 많은 영향을 준다는 것을 배우게 되었다.
- 데이터로 나온 바다의 pH를 기준해도 되지만, 하나하나 다 측정해보는 것도 좋은 방법이라고 생각했다. 정보는 검색해서 찾는 것이 정확하다고 생각했는데 꼭 모든 정보를 신뢰하지 않고 직접 측정하면서 확인해보는 것이 과학자의 자세이고 과학적 접근방법이라고 생각되었다. 실험을 수정하게 되었고 탐구란 것이 꼭 어떤 걸 처음으로 밝혀내는 것뿐만 아니라 원래 있던 결과를 다시금 확인하는 것이 될 수도 있다는 걸 알게 되었다. 그래서 처음 실험에서는 나와 있지 않은 상황을 확인하려는데 초점을 맞췄지만

수정하여 원래 근거가 되는 결과 자료를 재확인하면서 탐구의 결과를 찾는 데 노력하였다.

○ 기타

- 사전 실험 없이 검정말과 탄산칼슘 골격생물 실험을 진행함에 따라 여러 번 실패 경험하였다.
 - 1) pH 설정을 바다의 pH를 기준으로 하기 위해 사전 실험으로 각종 물의 pH 측정을 진행하였다.
 - 2) 검정말만 사용하여 pH 변화를 관찰함. 검정말만 사용하여 결과를 내기에는 데이터가 부족할 것 같아 나자스말, 물미역 등 다른 해초도 사용하여 관찰하였다.
 - 3) 산호 3종류를 이용해 관찰하기로 하였으나 1종으로 수정하여 2차례 실시함. 산호의 상태변화를 관찰 하기는 쉬웠지만, 질량 측정 등에 사전 계획실패로 측정의 시기를 놓쳤다.
 - 4) 조개의 생존 여부 변화를 관찰함. 조개를 인공적인 환경에서 키우기 어렵다고 판단하여 조개의 생존 여부 변화보다 조개 표면의 변화에 좀 더 초점을 맞춤. 실험 기간을 길게 잡아도 결과가 명확하지 않을 것 같아 실험 기간을 방학 1달로 수정하였다.
- 탐구주제에 대한 실험설계와 적용에 다양한 변수를 고려할 수 없어서 실험이 전체적으로 결과를 얻는 과정에 어려움을 경험하였다.

5. 참고문헌

- 김동호, [기획] 바다숲 조성사업, 성과와 과제는, 농수축산신문, 2021.02.11.
- 박영민, 탄소를 잡아라!...블랙카본 잡는 그린·블루카본, KBS 2021.11.19., 2021.11.19.
- 박재우, '해초'가 탄소 흡수!... '바다숲'으로 '온실가스 감축', KBS 2021.10.04., 2021.10.04.
- 김병모, 최태섭, 이정석, 박영규, 강성길, 전의찬, 이산화탄소 증가로 인한 해수 산성화가 해양생물에 미치는 영향평가 및 생태영향기준 도출, 2014
- 김효진,【그린테크 스타트업】 다시마로 탄소 포집하는 러닝타이드(Running Tide), IMPACT ON, 2021.05.17.
- James Temple, 다시마 이용한 '탄소 포집' 기술의 성공 조건, MIT Technology Review, 2021.10.15.
- 한물, 수초어항 세팅과 물의 pH 변화 실험[한물실험실],NAVER TV, 2021.06.26.
- 박성환, 수산자원공단, 바다숲 탄소흡수력 조사..."탄소중립 기여", NEWSIS, 2022.07.26

순천만 갈대군락의 부유퇴적물 감소효과와 생태계 보호



팀명 넷-제로팀(Net-Zero)

학생명 박지율, 김어진

지도교사명 최민주

학교 순천왕의중학교

1. 탐구 동기 및 목적

○ 탐구 동기

- 순천만 습지에 갔을 때 우리동네보다 공기가 더 좋고 식물들도 깨끗해 보여서 순천만 습지에 관심을 가지게 되었다. 근래에 탄소중립이 사회적 화두가 되면서 환경보호와 탄소중립에 대해 알아보다가, 갯벌습지정원 조성과 관련된 기사를 읽게 되었다. 이를 읽고 순천만에 있는 갈대 군락이 탄소중립과 연관이 있을 것 같아서 이를 조사해보려고 하였다.

순천만은 람사르협약에 의해서 보호받고 있는 물새 보호지역이며, 다른 지역의 습지와 다른 특징이 많아 특별 보호구역으로 지정되어서 관리되고 있다. 순천만의 갈대 군락은 적조를 막는 정화 기능이 뛰어나며 순천만의 천연 하수 종말 처리장의 역할을 톡톡히 하고 있다고 한다[도서-김인철, 장채열 순천만(대원사), 2013].

적조 감소 현상은 해수로의 빛의 투과량을 증가시켜, 해조류의 성장을 촉진하고 이에 따라 해수의 이산화탄소 발생량을 감소시켜 탄소중립에 긍정적인 영향을 줄 것이다. 이런 적조 감소 효과에 갈대숲이 직접적으로 어떤 영향을 미치는지 생각해보았을 때, 적조와 같은 미생물이 좋아하는 하천의 부유퇴적물을 갈대 군락이 감소시켜준다고 생각했다. 이에 우리는 순천만의 갈대 군락이 부유퇴적물 감소에 얼마나 영향을 미치는 이를 순천만 탐사와 모형실험을 통해 알아보고 다른 지역의 만을 탐사하여 비교해 보며 알아보기로 하였다.

(2) 탐구목적

- 갯벌과 습지의 부유퇴적물과 환경적 특성 조사
- 부유퇴적물 탄소 감축의 연계성 알아보기
- 순천만 갈대 군락 식생 탐구 조사
- 갈대숲이 부유퇴적물 감소에 주는 영향 탐구
- 다른 지역의 만과 순천만 비교하기

2. 탐구 내용 및 방법

(1) 사전 자료 조사

- 순천만 습지 관련 도서 조사



- 해양생물 관련 도서 조사
- 순천만 습지의 연구논문 조사
- 습지의 관련 기사 조사

① 연구논문 및 자료 수집

순천만은 남해안 지역에 발달한 연안습지 중 하나로 갯벌에 펼쳐지는 갈대군락과 칠면초군락, S자형수로 등이 어우러져 있는 하구이며 순천만 내에 갈대와 칠면초로 이루어진 순천만습지는 주로 갈대군락이 우점종으로 생육하고 있다. 순천만의 습지는 빨썩이 깊고, 분해성 미생물이 다양하게 서식하여 유기물 분해능력이 뛰어나며 철새들에게 일시에 많은 양의 먹이를 공급할 수 있다. 또한 유기영양분의 양도 많아 한국에서 가장 질이 좋은 습지라는 평가를 받고 있으며 농게, 조개, 꼬막 등이 다량 서식하여 생산성이 높을 뿐만 아니라, 자연정화기능, 자연경관을 아름답게 하는 심미적기능 등이 뛰어나며 중요 자원으로 대두되고 있다 (순천대학교 지역개발연구, 1999).

순천만의 습지는 동천과 이사천이 만나는 하류지역의 하천 주변과 갯벌에 광대하게 펼쳐져 있다. 순천만 습지의 구성물질은 대부분 동천과 이사천으로부터 공급 받아 형성되었고, 갯벌이 지하 20m 이하에서도 발견되고 있는 것으로 보아 오랜 세월에 걸쳐 밀물과 썰물이 교차하면서 형성되었음을 알 수 있다. 또한 동천과 이사천의 직강화에 따른 유속의 증가로 인해 하구의 먼 지역까지 습지가 확대되었다. 순천만의 습지는 우리나라 갯벌 가운데 염습지가 남아있는 유일한 갯벌이어서 자연생태사 측면에서 높은 보존가치를 지닌다. 또한 이 일대에는 주로 갈대군락과 칠면초 군락이 우점종으로 자리잡고 있어, 많은 철새들의 서식지가 되어주며, 해마다 많은 관광객들이 갈대밭의 아름다운 광경을 보기 위해 순천만을 찾고 있다

순천만습지 홈페이지 <https://scbay.suncheon.go.kr/wetland/story/0006/0005/>.

순천만과 같은 강 하구역의 갯벌은 도시에서 버려진 모든 폐기물을 가장 먼저 받아들이는 곳으로, 마치 '자연정화조'처럼 생물학적인 기능이 탁월하여 인체의 공팔에 비유되기도 한다. 최근에는 습지의 보전이 매립과 개발보다 경제적으로나 생태학적으로 훨씬 더 많은 이득을 가져다준다는 사실이 밝혀지고 있다. 그래서 2006년 람사르 협약에 의해 순천만 습지는 보호지역으로 지정되었다 [도서-김인철, 장채열 순천만(대원사), 2013].

<표1> 순천만 갯벌 보호 구역 지정 현황

지정 현황	행정구역	면적	지정일	지정 고시
순천만 갯벌 습지 보호 지역	순천시 별량·해룡·도사동 일원	28km ²	2003년 12월 31일	해양수산부
보성·별교 갯벌 습지 보호 지역	보성군 호동·장양·영등 일원	10.3km ²	2003년 12월 31일	해양수산부
Suncheon Bay Ramsar Site	순천시, 보성군 연안 지역	38.3km ²	2006년 01월 20일	람사르 협약

육상과 바다의 경계인 해안 하구에서 갈대는 자연스럽게 군락을 이루어 수질 정화와 폐기물 처리, 부영양화를 억제하는 환경 정화 기능을 맡아왔다. 그러나 지나친 하구역의 개발로 다른 지역의 갈대 군락은 이미 많이 훼손된 반면, 순천만의 갈대 군락은 오히려 확장되고 있다.

대표적인 바다 오염 현상인 적조 현상이 순천만에서는 아직까지 나타나지 않은 이유는 넓은 갈대 숲 때문이다. 갈대의 뿌리에서 영양염류를 흡수하고, 퇴적물 속 미생물이 질산염을 대기 중의 질소로 바꾸는 탈질(脫窒)작용을 하는 등 다양한 생물적 여과 기능을 수행한다.

갈대는 천연의 하수종말처리장 역할을 톡톡히 하고 있으며, 해일과 홍수 조절의 기능도 가지고 있다.

또한 물새들에게는 찬 바람을 막아주고 안정감을 주는 휴식공간으로 이용되기도 하고, 갯벌 저서생물과 어패류의 서식 환경을 보호하는 역할도 한다[도서-김인철, 장채열 순천만(대원사), 2013].

② 갯벌과 습지 생태계의 환경적 특성 조사

순천만 습지의 경우 1991년 홍수조절을 목적으로 건설된 주암조절지댐의 영향으로 1960년대까지 나타났던 퇴적환경이 전면적 변화를 경험하였다. 즉, 댐 건설 이전에는 봄철에 주기적으로 발생했던 1800~2800m³/sec 유량의 홍수와 범람(freshet)으로 인하여 조류에 의한 미립질 퇴적현상이 큰 힘을 발휘하지 못하였으나, 댐 건설 이후 유량이 조절되고 범람 현상이 중단되자 조립질 퇴적물이 퇴적되고, 수로 양안의 고도가 높아지면서 식생이 정착하였으며(박의준, 2000) 그 후에 다년간의 위성 영상을 보면 습지의 면적이 꾸준히 증가하는 추세를 보여주고 있다(조기운, 2009).

습지는 육상부에서 흘러 온 빗물이 모여, 더 큰 강에 도달하기 전이나 강 중상류로부터 흘러 온 하천수가 바닷물과 만나기 전에 부유물질을 차단하는 중요한 여과 능력을 가진다. 부유 물질의 농도가 높은 물이 강을 통해 습지로 유입될 때, 습지 가장자리에 밀생하는 식생이 유속을 떨어뜨려 여러 가지 부유물질을 퇴적시킨다. 갈대나 부들과 같은 식생으로 덮인 온대 지역에서는 최대 95퍼센트 정도의 수중 부유물질이 제거된다. 생화학적으로는 탈질 작용처럼 혐기성 또는 호기성미생물의 작용과 기타 화학적 침전 작용이 있어 특정 화학 물질을 물에서 제거하기도 한다.

습지를 구성하는 식물 뿌리는 토사를 붙잡아 고정하고, 줄기나 잎은 파랑 에너지를 흡수하며 강한 유속을 약화시킨다. 특히 연안 습지가 토사를 고정시키면 자연히 지반이 상승되기 때문에 최근 지구 온난화에 따라 해수면이 상승함으로써 일어나는 피해에 대한 효과적인 대비책으로 알려지고 있다.

또한 갯벌이나 염습지 식생, 기타 내륙 습지는 기후를 조절하는 기능을 가지는데 지역에 따라 그 면적이 방대하면 국지적으로 대기의 온도와 습도를 조절한다[홍재상 '한국의 갯벌' 대원사 1998].

③ 순천만 습지 생태계의 대표 생물종 조사

1) 순천만 희귀 조류 목록 일부

No.	종명	M.E	IUCN[참고문헌]
1	노랑부리백로	●	VU
2	황새	●	EN
3	저어새	●	EN
4	흰꼬리수리	●	
5	매	●	
6	청다리도요사촌	●	EN
7	흑두루미	◻	VU
8	마도요	◻	NT
9	시베리아흰두루미	◻	CR

IUCN:IUCN 적색목록종(CR:심각한 멸종 위기종 Critically endangered species,
EN:멸종 위기종 endangered,VU:취약종 vulnerable, NT:멸종 우려 근접종 Near threatened)
M.E:환경부 지정 멸종 위기종(●: 1급, □: 2급)

2) 순천만 염생식물 목록 일부

No.	과명	국명
1	명아주과 <i>Chenopodiaceae</i>	칠면초
2		통통마디
3		해홍나물
4	벼과 <i>Gramineae</i>	갈대
5		모새달

3) 순천만 대표 생물목록 일부

비단짱뚱어 	붉은발말뚝게 	칠게 	갯게 
큰벚말뚝망둥어 	농게 	꽃게 	갯지렁이 
흰발농게 	도둑게 	말뚝게 	

④ 갯벌과 습지의 부유퇴적물 조사

연안에 집적되는 퇴적물은 물질 순환과정 속에서 인위적 영향에 의해 특정 물질 양이 많아지거나, 수층 하부의 퇴적층까지 환경변화를 가져오기도 한다. 이들 물질들은 물리·화학·생물학적 작용에 의한 자정능력을 초과하면 심각한 환경오염을 일으키며, 수중 환경뿐만 아니라 전 지구적인 환경변화를 가져온다(오강호, 2002; 오강호 등, 2003; 윤석태 등, 2012; Alloway et al., 1988; Saloomons and Forstner, 1984; Munendra et al., 2002).

부유퇴적물이라는 것은 물에 용해되지 않으면서 입자 지름이 2mm 이하인 물속에서 부유하고 있는 물질을 총칭한다. 그 중 0.45 μ m보다 작은 입자는 용존태 라고 하고, 큰 입자는 입자태 라고 한다.

순천만의 퇴적물의 주 구성 퇴적물은 실트와 점토로 나타났으며, 평균 입경 공간분포는 0.23 ~ 11.54 ϕ 범위로 나타났고, 평균입경은 8.39 ϕ 로 분석되었으며 수로에서 사질 분포를 보이고 있다 [순천만습지의 유동 및 퇴적환경 특성, 전남대학교 대학원 신기홍, 2012.02].

⑤ 부유퇴적물과 탄소감축 연계성 조사

2009년 세계자연보전연맹(IUCN) 보고서에서 열대 해양 식생 숲에 주목하며 등장한 블루 카본 개념은 2013년 기후 변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC)에서 갈대나 칠면초 등 염습지, 해양에서 자라는 나무인 맹그로브, 해초인 잘피가 탄소 감축원으로 인정되며 주목받았다. 삼면이 바다인 한국도 블루 카본의 보고라고 할 수 있다. [(‘환경비즈니스’ 제1385호와 국내 유일 ESG 전문 매거진 ‘환경ESG’ 6월 호에 게재된 기사)김중성 서울대 교수팀이 2017~2020년까지 수행한 연구에 따르면 약 2500km²로 세계 5대 갯벌인 한국의 갯벌은 약 1300만 톤의 탄소를 저장할 수 있고 매년 자동차 11만 대가 배출하는 26만 톤의 이산화탄소를 흡수한다고 보고되었다.

[출처:현대해양(<http://www.hdhy.co.kr>) 정상원 기자 승인 2021.07.07]

한국의 갯벌은 식물이 살지 않는 갯벌(비식생 갯벌)과 갈대 등 염생 식물이 사는 갯벌(염습지)로 구분된다. 가장 주목받는 것은 갯벌 표면에 사는 저서미세조류다. 이 조류가 광합성을 통해 이산화탄소를 흡수하고 장기간 퇴적 작용을 통해 퇴적물 내로 격리되며 탄소를 저장해 준다.

식물의 탄소 흡수량을 단위 면적과 단위 시간당 흡수되는 양으로 표현하는데, 이를 흡수 계수라고 한다. 기후 변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC)에 따르면 흡수 계수는 잘피가 0.4, 맹그로브는 1.62, 염습지는 0.91 정도가 나온다. 비식생 갯벌은 0.2에서 0.54 정도로 산출된다. 한국의 비식생 갯벌은 전체 2500km² 정도 되고 30~40km²는 염생 식물이 발달한 염습지, 10km²는 잘피림이다. 비식생 갯벌은 면적이 매우 넓기 때문에 총흡수량도 많다. 이 비식생 갯벌에는 저서미세조류가 사는데 광합성을 하는 단세포 식물이다. 이 식물들이 광합성으로 탄소를 흡수해 고정하는 역할을 하고 이 유기물 덩어리들이 사체가 되면 퇴적물로 쌓여 탄소가 침적돼 격리되는 구조다.

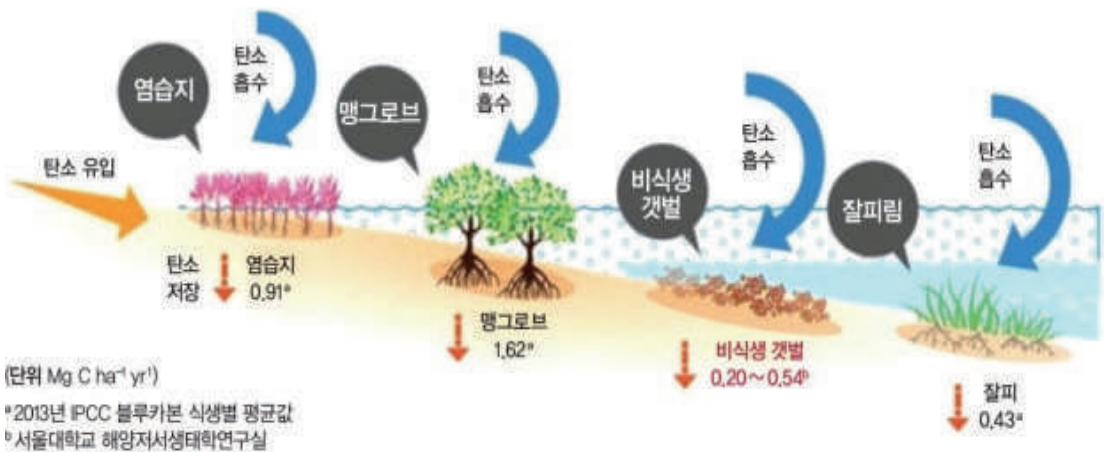
탄소 격리는 광합성을 통한 흡수와 퇴적을 통한 침적 등 두 가지로 나뉜다. 저서미세조류는 오래 살

지 않고 나오는 바이오매스 양도 적지만 생산하고 죽으면서 침적돼 탄소가 장기간 격리되는 효과를 준다. 이 흡수와 퇴적 2가지를 합쳤을 때 총탄소 저장량이 계산되는데, 저서미세조류는 광합성 흡수량은 적지만 침적량이 많아 탄소 저장량이 많다. 실제 갯벌 퇴적물을 보면 갈색이나 녹색을 띠는데 그것이 바로 미세조류다. 맹그로브는 나무가 굵고 크기 때문에 광합성 양이 많지만 염습지를 이루는 갈대 같은 염생 식물도 광합성 양은 많지 않아도 침적이 많이 되는 것이 인정되고 있다. 비식생 갯벌 연구는 저서미세조류에 의한 탄소 침적량을 탄소 감축원으로 인정받는 것이 중요한 셈이다.

동일 면적이라면 바다 식생이 삼림보다 흡수량이 2배 이상 높은 것으로 볼 수 있다. 같은 면적에 한쪽은 나무 한 그루, 한쪽은 갈대나 칠면초를 식생한다고 했을 때, 염생 식물의 밀도를 뽁뽁하게 하면 삼림보다 더 많은 양을 심을 수 있다. 또 삼림은 조성하는 데 10년 이상의 시간이 걸리지만 갈대는 다 자라는 데 1년 정도밖에 걸리지 않는 데다 죽으면 쌓이고 침적돼 탄소를 지속적으로 격리하는 효과가 있다. 기본적으로 갈대 식재 비용(6만원)이 나무 한 그루(약 110만원)보다 매우 저렴해 경제성이 뛰어나다. 또 삼림은 나이가 들수록 탄소 흡수량이 낮아지지만 바다 생태계는 그렇지 않다. 관리 면에서도 바다 식생은 거의 관리 비용이 들지 않는다. 갈대는 올해 심으면 다음 해 바로 뽁뽁하게 조성되기 때문에 시간적으로도 매우 유리하다고 볼 수 있다.

(한경비즈니스' 제1385호와 국내 유일 ESG 전문 매거진 '한경ESG' 6월호에 게재된 기사)

탄소흡수원으로서 비식생 갯벌의 역할



자료 서울대학교 해양저서생태학연구실

(2) 방법

• 탐구일정

- 6월 자료수집 및 조사
- 7월 순천만 습지 답사 및 순천만 자연생태연구소 견학
- 8월 순천만, 사천, 고흥갯벌 퇴적물 채취 후, 함수율, 유기물, 산취발성 황화물 실험진행
- 9월 갈대군락의 부유퇴적물 감소효과와 관련하여 감소효과 모형실험
- 10월 순천 왕의중에서 해양보호캠페인 진행

① 순천만/ 사천/ 고흥 갈대 군락 탐구조사


1) 순천만습지

모새달		모새달은 갈대보다 길이가 길고, 습지에서 더 먼 거리에서 자란다. 꽃이 피기 전이라 갈대와 모새달을 구분하기 힘들 정도로 갈대와 흡사하게 생겼지만, 모새달이 잎이 조금 더 뾰뚱하고, 갈대보다 키가 약간 작다.
갈대		꽃이 피기 전이라 갈대와 모새달을 구분하기 힘들 정도로 모새달과 흡사하게 생겼지만, 갈대가 잎이 조금 더 부드럽고, 모새달보다 키가 약간 크다. 순천만에서는 갈대 군락이 모새달 군락보다 더 크다.
칠면초		칠면초는 개화시기가 8,9월으로 순천만에서는 8월말, 9월초에 피기 때문에 견학 시 관찰할 수는 없었지만, 습지의 가장 가까운 곳에서 피며 순천만에 군락이 크게 자리하고 있다.

2) 사천 동대만

통통마디		줄기의 높이는 15-35cm 가량이다. 줄기는 마디가 많고, 가지는 마주나며 원기둥 모양으로 살이 많은데, 처음에는 짙은 녹색이었다가 가을이 되면 홍적색으로 변한다고 한다.
갯잔디		바닷물이 들어오는 지역에서 무리를 지어 자라고 있다. 육상에서 자라는 잔디와 마찬가지로 한 가지가 땅속에 뿌리를 내려 자란다.
잘피		물 속에서 자라며, 이산화탄소를 흡수하며, 광합성 작용을 통해 해양생물의 호흡에 필요한 산소를 생산하여 공급한다는 점에서 매우 이로운 생물이다.

3) 고흥 특량

없음		주변에 양식장으로 인해 식생식물을 관찰할 수 없었음.
----	---	-------------------------------

② 순천만 자연생태연구소 소장님과 시설건축 및 인터뷰 (주요질문)

Q1. 우리나라의 연안 무인도서(바다로 둘러싸여 밀물이 가장 높은 해면까지 꼭 차게 들어오는 현상 때에 해수면 위로 드러나는 자연적으로 형성된 땅)를 중심으로 바다숲을 조성한다는 내용의 기사를 본 적이 있는데 조성효과를 높이기 위해 우리가 연구하는 갈대를 식생하게 하는 것도 좋은 방법이 되나요? 아니라면 혹은, 어떻게 조성을 하는 것이 조성 효과를 높이는 것인가요?

→ 무인도서에 바다숲을 조성하려면 해조류나 염생식물로 숲을 조성해야 한다. 하지만 사건으로 갈대 서식지를 확장해서 바다숲을 조성하는 것보다는 기존의 갈대를 보전하고 보호하는 것이 더 좋은 방법이라고 본다. 왜냐면 순천만의 경우 문화재보호구역(순천만갈대밭) 밖의 습지는 주민들의 일터 및 어업활동(꼬막, 새꼬막, 가리맛, 짬뽕어 및 어류 판매)이 되기 때문에 반발이 있을 수 있다.

Q2. 우리나라의 타연안습지와 순천만습지의 차별점은 무엇인가요? 우리의 연구과제인 사천습지와 고흥습지로 비교해주시면 좋겠습니다.

→ 사천의 갯벌은 조개껍데기가 널리 분포하고, 모래와 자갈로 주로 이루어진 거친 갯벌이다. 고흥갯벌은 사천과 비슷하지만 사천보다는 부드럽다. 순천만은 미세한 부드러운 입자와 갈대가 널리 분포해 있고, 조류의 영향을 많이 받는다.

Q3. 우리나라 갯벌이 연간 승용차 11만 대가 내뿜는 온실가스를 흡수한다는 연구 결과가 나왔습니다. 이는 그간 국제사회에서 연안습지 중 블루카본으로 주목받지 못한 갯벌의 이산화탄소 흡수 잠재량을 국가 차원에서 전국적으로 조사한 세계 최초의 연구라고 들었습니다. 순천에서도 블루카본에 대한 연구가 이루어지고 있나요? 그러한 연구들은 어떻게 이루어지나요?

→ 순천만에서는 아직까지 이루어지지 않고 있다. 올해부터는 공모사업을 신청하여 블루카본에 대해 연구할 계획이다.

Q4. 우리나라 한반도의 연안 해수면은 매년 3.12mm 상승하고 있고, 현재의 온실가스 배출 추세로는 2100년까지 73cm 증가할 것이라고 합니다. 해수면 상승과 순천의 순천만 습지는 연관성이 높을 것 같은데요. 순천만 습지를 지키기 위해 우리가 생활에서 실천해야 할 것은 무엇인가요?

→ 현재 갯벌 식생 조림산업을 추진하고 있다. 갯벌 식생 조림사업이란, 조간대의 갯벌의 기울기에 따

른 식물들의 육상화와 식생에 맞게 칠면초, 갈대, 모새달을 재배치하는 것이다. 과거에는 나무심기로 그린카본을 중요하게 생각하였으나, 블루카본이 그린카본보다 50배 더 효과가 좋다는 연구결과가 나와 현재는 블루카본이 중요시되고 있다. 우리가 실생활에서 실천해야 할 것은 플라스틱을 사용하지 않는 것과 가까운 곳은 걸어다니는 기본적인 것들이다.

③ 순천만/ 사천/ 고흥 퇴적물 실험



- 준비물 준비 및 토양 채취 : 직경 10cm, 높이 13cm의 퇴적물 통 준비, 별량면 학산리 125-19(장산마을), 사천 동대만(남해군 창선면 동대리 482-8), 고흥군 득량갯벌에서 퇴적물 채취

1) 현미경으로 퇴적물 관찰



관찰시 매우 질퍽질퍽해 보였고, 작은 구멍들이 많이 존재하고 있었다.

떠온 갯벌 흙을 관찰해보니 갯지렁이가 있어 관찰해보았다. 갯지렁이에 뽕이 많이 묻어 물로 세척 후 관찰해보았다.

작은 다리와 더듬이, 그리고 마디로 된 몸을 관찰할 수 있었다.

2) 함수율과 유기물의 양 실험방법

- 도가니 무게를 잰 후, 도가니에 퇴적물을 넣고 무게를 측정한다.
- 110°C에서 8시간 동안 건조시킨 후 무게를 정량하고

$$\text{함수율 (\%)} = \frac{\text{건중량 (g)}}{\text{습중량 (g)}} \times 100$$

- 550°C에서 5시간 동안 태운 후 무게를 정량하고

$$\text{유기물함량 (\%)} = \frac{\text{가열 전 시료무게 (g)} - \text{가열 후 시료무게 (g)}}{\text{가열 전 시료무게 (g)}} \times 100$$

3) 산취발성 황화물(Acid Volatile Sulfide, AVS) 구하기 실험방법

- 황화수소 반응관에 퇴적물을 넣는다.
- 퇴적물이 삽입된 반응관 내부공기를 펌프로 빼내어 음압을 생기게 해서, 반응관 내부로 황산을 첨가한다.
- 황산으로 인해 산화된 유기물이 기체로 바뀌어 빠져나가며 황화수소 반응관의 갈색으로 변하는 검지관 눈금을 읽는다.


$$\text{황화물량 (mg S/g.dry)} = \frac{\text{검지관 눈금}}{(\text{시료의 무게 (g)} \times \frac{(100 - \text{함수율 (\%)})}{100})}$$

'22. 7. 순천만 장산갯벌 퇴적물 실험결과




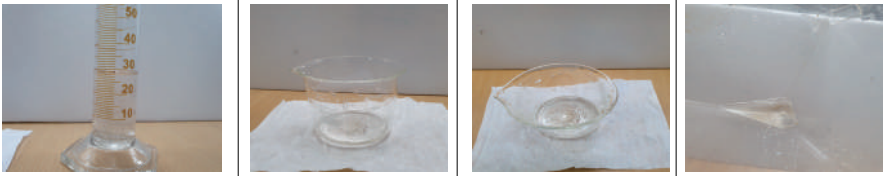
	함수율(%)	유기물(%)	AVS(mgS/g-dry)
순천만 장산갯벌 1	38.36	6.12	0.0076
순천만 장산갯벌 2	38.25	5.72	-
동대만 1	34.88	4.13	-
동대만 2	21.42	2.61	0.0052
득량 1	25.87	3.46	
득량 2	26.25	3.55	-
득량 3	22.45	3.24	0.0205

4) 갈대군락의 부유퇴적물 감소효과 모형실험

- 파를 준비하고 파의 윗부분을 잘라준다.
- 두부판 4개의 바닥에 자갈을 깔아주고 각각 자갈+파 20개, 모래+파 20개, 배양토+파 20개, 모래와 배양토+파 20개를 넣어준다.
- 윗부분을 자른 파를 두부판에 20개씩 심어준다.
- 그 위에 물을 각각 500ml씩 준다.
- 뿌리가 자리잡을 때까지(약 2주)동안 키운다.
- 뿌리가 자리잡으면, 각 판 아래에 비닐과 수조를 설치한다.
- 각 판에 밀가루를 섞은 2L의 물을 넣고, 일정 시간동안 관찰하며 흘러나온 물의 양과 탁도를 비교한다.

	2주 전	2주 후
자갈판		
모래판		
배양토판		
배양토+모래판		
뿌리가 없는 파+배양토판		

파를 2주동안 키운 결과 대다수의 파가 잘 자랐으나 뿌리가 없이 심은 파의 경우 모두 죽었다. 그래서 실험을 뿌리가 없이 심은 파를 제외하고 진행하였다.

		모형실험 결과			
자갈판					
	<p>걸러진 물의 양: 474ml/2000ml 관찰사항: 물의 탁도가 가장 탁하고 물이 가장 빨리 걸러진다. 작은 입자가 함께 나왔다. 즉 부유물 거름효과가 가장 나쁘다.</p>				
모래판					
	<p>걸러진 물의 양: 151ml/2000ml 관찰사항: 물의 탁도가 2번째로 탁하고 물이 2번째로 빨리 걸러진다. 작은 입자와 더 작은 입자가 모두 관찰된다. 즉 부유물 거름효과가 2번째로 나쁘다.</p>				
배양토판					
	<p>걸러진 물의 양: 19ml/2000ml 관찰사항: 물의 탁도가 가장 맑고 물이 가장 늦게 걸러진다. 아주 작은 입자가 소량 관찰된다. 즉 부유물 거름효과가 가장 좋다.</p>				
배양토 + 모래판					
	<p>걸러진 물의 양: 29ml/2000ml 관찰사항: 물의 탁도가 3번째로 탁하고 물이 느리게 걸러진다. 작은 입자가 많이 관찰된다. 즉 부유물 거름효과가 3번째로 나쁘다.</p>				

5) 응용활동

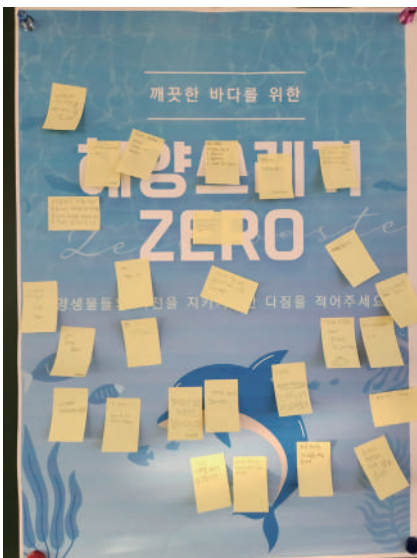
순천만 습지에 있는 갈대의 블루카본적 가치에 대해 실험하고 알게된 내용들을 토대로 순천만이 가지는 환경적 가치를 주변 사람들에게 알리고 싶어서 캠페인 포스터를 만들게 되었다. 그리고 학교 과학시간을 통하여 캠페인 홍보활동을 해보았다.



▶ 캠페인 포스터 제작



▶ 캠페인 진행 모습



▶ 학생들이 제시한 해양 쓰레기 zero 운동 (순천만 보호 캠페인)

- 가까운 거리는 걸어다니기
- 쓰레기 분리수거 잘하기(버리지 않기)
- 일회용품 사용 줄이기
- 텀블러 사용하기
- 에코백 사용하기
- 불을 잘 끄고 다니기

3. 탐구의 기대효과

- 탐구를 시작하기 전 이론조사를 하면서 블루카본에 대해 알게 되었을 때, 순천만에 서식하고 있는 갈대와 염습지가 블루카본과 관련이 있을지 고민과 기대가 컸다. 실제로 탐구를 진행하며 블루카본의 개념이 이산화탄소를 해양식물이 흡수한다는 것을 알게 되면서 순천만에 서식하는 갈대군락이 해양식물에 해당할 수 있을지도 의심이 들었다. 하지만 탐구를 진행하면서 갯벌에 서식하고 있는 여러 미세조류 등과 염생식물이 퇴적작용을 통해 이산화탄소를 격리하는 효과를 가진다는 것을 알게 되었다.

순천만, 동대만, 득량만을 직접 가봤을 때 순천만 습지 부지가 동대만이나 득량만보다 더 넓었고 보이는 식물의 양도 순천만이 동대만이나 득량만보다 더 많았다. 특히 득량만은 계와 같은 동물은 보이지만 식물이 거의 존재하지 않았다. 동대만은 순천만과 비슷하게 식물이 많은 편이었다.

퇴적물을 비교했을 때 순천만 갯벌의 함수율이 약 38%, 동대만이 약 28%, 득량만이 약 25%로 순천만이 함수율이 가장 높았다. 이것은 세립질 입자인 실트와 점토로 구성이 되어 있어 물의 투수율, 공극률이 낮아서 이렇게 측정되었다고 볼 수 있다. 즉 자갈과 같은 큰 입자는 공극이 커서 필터로서 효율이 떨어지지만 실트와 점토와 같은 세립질 퇴적물로 구성된 갯벌일수록 필터로서 효율이 좋다고 볼 수 있다.

유기물의 양을 비교했을 때, 순천만 갯벌의 유기물은 약 6%, 동대만이 약 3%, 득량만이 약 3%로 순천만의 갯벌에 포함된 유기물의 양이 더 많은 것을 볼 수 있다. 이는 여과가 천천히 일어나며 여러 유기입자들이 걸러지는 효과에 의해 나타난 결과라고 추측해 볼 수 있다. 하지만 그 안에 유기오염 물질이 포함되어 있을 수 있으므로 AVS 함량을 비교해보았다.

AVS 함량을 비교했을 때 순천만은 0.0076mgS/g-dry, 동대만은 0.0052mgS/g-dry, 득량만은 0.0205mgS/g-dry로 측정되었다. 조립한 퇴적물은 함수율이 낮아 유기물이 쌓이기에 시간적으로 부족하다. 함수율과 함께 비교하였을 때 함수율이 높은 순천만의 경우 함수율이 높아 유기물이 갯벌내에 포집되기 더 쉬운 구조였을 것이라 생각된다. 단 동대만의 경우 함수율이 순천만과 득량만의 중간값이지만, 유기물의 양은 득량만과 비슷하였다. 이는 동대만이 순천만과 비교해 세립질과 조립질의 퇴적물 구성 중 조립질 퇴적물의 구성비가 좀 더 높아 순천만에 비해 함수율이 낮고 유기물이 더 적게 함유되어 있는 것으로 생각된다. 득량만은 순천만보다 더 세립질의 퇴적물이 많고 함수율이 낮아 높은 AVS 수치가 나타난 것으로 생각된다. 종합적으로 생각해 보았을 때, 순천만은 조립질의 퇴적물이 세립질 퇴적물의 양보다 더 많고, 함수율이 높으며, 갈대 및 갯벌지대가 넓어 유기물질의 퇴적과 순환이 잘 이루어 졌을 것이라 생각된다.

이를 통해 순천만은 유기물 함량은 높지만 AVS 농도가 낮으므로 유기물에 유기오염물질이 많지 않다는 것을 알 수 있다. 이에 비해 득량만은 유기물 함량이 낮으나 AVS 농도가 높으므로 유기물에 포함된 유기오염 물질이 많다는 것을 알 수 있다. 동대만은 유기물의 함량은 낮은 편이지만 AVS 농도가 낮으므로 유

기물의 유기오염 물질이 많지 않다는 것을 알 수 있다. 즉 동대만의 경우 순천만에 비해 여과 효과가 적다는 것을 의미한다.

각 지역의 갯벌이 이런 차이를 보이는 이유로 순천만 갈대군락의 효과라고 추측된다. 다른 갯벌지역에 비해 실제 관측해 보았을 때 갈대군락의 존재여부가 확연히 확인될 수 있었고, 부수적으로 다양한 염생식물의 존재도 순천만의 습지에서 더 많이 관찰되었다. 이런 갈대군락 및 염생식물이 물 속의 부유물 여과효과가 크고, 식물의 존재로 인해 퇴적물의 양상도 다르게 나타나는 것이라 생각된다. 이에 따라 순천만이 다른 지역에 비해 함수율이 높고 유기물의 함량이 크게 나타난 것으로 생각된다. 갯벌과 갈대군락은 유기물을 퇴적시켜 유기물에 포함된 이산화탄소를 격리시키며, 특히 유기오염 물질을 바다로 보내지 않고 침전시켜 자연정화효과를 내도록 한다고 생각된다. 즉 순천만 갈대군락이 매우 넓고 크게 발달해 있으므로, 부유 유기물질의 침전, 여과효과를 통한 갯벌의 유기물 포함량이 매우 높을 것이라는 추론이 가능하다. 또한 갈대군락이 이런 유기물질을 영양분으로서 사용하며, 광합성을 통해 1차 생산을 하고, 이산화탄소를 소비하며, 뿌리가 갯벌에 잘 뻗어있어 호기성 환경을 유도해 퇴적물을 자연적 무기물로 환원시켜 토양의 질을 좋게 만들어 선순환이 이루어지도록 유도하는 것이다. 결국 공기 및 여러 요인으로 발생할 수 있는 이산화탄소 및 탄소화합물을 침전시켜 바다 및 토양에 저장하는 효과를 가져 순천만 갈대군락과 갯벌은 자연적 균형이 잘 이루어져 있어 블루카본으로서 큰 가치가 있다고 생각된다.

갈대군락을 모형화한 파와 인위적으로 조성한 다양한 퇴적물을 이용한 실험에서 알 수 있는 점은 첫째 뿌리가 없는 경우에 식물의 성장이 저하되고 이에 따라 여과 효과 역시 기대해보기 힘들다는 것이다. 모래와 배양토를 섞어 구성된 퇴적물의 조성과 식물이 거의 없는 환경조건을 비교하여 생각해 보았을 때 뿌리가 없는 파의 환경은 세립질의 퇴적물이 많았던 득량과 비슷하다고 생각한다.

두 번째 뿌리가 있는 경우에 흙판의 입자의 크기에 따라 여과효과가 달라지는 것을 볼 수 있었다. 여과 효과는 입자의 크기가 작을수록 좋았고, 물이 흘러나오는 빠르기 역시 가장 느렸다. 즉 함수율은 퇴적물의 입자의 크기가 작을수록 높아지고, 유기물의 함량 역시 입자의 크기가 작을수록 높아진다는 것을 의미한다. 그러므로 뿌리가 있는 파와 흙의 입자가 가장 작은 배양토의 조합이 순천만 갯벌을 의미한다고 볼 수 있다. 현미경으로 순천만의 갯벌 흙을 관찰해보았을 때 흙의 입자가 매우 작은 것을 볼 수 있었는데, 배양토의 입자보다도 갯벌 흙의 입자 크기가 더 작으므로 순천만 갯벌은 우리가 모형실험에서 본 것보다도 더 여과효과가 클 것임을 짐작해볼 수 있다. 그리고 이를 통한 유기물 퇴적효과가 커져 이산화탄소 제거 효과가 있을 것임을 기대해 볼 수 있다.

4. 탐구를 진행하면서 알게 된 점과 어려운 점

(1) 알게 된 점

- 순천만과 동대만 조간대 퇴적물의 차이점은 퇴적물 구성물질에서 차이를 보인다. 참고자료를 토대로 보았을 때 순천만 퇴적물은 주로 실트와 점토가 우세한 잔류퇴적물을 나타내고 있으나, 동대만 퇴적물은 주로 모래가 우점하고 있다. 그래서 순천만은 실트와 점토로 우점되어 있어 함수율이 높고, AVS가 동대만보다는 높게 나온 것을 보아 모래가 우점하고 있을 때 AVS가 낮게 나온다는 것을 알 수 있었다. 산취발성 황화물(Acid volatile sulfide : AVS)은 황산을 퇴적물에 가했을 때 황화수소 가스가 얼마나 나오느냐에 따른 것인데, 우리나라에는 아직까지 기준이 없다. 그래서 일본기준을 가지고 이야기해보자면, 일본 수산생물 보호를 위해 설정된 AVS 기준 농도가 0.2mgS/g-dry이고, 순천만, 동대만, 득량만에서 측정한 값이 이 기준을 초과하지 않아 오염이 되지 않은 것으로 판단된다. 단 득량만에서 가장 높은 수치를 기록하였다. 득량만은 동대만과 비슷한 모래성분을 함유하고 있었으며, 유기물량은 동대만보다 높게 나타났다. 3곳 중 가장 AVS(황화수소 양)이 높게 나오기는 했으나 기준치(0.2)보다는 10배 낮게 나타나는 것으로 봐서 청정조간대이다.
- 순천만과 동대만, 득량만의 차이는 식물의 서식정도로 비교해볼 수 있을 것이다. 순천만의 경우 갈대 군락이 있거나 염생식물이 많은 지역은 비교적 배양토와 비슷한 토질이 보였고, 갯벌 쪽은 좀 더 입자가 고운 실트질로 보였다. 그에 비해 동대만은 식물이 자라는 쪽에 토질이 배양토와 비슷하긴 했지만 수분기가 더 적은 것이 눈으로 보였다. 그리고 갯벌 쪽으로 갈수록 입자가 고운 실트질이 많아지는 게 보였다. 그에 비해 득량만은 모래와 자갈이 많아 식물이 많지 않은 것으로 보였다. 그리고 사람이 오가는 길과 가까워 식물이 더 자라기 힘들어 보였다. 이러한 토질의 차이가 각 갯벌의 식물 분포를 다르게 만들어 순천만은 모새달, 갈대, 칠면초 군락이 있었고 동대만은 갯잔디, 통통마디, 잘피를 관찰할 수 있었다. 득량만의 경우는 식물들을 관찰할 수 없었는데, 이에 따른 블루카본의 양도 다르게 나타날 것이다. 습지의 염생식물들이 AVS의 수치에서 확인한 바와 같이 생물학적 여과 기능을 수행한다고 생각한다.

(2) 어려운 점, 개선할 점

- 사천 동대만 갯벌의 샘플을 채취할 때 표면의 흙을 쓸어 담지 않고, 한 지점의 표면을 채취한 뒤 그곳을 더 깊게 파고 들어가 채취하였다. 그래서 결과에서 예상했던 함수율에 비해 결과로 나온 함수율이 더 높았다. 채취해 온 갯벌 흙에서 포함되어 있던 물이 빠져나오는 것도 볼 수 있었다. 같은 장소에서 채취한 흙의 함수율 값이 다르게 나타났다. 채취하는 방법이 결과 값에 영향을 미치는 점에서 실험을 할 때는 변인통제가 중요함을 알게 되었다.
- 갈대군락 모형실험을 위하여 많은 고민을 하였다. 실제 순천만 습지를 모형으로 흉내내기가 너무

어려웠고 갈대를 직접 키우지 못해 구하기 쉽고 비슷하 외떡잎 식물인 파로 재료를 선정하여 진행하였다.

- 뿌리가 없는 파 역시 2주 동안 키우면 약간의 변화라도 있을 것이라고 기대했는데 2주 동안 파가 말라 죽어버려서 부유 퇴적물 실험을 해보지 못했다. 하지만 다른 뿌리가 있는 파들과 흙의 종류에 따른 여과 정도 비교의 실험은 비교적 유의미하게 결과가 나왔다.
- 갈대 밀도와 부유퇴적물의 감소를 좀 더 정교하게 실험하려면 퇴적물을 똑같이 조성하고 파의 밀도를 다르게 하여 추가 실험하면 좋을 것이다. 예로 들면, 여과액에서 부유물이 일부 관찰된 모래+배양토 조성에서 파를 심지 않은 것과 파를 10여개 정도 심은 것, 파를 30여개 정도 심은 것에서 유기물의 양을 비교했다더라면 좀 더 정교한 실험결과가 나왔을 것이라 생각된다.
- 순천만 보호 캠페인 활동을 교내 활동으로만 진행하였는데, 순천만 자연생태 연구소와 연결하여 순천 전 지역에서 캠페인 활동으로 하면 좋겠다. 그리고 내년에 있는 순천 방문의 해 때 순천만을 탄소중립과 연관시켜 더 홍보하면 좋을 것 같다.

5. 참고자료

- 신기홍 『순천만습지의 유동 및 퇴적환경 특성』, 2012 P.1,2,39
- 김인철, 장채열(2013) 『순천만』(주) 대원사 2013 P.27~32
- [순천만습지홈페이지<https://scbay.suncheon.go.kr/wetland/story/0006/0005/>]
- 홍재상 『한국의 갯벌』(주)대원사 1998
- 고영구, 오강호, 윤석태, 박성남, 차성식, 김해경 『순천만과 보성별교 연안습지 표층퇴적물의 지화학적 특성』 2016 P.2~3
- 정상원 『새로운 탄소 흡수원으로 주목받는 ‘갯벌’환경비즈니스, 6월호
- 홍문기 『담도 유입,염도,수위가 염습지의 갈대 생육에 미치는 영향』 2015
- 이연규, 김신, 이해원, 민병미 『순천만 갈대군락의 면적 증가와 저토의 이화학적 특성』 2008
- 공병욱 『순천만 생태환경의 지속적인 보전을 위한 생물학적 요소들의 이화학적 특성에 관한 연구』 2017

바다의 보물 미역을 이용해 플라스틱 대체 가능한 친환경 소재 만들기



팀명

서울 Sea 물주먹

학생명

곽나연, 곽도리, 정다인, 천유진

지도교사명

김지혜

학교

동국대학교사범대학부속여자중학교

1. 탐구 동기 및 목적

○ 탐구 동기

2022년 오늘날 거의 대부분의 사람들은 지구온난화 및 환경 파괴에 대해 흔히 듣고 살아간다. 지난 100년간의 산업혁명으로 인해 인류문명은 급격한 기술적 발전을 이뤄내면서 배출하는 이산화탄소와 유해물질로 인해 지구 기온은 1도 이상이 올라갔다.

태평양에는 한반도 크기의 16배 이상에 달하는 거대한 쓰레기 섬이 떠다니며 생물들의 생명을 위협하고 있고, 겨울엔 전 세계 곳곳에서 대형 산불이 나 동물들이 수도 없이 죽어간다. 또한 여름엔 매년 폭우 수치를 기록적으로 갈아엎고 있다. 우리나라도 지난 8월 지구온난화로 인해 세력이 커진 집중 호우로 대한민국의 중심인 강남이 침수되었고 10명이 사망, 7명이 부상을 입었다. 기온 역시 기하급수적으로 상승하고 있다. 올해 2월 남극 세종기지의 최고기온은 13.9도로 역대 최고점을 찍었다는 점에서 심각성을 인지할 수 있을 것이다. 이런 상황이 지속된다면 지구 전체 기온 상승으로 인해 남극과 북극의 빙하가 녹아 해수면이 날이 갈수록 상승한다. 삶의 터전을 잃은 사람들은 기후 난민이 되어 정착없이 주거지를 찾아 떠돌아다니게 된다. 또한 더워지는 날씨로 인해 적도 부분을 시작으로 중위도-고위도 순으로 사막화가 진행 될 것이다. 환경파괴가 초래하는 재앙들은 심지어 바이러스라는 결과를 가져오기도 한다. 그 예로, 현재까지 사망자가 644만명에 달하는 21세기 최악의 전염병 코로나 바이러스도 지구온난화로 인해 적도 지방에서 서식하던 동물들이 때를 지어 중위도로 대이동을 하면서 면역체계가 없는 인간에게 짐승들의 균이 닿으면서 만들어진 병들이다. 이렇게 온도상승과 자연파괴, 또 이 2가지의 영향력은 인간이 더 이상 지구에 머무를 수 없을 정도로 날마다 심해지고 있다. 매일 동물 뿐만 아니라 사람들도 죽고, 다치고 있다.

하지만 그럼에도 불구하고 대부분의 사람들은 환경에 대해서 관심이 없다.

이들은 남극과 북극의 빙하가 녹은 건 알고 있지만, 여전히 그곳엔 거대한 얼음 덩어리들과 빙하가 무리지어 존재한다고 생각하고 믿고 있다. 그러나, 대충 심각성만 알지 실재론 환경을 지키는 행동들은 일상 속에서 사용하는 편리한 물건들의 뒤에 가려지기 마련이다. 사람들은 그 거대하던 극지방을 현재는 3-4일 동안 배를 타고 항해해도 빙하 보기가 아주 힘들다는 것은 모르는 것이 현실이다.

○ 탐구 목적

- 전 세계 곳곳에서 기온상승과 환경파괴가 미치는 영향과 그 실태를 알아본 후 우리는 사람들이 매일 수 억 개를 사용하는 플라스틱 일회용품부터 줄일 수 있는 방법을 찾아야겠다고 생각했다. 사람들은 지금까지 일회용품의 간편함이 얼마나 편한 것인지 이미 알고 있다. 따라서 일회용품을 완전히 줄이고자 노력하는 것은 매우 힘들 것이라고 예상했다. 일회용품의 편리성은 가지고 있으면서, 자연환경에 해를 끼치지 않는 소재는 무엇이 있을지, 에 초점을 맞춰 탐구를 진행하였다. 따라서 우리는 미역을 이용해 플라스틱 대체 가능한 친환경 소재를 만들기를 목적으로 삼고 미역과 다양한 소재를 결합해가며 최적의 친환경 소재를 만들기위한 탐구를 이어나갔다.

2. 탐구 내용 및 결과

○ 내용

우리팀은 미역을 이용해서 어떻게 플라스틱과 같은 친환경 재료를 만들 수 있는가? 에 대해서 탐구하였다. 그러기 위해서, 먼저 미역이 가지고 있는 특성과 성분에 대해서 알아 볼 필요가 있었다. 이렇게 하여 우리는 본격적인 자료조사와 실험을 하기 전, 불린 미역, 건조된 미역을 먼저 시각과 촉각, 후각으로 관찰하였다. 그 다음으로 우리는 미역을 이용하여 어떻게 친환경 소재를 만들 수 있을지에 대한 자료조사를 실시하였다. 미역의 섬유질인 셀룰로스는 세포벽과 세포간층을 구성하는 물질로서 개체에서 90% 이상으로 존재한다. 우리는 셀룰로스를 추출하여 친환경 물질의 세포벽을 구성하기로 계획했으며, 미역에서 셀룰로스를 추출하기 위해서는 ‘펄프화’라는 작업을 거쳐야 함을 알 수 있었다. 펄프화란 일반적으로, 식물 원료를 기계적 또는 화학적으로 처리하여 섬유(미역에서는 셀룰로스)를 얻는 과정이다. 펄프화를 하는 데에는 기계적 처리 펄프화, 화학적 처리 펄프화, 수증기를 사용하여 물리력을 이용한 펄프화 방법 등 여러 방법이 있었다. 이 중에서 우리는 화학적 처리 펄프화를 통해서 섬유질을 얻으려고 한다. 화학적 처리를 이용한 펄프화 단계에서는, 펄프원료를 탈리그닌 약품으로 처리하면 복합 세포간층이 용해되어 섬유상으로 해리된다. 여기서 탈리그닌이란 식물성 섬유 구성체에서 리그닌 성분을 화학적인 방법으로 제거하는 것을 말한다.

그리고 미역의 셀룰로스에 이어 세포벽의 튼튼함을 더 증가시켜 줄 수 있는 물질을 추가하여 찾기 시작했다. 그러던 중 ‘오호’에 대해서 찾을 수 있었는데, 오호는 알긴산 나트륨 + 젖산칼슘을 이용하여 만드는 일종의 물주머니이다. 오호에 쓰이는 알긴산나트륨은 물에 잘 녹는 수용성 물질로, 이 알긴산 나트륨을 물에 용해시킨 뒤, 칼슘 이온(Ca^{2+}) 이 있는 수용액에 조금씩 떨어뜨리면 한 개의 (Ca^{2+})이온이 알긴산나트륨의 2개의 (Na^+) 이온과 교체되는 특징을 가지고 있다. 따라서 알긴산 나트륨에 칼슘이온(Ca^{2+})이 첨가되면 각각 하나의 칼슘 이온이 두 개의 알긴산 나트륨 사슬을 연결하여, 그 사슬들이 엉켜 그물 구조를 이루게 된다. 이렇게 오호는 두가지 성분의 성질이 결합되고, 엉켜져 세포벽을 이루게 된다. 우리팀은 미역의 셀룰로스와 오호의 분자구조가 합쳐지면 강한 친환경 소재가 될 수 있을 것이라 생각하였다.

다음으로, 본격적으로 미역으로부터 섬유질인 성분인 알긴산을 추출하기 위해 가림고등학교에서 진행한 갈조류 펄프화 과정을 참고하여 우리가 할 펄프화과정을 계획했다. 펄프화의 대표적인 예로는 목재 펄프가 있는데 이를 대조군으로하여 펄프화를 진행한다. 갈조류 펄프화의 전체적인 과정은 증해->해리->분급으로, 먼저 증해 과정은 알칼리성 수용액을 갈조류에 첨가해 삶아서 비섬유상 물질을 용해 제거해 섬유소만 분리하는 공정을 말한다. 이때 알칼리성 수용액으로 수산화 나트륨 10%용액 100ml를 넣어 1시간 30분간 증해시킨다. 두 번째로 해리 과정이란 화합물이 각각의 분자나 원자 또는 이온 등으로 나누어지는 현상을 의미하며, 가람고 실험에서는 칩엽수, 활엽수, 다시마를 각 3만번 해리하여 사용한다. 마지막으로 분급은 스크린을 이용하여 실험에서 사용된 다시마의 미해리 섬유와 이물을 제거해 진행했다. 가람고 실험에서는 다시마를 사용했지만, 우리는 미역이 다시마와 같은 갈조류 라는 점등을 고려했을 때 비슷한 방법으로 응용이 가능하다고 생각되어 이를 선행연구의 한부분으로 참고했다.

이어서 홍조류 펄프화에 대해서 조사하였다. 펄프 원료를 탈리그닌 약품으로 처리하면 세포간층 용해되어 섬유상으로 해리된다. 이 논문에서 펄프화 첫 단계는 우뭇가사리의 불순물을 제거하는 단계이다. 기본적으로는 물을 이용해 세척하지만 홍조류 외피의 탄산칼슘을 제거하기 위해 ph 2~3의 산성 수용액을 이용한다. 탄산칼슘은 제지 공정에서 펄프를 덩어리지게 만들어 제지의 두께를 불균형하게 만들기 때문에 제거할 필요가 있다. 본 발명에서는 염산에 12도씨에서 55분간 침지하였다. 우뭇가사리 중량 대비 4%의 수산화나트륨이 함유된 수산화나트륨 수용액에 40도씨 물중탕으로 24시간 처리하였고, 수돗물로 한 번 세척한 후 우뭇가사리 중량 대비 5%의 수산화나트륨이 함유된 수산화나트륨 수용액에 80도씨 물중탕에서 3시간 처리하였다. 논문에서는 표백에 대한 절차도 나왔는데, 이산화염소와 과산화수소 2개의 화학약품을 사용했으며 효과가 더 좋은 것을 비교하였다. 결론적으로 과산화수소더 효과적이었다. 이산화염소 표백은 수산화나트륨 처리로 인해 젤 성분의 강도가 향상되어 세포벽 내부로 침투하기가 어렵다는 점 때문에 원활하게 일어나지 않았다. 표백을 마친 후 믹서기를 이용하여 200mesh 위에 걸러진 섬유로 분급했다. 그리고 원형수초지기를 이용하여 수초지로 제작하였다. 그

러나 우리는 시간 단축을 위하여 표백 과정은 참고만 하였고, 실험으로 진행하지 않았다

미역 펄프와 알긴산 칼슘만으로 플라스틱과 유사한 소재를 만들기에는 강도에 대한 우려가 있어 키토산이라는 물질을 추가로 사용해보기로 했다. 우선 키토산은 키틴으로부터 유래된 것인데, 키틴은 갑각류의 몸통과 균류, 곤충류의 세포벽에 포함되어 있다. 키틴은 셀룰로오스와 같이 자연에서 분해되고 환경을 오염시키지 않는 천연 고분자 물질로, 셀룰로오스에 이어 두번째로 많은 생분해성 플라스틱을 생산하고 있다. 그리고 키토산은 키틴을 유기물에 용해시키기 위해 수산화나트륨 등을 이용하여 탈아세틸화 해서 만든 물질이며 일반적으로 탈 아세틸화도가 60% 이상이면 키토산이라 한다.

키토산을 이용하여 필름을 제조할 때는 순도와 분자량 등 화학적 성분을 고려해야 하며, 이를 고려했을 때 키토산 단독으로 필름을 만드는 것은 어렵고 다른 천연 고분자 물질로 전분 또는 셀룰로오스를 사용해야 했다. 셀룰로오스는 키토산과 구조적으로 유사하기 때문에 우수한 친화력을 가져서 키토산과 셀룰로오스를 결합하면 우리가 원하는 결과를 얻을 수 있을 것이라고 생각했다. 또한 전분은 두 고분자 중합체로 구성되어 있는데 분산될 때 수소결합에 의해 단단하고 불투명한 겔을 형성하고 투명하고 유연한 성질이 유지된다. 따라서 전분을 이용해 친환경 소재를 만든 사례가 많았고, 우리 역시 전분을 사용해보기로 하였다. 최종적으로 우리는 키토산과 전분 그리고 PVA(폴리비닐알코올)로 복합필름을 만든 연구를 기반으로 PVA 대신에 미역에서 추출한 셀룰로오스와 알긴산 칼슘을 결합한 것을 사용하기로 했다. 연구에서 사용한 PVA와 미역의 분자량이 유사하고 미역 펄프와 알긴산 칼슘을 결합하면 종이, 비닐과 같은 재질이 나온다. 셀룰로오스와 키토산의 친화력은 앞서 말했고, 알긴산 역시 미역에서 추출 가능한 다당류로, 점성을 가지기 때문에 PVA가 아닌 셀룰로오스로 실험을 도전해보았다. 우리 팀은 키토산과 전분으로 만든 복합필름 연구를 참고했다. 연구에서는 키토산과 전분, PVA(폴리비닐알코올)를 초산수용액에 용해시켜서 사용했는데 우리는 PVA 대신 미역 셀룰로오스와 알긴산 칼슘을 결합해서 만들었던 소재를 사용해보기로 했다. 분자량이 연구에서 사용한 PVA와 유사하고 지난번에 만들었을 때 종이나 비닐과 비슷한 재질이 나왔었기에 대체 가능하다고 판단했다. (그리고 셀룰로오스는 키토산과 같은 천연 고분자 물질로 생분해성 플라스틱에 자주 이용되고 미역으로부터 추출되는 알긴산 역시 다당류로, 점성이 있다.) 1.2(w/w) 농도의 초산수용액에 옥수수 전분을 5%(w/w) 분산하고, 1%(w/w)의 초산수용액에 키토산 1%(w/w)과 미역 펄프+알긴산 칼슘 1.5%(w/w)를 분산해 두 수용액을 서로 혼합하기로 했다. 이때 전분과 키토산, 셀룰로오스의 비율은 44:22:34 이어야 했다. 우리는 아세트산 수용액 대신 식초를 사용해 농도를 맞추어 아세트산 2.4g이 포함된 초산수용액 200g에 옥수수 전분 8g을 용해, 아세트산이 4g이 포함된 초산수용액 400g에 키토산과 미역 펄프+알긴산 칼슘을 각각 4g, 6g 씩 용해시키기로 했다.

○ 방법

우리팀이 이번 탐구대회를 준비하면서 진행했던 실험은 크게 1가지로 나눌 수 있다.

1. 재료구입

원초적인 상태에서의 미역 관찰과, 앞으로의 실험을 위해

①말린미역 180gX3 ② 2L 크기의 플라스틱 용기 ③수산화나트륨 ④가열 가능 냄비 ⑤버너 ⑥염산
⑦ 과산화수소 ⑧키토산 ⑨옥수수 전분 ⑩ 식초 ⑪알긴산 나트륨 ⑫ 젖산칼슘을 구입하였다.

2. 미역 탐구

건조 미역을 물에 불리면서 각각 30초 후, 1분 후, 2분 후, 5분 후, 10분 후, 15분 후를 시각으로 관찰하였다. 또한 15분 후 최종적으로 불려진 미역의 겉 표면을 만져보고, 냄새를 맡아보았다.

(15분 동안 불린 미역)



3. 펄프화 1차 실험

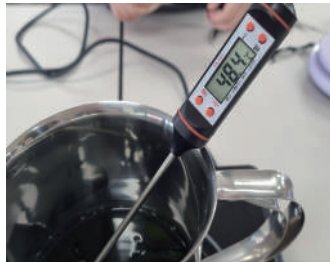
1) 펄프화

펄프화 1차 실험으로, 수산화 나트륨 250ml에 말린미역 기준 4.6g을 물에 15분 불려서 100도의 물에서 5분간 끓여주었다. 5분동안 그 결과를 관찰하였다.

(100°C를 기준으로 맞추기)



(3분 후)



(5분 후)



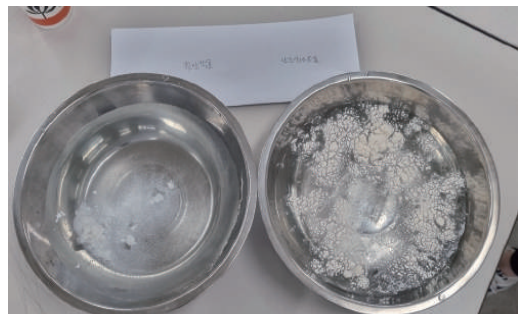
2) 오호 만들기

2개의 볼에 각각 물 1L와 알긴산 나트륨 5g, 젯산칼슘 5g을 넣어 (알긴산나트륨 + 물 혼합물)과 (젯산칼슘 + 물 혼합물)을 만들어 알긴산나트륨 혼합물 약 80ml-90ml씩 덜어 젯산칼슘 혼합물에 담가 주었다. 이후 젤리와 같은 형태로 20분 이상 방치하였다.

(젯산칼슘과 알긴산나트륨을 5g씩 잼)



(각각 물 1L와 혼합함)



4. 미역 펄프화 논문조사 1차

인터넷에서 네이버, 다음, 구글 등의 사이트들을 통해 조사

5. 수산화나트륨 대체재 조사

인터넷에서 네이버, 다음, 구글 등의 사이트들을 통해 조사

6. 펄프화 2차 실험 (수산화나트륨+미역+오호)

1) 수산화나트륨 450ml에 말린 미역 기준 4.6을 약 15-20분간 불린 후 80시간동안 가열하였다.

(1번 자료 사진)



(3번 자료 사진)



2) 2개의 볼에 각각 물 1L와 알긴산 나트륨 5g, 젖산칼슘 5g을 넣어 (알긴산나트륨 + 물 혼합물)과 (젖산칼슘 + 물 혼합물)을 만들어 알긴산나트륨 혼합물 약 80ml-90ml씩 덜어 젖산칼슘 혼합물에 담가준다.

3) 1번째 과정에서 완성된 미역과, 2번째 과정에서 완성된 오호를 잘게 뭉개서 합친 후 1일동안 건조시켜 준다.

7. 미역 펄프화 논문조사 2차

인터넷에서 네이버, 구글, 다음 등의 사이트들을 통해 논문 조사.

8. 펄프화 3차 실험

미역을 물에 약 2시간 동안 방치하여 완전히 개체를 불려주고, 수산화나트륨에서 중불로 2시간 끓여준다.

9. 키토산과 전분 복합 논문 조사

인터넷에서 네이버, 구글, 다음 등의 사이트들을 통해 논문 조사.

10. 펄프화 4차 실험

- 1) 미역의 완전한 불림을 위해 2시간 동안 물에 방치해준 후, 과산화수소수에서 2시간 동안 끓인다.
- 2) 과산화수소수에서 2시간 동안 끓여진 미역을 약 1일간 건조시킨다.

11. 키토산과 전분 복합 논문 조사 + 펄프화 3차 논문조사

인터넷에서 네이버, 구글, 다음 등의 사이트들을 통해 논문 조사.

12. 펄프화 5차 실험

- 1) 미역 약 50g을 물에 1시간 동안 불린다
- 2) 1시간 동안 불려진 미역을 pH 2-3농도의 염기성 물질에 55분 동안 방치시킨다.
- 3) 방치시킨 미역을 수산화나트륨과 함께 가열시킨다
- 4) 결과물을 6시간 동안 건조시킨다.

13. 키토산+전분+아세트산+셀룰로스 혼합 실험.

- 1) 아세트산 62.2ml + 물 357.8ml + 옥수수 전분 16g을 혼합시켜 A수용액을 만든다.
- 2) 아세트산 62.4ml + 물 747.6ml + 키토산 8g + 펄프화 된 미역 12g을 혼합시켜 B수용액을 만든다.



(키토산 8g)

(아세트산 62.4g)

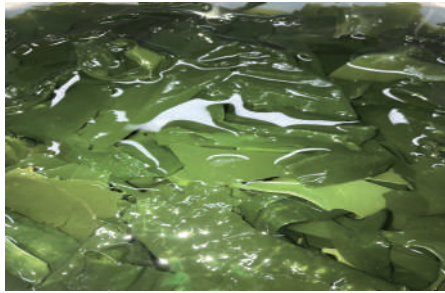
(물 747.6ml)

(펄프화 된 미역 12g)

○ 결과

방법과 똑같은 내용으로 절차와 실험에 번호를 매겼을 때,

2. 미역에 대한 탐구



우리는 시중에서 쉽게 구입할 수 있는 건조된 상태의 미역을 구매하여, 건조 미역을 물에 불리며 각각 30초후, 1분후, 2분후, 5분후, 10분후, 15분 후를 관찰하고 탐구하였다. 원초적인 상태에서의 미역을 관찰해보았다. 불린 상태에서의 미역은 초록색으로, 청색을 띄고 있으며 불렸을 때는 건조된 상태와 다르게 일정한 점성을 띤 점액질이 표면에 묻어있었다. 점성으로 인해 촉감은 미끌미끌하며 끈끈한 특성을 가지고 있었다. 또한 간간히 점박이가 박혀 있었다. 불린 미역은 흔히 다른 해조류나, 생선 종류에서 말할 수 있는 약간의 비린내가 났었다. 그와 반대로 건조된 상태에서의 미역은 거의 검정색과 같은 아주 진한 청색을 띄고 있으며, 걸 표면의 점액질, 그리고 미끌거리는 듯한 촉감을 찾아 볼 수 없었다.

3. 펄프화 1차 실험

1) 펄프화

본 사진은 각각 2분, 3분, 5분 후의 모습으로 최대 88.3°C까지 오르는 모습을 볼 수 있었다

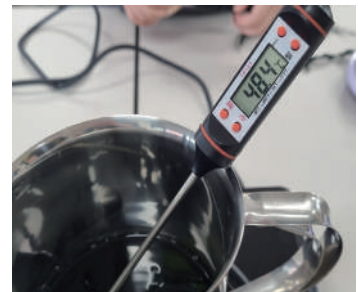
(시간 경과에 따른 미역 사진)



(2분 후)



(3분 후)



(5분 후)

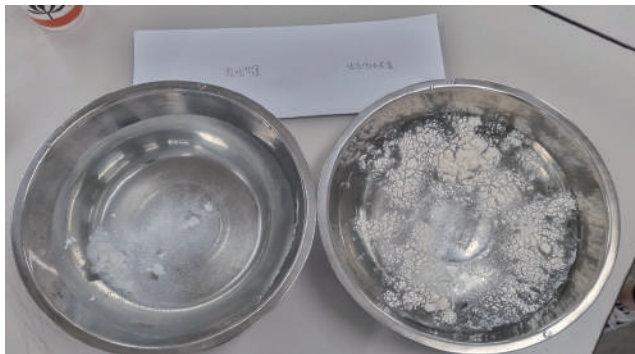
수산화나트륨에 5분 동안 끓여진 미역은 눈에 띄게 연두색 계열로 변했으며, 끓이는 시간이 많아질 수록 투명함도 같이 증가한다는 결과를 볼 수 있었다. 또한 페트릭 접시에 소량을 덜어내고, 도구를 이용해 관찰했을 때, 조금의 힘만 가해도 아주 잘 찢어졌었다. 미역을 이루고 있는 세포벽의 단단함 정도가 약해졌음을 알 수 있었던 결론이었다.

2) 오호 만들기

오호는 각각 물 1L에 알긴산나트륨 5g, 젯산칼슘 5g을 투하하여 물과의 혼합물을 만들었다. 여기서 알 수 있었던 젯산칼슘의 특징은 하얀색을 띄며, 물에 잘 녹는 것이었다. 알긴산나트륨도 물에 잘 녹는 수용성 성분이나, 개인이 간단한 도구로 물에 용해 시키기에는 가루가 잘 녹지 않아 시간 적, 물리적 어려움을 겪었다.

또한, 물 1L에 젯산칼슘 5g을 넣으니 남는 가루 덩어리 하나 없이, 잘 섞임을 보았다. 그러나 그 이상을 넣었을 땐 볼의 바닥에 하얀색 알갱이들이 분포했었다. 즉, 물1L에서 젯산칼슘의 포화상태 무게는 5g임을 알아냈다. 우리는 이 후 오호 실험에서 이 비율을 적용하였다.

결론적으로 사진과 같이 혼합수용액을 만들고, (알긴산나트륨 + 물) 수용액을 80-90ml씩 나누어 젯산칼슘에 서서히 담그니, 불특정 모양의 젤리형태의 오호가 만들어졌다. 그리고 20분 이상 방치 하니, 오호 겉 표면의 젤리가 점차 시간이 지날수록 두꺼워졌다.



4. 미역 펄프화 논문조사 1차

1차 펄프화 논문조사에서는 미역을 이용하여 친환경 제품 만들기를 추구하는 ‘마린이노베이션’기업의 펄프화 방법에 대해서 알아보았다. 결과로써 얻을 수확은 없었다.

5. 펄프화 2차 실험

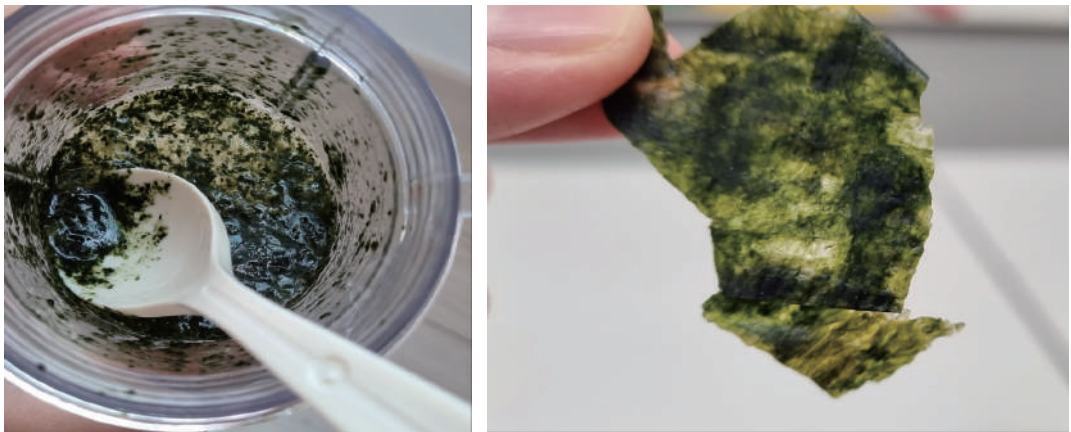
수산화나트륨 450ml에 말린 미역 기준 4.6g을 일정시간 불린 후 80분 동안 가열하였다.



결과는, 펄프화 1차 실험보다 훨씬 더 미역의 강도가 연약해졌다. 온도는 80분의 마지막 관찰 때 96.9°C까지 오르며 색깔만 미역의 색상을 유지했을 뿐, 그 외적의 형태로는 미역임을 구별할 수 없을 정도로 흐물흐물해졌다.

같이 진행했던 오호 만들기는 펄프화 1차 실험에서 진행했던 절차가 같다.

마지막으로 펄프화시킨 미역과 오호를 결합하였다.(오호 + 셀룰로스) 결합 과정과 건조 결과로 오호를 잘게 으깨어 미역과 혼합한 후 건조했을 때, 전에는 나지 않았던 비린 냄새가 올라왔다. 1일 이상 건조된 미역 + 오호 혼합 건조물은 마치 종이와 비닐을 합친 듯한 촉감을 가지고 있었다. 겉 표면의 질감은 종이와 거의 같은 성질을 가지고 있었으며, 찢어보았을 때 비닐처럼 질감을 가지고 잘 찢어지지 않는 성질이 있었다. 그러나 한 번 찢어지면 종이보다 더 훨씬 잘 찢어졌다.



6. 미역 펄프화 논문조사

7. 펄프화 3차 실험

펄프화 3차 실험에선, 2시간동안 불린 미역을 수산화나트륨을 증불에서 2시간 끓였다.

(약 20분 후 거품과 작은 알갱이들이 올라오는 모습)

(결과)



미역을 20분 정도 가열하니, 거품이 생기기 시작하였고 그 양은 시간이 갈수록 더 많아졌다. 그리고 같은 시간대에 미역의 자잘자잘한 알갱이들이 거품 위를 떠다녔다. 알갱이는 두께 약 2-3mm로 일정한 형태를 띄고 있었다.

8. 키토산과 전분 복합에 대한 논문 조사 + 계산

인터넷에서 [(54)성분해성 키토산/전분복합체필름및그제조방법]을 참고하여 키토산과 전분 투하에 대해 식을 계산하고, 비율을 알아내었다.

최종적으로 아세트산 21.1ml + 물 178.9ml + 옥수수전분 8g을 만들어 A수용액을 제조하고, 아세트산 31.2ml + 물 368.8ml + 키토산 4g + 셀룰로스 6g으로 B수용액을 제조하고, 그 비율대로 만든 후 혼합하기로 결정났다.

9. 염산, 수산화 나트륨 미역 실험

마지막 펄프화 실험으로, 미역을 상온에서 차가운 물에 1시간 불린 뒤 pH2-3의 염기성 물질에 55분 침체시킨 후 건조하여 수산화나트륨에 가열시켜야 했었다. 그러나 pH를 구하기에, 식이 너무 복잡할 뿐더러, 하기에 시간이 너무 오래 걸렸기 때문에 약국에서 순도 9.9%의 염산 400ml를 구매하여 이를 염기성 물질로 사용했다. 55분간 염산에 방치한 미역은 염기성을 띄는 화학물질의 성질로 인해 미역이 점차 청색을 띄다 푸른 청록색, 균청색으로 색상이 바뀌었다. 2차 펄프화 실험 때, 단순히 미역 겉표면의 점액질을 제거하기 위해 소금과 베이킹소다만을 사용하여 15분 세척하였던 것과 비교하면, 염산을 이용한 이물질 제거는 미역의 점액질을 거의 완전히 제거하였고, 안전장갑을 끼고 만져보았을 때 뽕뽕뽕한 소리가 났다. 거의 이물질이 제거된 상태였다. 이후 방치가 완료된 미역의 수분을 힘껏 짜내고, 약 8°C-10°C의 자연바람에 6시간을 건조시켜주었다. 미역은 건조된 상태에서도 푸른색을 띄고 있었다.

수산화나트륨에 건조된 미역을 끓였을 때는 펄프화 3차 실험과 다르게 고온의 온도에서 그 부피가 건조된 상태보다 차이나게 팽창하지 않았다. 오히려 미역이 쪼그라들어 부피가 축소되는 현상이 나타났다. 군청색과 청록색에서 점점 누런끼가 생기며 곳곳에 황색의 색깔이 생겨났다. 또한 가열된 미역을 믹서기에 간 후 최종완성한 펄프는 진한 초록색에 비린내가 났다.



(염산)

(55분 침체)

(침체결과)

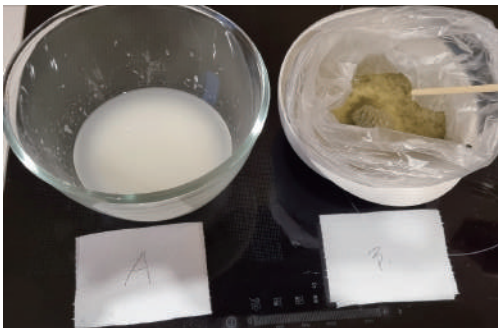
(수산화나트륨 가열)

(결과)

10. 최종실험

아세트산 21.1ml + 물 178.9ml + 옥수수전분 8g을 만들어 A수용액을 제조하고, 아세트산 31.2ml + 물 368.8ml + 키토산 4g + 셀룰로스 6g으로 B수용액을 제조하고, 그 비율대로 만든 후 혼합하였다.

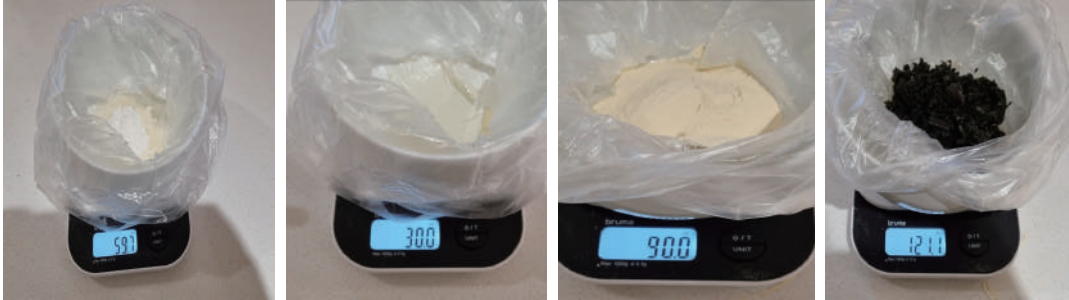
(A수용액과 B수용액 제조)



(A수용액 + B수용액 혼합)



그 후, 논문의 계산 비율과는 별도로 우리끼리 각 물질 아세트산, 셀룰로스, 옥수수 전분, 키토산을 30g으로 1 : 1 : 1 : 1 비율로 섞어 혼합해 보았다.



(A수용액과 B수용액 혼합에 대한 실험 결과)

(4가지 재료를 1 : 1 : 1 : 1로 섞은 결과)



첫 번째로 실험을 하였던 A수용액 + B 수용액 혼합하여 건조하는 실험은 아세트산의 양과 물의 양이 너무 많았다. 상온에서 2틀 이상을 건조하였지만 마르지 않았고, 소재가 되기에는 부적합함을 띄었다. 두 번째로 실험한 4가지 재료를 1:1:1:1의 비율로 혼합하여 건조하는 실험은, 완성도 있는 결과가 나왔다. (결과물 운반 중 갈라짐이 있었음. 그러나, 혼합물의 특징이 아닌 운반 중의 실수임.) 두 번째 혼합물은 건조하면서 기존의 반죽이 가지고 있었던 점성이 점점 없어지고, 딱딱해졌다. 잘 부서지거나 깨지지 않는다는 점에서 우리팀의 본 목적에 근접한 혼합물이 나왔다

3. 탐구의 결론 및 의의

○ 결론

본 탐구의 목적은 미역을 이용해 플라스틱 대체 가능한 친환경소재 만들기였으며, 미역과 다양한 소재를 결합해가며 최적의 친환경 소재를 만들기 위한 탐구를 진행했다. 결론적으로, 플라스틱을 대체할 친환경소재로써 아세트산과 전분, 키토산, 미역의 섬유질 성분인 셀룰로스를 동일한 비율로 결합해 제작했다. 또한 미역의 성분에 대한 탐구, 다당류 물질에 관한 연구, 미역에서 섬유질 성분을 추출하기 위한 소재 연구 등 탐구와 관련한 다양한 연구와 논문 분석을 진행하여 탐구의 결론에 대한 정확성을 검증하는 활동을 진행하였고, 결과적으로 최적의 친환경소재를 제작했다.

○ 의의(기대효과)

본 탐구에서 셀룰로스+키토산+전분+아세트산을 이용해, 일회용품의 편리성을 갖추며 자연환경에 해를 끼치지 않는 친환경 소재를 제작함으로써 전 세계에서 지구의 기온상승과 환경파괴에 가장 큰 주범인 플라스틱과 일회용품의 사용을 대체하고자 한다. 기존에 만들어졌던 미역을 활용한 친환경 소재는, 종이를 많이 썼었기 때문에 자원 낭비가 심하다고 생각했다. 하지만 우리의 친환경 소재는 미역과 키토산, 전분, 아세트산등 생분해성 물질들을 결합하여사용해 친환경 소재가 완성도 있게 만들어져 시중에 판매되는 일회용품이나, 생필품의 소재를 대체하여 친환경적인 사회를 만들기를 원하며, 최종적으로는 탄소배출을 줄이고, 환경오염을 억제하는 것이 우리가 궁극적으로 바라는 효과이다.우리가 미역으로 만들어낸 친환경 소재를 통해, 환경을 돌아보고 생각해보았다.미역과 다양한 소재를 결합하여 최적의 친환경 소재를 위한 탐구를 진행하였다. 이를 통해 우리는 해양에서의 무궁무진하고 다양한 발전을 기대해 볼 수 있다고 느꼈다. 또한 풍부한 해양 생물들과 화학적인 요소를 결합하여 환경에도 기여를 할 수 있다. 우리가 이 실험을 하고 탐구를 하는 근본적인 원인이었던 환경오염을 해양 생물의 발전을 통하여 해결할 수도 있겠다는 점을 느꼈다. 그러므로 우리가 만들어낸 것 처럼 많은 사람들이 해양 생물이 환경오염을 줄일 수 있다는 것에 관심을 가진다면, 세상의 발전과 지구에게 도움이 될 수 있을 것이라고 믿는다.

4. 탐구를 진행하면서 어려운 점과 알게 된 점

○ 어려운 점

1) 화학약품의 안전성과 용도 고려의 어려움

미역에서 섬유질 성분인 셀룰로스를 추출하기 위해 사용되는 화학약품의 위험성과 사용방식의 위험성, 그리고 섬유질 추출 방법에 대한 지식과 장비가 부족했다.

해조류에서 셀룰로스를 추출하는 펄프화 과정을 실행하기 위해 처음 계획한 물질은 아황산 수소 칼슘인데, 이는 유황가스(SO₂)의 일종으로, 장시간 흡입시 호흡기도 화상, 피부화상, 눈화상, 호흡 곤란등을 일으킬수 있는 독성가스물질로 시중에 판매가 제한되어 사용할수 없었다. 또한, 초기 자료 검색 과정에서 참고했던 목재 펄프화를 위한 물질이며, 해조류 펄프화에는 적합하지 않을것이라는 판단으로 실험에서 사용하지 못해 실험을 나아가는 과정에서 차질이 생겼었다.

2) 안전상 문제의 어려움이 있었다.

해조류 펄프화를 위해 사용할 물질로 수산화 나트륨을 사용할 때 장시간 가열시 독성물질 방출 등의 위험으로 학교 실험실에서 특정한 보호구 없이 실험을 하는것에 대한 어려움을 느꼈다.

3) 실험 방향을 잡기의 어려움이 있었다.

기존에 계획한대로 실험이 진행되지 않기 때문에 현재와 같이 정보 부족 및 실험재료 미확보의 상황의 경우와, 앞으로의 실험 방향을 짜는 것에 어려움이 있었다.

4) 인터넷을 활용한 정보탐색의 어려움이 있었다.

미역으로 부터 셀룰로스를 추출하기 위해서, 미역의 특성과 추출방법에 대한 다양한 정보를 찾아보고자 했으나, 인터넷을 이용하여 정보를 탐색하는데는 한계가 있었다.

○ 기타

처음 탐구 계획서에 작성한 내용에 따르면, 친환경소재 제작을 위해 (알긴산나트륨+물) + (젖산칼슘+물)을 혼합시켜 오호를 만들고, 거기에 미역을 아황산수소칼슘에 끓여 이 두 과정을 합해 얇은 친환경소재를 만들기 방법으로 실험을 진행하려 하였다.

하지만, 미역을 펄프화 하는 과정에서 계획했던 아황산수소칼슘은 목재펄프화에 적합한 물질이었으며, 수산화나트륨은 위험성 문제로 사용이 어려워 실험방법을 변경했다. 따라서 계획했던 방법이 아닌 아세트산 + 전분 + 키토산 + 셀룰로스를 조합해 제작했다. 또한 오호는 마지막 실험 단계에서 아세트산+물+전분+키토산+셀룰로스라 조합했을때, 다른 물질을 녹여버려 성분이 분해되었다. 따라서 오호는 소재를 만들기에 접착제로써의 역할을 할수 없다고 판단되어 최종실험에서 제외했다

5. 참고문헌

1. 유튜브/ 해조류로 만드는 친환경 용기/ YTN사이언스/ 2022
- https://youtu.be/NR_2fhcrCv4
2. 유튜브/ 제주도 해조류를 이용한 친환경 비목재 펄프 제조/갱생/ 2021
- <https://m.youtube.com/watch?v=RBYVXPDHQx0>
3. 논문/ 종이용 해조류 펄프 제조 방법 및 해조류 펄프를 이용한 종이제조 방법/ 차완영/ 2018
- <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchPatent.do?cn=KOR1020180141906&dbt=KUPA>
4. 논문/ 홍조류로 제저된 펄프 및 그 제조방법/유학철 외 3인/ 2005/ Abstract 참고
- <https://patents.google.com/patent/KR100811193B1/ko>
5. 논문/ 해조류로부터 제조된 셀룰로오즈 입자 및 그를 도포한 고투명 필름/김문선 외 4인/ 2011
- <https://patents.google.com/patent/KR101284186B1/ko>
6. 위키백과/펄프/ 펄프에 관한 기초연구 자료 수집을 위해 참고함
- <https://ko.wikipedia.org/wiki/%ED%8E%84%ED%94%84>
7. 블로그/ 해초추출 알긴산/ 내운명은 생각에서 결정된다/ 비타민/ 알긴산 관련 정보 참고
- <https://m.blog.naver.com/rnfqjf105/150034625854>
8. <<알긴산 무엇인가>> 알긴산 정보 탐색 중 참고
- <http://jdm0777.com/hyun/alkinsan.htm>
9. 논문/알긴산 제조 방법/ 박대환/2006/ 알긴산 제조 방법 탐색
- <https://patents.google.com/patent/KR100679365B1/ko>
10. 논문/ 추출조건에 따른 해조류의 알긴산 수율과 점도/ 윤미옥 외 4인/ 재료 및 방법 부분 참조
- <https://koreascience.kr/article/JAKO200411922325153.pdf>
11. 논문/ 미역의 부위별 무기 성분 및 알긴산 함량에 관한 연구/ 이연정/ 서론-재료 및 방법 참조
- <https://scienceon.kisti.re.kr/commons/util/originalView.do?cn=JAKO200404637318825&oCn=JAKO200404637318825&dbt=JAKO&journal=NJOU002951>
12. 논문/ 천연고분자에서 추출한 생분해성 플라스틱 / 1.서론부터2-2 참고
- <https://koreascience.kr/article/JAKO199771934588458.pdf>
13. 논문/ 해양 미생물 유래 해조 다당류 분해효소의 특성 및 산업적 응용/ 김청환 외 5인/ 2011/해조 다당류의 종류별 특징과 이용
- <https://koreascience.kr/article/JAKO201106737198914.pdf>

14. 블로그/ 친환경적이고 경제적인 소재 ‘해조류’로 일회용품을 만든다! 스타트업 마린이노베이션/
목재펄프와 해조류 펄프의 제조공정 비교 중 해조 펄프의 제조공정 참고
- <https://blog.naver.com/kmacforever/221833183769>
15. 논문/용액 농도에 따른 향균성 알긴산 아연 필름의 제조 및 그 특성/ 이주현외 4인/ 2013/ 실험 부분 참고
- <https://www.cheric.org/PDF/PK/PK37/PK37-6-0677.pdf>
16. 논문/다시마를 이용한 알긴산 추출, 알긴산의 대장 암세포 억제 정도/실험방법-다시마에서 알긴산
추출 참고
- <https://www.reportworld.co.kr/humanities/h605687>
17. 블로그/ 미역 기초연구자료
- https://www.gijang.go.kr/seaweed/index.gijang?menuCd=DOM_000000903001001000
18. 블로그/ 다시마 기초 연구자료
- https://www.gijang.go.kr/seaweed/index.gijang?menuCd=DOM_000000903001002000
19. 논문/ 해조류에서 추출한 알긴산의 특성 및 알긴산 분해 미생물 분리/윤미옥/2003
- http://www.riss.kr/search/detail/DetailView.do?p_mat_type=be54d9b8bc7cdb09&control_no=cd27107435ca2234ffe0bdc3ef48d419&outLink=K
20. 위키하우/ 바이로 플라스틱 만드는법-자료조사 참고/사용하지 않음
- <https://ko.wikihow.com/%EB%B0%94%EC%9D%B4%EC%98%A4%ED%94%8C%EB%9D%BC%EC%8A%A4%ED%8B%B1-%EB%A7%8C%EB%93%9C%EB%8A%94-%EB%B0%A9%EB%B2%95>
21. 논문/ 생분해성 키토산/전분 복합체 필름 및 그 제조 방법/ 전동원/ 1994년/논문 전체, 특히 7페이지
실시예1를 기반으로 실험을 구상함
22. 유튜브/ 1.5도 마지막 경고 기후위기 실태, 여기까지 왔습니다/ 탐구 목적 및 주제 작성에 참고한 기초자료
- <https://www.youtube.com/watch?v=GVpfYJjDrC8>
23. 유튜브/ 하다하다 이젠 해조류로 종이컵도 만드는 한국인...★/ 크랩
- <https://www.youtube.com/watch?v=JKMFYespoXc>
24. 유튜브/ 오호만들기의 원리?/ ES 상대의 연료 법칙
- <https://www.youtube.com/watch?v=sJGsLvOmgQk>
25. 논문/ 물질안전보건자료/ 0.1mol/S수산화나트륨 용액/ 동성상사/ 수산화나트륨 사용 불가 근거로 활용
26. 논문/가림고등학교/펄프화 사례 참고
- <https://steam.kofac.re.kr/wp-content/plugins/download-attachments/includes/download.php?id=10465>

페플라스틱과 해양생물 접착제를 결합하여 지속 가능한 친환경 링 부이 만들기



팀명	탄소 줄이는 밥상 위에 오이장아찌		
학생명	이정원, 오수민, 장일라		
지도교사명	김건희	학교	승의여자중학교

1. 탐구 동기 및 목적

○ 탐구 동기

대회 주제에 적합한 것이 무엇이 있을까 생각하던 도중에 과학 방과 후 수업을 듣는 팀원이 부력을 배우면서 링 부이에 대한 정보를 팀원들에게 알려주었다. 팀원 중 한 명이 링 부이는 공기 튜브와 외피로 구성되어 있는 익수자를 구조하는 데 사용하는 튜브이다. 그러하여 팀원들은 해양에서 쓰레기가 될 수 있는 링 부이에 많은 관심을 얻게 되었다. 이러한 링 부이의 문제점들을 착안해 페플라스틱 쓰레기를 접착제로 이어 붙여 친환경 링 부이를 만든다면 오늘날 큰 문제가 되고 있는 탄소 증가에 일조한 해양 플라스틱 쓰레기를 처리해 해양 쓰레기를 먹이로 착각해 폐사하는 수많은 해양생물을 구할 수 있을 뿐만 아니라 탄소 중립에도 도움이 될 수 있을 것이라고 생각했다. 또한, 페플라스틱을 재활용한다는 측면에서 쓰레기가 감소할 수 있다. 재활용을 하지 않으면 쓰레기는 쌓이고 분해되면서 여러 가지 해양, 토양 오염이 된다. 그렇기에 재활용할 수 있는 제품 등은 재활용을 하거나 업 사이클링을 통해서 사용할 수 있을 때까지 사용하는 것이 지구 환경에 도움이 된다고 생각했다. 지구에 존재하는 자원의 양은 한정되어 있기 때문에 무분별하게 사용하고 버리다가는 결국 다 사라지게 된다. 자원이 없는 대한민국의 경우 수입에 의존하고 있다. 국가 경제 측면에서 재활용이 매우 필요하기 때문에 재활용이라는 측면에 더 집중했다. 링 부이를 만들기 위해선 접착제가 필요하므로 해양생물 중 접착 성분을 포함한 것이 있는지 궁금해 조사하던 중 접착제 성분 중 하나인 알긴산이라는 것을 알게 되었다. 알긴산이 란점성이 높은 유기산의 일종으로 접착제와 유화제 그리고 식품과 의료 소재 등을 만드는 데 쓰인다. 또, 이는 갈조류의 세포막을 구성하는 다당류라는 것을 알게 되었다. 이 알긴산과 같이 접착력을 지닌 해양생물을 활용해 친환경 접착제를 만들어 링 부이를 만들기로 의견을 모았다. 결국 '페플라스틱과 해양생물 접착제를 결합하여 지속 가능한 친환경 링 부이 만들기'라는 탐구 주제가 정해졌다.



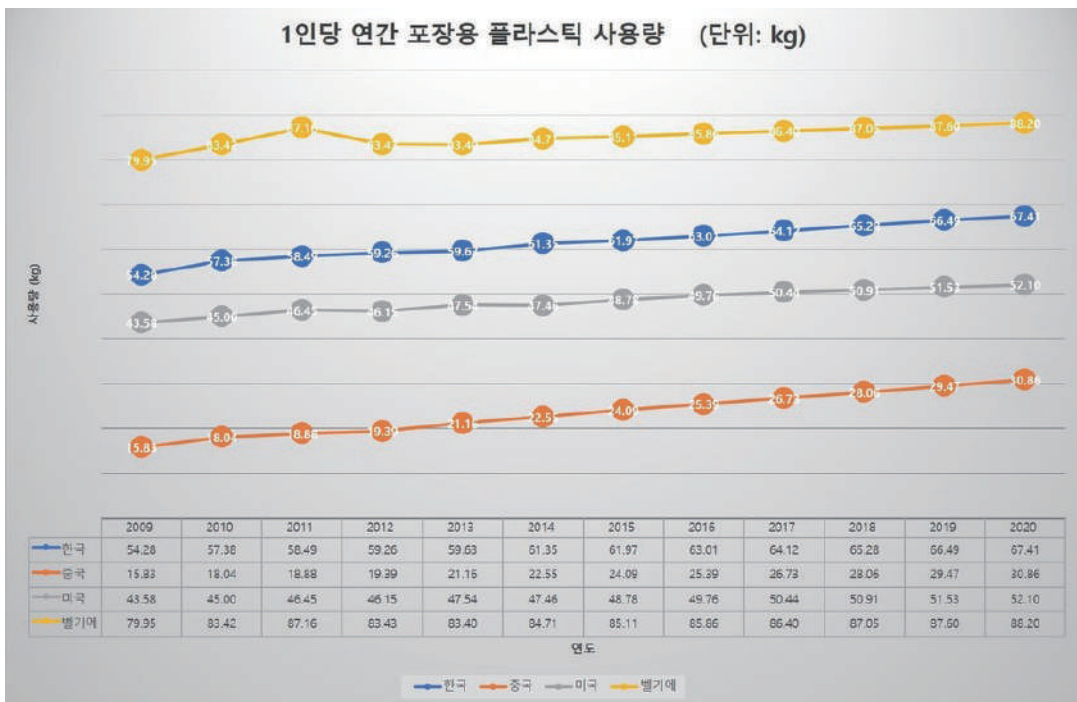
버려진 그물에 걸린 바다거북이 바다 속에 버려진 그물 등의 어구에 해양생물들이 다치거나 죽기도 한다. 이를 유령어업(ghost fishing) 이라고 한다.

○ 탐구 목적

탐구 주제인 '페플라스틱과 해양생물 접착제를 결합하여 지속 가능한 친환경 링 부이 만들기'라는 탐구 주제로 페플라스틱 재활용과 친환경 접착제로 탄소 중립 실천이 가능하다. 지난해 1월 유럽 플라스틱 제조자 협회 (EUROMAP) 가 세계 63개국을 대상으로 조사해 발표한 플라스틱 사용량 자료를 보면, 2015년 한국의 1인당 연간 포장용 플라스틱 사용량은 61.97kg (2015년 기준)으로 나타났다. 조사 대상 플라스틱에는 음료수 등을 담은 페트병, 가방이나 코트 등의 소재로 쓰이는 염화비닐수지 등이 포함되어 있다. 한국의 1인당 연간 포장용 플라스틱 사용량은 1명이 연간 88.2kg을 사용하는 벨기에에 이어 두 번째로 많은 수치라는 것을 알 수 있다. 페플라스틱은 불법으로 소각하거나 불법으로 바다물 속으로 버리는 처리 현황이 많다. 이러한 페플라스틱 처리 현황으로 인해 해수면 온도가 상승하는 문제가 있다. 올해 지구 해수면 온도가 1.5℃ 상승했다고 한다. 또한, 지구에 존재하는 자원의 양은 한정되어 있기 때문에 무분별하게 사용하고 버리다가는 결국 다 사라지게 된다. 자원이 부족한 대한민국의 경우 수입에 의존하고 있다. 국가 경제 측면에서 재활용이 매우 필요하다. 경제적 측면에서 수입으로 인한 외화 소비가 증가한다. 환경적 측면에서 자원을 아낄 수 있다. 재활용하지 않으면, 소각이나 매립으로 인한 환경오염이 발생

한다. 예를 들어, 소각으로 인한 대기과 매립으로 인한 토양 및 수질(지하수)이 오염된다. 한해 생산되는 쓰레기 종량제 봉투 수량은 12억 1956만 장에 이른다. 쓰레기봉투가 쓰레기를 유발하는 상황이다. 봉투 판매금액은 6700억 원에 이른다.

이러한 행위는 지구 온난화를 불러오는데, 지구 온난화는 개인만의 문제가 아닌 우리 지구 전체 약 80억 명의 이야기라는 뜻이다. 이 심각한 사태를 약 80억 명의 지구에 사는 모두가 알게 되어 '쓰레기 총량을 줄이자'라는 취지에 공감했으면 좋겠지만 이것은 쉽지 않기에 해양생물의 도움을 받아서 지구를 해칠 수 있는 것들은 무엇인가, 지구를 지킬 수 있는 방법은 무엇인가를 이번 대회를 통해 좀 더 심도 있게 탐구하여 탄소 중립을 모든 사람이 폐플라스틱을 활용해 실천할 수 있었으면 좋겠다.



2. 탐구 내용 및 결과

○ 내용

탐구 대상으로 지정했었던 해양생물인 홍합, 다시마, 굴, 따개비, 말미잘을 이용하여 실험을 해 보려고 홍합, 다시마, 굴, 따개비, 말미잘의 특성에 대해 조사했다. 조사한 내용으로는 홍합에는 칼슘, 인, 철, 알긴산 등이 풍부하다. 다시마는 바위에 붙어 포자로 번식하고 요오드와 칼슘, 철, 칼륨 등 미네랄류와 알긴산과 후코이단 등의 식이섬유, 아미노산인 라미닌 등이 풍부하게 포함되어 있다. 여기서 다시마의 끈적거리는 성분은 알긴산이나 후코이단 때문이다. 굴은 해안가 바위에 붙어서 산다. 따개비는 바닷가 암초나 말뚝, 배 밑 등에 붙어서 고착 생활을 한다. 말미잘의 몸은 원통형이며 입은 있으나 소화관과 항문은 없고 체벽의 근육이 발달한다는 내용이 있다. 이 5가지의 해양생물을 구매하기 위해 노랑진 수산시장에 가보았는데 말미잘과 따개비는 노랑진 수산시장에 팔지 않고, 굴은 겨울철 해양생물이라는 것을 뒤늦게 깨닫게 되었다. 말미잘, 따개비, 굴을 구할 수 없는 관계로 말미잘은 해삼, 따개비는 미역, 굴은 감태로 대체하기로 했다. 대체한 해양생물 3가지 해삼, 미역, 감태의 특징을 조사한 결과는 해삼은 무기질 성분과 칼슘, 칼륨, 알긴산, 요오드 등이 매우 풍부하다. 미역은 칼슘, 철분, 요오드, 알긴산, 후코이단 등의 다양한 성분들이 있다. 감태는 갈조류의 해조이다. 조사한 결과로는 해삼, 미역, 해삼에서도 알긴산이 포함되어 있다. 그렇게 변경한 해양생물 3가지와 처음 지정했던 해양생물 2가지 총 다섯 가지의 해양생물들의 알긴산을 추출하는 방법을 정하여 직접 알긴산을 추출해 보았다. 감태, 다시마, 미역의 알긴산은 해양생물의 겉 표면에 위치하고 홍합의 알긴산은 내장에 위치하고 해삼의 알긴산은 골격에 위치한다는 조사한 결과를 바탕으로 각각의 알긴산을 추출하여 천연 물계 접착제의 종류들인 염화칼슘&알긴산나트륨, 찹쌀가루, 젤라틴, 아교, 우유의 단백질, 녹말풀과 결합하여 실험한 후, 그중 가장 접착력이 좋은 접착제를 이용하여 링 부이를 만든다.

○ 방법

가. 알긴산 추출 방법

- 다시마: 약 15℃ 정도의 물에 불린 다시마 50g를 도마에 얹어 날카로운 물체(철자, 과도 등)로 불린 건 다시마의 겉 표면을 긁어 알긴산 추출하기
- 홍합: 삶지 않고 생으로 깎아 홍합 500g의 살을 가위로 잘게 잘라 다른 천에 짠 뒤 알긴산 추출하기
- 감태: 약 15℃ 정도의 물에 불린 감태 100g를 도마에 올려 칼로 다진 다음 물 5g과 함께 믹서기로 같은 다음 채에 옮겨 짜서 알긴산 추출하기
- 미역: 약 15℃ 정도의 물에 불린 미역 200g을 물 5g과 함께 믹서기로 같은 다음 채에 옮겨 짜서 알긴산 추출하기
- 해삼: 내장과 살을 분리시킨 뒤 해삼 500g의 겉 표면을 식칼로 긁어내서 알긴산 추출하기



나. 접착제 실험(염화칼슘&알긴산 나트륨, 찹쌀 풀, 젤라틴)

[실험 준비물 : 다시마에서 추출한 알긴산, 미역에서 추출한 알긴산, 해삼에서 추출한 알긴산, 염화칼슘, 알긴산 나트륨, 찹쌀가루, 젤라틴, 식초]

- 염화칼슘&알긴산 나트륨

- 1) 알긴산 나트륨 15g과 염화칼슘 15g을 각각 다른 물 20g에 희석시킨다.
- 2) 염화칼슘이 용해되어있는 물에 알긴산 나트륨이 용해되어있는 물에 넣는다.
- 3) 알긴산 나트륨과 염화칼슘의 상태변화를 관찰한다.
- 4) 각각 알긴산 5g을 알긴산 나트륨이 용해되어있는 물에 추가하여 상태변화를 관찰한다.
- 5) 결과물을 물에 넣어 용해되는지 확인한다.

- 찹쌀풀

- 1) 전분과 물의 비율을 2:3으로 하여 냄비에 넣고 가열하며 섞어준다.
- 2) 각각의 알긴산을 추가해 상태변화를 관찰한다.
- 3) 결과물을 물에 넣어 용해되는지 확인한다.

- 젤라틴

- 1) 차가운 물에 불린 젤라틴과 물의 비율을 2:3으로 하여 냄비에 넣고 가열한다.
- 2) 젤라틴이 녹으면 글리세린과 식초의 비율을 2:2로 하여 넣고 섞는다.
- 3) 접착제를 용기에 옮겨 담아 시킨다.
- 4) 각각의 알긴산을 추가해 상태변화를 관찰한다.
- 5) 결과물을 물에 넣어 용해되는지 확인한다.



다. 접착제 실험(녹말풀, 우유의 단백질, 아교)

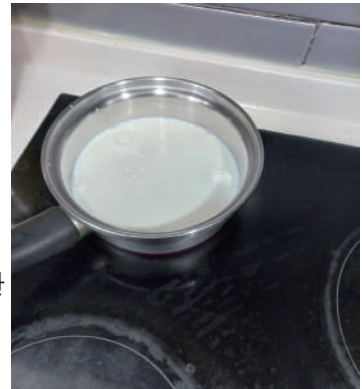
[실험 준비물 : 다시마에서 추출한 알긴산, 미역에서 추출한 알긴산, 해삼에서 추출한 알긴산, 밀가루, 우유 200ml, 식초, 탄산수소나트륨, 거름망, 냄비, 아교, 나무젓가락]

- 녹말풀

- 1) 물에 밀가루를 부피 3:1의 비율로 섞는다.
- 2) 물과 밀가루의 혼합물을 끓이면서 저어준다.
- 3) 완성된 녹말풀 접착제를 다시마, 미역, 해삼으로부터 추출한 알긴산 5g과 각각 결합하여 나무젓가락이 붙는지 확인한다.

- 우유의 단백질

- 1) 우유 200mL를 약한 불에 끓인다.
- 2) 우유 겉 표면에 하얀 막이 생기면 식초를 2~3스푼 넣는다.
- 3) 끓인 우유를 거름망에 넣어 물기를 제거한다.
- 4) 탄산수소나트륨을 넣고 잘 섞는다.
- 5) 완성된 우유 단백질 접착제를 다시마, 미역, 해삼으로부터 추출한 알긴산 5g과 각각 결합하여 나무젓가락이 붙는지 확인한다.



- 아교

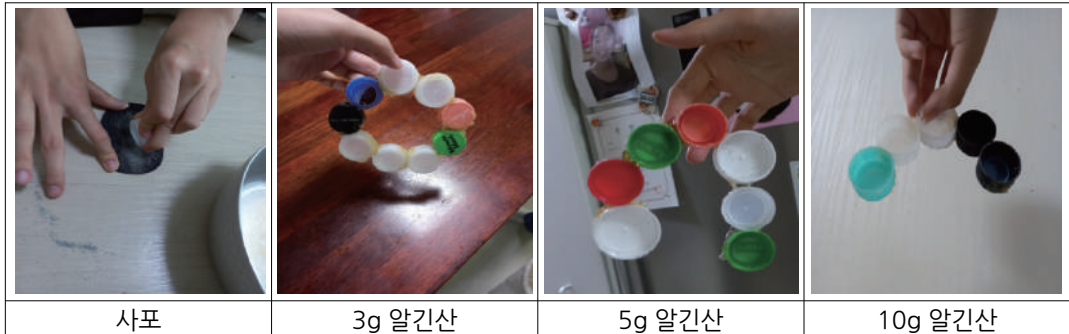
- 1) 아교 10g을 물 30g과 알긴산 3g을 섞은 물에 20분간 불린 뒤 물기를 제거한다.
- 2) 약불로 천천히 저어 주면서 알 아교가 다 녹을 때까지 끓인다.
- 3) 완성된 아교풀의 접착력을 확인한다.



라. 미니 링 부이 만들기 실험

- 1) 사포로 페트병의 옆 표면을 거칠게 긁는다.
- 2) 아교 10g을 물 2g에 불린다.
- 3) 불린 아교를 냄비에 넣고 끓이면서 젓는다.
- 4) 다시마에서 추출한 알긴산과 아교를 결합시킨다.
- 5) 아교가 굳기 전에 사포로 긁은 페트병 옆 표면에 아교를 발라서 미니 링 부이를 제작한다.
- 6) 위 방법으로 다시마에서 추출한 알긴산을 각각 3g, 5g, 10g 씩 총 3번 실험한다.
- 7) 사포로 긁은 페트병 옆 표면에 아교와 다시마에서 추출한 알긴산을 결합한 접착체가 잘 붙는다면

물에 담가서 미니 링 부이가 떨어지는지, 손으로 출렁거리면서 잘 붙어있는지 확인한다.



○ 결과

가. 알긴산 추출실험 결과

다시마	1차 실험		
	건 다시마 무게(g)	알긴산 무게(g)	추출률(%)
	20g	16g	80%
	2차 실험		
	건 다시마 무게(g)	알긴산 무게(g)	추출률(%)
	50g	40g	80%
	3차 실험		
건 다시마 무게(g)	알긴산 무게(g)	추출률(%)	
100g	83g	83%	
미역	1차 실험		
	미역 무게(g)	알긴산 무게(g)	추출률(%)
	150g	60g	40%
	2차 실험		
	미역 무게(g)	알긴산 무게(g)	추출률(%)
	250g	182g	72%
	3차 실험		
미역 무게(g)	알긴산 무게(g)	추출률(%)	
200g	120g	60%	

해삼	1차 실험		
	해삼 무게(g)	알긴산 무게(g)	추출률(%)
	450g	270g	60%
	2차 실험		
	해삼 무게(g)	알긴산 무게(g)	추출률(%)
	450g	225g	50%
	3차 실험		
	해삼 무게(g)	알긴산 무게(g)	추출률(%)
	500g	200g	40%
감태	1차 실험		
	감태 무게(g)	알긴산 무게(g)	추출률(%)
	100g	50g	50%
	2차 실험		
	감태 무게(g)	알긴산 무게(g)	추출률(%)
	100g	39g	39%
	3차 실험		
	감태 무게(g)	알긴산 무게(g)	추출률(%)
	100g	45g	45%
홍합	1차 실험		
	홍합 무게(g)	알긴산 무게(g)	추출률(%)
	500g	7g	0.7%
	2차 실험		
	홍합 무게(g)	알긴산 무게(g)	추출률(%)
	500g	3g	0.6%
	3차 실험		
	홍합 무게(g)	알긴산 무게(g)	추출률(%)
	500g	5g	1%

알긴산 추출량을 비교할 때 다시마 > 미역 > 해삼 > 감태 > 홍합이므로 접착제 실험 대상 해양생물로 다시마, 미역, 해삼을 선정함.

나. 접착제 실험(염화칼슘&알긴산 나트륨, 찹쌀풀, 젤라틴) 결과

	다시마에서 추출한 알긴산	미역에서 추출한 알긴산	해삼에서 추출한 알긴산
염화칼슘&알긴산 나트륨	응고하지 않아서 실패	응고하여 성공	응고하지 않아서 실패
찹쌀풀	혼합되지 않아서 실패	혼합되지 않아서 실패	혼합되지 않아서 실패
젤라틴	접착력이 너무 약해서 실패	접착력이 너무 약해서 실패	접착력이 너무 약해서 실패

다. 접착제 실험(녹말풀, 우유의 단백질, 아교) 결과

	다시마에서 추출한 알긴산	미역에서 추출한 알긴산	해삼에서 추출한 알긴산
녹말풀	결합이 되지 않아 실패	결합이 되지 않아 실패	결합이 되지 않아 실패
우유의 단백질	물에 녹아서 실패	물에 녹아서 실패	물에 녹아서 실패
아교	응고하여 성공 (오호 접착제보다 농도가 더 짙음.)	불순물이 많아서 실패	불순물이 많아서 실패

라. 미니 링 부이 만들기 실험 결과

	다시마에서 추출한 알긴산 3g	다시마에서 추출한 알긴산 5g	다시마에서 추출한 알긴산 10g
아교 10g	농도 0.03%인 바닷물에서 미니 링 부이가 끊어져서 실패	사포로 굵은 페트병 옆 표면이 서로 붙지 않아서 실패	사포로 굵은 페트병 옆 표면이 서로 붙지 않아서 실패

3. 탐구의 결론 및 의의

○ 결론

5가지 해양생물(감태, 다시마, 미역, 홍합, 해삼)의 알긴산을 감태, 다시마, 미역의 겉 표면에서 추출했고, 홍합은 살 부분에서 추출했고, 해삼은 연골 부분에서 추출하여 해양생물의 무게 분의 알긴산의 무게로 알긴산 추출 수율을 통계한 후, 알긴산 추출 수율이 높은 다시마, 미역, 해삼을 선정했다. 다시마, 미역, 해삼에서 추출한 알긴산을 각각 찹쌀, 염화칼슘&알긴산 나트륨, 젤라틴, 녹말풀, 우유의 단백질, 아교와 결합하여 실험해 본 결과 다시마에서 추출한 알긴산과 아교를 결합하였을 때 천연 접착제가 완성되었다. 그러하여 아교 알긴산 천연 접착제가 만들어졌다. 해양생물에 있는 성분 중 하나인 알긴산과 천연물 계 접착제의 종류 중 하나인 아교와 결합하여 페트병에 붙이는 것까지는 성공하였지만, 아쉽게도 접착력이 지속하지 않고, 하루가 지나자 페트병에 붙인 모양 그대로 떨어졌다. 추가 실험으로 목공풀과 아모스 물품을 이용하여 페트병에 붙이는 방법과 같게 실험해 보았지만 실패했다. 이를 통해, 천연 접착제는 접착력이 약해 페플라스틱끼리 붙이기에는 무리가 있어서 플라스틱끼리 붙여지지 않았다는 것을 해석할 수 있다. 목공풀과 아모스 물품로 플라스틱을 붙였을 때는 물체를 붙일 수 있지만 붙여진 물체를 물에 띄어 놓았을 때 계속 붙어있기에는 무리가 있다는 것을 해석할 수 있다. 비록 아교 알긴산 접착제가 링 부이를 만들기에 충분하지 않았지만, 알긴산 대량 생산, 홍합 접착제 상용화와 같은 긍정적인 결과가 나오고 있어 아교 알긴산 접착제가 완성되길 바란다.

○ 의의(기대효과)

1) 개인 측면

- 접착 능력을 가진 해양생물에 대해 알 수 있다.
- 탐구자들은 접착 능력이 있는 해양생물을 조사하고 페플라스틱을 활용하여 탄소 중립 방법을 탐구하기 위해 스스로 학습하는 계기를 마련한다.
- 감태, 다시마, 미역, 해삼, 홍합에 함유되어있는 알긴산의 양을 측정할 수 있다.
- 탐구자들은 5가지 해양생물들(감태, 다시마, 미역, 홍합, 해삼)의 특성을 알 수 있다.
- 탐구자들은 주로 어느 부분에 해양생물이 알긴산을 함유하고 있는지 알 수 있다.
- 탐구자들은 여러 번 실험을 진행하며 실험 방법에 대한 지식을 얻을 수 있다.
- 탐구자들은 천연물 계 접착제에 대한 지식을 깊게 알 수 있다.

2) 사회 측면

- 해양생물의 다양한 이로운 점들을 탄소 중립에 어떤 식으로 활용할 수 있는지 사회에 더 알릴 수 있다.
- 사람들에게 환경 문제에 대한 흥미와 페플라스틱 활용 실천에 대한 관심을 유발한다.

- 해양생물과 제로 웨이스트를 결합해 일상생활에서 해양생물 접착제 사용을 유도한다.
- 사람들은 해양생물로 만들어진 접착제에 대한 관심을 유발한다.
- 페플라스틱과 알긴산 접착제를 결합하여 '지속 가능한 친환경 링 부이 만들기' 라는 페플라스틱 활용 예시로 인해 사람들의 실질적 변화를 유도한다.
- 탄소 중립이 되는 페플라스틱 활용할 수 있다는 메시지를 전달한다.
- 재활용하여 분쇄된 플라스틱을 이용하여 다양한 물건을 만들 수 있다.

3) 국가, 세계 측면

- 해양 쓰레기 감소로 인한 해양 오염을 감소한다.
- 플라스틱을 매각시키지 않고 분쇄된 플라스틱을 이용하여 다양한 물건을 만들려고 한다.
- 해양 쓰레기의 약 80%를 차지하는 플라스틱들이 조금이나마 줄어든 것이다.
- 대한민국의 면적의 16배 쓰레기 섬이 더 이상 커지지 않을 것이다.
- 플라스틱으로 인해 해마다 죽는 바닷새 100만 마리, 해양포유동물 10만 마리가 조금이라도 줄어든 것이다.

4. 탐구를 진행하면서 어려운 점과 알게 된 점

○ 어려운 점

- 이정원 : 5가지 해양생물에 관해 조사하여 적합한 해산물을 구하기 위해 수산시장에 여러 곳을 여러 번 방문하였으나 감태와 매생이, 굴은 겨울철 해양생물이라 여름인 지금은 구할 수 없는 품목이었고 실험 대상을 바꾸어 알긴산을 추출하기 위해 자료를 찾을 때 많은 정보가 있지 않아 알긴산 추출실험을 할 때 상당히 어려웠고, 알긴산을 추출할 때 해양생물에 따라 추출 방법이 달라서 추출량을 극대화할 수 있는 방법을 찾기 위해 고민을 거듭하는 과정이 어려웠다. 5가지 해양생물의 알긴산 추출이 끝난 후, 본격적으로 접착제를 만드는 과정에서 알긴산과 어떠한 것을 결합해야 하는지 고민하고 조사하는 과정에서 약간의 난관을 겪었고, 그렇게 찾은 천연물계 접착제 종류 중 3가지 카제인과 아교, 녹말풀을 알긴산과 결합하는 과정에서 수많은 실패가 있어서 힘들었다. 녹말풀 같은 경우에는 알긴산과 결합이 되지 않아 힘들었고, 아교는 비율을 맞추는 과정에서 힘들었고, 카제인은 만들어 놓은 것을 결합하는 과정이 힘들었다.
- 오수민 : 알 아교로 어떻게 접착제를 만드는지에 대한 정보가 거의 없어서 기본적인 정보만을 가지고 실험을 하다 보니 계속해서 실패해 허무하기까지 했다. 결국에는 성공했지만 계속되는 실패에 성공을 못 했을 때가 걱정되기도 하고 계속되는 실험이 힘들었다.

그리고 세 명의 일정을 맞추는 것도 생각보다 어려웠다. 그리고 생각보다 자료 조사를 하거나 하는 것들은 생각보다 더 까다로웠다. 재료 구하는 것도 어려웠고 의욕이 앞서서 항상 조원 모두 아쉬웠다. 무엇보다 어려웠던 점을 해치고 우리의 목표를 위해 해야 하는 일들이 수도 없이 쏟아졌다는 것이다. 그래도 인스타를 하면서 우리 고생했던 경험을 모아 볼수 있어 한 편으로는 정말 뿌듯했다.

- 장일라 : 감태, 다시마, 미역, 홍합, 해삼에 각각 함유되어있는 알긴산을 추출하기 위해서 계속해서 구매하고 정확한 실험하여 오차 없는 결과를 얻기 위해서 같은 실험을 2~3번 하는 것이 힘들었다. 또한, 팀원들의 일정을 맞추고 회의나 실험을 진행하는 것이 생각보다 매우 어려웠다. 감태, 다시마, 미역의 알긴산은 겉 표면에 위치하고, 홍합의 알긴산은 살 부분에 위치하고, 해삼의 알긴산은 연골에 위치한다는 자료를 통해서 여러 번의 알긴산 추출 실험을 해야 했기 때문에 시간과 노력이 많이 필요했다. 5가지 해양생물의 알긴산을 추출한 후, 본격적으로 접착제를 만들기 시작해야 했지만, 접착제에 대해서 많이 알고 있지 못했기 때문에 이런 부분에서 어려움을 겪었다. 자료 조사를 통해 찹쌀풀, 염화칼슘&알긴산나트륨, 젤라틴, 녹말풀, 우유의 단백질, 아교로 총 6가지의 방법으로 실험을 하면서 재료 구매, 시간 투자, 노동력 등의 문제로 어려움을 겪었다. 하지만 아교 알긴산을 만들게 되어 좋고 뿌듯했다.

○ 의의(기대효과)

- 이정원 : 알긴산이 있는 해양생물들을 조사하며, 여러 가지의 해양생물들의 특징과 효능에 대해 알게 되었고, 조사한 해양생물들에 알긴산을 추출하기 위해, 여러 종류의 글들을 찾아보는 도중 주로 어느 부분에서 알긴산이 나오는지에 대해 자세히 알게 되어 흥미로웠고, 생각보다 어려운 알긴산 추출실험에 당황했지만, 알긴산을 추출할 때마다 요령을 터득할 수 있어 좋았다. 알긴산에 여러 가지의 혼합물들을 합치기 위해 천연물계 접착제들을 조사하며 녹말 접착제, 카제인 접착제, 아교 접착제, 젤라틴 접착제 등 다양한 종류의 천연물계 접착제들을 알게 되었고, 알긴산과 다양한 천연물계 접착제들을 어떻게 배합해야 하는지에 대해 비율을 알아내는 과정에서 다양한 실험 방법과 실험을 진행하기 위해 자료 조사를 철저히 해야 한다는 것을 깨달을 수 있었다. 그리고 링 부이 재료를 모으기 위해 인천 을왕리 해수욕장으로 플로깅을 하러 갔을 때 평소 일상생활에서 보는 쓰레기들보다 더욱 많은 양을 보았기 때문에 앞으로 분리수거를 철저히 해야겠다는 생각이 들었다.



- 오수민 : 실질적으로 아이디어를 구현해내는 법을 알 수 있게 되었고 팀원들과 팀워크를 더 원활하게 할 수 있는 법도 몸소 깨달았다. 그리고 자료 조사를 체계적으로 하는 법부터 탐구를 좀 더 배움이 넘치도록 할 수 있는 방법까지 체험하며 알 수 있게 되었다. 그리고 알긴산에 대해 조금 부풀려서 연구원분들 만큼 줄줄 알고 있을 만큼 알긴산이라는 성분과 친해질 수 있었다. 그리고 링 부이의 생김새와 성질 즉 우리가 선정한 주제에 대해서는 그 누구보다도 잘 알고 있을 만큼 열심히 탐구했다.
- 장일라 : 많은 자료를 통해서 다시마에 함유되어있는 알긴산의 위치는 겉 표면, 미역에 함유되어있는 알긴산의 위치는 겉 표면, 해삼에 함유되어있는 알긴산의 위치는 연골, 감태에 함유되어있는 알긴산의 위치는 겉 표면, 홍합에 함유되어있는 알긴산의 위치는 살 부분이라는 것을 알게 되었다. 이러한 정보로 각 해양생물에서 얼마 정도의 알긴산이 추출되는지 자세하고 정확하게 알게 되었다. 각각의 해양생물에 함유되어있는 알긴산의 위치를 알 수 있게 되어서 좋았다. 알긴산의 성질이 어떠한지 실험을 통해 조금이나마 더 알 수 있었고 더 나아가 해양생물과 탄소 중립에 대한 지식을 많이 얻을 수 있었다. 알긴산이 있는 해양생물들을 조사하며, 여러 가지의 해양생물들의 특징과 효능에 대해 알게 되었다. 찹쌀풀, 염화칼슘&알긴산나트륨, 젤라틴, 녹말풀, 우유의 단백질, 아교로 총 6가지의 방법으로 실험하여 성공을 이뤄냈을 때 굉장히 뿌듯하고 희열감을 느꼈다.

○ 기타

1. 접착 능력이 있는 해양생물 해조류, 따개비, 홍합, 연잎, 말미잘에서 따개비, 말미잘은 노량진 수산 시장에서 판매하지 않고 연잎은 해양생물이 아닌 민물에서 사는 식물이기 때문에 따개비는 다시마로, 말미잘은 해삼으로, 연잎은 미역으로 대체했다.
2. 더 개선된 탐구 방법으로 실험을 진행하고 진행 예산비용을 줄이기 위해서 방법을 아래와 같이 수정했다.

[준비물 : 해양생물 5가지(감태, 다시마, 미역, 홍합, 해삼), 페플라스틱, 밧줄, 고리]

- 1) 5가지의 해양생물의 특성이나 서식지 환경을 조사한다.
- 2) 해양생물 5가지(감태, 다시마, 미역, 홍합, 해삼), 페플라스틱, 밧줄, 고리를 준비한다.
- 3) 5가지 정도의 해양생물의 접착력을 극대화할 수 있는 방법을 찾는다.
- 4) 알긴산 추출 수율을 통계하여 5가지의 해양생물의 접착능력을 비교한다.
- 5) 접착력이 강한 해양생물을 3가지 정도로 추린다.
- 6) 5가지의 접착제(녹말풀, 우유의 단백질, 아교)를 만든다.
- 7) 가장 접착제가 강력한 해양생물을 1가지로 추린다.
- 8) 페플라스틱을 원하는 링 부이의 크기와 비례하게 준비한다.
- 9) 농도가 다른 접착제를 이용하여 페플라스틱을 이어 붙여서 친환경 실험용 링 부이를 제작한다.

- 10) 완성된 3개의 링 부이를 바다에 직접 가서 바닷물에 뜨는지, 사람을 끌어당길 수 있을 만큼 접착제가 버티는지, 강한 파도에 접착제가 떨어지지 않는지를 탐구한다.
- 11) 가장 완성도가 높고 조건에 맞는 링 부이 한 가지를 선택한다.

5. 참고문헌

(본 탐구에 참고한 모든 정보 자료를 기술(참고문헌, 기사, 도움 받은 사람 등))

※ 최종보고서의 별첨 자료로 작성

※ 참고문헌 등의 자료를 그대로 옮기는 불공정 행위를 한 경우, 제재 조치 시행

※ (예) 도서 - 저자 (발행연도), 『도서명』, 발행기관, 출판지역, 인용페이지홍길동 (2017), 『해양생물도감』, 가나다출판사, 서울, 대한민국, p.100

※ (예) 논문 - 저자, 「논문 이름」 (논문이 실린 책 제목(잡지 호수), 발행연도), 인용 페이지홍길동, 「해양 생물논문」, (해양생물, 봄호, 2017), 30쪽

※ (예) 기사 - 글쓴이, 「기사 이름」, 신문 이름, 날짜, 게재면 수홍길동, 「해양생물 탐구대회」, 『해양생물일보』, 2017.00.00, 1면

도서-<https://blog.naver.com/domoss/222598413419>

도서-<https://terms.naver.com/entry.naver?docId=1223300&cid=40942&categoryId=32281>

도서-<https://terms.naver.com/entry.naver?docId=1122689&cid=40942&categoryId=32315>

도서-<https://adidasmania.tistory.com/m/96>

도서-<https://m.blog.naver.com/PostView.naver?blogId=siencia&logNo=220350203926&proxyReferer=https:%2F%2Fm.post.naver.com%2Fviewer%2FpostView.nhn%3FvolumeNo%3D18135585>

논문-<https://scienceon.kisti.re.kr/commons/util/originalView.do?cn=JAKO200817761723897&oCn=JAKO200817761723897&dbt=JAKO&journal=NJOU00291969>

논문-<https://patents.google.com/patent/KR101687379B1/ko>

논문-<https://patents.google.com/patent/KR101938832B1/ko>

논문-<https://patents.google.com/patent/KR101719104B1/ko>

다양한 조개껍데기를 이용해서 만든 네 가지 비료를 사용한 아레카 야자의 성장 속도 비교



팀명 네모난 돌

학생명 김하은, 박지희, 최은비, 홍채린

지도교사명 황인찬

학교 연무여자중학교

1. 탐구 동기 및 목적

○ 탐구 동기

- I. 우리나라 온실가스 배출량의 2.9%가 농업 부문에서 발생한다는 기사를 접한 후 온실가스의 종류 중 하나가 화학 비료 사용으로 인해 발생하는 아산화질소라는 것을 알게 되어 이때 배출되는 아산화질소의 양을 줄일 수 있는 대체재는 없을까 하는 의문이 들었다.
- II. 우리 학교는 탄소중립 5개 중점학교로 많은 식물들을 키우고 있다. 교내 화단에서 다양한 종류의 식물을 키우는 것에 흥미가 생겼고, 조금은 멀게 느껴지던 식물에 대한 거부감이 사라지며 식물을 키울 수 있다는 자신감이 생겨 이번 탐구를 통해 탄소중립에 도움이 될 수 있는 식물을 키우게 되었
- III. 다.

탄소중립 교육에서 패각이 수질오염, 토양오염, 도시 및 연안 경관 훼손, 악취 등을 일으킨다는 점을 배운 후에 더 자세히 찾아보니 55%는 재활용이 되지만 나머지 45%는 재활용이 되지 않는다는 사실을 알 수 있었다. 그래서 그 나머지 45%를 재활용할 수 있는 방안으로 패각이 탄산칼슘으로 이루어져 있다는 점을 고려해 비료로 만들어 보기로 했다.

학교 교육과정 중 탄소중립 환경 수업 시간에서 아레카 야자라는 식물을 알게 되었다. 아레카 야자는 나사에서 선정한 공기정화식물 1위로 우리가 진행할 실험에 적합하였다. 먼저, 아산화탄소 흡수율이 다른 식물보다 높아 탄소중립이라는 취지에 적합하였으며, 4개월이라는 짧은 탐구 기간에도 성장률이 눈에 보일 정도로 빠르다는 특징이 있다. 또한, 아산화질소를 흡수하기 때문에 우리의 궁금증을 풀어줄 식물이기 때문에 아레카 야자를 선정하게 되었다.

○ 탐구 목적

- I. 비료를 주지 않았을 때, 시중에서 판매율이 가장 높은 비료를 주었을 때, 굴, 바지락, 홍합의 패각을 이용하여 만든 비료를 주었을 때, 모든 비료를 섞어 만든 비료를 아레카 야자에게 주었을 때 아레카 야자의 성장률을 비교할 수 있다.
- II. 화학 비료(시중에서 판매율이 가장 높은 비료)를 사용함에 있어 발생하는 아산화질소의 양을 가장 많이 줄일 수 있는 비료를 제작하는 데 가장 효과적인 재료를 찾을 수 있다.
- III. 천연 비료를 통해 아레카 야자의 성장을 도움으로써 이산화탄소를 흡수하고, 아산화질소 배출량을 감소시킬 수 있다.
- IV. 조개 패각을 천연 비료로 만들어 사용할 경우, 방치되는 패각들을 처리할 수 있으며, 방치되는 패각으로 인해 발생하는 여러 환경적 문제(수질오염, 토양오염, 도시 및 연안 경관 훼손, 악취 등)를 방지할 수 있다.

2. 탐구 내용 및 결과

○ 내용

I. 화학 비료의 성분 조사

: 비료를 이루는 성분들을 조사하여 패각을 이용한 비료를 만들 때 필요한 성분들을 알아내었다. 또한 여러 성분들 중 비료의 3요소라 불리는 질소, 인산, 칼슘의 역할을 조사하였다.

- i. 질소: 광합성에 관계하는 엽록소를 만들어 줄기와 잎, 키를 키우는 역할을 한다. 또한 작물 생육에 가장 중요한 성분으로 식물체 내 생화학 반응에 관여하는 효소, 호르몬, 비타민류의 구성 성분 중 하나이다.
- ii. 인산: 가지와 잎의 생장을 돕는다. 또한 과실의 단맛을 높이고 신맛을 감소시켜 과실의 품질을 좋게 한다.
- iii. 칼슘: 체내 pH(수소 이온 농도를 지수로 표현한 것)의 급격한 변화를 억제시키는 역할을 한다. 탄수화물 대사, 호흡 작용, 광합성 작용, 단백질 합성, 엽록소 생성 등 식물이 성장함에 있어 꼭 거쳐야 하는 모든 과정에 관여한다.

II. 화학 비료의 환경적 악영향 조사

: 해양수산부 공식 블로그를 참고하여 화학 비료가 환경에 미치는 악영향을 조사하였다.

- i. 데드존(바닷물에 용해된 산소량이 적어서 생물이 생존할 수 없는 저산소구역) 형성: 화학 비료로부터 나온 질소 성분으로 인해 형성된다.
- ii. 지구온난화 가속화: 현재 배출되는 아산화질소의 4분의 1이 화학 비료 사용으로 발생한다.
- iii. 부영양화로 인한 적조와 녹조 현상: 바다와 하천에 화학 비료로 오염된 물이 들어오면 인, 질소와 같은 영양분이 과잉 공급되어 적조와 녹조 현상이 발발한다. 예로는 플랑크톤의 이상 증식이 있다.

III. 조개와 패각의 성분 조사

: 패각을 직접 채취하는 과정에서 필요한 조개에 대한 정보를 얻기 위해 조사하였다. 또한 패각에서 비료의 주성분을 얻는 과정을 수월하게 하기 위해 패각의 화학적 조성 성분을 조사하였다.

i. 조개의 특징과 성분 조사

1. 굴 : 사색목 굴과에 속하는 연체동물이다. 굴의 종류에 따라 서식 장소가 다소 다르나 대체적으로 농도가 낮은 조간대의 바위 등에 부착하거나 내해의 바위에 부착해 있다. 왼쪽 껍데기로 바위 등에 붙어 있으며, 오른쪽 껍데기는 좀 작고 볼록한 것이 특징이다. 두 껍데기의 연결부에는 치아가 없고 검은 안대로 닫혀 있다, 초반 1, 2년간 성장 속도는 빠르나 이후에는 느린 편이다.
2. 홍합 : 연체동물 사색목 홍합과의 패류이다. 대부분 모든 지역에 분포하며 조간대에서 수심 20m 사이의 바위에 붙어 산다. 껍데기가 두껍고 보라색을 띠는 검은색이며, 광택이 나는 것이 특징이다. 홍합 무리는 하나같이 질긴 섬유질로 된 실을 통해 돌이나 바위, 해초류에 달라붙어 있다.
3. 바지락 : 진판새목 백합과에 속하는 작은 바닷조개이다. 수심 10m 안팎의 얕은 바다에서 이동하지 않고 한곳에 머물러 산다. 타원형 껍데기이며 색깔은 흰색 바탕에 검은색 산 모양의 무늬 등 다양한 물결무늬와 색상이 있는 것이 특징이다. 대부분 흰색이지만 간혹 보라색도 있다고 한다.

ii. 패각의 화학적 조성 성분

1. 굴 패각의 화학적 조성 성분은 탄산칼슘이 96.8%로 다른 화학적 조성 성분보다 훨씬 높은 비율을 차지한다.
2. 홍합 패각 또한 탄산칼슘이 95.6%로 상당히 높은 비율을 차지한다.
3. 바지락 패각에는 생석회 92.79%로 상당 비율을 차지하고 있다.

iii. 패각의 실태와 악영향 조사

: 패각의 실태와 악영향을 이해하고 이를 보완할 수 있는 비료를 만들기 위해 조사하였다.

1. 해양수산부에 따르면 2019년 8월부터 전국에 방치되어 있는 패각은 누적 20만 600톤이지만, 통계에 잡히지 않고 무단 방치된 것까지 포함하면 누적 92만 톤에 이른다는 분석도 있다.
2. 방치된 패각 92만 톤을 처리하면 이산화탄소 배출량을 41만 톤까지 감소시킬 수 있다.

3. 환경적 악영향뿐만 아니라 20 여 년간 패각, 특히 굴 패각에서 발생하는 악취와 벌레로 지역 거주민과 생산자 간 고질적 갈등이 유발된다.
4. 굴 패각은 일반 차량을 통한 운송이 아닌 폐기물 지정 차량을 통해 운송되어 다른 패각에 비해 처리가 어렵다는 특징이 있다.

IV. 블루카본의 정의 및 역할 조사

: 해양 생태계를 이해하고 탄소 중립이라는 주제에 대한 시야를 넓히기 위해 조사하였다..

- i. 블루카본의 정의 : 바닷가에 서식하는 생물과 해양 생태계가 흡수하는 탄소를 의미하며, 세계에서 가장 강력한 탄소 흡수원으로 알려져 있다.
- ii. 블루카본의 역할 : 1,000평당 200~350t의 탄소를 보존하여 대기 중 이산화탄소를 줄이는 역할을 한다. 또한 파도 높이를 감소시키는 방파제 역할을 하기 때문에 해일 피해를 줄여 주며, 비용 대비 탄소 줄임 능력이 뛰어나고 열대우림과 같은 육상 생태계보다 탄소를 최대 50배 이상 빠르게 흡수하여 많은 주목을 받고 있다.



[그림 1. 블루카본에 대한 설명 및 가능성]

V. 아레카야자 조사하기

: 아레카야자를 키울 때 주의, 참고해야 할 사항이나 사전에 알아두면 좋은 정보를 찾기 위해 조사하였다.

i. 아레카야자의 비료 사용

1. 아레카야자를 기르는 데에 가장 적절한 비료의 양은 알려지지 않았지만, 아레카야자는 다른 식물에 비해 비료를 많이 요구하는 편이라고 한다.

ii. 아레카야자의 수분 필요량

1. 10~15일을 주기로 토양에 남아 있는 수분을 확인해 토양에 남아 있는 수분이 매우 적다고 판단될 경우 화분을 가득 채울 정도로 듬뿍 물을 주어야 한다.
2. 토양에 수분이 남아 있을 때 물을 많이 줄 경우 과습으로 죽을 수도 있다.

VI. 조개껍데기로 비료를 제작하는 방법 찾기

: 제작이 어렵지 않으면서도 비료를 만들었을 때 시중에서 판매하는 비료와 비슷한 효과를 낼 수 있는 제작 방법을 찾기 위해 조사하였다.

i. 조개껍데기를 분쇄해 가루로 만들어 뿌리기

ii. 분쇄한 가루를 액체 형태의 비료로 만들어 분사하기

: 두 가지 방법을 조사하였으나 아레카 야자를 성장시키기에 가장 적합한 조건이라 판단되는 고체 형태의 비료를 사용하기 위해 조개껍데기를 분쇄해 가루로 만들어 뿌리는 방법을 선택하였다,

○ 방법

I. 비료 제작

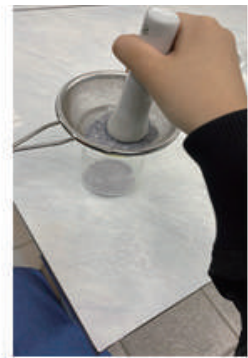
- i. 아레카 야자를 키울 때는 액체 형태의 비료보다 고체 형태의 비료가 더 적합하다고 판단하여 분쇄한 가루를 액체 형태로 만드는 방법 대신 분쇄한 가루 자체를 비료로 사용하기로 하였다.
- ii. 굴 패각을 이용한 비료, 바지락 패각을 이용한 비료, 홍합 패각을 이용한 비료, 앞서 언급한 세 가지 패각을 모두 섞은 혼합 비료를 제작하였다.
- iii. 비료 제작 실행
 1. 굴 패각, 바지락 패각, 홍합 패각을 햇빛에 두어 바짝 말린다.
 2. 바싹 마른 패각을 망치를 이용해 작은 조각으로 부순다.
 3. 잘게 부순 패각을 분쇄기에 넣어 가루의 형태로 만든다.
 4. 패각 가루를 체로 걸러 큰 입자와 작은 입자를 분리한 후 걸러지지 않은 입자는 다시 분쇄하여 가루로 만든다.



[그림 2. 햇빛에 바짝 말려지는 패각들]



[그림 3. 완성된 패각 비료(혼합 비료는 각각 1:1:1의 비율로 만들었으며 사진을 찍지 못함)]



[그림 4. 패각 비료 제작의 전반적인 과정]

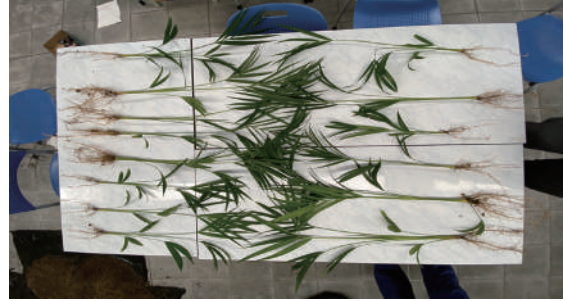
II. 아레카 야자 모종 심기

: 아레카야자를 키울 때 주의, 참고해야 할 사항이나 사전에 알아두면 좋은 정보를 찾기 위해 조사하였다.

- i. 아레카야자를 심기 위하여 필요한 준비물(모종삽, 상토, 아레카야자, 화분) 준비한다.
- ii. 땅에 비닐을 넓게 펼친 후 구매한 아레카야자를 하나씩 분리한다.



[그림 5. 성장 정도가 비슷한 아레카야자 선별]



[그림 6. 각각 분리된 아레카야자]

- iii. 각각의 아레카야자 중 성장 정도가 비슷한 아레카야자 선정 후 화분에 심는다.

- * 아레카야자는 각각의 화분에 2개씩 심었으며, 그 이유는 개체마다 특성이나 성장 배경에 따라 성장 속도가 다를 경우 실험에 영향을 줄 수 있으므로 하나의 모종을 여러 뿌리로 나누어 심었다.
- * 비료의 영향이 아닌 각 아레카야자의 유전적 특성으로 인해 성장 속도가 다를 경우를 대비해 한 화분당 두 개의 뿌리를 심는 것이 정확한 결과를 확인할 수 있을 것이라 예상하였다.



[그림 6. 왼쪽부터 비료를 넣지 않을 아레카야자, 시중에 판매되는 칼슘 비료를 넣을 아레카야자, 혼합 비료를 넣을 아레카야자]



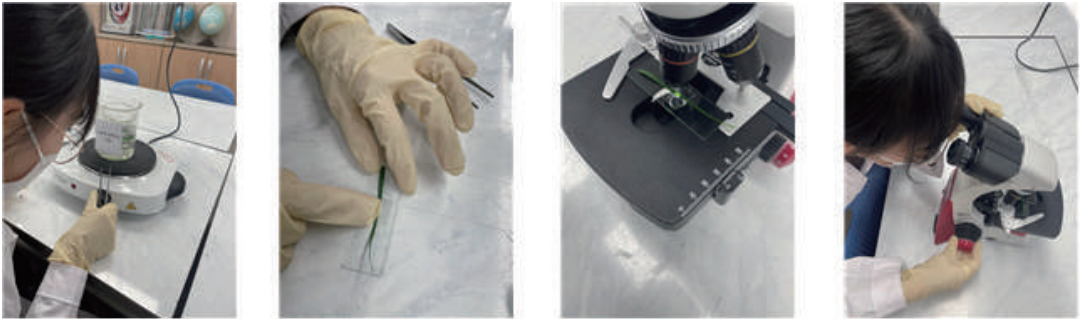
[그림 7. 왼쪽부터 굴 비료를 넣을 아레카야자, 바지락 비료를 넣을 아레카야자, 혼합 비료를 넣을 아레카야자]

- iv. 실험은 비료를 주지 않는 경우(대조군 1), 시중에서 사용되는 칼슘 비료를 사용한 경우(대조군 2), 굴 패각을 이용한 비료를 준 경우(실험군 1), 바지락 패각을 이용한 비료를 준 경우(실험군 2), 혼합 패각을 이용한 비료를 준 경우(실험군 3), 모든 패각을 이용한 비료를 준 경우(실험군 4)를 비교하기로 하였다.
- v. 모든 대조군과 실험군을 키울 시 비료의 종류를 제외한 모든 변인은 통제하기로 한다. (흙의 양, 주는 물의 양, 비료의 양)
- vi. 아레카야자는 온도와 습도에 영향을 많이 받는다. 하지만 실험실의 한계로 인하여 직접적인 통제가 어렵다고 판단하여 모두 동일한 장소(다른 학생들의 손이 닿지 않는 과학준비실)에서 기르기로 하였다.

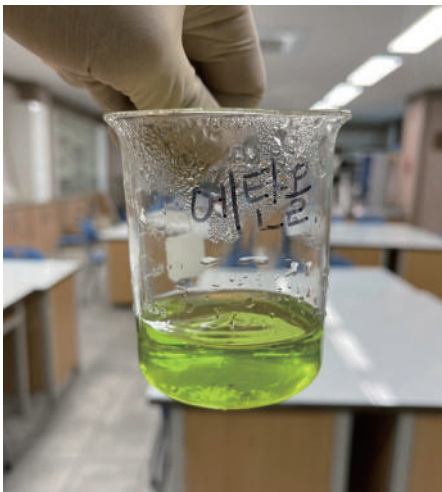
III. 1차 광합성량 측정 실험

* 광합성량 측정 실험은 총 2회로 실시하였다. 광합성량 실험은 아레카야자마다 유전적으로 환경적으로 성장률이 다를 수 있다고 판단되어 실시하였으며, 광합성량이 1차 실험보다 2차 실험에서 어느 정도 증가했는지를 확인하고 광합성량의 증가 폭이 많은 것을 성장을 많이 했다고 판단하기로 하였다.

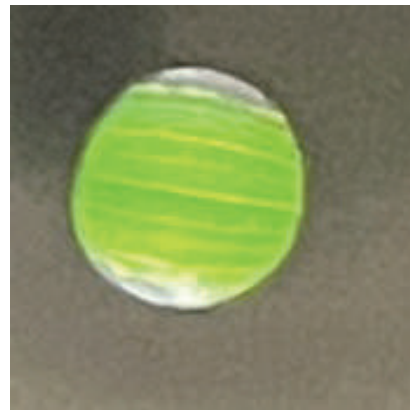
- i. 비커에 에탄올을 넣은 후 물증탕을 하여 가열시킨다.
- ii. 에탄올이 가열된 후 아레카야자의 잎을 넣은 후 엽록소를 제거한다.
- iii. 엽록소가 제거된 아레카야자에 아이오딘-아이오딘화 칼륨을 넣어 염색시킨 후 청람색으로 변한 부분의 면적을 확인한다.



[그림 8. 광합성량을 측정하는 전반적인 과정]



[그림 9. 아레카야자에서 나온 엽록소]



[그림 10. 현미경을 통해 관찰한 아레카야자 잎(X100).
(평균적인 색채와 달리 짙고 어두운색을 띠는 부분을 광합성이 일어난 부분이라고 봄.)]

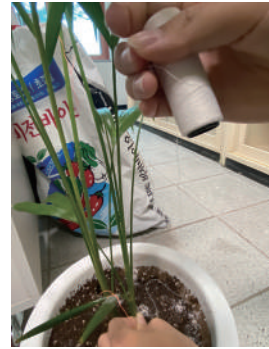
IV. 아레카 야자의 성장 속도 비교 및 기록

* 각 비료별 아레카야자의 성장 속도를 비교하기 위해 성장일지(잎과 줄기의 길이, 광합성량이 포함된 일지) 제작 후 주에 한 번씩 측정(별첨 1 첨부)

- i. 성장일지 작성에 필요한 잎과 줄기의 길이를 정확하게 측정하기 위해 실을 이용하였다.
- ii. 잎과 줄기의 길이 측정은 한 화분에 심어진 두 개의 아레카야자 모두를 측정하였다.
- iii. 두 개의 아레카야자 모두에서 가장 긴 잎과 가장 짧은 잎의 가로와 세로 길이를 측정하였으며 측정된 2개의 값을 평균 내었으며 이때, 성장률을 반영하여 소수점 아래 2번째 자리까지 측정하였다.
- iv. 측정했던 잎의 가장자리에 실을 묶어 표시함으로써 기존에 측정하던 잎을 착각하지 않도록 하였다.



[그림 11. 아레카야자의 잎과 줄기 측정의 전반적인 과정]



[그림 12. 잎을 구분하기 위해 실로 묶는 모습]

V. 아레카야자에 비료, 물 주기

: 아레카야자를 키울 때 주의, 참고해야 할 사항이나 사전에 알아두면 좋은 정보를 찾기 위해 조사하였다.

- i. 아레카야자에게 각각의 비료 18g을 주었다. 혼합 비료를 제작할 때에는 굴 패각 비료 6g, 홍합 패각 비료 6g, 바지락 패각 비료 6g을 합쳐 18g을 제작하였다.
- ii. 물의 양은 500mL만큼 주었다.

* 광합성량 측정 실험은 총 2회로 실시하였다. 광합성량 실험은 아레카야자마다 유전적으로 환경적으로 성장률이 다를 수 있다고 판단되어 실시하였으며, 광합성량이 1차 실험보다 2차 실험에서 어느 정도 증가했는지를 확인하고 광합성량의 증가 폭이 많은 것을 성장을 많이 했다고 판단하기로 하였다.

- iii. 물과 비료는 한 주에 한 번씩 주었으며 동일한 시간에 주었다.



[그림 13. 왼쪽 위부터 시중에 판매되는 비료, 굴 패각 비료, 혼합 패각 비료, 바지락 패각 비료, 혼합 비료를 주는 모습. 마지막 그림은 18g씩 나뉜 패각 비료들]

V. 아레카야자에 비료, 물 주기

- i. 1차 광합성량 측정 실험과 마찬가지로 실험을 진행한다.
- ii. 각각의 아레카야자의 광합성량을 확인하고 1차 실험에서의 광합성량과 2차에서의 광합성량의 차이를 계산한다.
 - * 광합성 결과 생성된 녹말이 청람색으로 변한 부위는 사각형이나 원이 아니기 때문에 측정하기 어려움이 있었다. 따라서 청람색으로 변한 부분을 표시하고 색칠하여 면적이 어느 정도인지 파악함.
- iii. 광합성량의 증가 폭이 큰 아레카야자를 선별하고 증가 폭이 큰 아레카야자에게 준 비료를 확인하는 실험이다.

VII. 가장 효과가 좋은 비료 선정

- i. 가장 좋은 비료의 선정의 기준은 다음과 같다.
 1. 줄기와 잎의 길이의 성장의 폭이 가장 큰 경우
 - * 비료를 주기 전과 마지막 성장일지를 작성한 시점에서의 잎과 줄기의 길이 차이
 2. 1차 광합성량 실험과 2차 광합성량 실험에서 광합성량의 증가 폭이 큰 경우
- ii. * 비료를 주기 전과 마지막 성장일지를 작성한 시점에서의 광합성량 차이
 - i의 기준을 제외한 나머지 부분에 대해서는 좋은 비료 선정 기준에서 제외한다.

○ 결과

I. 앞의 세로 길이 평균과 줄기의 길이

i. 심는 날(첫 날)

- 표 1. 첫 날 아레카야자의 앞의 세로 길이 평균과 줄기의 길이

	앞의 세로 길이 평균(cm)	줄기의 길이(cm)
비료를 사용 안함	19.00	63.52
시중에 판매되는 비료	18.11	65.11
굴 패각 비료	17.58	68.97
홍합 패각 비료	19.14	58.17
바지락 패각 비료	22.36	55.98
혼합 비료	21.04	59.28

ii. 1주차

- 표 2. 1주차 아레카야자의 앞의 세로 길이 평균과 줄기의 길이

	앞의 세로 길이 평균 (첫 날 대비 성장량) (cm)	줄기의 길이 (첫 날 대비 성장량) (cm)
비료를 사용 안함	19.00(0.00)	63.52(0.00)
시중에 판매되는 비료	18.11(0.00)	65.11(0.00)
굴 패각 비료	17.58(0.00)	68.97(0.00)
홍합 패각 비료	19.14(0.00)	58.17(0.00)
바지락 패각 비료	22.36(0.00)	55.98(0.00)
혼합 비료	21.04(0.00)	59.28(0.00)

iii. 2주차

- 표 3. 2주차 아레카야자의 앞의 세로 길이 평균과 줄기의 길이

	앞의 세로 길이 평균 (첫 날 대비 성장량) (cm)	줄기의 길이 (첫 날 대비 성장량) (cm)
비료를 사용 안함	19.00(0.00)	63.54(0.02)
시중에 판매되는 비료	18.12(0.01)	65.13(0.02)
굴 패각 비료	17.59(0.01)	68.98(0.01)
홍합 패각 비료	19.14(0.00)	58.18(0.01)
바지락 패각 비료	22.36(0.00)	55.99(0.01)
혼합 비료	21.05(0.01)	59.29(0.01)

iv. 3주차

- 표 4. 3주차 아레카야자의 잎의 세로 길이 평균과 줄기의 길이

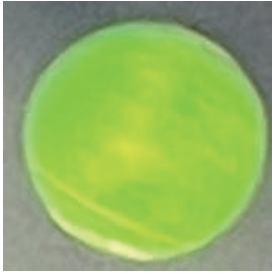
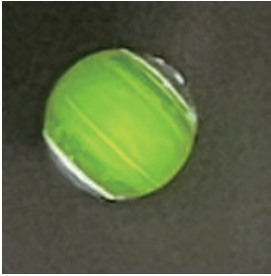
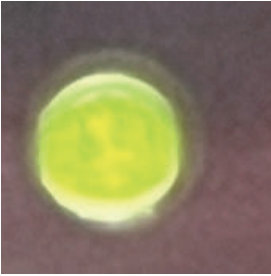
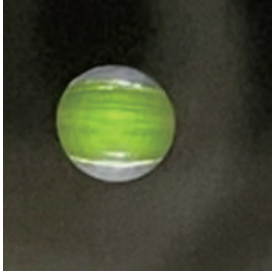
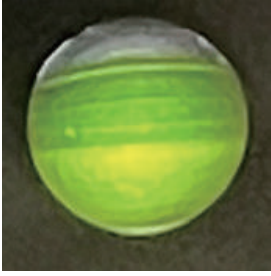
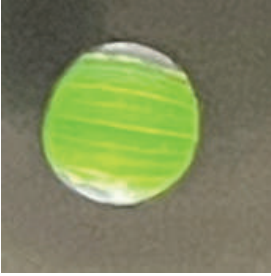
	잎의 세로 길이 평균 (첫 날 대비 성장량) (cm)	줄기의 길이 (첫 날 대비 성장량) (cm)
비료를 사용 안함	19.01(0.01)	63.54(0.02)
시중에 판매되는 비료	18.13(0.02)	65.16(0.05)
굴 패각 비료	17.59(0.01)	69.00(0.03)
홍합 패각 비료	19.15(0.01)	58.19(0.02)
바지락 패각 비료	22.36(0.00)	56.00(0.02)
혼합 비료	21.05(0.01)	59.31(0.03)

II. 광합성량

- 표 5. 각 아레카야자의 잎에서 관찰된 광합성량 비교

	비료가 없는 아레카야자의 잎(x100)	시중에 판매되는 비료를 준 아레카야자의 잎(x100)	굴패각비료를 준 아레카야자의 잎(x100)
1차 광합성 실험			
2차 광합성 실험			

- 표 5. 각 아레카야자의 앞에서 관찰된 광합성량 비교

	혼합 패 비료를 준 아레카야자의 앞(x100)	바지락 패각 비료를 준 아레카야자의 앞(x100)	혼합 비료를 준 아레카야자의 앞(x100)
1차 광합성 실험			
2차 광합성 실험			

3. 탐구의 결론 및 의의

○ 결론

- 아레카야자를 심은 첫 날 아레카야자의 잎의 길이는 다음과 같다. 비료를 주지 않은 아레카야자의 잎이 세로 길이 평균은 19.00cm, 시중에 판매되는 비료를 사용할 아레카야자의 잎의 세로 길이 평균은 18.11cm, 굴 패각 비료를 사용할 아레카야자의 잎의 세로 길이 평균은 17.58cm, 혼합 패각 비료를 사용할 아레카야자의 잎의 세로 길이 평균은 19.14cm, 바지락 비료를 사용할 아레카야자 잎의 세로 길이 평균은 22.36cm, 혼합 비료를 사용할 아레카야자의 잎의 세로 길이 평균은 21.04cm였다. 마지막 주에 측정된 잎의 세로 길이 평균은 다음과 같다. 비료를 주지 않은 아레카야자의 잎의 세로 평균 길이 19.01cm, 시중에 판매되는 비료를 사용한 아레카야자의 잎의 세로 길이 평균은 18.13cm, 굴 패각 비료를 사용한 아레카야자의 잎의 평균 세로 길이 17.60cm, 혼합 패각 비료를 사용한 아레카야자의 잎의 평균 세로 길이 19.15cm, 바지락 패각 비료를 사용한 아레카야자의 잎의 세로 평균 길이 22.36cm, 혼합 비료를 사용한 아레카야자의 잎의 세로 평균 길이 21.05cm였다. 이를 통해 약 4주 동안 비료를 사용하지 않은 아레카야자의 성장량은 0.01cm, 시중에 판매되는 비료를 사용한 아레카야자의 성장량은 0.02cm, 굴 패각 비료를 사용한 아레카야자의 성장량은 0.02cm, 혼합 패각 비료를 사용한 아레카야자의 성장량은 0.01cm, 바지락 패각 비료를 사용한 아레카야자의 성장량은 0.00cm, 혼합 비료를 사용한 아레카야자의 성장량은 0.01cm만큼 성장한 것을 확인할 수 있었다. 기온이 낮으면 성장률이 현저히 떨어지는 아레카야자의 특성이 어느 정도 반영된 듯하지만, 과학 준비실의 기온이 어느 정도 유지되어 성장을 조금이나마 한 것으로 보인다. 다른 변화를 제외하고 잎의 세로 길이만 봤을 때 시중에서 판매되는 비료를 사용하는 것이 가장 효율적으로 보이며 이후에는 굴 패각 비료, 혼합 패각 비료, 혼합 비료, 바지락 패각 비료를 사용해야 할 것이다.

- 아레카야자의 줄기의 길이는 다음과 같다. 비료를 사용하지 않은 아레카야자의 줄기 길이는 63.53cm, 시중에 판매되는 비료를 사용할 아레카야자의 줄기 길이는 65.11cm, 굴 패각 비료를 사용할 아레카야자의 줄기 길이는 68.97cm, 혼합 패각 비료를 사용할 아레카야자의 줄기의 길이는 58.17cm, 바지락 패각 비료를 사용할 아레카야자의 줄기의 길이는 55.98cm, 혼합 비료를 사용할 아레카야자의 줄기의 길이는 59.28cm였다. 4주차가 되는 날 줄기의 길이는 다음과 같다. 비료를 사용하지 않은 아레카야자의 줄기 길이 63.54cm로 0.02cm 자랐으며, 시중에 판매되는 비료를 사용한 아레카야자의 줄기 길이는 65.16cm로 0.05cm 자랐으며, 굴 패각 비료를 사용한 아레카야자의 줄기 길이는 69.00cm로 0.03cm 자랐으며, 혼합 패각 비료를 사용한 아레카야자의 줄기 길이는 58.19cm로 0.02cm 자랐으며, 바지락 패각 비료를 사용한 아레카야자의 줄기 길이는 56.00cm로 0.02cm 자랐으며 마지막으로 혼합 비료를 사용한 아레카야자의 줄기 길이는 59.31cm로 0.03cm 성장한 것을 확인

할 수 있었다. 이를 통하여 패각으로 제작된 칼슘 비료는 잎의 성장보다는 줄기의 성장에 더 도움이 된다는 것을 알 수 있다. 이도 마찬가지로 시중에서 판매되는 비료가 성장에 가장 큰 변화를 주었으며 그 다음으로 굴 패각, 혼합 비료, 홍합 패각과 바지락 패각 순으로 효율이 좋은 것을 알 수 있다. 하지만 비료를 넣지 않을 때와 바지락과 홍합 비료는 성장량의 비슷하였다.

- 광합성 실험을 통해 얻은 녹말의 양은 판단하기 어려웠다. 사진 상에 뚜렷하게 상이 멧히지 않을 뿐만 아니라 염색된 부분을 정확히 확인할 수 없었다. 또한, 변색이 된 부분이 보인다고 할지라도 그에 대한 면적을 구하는 것이 어려웠다. 하지만 어느 정도 광합성량이 큰 변화를 가진 것은 홍합 패각을 준 아레카야자와 바지락 패각을 비료로 준 아레카야자였다. 이에 대해서는 참고만 하는 것이 좋을 것으로 보인다.

○ 의의(기대효과)

- 패각석 비료의 효과가 시중에 파는 비료만큼 뛰어난 효과를 보이지는 않았지만 이 실험을 통해 앞으로의 패각석 비료 발전 가능성을 제시할 수 있었다. 비료를 만드는 방식을 수정하거나 다른 패각을 사용하여 새로운 비료를 만든다면 시중에 파는 비료와 비슷한 효과를 낼 수 있을지도 모른다는 생각이 들었다.

- 비료를 주지 않은 경우와 비슷한 성장 정도를 보인 패각석 비료도 있었지만, 시중에 파는 비료와 같은 성장 정도를 보인 홍합 비료와 패각 혼합 비료는 더 많은 연구와 개발을 통해 실제 비료 시장에 내 보일 수 있을 것이라고 보인다.

4. 탐구를 진행하면서 어려운 점과 알게 된 점

○ 어려운 점

- 화학 비료나 패각에 대한 정보를 다양하게 수집하고 싶어도 일정 부분 이상으로 자세하게 연구하거나 설명되어 있는 자료가 많지 않아 정보의 다양성이 크지 않은 편이다.
- 자세한 성분을 얻으려면 직접 샘플을 구해 연구실 등의 장소에 조사를 의뢰하여야 하는데, 샘플 채취와 조사 의뢰가 쉽게 이루어지지 않아 인터넷 검색을 통한 조사에 한계가 있다.
- 패각에서 나는 비린내가 심해서 패각을 비료로 만드는 과정 내내 패각 비린내가 심해졌다. 패각 비린내를 제거할 수 있는 방안을 고려해 보아야 할 것으로 보인다.
- 홍합보다 비교적 딱딱한 편인 굴은 믹서기에 잘 갈렸지만 홍합은 일정량이 갈린 뒤로부터 거의 갈리지 않는다. 크기가 큰 홍합 껍데기는 손으로도 부서질 만큼 연약하지만 일정 크기 이하로 작아지면 더 이상 부서지지 않는다. 믹서기를 여러 번 사용하거나 망치나 절구를 사용해 직접적으로 부수려 해도 많은 가루를 얻을 수 없었다.
- 알코올램프로 물을 가열해 에탄올을 끓이는 데에 오랜 시간이 소요되어 광합성량 측정 실험을 진행할 때마다 준비 시간이 길어졌다. 끓는 시간을 단축시킬 방법을 고안해야 할 것으로 보인다.
- 예상했던 것과는 달리 아레카야자의 성장 속도가 느려 각각의 비료를 넣은 아레카야자의 성장 정도의 차이가 뚜렷하게 구분되지 않아서 아쉬웠다. 실험 기간을 늘리거나 성장 정도의 차이를 구분할 수 있는 다른 기준을 고민해 보아야 할 것으로 보인다.
- 패각을 비료로 활용하는 기사들이나 굴은 많았지만 구체적으로 비료로 만드는 방법이나 그 과정을 서술한 논문은 상대적으로 적어서 자료 조사에 어려움이 있었다.
- 굴, 동죽, 바지락, 홍합을 이용한 비료를 만들 예정이었으나 동죽을 판매하는 곳도, 처리하기를 원하는 곳도 찾지 못해 동죽을 구할 수 없었다는 점이 아쉬웠다.
- 아레카야자 한 모종을 여러 뿌리로 나누는 과정에서 뿌리가 상하지 않게 주의해야 하기 때문에 다른 작업에 비해 많은 집중력을 필요로 해 빠른 진행이 어려웠다.
- 아이오딘-아이오딘화 칼륨 용액을 이용한 광합성량 측정 실험을 진행할 때, 참고한 영상에서 보였던 아이오딘-아이오딘화 칼륨 용액의 색과 학교에서 보유하고 있는 아이오딘-아이오딘화 칼륨 용액의 색이 달랐다. 또한 광합성이 일어나 녹말이 발생한 부분이 청람색으로 물들어 보이는 기존 실험의 결과와는 달리 이번 실험에서는 뚜렷하게 청람색으로 보이는 부분이 없어 광합성량을 비교하기 어려웠다.
- 아레카야자 모종별 성장 배경과 유전적 특성이 다른 점을 고려해 하나의 모종을 여러 뿌리로 나누었지만 이 과정에서도 뿌리별 기존 성장 정도가 다르다는 점이 영향을 미쳤을 수도 있다는 생각이 들었다. 추후 같은 실험을 진행하게 된다면 각 뿌리별 성장 정도를 보다 더 세세하게 확인하고 최대한 같은 조건을 만들어 주는 것이 좋다고 생각된다.

- 적정량의 비료가 정확히 어떤 양을 의미하는 건지 조사를 통해 찾을 수 없어 아레카야자를 구매한 함산꽃식물원 사장님께 자문을 구해 18g의 비료와 500ml의 물을 주면 된다는 조언을 얻었다. 직접 식물을 키우고 있는 사람에게 답변을 들을 수 있었던 건 좋은 기회였지만, 정확한 수치와 그 근거를 찾지 못했다는 점이 아쉬웠다.

○ 알게 된 점

- 화학 비료의 성분과 화학 비료를 사용함으로써 발생하는 환경적 악영향에 대해 조사하며, 우리가 무심코 사용하던 것들이 환경오염을 발생시킬 수 있다는 것을 알게 되었다.
- 화학 비료의 성분들이 발생시키는 환경오염과, 그 환경오염을 방지할 수 있는 방법에 대해 생각해 보며 우리가 천연비료를 만듦으로써 개선할 수 있는 여러 방향성을 고민하는 과정을 통해 환경적 사고를 기를 수 있었다.
- 직접 해양머드박람회 방문하여 자료를 조사하는 과정에서 블루카본과 조개에 대한 이야기 외에도 다양한 해양생물과 해양 생태계에 대한 신기한 사실들을 많이 알 수 있었다.
- 블루카본에 대한 여러 정보를 조사하면서 현재 블루카본의 역할과 블루카본이 사회적, 환경적으로 얼마나 중요한 위치에 놓여 있는지를 알게 되었다.
- 블루카본이 우리에게 환경적으로 여러 도움을 줄 수 있다는 사실을 깨달은 후, 블루카본을 지금보다 더 개발하고, 그 상태를 오래 유지할 수 있게 노력해야 한다는 사실을 알 수 있었다.
- 한 해의 누적되는 패각의 양이 생각보다 많다는 것을 알게 되었고, 그 패각이 우리 환경과 얼마나 밀접하게 작용하는지(패각이 방치되어 생기는 이산화탄소량, 패각으로 인한 환경적 악영향뿐만 아니라 사람들 간의 발생하는 갈등)등을 알게 되었다.
- 패각석 비료의 사용으로 환경을 보호할 수 있다는 것을 깨닫게 되었다.
- 홍합을 세척하는 과정에서 홍합 껍데기의 검정색 부분은 홍합 껍데기 자체의 색이 아니라 얇은 비닐 같은 존재라는 것을 알게 되었다. 이걸 벗기면 홍합 껍데기의 안쪽과 동일한 색이 나온다.

○ 기타

- 처음에 계획했던 것과는 달리 동족을 구하지 못해 동족을 제외한 굴, 바지락, 홍합을 사용한 패각 비료만 만들 수 있었다.
- 성장일지 내에 아레카야자별 뿌리의 면적을 측정하는 내용이 있었지만 뿌리의 면적을 매번 확인하려면 매주 아레카야자를 뽑았다 다시 심어야 하는데, 이 과정에서 아레카야자가 손상될 가능성을 고려해 뿌리의 면적을 측정하지 않기로 하였다.
- 공기정화식물인 아레카야자가 공기 중의 아산화질소와 이산화탄소를 얼마나 잘 흡수하는지 확인하기 위해 각각 아산화질소량 측정기와 석회수 실험을 계획했으나, 예산과 일정을 고려해 두 가지 실험을 제외하기로 하였다.

5. 참고문헌

- 심명남, 어촌에 버려진 92만톤 굴껍데기 "이젠 귀한 몸", 여수넷통뉴스, 2021.09.16.
- 유유파, 굴 효능 및 영양성분 칼로리 (식중독과 과식 주의점), 2021
- 정철우, 국내 패각류 재활용 방안에 대한 고찰-굴 패각을 중심으로 (Koreascience, 2016) 1~16쪽
- 윤문철, "패각(貝殼)쓰레기" 자원화센터 설립!!, 시사일보, 2020.02.16.
- 해양수산부, 바다로 흘러들어간 하수처리수, 해양환경에 악영향을 끼친다!?, 2021
- 클래스로그, [중등 과학 2] 4. 식물과 에너지 - 아이오딘-아이오딘화 칼륨 용액 녹말 반응, 2019
- 예푸른, 공기정화 최고!! 아레카야자 키우기, 2019
- 행운별, 거실화분 아레카야자 잘 키우기 방법 4가지, 2021
- 오케롯개, 식물초보들 주목! 홈가드닝 입문자들이 꼭 알아야할 5가지! - 집콕레슨 <홈가드닝>편 1부, 2021
- 함산꽃식물원 사장님의 조언

<http://www.netongs.com/news/articleView.html?idxno=303801>

<https://jackpotsense.tistory.com/m/entry/%EA%B5%B4-%ED%9A%A8%EB%8A%A5-%EB%B0%8F-%EC%98%81%EC%96%91%EC%84%B1%EB%B6%84-%EC%B9%BC%EB%A1%9C%EB%A6%AC-%EC%8B%9D%EC%A4%91%EB%8F%85%EA%B3%BC-%EA%B3%BC%EC%8B%9D-%EC%A3%BC%EC%9D%98%EC%A0%90>

<https://koreascience.kr/article/JAKO201617558396800.pdf>

<http://m.koreasisailbo.com/53475>

<https://m.blog.naver.com/koreamof/222542467053>



K10 U10 J1-

버려지는 해양생물의 부산물(굴 패각, 홍게 껍데기)을 이용하여 재활용 가능한 깁스(cast) 제작하기



팀명	석고대죄	학교	연무여자중학교
학생명	강예지, 김예림, 염희지, 홍유진		
지도교사명	황인찬		

1. 탐구 동기 및 목적

○ 탐구 동기

- I. 바다 여행을 갈 때면 빠지지 않고 먹는 것이 바로 조개구이다. 숯불 위 철판에 타닥타닥 소리를 내며 보글보글 익어가는 굴들을 보며 이 굴 껍데기들은 어디로 갈지 문득 생각이 들었다.
- II. 조사해 보니 대량의 굴 패각이 박신장이나 해안가 주변에 쌓여 심한 악취와 환경 오염을 유발한다는 충격적인 사실을 알게 되었다. 그렇다면 재활용 방안은 없을까?
- III. 우리는 그 속에 함유된 탄산칼슘에서 실마리를 찾을 수 있었다. 기존의 굴 패각 재활용 방안은 비료나 석회 분말 등 탄산칼슘의 활용도에서 비롯되었다! 우리는 굴 패각의 탄산칼슘을 활용해 의미 있는 물건을 만들기로 결심하였다.
- IV. 평소에 즐겨 보던 뉴스 채널의 동영상에서 홍게 껍데기의 성분(키틴)으로 플라스틱을 만들 수 있다는 사실을 알게 되었다. 게의 단단한 껍데기로 말랑말랑한 플라스틱을 만들 수 있다는 것이 참 신기했다. 맛있게 뿐만 아니라 환경에도 큰 도움을 주는 게의 놀라운 활용도는 탐구하기에 정말 적절한 소재였다.
- V. 굴 패각의 탄산칼슘과 게 껍데기의 키틴을 혼합하여 사용할 수 있는 물건이 무엇이 있을까 고민하다 우연히 친구의 깁스(cast)를 보게 되었고, 그 후 cast에 관한 생각을 발전시키다 굴 패각 성분과 키틴 플라스틱을 붕대 구성 부품에 이용하면 어떨까? 하는 생각을 탐구 주제로 굳히게 되었다.
- VI. 매년 발생하는 대량의 굴 패각과 홍게 껍데기는 해안가 등 특정 구역에 쌓여 악취를 풍기는 등 환경 오염을 일으키고, 기존의 깁스는 일반 의료용 폐기물 혹은 생활폐기물로 분류되어 그저 쓰레기로 버려져 자원 재순환에 적합하지 않다.

○ 탐구 목적

- I. 바닷가 생태에 악영향을 미치는 굴 패각과 홍게 껍데기를 활용하여 자연, 그리고 인간에게 편리한 재활용 가능 깃스(cast)를 만들어 탄소중립을 실천하고, 해양 자원 부산물 활용 방안의 새로운 패러다임을 제시한다.

2. 탐구 내용 및 결과

○ 내용

I. 굴 패각과 홍게 껍데기의 구성성분

i. 굴 패각 구성성분

: 굴 패각은 대부분 탄산칼슘($CaCO_3$)으로 이루어져 있다. 굴 패각 속 탄산칼슘의 구성 비율은 약 92~94%로서, 채취 시기마다 조금씩 상이한 것으로 드러났다. 그 외 황산 칼슘($CaSO_4$), 산화알루미늄(Al_2O_3), 이산화 규소(SiO_2), 산화 칼륨(K_2O) 등이 미량 함유되어 있다. 따라서 굴 패각을 열처리 후 분쇄하면 그 분말을 이용하여 석회 반죽을 제작할 수 있을 것이다.

ii. 홍게 껍데기 구성성분

: 홍게 껍데기의 주요 구성성분은 탄산칼슘($CaCO_3$), 단백질, 키틴(Chitin), 색소(Astaxantin)이다. 탄산칼슘 약 42%, 단백질 약 32%, 키틴 약 25%의 구성 비율을 갖고 있으며, 이 중 우리가 활용하려는 키틴을 추출하기 위해 화학 약품 처리가 불가피하다

굴 패각 속 탄산칼슘($CaCO_3$) 함유율

	굴 패각
$CaCO_3$	92~94%

홍게 껍데기 속 키틴(Chitin) 함유율

	굴 패각
Chitin	25%

III. 보령해양머드박람회 현장 체험 학습

- 2022년 7월 25일, 보령해양머드박람회에 방문하여 블루카본, 해양쓰레기, 굴, 홍게 등 탐구 전반에 유익한 정보를 습득하였다; 블루카본(Blue Carbon)이란 해양 생태계가 흡수하는 탄소로, 그 흡수 정도가 육상 생태계보다 50배 이상 뛰어나 해양과 탄소 중립의 긴밀한 관계를 여실히 보여주는 증거이다.



[그림 1, 2, 3, 4. 보령해양머드박람회]

○ 방법

I. 굴 패각에서 탄산칼슘 추출하기 : 굴 패각 속 탄산칼슘(을) 추출하여 석회 반죽의 재료로 활용하였다.

i. 굴 패각에서 탄산칼슘 추출 과정

- ① 굴 패각의 표면에 EM 효소 용액을 도포한 후, 1시간 동안 기다려 불순물 제거 용이 상태로 만든다.
- ② EM 효소 용액 처리한 굴 패각을 흐르는 물에 솔질하여 세척한다.
- ③ 통풍이 잘 되는 양지에서 세척한 굴 패각을 1일간 건조한다.
- ④ 건조한 굴 패각을 태양열 조리기를 이용해 450~500℃의 온도로 열처리한다.
- ⑤ 열처리한 굴 패각을 1/256mm의 크기로 분쇄하여 분말을 만든다.



[그림 5. 굴 패각을 흐르는 물에 솔질하여 세척하였다.]



[그림 6. 통풍이 잘 되는 양지에서 굴 패각을 건조하였다.]



[그림 7. 태양열 조리기 사용.]



[그림 8, 9, 10. 굴 패각 분쇄]

- ③의 과정만 거친 굴 패각은 쉽게 분쇄되지 않아 고민하던 중 지나가던 교장 선생님의 조언으로 ④의 방법을 시도하였다.
- ③의 굴 패각과 ④의 굴 패각은 경도 등에서 확연히 차이 났다.

II. 꽃게 껍데기에서 키틴 추출하기

: 꽃게 껍데기 속 키틴(Chitin)을 추출하여 바이오 플라스틱(Bio plastic)의 재료로 활용하였다.

* 홍게 껍데기를 구하지 못해 꽃게 껍데기로 대체하였다. - 홍게 껍데기와 꽃게 껍데기에 큰 성분 차이가 없어 대체 가능하였다. 두 갑각류(껍데기)의 주요 구성성분 모두 탄산칼슘, 단백질, 키틴이다.

- ① 꽃게 껍데기를 흐르는 물에 솔질하여 씻은 후 환풍이 잘 되는 양지에서 건조한다.
- ② 건조한 꽃게 껍데기를 32mesh의 크기로 분쇄하여 분말을 만든다.
- ③ 꽃게 껍데기 분말 중량의 15배에 해당하는 묽은 염산과 홍게 분말을 30분간 교반해 탄산칼슘을 제거한다.
- ④ 탄산칼슘을 제거한 꽃게 분말을 분말 중량의 15배에 해당하는 1% 수산화 나트륨(NaOH)용액과 80°C에서 45분간 교반해 단백질을 제거한다.

* 탈색 과정을 거쳐 하얀색의 키틴을 얻을 수 있으나 화학 약품 사용을 최소화하기 위해 탈색 과정을 진행하지 않음.

* 형태를 보존한 꽃게 껍데기와 분쇄된 꽃게 껍데기, 두 가지 경우 모두 키틴을 추출할 수 있으나 키틴 추출 반응 관찰이 쉽도록 분쇄된 꽃게 껍데기를 본 실험에 활용함.



[그림 11]
꽃게 껍데기 세척



[그림 12]
꽃게 껍데기 분쇄



[그림 13]
탈회 과정



[그림 14]
탈단백질 과정

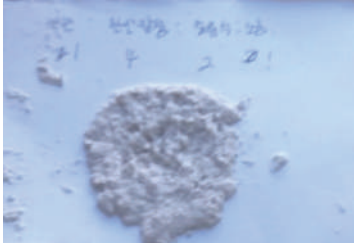


[그림 15]
키틴 분말

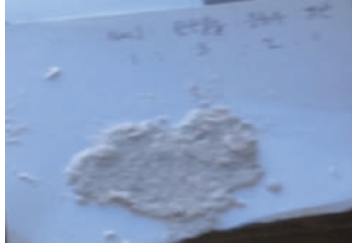
III. 석회 반죽 제작

: 염화나트륨, 명반, 한천, 증류수, 탄산칼슘을 이용해 석회 반죽을 제작한다.

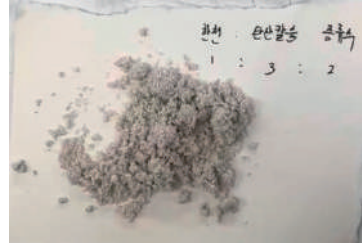
- i. 염화나트륨 : 증류수 : 명반 : 탄산칼슘 = 1 : 2 : 1 : 4
- 푸석푸석하면서 기포가 가득 차 전혀 뭉칠 기미가 보이지 않았다.
- ii. 염화나트륨 : 증류수 : 명반 : 탄산칼슘 = 1 : 2 : 1 : 3
- 마르기 전 기포가 많았고 묽었다. 굳은 후에는 나름 단단했다.
- iii. 한천 : 증류수 : 탄산칼슘 = 1 : 2 : 3
- 전혀 뭉치지 않고 푸석푸석했다. 마른 후 가루처럼 변했다.



[그림 16. 석회 반죽 i]

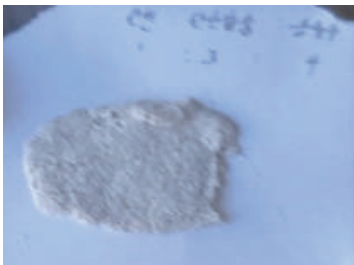


[그림 17. 석회 반죽 ii]

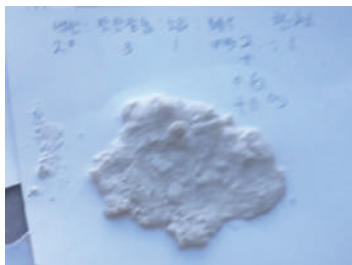


[그림 18. 석회 반죽 iii]

- iv. 한천 : 증류수 : 탄산칼슘 = 1 : 4 : 3
- 뭉치긴 하나 금방 부서지고 한천의 특유 성질로 (누르면 바스러짐) 인해 힘이 없었다.
- v. 염화나트륨 : 증류수 : 명반 : 탄산칼슘 : 한천 = 1 : 3 : 2 : 3 : 1
- 푸석푸석하고 힘이 없었다. 마른 후에는 응집력이 없어 가루가 흩날렸다.
- vi. 염화나트륨 : 증류수 : 명반 : 탄산칼슘 = 1 : 3 : 2 : 1
- 매우 질었다. 시간이 지나자 축축하게 으스러졌다.



[그림 19. 석회 반죽 iv]



[그림 20. 석회 반죽 v]



[그림 21. 석회 반죽 vi]

* 대조군 실험 결과, 석회 반죽을 만들기 가장 적절한 배합은 ii의 비율이었다.

IV. 키틴 플라스틱 제작

i. 키틴 플라스틱 제작 과정

• 준비물 : 키틴 분말 24g, 70~80℃ 물 200ml, 식초 20ml, 글리세린 5ml, 믹서, 판(틀)

- ① 믹서에 70~80℃의 물 200ml와 식초 20ml를 넣고 섞는다.
- ② 키틴 분말을 4g씩 소분해 6번 정도 나눠 넣으며 용액과 혼합한다.
- ③ 글리세린 5ml를 넣고 섞는다.
- ④ 용액을 틀에 붓고 굳을 때까지 응달에서 건조한다.

ii. 키틴 플라스틱 제작

- 키틴 플라스틱 제작에 실패하였다.
- 키틴 분말의 입자 크기가 너무 커서인지, 실험 도구를 적절하게 쓰지 않아서인지는 확실하지 않다.



[그림 22]
키틴 플라스틱 제조 과정 1



[그림 23]
키틴 플라스틱 제조 과정 2

V. 석회 반죽 제작

i. 석회 반죽 제작 과정

- 준비물 : 탄산칼슘 분말 750g, 염화나트륨 250g, 명반 250g, 증류수 500g
- 탄산칼슘 분말과 염화나트륨, 명반을 먼저 섞은 후 증류수를 혼합해 석회 반죽을 만들었다.



[그림 24]
석회 반죽 조제



[그림 25]
조제된 석회 반죽

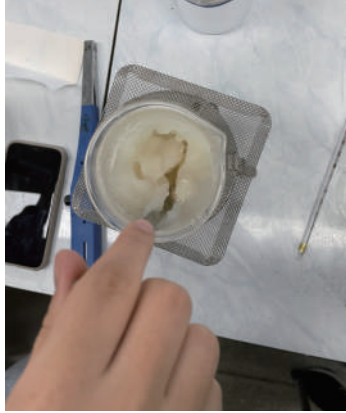
VI. 대체 플라스틱 제작

i. 한천 플라스틱 제작 과정

- 준비물 : 한천 분말 12g, 80°C 물 60ml, 글리세린 3g, 실험 도구
- ① 한천 분말과 물, 글리세린을 한 번에 혼합한다.
- ② 혼합물을 95°C까지 가열하며 계속 섞는다.
- ③ 혼합물을 매끈한 판에 부어 약 3mm 두께로 얇게 편다.
- ④ 굳힌다.

ii. 옥수수 전분 플라스틱 제작 과정

- 준비물 : 옥수수 전분 4.5g, 증류수 30ml, 글리세린 4.5g, 식초 3ml, 실험 도구
- ① 옥수수 전분, 증류수, 글리세린, 식초를 한 번에 혼합한다.
- ② 혼합물이 걸쭉해지며 반투명한 색을 띠 때까지 가열하며 계속 섞는다.
- ③ 혼합물을 매끈한 판에 부어 약 3mm 두께로 얇게 편다.
- ④ 굳힌다.



[그림 26]
한천 플라스틱 제작



[그림 27]
옥수수 전분 플라스틱

VII. cast 형태 고안

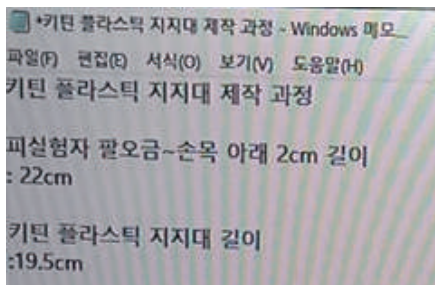
: 실제 실험이 진행됨에 따라 도출된 실험 결과물의 특성에 맞도록 cast의 형태를 최종적으로 고안하였다.

i. 지지대

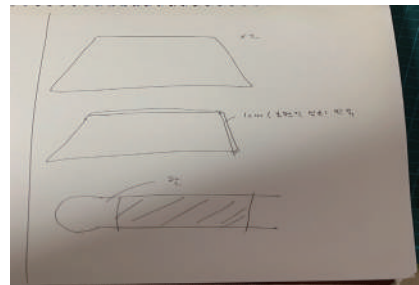
- 도화지를 이용해 지지대의 모양을 디자인하였다.
- 사다리꼴 모양으로 지지대를 제작하기로 하였다.



[그림 28]
플라스틱 지지대 모형



[그림 29]
수치 측정



[그림 30]
지지대 모양 디자인 스케치

ii. cast 형태 예상

- 팔 위에 거즈를 덮고, 키틴 플라스틱 지지대로 감싼다. 그 위를 붕대로 감싼 후 석회 반죽을 덧바른다. 그 위를 다시 한번 더 붕대로 감싼다.

VIII. 최종 cast 제작

: 검지와 팔목 두 가지 형태의 cast를 제작하였다.

i. 검지 cast

- ① 한천 플라스틱을 펴 발라 굳혀주었다.
- ② 염화나트륨 : 증류수 : 명반 : 탄산칼슘 = 1 : 2 : 1 : 3의 비율로 석회 반죽을 제작하려 하였으나, 잘 묻혀지지 않아 증류수를 적게 넣고 옥수수 전분을 추가하였다. 한천 플라스틱은 구부러지지 않고 으스러져 사용하지 못했다.
- ③ 석회 반죽을 환부에 감싼 후 핸드 드라이어를 통해 건조하려 하였으나, 반죽이 흐트러져 전기 스탠드로 건조하였다.
- ④ cast를 더 단단하게 고정하기 위해 붕대를 감쌌다.



[그림 31]
검지 cast 석회 반죽



[그림 32]
석회 반죽 건조(핸드 드라이어)



[그림 33]
석회 반죽 건조(전기스탠드)



[그림 34]
바스라진 한천
플라스틱 반죽



[그림 35]
석회 반죽을 붕대로 감싸는 모습



[그림 36]
완성된 검지 cast

ii. 팔목 cast

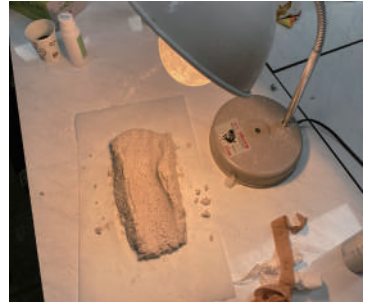
- ① 검지 cast의 석회 반죽과 같은 석회 반죽(옥수수 전분 제외)을 종이 포일에 펴 발랐다.
- ② 펴 바른 반죽 위에 환부를 올려 모양을 잡아 줬다.
- ③ 석회 반죽의 모양을 잡은 뒤 전기스탠드를 이용해 굳혀주었다.
- ④ 굳힌 석회 반죽 위로 붕대를 감쌌다.



[그림 37] 펴 바른 석회 반죽



[그림 38] 모양 잡기



[그림 39] 석회 반죽 굳히기



[그림 40] 완성된 팔목 cast

○ 결과

I. 키틴 플라스틱 제작 실패

: 키틴 추출 과정의 정확성이 떨어져 정제도 낮은 키틴이 추출되었거나, 키틴 플라스틱 용액 제작 과정의 전개가 잘못되어 키틴 플라스틱 제작에 실패한 것으로 보인다.

II. cast의 형태 변화

: 제작한 cast의 형태와 계획한 cast의 형태가 달랐다. 플라스틱 제작(키틴 플라스틱 및 대체 플라스틱)에 실패해 cast의 형태를 제작과 동시에 석회 반죽을 중심으로 재구성하였기 때문이다.

III. 석회 반죽 제작

: 굴 패각의 주요 성분인 탄산칼슘(CaCO_3), 즉 석회를 기반으로 cast 반죽을 제작하다 보니 시행착오를 겪었다. 여러 재료를 조합해 석회 반죽을 만드는 일은 많은 실험과 연구가 필요하였다. 모의 실험을 통해 최종적으로 염화나트륨 : 증류수 : 명반 : 탄산칼슘 = 1 : 2 : 1 : 3의 비율로 석회 반죽을 제작하려 하였으나, 대량으로 제작해 보니 증류수를 더 적게 넣어야 하는 등 그 배합이 달라져야 했다.

IV. 대체 플라스틱 제작

: 키틴 플라스틱 제작 실패로 전분, 한천을 이용해 또 다른 친환경 플라스틱을 제작해 보았다. 하지만 두 플라스틱 모두 잘 으스러져 결국 지지대로서 적합하지 않았다.

IV. 최종 cast 제작

: 최종 cast는 총 2가지의 형태(검지, 팔목)로 제작되었다. 석회 반죽을 환부 위에 바른 뒤 붕대로 감싸는 형태였다.

3. 탐구의 결론 및 의의

○ 결론

- 석회 반죽을 제작하기 위해서 여러 가지 비율을 섞어가며 적절한 비율을 찾고자 하였다. 그 과정을 통하여 염화나트륨 : 증류수 : 명반 : 탄산칼슘 = 1 : 2 : 1 : 3의 비율로 석회 반죽을 제작하는 것이 가장 효율적이었다. 하지만 굳히는 과정이 긴 점, 피부와 접촉하는 부분이 오랜 시간 습하다는 점, 너무 뜨거운 열로 말렸을 경우 갈라지는 점을 고려했을 때 여러 가지 방법을 고안해야 할 것으로 보인다.
- 키틴 플라스틱을 제작했을 때 경도가 너무 낮아 제 역할을 하지 못하였다. 이를 고안하기 위하여 후속 연구가 필요할 것으로 보인다.

○ 의의(기대효과)

- 해양 생태계 오염의 주범 중 하나인 굴 패각의 새로운 면모를 발견할 수 있다.
- 버려지는 부산물을 이용해 유용한 물건을 만들 수 있다.
- 기존의 깁스(석고 붓대, 폴리에스테르 붓대, 유리 섬유 붓대)의 사용을 줄여 환경 오염의 누적을 방지할 수 있다.
- 굴 패각과 갑각류 껍데기를 더 많은, 다양한 분야(의료, 생활 등)에서 사용할 수 있다.
- 해양 자원 부산물 재활용 가능성을 입증하고 그 포문을 열다.
- 친환경적인 재료를 사용하여 치료의 화학적 반작용을 최소화한다.
- 탐구를 진행하며 환경 위기에 관한 높은 경각심과 바이오플라스틱 등 친환경 소재, 그리고 해양에 관한 지식을 함양할 수 있다.
- 협동 활동을 장기간 수행하며 인내심과 뿌듯함, 탐구의 즐거움을 얻을 수 있다.

4. 탐구를 진행하면서 어려운 점과 알게 된 점

○ 어려운 점

- 해양생물을 재료로 실험을 진행하다 보니 비린내 때문에 힘들었다.
- 계획과 다르게 진행된 부분, 과정이 많아 당황스러웠다.
- 시간과 재료가 부족해 실험이 원활하지 않게 진행된 점이 개탄스럽다.
- 키틴 추출과 석회 반죽 제조 과정을 설계하기 위한 정보를 찾는 것이 어려웠다.
- 석회 반죽 배합 비율을 찾아내기가 쉽지 않았다.

○ 알게 된 점

- 해양생물 부산물이 많은 방면으로 활용될 수 있고, 또 그 활용의 중요성을 깨달았다.
- 굴 패각이 친환경 해양 생태 블록과 시멘트 등 중공업 방면에 사용되고 있다는 것을 새롭게 알았다.
- 흥게 껍데기(갑각류 껍데기)로 만든 바이오 플라스틱이 그 미래 가치를 품고 활발히 연구되고 있다는 점이 놀라웠고 흐뭇했다.
- 검색어를 설정하는 방법이나, 효과적이고 학문적인 자료를 찾는 방법 등 자료 조사에 대한 요령을 알 수 있었다. 예) 흥게 껍데기의 구성성분을 조사하기 위한 일환으로 흥게 껍데기의 활용 방안을 조사하여 그 활용 방안이 흥게 껍데기의 어떤 구성성분을 이용한 것인지 알아보았다.
- 스스로 자료를 찾으며 어떤 것이 믿음직스러우며 (탐구주제와) 어떤 연관성이 있는지 등 자료 여과 방법을 터득하였다.
- 탄산칼슘을 석회 반죽으로 제작하기 위해 물뿐만 아니라 응고제 역할의 물질이 필요하다는 사실을 알게 되었다.
- 자료 출처 표기가 얼마나 중요한지, 저작권법의 소중함을 다시금 상기할 수 있었다.
- 기존 깁스(cast)의 주재료인 폴리에스터는 분해 시 미세 플라스틱이 발생하여 인체는 물론 환경에 악영향을 끼친다는 것을 알게 되었다.

○ 기타

- 키틴 플라스틱 제작 시 흥게 껍데기를 구하지 못해 대신 꽃게 껍데기를 사용하였다.
- 키틴 플라스틱 제작 실패로 전분, 한천을 이용한 친환경 플라스틱도 제작해 실험해 보았다.
- 찾아낸 정보를 토대로, 석회 반죽 응집제로 소금과 명반, 한천 등을 사용하였다.

5. 참고문헌

- 백은영, 이원구 「굴 패각의 합리적 이용 방안에 관한 연구」 (수산경영론집, 2020), 72쪽
- 박승철, 「굴 패각을 이용한 침강성 탄산칼슘 제조 및 자원화를 통한 온실가스 감축량 산정에 관한 연구」 (호서대학교, 2014), 4쪽
- 박병주 · 백승오 · 송영선 · 서영완 「홍게 (*Chionoecetes japonicas* Rathbun) 껍질 색소의 항산화 활성 및 Nitric Oxide 생성억제 효과」 (KSBBJ, 2014) 1쪽
(<https://doi.org/10.7841/ksbbj.2014.29.5.343>)
- 이영철 「홍게 껍데기로 가득한 동해안 일대 곳곳에 악취... 처리과정에 '골머리」, 경북신문, 2021.10.11.
- 정철우 「국내 패각류 재활용 방안에 대한 고찰 - 굴 패각을 중심으로」 (한국건설순환자원학회지, 2016)
- 유정룡효소과학연구소
- 고현주 · 윤유정 · 류영복, 한국생산기술연구원 「고품질 PCC제조를 위한 굴 패각으로부터 칼슘 이온 추출」 (한국산학기술학회 추계 학술발표논문집, 2021) 711쪽
- 윤현석 「초임계 유체를 이용한 게 껍질로부터 기능성 물질의 기능성 물질의 회수」 (부경대학교, 2007) 1~2쪽
- 유튜브 YTN 사이언스 [기술자들] 친환경 특수 소재, 키토산의 재발견 (<https://youtu.be/7TxLj2c2QXw>)
- 키틴, 키토산 만드는 법 cn
(<https://youtu.be/zKYW7vfNxmM>)
- <https://ko.wikihow.com/%EB%B0%94%EC%9D%B4%EC%98%A4%ED%94%8C%EB%9D%BC%EC8A%A4%ED%8B%B1-%EB%A7%8C%EB%93%9C%EB%8A%94-%EB%B0%A9%EB%B2%95> wiki how 바이오플라스틱 만드는 방법
- <https://m.post.naver.com/viewer/postView.nhn?volumeNo=6922498&memberNo=5673438> 옥수수, 사탕수수가 만드는 화학 '화이트 바이오'
- <https://www.youtube.com/watch?v=pMrEdZkZ8-Q> [과학다반사] 친환경 플라스틱 만들기 / YTN 사이언스
- https://www.youtube.com/watch?v=_WhV1wPkZag 친환경 플라스틱은 사 쓰세요...제발 / 스텔스뉴스
- <https://m.blog.naver.com/PostView.naver?isHttpsRedirect=true&blogId=hard&logNo=70096139581> 석고다루기(부조작업)
- <https://youtu.be/tK-OgZOePQQ> Chitin Bioplastic Recipe
- 교장 선생님

해양 미세조류! 탄소는 줄이고, 새만금 수질은 높이고!



팀명

I CAN SEA YOU

학생명

박상현, 이세찬, 임하원, 편사랑

지도교사명

박지은

학교

군산진포중학교

1. 탐구 동기 및 목적

○ 탐구 동기

- 최근 우리 고장인 군산의 개발지역인 새만금을 방문하였습니다. 푸르고 맑은 바다를 생각했지만 새만금 사업이 오랫동안 진행된 것에 비해 아직 공사 중인 곳이 많고 환경적으로 생태 조성이 완전하지 않았습니다. 새만금 주변의 수질 상태가 매우 나쁘다는 것을 알게 되었고 이러한 수질 오염이 우리에게도 악영향을 줄 것이 우려되었습니다. 마침 해양생물탐구대회에 대한 소식을 듣고, 해양생물이 이 문제를 해결하는 데 도움을 줄 수 있지 않을까 하여 이 주제와 접목시켜 탐구해 보기로 결정하였습니다.

○ 탐구 목적

- 저희는 새만금의 수질을 개선하는 데에 해양생물 중 '미세조류'를 주제로 정했습니다. 미세조류는 녹조 및 적조를 일으키는 유해생물로서 수질 관리의 주요 대상이지만, 아주 적은 영양염류로도 대량 번식하여 이산화탄소를 대폭 흡수 및 저장하는 등의 장점도 가지고 있어 이를 잘 활용한다면 지구의 이산화탄소 흡수에도 도움을 줄 수 있기 때문에 여러 방면에서 쓰임새가 많은 생물이라고 생각하였습니다. 그래서 이러한 미세조류의 특징을 새만금의 수질 개선 방안과 접목하여 생각해보았습니다. 해양 생태계에서 온실 가스인 이산화탄소를 사용하는 광합성을 통해 생물의 영양 단계에서 1차 생산자의 역할을 하면서도 다양한 해양 생물들의 먹이가 되어 물질 순환에 중요한 역할을 담당하는 미세조류의 장점을 이용한다면 새만금의 수질 개선과 더불어 미세조류의 활용 반경도 넓어져 장기적으로 지구 환경에 큰 역할을 할 것이라 생각되어 다양한 해양 미세조류를 탐구하기로 하였습니다.

2. 탐구 내용 및 결과

○ 내용

- 먼저, 부산해양자연사박물관에 방문해 기획전인 <바다의 은밀한 지배자, 해조류>를 관람하여 해양 조류의 종류 및 특성에 대해 알아보았습니다.



해양식물이란, 다시마, 미역, 툇 등의 갈조류와 김, 우뚝가사리 등의 홍조류, 파래 등의 녹조류 세 가지로 크게 구분됩니다. 이들은 해양생물들의 서식처 혹은 먹이로 활용되며, 또 광합성을 하며 이산화탄소를 줄여 바다의 산성화를 막습니다. 기획전의 견학을 통해 알게 된 해양식물(조류)의 영향 및 역할은 다음과 같습니다.

먼저, 지구 대기 중 산소의 절반 이상이 바다의 조류에서 왔다는 것입니다. 원시 지구의 삭막했던 대기에 산소라는 선물을 인류에게 남겨준 생물은 남조류로 남조류는 최소 35억년 전부터 바닷속에서 산소를 생성해왔습니다.

이러한 해양 조류들은 산소를 생성하는 광합성을 하면서 지구 온난화의 주된 요인인 대기 중의 이산화탄소를 흡수하므로 해양 생물들의 산소공급과 동시에 기후변화를 늦춰주는 역할을 합니다.

해조류의 생장이나 증식에는 질소, 인이 필수적인 원소이며, 이러한 원소가 많은 부영양화된 해수는 해조류의 생장을 촉진합니다. 따라서 해조류는 유기물을 흡수하고 환경을 정화하는 역할을 합니다.

또한, 해조류는 해양 생태계에서 다른 생물들의 먹이가 되어 해양 생태계의 먹이 사슬을 형성합니다. 위와 같은 긍정적인 영향 외에도, 미세조류가 미치는 부정적인 영향을 알게 되었는데, 먼저 일부 유해 조류가 이상 증식하면 바닷물이 적색, 황색, 적갈색 등으로 변하는 적조현상이 일어날 수 있습니다. 이로 인해 직접, 간접적인 피해가 많이 발생할 수 있습니다. 특히 산소 결핍과 과밀한 플랑크톤으로 호흡기관이 막혀 어패류가 질식사하게 되는 현상이 나타납니다. 두번째로 대형 갈조류의 경우 어장을 파괴하는 등 양식어가에 피해를 주며 해안에 악취를 유발할 수 있습니다. 또한 배의 항해를 방해하여 우리나라 연안에 정착할 경우 자생 해조류 생태계를 교란시킬 수 있습니다.

다음과 같은 미세조류의 역할과 특성을 알고 해양 미세조류를 활용하여 새만금의 오염된 수질을 정화시킬 수 있는 실험을 계획하였습니다.

실험을 진행하기에 앞서 새만금의 수질이 왜 오염되었는지를 먼저 파악해야 했습니다. 저희가 조사에 의해 찾아본 결과 새만금의 수질은 최하등급인 5~6등급에 머무를 만큼 좋지 않았습니다. 이토록 새만금의 수질을 나쁘게 만든 원인은 대략적으로 다음과 같습니다.

첫 번째는 해수 유통량의 감소 때문입니다. 해수 유통량의 감소로 인해 조류의 증식으로 인한 희석효과가 감소하여 새만금 내의 유기물 생성량이 증가하여 새만금의 수질이 오염되었을 것입니다.


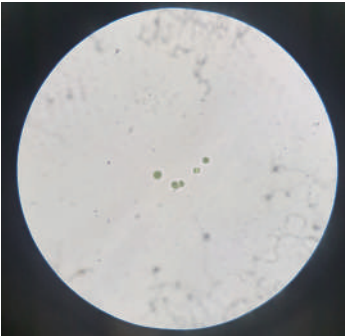
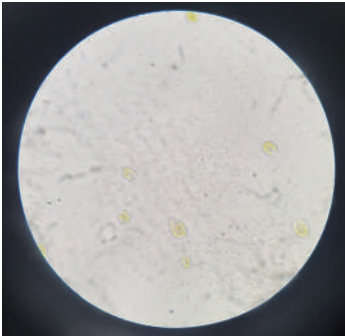
두 번째는 인근 가축 농가의 가축분뇨 불법 처리입니다. 가축분뇨의 처리 시 비용 발생 및 절차상의 불편함으로 인근 농가에서 가축의 분뇨를 불법으로 방출하는 일이 종종 있습니다. 이러한 가축 분뇨의 불법 방출로 인해 분뇨 안의 잔류 항생제나 질소 등으로 수질이 오염될 수 있습니다.

세 번째는 인근 농지의 유기질 비료 사용입니다. 유기질 비료 안의 '인' 성분이 비료로 과잉 사용된 후 빗물이나 생활용수에 씻겨 강 호수에 들어갈 수 있습니다. 이러한 영양물질의 증가는 호 내의 플랑크톤과 같은 조류가 급속하게 증가하는 현상인 부영양화를 일으켜 수질을 오염시킬 수 있습니다.

새만금의 수질오염 원인을 분석하면서 해양 미세조류의 급속한 증가로 인한 부영양화가 수질오염의 원인이 될 수 있다는 점을 알고, 이를 고려하여 미세조류의 수질 개선능력을 측정할 수 있는 실험을 계획하여 실행하였습니다.

○ 방법

해양생명자원통합정보시스템(MBRIS)에 두 종류의 해양 미세조류를 분양받았습니다.

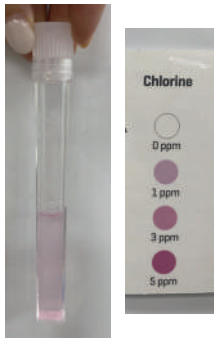
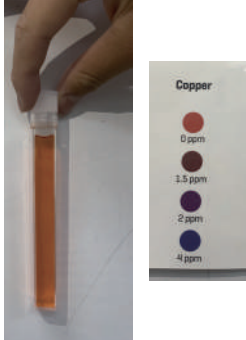
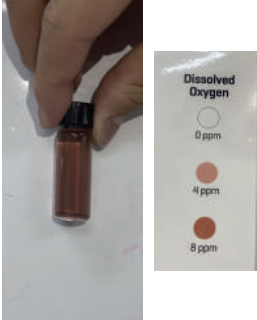
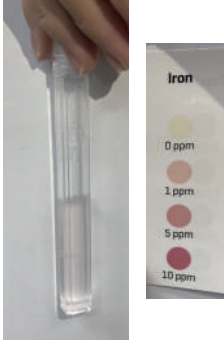
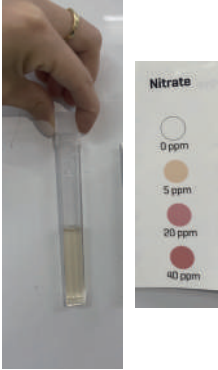
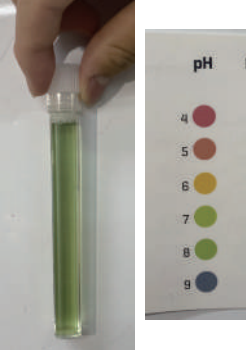
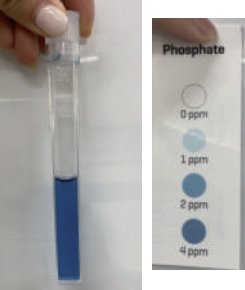
	전라북도 군산시 옥도면 개야 도리	전라북도 군산시 비응도동 비응항
	<i>Tetraselmis striata</i>	<i>Desmodesmus abundans</i>
		
	x 600배로 관찰한 모습	x 600배로 관찰한 모습

분양받은 조류는 *Tetraselmis striata*, *Desmodesmus abundans* 로 두 해양 미세조류 모두 새만금 주변에서 관찰되는 종입니다. 먼저, 분양받은 두 조류를 현미경으로 관찰하고 그 특징을 확인한 후 해양 조류의 수질 개선 능력을 확인해 보기로 하였습니다.

첫 번째로 주변의 은파 호수공원의 물을 떠와 수질 측정 도구를 사용하여 은파 호수공원의 물의 수질 상태를 확인하였습니다. 실험 결과는 다음과 같습니다. 수질 오염도를 판단할 수 있는 여러 항목을 측


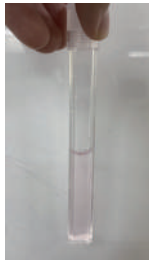
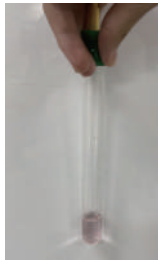

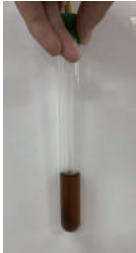

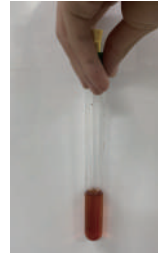






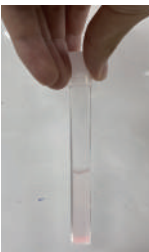


정한 결과 은파 호수 공원의 수질은 오염상태가 낮다고 판정되었습니다. 오염 정도가 낮은 물로는 미세조류의 수질 개선 능력을 정확하게 확인 할 수 없다고 생각되어 두 번째 실험을 계획하였습니다.




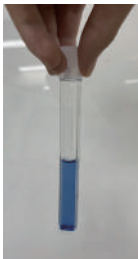
< 은파 호수 공원의 수질 상태를 확인한 결과 >

Cl 1ppm 이하	Copper 0ppm	Disolved oxygen 8ppm 이상	Iron 1ppm 이하
			
Nitrate 5ppm 이하	pH 7~8	Phoaphate 4ppm	
			

두 번째 실험은 주변의 경포천의 물로 진행하였습니다. 학교 근처에 있는 경포천은 옥산면 금성산 북쪽 산록 일원에서 발원하여 북쪽으로 흘러 금강 하구로 유입되는 하천입니다. 경포천은 흐르며 주변 생활하수의 유입으로 오염되어 평소 악취가 나 실험에 적합한 오염수로 생각되었습니다. 경포천의 물로 실험한 결과 용존산소량과 철, 질산, pH 부분에서의 은파 호수공원의 수질과의 차이로 경포천 물의 오염도가 높다고 판정하였고, 해양 미세조류의 수질 개선 능력을 판단하기에 경포천 물이 적절하다 생각하여 실험해보기로 결정하였습니다.

< 은파 호수공원과 경포천 물에 해양 미세조류를 풀어놓은 후 수질의 변화 관찰 결과 >

	은파 + <i>Tetraselmis striata</i>	경포천	경포천 + <i>Tetraselmis striata</i>	경포천 + <i>Desmodesmus abundans</i>
Cl				
	1ppm 이하	1ppm 이하	1ppm 이하	1ppm 이하
Copper				
	1.5ppm	0ppm	1.5ppm 이하	1.5ppm 이하
Disolved oxygen				
	8ppm 이상	4ppm 이하	8ppm 이상	8ppm 이상
Iron				
	1ppm 이하	1ppm	1ppm 이하	1ppm 이하

Nitrate				
	5ppm 이하	5ppm	5ppm	5ppm
pH				
	8~9	7	8	8
Phosphate				
	4ppm	4ppm 이하	4ppm 이상	4ppm 이상

실험 결과 경포천의 물에서 염소(Cl)는 1ppm 이하, 구리(Copper)는 0ppm, 철(iron)은 1ppm, 질산염(Nitrate)은 5ppm, pH 농도는 7, 인산염(Phosphate)은 4ppm 이상, 용존산소(Dissolved Oxygen)는 4ppm로 나타났습니다.

그리고 경포천의 물에 군산 근교에서 수집한 *Desmodesmus abundans*(조류1)를 물에 풀어 측정된 수질은 염소는 1ppm이하, 구리는 1.5ppm이하, 철은 1ppm이하, 질산염은 5ppm, pH 농도는 8, 인산염은 4ppm 이상으로 나타났고, 이는 원래의 물과 농도는 같지만 육안으로 봤을 때 조류를 넣지 않은 물보다 조류를 넣은 물이 더 진하게 보였습니다.

하지만 용존산소는 다른 요소들과 달리 더 높아진 8ppm 이상으로 나타났습니다. *Desmodesmus abundans*(조류1)과 같이 군산 근교에서 배양한 *Tetraselmis striata*(조류2)를 경포천 물에 풀어 측정된 수질에서 염소는 1ppm 이하지만 *Tetraselmis striata*(조류2)를 푼 물이 *Desmodesmus abundans*(조류1)를 푼 물보다 연하게 나타났습니다. 그리고 구리는 1.5ppm이하, 철은 1ppm이하,

질산염은 5ppm, pH 농도는 8, 인산염은 4ppm 이상이며 *Desmodesmus abundans*(조류1)를 푼 물보다 진했습니다. 은파호수공원의 물에 *Tetraselmis striata*(조류2)를 푼 물은 염소가 1ppm 이하였지만, 이는 4개의 실험군에서 가장 농도가 연한 결과였습니다. 그리고 구리는 1.5ppm, 철은 1ppm, 질산염은 5ppm 이하, pH 농도는 8~9, 인산염은 4ppm, 용존산소는 8ppm 이상으로 나타났습니다.

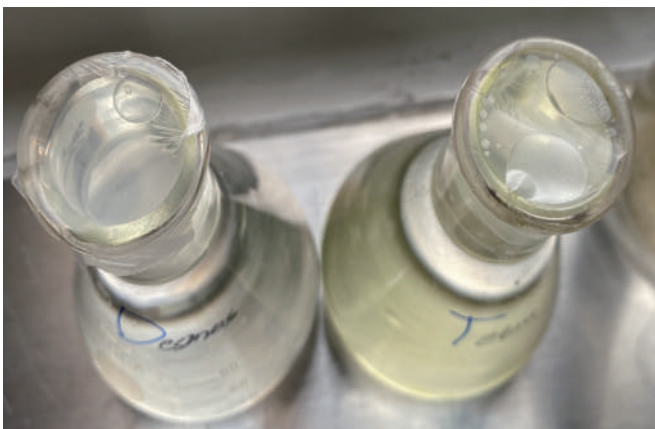
이러한 결과로 보았을 때 미미한 변화를 보여주지만 철과 구리의 농도, 용존산소량의 증가를 바탕으로 보았을 때 해양 미세조류가 수질 개선에 어느 정도 영향이 있다는 것으로 판단되었습니다.

담수를 가지고 실험했을 때, 그다지 크지는 않지만 몇 가지의 항목에서 변화가 있었습니다. 또한 해양 미세조류는 바닷물에서 살기 때문에 적절한 염분이 필요해 조류의 성장에 적당한 환경이 아니었을 것으로 예상합니다.

하지만 일부 부분에서 정화능력을 보인 것으로 보아 조류는 담수에서도 어느 정도의 정화능력을 가지고 있는 것으로 보입니다. 그리하여 저희는 해양의 경우 얼마나 정화능력을 보일지 실험하기 위해 새만금을 방문하여 오염수 채취 및 새만금 조사를 실시하였습니다.

군산 새만금지역 고군산도의 바닷물을 채취하였습니다. 채취한 물을 그냥 눈으로 보았을 때에도 부유물이 떠 있었으며 약간 탁한 상태였습니다. 채취해 온 바닷물의 수질을 측정해 결과 철은 1ppm 이하, 염소는 1ppm, 인산염은 2ppm, 구리는 0~1.5ppm, pH는 7정도였으며 질산염은 5ppm, 용존산소량은 4 정도로 이전에 실험을 하였던 경포천과 비슷한 수질임을 확인하였습니다.

실험 후 바닷물의 같은 양을 세 개의 삼각 플라스크에 나눠 담고 하나는 밀봉, 다른 두 개에는 *Desmodesmus abundans*와 *Tetraselmis striata* 조류를 각각 3ml 풀어 공기가 통하지 않도록 밀봉한 후 햇빛이 잘 드는 창가에 1주일간 두어 수질에 어떠한 변화가 있는 지 알아보았습니다.








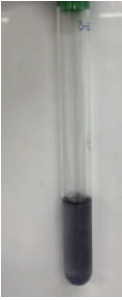


















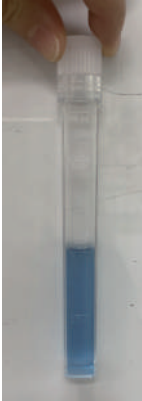



↳, 조류를 넣은 두 삼각플라스크의 1주일이 경과된 후 모습

1주일 후에 각 비커를 비교하여 보았을 때 조류를 넣어 두었던 두 비커의 밀봉된 상부에 기포가 생성되어 있음을 확인하였습니다. 이는 두 미세 조류가 대사를 하는 과정에서 광합성의 결과 산소가 생겼기 때문이라고 추정하였습니다.

해양 미세조류의 대사과정을 확인한 후 세 비교군의 수질을 측정하였습니다. 측정 결과는 다음과 같습니다.

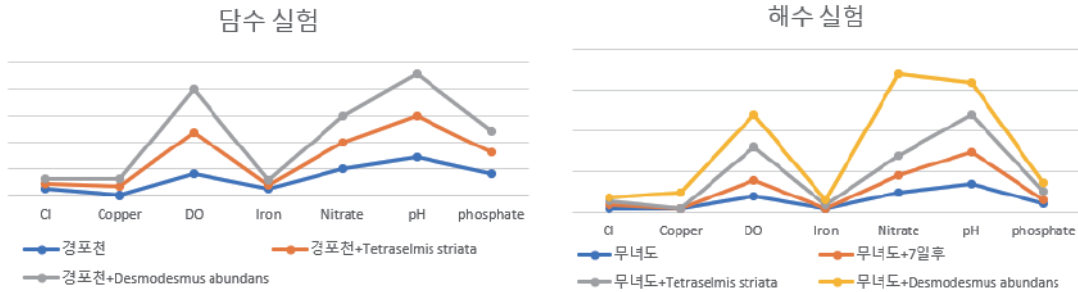
< 새만금 수질 측정 결과 및 해양 미세조류를 풀어놓은 후 수질의 변화 관찰 결과 >

	무녀도 물	무녀도 물 (+7일 후)	무녀도 물 (+Tetra)	무녀도 물 (+Desmos)
Cl				
	1ppm	1ppm 이하	1ppm 이하	1ppm 이하
Copper				
	0~1.5ppm	0ppm	0ppm	4ppm
Dissolved oxygen				
	4	4ppm	8ppm	8ppm
Iron				
	1ppm 이하	0ppm	1ppm 이하	1ppm 이하

Nitrate				
	5ppm	5ppm 이하	5ppm	20ppm
pH				
	7	8	9	8
Phosphate				
	2ppm	1ppm	2ppm이상	2ppm이상

실험 결과를 보면 바닷물에 미세조류를 풀어 놓았을 때 용존산소량이 크게 증가하였습니다. 그 외에 pH와 질산염의 농도에서 큰 변화를 볼 수 있었습니다.

○ 결과



담수와 해수에서의 미세조류를 풀었을 때 각 수질이 어떻게 변화하였는지에 대한 실험 결과를 종합하여 표로 만들어 보았습니다. 담수와 해수에서 염소와 구리, 철, 인산염의 농도는 크게 변화하지 않았지만, 해양 미세조류를 풀었을 때 용존산소량과 질산염, pH는 넣지 않았을 때보다 크게 증가하였음을 알 수 있었습니다. 먼저 용존산소량은 자연 상태의 수질에 존재하는 산소의 양을 측정하는 것입니다. 산소의 부재는 심각한 오염으로 수생생물이 성장 및 활동을 하기 위해서는 보통 5ppm 정도가 필요합니다. 3ppm미만의 용존 산소는 수질오염이 심각한 경우에 해당됩니다. 그래프를 보면 담수, 해수 모두에서 해양 미세조류를 풀 후 용존 산소량이 모두 증가한 것을 알 수 있습니다. 이는 해양 미세조류의 수질 정화 능력을 검증하는 지표로 작용할 수 있습니다.

pH의 경우 수질의 산성 또는 염기성 상태를 알려주는 지표로 대부분의 생명체는 특정 pH를 가진 물에서 생활하며, pH 수준이 약간만 변해도 생명체에 많은 영향을 줄 수 있습니다. 대부분의 생명체가 살아가는 적정 pH는 대략 pH 6.5~8.2 범위로 실험결과 적정 pH 내의 변화가 발생하였음을 확인 할 수 있습니다. 저희가 주목해야 할 항목은 질산염 농도의 변화항목입니다. 질산염의 농도의 경우, 담수, 해수에서 모두 약간 증가하였는데 유난히 해수에서 *Desmodesmus abundans* 미세조류를 풀어놓았을 때 크게 증가하였습니다. 측정 값은 각 각 5ppm이 전부지만, *Desmodesmus abundans*를 넣은 경우 20ppm으로 4배정도 증가하였습니다. 질산염과 인산염의 농도가 자연상태일 때보다 더 높을 경우에는 부영양화가 발생합니다. 부영양화는 수중에 인산염, 질산염, 아질산염, 규산염과 같은 영양염의 농도가 자연상태일 때보다 더 높아져 물 속의 영양분이 많아지는 것을 의미합니다. 부영양화는 그 자체로도 문제가 발생할 수 있으나 그 이후에 따라오는 문제들이 더 심각합니다. 영양염의 증가로 식물 플랑크톤이 대량 번식하여 녹조, 적조 현상을 야기할 수 있습니다. 플랑크톤의 대량 번식 이후 유기물의 양이 많이 늘어 사용 산소량도 크게 증가하기 때문에 표층에서는 산소 공급이 가능하지만, 대량 번식으로 인해 빛이 차단된다면 빛이 없는 저층에서는 산소가 고갈되어 저층에 사는 해양 생물들의 생존을 위협할 수 있습니다. 이러한 결과는 기존 생태계 내의 생물 다양성을 낮추며 환경 악화로 인해 적응, 방사, 생식 등이 급속하게 일어나는 기회종과 외래종이 침입할 수 있습니다. 저희가 탐구한 기간 동안은 *Desmodesmus abundans*를 풀어놓았을 때 질산염의 양이 크게 증가하였으나 용존산소량도

함께 크게 증가하였으며 다른 요소들의 변화도 크지 않았기 때문에 부영양화는 진행되지 않은 상태이며, 영양분이 풍부하고, 수질 내 산소의 농도도 높아 수질이 해양 미세조류에 의해 개선됨을 확인 하였습니다.

3. 탐구의 결론 및 의의

○ 결론

- 저희는 4개월간의 조사와 반복적인 실험 및 결과 수집을 바탕으로 해양 미세조류가 새만금의 수질을 개선할 수 있다는 것을 확인하였습니다. 그리하여 최종적으로 이러한 해양 미세조류의 능력을 활용하여 실생활에 적용할 수 있는 방안을 찾아보았습니다. 저희가 생각해낸 방법은 첫 번째로, 해양 미세조류를 중수에 활용하는 것입니다. 중수는 사용한 수돗물을 음용수 이외의 생활용수 및 공업용수 등으로 재활용하는 것입니다. 수도공사 사이트에 따르면 수도의 수질 목표는 먼저 1. 위생상의 문제가 없을 것 2. 이용상의 지장이 없을 것 3. 이용상의 불쾌감이 없을 것 4. 시설이나 기구에 악영향을 미치지 않을 것 5. 처리 기술에 대한 안정성이 확립되어 있을 것 6. 유지관리 수준의 확보 및 판정을 위한 적절한 지표가 있을 것 7. 처리 비용이 경제적일 것. 이렇게 7가지가 있습니다. 해양 미세조류는 적절한 환경에서 따로 배양만 한다면 이용상의 지장이 없으며 처리 기술에 대한 안정성이 확립되어 있고, 처리 비용이 경제적이라는 점에서 수질 개선의 목표에 적합합니다. 그러므로 공공시설의 화장실 생활용수 중수 처리 시 해양미세조류를 활용한다면 생활용수에 포함되어있는 오염 영양물질을 이용한 번식을 통해 물 속의 영양물질이 제거되며 또한, 이 과정에서 상당량의 이산화탄소가 제거되어 중수 활용에 도움을 줄 수 있을 것이라 생각합니다. 두 번째로는 적조, 녹조 현상을 해결할 수 있는 방법을 생각하였습니다. 미세조류의 경우 아주 약간의 영양염류만 있어도 대량 번식을 하기 때문에 하구역, 해역 등에서 녹조와 적조를 일으켜 유해생물로 수질관리의 주요 대상이 되기도 합니다. 하지만 현재 조류는 차세대 바이오연료로 주목받고 있습니다. 대형 해조류의 경우 단위 무게 당 탄수화물 함유량이 높아 바이오 에탄올을 만드는데 쓰이고 미세조류의 경우 지질의 함유량이 높아 바이오 디젤에 주로 사용됩니다. 이처럼 석유파동 이후 전세계가 바이오 연료에 주목하기 시작한 상황에서 3세대 바이오 연료인 조류를 활용한다면 연료의 활용도도 폭이 넓어질 수 있습니다. 태양이나 풍력에너지의 경우 전기만 만들고 에너지 밀도가 낮기 때문에 활용도가 낮습니다. 반면 바이오에너지의 경우에는 전기뿐만 아니라 열, 수송용 연료도 만들 수 있어 그 활용도가 매우 넓다고 볼 수 있습니다. 그러므로 적조와 녹조 현상 발생 시 대량번식한 조류들을 활용하여 바이오연료로 활용할 수 있도록 연계한다면 녹조와 적조 현상도 해결할 수 있으며 친환경적인 에너지 생산이라는 효과도 얻을 수 있습니다.

○ 의의(기대효과)

- 이 탐구로 미세조류를 이용한 새만금의 수질 개선이 이루어진다면, 실제 바다에서 생활하는 생물을 활용한 수질개선으로 수질개선을 위한 또 다른 환경 파괴를 낳지 않고 친환경적인 활동이 가능해질 것이라고 예상합니다. 또한 현재 바다는 거대한 이산화탄소의 저장소라고 합니다. 여기에 미세조류의 대사과정에서 일어나는 이산화탄소의 흡수를 더한다면 지구의 이산화탄소 양을 효과적으로 줄일 수 있을 것이라 생각합니다.
- 미세조류는 해양 수질 개선뿐만 아니라 바이오 연료 등 미래 산업에서 더욱 활용가능합니다. 이번 탐구를 통해 해양 미세조류에 대해 몰랐던 다양한 지식을 습득하고 조류 활용방안을 제시한다면 미래 산업의 많은 분야에 영향을 끼칠 가능성이 높습니다.
- 환경 지향적 사회로의 한 걸음을 기대할 수 있습니다. 해양생물을 활용한 해양 환경 개선은 다른 인위적인 물질이나 처리를 하지 않으므로 추가 발생할 수 있는 환경 파괴를 막을 수 있어 환경 지향적인 방법, 환경을 지향하는 사회로 나아갈 수 있을 것이라 기대됩니다.

4. 탐구를 진행하면서 어려운 점과 알게 된 점

○ 어려운 점

- 수질개선이 해양미세조류 대사의 어떤 과정에 의해 결정되는지 모호점이 있었습니다.
- 조류의 종류가 여러 종류인데 그 종류에 따라 수질의 미치는 영향이 어떻게 다른지 알기가 어려웠습니다.
- 전문적인 실험실이 아니기 때문에 변인 통제를 정확하게 할 수 없었기 때문에 다른 변수에 대해서 영향이 없다고 단정할 수 없었습니다. (온도, 습도 등 모든 환경요인)

○ 알게 된 점

- 지구 대기 중의 약 50% 이상의 산소가 해양 조류로부터 생산되었다. 이는 열대우림만큼이나 중요한 산소 공급을 하고 있는 셈으로 바다의 지구 산소탱크이다.
- 해조류의 생장이나 증식에 질소나 인은 필수 불가결한 원소이며, 부영양화 해수는 해조류의 생장을 촉진한다. 따라서 해조류는 수중의 유기물을 흡수하고 환경을 정화하는 역할을 한다.
- 지구온난화의 주된 요인인 대기 중의 이산화탄소를 흡수하여 광합성을 하므로 바다생물의 산소 공급과 동시에 기후변화 속도를 늦춰주는 역할을 한다.
- 해양생태계에서 다른 생물들에게 훌륭한 먹이가 되어 해양생태계의 먹이사슬을 형성한다.
- 해조류 산업은 1차(생산)+2차(식품, 약품, 소재가공)+3차(바이오에너지) 산업을 활용한 융합적 산업으로 그 활용 가치가 매우 높다.
- 연안 바다숲, 갯벌의 저서 미세조류 등은 해양의 주요한 탄소 흡수원이다. 이산화탄소를 둘러싼 기후 문제를 해결할 수단으로 주목받고 있다. 그린 카본보다 탄소를 흡수하는 속도가 50배나 빠르며 수천 년 동안 탄소를 가두어둘 수도 있다.

5. 참고문헌

- 바다의 은밀한 지배자, 해조류. 부산해양자연사박물관
- <국내논문> 미세조류를 이용한 농촌지역 수질개선방안 (남귀숙, 송영희, 이의행, 배요섭, 김미옥)
- <https://namu.wiki/w/%EB%B6%80%EC%98%81%EC%96%91%ED%99%94>
- 수도공사닷컴

그린카본과 블루카본의 탄소 포집 효율성 비교 탐구



팀명 RGB

학생명 임예진, 안가연

지도교사명 이남규

학교 대천중학교

1. 탐구 동기 및 목적

○ 탐구 동기

- 학교 수업시간 중 <부산의 환경과 미래> 수업에서 익히 알려진 산림을 이용해서 탄소를 저장하는 그린카본 외에도 바다와 인접한 부산의 환경적 특징을 이용하여 탄소를 제거할 수 있다는 것을 알게 되었다. 부산은 해안지역이 많아 해양생태계 즉 블루카본이 풍부하다. 또한 블루카본은 그린카본에 비하여 상대적으로 탄소 포집능력에 유리하다는 사실을 들었다. 우리 지구는 지구 온난화로 인하여 생태계 혼란 또는 파괴, 해수면 상승과 바다 온도상승이 일어나고 이로 인해 백화현상은 물론 해양동물에게도 큰 영향을 미치고 따지면 따질수록 끝도없는 피해사례들과 앞으로의 피해들을 알 수 있었고 더는 외면하고 미룰 수 없는 상태라는 것도 확실히 직감할 수 있었다. 우선 지구온난화를 심각하게 만드는건 필요 이상의 온실기체인데, 대표적인 온실 기체 중 하나는 이산화탄소이다. 그래서 이러한 이산화탄소를 포집 또는 감소하는 더욱 효과적인 방법은 더 없을까? 라는 생각에서 그린카본과 블루카본에 대해 직접 실험해보고 더 자세히 알아보려고싶었다

○ 탐구 목적

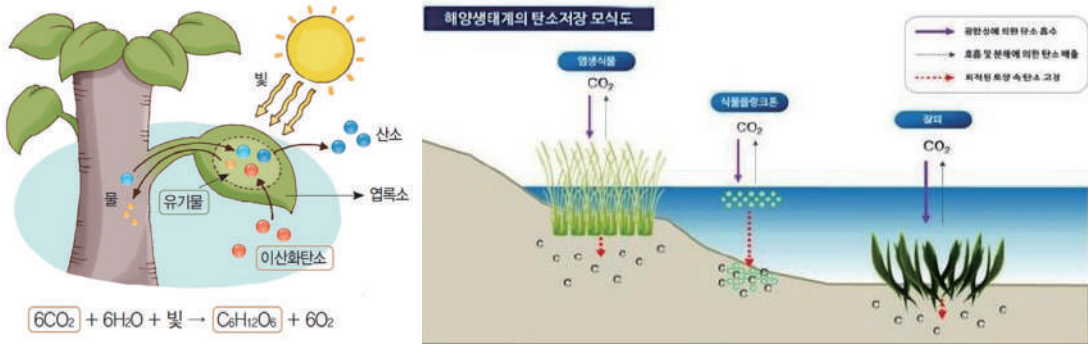
- (1) 블루카본과 그린카본의 탄소 흡수량을 정량적으로 비교하고 효율성을 조사한다.
- (2) 블루카본과 그린카본의 탄소 포집 효율성을 근거로 부산, 나아가 대한민국의 탄소 중립 실현을 위한 방안을 생각해본다.

2. 탐구 내용 및 결과

○ 내용

1. 그린카본과 블루카본

먼저, 그린카본은 산림이 흡수하는 탄소를 말하며, 나무에 저장되어 있다는 특징이 있다. 또한 블루카본은 바닷가에 서식하는 생물, 맹그로브 숲 등 해양 생태계가 흡수하는 탄소를 말하는데 이러한 그린카본과 블루카본은 탄소를 흡수하여 지구온난화를 막아주는 역할을 한다. 나무 등 그린카본은 우리가 흔히 알고있듯이, 광합성을 통해 탄소를 흡수한다. 마찬가지로 블루카본도 연안에 서식하는 염생식물이 광합성을 통해 흡수한 탄소와 조석·파도 등 물리적 작용에 의해 갯벌(진흙) 사이사이 공간을 통해 탄소를 포집하는 역할을 한다.



2. 이산화탄소 일정량 주입방법

기체 이산화탄소를 쉽게 구할 수 없기에 고체로 된 이산화탄소인 드라이아이스를 사용하여 이산화탄소를 주입하였는데, 이때 같은 양의 이산화탄소를 주입하기 위해서 드라이아이스를 구한 뒤, 저울을 이용하여 드라이아이스를 적당한 크기로 잘라 같은 양의 드라이아이스를 만든 후 두 수조에 주입하였다.

3. 윗면이 뚫려있는 수조를 외부공기와 차단하는 방법

수조를 외부 공기와 차단하는 방법을 설명하기 전 이산화탄소는 다른 공기에 있는 기체들과 같은 온도와 압력에 있기에 같은 부피를 갖게 되지만, 분자량이 다른 기체들보다 상대적으로 많기에 수조 안 기체들보다 아래에 위치하여 이산화탄소 농도측정을 할 때 잠깐 외부와 노출되는 것은 실험결과에 큰 차이가 있지는 않을 것이다.

- 1) 밀림과 들뜸을 방지해주는 산업용 마스크테이프를 사용하여 테두리와 모서리를 여러 번 감싸줘서 외부에 주입한 이산화탄소를 나가지 못하게 한 뒤 뚜껑의 동그란 부분에는 박스테이프와 산업용

마스킹테이프를 이용하여 농도측정을 할 때에만 떼었다 붙였다를 해주어, 주입한 이산화탄소가 외부로 최대한 나가지 않도록 해준다.

2) 파라핀으로 만든 필름인 파라필름을 사용하여 1)과 마찬가지로 테두리와 모서리를 집중적으로 막아 외부와 차단시킨다.

4. 블루카본과 그린카본의 이산화탄소 농도측정방법

구매해둔 이산화탄소 농도측정기(Temtop-2 세대 이산화탄소 측정기 M2000)을 통해 각 수조의 이산화탄소 농도를 측정한다.

5. 실험에 사용할 그린카본 선정 및 확보






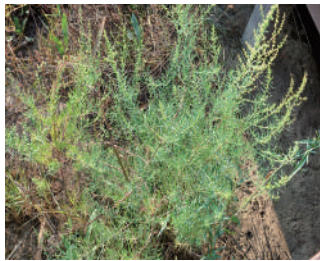
실험에 사용할 그린카본은 탄소흡수 능력뿐 아니라 강한 번식력과 성장력, 재생산력이 뛰어난 대나무로 선정하였고, 대나무는 열대지역부터 추운 산악지방까지 다양한 지역에서 서식한다. 북위 50도경의 사할린부근부터 남쪽으로는 북부 오스트레일리아까지 서식하며, 인도와 히말라야 산맥에서도 자란다, 심지어 미국의 남동부에서도 볼 수 있으며 아르헨티나와 칠레에서도 볼 수 있다. 대한민국에는 4속 14종이 있다. 그 중 인터넷 쇼핑몰 사이트로 쉽게 구입가능하면서 비슷한 분류계통인 오죽, 청사사, 조릿대를 구매하였다. 오죽, 청사사, 조릿대 모두 벼과로 동일한 분류계통이며 모두 인터넷 사이트에서 구매할 수 있었다. 하지만 수조 크기에 비해 오죽의 크기가 커서 수조 높이에 맞게 잘라야하는데 만약 오죽을 잘라 사용하면 생명활동에 지장이있어 탄소를 포집할 수 없을 수 있기에 국립 수목원 산림생물상담소에 질문한결과 대(竹)의 생육에 관한 건은 대다수의 식물들은 뿌리가 있고 잎이 있어야 동화작용 등에 의해 생명력을 유지할 수 있는데, 뿌리가 포함되지 않을 경우에는 일정 기간 자체양분으로 생명력을 유지할 수 있다. 라는 답변을 얻을 수 있었고 2일간 실험을 진행할 예정이었기에 수조의 크기에 맞게 자르고 같이 온 흙을 넣어주었다.



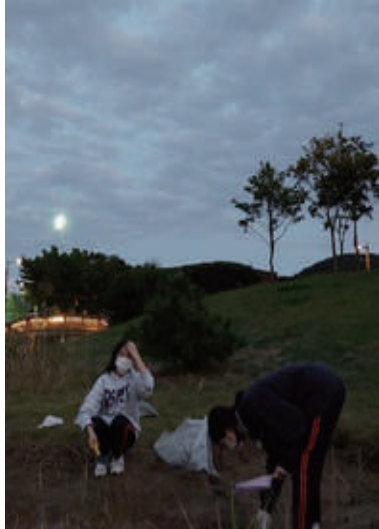
6. 블루카본 선정 및 확보 / 해당 블루카본 생활환경 구현 방법

블루카본은 퇴적물을 포함한 해안생태계, 갯벌, 잘피 (거머리말), 연안식물이다. 따라서 우리는 잘피를 확보하려 시도하였지만, 잘피는 『해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률』에 의해 보호대상 해양생물로 지정되어 있어, 확보가 불가하여 우리학교 인근 갯벌인 다대포 해수욕장의 간조시기에 맞추어 갔다. 다대포 해수욕장에 염생식물 이외에도 많은 식물들을 볼 수 있었는데, 염생식물들의 종류와 생김새를 다알지 못했기에 어떤 것이 염생식물인지 알기가 쉽지않았다. 그 과정에서 효림초등학교 이석수 과학 선생님을 만나게 되었는데, 이석수 선생님은 아이들에게 염생식물을 포함한 식물도 가르치고 계셔서 다대포 해수욕장에 분포해있는 염생식물에 관해서도 잘 알고계셔서 우리는 다대포 해수욕장에 분포하고있는 선생님을 통해 다양한 염생식물의 종류와 특징 등을 알 수 있었다. 외부와 차단시킨다.

(다대포에서 관찰한 염생식물들)

		
좀보리사초	해당화	좀보리사초
		
해당화	가는갯능쟁이	나문재

그리고 다대포 해수욕장에서 염생식물을 채취하는 것이 불법이라는 사실도 알게되어, 근처 가덕도에도 채취 가능한 통통마디가 있다하여 그 곳에서 채취하는 것을 추천해주셨다. 그리고 바로 가덕도로 이동하여 통통마디를 채취하였다. 또한 염생식물의 생태환경을 최대한 구현해주기 위하여 통통마디 서식지에 있는 흙도 채취하였다.



[흙 채취]



[광안리 바다의 해수 채취]

통통마디는 바닷가에서 자라는 한해살이 식물이다. 학명에서 미루어 알 수 있듯 유럽에서 주로 분포하고 활용하며, 학명조차도 분류학을 시작한 린네가 붙였을 정도. 한대지방에 주로 분포하며, 유럽 이외에도 북미, 동북아시아에서도 서식한다. 한국에서도 전라북도와 경기도, 평안도, 함경도 해안에서 난다. 맛이 짜다고 하여 짤 함(鹹)자를 써서 함초(鹹草)라는 이름도 많이 사용한다. 꽃은 8~9월에 피며, 잘 자라면 35cm까지 자란다고 한다. 원래 녹색이었다가 가을이 되면 붉게 물드는데, 초가을에 핑크색이 되었다가 늦가을이 되면 적갈색으로 변해간다.



통통마디의 색 변화 과정

또한 통통마디는 염생식물이기에 해수가 필요하기에 다음 날 근처 바닷가인 광안리의 해수를 페트병에 담아 담수와 희석해 통통마디가 사는 해수의 염분농도를 맞추었다.

○ 방법

- ① 동일한 유리수조와 드라이아이스를 준비한다.
- ② 블루카본을 담은 수조에 채취해온 흙을 경사지게 쌓아주고 통통마디를 깊게 심어준 후 담수와 희석한 해수를 넣어준다.



- ③ 그린카본을 넣을 수조에 수조의 1/3 정도 차지하도록 흙을 깔아준다.



- ④ 오죽은 수조의 높이에 맞게 잘라주고 조릿대와 청사사는 그대로 뿌리와 함께 흙에 심어준다.
- ⑤ 접시와 함께 저울의 영점을 맞춘 후 드라이아이스를 잘라 저울을 통해 6.0g을 맞추어준다.
- ⑥ 드라이아이스 특성상 물에 닿으면 빨리 승화되기 때문에 그냥 6.0g의 드라이아이스를 넣게 되면 블루카본이 있는 수조에는 물이 있기에 더 빨리 승화된다. 따라서 비커에 같은 양의 물을 넣은 후 드라이아이스를 넣어준다.



드라이아이스를 넣은 비커

- ⑦ 두 수조 모두 뚜껑을 닫은 후 산업용 마스크테이프로 모서리와 테이프를 여러 번 감싸준 뒤 뚜껑의 동그란 구멍은 박스테이프와 산업용 마스크테이프로 막아준다.



- ⑧ 뚜껑의 동그란 구멍을 막은 테이프를 열어 이산화탄소 농도 측정기를 통해 수조 안의 이산화탄소 농도를 측정해준다.
⑨ 일정한 시간 간격으로 ⑧ 과정을 반복한다.

○ 결과

	1차 측정 (5:30pm)	2차 측정 (7:30pm)	3차 측정 (9:30pm)
블루카본	1464ppm	1200ppm	800ppm
그린카본	1423ppm	1000ppm	400ppm

1차 실험

	1차 측정 (11:20am)	2차 측정 (1:20pm)	3차 측정 (4:20pm)	4차 측정 (8:58pm)
블루카본	664ppm	1030ppm	687ppm	936ppm
그린카본	622ppm	1372ppm	935ppm	462ppm

2차 실험

3. 탐구의 결론 및 의의

○ 결론

- 실험결과를 보았을 때, 블루카본과 그린카본 모두 결론적으로 2차실험 4차 측정 때의 블루카본 탄소 농도를 제외하고 탄소의 농도가 줄어 들고 있다는 것을 알 수 있다. 하지만 실험 전반에 걸쳐 이산화탄소 농도가 감소하는 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 지구온난화를 늦추기 위하여 친환경적 상품과 대체 에너지를 사용하는 것으로 탄소 배출을 최소화하는 것과 더불어 블루카본과 그린카본을 활용하여 대기 중 이산화탄소를 재포집하여 부산은 물론이고 대한민국의 탄소감축을 기대해 볼 수 있을 것 같다. 반면 탄소 포집 능력면에서는 1차실험과 2차실험 모두 그린카본이 블루카본보다 상대적으로 탄소 포집능력이 뛰어나다는 결과가 나타난다. 그러나 이 실험의 결과만으로 그린카본이 블루카본보다 우수한 이산화탄소 포집 능력을 갖추고 있다는 일반화된 결론을 이끌어낼 수는 없을 것으로 보인다. 그 이유는 다음과 같다.

- 1) 이 실험에서는 블루카본에서 탄소흡수 능력, 번식력, 성장력이 뛰어난 대나무에 반면 탄소포집 능력이 뛰어난지 알 수 없는 통통마디를 사용하였고, 통통마디는 해양생태계에 사는 식물이기에 대나무보다 생태계환경을 완벽하게 구현하기에 한계가 있었다.
- 2) 수조의 구조상 뚜껑부분 즉 수조의 제일 위에서 측정할 수 밖에 없었는데 질소와 산소를 포함한 공기의 분자량은 29 이산화탄소의 분자량은 44이다. 이산화탄소는 산소보다 무거워 산소 밑으로 가라앉을 수 밖에 없기에 위에서 이산화탄소의 농도를 측정했을 때 수조내부의 이산화탄소 농도 측정을 정확하게 하기 어려우며 이산화탄소가 확산되기까지 이산화탄소의 확산이 충분히 이루어지지 않은 1차측정은 신뢰성이 떨어진다고 볼 수 있다.
- 3) 단위면적당 식물의 개체 수가 통제되지 않았으며 해양생태계의 구성요소 중 하나인 갯벌의 흙, 잘피류 등이 실험상황에서 포함되어있지 않기 때문에 일반적인 블루카본보다 실험상황에서의 블루카본이 이산화탄소를 포집능력이 떨어진다고 추정된다.

○ 의의(기대효과)

- 드라이아이스를 이용하여 이산화탄소를 직접적으로 많은 양을 주입했음에도 그린카본, 블루카본 모두 뛰어난 탄소 포집, 흡수 능력을 보여주었다. 그렇기에 나무가 많고 반도국인 우리나라는 이러한 블루카본과 그린카본을 잘 활용할 수 있는 나라인 것 같다. 하지만 아직까지 블루카본은 탄소흡수원으로 국제인증을 받지 못하였는데 하루빨리 블루카본이 탄소흡수원으로 국제인증을 받아, 국내 뿐만 아니라 해외에 있는 효과가 더욱 뛰어난 블루카본이 있을 가능성이 무한하다. 따라서 개발과 연구가 적은 블루카본은 잠재적 효용가치가 높음을 예상한다.

4. 탐구를 진행하면서 어려운 점과 알게 된 점

○ 어려운 점

- 그린카본과 비슷한 효용성을 가진 블루카본을 구하기에 어려움이있었다
- 블루카본을 구입할 수 있는 인터넷 사이트가 없었고, 채취가능한 지역이 제한되어있어서 채취에 어려움이있었다.
- 해당 식물에 맞는 환경을 최대한 구현하기 위하여 서식환경에서의 흠과 농도에 맞는 해수를 학교까지 가지고 오는데에 있어서 어려움이 컸다.
- 거북이 수조를 사용하여 테두리가 뚫려있었는데 공업용 마스크테이프는 완벽하게 공기를 차단하는데에 한계가 있었고 찢어질 우려가 컸다.

○ 알게 된 점

- 이산화탄소 줄이는 방법에 나무심기가 있다는 사실은 초등학교 어찌면 유치원생이였을 때부터 알고 있었을지 모르겠다. 하지만 나무심기가 어느정도까지 이산화탄소 줄이기에 효과가 있는줄 몰랐는데 직접 실험해보고 나서는, 생각보다 더 빠른시간 안에 많은 양의 이산화탄소를 흡수할 수 있다는 것을 직접 보았고 알게되었다.

○ 기타

- 탐구수행계획서에는 실험을 1차시, 2차시로 나누어서 실험을 진행 할 계획이 없었는데 이산화탄소 측정기를 수조에 넣는 과정에서 붙여놓은 테이프를 떼었다 하니 테이프에 구멍이나서 1차실험, 2차 실험 두 번에 나누어서 실험을 하게 되었다.

5. 참고문헌

임민수 기자, 블루카본(Blue Carbon), <http://www.ecotiger.co.kr/news/articleView.html?idxno=41724>

<https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156323481>

- 산림청, 상록활엽수증가시나무, 온실가스저감효과우수

<https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%8C%80%EB%82%98%EB%AC%B4>

- 위키백과 대나무

<https://ko.wikipedia.org/wiki/%ED%89%81%ED%89%81%EB%A7%88%EB%94%94>

- 위키백과 통통마디

<https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchTrend.do?cn=SCTM00082963>

- 더 사이언스타임즈, 남부 산림연구소, 대나무의 CO₂ 흡수능력 월등.. 소나무의 3.8배

<https://smartstore.naver.com/treethink3?NaPm=ct%3DI93w5wea%7Cci%3Dcheckout%7Ctr%3Dds%7Ctr%3D%7Chk%3D455170b6204634c7902403b8fcca3f8d28f54d49>

- '착한가격 나무생각' 온라인 쇼핑몰

file:///C:/Users/user/Downloads/07-03-14%20%EC%A4%91%EC%9A%94%20%ED%95%B4%EC%96%91%EC%83%9D%EB%AC%BC%EC%84%9C%EC%8B%9D%EC%A7%80(%ED%95%B4%EC%B4%88%EC%A7%80)%20%EB%B3%B4%EC%A0%84%EC%9D%84%20%EC%9C%84%ED%95%9C%20%EC%A0%9C%EC%95%88.pdf

- 국립공원관리공단 국립공원연구원 해양연구센터, 김철도, 안중관 [중요 해양생물서식지(해초지) 보전을 위한 제안]

https://kna.forest.go.kr/kfsweb/cop/bbs/selectBoardArticle.do?nttlId=3175419&bbsId=BBSMSTR_1109&pageUnit=10&pageIndex=1&searchtitle=title&searchcont=&searchkey=&searchwriter=&searchWrd=%eb%8c%80%eb%82%98%eb%ac%b4+%ec%9e%98%eb%9d%bc%eb%8f%84&ctgryLrcls=&ctgryMdcls=&ctgrySmcls=&ntcStartDt=&ntcEndDt=&mn=UKNA_02_03&orgId=

- 국립수목원 산림생물상담소



K10 U10 J1-

해조류의 광합성량이 바닷속 이산화탄소 감소에 효과가 있을까?



팀명

Come O2n

학생명

권나경, 김고운, 박보경, 하승은

지도교사명

고창섭

학교

당리중, 장평중, 하단중

1. 탐구 동기 및 목적

○ 탐구 동기

- 최근 우리 고장인 군산의 개발지역인 새만금을 방문하였습니다. 푸르고 맑은 바다를 생각했지만 새만금 사업이 오랫동안 진행된 것에 비해 아직 공사 중인 곳이 많고 환경적으로 생태 조성이 완전하지 않았습니다. 새만금 주변의 수질 상태가 매우 나쁘다는 것을 알게 되었고 이러한 수질 오염이 우리에게도 악영향을 줄 것이 우려되었습니다. 마침 해양생물탐구대회에 대한 소식을 듣고, 해양생물이 이 문제를 해결하는 데 도움을 줄 수 있지 않을까 하여 이 주제와 접목시켜 탐구해 보기로 결정하였습니다.

○ 탐구 목적

- 저희는 새만금의 수질을 개선하는 데에 해양생물 중 '미세조류'를 주제로 정했습니다. 미세조류는 녹조 및 적조를 일으키는 유해생물로서 수질 관리의 주요 대상이지만, 아주 적은 영양염류로도 대량 번식하여 이산화탄소를 대폭 흡수 및 저장하는 등의 장점도 가지고 있어 이를 잘 활용한다면 지구의 이산화탄소 흡수에도 도움을 줄 수 있기 때문에 여러 방면에서 쓰임새가 많은 생물이라고 생각하였습니다. 그래서 이러한 미세조류의 특징을 새만금의 수질 개선 방안과 접목하여 생각해보았습니다. 해양 생태계에서 온실 가스인 이산화탄소를 사용하는 광합성을 통해 생물의 영양 단계에서 1차 생산자의 역할을 하면서도 다양한 해양 생물들의 먹이가 되어 물질 순환에 중요한 역할을 담당하는 미세조류의 장점을 이용한다면 새만금의 수질 개선과 더불어 미세조류의 활용 반경도 넓어져 장기적으로 지구 환경에 큰 역할을 할 것이라 생각되어 다양한 해양 미세조류를 탐구하기로 하였습니다.

2. 탐구 내용 및 결과

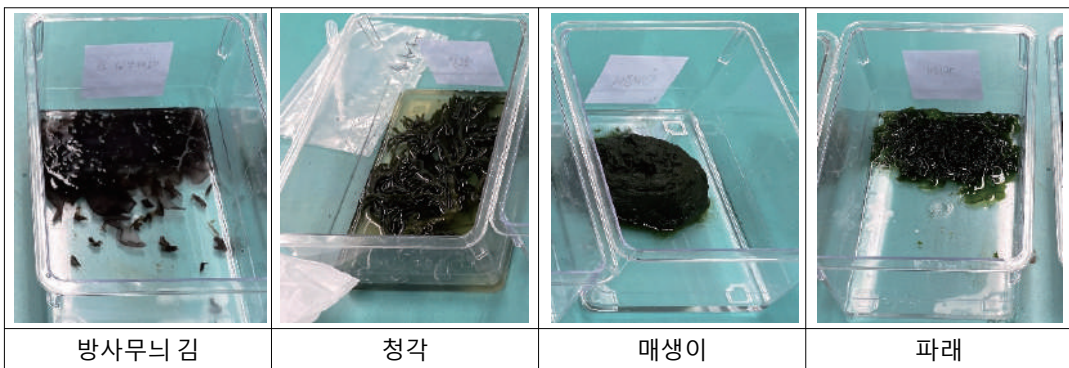
○ 내용

• 탐구과제1 : 선행연구와 관련 자료 찾아보기

• 탐구과제2 : 광합성에 대해 알아보기

- 광합성 : 태양광, 이산화탄소, 물을 이용해 광합성하여 에너지를 얻는 식물의 독특한 능력이다. 식물의 잎과 줄기에 있는 광합성세포는 광에너지를 이용해 물분자를 수소와 산소로 분해할 수 있는 능력이 있다.
- 광합성에 영향을 미치는 요소: 식물은 세포내에서 일어나는 광합성을 조절하는 능력이 거의 없다. 여러 요소 중 가장 부족한 요소가 광합성률을 제한한다. 높은 수준의 광합성률은 성장과 증식을 촉진하고 건강을 보장해준다. 가장 중요한 환경요인은 빛이고 온도나 이산화탄소량, 영양분 등도 광합성률에 영향을 미친다.
- 빛의 강도와 빛을 쬐이는 시간 모두 광합성률에 영향을 미친다. 자연에서 대부분의 열대 식물은 하루 24시간 중 12시간 가까이 일광을 쬐다. 빛의 강도는 시간에 따라 변화하며, 식물의 위치와 그늘 등에 따라서 다르지만 한낮의 개활지가 가장 많은 빛을 받는다. 만일 빛이 이 시간(12시간)보다 긴 시간 동안 제공된다 하면 광합성시간도 증가하게 된다. 하지만 이러한 경우 식물은 과도하게 광합성을 하게 되고 조직에 손상을 입을 수 있다. 다른 모든 요소가 충분하게 제공된다면 광합성은 광포화지점에 도달할때까지 빛의 강도와 비례해 증가한다.
- 지속적인 호흡과 낮 동안의 광합성은 수생식물을 둘러싼 물의 산소 농도와 이산화탄소 농도에 영향을 미친다. 산소와 이산화탄소농도의 상승과 하락은 아쿠아리움 내 물의 경도와 pH에 직접적인 영향을 미친다.

• 탐구과제3 : 광합성 하는 해조류 알아보기



- 방사무늬 김

한국에는 전 연안에 분포

조간대에 부착하며, 하구 부근에서 내만, 외해까지 널리 분포

환경에 대한 적응성이 크고, 형태변이가 많음, 생육시기 : 가을 ~ 봄

- 청각

난해산으로 아열대 및 열대에 많이 서식

한국에는 전 연안에 분포

파도가 조용한 내만, 외양수(하천의 물이 섞이지 않은, 육지에서 멀리 떨어진 바다의 물)의 영향을 강하게 받는 곳에 많이 서식

암, 수 배우자는 암수이체의 경우와 암수동체의 경우가 있음

- 매생이

남해안이나 서해안에 분포하고 지형적으로 후미진 곳 이어야하고 물이 잘 소통되는 깨끗한 곳에서 자란다.

11월 즈음 어린 매생이가 나오며 1~2월에는 몸이 최대로 자란다.

- 파래

일본, 동지나해에 분포되고, 우리나라에서는 남해안의 각지에 분포한다.

파도가 조용한 곳의 조간대 상부에 군락을 이룬다.

• 탐구과제4 : 어떤 해조류가 가장 광합성을 잘하는지 탐구해보기

[1차시도]

- 해조류 준비하기

매생이, 파래, 김은 수산종자육종연구소에서 택배로 받았고 청각과 다시마는 시장에서 구매했다. 수산종자육종연구소에 물어보니 다시마가 갈색이면 살아있는데 초록색이면 죽었을 확률이 높다고 하였다. 그런데 다시마가 초록색이어서 다시마를 제외하고 매생이, 김, 파래, 청각으로 탐구를 하게 되었다.



- 다대포에서 바닷물 떠오기



- 수조에 해조류와 바닷물을 넣고 밖에 놔둔 후 처음 pH측정한다



- 매일 각 해조류가 담긴 수조의 pH를 측정한다



	매생이	청각	파래	김
8/11	8.0	7.6	9.8	9.2
8/12	7.7	7.8	9.4	8.3
8/13	8.2	8.3	8.8	8.3
8/14				
8/15	7.4	7.8	8.7	8.3

※14일에는 학교로 와서 측정을 할 시간이 되는 사람이 없어서 측정을 하지 못했다.

광합성을 하면 탄산이온이 줄어들어서 pH가 증가해야 하는데

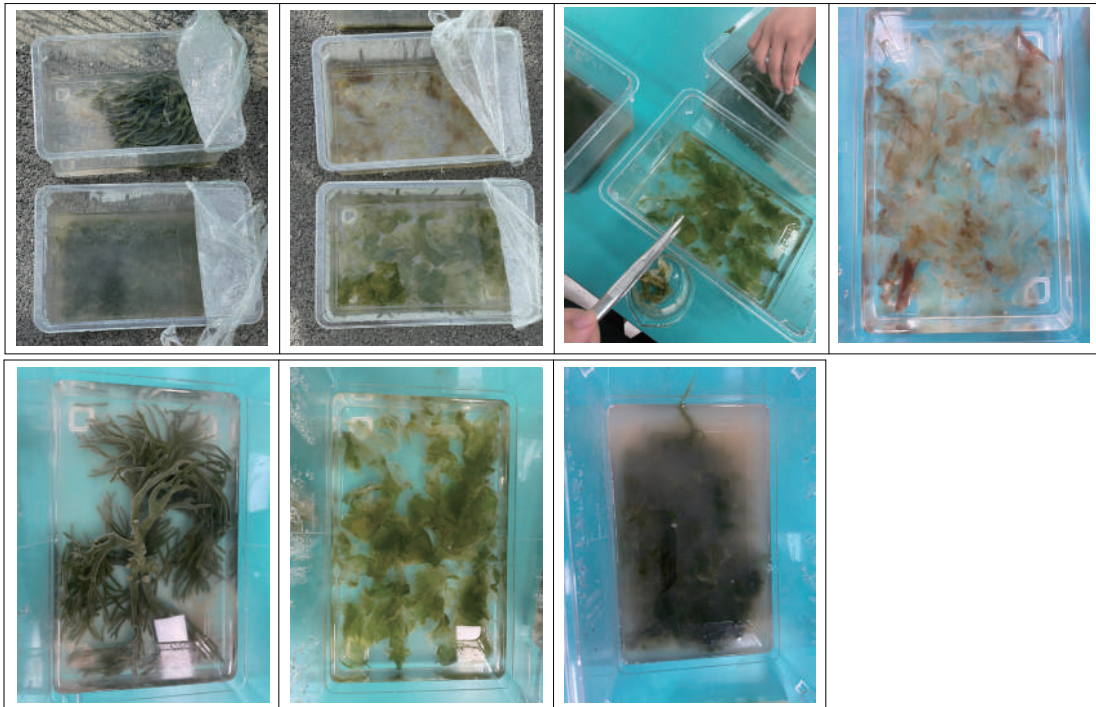
매생이 : 감소-증가-감소로 처음과 비교했을 때 0.6 감소

청각 : 증가-증가-감소로 처음과 비교했을 때 0.2 증가

파래 : 감소-감소-감소로 처음과 비교했을 때 1.1 감소

김 : 감소-일정-일정으로 처음과 비교했을 때 0.9 감소했다.

- 왜 pH가 증가하지 않고 감소했는지 생각을 해보니 날씨가 흐리고 비가 와서 햇빛을 많이 받지 못한 것 같다는 생각이 들었다. 그래서 백열등을 사용하여 다시 실험을 하기 위해 학교로 갔는데 광합성을 제대로 하지 못해서 그런지 색이 변해 있었다.



색을 보니 김과 파래는 거의 투명색이 되었다. 해조류들이 살아있는지 확인한 뒤 다른 방법을 찾아서 2차 시도를 할 예정이다.

[2차 시도]

청각과 파래를 부평 강동시장에서 새로 구입하고 실험방법을 바꾸어 실내에서 백열등을 사용하여 진행하였다.



	파래	청각
바닷물	8.8	8.8
식물 넣고 바로	8.0	8.8
5분	8.1	9.0
15분	8.1	8.8
25분	8.4	8.8
35분	7.9	8.7
45분	7.9	8.7
55분	7.9	8.6
65분	7.9	8.6
75분	7.9	8.7

탐구과제4 에서 pH가 줄어들어서 재실험을 하였지만 처음 실험과 같이 pH가 감소하였다.

파래 : 증가-감소-일정으로 처음과 비교했을때 0.1 감소

청각 : 증가-감소-감소으로 처음과 비교했을때 0.1 감소했다.

- 해양식물이 살아있는지 확인 하기 위한 추가 실험

시장에서 사온지 시간이 지난 후 실험 하였기 때문에 식물의 상태가 정상적이지 않아서 pH가 감소하였을 수도 있다는 생각에 광합성 실험을 하여 식물이 살아있는지 확인해보았다.



- 식물이 살아있다면 광합성을 하여 산소를 만들어 떠올라야 하는데 실험 결과 파래와 청각 모두 뜨지 않았다. → 해양식물 모두 정상적이지 않은 상태라고 판단됐다.

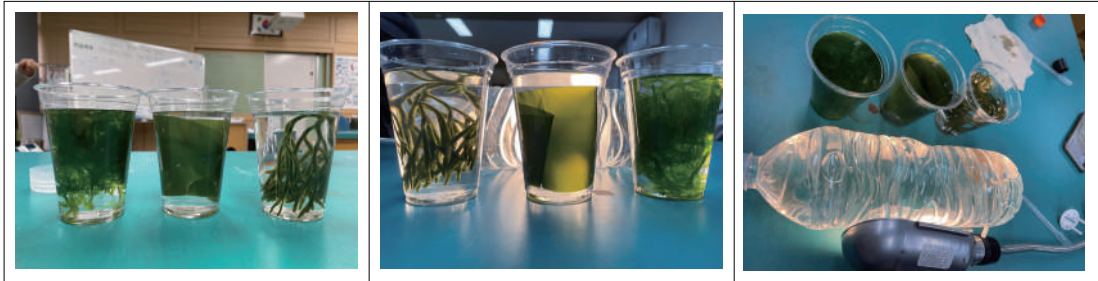
[3차 시도]

- 청각, 파래와 다시마를 충무동 해안시장에서 새로 구입하였다. 제대로 된 3차 시도를 하기 전에 사온 해조류가 살아있는 것이 맞는지 확인 하기 위해서 광합성 실험을 진행하였다. 베이킹소다를 넣은 물에 소량의 해조류를 넣어서 실험 하였다.



- 청각과 파래는 넣자마자 바로 뒀고, 다시마는 처음에는 가라앉았지만 시간이 지나니 위로 떠올랐다. → 청각, 파래, 다시마가 살아있는 것을 확인하였다.

- 실험방법을 바꾸어 백열등과 해조류 사이에 물이 든 페트병을 설치하고, 베이킹소다를 각각의 해조류에 넣어서 실험하였다.



	청각	파래	다시마
처음	8.3	8.4	8.7
5분	8.2	8.2	8.2
15분	8.2	8.3	8.2
25분	8.3	8.2	8.2
35분	8.3	8.2	8.2
45분	8.3,8.4	8.3,8.4	8.2,8.3
55분	8.3	8.4	8.2
85분	8.3	8.4	8.3
115분	8.4	8.4	8.3

광합성을 하면 탄산이온이 줄어들어서 pH가 증가해야 하는데

청각: 감소-증가-증가 이지만 처음과 비교했을때 0.1 증가

파래: 감소-증가-일정으로 처음과 비교했을때 변화 없음

다시마: 감소-증가-일정으로 처음과 비교했을때 0.4 감소했다.

[4차 시도]

- 3차 시도 할 때 산 해조류를 사용하였고, 이산화탄소를 공급하기 위해 CO2캡슐과 베이킹소다를 넣었다.

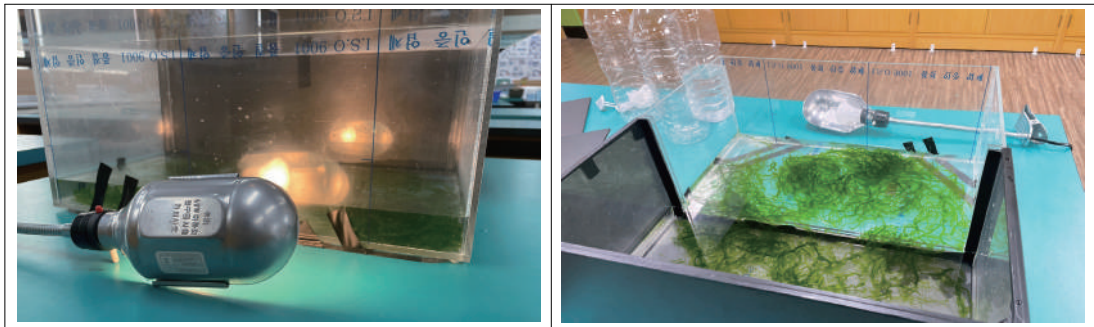


	파래	청각	다시마
처음	8.6	8.4	8.5
5분	8.5	8.4	8.4
15분	8.7	8.3	8.4
25분	8.9	8.5	8.5
35분	9.1	8.5	8.5
45분	9.2	8.5	8.4

• 탐구과제5

해조류들이 자라는 환경이 큰 차이가 없어서 실험을 진행하지 않았다.

• 탐구과제6



수조의 양쪽에 같은 양의 파래를 넣고 한쪽은 빛을 차단한 뒤 30분 간격으로 pH를 측정해주었다.

	광합성	호흡
13:45 (처음)	8.6	
15:15	9.0	8.8
15:50	9.0	8.8
섞었을 때	8.9 ~ 9.0	

○ 방법

• 탐구과제1

- 관련 웹사이트를 검색하고, 학술연구 정보서비스에서 검색하여 알게 된 도서를 대출 또는 구입하여 관련 자료를 수집한다.

• 탐구과제2

- 광합성과 관련된 책에서 광합성이 환경에 미치는 영향에 대한 자료를 수집한다.
- 광합성과 관련된 책에서 광합성을 잘하기 위한 조건에 대한 자료를 수집한다.
- 관련 홈페이지에서 광합성을 하면 생기는 물질과 광합성량을 측정하는 방법 알아본다.

• 탐구과제3

- 해조류와 관련된 책, 홈페이지 등에서 광합성을 하는 해조류를 알아본다.
- 각 해조류에 대한 기본적인 정보를 수집한다.

• 탐구과제4

[1차 시도]

- 탐구과제3에서 조사한 해조류 4가지(청각, 파래, 김, 매생이)를 준비한다
- 다대포해수욕장에서 2L 물통 6개에 물을 담아온다.
- 수조에 같은양의 바닷물을 넣고 해조류를 넣어준다.
- 한 수조에 하나의 생물을 넣고 랩을 사용하여 밀폐시킨다. (기체의 출입을 막는다.)
- 처음에 pH를 측정하고 하루에 한번씩 pH를 측정해준다.
- 측정된 pH값을 비교해 어떤 해조류가 광합성을 가장 잘하는지 알아본다.

[2차 시도]

- 부평 강통시장에서 청각과 파래를 구매한다.
- 비커 2개에 각각 청각과 파래를 넣고 바닷물을 넣는다.
- 실내에서 랩을 씌우지 않고 백열등으로 빛을 비춰준다.
- 5분~10분에 한 번씩 pH를 측정해준다.
 - +) 청각과 파래가 살아있는지 확인
 - 청각과 파래를 작게 잘라서 비커에 나누어 담는다.
 - 수돗물+베이킹소다, 바닷물, 바닷물+베이킹소다를 각각 두 비커에 나누어 담는다.
 - 백열등으로 빛을 비춰준다.

- 잘게 자른 청각과 파래가 떠오르는지 관찰한다.

[3차 시도]

- 충무동 해안시장에서 파래, 청각, 다시마를 구매한다.
- 바닷물에 베이킹소다를 넣고 세 식물 조각을 넣고 백열등으로 빛을 비추어 떠오르는지 관찰해 식물이 살아있는지 확인한다.
- 세 식물, 베이킹소다, 바닷물을 3개의 비커에 담고, 백열등으로 빛을 비추어준다.
- 5분에서 측정하는 시간의 간격을 점점 늘려가면서 pH 값을 측정한다.

[4차 시도]

- 비커 3개에 각각 파래, 청각, 다시마를 넣는다.
- 바닷물에 CO2 캡슐을 넣고 반쯤 녹인 후 건져내고 베이킹소다를 넣는다.
- 바닷물을 세 비커에 나누어서 넣는다.
- 5분~10분에 한 번씩 pH를 측정한다.

• 탐구과제5

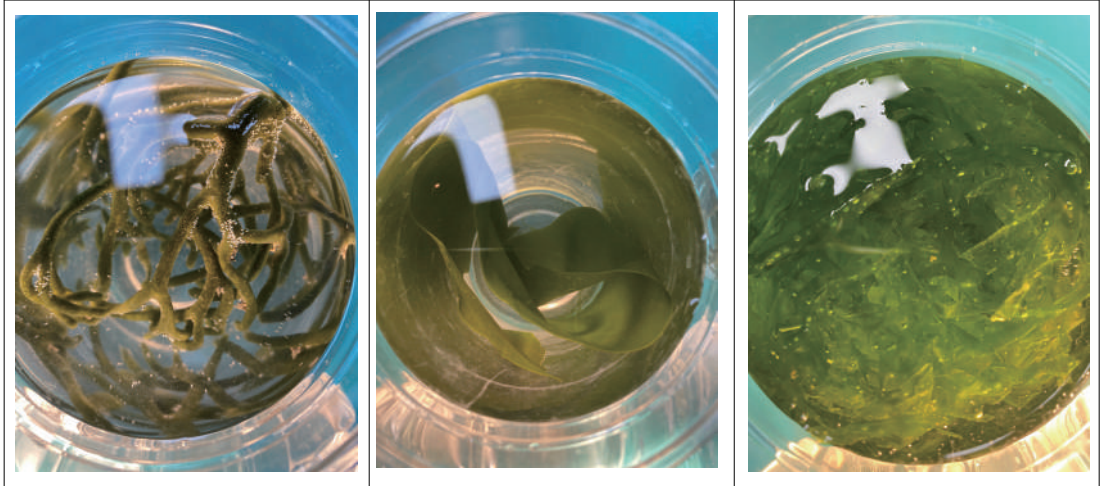
- 각 해조류가 잘 사는 환경을 인터넷, 책을 이용해 조사한다.

• 탐구과제6

- 파래를 수조 양쪽에 같은 양으로 넣는다.
- 바닷물 3L에 CO2 캡슐을 넣고 잘 섞어준 후, 칸막이가 있는 수조 양쪽에 나누어담는다.
- 한 쪽을 검은색 스티로폼으로 빛을 모두 차단한 후 백열등으로 빛을 비춰준다.
- 30분에 한 번씩 두 번 각각의 pH를 측정한다.
- 양 쪽의 물을 섞은 후 pH를 측정한다.

○ 결과

• 탐구과제4

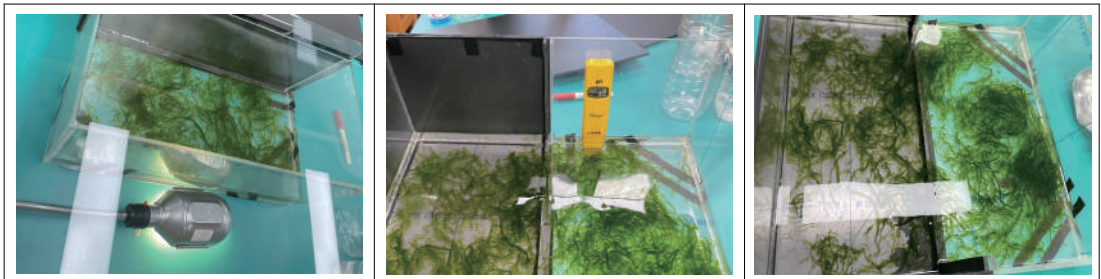


pH를 측정해본 결과

청각은 처음과 비교했을 때 0.1증가, 다시마는 0.1감소, 파래는 0.6증가

→ 파래에서 pH가 가장 많이 증가했기에 파래가 광합성을 가장 활발히 했다는 것을 알 수 있었다.

• 탐구과제 6



처음과 비교했을 때 마지막에 섞었을 때의 pH가 증가했다.

→ 호흡하는 해조류양과 광합성하는 해조류 모두 pH가 증가 하였다

이론상으로는 호흡하는 해조류는 pH가 감소해야 하고, 광합성을 하는 해조류는 pH가 증가해야 한다.

→ 이에 대한 가설을 생각해본 결과, 틈 사이로 조금 들어오는 빛에 의해 호흡만 해야하는 해조류도 광합성을 조금 했을 가능성이 있다고 생각된다.

이후로도 몇 번 더 시도를 해 보았지만 빛을 완전히 막기가 어려웠기에 결과는 달라지지 않았다.

3. 탐구의 결론 및 의의

○ 결론

- 남해 평균 해양 환경조건에서 청각, 다시마, 파래 중에서는 파래가 가장 광합성을 잘한다.
- 식물의 호흡량과 광합성량을 비교해 실제로 바닷속 이산화탄소 감소 효과가 있다.
- 따라서 해조류의 광합성이 탄소중립을 실천하는데 도움이 된다.

○ 의의(기대효과)

- 이번 탐구를 통해 우리가 구할 수 있는 해조류내에서의 광합성 효율, 그리고 실제로 바닷속에서 물고기의 호흡량과 해조류의 광합성량을 비교했을때의 이산화탄소 감소 효과가 있는지에 대해서 알아보았다. 이러한 탐구로 우리는 바닷속에서 여러 생물들이 광합성을 한다는 것이 여러 환경의 이산화탄소 양을 줄이게 된다는 것을 알 수 있었다. 또한 이는 이산화탄소의 흡수량이 늘어나기 때문에 대기 중의 이산화탄소의 배출량과 바다의 흡수량을 같게 만들어 실질적인 배출량을 0으로 만드는 것, 즉 탄소중립을 실천할 수 있으며 궁극적으로는 지구온난화에 대한 대처방안이 될 수 있다. 그리고 탐구를 수행하며 실험 과정에서 많은 어려움을 겪었지만 이러한 과정 속 탄소중립에 대한 우리의 흥미와 이해도가 높아졌고 더 나아가 광합성 이외의 해결책을 생각하게 해준 계기가 되어주었다.

4. 탐구를 진행하면서 어려운 점과 알게 된 점

○ 어려운 점

- 해조류의 신선도
 - 해조류가 3~4일 정도 지나면 얼음컵으로 온도를 낮춰주었음에도 불구하고 신선도가 급격하게 떨어져서 광합성을 못하는 상태가 되고 썩었다.
- 장비를 다루는 것의 어려움
 - pH 측정기, 산소 측정기 등 처음 접해봐서 사용방법을 알지 못하는 장비가 있었다.
- 일정 조율
 - 탐구가 장기적으로 진행되어야하기 때문에 주기적으로 학교에 와서 실험해야하는데 팀원들끼리 시간을 맞추기가 쉽지 않았다.
- 의견 충돌
 - 실험으로 같은 결과가 도출되었음에도 각자의 생각이 달라 다른 결론이 나오기도 했고 실험 중에 문제가 생겼을때 해결하고자 하는 방법이 달라 의견이 맞지 않았다.

○ 알게 된 점

- 나무 심는 것의 효과
 - 이 대회를 진행하면서 조사를 해본 결과 우리가 '탄소중립'을 떠올리면 가장 먼저 떠오르는 해결책인 나무를 심는 것은 우리의 생각보다 이산화탄소를 흡수하는 양이 많지 않다는 것을 알게 되었다.
- 장비를 다루는 방법
 - 이번 실험을 통해 산소 측정기, pH 측정기를 처음으로 접해 봄으로써 사용 방법을 정확히 알게되었다.
- 실험을 실패했을 때 해결방법
 - 1차 실험에서 계속 실패하다가 4번의 시도 끝에 성공을 하였다. 이렇게 4차 시도만에 성공하기까지 환경 조건, 관찰 시간 등을 바꾸는 등 실험을 실패했을 때 마냥 포기하는 것이 아닌 적당한 해결책을 찾는 방법을 알게 되었다.

○ 기타

- 해조류 종류
 - 실험 당시 여름이어서 겨울이 제철인 해조류들을 구하기 어려웠다. 또, 시장에서 파는 미역, 다시마 등은 염장된 것이나 삶아진 것이 대부분이라서 조리되지 않은 해조류를 찾다보니 실험을 하는 해조류의 종류가 줄어들게 되었다.

- 탐구과제5

- 각각의 생물이 잘 자라는 환경조건에서 어떤 해조류가 광합성을 가장 잘할지 알아보기로 하였다. 하지만 각 환경을 조성하는데에 미생물 등의 환경을 조성하는 것은 불가능하다고 느꼈다. 그리고 해조류들이 자라는 환경에서 큰 차이가 없어서 실험을 진행하지 않았다.

5. 참고문헌

메일-장해진(국립수산과학관 교육담당)

김혜광(부산대학교 해양생물학 연구실)

도움 받은 사람-허진석(국립수산과학원 수산종자육종연구소) : 방사무늬 김, 파래, 매생이

도서-히터 히스콕(2012)『아쿠아리움 플랜츠』씨밀레북스 영국 책 전체

-이흥우『앵겔만이 들려주는 광합성 이야기』

-한용봉『식용 해조류 1: 성분과 생리활성(성분과 생리활성)』

-한용봉『식용 해조류 2: 성분과 생리활성(성분과 생리활성)』

-정익교『해조류 바다숲과 기후변화-해조가 답이다』-정익교



제5회
해양생물 탐구대회 

수상작모음집

고등부

식물성 플랑크톤과 해조류를 이용한 고효율 이산화탄소 흡수 장치 제작



팀명 비교와 대조

학생명 신찬, 김연후, 이준표

지도교사명 박기엽

학교 한국과학영재학교

1. 탐구 동기 및 목적

○ 탐구 동기

- 바다에서 이산화탄소 흡수량의 많은 부분을 차지하는 플랑크톤과 해조류를 사용하면 탄소 중립에 도움을 줄 수 있을 것이라 생각하였고, 이에 따라 어항과 같은 장치를 제작하는 방법을 생각하여 이를 제작해 보고자 탐구를 설계하였다.

○ 탐구 목적

- 일반적인 해조류 재배 장치나 식물성 플랑크톤 배양 장치의 경우에 비해, 해조류와 플랑크톤 모두를 사용하는 이 장치는 더 많은 이산화탄소를 흡수할 수 있다.
- 1차 목적 : 플랑크톤과 해조류를 각각 배양하는 경우와 혼합 배양하는 경우에 대해 혼합 배양 시 이산화탄소 흡수율이 증가함을 파악한다.
- 최종 목적 : 고효율 이산화탄소 흡수 장치 제작 후 장치와 화분의 이산화탄소 흡수율을 비교하여 탄소 중립 실천에 어느 정도의 영향을 미치는지 확인한다.

2. 탐구 내용 및 결과

○ 내용

- 방음재의 시료로 사용할 해양 부산물을 조사했다. 시료를 분쇄 및 압축하고, 접착제로 고정하여 방음판을 제작했다. 방음 효과를 확인할 수 있는 실험(구조)을 설계하고 방음판의 종류에 따른 소리의 크기 변화 정도를 측정했다.

구분	탐구 목표	탐구 내용
사전 탐구	본 탐구를 진행하기에 앞서, 미리 조사되어야 하는 내용들에 대한 탐구를 진행한다.	<ol style="list-style-type: none"> 식물성 플랑크톤에 대한 탐구 <ol style="list-style-type: none"> 식물성 플랑크톤의 종류 및 배양 최적 조건 탐구 일정한 규격 속 해수에서 녹조현상이 일어나기 직전까지 걸리는 시간 탐구 응집제 사용 시 chlorella의 분해 시간 측정 해조류에 대한 탐구 <ol style="list-style-type: none"> 해조류의 종류 및 배양 최적 조건 탐구 화분과의 비교에 대한 탐구 <ol style="list-style-type: none"> 화분의 이산화탄소 흡수량 조사 고효율 이산화탄소 흡수 장치 구성 <ol style="list-style-type: none"> 제작 chlorella와 바다 포도를 같이 배양할 수 있는 최적 조건 탐구
본 탐구	고효율 이산화탄소 흡수 장치를 제작한 뒤, 탄소 중립에 미치는 영향을 분석한다.	<ol style="list-style-type: none"> 장치를 통한 이산화탄소 흡수량 측정 <ol style="list-style-type: none"> 해수의 이산화탄소 흡수량 측정 chlorella의 이산화탄소 흡수량 측정 바다 포도의 이산화탄소 흡수량 측정 chlorella와 바다 포도의 이산화탄소 흡수량 측정

○ 방법

- 사전 탐구

1. 식물성 플랑크톤에 대한 탐구

1) 식물성 플랑크톤의 종류 및 배양 최적 조건 탐구

(1) 식물성 플랑크톤의 종류

- 해수에 사는 식물성 플랑크톤을 사용해야 하므로, 적합한 플랑크톤의 종류는 chlorella, spirulina, Chlamydomonas 가 있었으며, 이 중 chlorella는 배양온도, ph가 실험하기에 적절하고 조류를 활용한 다양한 연구에 사용되어 많은 연구자료가 있었기 때문에 chlorella를 사용하였다.

(Mbris 미세조류 분양 시스템을 통해 chlorella sp.를 분양받았다.)

조건	chlorella	spirulina	Chlamydomonas
배양온도	25도	35도	23도
Ph	7.0	9.5	7.0 ~ 7.5

[표 1. 식물성 플랑크톤 종에 따른 배양 최적 조건]

(2) chlorella의 배양 최적 조건

a) chlorella 배양 최적 온도

- 논문 조사와 전문가의 의견을 바탕으로 온도를 28도로 설정하였다.

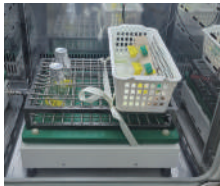
b) chlorella 배양액 종류

- chlorella의 배양 배지는 주로 F/2 배지를 사용하는데, 배지가 없는 해수 환경과 비교해보기 위해 해수, F/2 배지, 마지막으로 실험실에서 구한 TAP 배지를 사용하여 배양 실험을 진행하였다. TAP 배지(담수 미세조류용 배지)와 해수(광안리에서 채취) F/2배지(해양 미세조류용 배지) 3가지에 마이크로피펫을 사용하여 각각 10 : 1 (TAP 배지 : chlorella, 해수 : chlorella), 50 : 1 (F/2 배지 용액 : chlorella)의 비율로 chlorella를 희석시켜 배양시켰다. (배양기의 경우 28°C, 120rpm으로 설정하였다.) (그림_4의 멸균기를 사용하여 고온 고압으로 멸균하였다.)

경과시간 (h)	해수 (10배 희석)	TAP (10배 희석)	F/2 (50배 희석)
0	0.012	0.013	-
20	0.013	0.012	0.085
40	0.023	0.044	-
120	0.147	1.268	0.138

[표 2. 배양액에 따른 chlorella 배양 속도 비교 (흡광도 측정)]

(분광광도계를 이용하여 654nm 파장에서 흡광도를 측정하였다.)TAP 배지는 해양 미세조류용 배지가 아니었음에도 120시간 만에 100배 정도로 늘어날 정도로 배양 속도가 빨랐다. 반면 F/2 배지는 해양 미세조류용 배지였음에도 50배 희석 때문인지 잘 자라지 않았다. 이에 따라 chlorella와 F/2 배지의 비율을 1 : 10으로 변경하여 다시 실험해 본 결과 40시간 만에 약 3배로 성장 속도가 가속된 것을 확인할 수 있었다. TAP 배지에서의 배양 속도는 빨랐지만 TAP 배지는 담수 미세조류에 최적화된 배지이므로 해양 미세조류인 chlorella에 적합하지 않다고 판단하였고, 추후에 해조류와 혼합 배양할 것을 고려하여 F/2 배지를 사용하기로 하였다.



[그림 1. chlorella 배양] [그림 2. 마이크로피펫] [그림 3. 배양기] [그림 4. 멸균기] [그림 5. 분광광도계]

2) 일정한 규격 속 해수에서 녹조 현상이 일어나기까지 걸리는 시간 탐구

(1) 녹조 현상 측정 방법

- 분광광도계를 통한 chlorella 농도 측정 chlorella가 잘 흡수하는 654nm 파장대를 이용하여 chlorella의 농도를 측정하게 되었다.

(2) 녹조 현상이 일어나기까지 걸리는 시간 측정

- 수조의 구조가 변경된 이후 혼합 배양 조건을 정하는 과정에서 혼합 배양시 chlorella가 녹조 현상이 발생할 만큼 번식되지 않는다는 것을 파악하여 실험을 취소하였다.

3) 응집제 사용 시 chlorella의 분해 시간 측정

(1) 응집제 종류

- 응집제의 종류는 참고문헌 1을 참고하여 천연 고분자응집제인 $FeCl_3$ 와 $CaCl_2$ 를 사용하였으며 참고문헌 9, 10을 토대로 각각 0.15mM, 1.2mM 용액을 만들어 응집제 처리에 사용하였다. ($FeCl_3$ 와 $CaCl_2$ 모두 천연 고분자응집제 중 첨가 시 pH 변화율이 적은 응집제였다.)



[그림 6. $FeCl_3$]



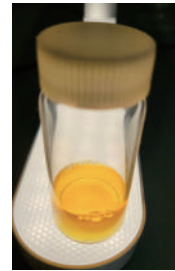
[그림 7. $CaCl_2$]

(2) 응집제 사용 시 chlorella의 분해 시간

- F/2 배지에 배양한 chlorella(2 ml)에 FeCl₃를 약 0.3g 첨가 후 상온에 둔 결과 chlorella가 응집되어 위에 뜨기까지 약 1시간이 소모되었고 응집된 chlorella가 분해되어 더 이상 응집된 chlorella가 보이지 않게 되기까지 약 5일이 소모되었다.(실험 결과에 따라 수조 초기 모델의 경우 응집제를 사용하여 빠르게 chlorella를 순환시킬 수 있도록 계획하였다.)



[그림 8. 응집제 실험 1 일차]



[그림 9. 응집제 실험 5 일차]

2. 해조류에 대한 탐구

1) 해조류의 종류 및 배양 최적 조건 탐구

(1) 해조류의 종류

- 탐구에 사용하기 위해선 살아있는 해조류가 필요했고, (1) 직접 구하는 방법과 (2) 분양받는 방법을 생각했다. (1)번 방법의 경우 해조류는 바다 내부에 서식하기 때문에 쉽게 해조류를 채집하기 어렵고, 해조류를 채집할 수 있다고 하더라도 정확한 종 파악과 적절한 환경 구성이 어려웠다. (2)번 방법의 경우에는 해조류를 찾아보았을 때 계절과 시기에 따라 우점하는 해조류의 종류가 다르고, 자라기 힘든 계절이 존재해 바로 분양받기는 힘들었다. 여러 종류의 해조류를 찾아보던 중, 바다 포도는 활발하게 연구되어 배양 조건을 알 수 있었고, 배양 키트가 개발되어 쉽게 접근하고 사용할 수 있어 탐구에 바다 포도(옥덩굴)를 사용하기로 결정하였다.

(2) 바다 포도의 배양 최적 조건

a) 바다 포도 배양 최적 온도

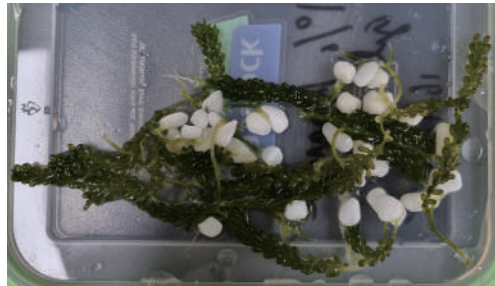
- 바다 포도의 온도 최적 조건은 많은 연구를 통해 22도 근처임으로 밝혀졌다. 추가적인 실험으로 chlorella 최적 온도인 28도에서 바다 포도를 배양해 본 결과, 바다 포도의 상태가 급격히 나빠진 것

b) 바다 포도 배양액 종류

- 바다 포도에 각각 멸균 해수, F/2 배지(50배 희석)를 첨가하여 1주일간 22°C 배양기에서 배양하였다. 그 결과, F/2 배지에 배양한 바다 포도의 상태가 나빠져 배양액으로 F/2 배지의 사용은 지양하는 것으로 결론지었다.

c) 기질

- 바다 포도의 기질로 사용되는 것은 자갈, 모래 등이 있다. 모래와 솜으로 키워보았을 때, 작은 움직임에도 쉽게 해조류가 움직여 기질에 잘 부착되지 않았다. 하지만, 자갈의 경우 일부 바다 포도의 뿌리가 부착되어 작은 외부 힘에는 움직이지 않는 것을 관찰할 수 있었기에 자갈을 기질로 택하였다. (하지만, 기질의 유무에 따른 성장 차이는 관찰할 수 없었다.)



[그림 10. 자갈에 부착된 바다 포도]

3. 식물과의 비교에 대한 탐구

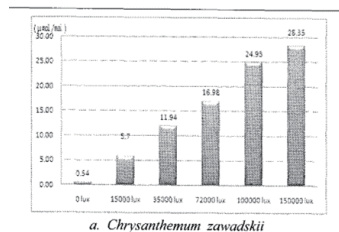
1) 식물의 이산화탄소 흡수량 조사

- 논문(참고문헌_17)을 통해 일상에서 옥상녹화로 사용되는 식물들 중 *Chrysanthemum zawadskii* (구절초)의 이산화탄소 흡수량을 조사하였다.

(구절초의 Lux(빛의 세기)에 따른 이산화탄소의 흡수율이 거의 일정하게 나타났기 때문이다.)

구절초의 경우 5시간 동안 3000 Lux일 때 0.314 μ mol/molh(μ mol/mol=ppm)만큼 이산화탄소를 흡수하였다.

(*Chlorella*와 바다 포도를 배양할 때 사용한 조명이 약 3000 Lux이기에 3000 Lux에서의 이산화탄소 흡수량을 구했다. 논문에 따르면 Lux가 증가함에 따라 흡수량도 정비례하기에 15000 Lux에서의 이산화탄소 흡수량과 0 lux일 때의 이산화탄소 흡수량을 이용하여 3000 Lux일 때 1시간 동안 흡수한 이산화탄소의 양을 계산하였다.)



[그림 11. *Chrysanthemum zawadskii*(구절초)의 이산화탄소 흡수량 그래프]

4. 고효율 이산화탄소 흡수 장치 구성

1) chlorella와 바다 포도를 같이 배양할 수 있는 최적 조건 탐구

(1) 배양 형태

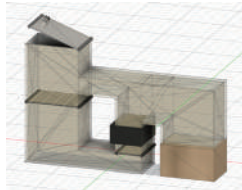
a) 계획

(a) 1차 계획

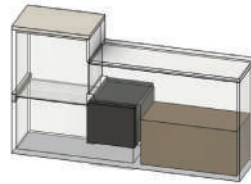
- chlorella의 배양, 분해 공간과 바다 포도 재배 공간을 분리하여 설계하였다. 해수를 순환시킬 수 있도록 (계획한 물의 순환 방향에 맞춰) 펌프를 배치하였다.

(b) 2차 계획

- 제작 환경, 비용, 물의 무게 등을 고려하여 1차 계획의 설계도를 바탕으로 전체적인 구조를 변경하였다.



[그림 12. 장치 1차 계획 설계도]



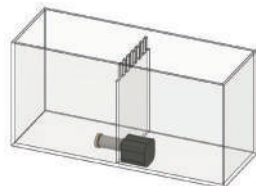
[그림 13. 장치 2차 계획 설계도]

b) 1차

- chlorella의 배양, 분해 공간을 통합하였다. 기존 계획은 플랑크톤 그물을 사용하여 공간을 분리하는 것이었으나 비용 문제 등에 따라 그물을 대체하여 필터를 사용하는 것으로 계획을 변경하였다. 필터로 막을 제작하여 공간을 분리하는 방법은 물의 순환을 방해할 뿐 아니라 실제 제작에 어려움이 있을 것이라 판단하여 계획을 변경하였다. 물의 순환 방법을 펌프의 힘을 사용하는 것에서 물의 높이차를 이용하는 것으로 변경하였다.

c) 2차

- chlorella와 바다 포도를 분리하기 위해 칸막이로 나눈 뒤 필터를 씌운 펌프를 사용하여 물을 순환시킬 계획이었으나 펌프에 필터를 끼울 경우, 필터에 chlorella가 끼어 필터에서 chlorella가 성장하는 문제가 발생하였다. 또한 펌프의 출력 수압과 유속이 너무 커서 플랑크톤이 잘 자라지 못하는 등 여러 가지 문제가 발생하여 수조의 바닥 부분에서는 바다 포도를 키우고 수중에서는 chlorella를 키우는 방법으로 계획을 변경하였다.



[그림 14. 장치 1차 설계도]



[그림 15. 장치 2차 설계도]

(2) 배양 조건

a) 해수

(a) 해수 키트 사용

- 해수를 광안리에서 직접 구할 경우, 해수의 오염도가 높고 시간적 제약이 있어 해수 염을 구매하여 인공해수를 제작하는 방식으로 해수 공급 방법을 바꾸었다.
- chlorella에 인공해수가 적절한지 확인하기 위해 광안리 멸균해수, 멸균 인공해수, 증류수 3가지 용액에 각각 chlorella를 배양시켰다. 그 결과, 광안리 멸균 해수보다 인공해수에서 chlorella가 더 많이 배양되어 인공해수가 적절함을 확인하였다.
- 바다 포도의 경우 이전에 광안리 멸균 해수에서 배양 시 생장이 부진했는데, 이는 광안리 멸균 해수에는 불순물이 많았으며 멸균을 하였더라도 남아있는 미생물 혹은 죽은 미생물 사체들에 의해 미생물들이 잘 성장할 수 있는 환경이 갖춰져 있어 해수에서 살고있는 미생물들에 의해 바다 포도가 잘 자라지 못한 것으로 추측되었다. 따라서 바다 포도 또한 멸균 인공해수가 적절할 것으로 생각되어 혼합 배양 시 멸균 인공해수를 사용하기로 하였다.



[그림 16. 해수 키트]

b) 배지

(a) F/2 배지 희석 농도

- F/2 배지는 해양 미생물들이 잘 자랄 수 있도록 영양분을 공급해주는 배지이기에 chlorella 배양 시 사용된다. 그런데 바다 포도는 미생물이 없는 상황에서 더 잘 자라기에 미생물을 없애주는 PES 배지를 사용하는데 이 경우 chlorella가 생존할 수 없다. 이처럼 chlorella와 바다 포도의 혼합 배양 시 F/2 배지의 사용 유무가 다르기에 타협점으로서 F/2 배지의 기존 희석률인 50배가 아닌 100배, 200배 희석 용액에서 바다 포도와 chlorella를 각각 배양하였다. chlorella의 경우 100배, 200배 희석 용액에서의 증가율이 50배에 비해 매우 미미하였으나 조금씩 상승하였다. 바다 포도의 경우 50배 희석한 F/2 배지에서는 잘 성장하지 못하고 시들었으나 100배 200배 희석 용액에서는 생존하였다. 따라서 100배 희석 용액에서 chlorella와 바다 포도를 혼합 배양하기로 하였다.



[그림 17. F/2 배지 50배 희석 용액 속 바다 포도]



[그림 18. F/2 배지 100배 희석 용액 속 바다 포도]



[그림 19. F/2 배지 200배 희석 용액 속 바다 포도]

c) 온도

- 바다 포도는 매우 민감하기 때문에 적정온도인 22°C에서 미세한 변화가 생기더라도 생존하지 못했다. 하지만 chlorella의 경우 적정온도가 아닌 22°C에서 28°C보다 낮은 성장률을 보였으나 생존을 유지하였다. 따라서 바다 포도의 조건에 맞추어 22°C를 혼합 배양 시의 온도로 결정하였다.

d) 밀폐

- 이산화탄소 흡수량을 측정하고 해수가 증발하여 농도가 변하는 것을 방지하고자 랩을 사용하여 수조를 밀폐시켰다.

2) 제작

(1) 1차장치 1차 설계도(그림_14)에 따라 제작하였다.

a) 수조 및 조명 장치 제작

(a) 수조

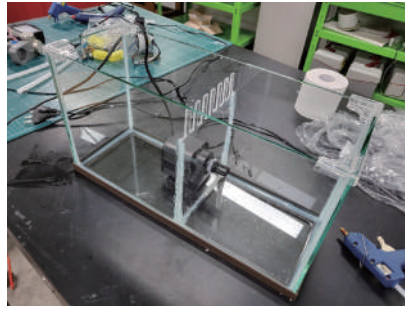
① 아크릴을 16*21(cm) 규격으로 절단한 후 물이 칸막이를 넘어갈 수 있도록 윗부분에 홈을 냈다.

이후 펌프가 들어갈 구멍을 뚫은 뒤 글루건을 이용하여 펌프와 연결하였다.
(chlorella와 바다 포도를 키우는 공간은 분리하고, 해수는 순환할 수 있도록 하였다.)

- ② 절단한 아크릴판을 글루건을 이용하여 수조(45*16*24.5cm)에 부착하였다.



[그림 20. 아크릴판]



[그림 21. 아크릴판이 부착된 수조]

(b) 조명 장치

- ① 조명chlorella와 바다 포도의 광합성 효율이 최대가 되도록 빨간색과 흰색 조명의 비율이 1 : 3인 led를 사용하였다.
- ② 제작led 부착을 위한 판을 제작하기 위해 아크릴을 절단한후 알루미늄 프로파일을 사용하여 기둥을 세운 뒤 판에 led를 부착하여 제작하였다.



[그림 22. led]



[그림 23. 조명 장치 및 수조]

b) 필터 성능 탐구 및 필터 고정장치 제작

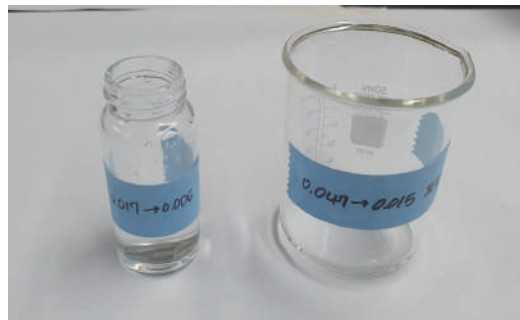
(a) 필터 성능 탐구

- ① 필터 선택응집제 사용 시 chlorella만 처리되도록 하기 위해 바다 포도와 배양 공간을 분리하면서도 해수는 순환될 수 있도록 하는 필터가 필요했다. 이를 위해 필터로 다공성 막을 생각하였으나 미생물이 그 사이에서 번식할 가능성을 생각하여 여과지로 변경하였다. 여과지는 정성 여과지 (Pore Size 5~8 μ m)를 사용하였다.



[그림 24. 정성 여과지]

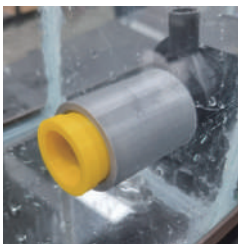
- ② 필터 성능 실험필터의 성능을 시험해보기 위해 chlorella의 투과율을 확인하였다. 펌프와 비슷한 압력을 주기 위해 피펫 에이드와 주사기 두 가지 도구를 사용하여 실험하였고, 그 결과 두 경우 모두 약 2/3만큼 여과되는 것을 확인할 수 있었다.(분광광도계를 통해 투과된 chlorella의 농도를 측정 및 비교하였다.)



[그림 25. 필터 성능 실험]

(b) 필터 고정장치 제작

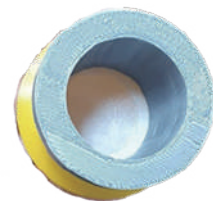
- 필터를 더 확실하고 편리하게 고정하기 위해 3d 프린터를 이용하여 필터 고정장치를 제작하였다. 이후 아크릴판(칸막이)에 부착하였다. 그림 26. 필터 고정장치 설계도 그림 27. 필터 고정장치 부착 모습



[그림 26]
필터 고정장치 설계도



[그림 27]
필터 고정장치 부착 모습



[그림 28]
필터 고정장치 필터 고정 모습

(2) 2차장치 2차 설계도(그림_15)에 따라 제작하였다.

a) 수조 및 조명 장치 제작

(a) 수조

① 자갈바다 포도가 안정적으로 생활할 수 있도록 수조의 바닥에 약 1.5cm 두께의 자갈을 깔아주었다.



[그림 29. 자갈]

(b) 조명 장치

- 1차에서 제작했던 조명 장치를 이어 사용하였다.

3) 수조에서의 배양 실험

(1) chlorella

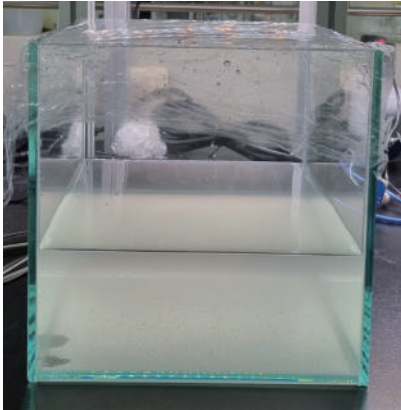
경과시간(시)	수조에서의 농도	비커에서의 농도
0	0.013	0.096
40	0.012	0.085
52	0.013	0.102
64	0.015	0.248
76	0.009	0.230
88	0.011	0.290

[표 3. 시간에 따른 chlorella 배양 속도 관찰 (흡광도 측정)]

경과시간(시)	수조에서의 농도
144	0.022
242	0.098

[표 4. 수조에 chlorella 70ml 추가 후 시간에 따른 chlorella 배양 속도 관찰 (흡광도 측정)]

비커에서의 농도 변화를 통해 22°C의 조건에서도 활발하게 chlorella의 배양이 이루어짐을 알 수 있었다. 하지만, 초기 수조에서는 잘 자라지 못했는데, 144시간 후 chlorella 70ml를 추가하니 98시간 만에 농도가 약 4배가 되는 것을 확인하였다. 즉, 22°C의 수조에서도 chlorella의 번식 조건이 만족되어 잘 자랄 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 그러한 조건으로는 수조에서 배양 시 초기 chlorella의 농도가 배양에 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다.

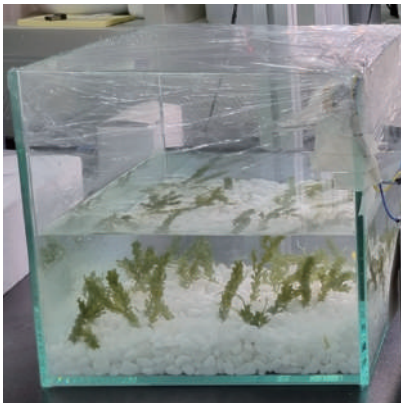


[그림 30. chlorella 배양 실험(수조)]

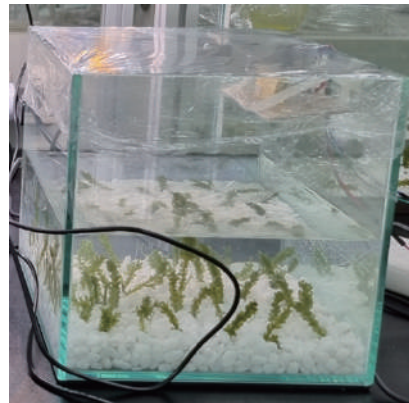


[그림 31. chlorella 배양 실험(비커)]

(2) 바다 포도수조에서 배양 시 바닥에 약 1.5cm 두께의 자갈을 깔고 이에 바다 포도의 뿌리를 부착시켜 배양하였다. 온도는 22°C를 유지하였고, 해수 키트를 이용하여 만든 (1) 인공해수와 (2) F/2 배지를 100배 희석한 용액, 2가지로 나누어 실험하였다. 실험 결과, 두 경우 모두 적절한 상태를 유지하고 있는 것을 관찰할 수 있었다.

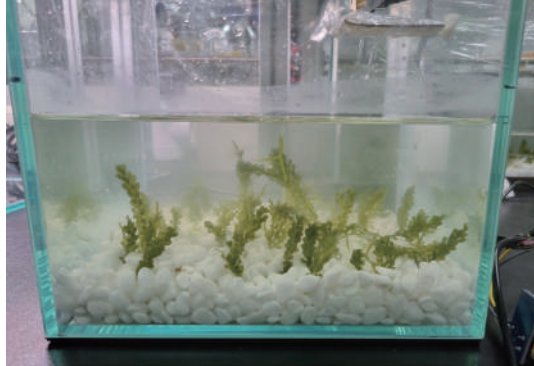


[그림 32]
바다 포도 배양 실험(인공해수, 수조)



[그림 33]
바다 포도 배양 실험(F/2 배지 희석 용액, 수조)

(3) chlorella와 바다 포도 (혼합 배양)F/2 배지와 인공해수(해수 키트 사용)를 1:100의 비율로 희석시킨 용액을 사용하였다. 또한 바다 포도 배양 시와 동일하게 바닥에 자갈을 깔아 바다 포도를 부착시켰으며 온도는 22℃로 진행하였다. 실험 결과, chlorella와 바다 포도 모두 잘 성장하고 있는 것을 관찰할 수 있었다.



[그림 34. 혼합 배양 실험(수조)]

- 본 탐구

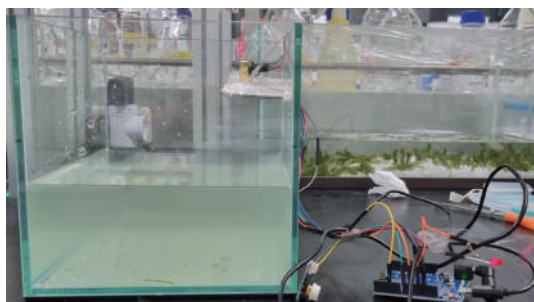
1. 장치를 통한 이산화탄소 흡수량 측정 수조 내부에 이산화탄소 센서를 고정한 뒤, 수조 윗부분을 랩으로 감싸 수조를 밀폐시킨 상태로 이산화탄소 흡수량을 측정하였다.

1) 해수의 이산화탄소 흡수량 측정본 탐구의 대조군을 설정하기 위해 멸균 해수의 이산화탄소 흡수량을 측정하였다.

그 결과 이산화탄소 농도가 410ppm에서 404ppm까지 변화하는데 약 4시간 45분이 소요되었다.

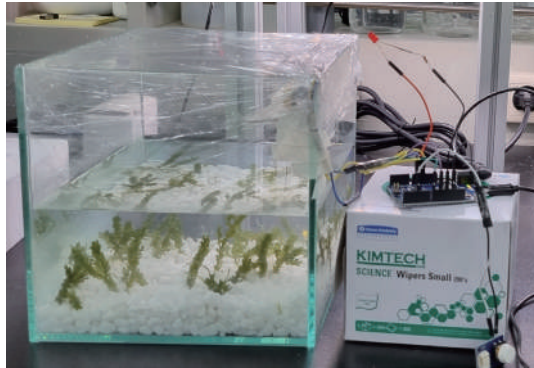
2) chlorella의 이산화탄소 흡수량 측정(분광광도계 측정) 농도가 0.914인 chlorella 70ml를 배양 최적 조건인 28℃, F/2 배지와 멸균 해수를 1:50으로 희석한 용액(2.6L)에 넣어 측정하였다.

그 결과 이산화탄소 농도가 410ppm에서 400ppm까지 떨어지는데 약 4시간 45분이 소요되었다.



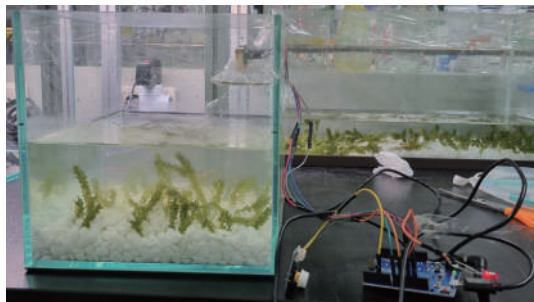
[그림 35. chlorella의 이산화탄소 흡수량 측정 실험]

3) 바다 포도의 이산화탄소 흡수량 측정 바다 포도 30g을 최적 배양 조건인 22℃에서 바닥에 자갈을 깔아 자갈에 바다 포도를 부착시킨 후 바다 포도의 이산화탄소 흡수량을 측정하였다. 그 결과 chlorella와 거의 유사하게 410ppm에서 400ppm을 도달하는 시점까지 약 4시간 45분이 소요되었다.



[그림 36. 바다 포도의 이산화탄소 흡수량 측정 실험]

4) chlorella와 바다 포도의 이산화탄소 흡수량 측정 바닥에 자갈을 깔고 바다 포도 30g을 이에 부착시켰다. 배양액으로는 F/2 배지를 멸균 해수에 1:100으로 희석한 용액을 사용하였고 chlorella의 경우 농도가 0.66인 chlorella를 96.94 ml 넣어 본 탐구_1_1 (chlorella의 이산화탄소 흡수량 측정)과 chlorella 양을 동일하게 설정하였다. 그 결과 410ppm에서 400ppm에 도달하기까지 약 2시간 25분이 소요되었다.

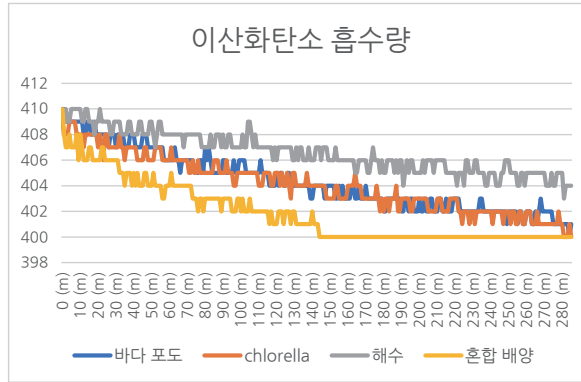


[그림 37. 혼합 배양 시 이산화탄소 흡수량 측정 실험]

○ 결과

- 이산화탄소 흡수율 비교

- 본 탐구_1의 각 경우에 대한 이산화탄소 흡수율 비교탐구에 사용한 이산화탄소 센서의 경우 측정 최솟값이 400ppm이었기에 가장 먼저 400ppm에 도달한 시점인 144분을 기준으로 각각의 이산화탄소 흡수율을 비교하였다.



[표 5. 시간에 따른 각 실험군의 이산화탄소 흡수량 그래프]

	해수	chlorella	바다 포도	혼합 배양
이산화탄소 흡수율 (ppm/h)	1.25	2.5	2.5	4.17

[표 6. 대조군과 각 실험군의 이산화탄소 흡수]

해수에 비해 chlorella와 바다 포도가 2배 높은 흡수율을 보였다.

혼합 배양의 경우 chlorella와 바다 포도에 대해 약 1.7배 높은 흡수율을 보였다.

2. 혼합 배양과 식물의 이산화탄소 흡수율 비교

구절초의 경우 12cm pot에 들어가는 구절초로 측정한 값이기에 20*20*20cm3인 수조의 부피와 비율을 맞추기 위해 구절초 이산화탄소 흡수율 값을 약 4.5배 하여 비교하였다.

	식물(구절초)	혼합 배양
이산화탄소 흡수율 (ppm/h)	1.41	4.17

[표 7. 구절초와 혼합 배양 시의 이산화탄소 흡수율]

혼합 배양 시 이산화탄소 흡수량이 구절초에 비해 약 3.0배 더 높은 흡수율을 보였다.

3. 탐구의 결론 및 의의

○ 결론

- 처음 예측했던 바와 같이 chlorella와 바다 포도를 혼합 배양할 시 각각 배양하는 경우와 초본식물(구절초)보다 이산화탄소 흡수율이 높다는 것을 알 수 있었다.
(혼합 배양 시 각각 배양할 때보다 약 1.7배, 구절초보다 3.0배 효율이 높아진다.)

○ 의의(기대효과)

- 식물(화분)을 대신하여 식물(화분)에 비해 더 많은 이산화탄소를 흡수 함으로써 탄소의 양을 줄이는 탄소 중립에 기여할 수 있다.
- chlorella와 바다 포도를 혼합 배양하여 식물(화분) 대신으로 사용할 수도 있지만 이들을 이용해서 얇은 필터나 막 형태로 만들 수도 있을 것 같다. 그러면 이를 탄소가 많이 나오는 곳에 설치 및 배양하여 탄소를 효과적으로 흡수할 수 있도록 하여 탄소 중립에 기여할 것이다.

4. 탐구를 진행하면서 어려운 점과 알게 된 점

○ 어려운 점

- 탐구에 사용한 이산화탄소 센서의 측정 최솟값이 400이어서 본 탐구 진행 시 이산화탄소 농도의 큰 변화율을 측정하는 것에 어려움이 있었다.
- 식물에서의 이산화탄소 흡수량 측정실험의 경우 논문 조사를 통해 값을 얻다 보니 정확한 측정 조건을 알 수 없어 본 탐구에서의 조건과 동일하게 수치화하는 점에 어려움을 겪었다.

○ 알게 된 점

- 바다 포도의 경우 미생물이 없는 환경에서 배양하는 것이 좋기에 해양 미생물들을 제거해주는 PES 배지를 사용한다. 하지만 chlorella는 해양 미생물이 잘 자라게 해주는 F/2 배지를 사용한다. 이는 서로 상반되는 최적 조건이기에 F/2를 100배 희석시키거나 200배 희석시킨 용액에서 바다 포도를 키워보았는데 100배 희석부터는 잘 자라는 것을 확인하였다. 이에 대해 더 생각해본 결과 바다 포도를 키우는 용액이 멸균 해수이고 공기 중에서 오염되었다고 하더라도 F/2는 해양 미생물용 배지이기에 100배 희석까지는 크게 영향을 받지 않는다는 것을 알게 되었다.

○ 기타

- 응집제 사용
수조의 구조가 변경된 후 혼합 배양 시 조건에서 chlorella를 배양해 본 결과, chlorella가 녹조가 생길 정도까지 번식되지 않았다. 또한 응집제를 사용할 경우 ph 변화나 수조 속 물의 농도 변화 등 다양한 변수가 있기에 사용하지 않도록 결정하였다.
- 장치 설계도
초기 수조 구조 설계는 chlorella와 바다 포도를 분리하기 위해서 칸막이로 나누고 필터를 씌운 펌프를 사용하여 물을 순환시킬 계획이었다. 하지만 필터를 끼운 펌프를 이용하면 필터에 chlorella가 끼는 상황이 발생하였고, 펌프의 수압과 유속 또한 너무 컸다. 이는 chlorella의 성장을 억제하는 요인이 되기에 20*20*20 큐브 수조에서 바닥에는 바다 포도를 키우고 위에서는 chlorella를 키우는 방법으로 변경하게 되었다.
- 여러 종류의 플랑크톤, 해조류 비교 및 사용 (바다 포도, chlorella 사용으로 변경)
여러 종류의 플랑크톤과 해조류를 사용하는 것은 시간, 비용 문제에 의해 불가능하다고 판단하여 각각 1종류만 사용하는 것으로 계획을 변경하였다.

5. 참고문헌

- [1] 부경대학교 산학협력단, 미세조류의 광배양 및 수확 방법, 10-1469828 (2014).
- [2] 김병철 외 1인, 「수정진동자를 이용한 해조류 증식 예측」, (제어로봇시스템학회 합동학술대회 논문집, 2003), p.320-323
- [3] 심정희 외 4인, 「다시마(*Saccharina japonica*)의 생장에 따른 영양염 및 CO₂ 흡수율과 광합성 특성 변화」, (한국해양학회지, 16권 4호, 2011), p.196-205
- [4] 류근욱, 「LED 광 배양조 디자인 개발」, (산업디자인학연구, 5권 3호, 2011), p.19-26
- [5] 이승윤 외 1인, 「순환식 수경재배를 위한 수처리 기술」, (대한환경공학회지, vol.41, no.9, 2019), p.501-513
- [6] 신중화 외 2인, 「대형 밀폐 챔버를 이용한 파프리카(*Capsicum annum L.*) 개체의 이산화탄소 소비량 측정 및 정량화」, (원예과학기술지, 29권 3호, 2011), p.211-216
- [7] 남귀숙, 『녹조! 손상된 생태 기능 회복으로 해결! 천적생물을 이용한 녹조제어 기술 개발』, 농어촌연구원, p.1-20
- [8] 주형면 외 2인, 「식물플랑크톤 군집의 개체수, 생체량, chlorophyll a의 상관성; 인천, 통영, 울산 해역을 중심으로」, (환경생물, 29권 4호, 2011), p.312-320
- [9] 한승우 외 1인, 「수처리용 Fe(III)계 응집제의 특성 및 응집특성 비교」, (대한환경공학회지, 38권 4호, 2016), p.169-176
- [10] 김학성 외 1인, 「탄화칼슘의 응집효과와 수질관리에의 적용 가능성」, (한국 Q공학교육학회지, 24권 10호, 2002), p.1845-1853
- [11] 동아대학교 산학협력단, 클로렐라 배양 최적 조건 확립, 2007
- [12] 조경진 외 1인, 「해수산 *Chlorella* 대량 배양을 위한 연구」, (한국어업기술학회 2000년도 추계수산 관련학회 공동학술대회발표요지집, 2000), p.215-216
- [13] 김영민 외 4인, 「*Spirulina platensis* NIES 39의 성장을 위한 최적배양조건」, (공업화학, 20권 3호, 2009), p.285-289
- [14] 성영준 외 4인, 「미세액적 광생물반응기를 활용한 광독립영양배양에서 *Chlamydomonas reinhardtii*의 성장성 분석」, (화학공학, 55권 1호, 2017), p.80-85
- [15] 김준표 외 3인, 「*Chlamydomonas reinhardtii* 연속 배양에서 수소생산을 위한 황 조절」, (KSBB Journal, 20권 6호, 2005), p.453-457
- [16] 신지하 외 2인, 「식용종 옥덩굴의 부위별 성장과 정단 제거 유무가 생장에 미치는 영향」, (KFAS, 54권 3호, 2021), p.311-317

- [17] 안근영 외 2인, 「육상녹화용 초본식물의 순간 CO₂ 흡수 및 증발산량 분석」, (한국환경생태학회지 25권 1호 , 2011), p.091~101
- [18] Mbris, 041 950 0969
- [19] 박서경 박사, 010 5333 4547

남해안을 중심으로 해홍나물의 생태학적 특성 및 최적 생육 조건에 대한 탐구



팀명

씨_너지(sea_nergy)

학생명

하가은, 유수연, 김가은, 배주영

지도교사명

이규희

학교

하동여자고등학교

1. 탐구 동기 및 목적

○ 탐구 동기

- 블루카본(해양 생태계가 흡수하는 탄소) 중 하나인 염생식물이 차세대 탄소흡수원으로 적합할지 탐구 해보고 싶은 마음을 갖게 됨.
- 기존의 염생식물에 대한 연구는 서해에만 집중되어 있어 남해안 염생식물의 분포나 특징이 무엇인지 알고 싶었고, 염생식물의 분포에 영향을 줄 수 있는 요인에는 어떤 것이 있을지 궁금해했음.
- 해홍나물이 다른 염생식물과 형태적, 구조적, 생태적으로 어떤 차이를 보일지 탐구를 통해 구체적으로 알아보고 싶었고, 염생식물의 유무에 따라 주변 환경변화를 실험을 통해 확인하고자 함.
- 해홍나물은 지구온난화에 따른 수온 상승이나 해양 산성화와 같은 극한 환경에도 높은 생존력을 보일 수 있을지 실험으로 확인해 보고 싶었음.

○ 탐구 목적

- 남해안의 여러 환경 조건에서 해홍나물의 분포(군락형성) 및 생태적 특성을 비교하고 해홍나물의 구조적·생태적 특징을 관찰한 뒤 환경 조건에 따른 해홍나물의 변화에 대해 탐구하고자 함.
- 해홍나물의 최적 생육 조건(조도, 파장, 토양의 성분, 수온, pH, 침수시간, 염도 등)에 대해 탐구한 후 수온 상승과 강한 염 조건, 건조 조건, 해양 산성화 등 극한 환경변화에서 해홍나물의 성장과 생존 여부 관찰해 봄.
- 해홍나물의 생육에 따른 주변 서식 환경의 변화(대기조성, 토양성분, 수질 등)를 측정하여 해홍나물이 블루카본으로 얼마나 역할을 할 수 있을지 알아본 후 해홍나물 종자 발아 실험을 통해 해홍나물의 인공 재배에 필요한 조건과 재배 방법 알아보하고자 함.

2. 탐구 내용 및 결과

○ 내용

- 탐구의 주요 내용은 <표 1>과 같음

<표 1> 탐구의 주요 내용

구분	세부 탐구 내용
해홍나물의 분포 및 서식 환경 탐구	<ul style="list-style-type: none"> • 해홍나물 관련 기초 선행 자료 조사 • 해홍나물의 분포 및 식생을 알아보기 위한 남해안 생태탐방 • 해홍나물 서식지의 환경적 특성 관찰 및 환경 요인 측정 • 한려해상국립공원 해양 전문가님의 멘토링 활동 • 스마트 환경측정기기 작동법 특강 실시 • 스마트 환경기기 활용하여 각 구역의 환경 조건 측정 • 계절(온도, 조도 등)에 따른 형태적 특성 비교
해홍나물의 형태적·생태적 특성 탐구	<ul style="list-style-type: none"> • 초장과 근장 측정 • 뿌리의 형태적 특징 관찰 • 잎의 구조적 특징 관찰 • 건조 시 무게 측정으로 수분량 계산 • 줄기와 꽃의 형태적 특징 관찰
해홍나물의 최적 생육 조건 탐구	<ul style="list-style-type: none"> • 온도에 따른 생장 비교 • pH에 따른 생장 비교 • 염도, 수분에 따른 생장 비교 • 토성에 따른 생장 비교 • 조도와 빛의 파장에 따른 생장 비교
해홍나물이 주변 환경에 미치는 영향 탐구	<ul style="list-style-type: none"> • 해홍나물이 있을 때 온도, 습도 변화 측정 • 해홍나물이 있을 때 이산화탄소 변화량 측정 • 해홍나물이 있을 때 염도 변화량 측정
해홍나물 인공 재배 여부 탐구	<ul style="list-style-type: none"> • 꺾꽂이 재배와 종자 발아 실험 수행 • 아두이노 스마트팜으로 해홍나물 인공재배 여부 가능 실험

○ 방법

• 조사 기간 : 본 탐구는 2022년 6월 23일부터 10월 12일까지 남해안 주변 해홍나물에 대한 종합적인 탐구활동을 진행함.

• 조사 지역 : 남해안 일대

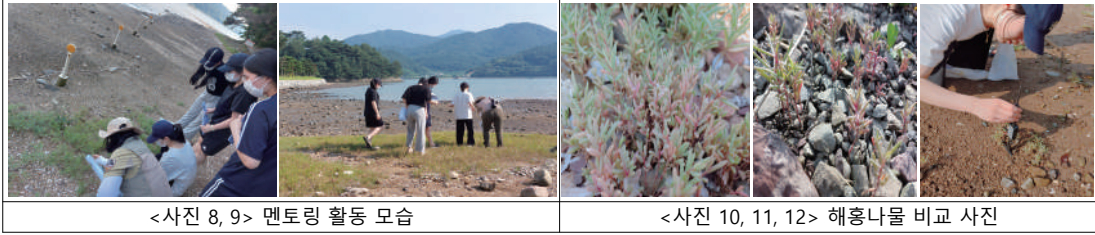
[탐구 1] 남해안의 해홍나물 서식지 분포 및 서식 환경 탐구

- 문헌과 인터넷 조사를 통해 인근 남해지역 중 해홍나물이 서식할 것으로 예상되는 곳에 대한 정보를 각자 수집하였고 이 연구 자료를 바탕으로 생태 탐방할 곳을 위성사진이나 구글 지도를 통해 되도록이면 환경 조건이 다양한 서식지를 5곳 선정함.

- 선정된 지역을 현장 조사하여 염생식물인 해홍나물 서식 형태를 확인하였고, 각 서식지마다 1m×1m 면적 내에서 개체 분포의 특성을 비교함. 또한 미니현미경(100배), 루페(60배)와 버니어캘리퍼스 등을 이용하여 형태적·생태적 차이를 비교하고 모종삽과 수조를 이용하여 서식지 토양까지 함께 취하여 각 구역당 5개 개체를 실험실로 가져옴.



- 한려해상국립공원 해양전문가님께 멘토링 활동(남해 이순신 순국공원)으로 해홍나물에 대한 전문 지식을 교육받고 직접 해홍나물의 생태적 특성을 육안과 미니현미경(100배), 루페(60배) 등의 관찰 기기를 활용하여 관찰·비교함. 해홍나물에 대해 궁금했던 것들을 질의응답 하는 시간을 가짐.



<사진 8, 9> 멘토링 활동 모습

<사진 10, 11, 12> 해홍나물 비교 사진

- 부산대 환경공학과 박사님께 스마트 환경 측정 기기 작동법을 배운 뒤 해홍나물 서식지의 환경적 특성 (온도, pH, 조도, 토성, CO2 농도 등)을 수치로 직접 측정함.



<사진 13> 측정기기 작동법 특강

<사진 14, 15> 서식지 환경 측정 모습

[탐구 2] 해홍나물의 형태적·구조적·생태적 특징 탐구

- 버니어캘리퍼스를 이용해 초장(전체 식물체 길이)과 근장(뿌리의 길이)을 측정하고 외부 형태적 특성을 관찰함.
- 뿌리와 줄기, 잎의 단면을 현미경을 이용하여 관찰하고 잎의 표면, 뒷면, 기공 등을 관찰한 뒤 엽록소를 크로마토그래피로 분리해 봄.
- 잎의 색깔에 따른 수분량 차이를 수분량 측정기로 측정하고, 잎의 색깔에 따라 엽록소량과 온도가 어떻게 달라지는지를 엽록소 측정기로 측정해 봄.
- 가지에서 잎이 뺄어 나오는 형태를 관찰하고 새로운 잎이 돌아나는 방식이 어떠한지 관찰함. 또한 가지의 사이에 있는 꽃봉우리의 외형과 내부를 직접 관찰함.



<사진 16, 17> 육안 관찰 모습

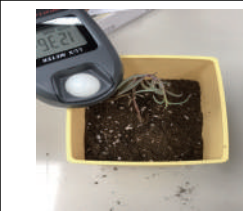






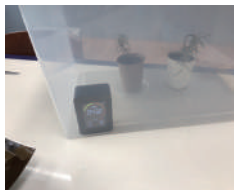
<사진 18, 19> 루페, 현미경 관찰 모습

구
별
부

			
<사진 20> 잎 단면 관찰 모습	<사진 21> 잎 수분량 측정 모습	<사진 22> 크로마토그래피	<사진 23> 엽록소 측정 모습

[탐구 3] 해홍나물의 최적 성장 조건 탐구

- 온도 약 10℃, 30℃, 40℃에서(다른 조건은 동일하게 유지) 10일 동안 재배 후 초장과 근장을 측정하여 성장 정도를 비교함.
- 채취한 바로 직후 초장과 근장을 측정하고 10일 동안 수분을 제공하지 않거나 인공적으로 염도 0% (민물), 20%, 40%로 재배한 뒤 성장 정도를 비교함.(다른 재배 조건은 동일하게 유지)
- 갯벌 토양, 인위적 원예배양토, 자갈이 포함된 화단의 흙에 각각 일정한 크기의 해홍나물을 10일 동안 재배한 뒤 성장 정도를 비교함.(다른 재배 조건은 동일하게 유지)
- pH 2, 7, 9에서(다른 조건은 동일하게 유지) 10일 동안 재배 후 초장과 근장을 측정하여 성장 정도를 비교함.
- 빛의 세기(조도)를 락앤락 통과 망을 이용하여 다르게 조작하고 10일 동안 재배 후 초장과 근장을 측정하여 성장 정도를 비교함.

			
<사진 24, 25> 조도에 따른 성장 비교	<사진 26> 토성에 따른 성장 비교	<사진 27> 염도 측정 모습	
			
<사진 28, 29> 건조 조건과 민물 조건에서 성장 비교	<사진 30> 파장에 따른 성장 비교	<사진 31> 온도에 따른 성장 비교	

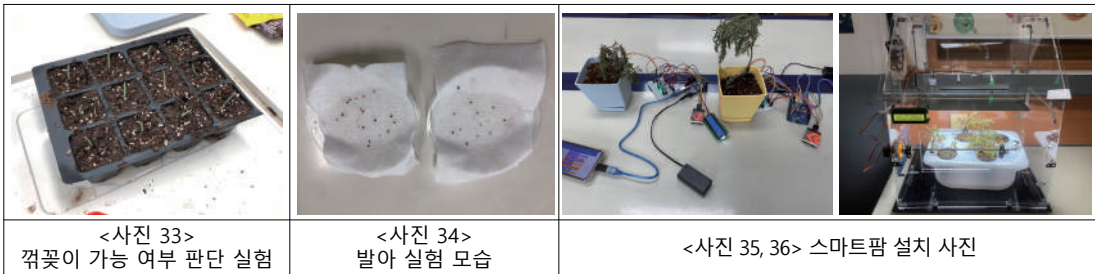
[탐구 4] 닫힌 통에서 해홍나물을 생육할 때 닫힌 공간 내부 환경변화(CO2, 온도, 염도, 습도 등)를 스마트 측정기와 대기 측정기, 염도계 등을 이용하여 측정함.



<사진 32> 해홍나물 생육 시 닫힌 공간 내부 환경 변화 측정 모습

[탐구 5] 종자 발아 실험 및 인공재배 가능 여부 탐구

- 식물의 전형성능을 활용하여 인공 배양토 몰드에 해홍나물 일부를 꺾꽂이 형태로 접종하고 생장 여부를 관찰함.
- 꽃봉우리 내부의 종자로 생각되는 부분을 채취하여 펄트리 접시 위에서 발아 조건을 제공하여 발아 여부를 관찰함.
- 아두이노 스마트팜 화분과 스마트팜 기계를 활용하여(내부 온도 25℃, 습도 50%, CO2 600ppm으로 시작) 어린 해홍나물 개체를 재배한 뒤 인공재배 가능 여부를 판단함.



○ 결과

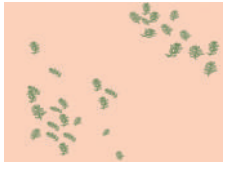
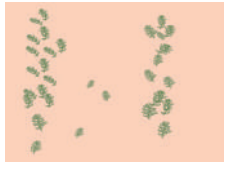
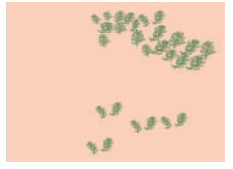
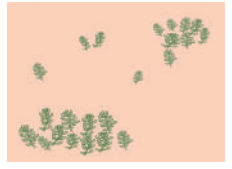
[탐구 1] 남해안의 해홍나물 서식지 분포 및 서식 환경 탐구

- 남해안을 중심으로 해홍나물 서식지의 환경적 특징과 각 서식지 해홍나물의 특징은 <표 2>와 같은 <표 2> 서식지 환경적 특징 및 해홍나물의 생태적 차이

구역	서식지 특징		해홍나물의 생태적 차이
1		 <ul style="list-style-type: none"> · 갈사만 조선산업단지 인근 · 도로와 근접, 폐기를 처리장이 가까이 있음 · 돌, 자갈이 많았고, 농업과 어업 지역이 근처에 있었음 · 해수와 접하는 시간이 짧아 많이 건조한 경향을 보임 	 <ul style="list-style-type: none"> · 도로 근처의 해홍나물은 역세고 초장이 긴편(15cm 이상)이었으나 어업 지역 근처의 해홍나물은 비교적 길이가 짧았음(7~8cm) · 대부분 돌 사이에서 서식하는 모습을 보임 · 다른 식물들의 중앙에서 함께 공생하며 서식하는 모습을 보임
2		 <ul style="list-style-type: none"> · 하동군 금남면 노량초 근처 · 굴 양식장과 근접하며, 주변에 따개비와 파래가 많았으나 다른 식물들은 보이지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> · 해홍나물을 발견하지 못함. · 바닷물이 완전히 들어왔다가 완전히 빠지는 지역으로 토양이 전부 갯벌로 이루어져 있음
3		 <ul style="list-style-type: none"> · 금남면 노량항 근처(매립지) · 주변에 굴 껍질이 많고, 주변에 횃집이 많이 있었음 · 주변에서 해수를 끌어다 쓰고 있었고, 횃집에서 나온 물이 해수로 유입되고 있었음 	 <ul style="list-style-type: none"> · 해홍나물이 서식하지 않았으나 통통마디나 갯잔디, 갯질경이는 서식하고 있었음
4		<ul style="list-style-type: none"> · 남해군 고현면 · 칠면초, 통통마디 등이 서식하며 작은 돌들이 많았고 개와 고둥이 있었음 · 한려해상국립공원 관리구역으로 염생식물에 대한 여러 연구를 하고 있는 지역 	 <ul style="list-style-type: none"> · 붉은빛 해홍나물 군락이 많이 발견 됨(평균 초장 10cm) · 해수를 접촉하지 못하는 토양에도 해홍나물의 서식이 관찰됨 · 군락을 형성하여 서식하는 것과 단독으로 서식하는 해홍나물이 둘 다 모두 관찰됨 · 바위틈을 뚫고 생존하고 있는 해홍나물도 발견함.
5		 <ul style="list-style-type: none"> · 남해 이순신 순국공원 · 모래와 돌이 많으며, 한려해상국립공원의 관리에 있지만 여촌계의 출입이 많은 편임 · 공원과 근접하고 있어 다양한 식물이 존재하고 있음 	 <ul style="list-style-type: none"> · 해홍나물 개체 수가 많고(초장 약 12cm), 대부분 초록색 개체가 많았지만 붉은 개체도 종종 발견 됨 · 해홍나물에 붙어서 서식하는 고동이나 해홍나물 아래에 숨어 있는 개도 관찰 · 완전 해안선 위쪽에서도 해홍나물이 발견되었고 나무 밑 그늘에서도 해홍나물이 서식하고 있었음

- 각 서식지의 해홍나물은 <표 3>과 같이 일정한 규칙이 없이 무작위적으로 특정 지역에 집중분포 되는 모습을 보임. 이는 종자 산포 시 바람이나 해수의 영향을 받았기 때문이라 추측됨.

<표 3> 해홍나물 서식지의 개체 분포 비교

구역번호	1-1(교량 근처)	1-2(어업지역 근처)	4	5
분포 모습				

- 해홍나물이 서식하는 4개 구역의 환경 조건은 <표 4>와 같이 다소 차이가 있었지만 온도는 평균 26°C였고 조도는 73,000Lux 이상, pH는 평균 7이상으로 약알칼리성, 염도는 평균 약 31‰을 나타내고 있음을 측정함.

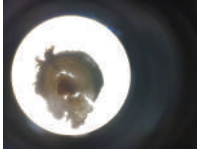

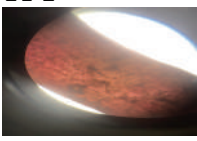
<표 4> 해홍나물 서식지 환경 조건 비교(2022. 6월 기준)

구역번호	1-1 (교량 근처)	1-2 (어업지역 근처)	4	5	평균
온도(°C)	26.3	25.6	27.1	25	26
조도(lux)	69,000	68,300	75,400	81,400	73,525
pH	7.8	7.6	7.5	7.9	7.70
염도(‰)	30	32.4	31	33.2	31.65
토성	큰 돌, 입자 큰 흙	자갈, 돌	갯벌, 흙, 돌	갯벌, 모래, 돌	

[탐구 2] 해홍나물의 형태적·구조적·생태적 특징 탐구

- 해홍나물의 형태적·구조적 특징을 관찰한 결과는 <표 5>에 정리함.

<표 5> 해홍나물의 형태적·구조적 특징 관찰 결과

구분	관찰 모습		형태적·구조적 특징
뿌리			· 표피층 안쪽으로 피층 조직이 대칭적으로 나타났고 물관 조직이 관찰됨. 뿌리털이 발달했으며 일반적인 식물의 뿌리와 비슷한 구조를 가짐.
줄기			· 바깥쪽에 두꺼운 큐티클 층이 있어 방수 역할을 함. 줄기 단면의 모양은 전체적으로 둥근 형태였으며 일반적인 식물의 줄기 단면구조와 유사한 모습을 보였으나 다육성 특징을 보임.
잎	잎의 단면 		· 잎의 크기는 평균 3.1cm, 한 결가지에 4~5개의 잎이 돌출하여 있었고 저수조직으로 인해 반원형으로 통통한 모양 · 잎의 표면 수분량은 평균 18.2%였고 광택(큐티클)이 있어 수분을 유지할 수 있으며 하얀색 가루 형태의 물질(염분)을 관찰할 수 있었음. · 잎의 뒷면의 기공은 매우 작고 표피로 싸여 있음을 관찰 · 잎의 색깔은 빨간색, 초록색, 노란색 등으로 다양했으며 초록 잎에서 가장 많은 엽록체를 관찰할 수 있었음. 초록잎의 엽록소는 15.5SPAD였고, 빨간잎의 엽록소는 3.2SPAD로 측정됨. · 잎의 크로마토그래피 결과는 일반적인 식물의 잎과 비슷한 색소를 가진 것으로 나타남.
	잎의 뒷면 기공 		
	빨간 잎 	초록 잎 	
꽃과 열매			· 노란색 꽃이 잎겨드랑이에 3~5개씩 모여 나고 꽃잎과 꽃자루가 없음. · 꽃이 지고 난 후 잎겨드랑이에 붉은색 열매가 생기고 그 내부에 진한 갈색의 종자를 관찰함. · 기온이 낮아지고 열매가 생길 때 즙 잎과 뿌리가 질기게 변하고 초장이 증가하는 모습을 보임.
			

- 해홍나물과 방석나물, 나문재, 칠면초의 형태적 · 생태적 특성을 비교하면 <표 6>과 같음

<표 6> 해홍나물과 방석나물, 나문재, 칠면초 비교

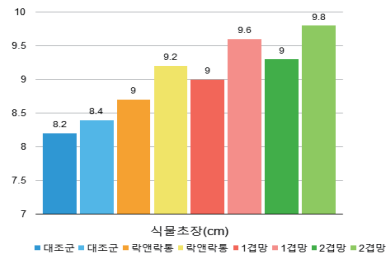
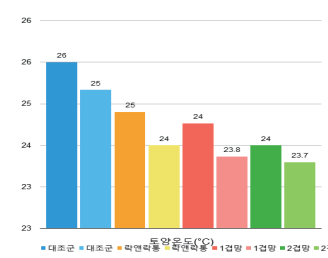
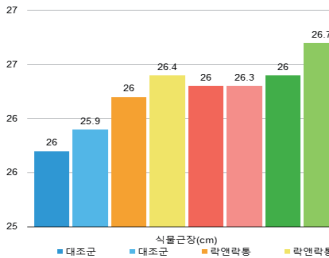
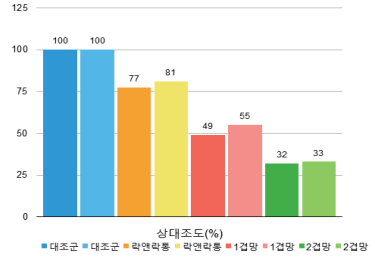
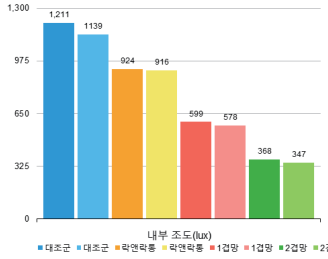
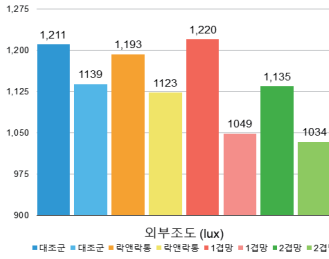
				
	해홍나물	방석나물	나문재	칠면초
서식 분포	만조선 지점에 분포, 군락 서식 분포	만조선 부근 바닷물이 닿는 곳에 띄엄 띄엄 서식	고위 염습지나 건조 지역에 드문드문 분포	가장 저위 염습지에 단일 군락으로 서식
잎의 모양	위로 자라면서 전체적으로 둥근 모양	잎의 횡단면 윗면은 납작, 뒷면은 볼록한 반원형	잎이 가늘고 길며 많음	세로로 방망이 모양, 단면은 동그란 형태
개화 시기	여름(7~8월)	늦 여름 ~ 초 가을 (9~10월)	여름(7~8월)	늦 여름 ~ 초 가을 (9~10월)
꽃의 특징	노란색 꽃	녹황색 꽃, 꽃대에 1~5개씩 생성	녹황색 꽃, 꽃자루를 가지고 1~2개씩 생성	노란색 꽃, 잎의 겨드랑이에 꽃자루가 없이 2~10개 생성

[탐구 3] 해홍나물의 최적 성장 조건 탐구

- 조도에 따른 해홍나물의 성장을 비교하면 <표 7>과 같이 대조군의 변화량이 0.2cm인 것에 비해 근장에서는 유의미한 차이가 없었지만 빛의 양이 줄어들수록 초장이 길어지는 경향을 보였음. 또한 대조군에서는 토양 염분이 3.2%에서 2.08%로 줄었으나 모기장 2겹에서는 토양 염분이 1.3%에서 0.53%로 더 증가되었으며 염분이 높을수록 잎이 더 붉은색을 띄는 것을 관찰함.

<표 7> 조도에 따른 성장 비교2

설치 직후	대조군	락앤락통	1겹망	2겹망	10일 후	대조군	락앤락통	1겹망	2겹망
외부조도 (lux)	1,211	1,193	1,220	1,135	외부조도 (lux)	1,139	1,123	1,049	1,034
내부조도 (lux)	1,211	924	599	368	내부조도 (lux)	1,139	916	578	347
상대조도 (%)	100	77.4	49	32	상대조도 (%)	100	81	55	33
토양온도 (°C)	25.5	24.6	24.4	24	토양온도 (°C)	25	24	23.8	23.7
식물초장 (cm)	8.2	8.7	9	9.3	식물초장 (cm)	8.4 (+0.2)	9.2 (+0.5)	9.6 (+0.6)	9.8 (+0.5)
식물근장 (cm)	25.7	26.2	26.3	26.4	식물근장 (cm)	25.9 (+0.2)	26.4 (+0.2)	26.3 (+0)	26.7 (+0.3)



- 채취 후 수분 없는 조건에서 10일 경과 시 수분 함량 변화와 뿌리 및 잎의 길이와 두께 비교를 하였는데 수분량은 10일 경과 후 22.67% 감소하였고, 뿌리의 길이는 +0.3cm, 뿌리 두께는 -0.2cm, 잎의 길이는 +0.2cm, 잎의 두께는 -0.1cm의 변화를 보였음.

<표 8> 수분 없는 조건에서 변화량 비교

	채취직후	10일후
생체중(g)	4.2	2.8(-1.4)
건물중(g)	1.5	0.5(-1)
수분량(%)	40.47	17.8(-22.67)

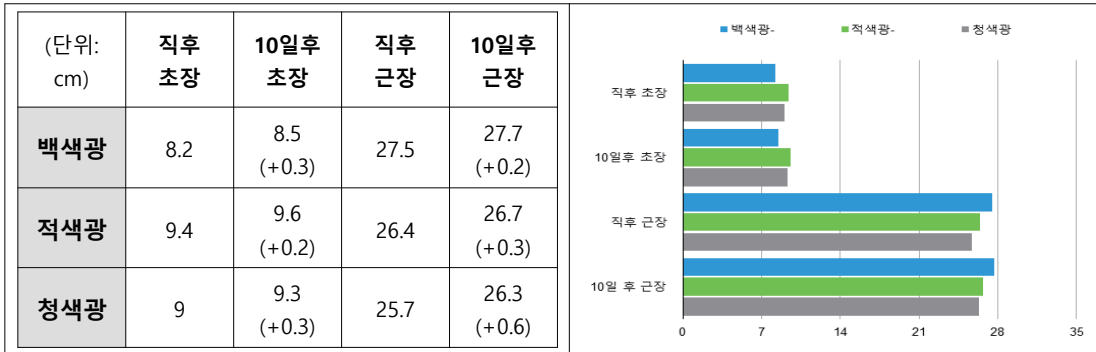
(단위: cm)	뿌리 길이	뿌리 두께	잎 길이	잎 두께
직후	27.5	0.34	3.5	0.2
10일 후	27.8 (+0.3)	0.32 (-0.2)	3.7 (+0.2)	0.1 (-0.1)

항목	채취직후	10일 후
생체중(g)	4.2	2.8
건물중(g)	1.5	0.5
수분량(%)	40.47	17.8

항목	직후	10일 후
뿌리 길이	27.5	27.8
뿌리 두께	0.34	0.32
잎 길이	3.5	3.7
잎 두께	0.2	0.1

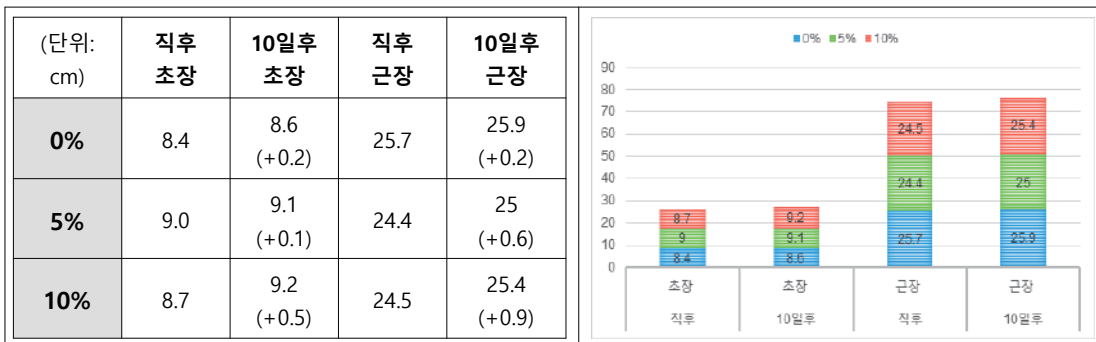
- 적색광과 청색광 모두 광합성에 주로 사용되는 파장이기 때문에 파장에 따른 성장 정도는 <표 9>와 같이 별다른 차이를 관찰하지 못하였음.

<표 9> 파장에 따른 성장 정도 비교



- 염분에 따른 생장의 차이는 <표 10>과 같이 염분 증가 시 키가 더 많이 자라는 경향을 보였음. 해홍나물이 견딜 수 있는 염분을 알아보기 위해 10% 소금물로 해홍나물을 재배하였는데 10일전 보다 많이 시들어진 모습을 관찰할 수 있었음.

<표 10> 염분에 따른 성장정도 비교



- pH에 따른 성장 정도를 비교한 실험에서 pH 2, 4일 때는 해홍나물이 생존하지 못했고 pH 7, 9에서는 생장의 정도가 거의 비슷하여 유의미한 실험이 되지 않았음.

- 토양의 성질에 따른 생장을 비교하기 위해 갯벌, 흙과 자갈, 배양토에서 각각 해홍나물의 생장을 비교해 본 결과 갯벌 흙 화분의 초장이 0.7cm 증가하여 다른 두 화분에 비해 큰 성장률을 보였음.

- 재배 온도의 한계를 보기 위해 40℃의 온도를 유지하며 해홍나물을 재배하였는데 육안으로 보기도 많이 시들어진 모습을 관찰할 수 있었고 성장도 거의 하지 않았으며 10일이 지나자 거의 생존할 수 없는 상태가 되었음.

[탐구 4] 닫힌 통에서 해홍나물을 생육할 때 닫힌 공간 내부 환경변화 관찰

- 해홍나물을 닫힌 통에 넣고 CO₂, 염도, 온도, 습도를 측정한 결과는 <표 11>과 같음.

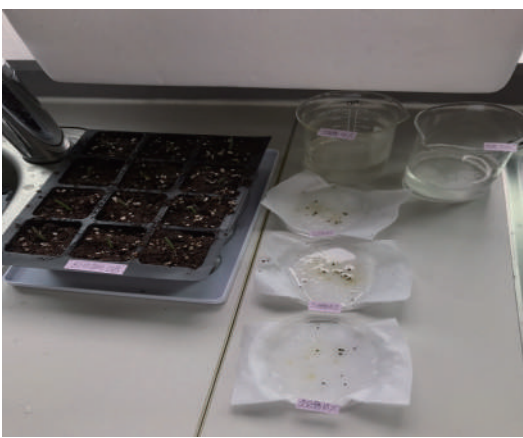
<표 11> 해홍나물 주변 환경 변화

	5h 경과	10h 경과	15h 경과
CO ₂ (ppm)	470	464	453
염도(‰)	40	40	38
온도(°C)	23.8	24.2	24.3
습도(%)	52	51	50

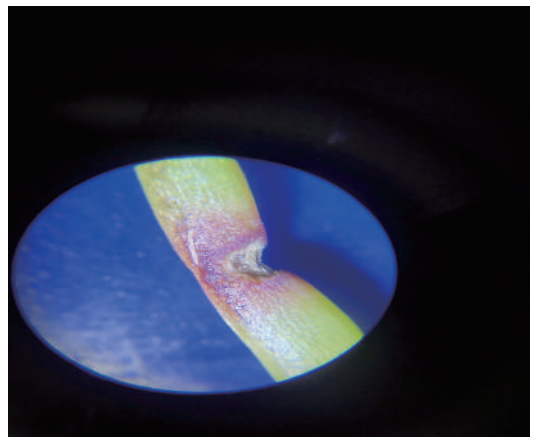
- 해홍나물 존재 조건에서 15시간 동안 CO₂는 17ppm 감소하였고 염도는 2‰ 감소, 온도는 0.5°C 증가, 습도는 2% 감소하는 결과가 나왔음.

[탐구 5] 종자 발아 실험 및 인공 재배 가능 여부 탐구

- 해홍나물의 줄기가 다육성이고 잎이 다육이와 유사한 것을 보고 다육이처럼 줄기나 잎만 토양에 심으면 새로운 식물체가 생길 수 있을지 실험을 해 보았으나 25°C에서 일주일동안 수분을 공급했음에도 불구하고 0.1cm의 성장도 없이 잎이 말라버리는 결과를 얻었음.



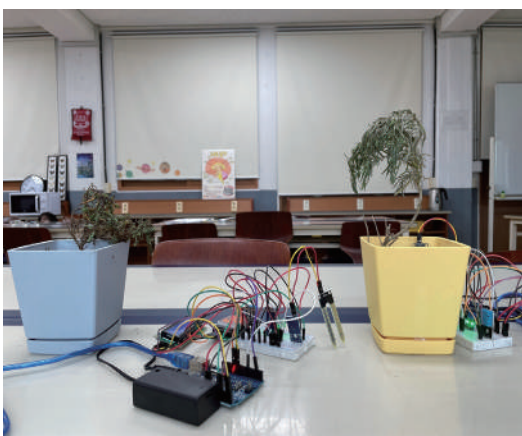
<사진 37>
꺾꽂이 재배 가능 실험과 종자발아 실험 모습



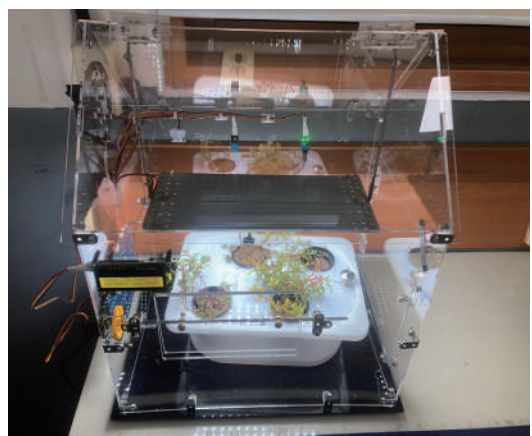
<사진 38>
꺾꽂이 재배 실험 후 잎의 모습

- 열매를 반으로 찢개 종자로 생각되는 부분을 페트리접시에 담고 0%, 5%, 10% 소금물 조건을 제공하여 실온에서 발아시키는 실험을 수행했으나 3개 모두 발아를 하지 않았음.

- 아두이노를 이용한 스마트팜 화분(수분이 10%이하 일 때 수분 공급)과 스마트팜 기계(내부 온도 23℃, CO2 600ppm, 토양 수분 81%로 시작)를 이용하여 해홍나물을 재배한 후 해홍나물의 생존여부와 성장 정도를 확인함.



<사진 39> 스마트팜 기계 재배



<사진 40> 아두이노 스마트팜 화분

- 아두이노 스마트팜 화분으로 재배한 해홍나물은 소금물이 아닌 민물로 재배해서 인지 초장이 0.2cm만 증가했을 뿐 식물체가 육안으로 볼 때 생생한 모습은 아니었음. 그래서 스마트팜 기계를 이용한 재배 시에는 약 35%의 소금물을 공급하여 일주일간 재배하였으며 그 결과 일주일 동안 4개체 평균 1.1cm의 성장 정도를 보였음.

3. 탐구의 결론 및 의의

○ 결론

- 남해안의 해홍나물이 서식하는 4곳의 환경 조건을 알아본 결과 해홍나물은 온도 26℃ 이상, 조도 7000lux 내외, pH는 약알칼리성, 염도 31‰ 조건(2022. 6월 기준)에서 서식하고 있음을 알 수 있었음.
- 환경적 차이에 따라 해홍나물의 생태적 특성이 다르게 관찰되었는데 해홍나물은 일반적으로 만조선 위쪽에 서식하고 있다는 점은 동일했지만 건조 정도가 심하고 토성 입자가 더 굵을수록 식물체의 크기가 커지고 더 억세졌으며, 더욱 초록색을 많이 보였음. 특히 기온이 낮아지고 종자가 생성될 즈음에는 초장이 더 길어지며 질겨짐을 관찰함.
- 돌이 많은 토양에서는 돌 틈에 뿌리를 내리거나 나무 바로 아래에 서식하는 모습을 보이기도 했으며 다른 식물체(갯질개이 등)의 중심에서 함께 공생하는 것을 관찰하였고 이를 통해 해홍나물의 생존력이 일반 염생식물보다 좋다는 결론을 얻음.
- 해수에 완전히 잠기거나 양식장 지역에서는 해홍나물이 서식하지 않는 것을 통해 해홍나물은 해수에 완전히 잠기는 환경에서는 서식하지 않는 것을 알 수 있었음. 또한 해홍나물의 생육은 사람의 출입에 대한 영향은 덜 받고 수분 조건이나 염분 조건의 영향을 더 많이 받는 것을 탐구를 통해 알 수 있었음.
- 서식지에서 해홍나물의 분포 양상에는 일정한 패턴이 있지 않았고 군락을 형성하는 것과 단독으로 서식하는 것이 모두 관찰되었으며, 분포가 무작위적으로 특정 지역에 집중 분포 됨을 통해 종자산포 시 바람과 해수의 영향을 받는 것을 알 수 있었음.
- 해홍나물의 뿌리는 길이가 약 25cm이상이었고 뿌리털이 많이 발달하였으며 물관조직을 관찰할 수 있었음. 지름 약 0.4cm인 줄기의 외부에는 큐티클층이 있어 방수 역할을 하고 있었으며 내부에 다육성 특징을 가지고 있음을 관찰함. 또한 잎의 크기는 평균 약 3.1cm였고 반원형으로 내부가 비어 있는 저수조직을 가졌으며 일반적인 잎에 비해 면적이 좁고 통통했음. 잎 표면에는 큐티클이 있어 광택을 보였고 수분량을 18.2% 이상 유지할 수 있었으며 표면에 하얀 가루처럼 염분이 있음을 관찰하였음.
- 잎의 뒷면에 기공은 일반 기공보다 작아 증산 작용이 덜 일어나서 수분을 다소 높게 유지할 수 있었음. 잎의 색깔은 빨강, 노랑, 초록으로 다양하게 관찰되었고 초록색 잎의 엽록체 수가 더 많음을 현미경 관찰로 알 수 있었음. 초록 잎과 빨강 잎의 엽록소를 비교해 본 결과 초록 잎의 엽록소가 12.5SPAD 더 많이 측정되었음. 새로운 잎은 기존의 잎 중간에서 나타나 커지는 것으로 관찰되었고 노란색 꽃이 잎겨드랑이에서 3~5개씩 나고 난 후 붉은색 열매가 생겨 종자를 얻을 수 있었음.
- 해홍나물은 방석나물과 유전적 유사도가 0.92~0.98로 이 두 종은 만조선 부근에 분포하는 것은 비슷하지만 꽃 색깔은 노란색과 녹황색으로 다르고 개화 시기가 다름. 해홍나물은 군락을 형성하여 서식하지만 방석나물은 단독으로 서식하고 방석나물보다 해홍나물이 더 퍼진 형태로 서식함. 또한 나문재는 해홍나물보다 잎이 더 가늘고 길기때문에 육안으로도 쉽게 구별할 수 있고 초록색 앞만을 가지는 것이 특징임. 칠면초는 가장 저위 염습지에 서식하고 위로 상승하는 형태로 자라며 아래쪽에

서부터 빨간색으로 변하는 특징이 있음.

- 해홍나물은 조도가 줄면 초장이 길어지는 경향을 보였고, 조도가 낮을수록 염분이 증가하며 염분이 증가할수록 잎의 색이 붉어짐이 관찰됨. 이는 빛의 양이 줄수록 염분을 증가시켜 수분을 흡수하기 쉽도록 하기 위해서이고 염분이 증가할수록 잎이 붉어진다는 결론을 얻을 수 있었음.
- 수분의 공급 없이 10일이 지났을 때 생체중은 1.4g 감소하였고, 식물의 수분량은 22.67% 감소하였으며 뿌리와 잎의 길이는 늘었지만 두께는 얇아지는 변화를 보임. 이 실험으로 수분이 공급되지 않아도 10일 정도는 낮은 생장률을 보이면서 생존할 수 있음을 알 수 있었음.
- 파장에 따른 생장 정도를 비교한 실험에서는 백색광 쪼여 주었을 때보다 청색광과 적색광을 제공하였을 때 초장이나 근장이 더 많이 증가하였고 이는 청색광과 적색광 조건에서 빛의 양이 부족하여 더 많은 빛을 받기 위해 길이를 늘린 결과임을 알 수 있음.
- 토성에 따른 해홍나물의 생장은 갯벌 토양이 가장 큰 생장률을 보였으며 그다음 배양토, 자갈 순으로 수분을 가장 많이 머금고 있는 갯벌에서 생존할 경우 가장 크게 생장함을 알 수 있었음.
- pH 4 이하에서는 해홍나물의 생존이 불가능했으며 온도 조건이 30℃에서는 생존이 가능하던 해홍나물이 40℃ 이상의 재배 온도에서는 생존이 불가능했고, 시들어 버림을 확인할 수 있었음. 온도 30℃ 이상이나 염분 조건이 10%의 조건에서 낮은 생장률을 보이긴 했지만 생존이 가능함을 확인함으로써 해수의 온도 상승에 대비한 식물이나 폐염전의 재생에 해홍나물을 활용할 수도 있을 것으로 생각됨.
- 해홍나물의 주변 환경의 변화를 15시간 관찰한 결과 CO₂, 염도, 습도는 낮아지고 온도가 올라간 것을 확인하였음. 특히 CO₂가 17ppm만큼 증가한 결과는 목초지의 연간 탄소 흡수량이 4.5~40g/m²(FAO자료 참고) 인 것에 비해 높은 수치임을 알 수 있었고 해홍나물이 블루카본으로써 역할을 할 수 있다는 결론을 얻음.
- 해홍나물의 일부 조직으로는 제대로 된 식물체를 재배하는 것은 힘들었고 열매 내부에 있는 종자를 발아시키는 것은 불가능하였지만 스마트팜 기계를 이용하여 바닷물 염분과 같은 소금물로 인공 배양 시 해홍나물이 높은 생장률을 보이며 생존할 수 있었음. 이를 통해 스마트팜으로 해홍나물을 인공 재배하여 개체 수를 늘릴 수 있다는 결론을 얻었고 염도나 낮은 상태의 아두이노 스마트팜 화분에서도 해홍나물을 재배할 수 있었기에 낮은 염도인 일반 토양에서도 해홍나물의 인공 재배가 가능할 수 있을 것으로 보임.

○ 의의(기대효과)

- 해홍나물의 최적 서식 조건과 생장 조건을 분석하여 블루카본 염생식물의 개체수 증가를 위한 기초 자료로 사용
- 서식지의 환경 조건에 따른 해홍나물 생태적 특성 연구를 통해 활용도가 낮은 폐염전이나 간척지에 염생식물의 인공 이식 시 적절한 서식 환경 제공을 위한 자료로 활용

- 환경 조건이 나빠질 경우 해홍나물의 생존력이나 적응도를 파악하여 염생식물을 인공 재배하고자 할 때 종 선택에 기준이 될 수 있음. 또한 해홍나물의 환경 정화 능력에 대한 탐구를 통해 오염된 해양이나 갯벌의 정화식물로 재배 가능함.
- 건조 조건이나 낮은 염도에서도 해홍나물을 인공 재배할 수 있다면 이산화탄소를 흡수할 수 있는 식물 개체 수를 늘리는 효과를 가져와 환경적으로 바람직한 영향을 줄 수 있을 것임.

4. 탐구를 진행하면서 어려운 점과 알게 된 점

○ 어려운 점

- 해홍나물에 대한 선행연구 자료가 많이 없어서 자료 찾는 것이 어려웠음.
- 탐구대회 기간이 너무 길어 학생들이 학업과 탐구를 병행하는데 어려워 함.
- 주변에 멘토링 받을 수 있는 대학이 거의 없어 더 전문적 탐구방법 지도나 도움을 받을 만한 전문가 섭외가 어려웠음.
- 해홍나물 서식지 생태탐방을 위해서는 아무리 가까운 남해안이라도 30분 이상 차량으로 이동해야 하는 어려움이 있었음.
- 해홍나물 서식지가 여촌계에서 관리하고 있는 갯벌이거나 개인 소유지인 경우가 있어서 접근이 힘들었음.
- 채취해 온 해홍나물을 재배하기 위해서 염분이나 수분 등 생육 조건을 일정하게 계속 공급해 줘야 했는데 주말이나 방학 기간에는 관리가 어려웠음.
- 인문계 고등학교이기 때문에 학업을 소홀히 할 수 없었기에 학원이나 정규수업에 최대한 방해되지 않도록 탐구를 진행해야 하여 일정 조율이 가장 힘들었음.
- 토양 조사나 수질 조사, 측정을 위해서는 고가의 장비들이 필요한데 학교에 갖춰진 장비들이 부족했음.

○ 알게 된 점

- 학명: Suaeda maritima (Linnaeus) Dumortier
- 잎이 다육성인 1년생 식물로 다육식물과 유사한 점이 있음
- 해홍나물의 생장을 비교하기 위해 초장(식물 지상부 길이)와 근장(뿌리의 길이)를 비교해야 함을 알게 됨.
- 해홍나물은 고동이나 계의 서식지와 유기양분 먹이를 제공할 수 있음
- 해홍나물은 토양의 성질이 완전 흩일 때보다 돌이나 자갈 조건에서 더 종자번식을 잘함. (바위틈에서 생존하고 있는 해홍나물도 관찰함.)
- 해홍나물의 생장 조건이 나쁠 경우 끈적한 점액질 물질을 분비하거나 검정색 알갱이 같은 것을 만들어 냄



- 해홍나물 서식 형태는 군락을 형성하는 경우와 단독으로 서식하는 경우 둘 다 가능했음
- 다른 식물(예를 들면 갯질갱이)과 공생형태로 다른 식물의 중심에 해홍나물이 자라고 있는 경우를 관찰함.
- 동일한 서식지의 해홍나물인데도 수심이나 수분이 다른지 붉은 개체와 초록색을 띄는 개체로 다른 모습을 보이기도 함.
- 해홍나물은 건조에 강해서 해안의 가장 상부(만조선 지점부터)에 서식하고 있음
- 해안 근처지만 바닷물이 들어오지 않는 일반 토양에서도 해홍나물이나 칠면초가 자라는 모습을 관찰함.
- 해홍나물 각 개체의 뿌리가 연결되어 서식하고 있는 것을 관찰함.
- 해홍나물과 방석나물의 유전적 유사도가 90% 이상인데 다른 종으로 분류된다는 사실을 알게 됨.
- 해홍나물의 잎이 넓은 형태가 아니라 마치 선인장과 같이 뾰족한 형태라 건조 조건에도 강한 것임을 알게 됨.
- 해홍나물은 잎의 단면이 반달형태임을 알게 됨.
- 생육 초기에는 방석나물과 비슷하게 바닥에 붙어 자라지만 자라면서 가지들이 위를 향해 서 있는 모양을 하게 됨.
- 7~8월에서 잎겨드랑이에서 꽃이 피며 꽃잎 없이 꽃받침이 벌어짐.

○ 기타

- 열대 내부에 종자로 예상한 것이 종자가 아니었고, 해홍나물은 종자가 토양에 떨어지는 형태로 번식하기 때문에 토양에 떨어진 종자를 찾아야 했는데 찾지 못해서 아쉬웠음.
- 수질 DO와 BOD의 정확한 측정이나 토양 정밀 분석을 의뢰할 기관을 찾지 못했고, 학교에서 보유한 기기가 없어 사정상 정확한 측정은 불가능함.

5. 참고문헌

- [네이버 지식백과] 해홍나물 (한국의 염생식물, 2013. 5. 27., 김은규)
- [economy조선: 이슈&피플] 군산대 생물자원학과 권봉오 교수 2022.03.30.
http://economychosun.com/client/news/view.php?boardName=C03&t_num=13612480
- 탄소중립 2050, 지구를 살리는 바다의 허파 갯벌(2022.1.14.)
https://blog.naver.com/suhyup_nf/222621413406
- 탄소중립 2050, 탄소흡수원 ‘갯벌’ <https://blog.naver.com/didicat/222570738288>
- 경상남도 갯벌 지역의 염생식물 분포 변화에 대한 생태학적 연구(제65회 전국과학전람회, 2019.9.9.)
- 염생식물인 칠면초의 생태조사와 발아실험을 통한 인공재배 가능성 탐구(제52회 전국과학전람회, 2006.7.20.)
- 제주도 하귀리 해안 일대 염생식물 생태조사 및 학습자료 개발(제56회 전국과학전람회, 2010.7.8.)
- 염분농도에 따른 나문재, 해홍나물, 통통마디의 성장반응(한국토양비료학회지 제40권 5호, 2007년)
- 염도가 염생식물의 성장과 소금 생성에 미치는 영향 탐구 및 STEAM형 교수 학습 프로그램 개발, 2012.7.10.)
- 순천만 염생식물 군락의 구조 및 토양 환경(황선미, 2012)
- 염생식물 나문재의 염농도에 따른 성장 및 생리적 특징 비교(김지영, 2019)
- 부산대학교 환경공학과 조운석 박사님(스마트 환경 측정 기기) 특강 자료
- 한려해상국립공원 김현선 계장님 특강 자료
- 진주 동중학교 이윤형 선생님 아두이노 스마트팜 <k-steam> 특강 자료



17 010 17

적조생물을 이용한 바이오에너지 생성 탐구



팀명 pisces

학생명 김주원, 윤주영, 장세원

지도교사명 김은경

학교 동인고등학교

1. 탐구 동기 및 목적

○ 탐구 동기

21세기에 접어들며 환경 보호와 기후 변화에 사회구성원이 책임감을 느끼고 지속적인 사회발전을 이루자는 인식이 확산되어 다양한 노력이 대두되고 있다. 그 노력 중 하나인 바이오에너지는 주로 옥수수 등 식량 작물을 사용해 생산되고 있는데, 이는 작물 수입에 의존하고 있는 나라에 식량부족을 초래하고 있다. 따라서 미세조류 등 다른 자원을 활용한 바이오에너지가 주목받고 있다. 미세조류를 활용하여 바이오에너지를 생산하면 배양조건을 잘 갖출 시, 단위 면적당 옥수수나 다른 작물들에 비해 더 많은 양의 에너지를 생산할 수 있고 배양하는 데 드는 비용이 낮은 장점이 존재한다.

한국도 삼면이 바다인 점을 활용하여 해양 미세조류를 이용한 바이오에너지 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만 그러한 연구는 Cholorococcum, Chlamydomonas, Chlorella, Tetraselmis 등 특정 속에 치우쳐져 있으며 와편모조류에 속하는 조류에 관해서는 연구가 많이 진행되어 있지 않다. 물론 위에서 언급한 속이 대량배양이 쉬워 경제적으로 효율이 높은 것은 사실이며 그에 비해 와편모류의 대량배양에 관한 기술은 아직 연구가 많이 진행되지 않은 것 또한 사실이다. 하지만 한국에서 Cochlodinium의 대량배양 기술을 밝힌 것처럼 발전에 따라 배양 가능한 조류의 범위가 늘어나고 있다.

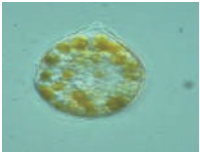
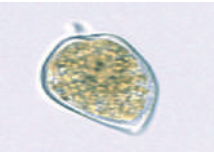
○ 탐구 목적

우리 팀은 적조를 일으키는 와편모류인 *Prorocentrum micans*, *Scrippsiella trochoidea*을 대상으로 배양 가능성을 조사하고, 상기 두 종의 전처리 방법에 따른 에너지 생성량의 차이를 비교하고자 한다.

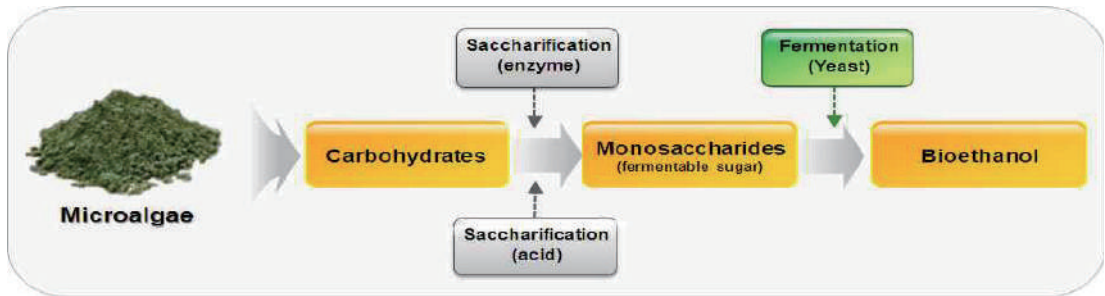
2. 이론적 배경 및 실험 원리

가. 와편모조류

- 1) 서식지가 매우 다양하며 공생하거나 기생하는 종도 많다.
- 2) 기본적으로 무각종과 유각종으로 나눌 수 있고 세포막 암피에스마(amphiesma) 소포 속에 셀룰로스 판이 형성되어 있으면 유각, 얇거나 없으면 무각으로 구분한다.
- 3) 특이하게 핵분열에 앞서 염색체가 관찰되며 일반적인 뉴클레오솜을 이루는 히스톤 단백질이 없으며 염색체의 응축 원인은 아직 밝혀지지 않았다.
- 4) 엽록체가 없는 종속영양생물도 있고 포식작용과 광합성을 동시에 하는 혼합영양생물도 있다.
- 5) 편모는 세균 등의 작은 미생물이 이동을 위해 사용하는 기관으로, 와편모조류에는 횡편모와 종편모가 있다.
- 6) *Prorocentrum micans*, *Scrippsiella trochoidea* 두 종의 비교

Prorocentrum micans		Scrippsiella trochoidea	
<ul style="list-style-type: none"> · 분류 : Dinoflagellate (와편모류) · 모습 모양 : 하트 또는 눈물 모양 사이즈 : 길이 35~75µm, 폭 20~50µm 색상 : 골든-브라운 / 연결: 없음(단독) 세포막 : Cellulose theca 편모 : 횡편모와 종편모 엽록체 : 두 개의 황금빛 갈색, 주변부에 위치함 · 행동 생활사 : 혼합영양. 무성생식 bloom(증식) : 늦여름, 연안 환경 유해성 : 미상 · 분포 서식지 : 얇은 바다, 하구 및 해양 지리적 위치 : 온대 ~ 열대 수역 계절 : 늦여름 ~ 가을 · 성장 가능 조건 염도 : 34 온도 : 2 ~ 26°C 		<ul style="list-style-type: none"> · 분류 : Dinoflagellate (와편모류) · 모습 모양 : 배(과일) 모양 사이즈 : 길이 16-36µm, 폭 20-23µm 색상 : 적록색 / 연결: 없음(단독) 세포막 : Cellulose theca 편모 : 횡편모와 종편모 엽록체 : 여러 개, discoid (원반 소체) · 행동 생활사 : 광합성. 유성생식 bloom(증식) : 늦봄 ~ 초겨울, 따뜻한 물 유해성 : 물 변색 유발 · 분배 서식지 : 해안 및 하구 수역 지리적 위치 : 전 세계 온대 ~ 열대 수역 계절 : 늦봄 ~ 초겨울, 성층수역 · 성장 가능 조건 염도 : 21~39 온도 : -2 ~ 28°C 	
역 Eukaryota 계 Protozoa 아계 Biciliata 하계 Alveolata 문 Dinoflagellata 아문 강 Dinophyceae	아강 목 Prorocentrales 과 Prorocentraceae 속 Prorocentrum 종 P. micans Ehrenberg 1833	역 Eukaryota 계 Protozoa 아계 Biciliata 하계 Alveolata 문 Dinoflagellata 아문 강 Dinophyceae	아강 목 Peridiniales 과 Peridinaceae 속 Scrippsiella 종 S. trochoidea (Stein)Loeblich III 1976
 <p><그림1></p>		 <p><그림2></p>	

나. 미세조류 바이오에너지



<그림3>

- 1) 바이오에탄올 생성과정은 크게 전처리, 당화, 발효로 나뉜다.
- 2) 전처리란 미세조류의 세포벽을 파괴하여 세포 속 영양분을 이용할 수 있게 하는 과정이다.
- 3) 전처리 과정에 따라 바이오에탄올을 생성하는 데 쓰이는 에너지의 양이 달라지고 에탄올 수율도 달라질 수 있다.
- 4) 당화는 미세조류로부터 추출한 녹말과 같은 고분자 물질을 효모나 박테리아가 분해할 수 있게 바꾸어 주는 과정으로 일반적으로 아밀레이스를 활용하여 녹말을 엿당으로 분해한다.
- 5) 발효는 효모나 박테리아를 이용하여 당화 과정을 통해 추출한 이당류나 단당류 바이오에탄올로 바꿔주며, 효모의 경우 혐기성 발효를 통해 에탄올을 생성하는 과정을 거친다.
- 6) $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$ 의 화학반응식을 통해 효모는 포도당을 분해하는데, 이때 생성되는 아산화탄소량을 비교하면 에탄올 생성량을 확인할 수 있다.

다. 탐구에 사용되는 전처리 방법의 종류와 원리

1) 마이크로파 이용

마이크로파를 세포에 조사하면 수시로 방향이 바뀌는 전기장에서 세포에 함유되어 있는 이온과 극성물질(물, 색소, 지방, 단백질 등)이 무질서하게 배열되어 있다가 한 방향으로 배열되고, 다시 반대 방향으로 배열되는 과정(Rotational energy transitions)을 매우 빠른 속도로 반복하게 된다. 이와 같은 과정을 거치면 전기장 에너지가 열에너지로 변환되어 세포벽이 파괴된다.

2) 산성 이용

160-200°C의 고온에서 일어나는 산에 의한 촉매반응을 통해 효소의 당화를 향상시키며, 고온 조건에서 셀룰로스가 단당으로 분해된다.

3) 그라인딩

물리적으로 세포벽을 파쇄하는 방법으로, 에너지 효율이 낮아 잘 사용되지 않는다.

4) 황토 이용

미세한 황토 입자가 세포벽 표면으로 흡착하여 침전시키며 세포벽을 파괴한다.

전처리 과정이 세포벽 파괴임을 감안했을 때 다른 연구자료가 없었지만, 적조 퇴치에 황토를 사용하는 것에 착안하여 전처리과정에 포함한다.

3. 탐구 내용 및 결과

○ 내용

가. 탐구 1 : 미세조류 배양

- 과학교육원에서 *P.micans*(이하, P), *S.trochoidea*(이하, S)를 분양받아 조건에 맞추어 배양한다.
- *C. polykrikoides*는 배양기, 멸균기가 없는 학교에서 배양이 불가능 할 것이라는 과학교육원의 조언에 따라 과학교육원에 배양을 부탁한다.
- 총 6개 (P 3개, S 3개)의 삼각플라스크만큼을 분양받고 배양에 실패할 경우를 대비해 2개(P 1개, S 1개), 4개(P 2개, S 2개)로 나눠 각 조원의 집에서 배양한다.
- 날짜별로 개체수를 측정하려 계획하였으나, 클린 벤치가 없는 상황에서 실리콘마개를 열면 세균이 감염될 수 있어 배양 시 실리콘 마개를 열지 말라는 과학교육원 연구사님의 조언에 따라 육안으로만 관찰하기로 변경한다.

나. 탐구 2-1 배양된 미세조류 관찰, 녹말 검출 실험 (예비실험 1차)

- 본 실험 전, 예상과 다른 점들을 파악하여 본 실험에서의 실수를 최소화하기 위해 탐구 1에서 배양한 두 종의 미세조류를 사용해 예비실험을 한다.
- 1차 예비실험(탐구 2-1)에서는 배양된 적조(P 1개, S 1개)를 현미경으로 관찰하고 아이오딘 아이오딘화 칼륨 용액을 사용하여 녹말 검출 여부를 확인한다.

다. 탐구 2-2 전처리 방법에 따른 발효 후 이산화탄소 생성량 비교 (예비실험 2차)

- 2차 예비실험(탐구 2-2)에서는 배양된 적조(P 2개, S 2개)를 현미경으로 관찰하고 황산과 마이크로파를 활용하여 전처리를 실행한다.
- 1차 예비실험과 달리 황산을 활용한 전처리는 안전상의 이유로 중탕 대신 황산에 오랜 시간 노출시키는 것으로 대체한다.

- 황산을 사용하는 전처리의 경우 산을 통해 포도당까지의 가수분해가 가능하므로 효소 처리 없이 발효한다.
- 전처리된 적조생물(P 2개, S 2개)를 아밀레이스를 통해 당화하고 효모를 사용하여 퀴네발효관에 넣고 발효시킨다.

라. 탐구 2-3 S.trochoidea 발효 실험

- 과학교육원에서 배양한 S.trochoidea를 분양받아 실험을 진행한다.
- 황산, 마이크로파, 황토, 그라인딩을 활용하여 S.trochoidea를 전처리하고 아밀레이스를 통한 당화 후 발효시켜 이산화탄소 발생량을 비교한다.
- 탐구 2-2에서 황산을 사용하여 발효를 진행한 결과, 발효가 잘 되지 않아 전처리에 사용되는 황산의 양을 줄여 진행한다.
- 탐구 2-1, 2-2 (1, 2차 예비실험)에서는 거름종이로 적조를 걸러 실험에 사용되는 용액을 만들었지만, 시간이 오래 걸리고 거름종이에 적조생물이 붙어 같은 농도의 적조 용액을 만들기 어려우며 거름종이가 녹아 용액에 포함되는 경우도 발생하여 원심분리기를 사용한다. (학교 내 원심분리기가 없어 대학에 문의한다.)
- 황토 사용 시 국립수산과학원의 적조 발생 매뉴얼에 따라 사용한다.


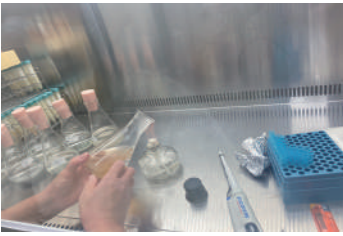



마. 탐구 2-4 P.micans 발효 실험

- 과학교육원에서 배양한 P.micans를 분양받아 실험을 진행한다.
- 황산, 마이크로파, 황토, 그라인딩을 활용하여 P.micans를 전처리하고 아밀레이스를 통한 당화 후 발효시켜 이산화탄소 발생량을 비교한다.
- 황산을 사용하는 전처리 방법의 경우 탐구2-3에서 실험방법을 바꾸어 진행했지만 발효가 진행되지 않아 전처리 방법에서 제외한다.
- ★ 사용하는 모든 기구는 알코올로 기구를 닦은 후 증류수로 씻어내고 실험용 티슈로 물기를 제거하는 방법으로 살균하여 진행하였다.

○ 방법




가. 탐구 1

- 재료 : 클린 벤치, f/2 배지, 마이크로 피펫, P.micans, S.trochoidea, led조명, 삼각 플라스크양

준비과정	관련 사진	주의점
<p>① 배양된 <i>P.micans</i>, <i>S.trochoidea</i>와 f/2배지가 담긴 삼각플라스크를 준비한다.</p>	 <p><그림4></p>	<p>실리콘 마개를 열고 접종하는 과정은 모두 클린 벤치에서 실행한다.</p>
<p>② 알코올램프를 사용하여 삼각플라스크 입구를 멸균한다.</p>	 <p><그림5></p>	
<p>③ 마이크로 피펫을 활용해 f/2 배지에 5cc를 접종한다.</p>	 <p><그림6></p>	<p><i>P.micans</i>, <i>S.trochoidea</i>을 각각 f/2배지 3개에 접종한다.</p>
<p>④ 접종한 배지가 든 삼각플라스크 입구를 멸균한 후 실리콘 마개로 막는다.</p>	 <p><그림7></p>	<p>균의 침입을 막기 위해 배양 중 실리콘 마개를 열지 않는다.</p>
<p>⑤ led조명을 설치하고 직사광선이 닿지 않는 곳에서 25±2도로 배양한다.</p>	 <p><그림8></p>	<p>조명은 상시 켜 놓는다.</p>

나. 탐구 2-1(예비실험 1차)

· 재료 : 배양된 P.micans, S.trochoidea, 스탠드, 깔때기, 9% 황산수용액, 아이오딘 아이오딘화 칼륨 용액

준비과정	관련 사진	주의사항
① 배양한 용액을 거름종이 에 걸러서 배양액과 조류를 분리한다.	 <p><그림9></p>	
② 거른 조류를 100m L의 9% 묽은 황산에 넣는다.	 <p><그림10></p>	
③ 1시간 동안 85±5°C에서 중탕한다.	 <p><그림11></p>	열로 인해 비커가 깨지지 않게 유의하며 반드시 환기한다.
④ 가열한 용액에 아이오딘 용액을 세 방울 떨어뜨려 녹말 생성 여부를 확인한다.		





다. 탐구 2-2(예비실험 2차)

· 재료 : 현미경, 배양된 P.micans, S.trochoidea, 스탠드, 깔때기, 거름종이 9% 황산수용액, 전자레인지, 클로로포름, 아밀레이스, 생효모, 퀴네발효관

준비과정	관련 사진	주의사항
공통	① 배양한 용액(P.micans 2개, S.trochoidea 2개)을 거름종이에 걸러서 배양액과 조류를 분리한다.	
마이크로파 이용	① 거른 적조생물을 각각 증류수 20ml에 넣고 클로로포름 5 방울을 떨어뜨린다.	 <p><그림12></p> <p>클로로포름 사용 시 환기하고 기화되어 흡입하지 않게 주의한다.</p>
	② 거름종이로 위를 덮고 전자레인지에 1분간 돌린다.	 <p><그림13></p>
	③ 30분간 85±5°C에서 중탕한다.	
	④ 중탕한 용액에 각각 효소(아밀레이스) 5방울을 넣는다	 <p><그림14></p>
황산이용	① 9% 황산 수용액 20ml에 걸러진 P.micans, S.trochoidea를 각각 넣는다.	 <p><그림15></p>
공통	① 비커 위에 랩으로 밀봉하고 48시간 동안 상온에 둔다.	
	② 효모 15g 과 40°C로 가열한 증류수 150ml를 비커에 넣고 섞는다.	
	③ 위에서 만든 효모액을 각각의 ①의 용액을 섞고 이를 쿨네펀관에 넣어 상온에서 발효시킨다.	 <p><그림17></p>

라. 탐구 2-3

· 재료 : 현미경, 배양된 P.micans, S.trochoidea, 원심분리기, 황토, 증류수, 그라인더, 9% 황산수용액, 전자레인지, 클로로포름, 아밀레이스, 생효모, 퀴네 발효관

준비과정		관련 사진
공통	① 원심분리를 통해 S.trochoidea를 배지와 분리 후 증류수와 혼합하여 각각 10ml의 시료 5개를 만든다.	  <그림18> <그림19>
마이크로파	탐구 2-2와 동일	
산	탐구 2-2와 동일	
황토	① 황토를 굵게 간 후 황토 1g과 증류수 100ml를 섞는다. ② 시료 10ml와 앞서 만든 황토 용액 10ml를 섞는다	 <그림20>
그라인딩	① 10ml 시료를 냉장고에 넣고 완전히 얼린다. ② 그라인더를 사용하여 얼린 시료를 갈고 증류수 10ml와 혼합한다	 <그림21>
대조	① 증류수 10ml와 시료 10ml를 혼합한다	
공통	① 아밀레이스 5방울을 각각의 용액에 떨어뜨리고 48시간을 기다린다. ② 효모 15g 과 40°C로 가열한 증류수 150ml를 비커에 넣고 섞는다 ③ 위에서 만든 각각의 용액 20ml와 효모용액 20ml를 섞고 퀴네발효관에 넣고 상온에 발효시킨다. (실험 2-2와 동일)	

마. 탐구 2-4

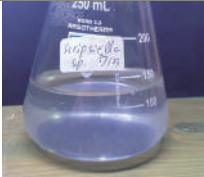

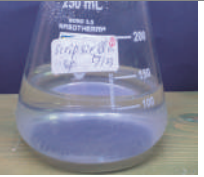
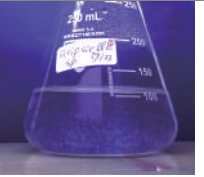
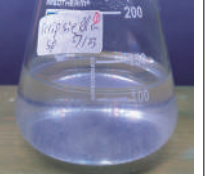
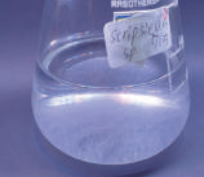
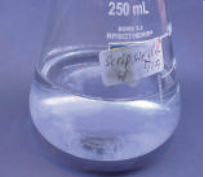
· 재료 : 현미경, 배양된 P.micans, 원심분리기, 황토, 증류수, 그라인더, 아밀레이스, 생효모, 퀴네 발효관

준비과정		기타
공통	① 원심분리를 통해 p 를 배지와 분리 후 증류수와 혼합하여 각각 5ml의 시료 4개를 만든다.	
가열	① 시료 5ml를 30분간 85±5°C에서 중탕한다. ② 중탕된 시료 5ml를 15ml증류수와 혼합한다.	각각의 방법으로 처리된 시료 5ml + 증류수 15ml
황토	시료 처리 과정 탐구 2-3과 동일	
그라인딩	시료 처리 과정 탐구 2-3과 동일	
대조	탐구 2-3과 동일	
공통	② 효모 15g 과 40°C로 가열한 증류수 150ml를 비커에 넣고 섞는다 ③ 위에서 만든 각각의 용액 20ml와 효모용액 20ml를 섞고 퀴네발효관에 넣고 상온에 발효시킨다. (실험 2-2와 동일)	

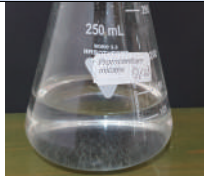

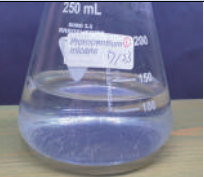
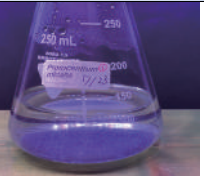
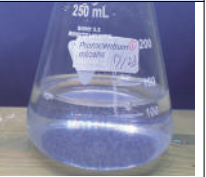
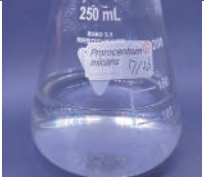
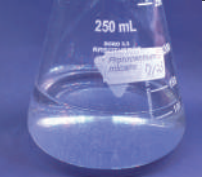
○ 결과

가. 탐구 1

· *S.trochoidea*

7/24	7/25	7/26	7/27	7/28
				
<그림22>	<그림23>	<그림24>	<그림25>	<그림26>
7/29	7/30			
				
<그림27>	<그림28>			

· *P.micans*

7/24	7/25	7/26	7/27	7/28
				
<그림22>	<그림23>	<그림24>	<그림25>	<그림26>
7/29	7/30			
				
<그림27>	<그림28>			

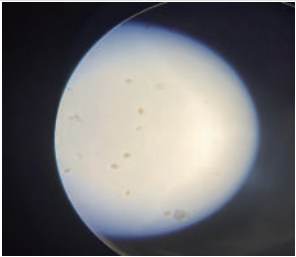
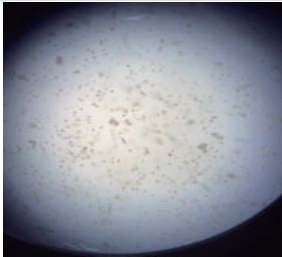
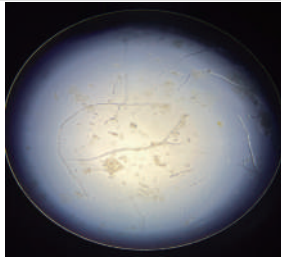
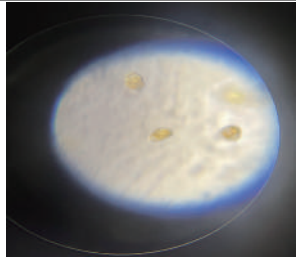
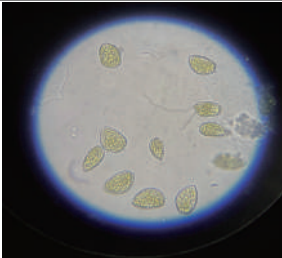
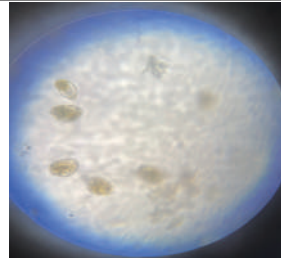
· 두 종 모두 불투명한 하얀색 덩어리가 시간이 지남에 따라 많이 관찰되었으나, *S.trochoidea*의 경우 *P.micans* 보다 더 뭉치는 듯한 모습을 보였으며 반면 *P.micans* 는 뭉치기보다 플라스크 바닥에 흩어져 있는 모습이 관찰되었다.

나. 탐구 2-1

S.trochoidea		P.micans	
현미경	아이오딘 처리		
			
〈그림36〉	〈그림37〉	〈그림38〉	〈그림39〉

- 현미경 관찰 결과 S.trochoidea는 계란형을 띄었고 조금 튀어나온 부분이 존재하였으나, P.micans는 둥근 모양 외에는 특징적인 모양을 가지지는 않았다.
- 두 종 모두 밀도가 높게 관찰되지 않았으며 움직이는 모습 또한 관찰되지 않았다. 껍데기만 남고 죽은 개체도 많이 있었기 때문에 배양이 잘 이루어지지 않았다고 추정해 볼 수 있다.
- 요오드 반응 결과 색 변화가 없었으며 용액의 농도가 매우 적은 것이 그 이유인 것으로 추정된다.

다. 탐구 2-2

	처리 전	마이크로파	중탕 후
S	 〈그림 40〉	 〈그림 41〉	 〈그림 42〉
P	 〈그림 43〉	 〈그림 44〉	 〈그림 45〉

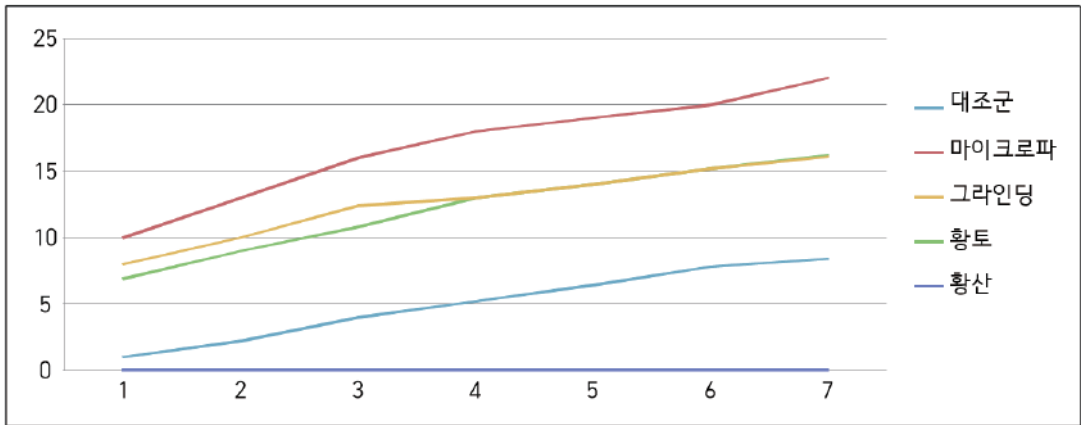
- S.trochoidea를 마이크로파에 노출시킨 결과, 일부의 S.trochoidea 개체의 일부 껍질이 파괴된 것을 관찰할 수 있고 중탕 후 대다수 개체의 세포벽이 파괴되어 껍질을 가진 개체를 찾기 어려웠으며 껍질 안 내용물이 껍질 밖으로 나와 있는 모습을 관찰할 수 있었다.
- P.micans를 마이크로파에 노출시킨 결과, S.trochoidea보다 적은 수의 개체가 세포벽이 파괴된 것을 관찰할 수 있었고 중탕 후 세포벽이 파괴된 개체의 수가 늘었지만 파괴되지 않은 개체 역시 많이 존재하였다.
- 황산을 사용한 전처리 결과, 전처리 전후 기포의 발생이 관찰되지 않았다.
- 위 사진에서 모두 실갈이 생긴 이물질이 관찰되는데 이는 거름종이가 물에 풀어지며 들어가 생긴 것으로 추정된다.
- 발효 결과, 마이크로파를 사용하여 전처리한 용액 두 가지에서 기포가 발생했으며 황산을 사용한 용액에서는 발생하지 않았다. 기포는 S.trochoidea를 활용한 쪽이 더 많이 발생하였다.
- 위 결과를 통해 S.trochoidea가 P.micans보다 세포벽 파괴가 잘 이루어지는 것을 확인할 수 있었고 마이크로파뿐만 아니라 열을 가하는 것으로도 세포벽을 파괴할 수 있을 것이라 추측된다.



라. 탐구 2-3 S.trochoidea 발효 결과

(단위 ml)


일 방법	대조군	마이크로파	그라인딩	황토	황산
1	1	10	8	6.9	0
2	2.2	13	10	9	0
3	4	16	12.4	10.8	0
4	5.2	18	13	13	0
5	6.4	19	14	14	0
6	7.8	20	15.2	15.2	0
7	8.4	22	16.1	16.2	0



- 7일차 이산화탄소 생성량을 비교한 결과 마이크로파에서 가장 많이 발생했으며 황토, 그라인딩으로 처리한 발효관이 두 번째, 그 다음은, 대조군 순서로 많이 발생했다.
- 산을 처리한 발효관에서는 기포가 발생하지 않아 황산의 영향으로 발효가 진행되지 않은 것이라 추정하고 추가 실험을 진행했다.

※ 황산 추가실험

- 아래와 같이 처리하고 기포 발생 여부를 관찰한 결과, 발효관2만 기포가 발생하고 발효관 1,3은 기포가 발생하지 않았다.

	발효관1	발효관2	발효관3	
내용	증류수 20ml + 효모용액 20ml (실험2-3과 동일)	효모용액 20ml + 포도주스 20ml (과당1%)	효모용액 20ml + 9%황산 10ml + 포도주스 10ml	 <그림47>
발생 여부	×	○	×	

- 황산 추가실험 결과 발효관 1,3을 비교해보면 과당이 있을 때 효모에 의해 발효가 진행되어 기포가 발생하는 것을 알 수 있고 발효관 2,3을 비교하면 발효관 2와 달리 발효관 3에 황산이 들어가 발효가 진행되지 않아 기포가 발생하지 않았음을 알 수 있다.

※ 황토 추가실험



<그림48>



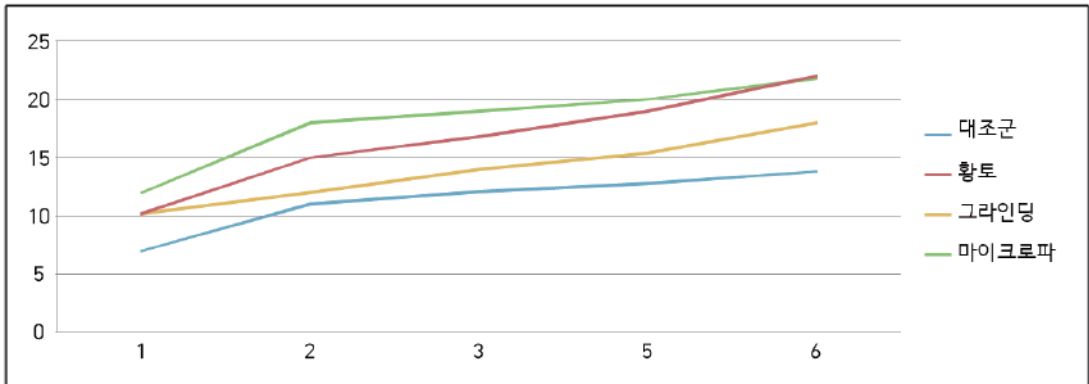
<그림49>

- 그림 50에서 알 수 있듯이 황토를 처리한 발효관만 검은색 곰팡이가 나타났으며 다른 발효관에는 나타나지 않은 것을 통해 황토 안 미생물이 발효관 내 부패를 일으켰다고 추정하고 추가실험을 진행하였다.
- 발효관1(황산 추가실험), 발효관2를 발효시킨 결과, 발효관2에서 검은색 곰팡이가 발견되었으며 기포가 발생하였다.
- 그림 51에서 솜으로 막은 입구쪽에 검은색 곰팡이가 있음을 확인할 수 있고 기포가 발생한 이유로는 효모의 분해를 통해 발효가 가능한 물질이 발효관 안에 없으므로 발효가 일어났다고 보기 어렵다. 따라서 부패로 인해 기포가 발생했음을 추정할 수 있다.

마. 탐구 2-4 P.micans 발효 결과

(단위 ml)

일	방법	대조군	황토	그라인딩	마이크로파
1		7	10.2	10.2	12
2		11	15	12	18
3		12.1	16.8	14	19
4	자연재해(태풍)로 인해 학교 등교 불가, 측정 못함				
5		12.8	19	15.4	20
6		13.8	22	18	21.8



- 6일차 이산화탄소 생성량을 비교한 결과 황토를 제외하고 가열로 처리한 발효에서 가장 많은 이산화탄소가 발생하였고 다음 순서로 그라인딩, 대조군 순서이다.
- 황토는 2-3 추가실험 2에서의 실험결과 부패가 일어날 가능성이 있어 결과가 정확하다고 보기 어려움이 있다.

4. 탐구의 결론 및 의의

○ 결론

가. 적조 생물의 배양

- f/2 배지, 25±2℃의 실온과 led조명을 사용하여 배양을 진행했을 때 배양이 가능한 것을 확인할 수 있다.

나. 두 종의 전처리 방법에 따라 에너지 생성량 차이

- 두 종 모두 공통적으로 85±5℃에서 중탕하여 처리한 발효관의 이산화탄소 생성량이 가장 많았다.
- 이산화탄소 생성량은 효모의 포도당 분해 반응인 에 따라 에탄올 생성량에 비례하므로 85±5℃에서 중탕하여 처리하는 과정이 열린 후 가는 방식인 그라인딩을 통해 처리하는 것보다 더 높은 에탄올 수율을 나타냄을 알 수 있다.
- 황산을 사용한 전처리 과정의 경우, 2-3 추가실험1의 결론에 의해 황산의 낮은 pH가 효모의 발효를 저해함을 추론할 수 있으며 황산을 중화과정을 거쳐 발효를 진행하면 에탄올을 추출할 수 있을 것이다.
- 황토를 사용한 전처리의 경우, 2-3 추가실험2의 결론에 의해 발효관 내 부패로 인해 결과의 신뢰성이 떨어지므로 황토로 전처리 후 멸균을 통해 균을 제거하고 실험을 진행한다면 정확한 결과를 얻을 수 있을 것이다.

○ 의의(기대효과)

- 이 탐구를 통해 한국에서 많이 실행되고 있는 녹조류, 홍조류뿐만 아니라 적조를 일으키는 코클로디니움과 같은 외편모조류의 바이오에탄올 추출 가능성을 알 수 있다.
- 다른 연구에 없는 새로운 전처리 방법인 황토의 사용을 시도하여 바이오 에너지를 얻는 과정에 다른 에너지원을 절약할 수 있는 방법을 제시하였다.

5. 탐구를 진행하면서 어려운 점과 알게 된 점

○ 어려운 점

- 학교 내 실험 환경이 열악하고 깔때기, 전자저울, 거름종이, 황산 수용액과 같은 기본적인 시약 등 기본 실험 도구들이 많이 없었다. 또한 배양기나 원심분리기 등 실험에 꼭 필요한 실험 설비도 없었다. 이를 해결하기 위해 기본적인 실험 도구는 모두 구매하였으며 구매할 수 없는 실험 장비는 대여하거나 불가피한 경우 실험 방법을 조정하였다.
- 배양기의 경우 대여가 불가능하여 원래 계획하고 있었던 효모 3종 중 상온에서 배양이 가능한 1종 (*Saccharomyces cerevisiae*)만 실제로 사용하였다.
- 배양기가 없으므로 지금의 환경에서 적조 배양이 매우 어려울 것이라 예상하여 과학교육원에 적조 배양 방법을 문의하고 직접 견학해 적조 배양 방법을 배우고 적조를 일으키며 배양기 없이 상온에서 쉽게 배양할 수 있는 2종(*P.micans*, *S.trochoidea*)을 분양받고 배양하였다.
- 원심분리기를 대체하는 방안으로 거름종이를 사용하여 배양한 적조 생물을 분리하려 계획하였지만, 1, 2차 예비실험에서 거름종이로 거른 적조 생물을 거름종이에서 분류하는 과정이 어렵고 오차가 매우 커 실험 결과를 확인하는 데 큰 어려움이 있었다. 이러한 이유로 대학교 실험실에 원심분리기 대여를 의뢰하여 본 실험 때 사용하는 적조 생물을 원심분리를 통해 추출했다.

○ 알게 된 점

- 아무리 자료조사를 많이 하고 실험 방법을 만들어도 직접 해보기 전까지는 어떠한 오류라도 발생할 수 있다는 것을 느꼈다. 특히 예비실험을 해보지 않았으며 적조를 걸렀을 때 거름종이에서 적조 생물을 분리하는 것이 얼마나 어려운지 알지 못했을 것이다.
- 학교에 실험 물품이 제대로 갖추어지지 않아 적조를 배양하는 과정에서 과학교육원 연구사님의 도움을 많이 받았는데 이때 연구자님께서 배양과정은 배지 제작부터 시작하여 세세한 과정을 경험해야 한다고 말씀하시면서 이 작업이 결코 간단한 일이 아니라는 것을 알게 해 주셨다.

○ 기타

- *C. polykrikoides*을 사용하여 위의 연구를 진행하려 했지만 배양의 어려움으로 실험을 진행할만한 양을 구하지 못해 다른 적조생물을 사용하여 탐구를 진행하였다.
- 효모 3종을 가지고 탐구를 진행하려 계획했지만 나머지 두 종의 배양 조건을 맞출 수 없어 상온에서 활용 가능한 *Saccharomyces cerevisiae* 종을 이용하였다.

6. 참고문헌

기사 - 김준래, 「미세조류로 에너지 문제 해결」, 『The Science times』, 2014.06.03.,

논문 - Dodge, J. D. 1982. 「Marine Dinoflagellates of the British Isles」, Her Majesty's Stationery Office, London, UK. 303.

논문 - Horner, R. A. 2002. 「A Taxonomic Guide To Some Common Phytoplankton」, Biopress Limited, Dorset Press, Dorchester, UK. 200.

논문 - 박조용, 김재곤, 박천규.(2016).미세조류 유래 바이오연료 생산 기술에 관한 고찰.한국수소및 신에너지학회논문집,27(4),386-403.

논문 - 박종관, 문한술, 박민주, 장희원, 정대운, 「미세조류를 이용한 바이오에탄올 생산 연구에 관한 고찰」(대한환경공학회지, vol.42, no.3, 2020), pp. 164-176

논문 - 이은열, 「미세조류를 이용한 통합형 바이오디젤, 바이오에탄올, 바이오오일 및 고체바이오연료 제조용 바이오리파이너리 기술 개발」(경희대학교 2016.12)

보고서 - 신윤경 신윤경 김효근 김효근 김형안 김형안 et al. 양식어장 적조피해 저감 연구 : 2016년도 국립수산과학원 사업보고서 = Research on the Mitigation of Red Tide Impacts in Fish Farm : Report of National Institute of Fisheries Science. Busan: 국립수산과학원; 2017.

도서 - Isao Inoue (2017), 『30억년의 조류 자연사』 전남대학교출판문화원, Tsukuba city, Japan.

웹사이트 - 고려대학교 생의학안전연구소 교육 & 연구 - 제목 : 김경현 교수, 효율적인 목질계 바이오매스 이용을 위한 전처리 기술 - <https://ibsf.korea.ac.kr/ibsf/research/research.do?mode=view&articleNo=59133&article.offset=0&articleLimit=50>

웹사이트 - WORM (World Register of Marine Species) Prorocentrum micans, Scrippsiella trochoidea 검색 결과 - <https://www.marinespecies.org/index.php>

갯끈풀의 경제적 이용 가능성에 관한 연구



팀명	갯끈풀		
학생명	김지현, 박민창, 신민찬, 신태인		
지도교사명	정해준	학교	중동고등학교

1. 탐구 동기 및 목적

○ 탐구 동기

- '탄소 중립'이란 지구온난화와 기후변화 등의 전 지구적 문제의 대표적인 원인으로 지목되는 이산화탄소와 블랙 카본을 배출한 만큼 흡수하여 실질적인 탄소 배출량을 0으로 만드는 것이다. 갯벌과 해양에 있는 미세조류 및 갯지렁이 등은 이산화탄소와 블랙 카본을 블루 카본으로 바꾸고 탄소를 축적시켜 탄소 중립의 핵심 요인으로서 주목받고 있다. 그 중 특히 갯벌은 육상 생태계에 비하여 최대 50 배 이상 빠르게 탄소를 흡수할 수 있다고 밝혀진 바 있어 그 가치가 더욱 높을 것으로 보일 뿐만 아니라 한국의 경우, 전체 면적의 약 2.4% 가량이 갯벌로 탄소 중립에 있어서 그 가치가 더욱 높다. 하지만 이러한 우리의 소중한 자원인 갯벌을 위협할 수 있는 '영국 갯끈풀(*Spartina anglica*)'은 한국의 경우 2008년 처음 강화도에서 발견된 이후 갯벌 뒤집기 등 강도 높은 제거 작업에도 아직까지 기승을 부리고 있다.

- 소위 갯벌의 파괴자라고 불리는 영국 갯끈풀은 다른 해양 식물과는 달리 뿌리를 매우 깊게 내리며 자라서 퇴적물을 침전시켜 갯벌을 육지의 흙과 같이 변화시켜 사막화시키고 있다. 또한 갯끈풀은 타화수분을 하여 번식속도가 빠르고 성장이 빠를 뿐 아니라 적응력이 좋아 제거하기 쉽지 않다. 2015년 10월, 인하대 해양학과 홍재상 교수의 드론 관찰 결과에 따르면 영국 갯끈풀은 강화도 남단 동막리와 분오리 갯벌에서 12,150m, 전남 진도 석성 갯



[그림1. 강화 남단 갯벌 갯끈풀 군락]

벌에서 7,179m 가량 분포하는 것으로 드러났고 이는 한국 갯벌에 상당한 위험이 될 수 있음을 보여 준다.

- 이와 같이 갯벌 파괴 우려가 있는 갯끈풀을 제거하는 방법을 고려하던 중 우뚝가사리 등의 홍조류로 종이를 만든다는 기사를 접하게 되었고 갯끈풀을 통해 종이를 제지하여 경제적으로 이용할 방법을 생각해보게 되었다. 또한 갯끈풀을 이용해 종이를 만듦으로써 탄소 중립에 악영향을 미치는 화학적 포장재들을 대신하여 탄소 중립에 기여할 수 있을 것이라는 생각이 들어 이 탐구를 계획하게 되었다.

○ 탐구 목적

- 현재 전국에 퍼져있는 갯끈풀의 국내 분포 동향을 조사(강화 갯벌을 중심으로)
- 영국 갯끈풀의 식물학적 특성 및 주변 지역 피해 정도 조사
- 다른 비목재 펄프(갈대, 해조류)와의 비교를 통한 갯끈풀의 경제적 이용 가능성 탐구
- 실제 포장재로의 제작 및 물성 탐구

2. 탐구 내용 및 결과

○ 내용

- 해양환경공단 방문 및 갯끈풀에 대한 기본 조사
- 갯끈풀의 국내 분포 동향 조사
- 갯끈풀 채집 및 식물학적 특성 탐구
- 갯끈풀을 이용한 제지 및 물성 탐구
- 지력 증강제 닻풀을 이용한 종이의 품질 개선
- 다른 비목재 펄프와의 비교 및 경제적 이용 가능성 탐구

○ 방법

- 해양환경공단 방문 및 갯끈풀에 대한 기본 조사
- 해양환경공단 해양생태처 김성수 대리님과의 연락
- 직접적인 연락을 통한 갯끈풀의 분포 위치, 필요한 장비 파악

- > 갯끈풀의 분포 위치 : 99% 이상이 강화도에 서식, 그중에서도 대부분이 인천광역시 강화도 화도면 동막리 갯벌에 위치
- > 갯끈풀 채집을 위해 준비해야할 것 : 장화, 삽, 비닐 및 박스



[그림2. 해양환경공단에서 제공한 갯끈풀 전경 드론 사진]

- 갯끈풀 채집 및 식물학적 특성 탐구
- 8/11(목) 현장 방문 및 갯끈풀 채집 / 코로나로 인한 일정 취소
- 8/13(토) 팀원 신민찬, 김지현 강화도 동막리 갯벌 직접 방문 및 채집
- 약 2시간 가량의 갈대와 갯끈풀의 채집(비교실험을 위한 갈대도 채집)

> 갯끈풀과 갈대의 식물학적 특성 탐구



[그림3. 갈대를 채집하는 팀원]

	갯끈풀	갈대
두께	비교적 두꺼움	비교적 얇음
화서	찾지 못함	다수의 화서 존재
잎	지면에서부터	일정 높이 이 상부터
크기	비교적 작음	비교적 큼
기타	원형 균락을 이룸	육지 쪽에 붙어서 자람



[그림4. 원형군락을 이루는 갯끈풀]



[그림5. 채집한 갈대(좌)와 갯끈풀(우)의 비교]

- 갯끈풀을 이용한 제지
- 8/11(목) 채집한 갯끈풀을 이용한 제지 실험 시작 / 코로나로 인한 일정 취소
- 8/17(수) 13일 채집한 갯끈풀과 갈대를 이용한 리그닌 분해 실험

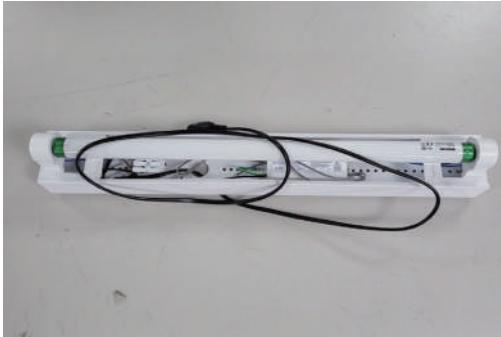
가. <리그닌 분해 실험>

> 실험 준비물

- 갯끈풀과 갈대
- 교반기와 Vortex Mixer(초음파 진동기 대용으로 사용)
- 4M NaOH 수용액 50ml
- TiO₂ powder
- 가정용 믹서기와 저울
- UV램프 (Philips 15W/10)
- 스프레이

> 실험과정

- ① NaOH powder를 4g씩 두 번 저울로 재어 증류수 25mL 비커에 조금씩 넣는다.
(열 반응으로 비커가 깨지는 것을 방지하기 위해 NaOH를 나중에 첨가)
- ② 만들어진 NaOH수용액을 큰 비커에 담는다.
- ③ 갯끈풀과 갈대를 가정용 믹서기에 충분히 갈아낸다.
- ④ Vortex Mixer를 이용하여 TiO₂와 물을 섞은 suspension을 만든다
- ⑤ 만들어진 suspension을 스프레이 통에 담고 큰 비커에 고루 뿌려준다.
- ⑥ 믹서기로 갈아낸 갯끈풀과 갈대를 각각 다른 비커에 담고 교반기에 돌린다.
- ⑦ 거치대로 UV램프를 고정시키고 5일 가량 반응시킨다.
(+ 점성이 짙어 추가적으로 NaOH 수용액과 증류수를 조금씩 첨가.)



[그림6. UV램프]



[그림7. NaOH power와 수용액]



[그림6. UV램프]



[그림9. 가정용 믹서기]



[그림10. 갈대와 갯끈풀]

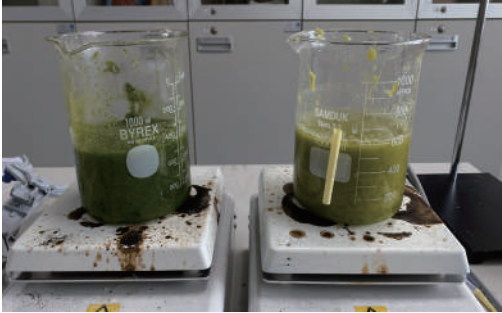
나. <8월 22일 갯끈풀&갈대 펄프 표백 실험>

> 실험 준비물

- 갯끈풀&갈대 시료
- 교반기
- 과산화수소수(35%)
- 10x20(cm) 망사프레임

> 실험과정

- ① 리그닌과 TiO₂ 혼합물과 그 이외의 불순물을 망사프레임을 이용하여 거르고 펄프만을 남긴다.
- ② 펄프를 흐르는 물에 깨끗이 씻고 다시 비커에 모은다.
- ③ 비커에 모인 갈대&갯끈풀 펄프가 잠길 정도로 35% 과산화수소수를 붓는다.
- ④ 교반기를 이용하여 열을 주며 반응시킨다.
- ⑤ 각 Trial마다 1시간 가량 3번 반응시킨다.



[그림11.갈대와 갯끈풀의 표백 정도 비교
(왼쪽부터 갈대, 갯끈풀)]



[그림12. 불순물을 씻어내는 모습]

	갯끈풀	갈대
표백 정도	높음	낮음

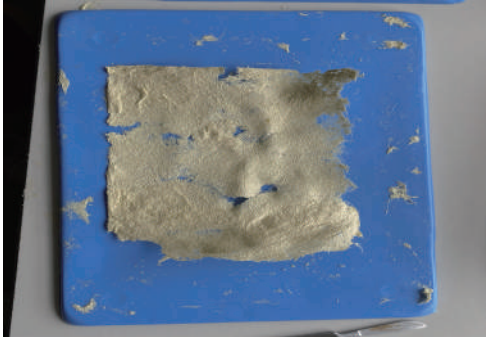
다. <8월 22일 제지 실험>

> 실험 준비물

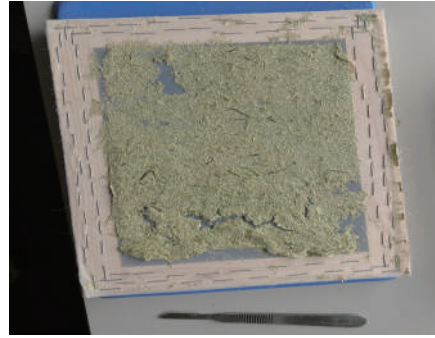
- 표백된 갯끈풀& 갈대 펄프
- 망사 있는 프레임
- 망사 없는 프레임
- 스펀지
- 플라스틱 통

> 실험과정

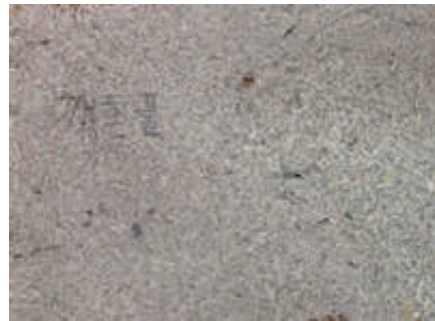
- ① 충분히 표백시킨 갯끈풀과 갈대를 망사프레임을 이용하여 펄프만 남긴다.
- ② 과산화수소를 포함한 불순물 제거를 위하여 흐르는 물에 충분히 씻는다.
- ③ 플라스틱 통에 물을 충분히 채우고 펄프를 물에 푼다.
- ④ 망사없는 프레임을 망사 있는 프레임의 망사 방향으로 모양이 맞게 올린다.
- ⑤ 플라스틱 통에 프레임을 담고 한 겹 정도로 펄프를 떠낸다.
- ⑥ 수분을 스펀지를 이용해 제거하고 펄프를 프레임에서 조심스럽게 떼어낸다.
- ⑦ 망사있는 프레임을 조심스럽게 제거한다.
- ⑧ 망사있는 프레임을 뒤집은 뒤 스펀지와 수건으로 물기를 제거한다.
- ⑨ 망사있는 프레임을 제거한다.



[그림13. 말리기 전 갯끈풀 종이]



[그림14. 말리기 전 갈대 종이]



[그림15, 16. 팀명을 작성한 갯끈풀과 갈대 종이]

물성	갯끈풀	갈대
두께	비교적 얇음	비교적 두꺼움
질감	부드러움	딱딱함
평평한 정도	평평하지 않음	평평함
필기 가능 여부	가능	가능
접히는 여부	가능	가능
갈라지는 정도	비교적 덜 갈라짐	비교적 많이 갈라짐

- 지력 증강제 닻풀을 이용한 종이의 품질 개선

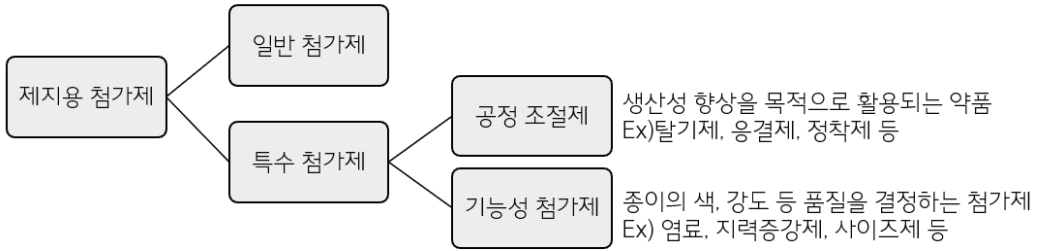
8월 31일 / 8월 13일 채집한 갯끈풀을 이용하여 펄프화 시도

=>그러나 (아마 갯끈풀이 시들고 썩었기 때문) 1차 제지 실험에 있어서와 다른 냄새와 반응 정도로 실패

9월 12일 / 갯끈풀 시료가 필요하다는 판단하에 추가적인 채집을 위하여 강화도 방문

9월 13일 / 갯끈풀의 리그닌 분해&표백 실험(이전과 동일)

1차 제지 실험의 보완점을 개선하기 위하여 추가적으로 첨가제를 추가하기로 결정
=>물성을 개선하기 위해서는 기능성 첨가제가 필요
=>전통적으로 효과가 입증되어 있는 친환경 지력 증강제인 닥풀*을 첨가한다.



[그림17. 종이 첨가제의 종류]

* 닥풀: 전통적으로 닥나무로 한지를 제조할 때 사용하는 것으로 아욱과의 한해살이풀을 뜻하기도 한다.

기능 : 한지 제조 시에 긴 섬유가 침강하는 것을 방지하며 초지를 용이하게 하여 지질을 고르게 하므로 친환경 지력 증강제로서 작용한다.

장점 : 일반 종이는 강한 산성(pH4~5.5)을 띠어 세월이 지나면 열화되는 반면, 한지는 닥풀이 한지의 pH를 7정도로 유지하여 변색을 막는다.



[그림18. 닥풀(황촉규 꽃)의 모습]



[그림19. 갯끈풀을 믹서기에 가는 모습]



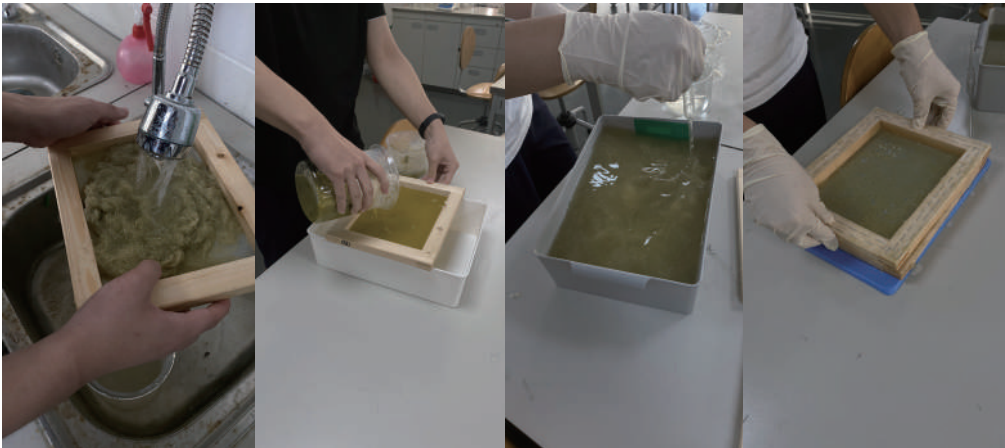
[그림20. 교반기에 갯끈풀 펄프가 잘 돌아가도록 증류수를 더해주며 섞어주는 모습]

<9/19 개선된 2차 제지 실험>

9월 19일 지력 증강을 위한 닥풀을 실험 과정에 추가하여 제지 실험을 진행하였다.

> 실험과정

- ① 충분히 표백시킨 갯끈풀을 망사프레임을 이용하여 펄프만 남긴다.
- ② 과산화수소수를 포함한 불순물 제거를 위하여 흐르는 물에 충분히 씻어준다.
- ③ 비커에 따뜻한 물을 담고 닥풀 0.6g을 풀어 섞어준다.
(닥풀과 물의 비율은 15:1000로 맞추었다.)
- ④ 플라스틱 통에 물을 4L 채우고 닥풀을 풀어 넣은 뒤 펄프를 물에 푼다.
- ⑤ 망사 프레임을 이용하여 한 겹 정도로 펄프를 떠낸다.
- ⑥ 수분을 키친타올로 충분히 제거하고 프레임에서 펄프를 떼낸다. 1차 제지 실험의 보완점을 개선하기 위하여 추가적으로 첨가제를 추가하기로 결정
=> 물성을 개선하기 위해서는 기능성 첨가제가 필요
=> 전통적으로 효과가 입증되어 있는 친환경 지력 증강제인 닥풀*을 첨가한다.



[그림21]

[그림22]

[그림23]

[그림24]

그림 21. 갯끈풀을 망사프레임을 이용하여 거르는 모습

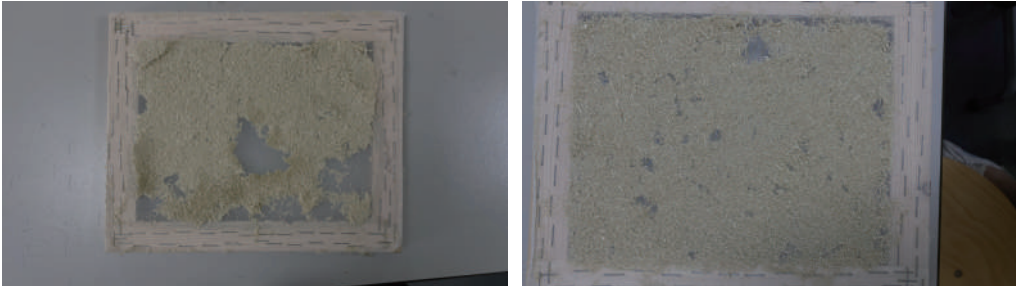
그림 22. 흐르는 물에 씻어 불순물을 제거하는 모습

그림 23. 갯끈풀 펄프를 물에 푼 모습

그림 24. 펄프를 떠서 펄프를 망사프레임 위에 쌓은 모습

○ 결과

1. 1차 리그닌 분해 실험에서는 이산화 티타늄을 촉매로 하는 리그닌의 광분해가 가능함을 확인하였다. 이를 통해 공업적 제지에서 활용되는 열분해 또는 산가수분해 없이 활용 가능한 펄프를 만들어낼 수 있었다.
2. 갯끈풀과 갈대의 표백 실험에서는 표백에 있어서 이미 시중에서 비목재 펄프로서 활용되는 갈대에 비해 갯끈풀의 표백 능력이 우수함을 알 수 있었다.
3. 1차 갯끈풀의 제지 실험에서는 기능성 제지 첨가제 없이 실제 포장재로서 활용 가능한 종이를 제지할 수 있음을 입증하였다.
4. 2차 갯끈풀의 제지 실험에서는 비록 기능성 첨가제 첨가를 통한 종이의 물성 개선에는 실패하였으나 갯끈풀 종이의 개선 가능성을 발견하였다.



[그림 25, 26. 2차 제지 실험에서의 갯끈풀 종이]

3. 탐구의 결론 및 의의

○ 결론

- 갯끈풀은 블랙 카본과 이산화탄소를 블루 카본으로 바꾸고 탄소를 축적하는 갯벌을 사막화시켜 갯벌의 뛰어난 탄소 중립 기여 능력을 저해시킨다. 이러한 갯끈풀을 경제적으로 활용하는 방법을 고려하였고, 제지로써 활용할 가능성을 발견하였다. 8월 22일 제지 실험을 통하여 갯끈풀로 실제 포장재에 활용될 수 있는 재질의 종이를 만들 수 있음을 입증하였다. 이후 종이의 강도를 추가적으로 개선하기 위하여 친환경 지력 증강제 닥풀을 활용할 방법을 모색하였다. 하지만 9월 19일 2차 제지 실험에서 닥풀을 활용한 제지에 실패하였다, 실패한 요인에 대한 가설은 다음과 같다.

1. 닥풀 자체가 펄프의 응집력에 영향을 주었다.

- 닥풀은 전통적인 한지 제작에 활용되는 기능성 첨가제로 이미 그 효과가 증명되었을 뿐 아니라 한지 제작에서 사용되고 권고되는 용량 및 용법을 준수하였기 때문에 그 가능성이 적음을 알 수 있다.

2. 비교적 펄프화가 덜 진행되었다.

- 2차 제지 역시 갯끈풀죽(갯끈풀이 유리 막대로 잘 저어질 정도로 증류수를 넣은 상태)의 용량에 맞추어 용액도 추가적으로 넣고 비슷하게 5일 가량 반응시켜 반응 시간 자체는 크게 달라진 점이 없었다. 그러나 늘어난 갯끈풀죽량에 비하여 반응 시간을 충분히 확보하지 못했고 만들어진 종이에 육안으로도 쉽게 관찰할 수 있는 particle이 있어 (나)의 실패 요인은 충분히 가능성이 있다.

3. 갯끈풀 채집 기간이 영향을 미쳤다.

- 9월 13일 2차 제지를 위한 갯끈풀 추가 채집을 하기 전 8월 31일에 8월 13일 채집한 갯끈풀을 펄프화 시키려고 시도하였으나 같은 양의 용액을 첨가하고 반응시켰음에도 혼합물에서 역한 냄새가 나며 잘 반응하지 않는 모습을 보였다. 이는 갯끈풀 시료에 썩거나 시든 부분이 있기 때문으로 추측되는데, 2차 제지 실험에서도 표백 전 펄프가 1차 제지 실험과 달리 푸른색이 아니고 비교적 노란색을 띠어 1차 제지 실험 당시 채집한 갯끈풀의 상태에 비해 시든 것을 알 수 있으며 따라서 (다)의 가능성 또한 있다.

따라서 기능성 첨가제를 활용하여 갯끈풀을 경쟁력 있는 종이 및 포장재로 제작하는 가능성은 충분하다고 판단된다.

○ 의의(기대효과)

- 연구를 통해 갯끈풀을 이용하여 제지를 할 수 있음을 밝혀냄으로써 상대적으로 선행 연구가 적은 갯끈풀의 잠재적 효용가치를 부각해내고 많은 분야에 다양하게 활용할 수 있다.
- 갯벌에서 육지화를 일으키는 갯끈풀을 원료로 이용하여 환경, 생태적으로 중요한 가치를 갯벌의 육지화 문제 해결에 도움을 줄 수 있다.

4. 탐구를 진행하면서 어려운 점과 알게 된 점

○ 어려운 점

- 이번 “갯끈풀의 제지 가능성에 대한 탐구”를 중간까지 진행하면서 여러 번의 고비가 있었다. 가장 어려웠던 문제는 실험의 구체화였는데, 경제적으로 이용 가능한 종이를 만들기 위해서는 리그닌의 분해 과정이 동반되어야 했다. 현재 종이 제지를 위해 리그닌을 분해하는 방법에는 크게 열분해, 산가수분해, 광분해 및 생물학적 분해가 있는데, 생물학적 분해는 매우 오래 걸리는 시간에 비하여 리그닌을 소량밖에 분해해 내지 못해 포장재로 사용할 수 있는 종이를 만들기에 적합하지 않았고 산가수분해와 열분해는 매우 높은 강산, 강염기를 이용하거나 1기압에서 만들 수 없는 온도를 요하였기 때문에 안전한 환경에서 실험 진행이 불가능하였다. 따라서 비교적 비주류의 방법인 이산화 티타늄을 촉매로 하는 광분해 실험을 계획하게 되었다. 또한 갯끈풀의 채집 과정에 있어서도 어려움이 있었다. 8/11일, 모든 팀원 및 지도교사 선생님의 일정을 취합하여 갯끈풀 채집을 위한 현장 방문 및 채집한 갯끈풀을 이용한 실험이 계획되어 있었으나, 급작스러운 폭우와 코로나의 재확산으로 인해 취소되었다. 이후 갯끈풀을 채집하기 위하여 8/13일로 현장 방문 계획을 재계획하였고 이 과정에서 밀물, 썰물 시간 고려 및 우천 가능성 고려 필요성으로 어려움이 있었다. 현장에 방문하여서도 갯끈풀을 직접 찾기까지에는 상당한 어려움이 있었으며 사전에 식물학적 특성을 조사하고 왔음에도 처음에는 갈대를 갯끈풀로 오판하기도 하였다. 그리고 우리가 탐구하는 주제에 대해 완전히 부합하는 선행연구가 없어 탐구를 이끌어 가는데에도 어려움이 많았다. 이번에 리그닌 광분해를 진행하기 위해 참고한 논문의 경우 실험의 최적 조건이 실험용으로 판매되는 순수 리그닌의 농도에 맞추어져 있고 오로지 리그닌의 분해에만 목적이 맞추어져 있어 이후의 불순물을 분리할 방법 등은 고안되어 있지 않았다. 이로 인해 8/17일 리그닌 분해 실험을 진행했을 때에는 같은 방법으로 실험을 진행하였을 때 갯끈풀이 점성이 너무 높아 교반기가 작동하지 않기도 하였고 같은 양의 NaOH 수용액을 첨가하였을 때 원하는 액성의 조건이 만들어지지 않기도 하였다. 마지막으로 닻풀을 고안하기까지에 어려움이 있었다. 8월 22일 제지한 종이로 물성 탐구를 마친 이후 종이의 강도 등의 물성을 개선하기 위한 방안을 찾으면서 종이에 첨가하는 기능

성 첨가제에 대해 알게 되었는데 이때 강도를 높이기 위하여 지력 증강제를 구하려 하였다. 하지만 A4 용지 등에 사용되는 화학적 지력 증강제의 경우 일반 소비자가 거의 없기 때문에 이를 생산하는 회사에서 도매를 기준으로 매우 큰 양만을 판매하여 구하는 데에 어려움이 있었다. AKD 왁스 등의 사이즈제를 포함하여 여타 기능성 첨가제에 같은 어려움이 있어 새로운 방향을 모색해야 했다. 이에 닥풀(황촉규)이라는 친환경 지력 증강제를 모색해낼 수 있었고 이를 이용해 종이의 품질 개선을 꾀하였다.

○ 알게된 점

- 이번 탐구 활동을 진행하면서 가장 먼저 알게 된 부분은 시간의 중요성이다. 비록 학기 중이고 고등학생이어서 탐구대회 초반에는 탐구를 진행하기 어려운 부분이 있었던 것은 사실이나 시간을 최대한 내면 탐구를 조금씩 진행할 수 있었는데, 일정을 매우 빠듯하게 잡은 결과, 코로나나 악기상과 같은 돌발사태에 대해 유연한 대처를 하기 힘들었다. 또한 현장을 방문하여 갯끈풀을 채집하는 과정을 통하여 갈대와 갯끈풀을 직접 비교하며 간접 경험으로는 알기 힘든 갯끈풀의 특성을 알게 되었다. 가령 팜 플릿을 통해 알게 된 갯끈풀은 지면부터 잎이 나고 갈대는 일정 높이 이상부터 잎이 난다는 사실은 직접 서로를 비교해보기 전에는 쉽게 다가오지 않았고 이로 인해 갈대를 갯끈풀로 오인할 뻔 하기도 하였다. 게다가 팜플릿에는 나와있지 않았던 두께의 차이와 강도의 차이, 마디 길이 정도의 차이 등의 식물학적 특성도 알 수 있었다. 마지막으로 학술적인 부분에서도 알게 된 점이 있었는데, 가장 먼저 전통적인 제지 방법인 한지, 프랑스 전통 제지 방앗간인 리샤르드바, 최초의 종이 제작법과 가장 현대의 종이 제작 과정까지를 조사하는 과정에서 펄프의 뜻(섬유 식물에서 뽑아내는 셀룰로오스의 집합체)과 각각의 종이 제작에서 사용하는 펄프의 종류(목재 펄프, 비목재 펄프 등) 그리고 사용하는 식물에서 불순물(리그닌, 펜토산 등)을 제거하는 과정에 대해 자세히 알게 되었다. 그 과정에서 불순물, 특히 리그닌을 분해하는 방법에 대해 여러 논문을 보며 찾아보았고 현재까지 밝혀진 리그닌의 분해 방법(열분해, 산가수분해, 광분해, 생물학적 분해 등)에 대해 자세히 알고 각각의 방법이 요하는 조건을 알게 되었다.

분해 방법	산가수분해	열분해	광분해	생물학적 분해
조건	약 250~400°C의 고온/고압 오랜 반응 시간	염산, 황산(또는 과망가니즈산)을 강한 농도로 반응	이산화 티타늄 등의 광촉매를 이용한 특정 파장의 UV	백색 부후균 등의 특정 미생물

5. 참고문헌

논문

- (Elina Portjanskaj and Sergei Preis, Aqueous Photocatalytic Oxidation of Lignin: The Influence of Mineral Admixtures, 2007, international Journal of Photoenergy, Article ID 76730, 1~7p).
- Colin Awungacha Lekelefac, Nadine Busse, Micheal Herrenbauer, and Peter Czermak (Photocatalytic Based Degradation Processes of Lignin Derivatives, International Journal of Photoenergy, Article ID 137634, 1~19p).
- 류정용, 김형진, 조병목 [The Trends of Recent Development in papermaking additives], 531p.

특허

- 유학철, 마린펄프, [홍조류를 이용한 펄프의 제조 방법 및 이를 이용한 종이의 제조 방법], 1~9p
- 유학철, 박준혁, 서영범, [외피가 얇은 홍조류를 이용한 펄프의 제조방법], 1~5p

염생식물을 활용한 교내 옥상정원 구성 방안 연구



팀명 부산강한여자

학생명 서선민, 이현서

지도교사명 장가영

학교 부산과학고등학교

1. 탐구 동기 및 목적

○ 탐구 동기

부산 남구 용호동 이기대 앞에는 큰 하수처리장이 있다. 어릴 때부터 집 앞 이기대에 놀러갈 때마다 하수처리장 위 다리를 건너야 했는데, 다리 위에서 검은 하수가 이어지는 곳을 따라가다 보면 많은 생물들이 서식하는 광안리 바다가 나왔다. 검은 해수가 넓은 바다로 이어지는 모습은 해양생태계에 대한 경각심을 불러일으켰다. 그러던 중, 온대림이나 열대림보다 40~50배 가량 빠른 탄소 흡수 속도를 가지는 염생식물이 해양생태계에 중요한 블루카본임을 알게 되었고, 도시 환경에 이런 염생식물을 적용해볼 수 있는 방법은 없을까 생각해보게 되었다.

○ 탐구 목적

우수한 탄소 저감 능력을 가진 염생식물을 우리가 살아가는 도시환경에도 상용화할 수 있도록 도심 환경 속 생육 가능한 최적의 환경 조건을 찾아내고, 이를 활용해 학교 내 옥상정원 제작에 적용해보고자 한다.

2. 탐구 내용 및 결과

○ 내용

염생식물에는 많은 종류가 있지만, 본 연구에서는 사전조사를 통해 도시환경에서도 잘 적응할 수 있고 실생활에서 접하기 쉬워 도심 정원 조성에 적합한 '애기달맞이꽃(*Oenothera sinuata* L.)'과 '통통마디(*Salicornia europaea*)'를 사용하기로 하였다. 그리고 블루카본인 염생식물의 대조군(그린카본)을 통통마디가 명아주과인 점을 고려해 명아주(*Chenopodium album*)로 선정하였다.

첫째, 애기달맞이꽃과 통통마디 모종을 받아 초기 길이를 측정하고, 엽록소 농도도 측정한다. 이후 다양한 염농도에서 2주간 키운다.

둘째, 각 염농도에서 생장한 애기달맞이꽃과 통통마디의 길이 변화를 측정하여 생장이 가장 잘 이루어지는 염농도 조건을 확인한다. 또한 엽록소 농도 변화를 측정, 역시 생장이 가장 잘 이루어지는 염농도 조건을 다시 확인한다.

셋째, 각 염농도에서 생장한 식물의 광합성률을 측정, 가장 광합성률이 좋은 염농도 조건을 확인한다. 이때 명아주와의 광합성량도 비교해, 블루카본이 그린카본보다 광합성률이 높은지 확인한다.

넷째, 찾아낸 최적의 염농도 조건을 바탕으로, 갯벌 진흙을 대체할 가능성이 있는 토양 조성을 다양하게 설정하여 다시 2주간 키운다.

다섯째, 각 토양 조성에서 생장한 애기달맞이꽃과 통통마디의 길이 변화를 측정하여 생장이 가장 잘 이루어지는 조건을 확인한다. 또한 엽록소 농도 변화를 측정, 역시 생장이 가장 잘 이루어지는 조건을 다시 확인한다.

여섯째, 각 토양 조성에서 생장한 식물의 광합성률을 측정, 가장 광합성률이 좋은 토양 조성 조건을 확인한다.

일곱째, 염생식물의 최적 염분 조건과 토양 조성(공극률)에 따른 광합성률(이산화탄소 농도 변화)을 측정한 결과를 바탕으로, 옥상정원 제안서를 작성하고 권장 이산화탄소량까지 감소하는데 걸리는 시간을 출력해주는 프로그램을 제작한다.

○ 방법

가. 염농도별 염생식물 설치 및 생장 정도 확인

- 크기가 유사한 애기달맞이꽃과 통통마디 모종을 각각 8개씩 선정. 저면관수 방식으로 재배할 수 있는 미니온실에 식재한다.
- 수돗물에 천일염을 섞는 방식으로 다양한 염농도(0ppt, 0.5ppt, 1.5ppt, 2.5ppt, 3.5ppt) 환경을 조성한다. 이때, 각 염농도마다 모종을 2개씩 설치한다.

※ 농장에서 통통마디 재배 시, 2.5ppt조건에서 재배한다고 하여 염농도를 0ppt, 0.5ppt, 1.5ppt, 2.5ppt, 3.5ppt로 설정하였다. 또한 바다의 평균 염농도는 3.5ppt이다.



[그림 2. 애기달맞이꽃과 통통마디 설치]



[그림 3. 소금물 제작]



[그림 4. 애기달맞이꽃(좌)과 통통마디(우)]

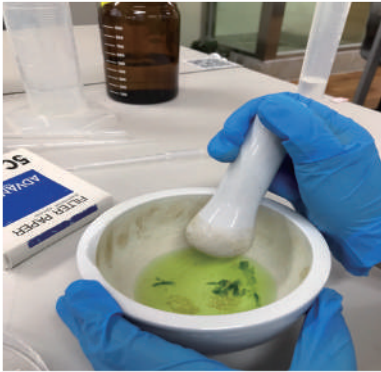
3) 염농도별 성장 정도를 측정하기 위해 길이, 위치가 비슷한 잎을 선별해 표시하고, 버니어 캘리퍼스를 이용해 그 잎의 세로 길이를 측정한다. 통통마디는 잎이 뺀 나온 전체 길이도 측정해둔다.



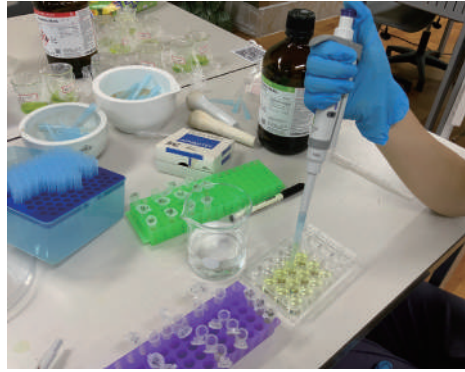
[그림 5. 버니어 캘리퍼스를 이용한 선정한 초기 잎의 길이 측정]

4) 애기달맞이꽃과 통통마디의 초기 엽록소 농도를 분광광도계를 이용해 측정한다. 이때, 설치한 각각의 모종과 유사한 여분의 모종을 실험에 사용한다.

- ① 잎을 씻고 물기를 제거한 뒤, 잎을 조금씩 잘라 모두 같은 무게(0.55g)가 되도록 한다.
- ② 막대사발을 이용하여 각각의 잎을 최대한 곱게 갈아준다. 이때, 매스실린더를 이용하여 80% 아세톤을 막대사발에 20mL씩 첨가한다.



[그림 6. 엽록소 추출 과정]



[그림 7. 용액의 농도별 조성 과정]

- ③ 거름종이를 이용하여 추출한 용액을 비커에 거른다.
- ④ 얻은 용액을 마이크로피펫을 이용하여 1.5mL씩 마이크로튜브에 담는다.
- ⑤ 마이크로튜브를 원심분리기에 13000rpm의 속도로 10min 동안 원심분리한다.
- ⑥ 원심분리 후, 상층액만 취한 다음, 용액의 농도가 50%가 되도록 Methyl alcohol과 희석시킨다.

[표 4. 용액의 농도별 조성]

조성 물질 \ 농도	30%	<u>50%</u>	70%
메탄올	1.4mL	<u>1mL</u>	0.6mL
상층 용액	0.6mL	<u>1mL</u>	1.4mL

- ⑧ 희석한 용액을 plate에 2mL씩 넣은 후, 647nm, 663nm에서 각각 흡광도를 측정한다.
- ⑨ 측정된 흡광도 값을 다음 식에 대입하여 50%에서의 엽록소 a와 b의 농도를 구한다.

$$Chla(\mu g/ml) = 12.25(A_{663}) - 2.55(A_{647})$$

$$Chlb(\mu g/ml) = 20.31(A_{647}) - 4.91(A_{663})$$

- 5) 온도, 습도, 이산화탄소 및 산소 농도를 확인하고, 2주간 주기적으로 소금물을 부어 염농도를 일정하게 유지하며 키운다.
- 6) 2주 후, 서로 다른 염농도(0ppt, 0.5ppt, 1.5ppt, 2.5ppt, 3.5ppt) 조건에서 성장시킨 염생식물의 성장 정도를 잎의 길이 및 엽록소 농도 변화를 통해 확인해본다.

나. 염농도에 따른 염생식물의 광합성률 측정 : 이산화탄소 농도 변화

1) 통통마디(블루카본)와 명아주(그린카본) 광합성률 비교

- ① 같은 무게(14g)의 통통마디와 명아주를 채집한다.



[그림 8. 명아주]



[그림 9. 통통마디]

- ② 밀폐된 용기를 2개를 준비, 해당 식물과 온도, CO₂, O₂ 센서를 각각 넣는다.
- ③ 램프를 설치해 조도를 측정하고, 10분간 빛을 쬐어준다.



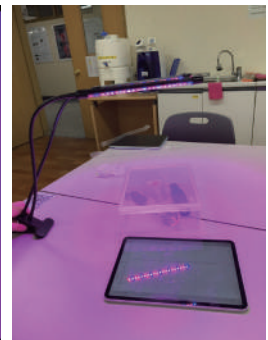
[그림 10. 명아주]



[그림 10. 통통마디]



[그림 11. 조도 측정]

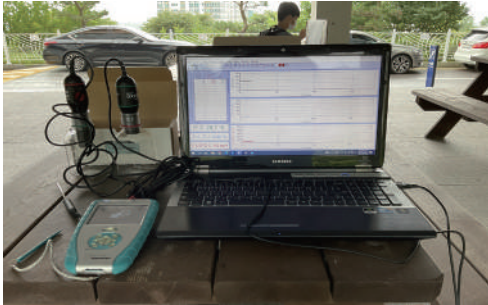


[그림 12. 실험 설치]

- ④ MBL 프로그램으로 10분간 변화한 CO₂ 농도와 O₂ 농도를 비교한다. 온도는 변화량을 측정해서 평균값을 취한다.

2) 염농도별 광합성률 측정 : 이산화탄소 농도 변화

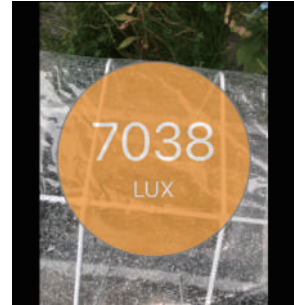
- ① 온실 주변의 대기 습도 및 조도를 확인한다.
- ② 설치된 온실 주변 환경 조건 측정 : Logger pro가 설치된 노트북과 인터페이스, 온도, CO₂, O₂ 센서를 연결하고 총 3시간 동안 15분 간격으로 값을 얻는다.



[그림 14. MBL을 활용한 주변 환경 조성 측정]



[그림 15. 습도 측정]



[그림 16. 조도 측정]

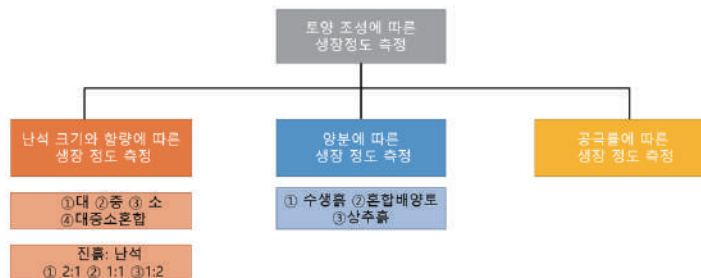
- ③ MBL앱과 연결된 온도, CO₂, O₂ 센서를 각 온실 속에 넣고, 총 300초 동안 1초 간격으로 샘플을 얻도록 지정하여 변화를 측정한다.

※ 여름철 조도가 높은 날에 온실을 밀폐시키면 온도가 60℃까지 올라간다. 이런 조건에서는 광호흡이 일어나, 오히려 이산화탄소 농도가 증가할 수 있다. 따라서 조도가 높은 날(10000lux 이상)에는 얼음을 넣어 온도를 낮춘다.

- ④ 1시간 뒤, 변화한 CO₂ 농도와 O₂ 농도를 비교한다.

다. 토양조성에 따른 염생식물 설치 및 성장 정도 확인

토양조성에 따른 실험을 다음 그림 17.과 같은 방법으로 진행하였다. 이때 나.에서 이산화탄소 농도 감소의 유의미한 변화가 나타났던 통통마디로만 실험을 진행하였다.



[그림 17. 토양 조성 설치 개요]

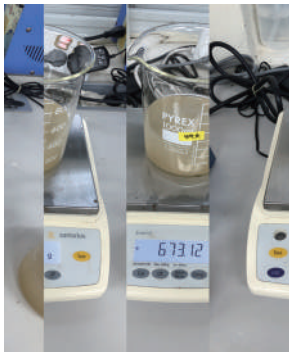
1) 공극률 측정

- ① 1L 부피플라스크에 6종류의 토양(난석 소립, 중립, 대립, 혼합배양토, 수생흙, 상추흙)을 채운 다음, 각각의 무게를 구한다.
- ② 6개 플라스크에 1L까지 물을 채워준다.
- ③ 뜰채를 이용해 흙을 물과 분리하고, 물의 무게를 측정한다.

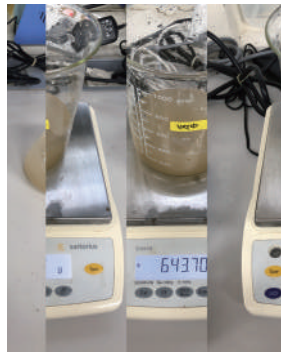


[그림 18. 공극률 측정 과정]

- ④ 혼합배양토, 수생흙, 상추흙을 넣은 플라스크는 물이 채워진 플라스크의 무게를 측정한다.



[그림 19. 난석 대립]



[그림 20. 난석 중립]



[그림 21. 난석 소립]

- ⑤ 다음과 같은 방법으로 각각의 토양 공극률을 계산한다.

- 난석(대립, 소립, 중립)의 공극률 :
$$\frac{\text{체로 거른 물의 질량}(g) \div \text{물의 밀도}(g/ml)}{1000ml}$$
- 수생흙, 혼합배양토, 상추흙의 공극률 :
$$\frac{(\text{물을 채운 후 질량} - \text{물을 채우기 전 질량}(g)) \div \text{물의 밀도}(g/ml)}{1000ml}$$

2) 토양조성에 따른 성장정도 확인하기 : 난석 크기

- ① 나.에서 성장정도가 가장 높았던 염농도를 선택한다.
- ② 서로 조성이 다른 4가지 토양을 제작한다.

1	2	3	4
난석 대립(500g)	난석 중립(500g)	난석 소립(500g)	난석 대립 :중립:소립 = 1:1:1 (500g)
갯벌 진흙(500g)	갯벌 진흙(500g)	갯벌 진흙(500g)	갯벌 진흙(500g)

- ③ 제작한 토양조성에 통통마디를 각각 심는다.
- ④ 가. 3)에서의 방법과 같이 잎의 길이를 측정한다.
- ⑤ 가. 와 같은 방법으로 키우면서 1주일 간격으로 잎의 길이를 측정한다.

3) 토양조성에 따른 성장정도 확인 : 진흙과 난석 비율

- ① 다-2)에서 성장정도가 가장 높았던 난석 조건을 선택한다.
- ② 갯벌 진흙과 난석 비율이 서로 다른 토양을 조성하고, 통통마디를 각각 심는다.

1	2	3
진흙:난석 = 1:1	진흙:난석 = 1:2	진흙:난석 = 2:1

- ③ 가. 3)에서의 방법과 같이 잎의 길이를 측정한다.
- ④ 가. 와 같은 방법으로 키우면서 1주일 간격으로 잎의 길이를 측정한다.
- ⑤ 가. 4)에서의 방법과 같이 잎의 엽록소 농도를 측정하여 변화를 확인해본다.



[그림 22. 엽록소 농도 측정 과정]

- ⑥ 나. 2)에서의 방법과 같이 이산화탄소 농도 변화를 측정하여 비교해본다.

4) 토양조성에 따른 성장정도 확인 : 토양의 종류

- ① 수생흙, 혼합 배양토, 상추흙, 기존 갯벌 진흙으로 토양조성을 각각 다르게 제작한다.
- ② 통통마디를 이식한 후, 다. 2), 다. 3) 와 같은 과정을 진행한다.



[그림 23. 토양 조성에 따른 통통마디 식재]

- ③ 성장정도를 각각 비교하여, 갯벌 진흙을 대체할 수 있는 토양을 찾아본다.
- ④ 서로 조성이 다른 토양을 제작한다.

구분	1	2	3	4	대조군
혼합배양토 : 수생흙 : 상추흙	3 : 1 : 1	1 : 3 : 1	1 : 1 : 3	1 : 1 : 1	갯벌 진흙

- ⑤ 통통마디를 이식한 후, 가. 4)와 같은 과정을 진행한다.
- ⑥ 나. 2)와 같은 방법으로 토양조성(공극률)별 이산화탄소 농도 변화를 측정하여 비교분석 해본다.



[그림 24. 광합성률 측정 과정]

라. 염생식물을 활용한 교내 옥상정원 조성방안 제안

- 가. 나. 다.의 결과를 바탕으로 구축할 옥상정원 설명서를 제작하고, 권장 이산화탄소량까지 감소하는데 걸리는 시간을 출력해주는 프로그램을 Python으로 제작한다.

○ 결과

가. 염농도별 염생식물 설치 및 성장 정도 확인 결과

1) 염농도별 잎의 길이 변화

[표 9. 염농도에 따른 애기달맞이꽃의 성장 정도 확인 - 잎의 길이 측정(7/28 ~ 8/11)]

일자	염농도 (ppt)	0		0.5		1.5		2.5		3.5	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
설치 (2022.7.28.)	잎길이 (mm)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
1회 (2022.8.04.)	잎길이 (mm)	19	19	20	21	24	18	19	22	15	16
2회 (2022.8.11.)	잎길이 (mm)	20	21	31	31	31	26	29	31	-	-
변화량	잎길이 (mm)	+6	+7	+17	+17	+17	+12	+15	+17	-	-
		+6.5		+17		+14.5		+16		-	

2주 동안 관찰한 결과, 0.5ppt에서 가장 큰 성장을 확인할 수 있었다. 그 외 염농도 0를 제외한 다른 조건에서의 성장 정도가 크게 차이 나지 않았다.

[표 10. 염농도에 따른 통통마디의 성장 정도 확인 - 잎의 길이 측정(7/28 ~ 08/11)]

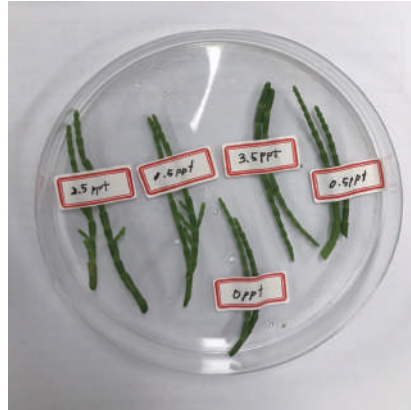
일자	염농도 (ppt)	0		0.5		1.5		2.5		3.5	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
설치 (2022.7.28.)	잎길이 (mm)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
1회 (2022.8.04.)	잎길이 (mm)	60	58	66	60	62	60	69	68	57	66
2회 (2022.8.11.)	잎길이 (mm)	65	66	72	73	71	77	81	76	-	-
변화량	잎길이 (mm)	+15	+16	+22	+23	+21	+27	+31	+26	-	-
		+15.6		+22.5		+14.5		+28.5		-	

2주 동안 관찰한 결과, 2.5ppt에서 가장 큰 성장을 확인할 수 있었다.

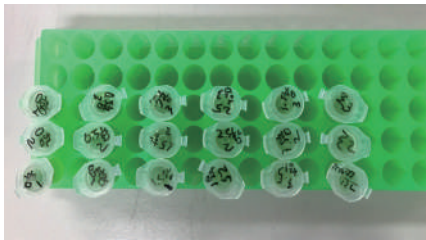
2) 염농도별 잎의 엽록소 농도 변화



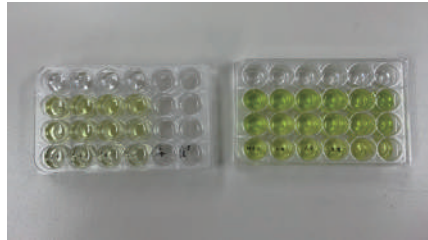
[그림 25. 애기달맞이꽃]



[그림 26. 통통마디]



[그림 27. 원심분리한 추출 용액]



[그림 28. 30%, 50%, 70% 농도별 plate 설치]

① 초기 실험군과 2주 후, 성장한 잎 50g의 엽록소 농도를 각각 측정된 결과는 다음과 같았다.

[표 11. 염농도에 따른 애기달맞이꽃의 엽록소 농도(a: 50% b:50%)]

일자	염농도 (ppt)		0	0.5	1.5	2.5	3.5
설치 (2022.7.28.)	엽록소 농도	a	0.735	0.771	0.805	0.703	0.742
		b	0.615	0.677	0.665	0.611	0.612
2주 후 (2022.8.11.)	엽록소 농도	a	0.745	0.873	0.815	0.753	-
		b	0.635	0.778	0.685	0.672	-
변화량	엽록소 농도	a	+ 0.010	+ 0.102	+ 0.010	+0.050	-
		b	+ 0.020	+ 0.101	+ 0.020	+0.061	-

[표 12. 염농도에 따른 통통마디의 엽록소 농도(a: 50% b:50%)]

일자	염농도 (ppt)		0	0.5	1.5	2.5	3.5
설치 (2022.7.28.)	엽록소 농도	a	2.285	1.776	1.685	1.886	1.959
		b	1.155	1.012	0.921	0.944	1.085
2주 후 (2022.8.11.)	엽록소 농도	a	2.335	1.850	1.750	2.000	-
		b	1.165	1.060	0.945	1.050	-
변화량	엽록소 농도	a	+0.050	+0.074	+0.065	+0.114	-
		b	+0.010	+0.048	+0.024	+0.106	-

애기달맞이꽃은 0.5ppt에서 생육하였을 때 엽록소 농도가 가장 많이 증가했고, 통통마디는 2.5ppt에서 생육하였을 때 엽록소 농도가 가장 많이 증가하는 것을 확인하였다.

나. 염농도에 따른 염생식물의 광합성률 측정 : 이산화탄소 농도 변화

1) 명아주(그린카본)와 통통마디(블루카본)와 광합성량 비교

- 평균 온도 25°C, 조도 2314Lux, 습도 54.0%에서 수집한 결과는 다음과 같았다.

시간 (h)	온도 (°C)	이산화탄소 (ppm)
1	0	430
2	1	427
3	2	426
4	3	422
5	4	420
6	5	430
7	6	430
8	7	435
9	8	429
10	9	420
11	10	427
12	11	430
13	12	427
14	13	430
15	14	430
16	15	430
17	16	430

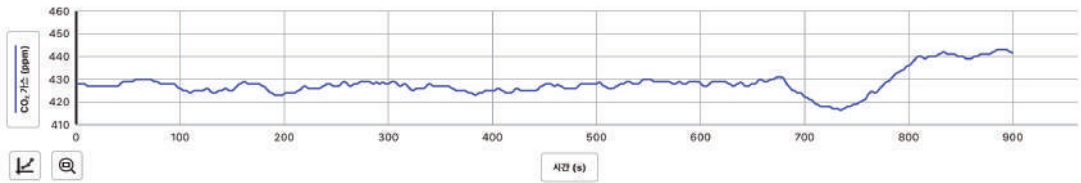
[그림 29. 명아주 이산화탄소 농도 변화]

시간 (h)	온도 (°C)	이산화탄소 (ppm)
1	0	440
2	1	440
3	2	439
4	3	442
5	4	445
6	5	444
7	6	445
8	7	444
9	8	444
10	9	451
11	10	445
12	11	445
13	12	447
14	13	451
15	14	451
16	15	451
17	16	451

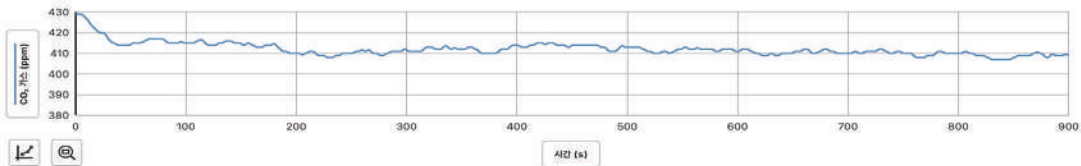
[그림 30. 통통마디 이산화탄소 농도 변화]

센서가 기체를 인식하는 시간(100초 후)을 고려하여 이산화탄소 농도 변화를 300초 동안 수집한 결과, 명아주는 440ppm → 430ppm으로 이산화탄소 농도를 10ppm 감소시켰다. 그리고 통통마디는 430ppm → 410ppm으로, 이산화탄소 농도를 20ppm 감소시켰다.

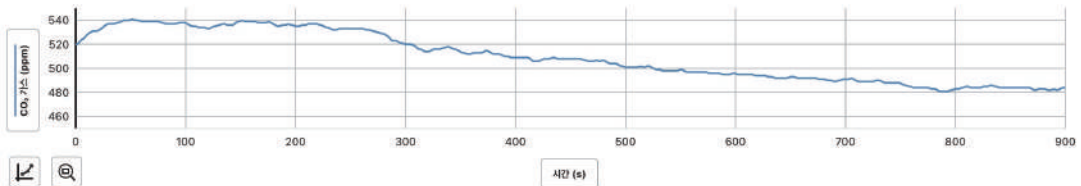
산소 농도 변화를 300초 동안 수집한 결과, 명아주는 19.66% → 19.68%으로 산소 농도를 0.02% 증가시켰다. 그리고 통통마디는 19.70% → 19.80%로, 산소 농도를 0.10% 증가시킨 것을 확인하였다.



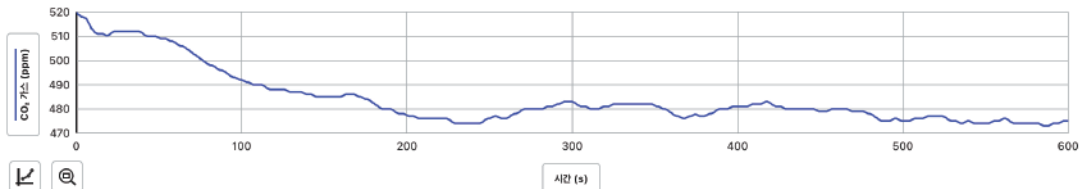
[그림 31. 0ppt 생육 통통마디의 이산화탄소 농도 변화]



[그림 32. 0.5ppt 생육 통통마디의 이산화탄소 농도 변화]



[그림 32. 1.5ppt 생육 통통마디의 이산화탄소 농도 변화]



[그림 32. 2.5ppt 생육 통통마디의 이산화탄소 농도 변화]

애기달맞이꽃은 유의미한 이산화탄소 농도 감소를 관찰할 수 없었다. 통통마디의 이산화탄소 농도는 0ppt에서 5ppm, 0.5ppt에서 54ppm이 감소했고, 2.5ppt에서 48ppm으로 가장 많이 감소했다. 다만 1.5ppt에서는 태풍으로 측정 값이 오염되었고, 3.5ppt에서는 고사하였다. 이후 토양조성에 따른 실험은 2.5ppt 조건에서 통통마디로만 진행하였다.

다. 토양조성에 따른 염생식물 설치 및 성장 정도 확인 결과

토양 공극률과 성장 정도의 관계를 확인하고, 이후 진흙 갯벌을 대체할 수 있는 토양을 찾아보았다.

1) 토양조성 구성요소 공극률 측정(증류수 밀도 25°C, 997.05g/L)

[표 13. 공극률 측정 결과]

토양 구성	난석 대립	난석 중립	난석 소립	혼합 배양토	수생흙	상추흙
공극률 (%)	67	64	60	47	56	40

2) 토양조성에 따른 성장정도 확인 : 난석 크기 및 비율

[표 14. 난석 종류에 따른 통통마디의 성장 정도 확인 - 앞의 길이 측정(8/31 ~ 9/12)]

일자	토양조성	대립		중립		소립		대립:중립:소립=1:1:1	
		A	B	A	B	A	B	A	B
설치 (2022.8.31.)	앞길이 (mm)	120	118	122	120	120	122	120	122
1회 (2022.9.06.)	앞길이 (mm)	125	126	128	130	122	126	132	128
2회 (2022.9.13.)	앞길이 (mm)	131	127	134	136	138	137	135	140
변화량	앞길이 (mm)	+11	+9	+12	+16	+16	+15	+15	+18
		+10		+15		+15.5		+16.5	

대립 난석으로 토양을 조성한 경우 비교적 길이 생장이 잘 이루어지지 않았고, 대립, 중립, 소립 크기의 난석을 1:1:1로 혼합하여 생육시켰을 때 가장 높은 성장정도를 보였다. 따라서 대립:중립:소립 = 1:1:1 의 난석을 진흙과 배합하여 실험을 진행하였다.

3) 토양조성에 따른 성장정도 확인 : 진흙과 난석의 비율

[표 15. 진흙과 난석 비율에 따른 통통마디의 성장 정도 확인 - 앞의 길이 측정(9/13 ~ 9/29)]

일자	토양조성 (진흙:난석)	1 : 1		1 : 2		2 : 1	
		A	B	A	B	A	B
설치 (2022.09.13.)	앞길이 (mm)	140	142	140	138	140	144
1회 (2022.09.20.)	앞길이 (mm)	146	149	145	143	150	148
2회 (2022.09.27.)	앞길이 (mm)	151	155	151	146	156	159
변화량	앞길이 (mm)	+11	+13	+11	+8	+16	+15
		+12		+8.5		+15.5	

그 결과, 진흙 : 난석 = 2 : 1에서 가장 큰 성장을 확인할 수 있었다.

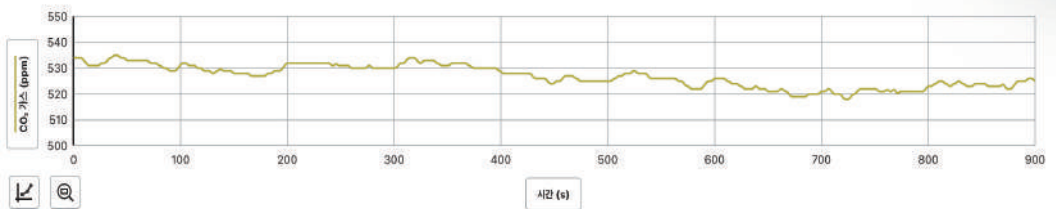
[표 16. 진흙과 난석 비율에 따른 통통마디의 엽록소 농도 변화 (a: 50%, b:50%)]

일자	진흙 : 난석		1 : 1	1 : 2	2 : 1
설치 (2022.9.16.)	엽록소 농도	a	2.345	2.980	2.458
		b	1.834	1.487	1.738
2주 후 (2022.9.30.)	엽록소 농도	a	3.318	3.118	5.429
		b	2.342	1.745	2.873
변화량	엽록소 농도	a	+0.973	+0.138	+2.971
		b	+0.488	+0.258	+1.135

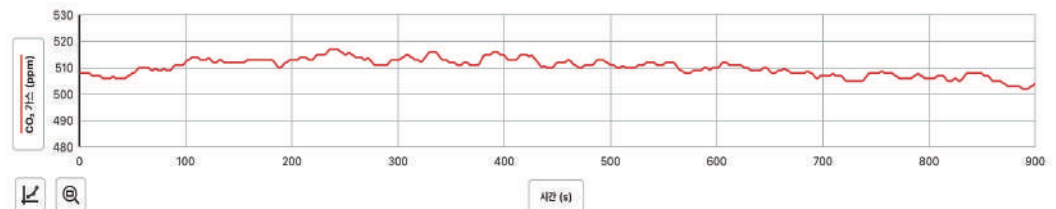
엽록소의 농도 또한 진흙 : 난석 = 2 : 1에서 가장 큰 증가를 나타냈다.

진흙과 난석 크기 및 비율에 따른 광합성량(이산화탄소 농도 변화)

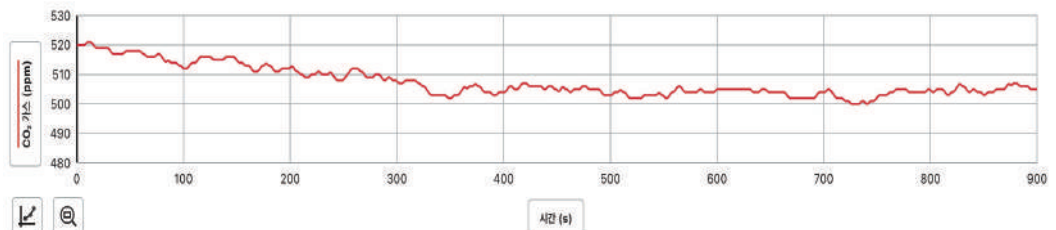
측정 결과는 그림. 35, 그림. 36, 그림. 37과 같았다(평균 온도 25℃, 조도 2314Lux, 습도 54.0%).



[그림 35. 진흙:난석=1:1 생육 통통마디의 이산화탄소 농도 변화]



[그림 35. 진흙:난석=1:2 생육 통통마디의 이산화탄소 농도 변화]



[그림 35. 진흙:난석=2:1 생육 통통마디의 이산화탄소 농도 변화]

진흙:난석=1:1 조건에서는 534ppm → 525ppm으로 이산화탄소 농도를 9ppm 감소시켰다.
 진흙:난석=1:2 조건에서는 509ppm → 504ppm으로 이산화탄소 농도를 5ppm 감소시켰고,
 진흙:난석=2:1 조건에서는 520ppm → 505ppm으로 이산화탄소 농도를 15ppm 감소시켰다.

4) 토양 조성에 따른 염생식물의 성장정도 확인 결과 : 토양의 종류

[표 17. 토양종류 따른 통통마디의 성장 정도 확인 - 앞의 길이 측정(8/31 ~ 9/12)]

일자	공극률 (난석의 크기)	혼합 배양토		수생흙		상추흙		진흙(기존 갯벌, 대조군)	
		A	B	A	B	A	B	A	B
설치 (2022.08.31.)	앞길이 (mm)	14	14	14	14	14	14	14	14
1회 (2022.09.06)	앞길이 (mm)	20	21	19	19	24	18	22	20
2회 (2022.09.12)	앞길이 (mm)	31	31	20	21	31	26	32	31
변화량	앞길이 (mm)	+17	+17	+6	+7	+17	+12	+18	+17
		+17		+6.5		+14.5		+17.5	

혼합배양토에서 기존 진흙과 유사한 성장을 확인할 수 있었다. 이를 통해 혼합배양토가 갯벌의 진흙을 대체할 수 있음을 확인하였다.

[표 18. 토양 종류 및 비율에 따른 통통마디의 성장 정도 확인 - 앞의 길이 측정(9/13 ~ 9/29)]

일자	토양조성 (혼합배양토 : 수생 : 상추)	3:1:1		1:3:1		1:1:3		1:1:1		진흙(대조군)	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
설치 (2022.9.13.)	앞길이 (mm)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
1회 (2022.9.20.)	앞길이 (mm)	20	21	19	19	24	18	19	22	20	19
2회 (2022..27)	앞길이 (mm)	31	31	20	21	31	26	29	31	29	30
변화량	앞길이 (mm)	+17	+17	+6	+7	+17	+12	+15	+17	+15	+16
		+17		+6.5		+14.5		+16		+15.5	

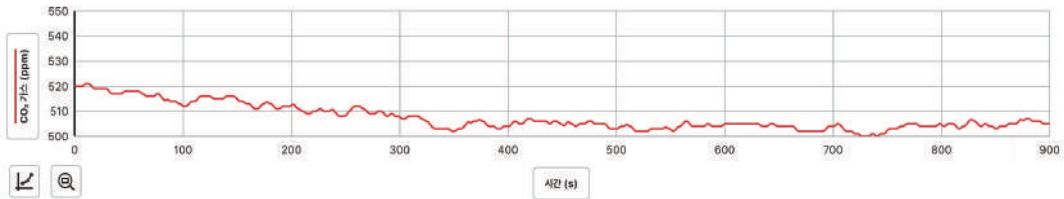
혼합배양토 : 수생 흙 : 상추흙 비율이 3:1:1인 조건에서 가장 큰 성장을 나타냈지만, 1:3:1 조건을 제외하면 성장 정도에 큰 차이는 없었다.

[표 19. 토양 종류 및 비율에 따른 통통마디의 엽록소 농도 변화 (a:50%, b:50%)]

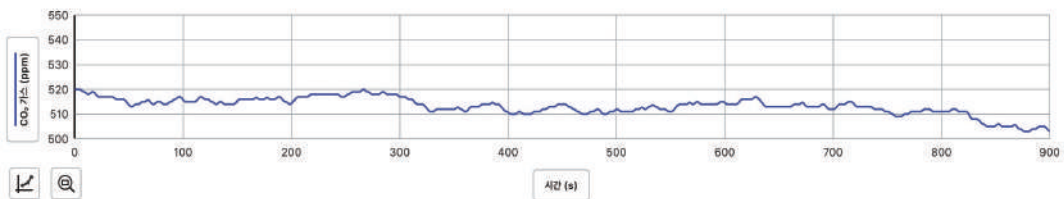
일자	공극률(%)		3 : 1 : 1	1 : 3 : 1	1 : 1 : 3	1 : 1 : 1	진흙(대조군)
설치 (2022.9.16.)	엽록소 농도	a	2.453	2.387	2.973	2.983	3.125
		b	1.679	1.987	2.201	2.100	2.352
2주 후 (2022.9.30.)	엽록소 농도	a	5.736	3.288	4.214	4.014	5.952
		b	3.032	2.112	2.645	2.677	3.133
변화량	엽록소 농도	a	+ 3.283	+ 0.901	1.241	+ 1.031	+ 2.827
		b	+ 1.353	+0.125	+ 0.449	+ 0.577	+ 0.781

엽록소 농도 또한 혼합배양토 : 수생 흙 : 상추흙 비율이 3:1:1인 조건에서 가장 큰 증가를 나타냈다.

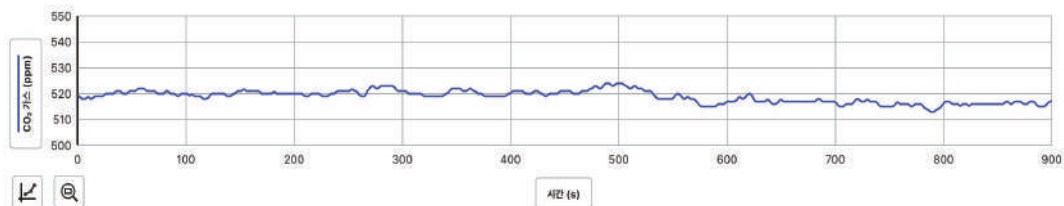
토양의 종류에 따른 이산화탄소 농도 변화를 측정한 결과는 광합성량(이산화탄소 농도 변화) 측정 결과는 그림. 38 ~ 그림. 42와 같았다(평균 온도 25°C, 조도 2314Lux, 습도 54.0%).



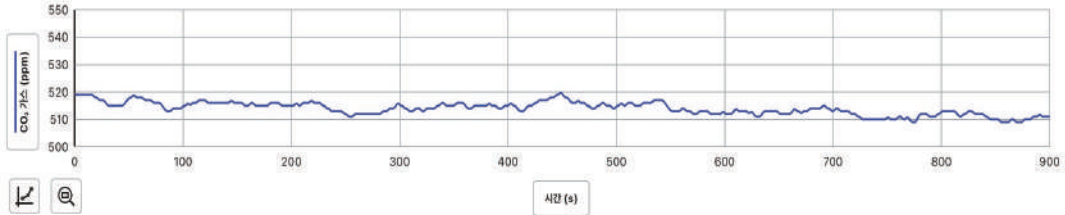
[그림 38. 3:1:1 생육 통통마디의 이산화탄소 농도 변화]



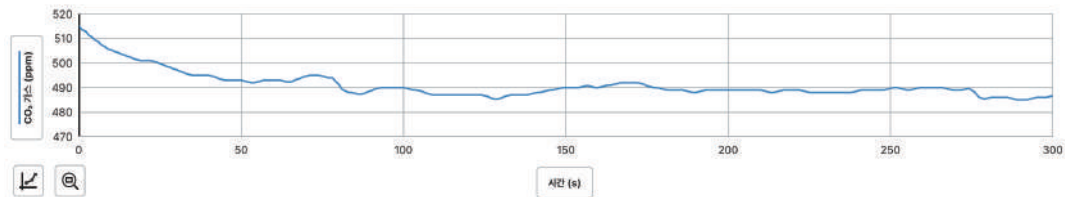
[그림 39. 1:3:1 생육 통통마디의 이산화탄소 농도 변화]



[그림 40. 1:1:3 생육 통통마디의 이산화탄소 농도 변화]



[그림 41. 1:1:1 생육 통통마다의 이산화탄소 농도 변화]



[그림 42. 진흙(대조군) 생육 통통마다의 이산화탄소 농도 변화]

혼합 배양토 : 수생흙 : 상추흙 = 3 : 1 : 1 조건에서는 이산화탄소 농도가 21ppm 감소했다(520ppm → 최저 499ppm). 1:3:1 조건에서는 12ppm이 감소(521ppm → 최저 502ppm)했고, 1:1:3 조건에서는 12ppm이 감소(520ppm → 최저 502ppm)했다. 그리고 1:1:1 조건에서는 12ppm이 감소(520ppm → 최저 508ppm)했으며, 진흙 대조군에서는 30ppm이 감소했다.

라. 염생식물을 활용한 교내 옥상정원 조성방안 제안

- 도심의 공해와 병충해에도 내성이 있고 유지 및 관리가 쉬운 수종을 택해야 할 것이다. 이 점에서 애기달맞이꽃과 통통마다가 적합하다고 판단하였다. 앞선 결과, 애기달맞이꽃의 탄소저감 효과는 크지 않았지만, 꽃이 피는 식물로 관상적인 효과가 있다. 그리고 통통마다가 통풍이 잘 되는 서해에서 서식한다는 점을 고려한다면, 바람이 강한 옥상은 좋은 서식환경이 될 수 있다.
- 염생식물은 주로 갯벌인 진흙에서 자란다. 갯벌 진흙을 구하기 어려운 육상에서는 토양을 배합할 때는 염농도 0 ~ 2.5ppt 조건에서 진흙 : 난석 = 2:1 비율로 맞추는 것도 가능하다. 이때 난석은 대립 : 중립 : 소립 = 1 : 1 : 1 비율을 사용하는 것이 좋다. 또한 혼합배양토를 대체하거나 혼합배양토 : 수생흙 : 상추흙 비율이 3 : 1 : 1인 조건을 맞춰주는 것도 가능하다.
- 그 외 변화된 염분의 원활한 적응을 위해 염도 적응기간(7~10일)이 필요하다. 이틀간격으로 염분을 점점 변화시키며 물을 준다. 비닐하우스 월동을 시도한다면, 통풍을 위해 하루 2번 비닐을 열어준다.
- 염생식물로 조성된 옥상정원이 이산화탄소를 감소시키는데 걸리는 시간을 확인해볼 수 있는 간단한 프로그램을 Python으로 제작한 결과는 다음과 같다.

```

1 !pip install sympy
2
3 print('*옥상정원 구축 후 이산화탄소 감량을 알려드리는 프로그램입니다.*')
4
5 print('*계곡할 옥상정원의 가로, 세로, 높이를 입력해주세요*')
6 w=float(input('*가로길이[m]:*'))
7 l=float(input('*세로길이[m]:*'))
8 h=float(input('*수직높이[m]:*'))
9 V=w*l*h
10
11 print('*옥상정원을 구축할 장소의 이산화탄소 농도를 측정 후 입력해주세요.: *')
12 d=float(input('*통신휘형 구축 장소의 이산화탄소 농도(ppm):*'))
13
14 print('*심지할 식물 종류와 수량을 입력해주세요.(선택 안할 시 0 입력):*')
15 o=int(input('*애기달맞이꽃[개]:*'))
16 t=int(input('*통통마디[개]:*'))
17 m=int(input('*명아주[개]:*'))
18
19 #각각의 성장 조건에서 측정할 애기달맞이꽃, 통통마디, 명아주의
20 #단위 소실[개], 부피[m³], 시간 [s] 당 이산화탄소 감소량 실험값
21 oenothera=0.015
22 salicornia=0.02
23 chenopodium=0.01
24
25 from fractions import Fraction
26 from sympy import Symbol
27 from sympy import solve
28
29 #관중 이산화탄소 농도까지 걸리는 시간 계산
30 t=sympy.Symbol("t")
31 equation=(d*(oenothera+salicornia+t*chenopodium)/V*t-450)
32 result=solve(equation),list=True)
33 time=print(float(result[0]))
34
35 Day=24*60*60 #1일분 초로 환산
36 S1=60*60
37 Bun=60
38 days=Int(time//Day)
39 time%=Day
40 hours=Int(time//S1)
41 time%=S1
42 minutes=Int(time//Bun)
43 time%=Bun
44
45 print('*관중 이산화탄소량에 도달하는데까지 걸리는 시간은 %d일 %d시 %d분 %d초 입니다.*'%(days, hours, minutes, time))

```

3. 탐구의 결론 및 의의

○ 결론

염생식물인 애기달맞이꽃과 통통마디를 도시 옥상정원에 적용하기 위한 최적 성장조건을 확인해본 결과, 염농도 0 ~ 2.5ppt 조건과 진흙 : 난석 = 2:1 비율에서 비교적 양호한 성장률과 이산화탄소 감소를 나타내었다(이때 난석은 대립 : 중립 : 소립 = 1 : 1 : 1). 그리고 혼합배양토, 또는 혼합배양토 : 수생 흙 : 상추흙 비율이 3 : 1 : 1인 조건에 비교적 생장이 잘 이루어지고 이산화탄소 감소도 잘 일어났다. 성장률과 토양 공극률과의 관계성은 찾을 수 없었고, 갯벌과 유사할수록 잘 자란다고 판단되었다. 하지만 갯벌 진흙을 구하기 어려운 육상 환경에서도 염생식물을 재배할 토양을 배합할 수 있다는 것을 확인하였다. 이를 바탕으로 옥상 정원을 조성하고, 실제로 목표 탄소량 감소까지 어느 정도의 시간이 걸리는지도 알아볼 수 있도록 하였다.

○ 의의(기대효과)

통통마디는 탄소 저감효과가 높은 블루카본으로 알려져 있지만, 육상에서 재배하기는 어려운 점이 있다. 하지만 본 탐구를 통해 염생식물의 최적 생육조건을 확인하였고, 특히 갯벌 진흙을 구하기 어려운 육상환경에서의 재배 가능성을 확인하였다. 또한 염생식물로 옥상정원을 조성했을 때, 목표 탄소감소량까지 도달하는 시간을 확인할 수 있도록 하였다. 이를 바탕으로 염생식물을 활용한 도심 옥상정원 구축을 활성화하여, 더 효율적인 탄소 저감에 도움이 될 수 있을 것으로 기대한다.

종밋(*Musculista senhousia*)을 활용한 친환경 부표 제작



팀명 환생

학생명 조은서, 김세은, 류이레, 황운영

지도교사명 이예은

학교 인천하늘고등학교

1. 탐구 동기 및 목적

○ 탐구 동기

- 바다에 갔을 때마다 모래 위나 바위 사이에 스티로폼 부표들이 아무렇게나 버려져 있는 것을 보았다. 부표의 형태를 온전히 유지하고 있는 것들도 있었지만, 스티로폼 조각이 되어 흩어져 있는 것들이 대부분이었다. 이렇게 부서져 조각난 부표들을 미세플라스틱의 생성 원인이 된다. 부표는 만드는 과정, 폐부표가 처리되는 과정에서 온실가스가 많이 배출될 뿐만 아니라 탄소 순환에 주 역할을 하는 해양 박테리아를 감소시킨다. 그러나 부표는 굴이나 전복, 김, 미역과 같은 어패류와 해조류 양식이나 바다에서 배의 안전한 항해를 위해 설치되는 꼭 필요한 구조물이다. 그렇기 때문에 온실가스 배출량이 적고 환경오염을 일으키지 않을 수 있는 부표가 없을지 고민하게 되었고 친환경 부표를 만들고 싶다는 생각을 가지게 되었다. 그러던 중 갯벌의 해적 생물인 종밋에 의해 바지락 어업이 피해를 입고 있다는 신문 기사를 보게 되었다. 해양 수산부 연구팀에 따르면 우리나라 갯벌은 약 1,300만 톤의 탄소를 저장하고 있으며, 연간 26만 톤의 이산화탄소를 흡수한다고 한다. 종밋은 죽사를 이용해 갯벌 바닥에 매트를 이루며 생활하는데 이 매트는 갯벌의 호흡을 막아 산소의 농도를 떨어뜨리고 갯벌을 썩게 만들어 탄소 절감에 크게 기여하고 있는 갯벌의 순기능을 마비시킨다. 이 해적 생물인 종밋을 이용하면 탄소 중립에 기여할 수 있는 친환경 부표를 만들 수 있을거라 생각하여 이 주제를 선정하게 되었다.

○ 탐구 목적

- 홍합과 생물 중 갯벌에 죽사를 뺀 매트를 형성하여 산소 공급을 막아 해양 생태계를 파괴하는 종밋을 탐구하여 종밋의 특성을 연구하고 이를 바탕으로 현재의 스티로폼 부표를 대신할 수 있는 친환경 부표를 제작하고자 한다.

- 해적 생물의 대표 종인 종잇의 활용도를 높이고 미세플라스틱을 생성하는 스티로폼 부표를 대체할 수 있는 부표를 만드는데 사용한다면 해양 생태계의 오염을 줄이고 탄소 중립에 가까워질 수 있을 것으로 기대된다.

2. 탐구 내용 및 결과

○ 내용

1. 부표란 무엇인가

- 부표는 안전한 항해를 위하여 설치하는 항로 표지의 일종으로 암초나 여울 또는 침선 따위의 존재를 알리기 위하여 설치하는 구조물이다. 현재 시중에서 사용하는 부표는 대부분 발포 폴리스타일렌(EPS)이 주재료로 만들어졌다. 이는 가벼우며 자체 부력으로 한 번 설치되면 오랫동안 사용할 수 있지만, 해양에서 파도, 바람, 염분 등의 영향으로 쉽게 손상되어 미세플라스틱 형성에 주요인이 된다. 미세플라스틱은 수질오염 등 다양한 환경 오염을 유발하며, 해양 생물의 체내에 축적되어 플라스틱 입자의 물리적 영향과 더불어 화학물질에 의해 악영향을 유발해 최종적으로는 해양생물을 섭취하는 인간에게까지도 영향을 미친다.
- 해양 플라스틱 폐기물 중 어업 관련 플라스틱이 전체의 40.7%를 차지하고 있었으며, 특히, 스티로폼 부표가 그중 27.2%로 가장 비중이 높았다. 그러나 2019년 기준, 전국 양식장 부표 5,500만 개 중 4,100만 개(75%)가 스티로폼 부표였으며, 지금까지 굴 양식장 등 다양한 곳에서 사용되고 있다.

2. 부표로 인한 탄소 방출

- 해양 쓰레기는 탄소 중립에 악영향을 끼친다. 계명대학교, 경북대학교, 일본 쓰쿠바 대학, 영국 폴리머스 대학의 연구진이 실시한 ‘해양에 버려진 플라스틱으로 인한 오염이 탄소 증가에 미치는 영향에 대한 연구’에 따르면, 바다에 잠긴 지 3주 후에 플라스틱병의 박테리아 다양성이 주변 바닷물에서 수집한 샘플보다 두 배 더 크다는 것을 발견하였다고 한다. 그러나 탄소 순환에 중요한 역할을 하는 박테리아 종류가 적어지고, 산호초에 질병을 유발한다고 알려진 다른 박테리아들의 개체 수가 증가한 것으로 분석 되었다. 부표가 해양 쓰레기의 많은 부분을 차지하기 때문에 탄소 중립에 미치는 악영향이 적지 않다는 사실을 알 수 있다.
- 부표의 몸체에 쓰이는 플라스틱이나 부표를 연결하는 데 쓰이는 밧줄 모두 대부분이 화석 연료로 만들어지기 때문에 제조과정에서 엄청난 양의 온실가스가 배출된다.

3. 종밧이란 무엇인가

- 종밧(*Musculista senhousia*)은 연체동물문 이매패강 홍합목 홍합과에 속하는 해양 생물로 주로 아시아 대륙 연안에 광범위하게 분포하고 있다. 우리 나라에서는 남해와 서해 연안에 분포하며 수심 10~100m의 진흙 바닥이나 바다에 설치된 다양한 시설물들의 표면에서 발견된다. 패각의 길이는 약 1.5cm 정도이며 전체적으로 황갈색을 띠는 패각은 매우 얇고 쉽게 부서진다. 각 개체는 족사를 이용하여 서로 뒤엉킨 형태로 집단을 이루어 서식한다. 종밧의 족사들은 서로 엉켜 일종의 매트를 형성하는데 이것은 갯벌 바닥 속으로의 산소 공급을 막아 갯벌을 오염시키기 때문에 오염 지표종으로 이용된다. 종밧은 우리나라 충청남도 태안군, 전라남도 순천만 등 새꼬막과 바지락, 피조개를 양식하는 종패 어장에 대량 번식함으로써 큰 피해를 끼치고 있다.

4. 족사의 성분

- 족사는 조개류가 바위 등에 부착하기 위해 몸에서 내는 분비물로 이것이 바닷물에 닿으면 경단백질의 섬유 다발이 된다. 홍합의 족사는 홍합 단백질과 3가지 종류의 콜라겐 섬유 등 12가지 종류 이상의 단백질로 구성되어 있다. 홍합 단백질은 Mfp(Mussel foot protein)로 표기한다. 족사를 구성하는 성분들은 홍합 종류에 상관없이 기본 구조는 동일하지만 족사 단백질을 구성하는 아미노산의 배열이 다른 것으로 알려져 있다.
- 족사에서 이물질 면에 부착되는 부위를 플라크라고 하며, 이 플라크는 족사 단백질 Mfp-1~6들이 구성하고 있다.
- 족사의 섬유는 콜라겐 섬유와 Mfp-1이라는 단백질이 서로 엮인 가교 구조(사슬 모양보다 복잡한 3차원 그물 구조)를 이뤄 강도가 높다. Mfp-1단백질의 카테콜아민이라는 성분이 콜라겐을 강하게 결합하기 때문이다.

5. 족사의 접착력

- 실질적으로 표면에서의 접착을 담당하는 부분은 앞서 언급했던 플라크라는 부분으로 이곳에는 Mfp-3과 Mfp-5라는 단백질이 매우 풍부하게 존재한다. 이 단백질들의 아미노산 서열의 특징은 홍합 단백질의 타이로신이라는 성분에서 비롯된 다이하이드록신 페닐알라닌(이하 DOPA)이라는 특수한 아미노산의 비율이 높다는 것인데 이 물질이 계면 접착에 중요한 역할을 한다. 합성을 통해 인공적으로 만들어진 단백질에서 DOPA 함량이 높을수록 접착력이 향상되는 것이 실험적으로 보고되었다. 족사의 중요한 특징인 물속에서 유지되는 접착력 역시 이 물질 덕분이다. DOPA는 친수성 아미노산으로, DOPA가 없는 경우, 접착력이 크게 떨어지며 DOPA의 함유량과 물체 표면에 대한 접착력은 서로 비례한다.

6. 조개 패각의 성분

- 92.08%의 탄산칼슘(CaCO₃)와 4.75%의 무기물, 2.51%의 유기물 및 0.66%의 수분으로 이루어져 있다.

7. 돌종이 원리

- 돌종이는 석회석에서 추출한 탄산칼슘에 극소량의 고밀도 폴리에틸렌(HDPE)을 추가하여 펠릿 형태로 작게 자른 후, 이를 늘리는 과정을 통해 만들어진다. 이때 결합제가 돌가루를 더 밀도 있게 만들어 방수성과 내구성이 좋다. 또한, 돌종이는 사용 후에도 다시 돌종이의 원료로 사용되거나 플라스틱을 제조할 때 재활용이 가능하다.

8. 해조류 펄프의 원리

- 해조류 펄프는 건조한 해조류에 분쇄 과정과 가열, 표백, 건조 등의 과정을 거쳐 만든 펄프이다. 표백 과정 시에는 표백제를 사용하는 종이 펄프와는 다르게 과산화수소수 등을 이용하여 표백을 진행한다. 해조류 펄프는 종이 펄프의 대체품으로써 활용할 수 있으며, 종이 펄프에 비해 리그닌 성분을 제거하는 공정 등이 없어 펄프화 과정이 간단하여 비용의 절감 등의 효과를 기대할 수 있다.

○ 방법

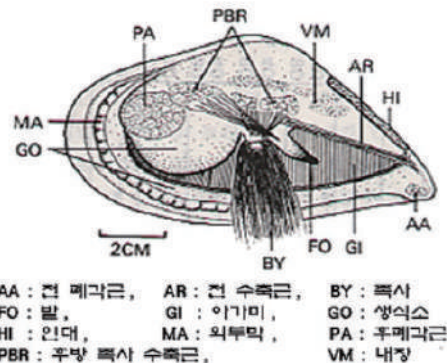
1. 홍합 해부 및 관찰

- 종잇과 같은 과에 속하며 족사를 사용하는 참홍합(*Mytilus coruscus*)과 지중해 담치(*Mytilus galloprovincialis*)를 해부하여 홍합의 생김새, 특징 등을 파악하고 참홍합과 지중해 담치의 차이점을 기록한다. 족사를 따로 떼어 현미경으로 관찰한다.

- 준비물 : 참홍합, 지중해담치, 해부용 칼, 족집게, 돋보기, 현미경

- 방법 :

- 1) 참홍합의 껍데기를 벌린다.
- 2) 족사를 떼어 따로 둔다.
- 3) 아래 사진을 참고하여 참홍합의 기관들을 하나하나씩 분리하며 어떤 기관이고, 어떤 역할을 하는지 파악한다.



<홍합해부 참고도>

- 4) 지중해 담치도 똑같이 진행한다.
- 5) 떼어낸 족사의 줄기, 뿌리 부분을 한 가닥씩 분해하여 현미경으로 관찰한다.



<혼합 손질 모습>



<혼합 해부모습 2>

2. 갯벌 탐사

• 무의도 하나개 해수욕장 갯벌 탐사(1)

- 갯벌의 환경을 눈으로 직접 확인하여 부표로 인한 환경오염상태를 파악한다. 여러 갯벌 생물들의 생김새와 특징들을 관찰하며 갯벌 생태계와 생물들에 대해 공부한다. 종밧의 서식지를 찾고 종밧을 직접 채취한다.



<무의도갯벌의 폐부표>



<갯벌에서 채취한 종밧패각>

• 충남 당진 석문방조제

- 종밧이 많이 서식한다는 정보를 얻어 종밧생태를 확인하러 석문방조제에 갔다. 갯벌환경파악과 종밧의 서식지 확인, 혼합과 생물 채취를 진행하였다.



<석문방조제 갯벌의 모습>



<채취한 홍합과 패류>

- 무의도 하나개 해수욕장 갯벌 탐사(2)
- 두 번째 탐사에서 종뿔을 발견하지 못했기 때문에 종뿔을 발견했었던 첫 번째 탐사지로 돌아갔다. 종뿔의 서식지를 탐색하고 종뿔 채취를 진행하였다.



<채취한 종뿔패각들>



<채취한 살아있는 종뿔>

3. 부표 코팅 재료 선별을 위한 밀랍 녹는점 실험

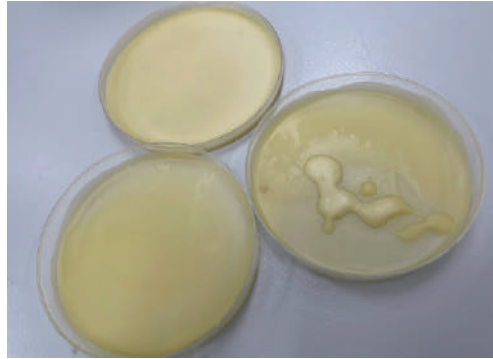
- 친환경 부표를 만들기 위해 재료들을 찾아보며 방수력을 갖는 성분이 적은 것을 알 수 있었다. 때문에 부표를 방수 코팅할 만한 친환경 재료를 찾아보아야 했다. 친환경 성분의 방수 방법을 찾아보던 중 밀랍을 사용하는 것이 좋다고 판단하여 밀랍으로 코팅하게 될 경우, 해수면에서 태양열(태양 빛)로 인해 녹게 될 수도 있을 것 같아 밀랍의 녹는점 실험을 진행하였다.
- 준비물 : 밀랍, 페트리 접시, 냄비, 주걱, 가스버너, 비커

- 방법 :

- 1) 밀랍을 잘게 썰어 냄비에 녹인다.
- 2) 페트리 접시에 균히고 햇빛이 잘 드는 곳에 둔 후, 관찰한다



<밀랍 녹이는 과정>



<페트리 접시에 균힌 밀랍>

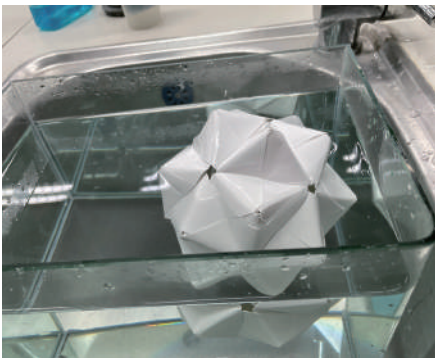
4. 돌종이로 부표 형태 제작

- 방수성과 내구성이 좋은 돌종이로 부표의 뼈대를 만들어 부력 실험을 진행하였다. 돌종이는 탄산칼슘을 이용하여 만들기 때문에 조개 패각을 활용하기 좋을 거로 생각했다.

- 준비물: 15cm*15cm 돌종이 30매

- 방법 :

- 1) 각 돌종이를 마름모 모양으로 접는다.
- 2) 만들어진 종이를 조립하여 다면체를 만든다.
- 3) 만들어진 다면체를 물에 띄우고 떠있는 정도를 기록한다.
- 4) 동일한 다면체가 물에 완전히 잠기도록 눌렀다가 떠오르는 정도를 기록한다.



<완성한 돌종이 다면체>



<부력 실험 모습>

5. 바이오 플라스틱(한천 플라스틱)의 부표재료 적합성 판단 실험

- 우뚝가사리(해조류)로 만들어진 한천을 이용한 바이오 플라스틱이 부표의 주재료로 쓰기에 적합한지 알아보기 위해 실험을 진행하였다. 또, 종뭇가루를 넣는다면 더 단단해지고 결합력이 강해질 것 이라고 생각하였다.

- 준비물 : 글리세린 3g, 젤라틴 또는 한천 12g, 뜨거운 물 60ml, 종뭇 가루(또는 담치 가루)

- 방법 :

- 1) 믹서기에 종뭇 패각을 넣고 고운 가루가 될 때까지 갈아서 종뭇가루를 만든다.
- 2) 냄비에 모든 재료를 넣고 덩어리가 사라질 때까지 섞는다. (하나는 종뭇가루를 넣고, 하나는 종뭇가루를 넣지 않는다.)
- 3) 표면의 거품을 제거한 후에 혼합물을 호일 위에 펴서 식힌다.
- 4) 서늘한 곳에서 이틀간 건조 시킨다.

6. 옥수수 퍼니콘의 부표재료 적합성 판단 실험

- 옥수수 전분으로 만들어진 퍼니콘이라는 완구를 이용하여 단단하게 굳힐 수 있을지, 부표로 사용할 수 있는지 실험을 진행해보기로 하였다. 종뭇가루와 옥수수 퍼니콘이 결합하면 더 강도가 단단해질 것이라고 생각하였다.

- 준비물 : 옥수수 퍼니콘 20개, 물, 종뭇 패각 가루, 스포이트, 페트리 접시

- 방법 :

- 1) 물 5ml에 퍼니콘을 하나씩 추가해 넣어가며 점도를 확인한다.
- 2) 물에 녹인 퍼니콘을 페트리 접시에 굳힌다.
- 3) 물에 녹인 퍼니콘에 종뭇가루를 섞은 후 페트리 접시에 굳힌다.
- 4) 굳은 옥수수 퍼니콘의 수용성과 강도를 확인한다.

7. 족사 폐기물 현황 확인을 위한 인터뷰

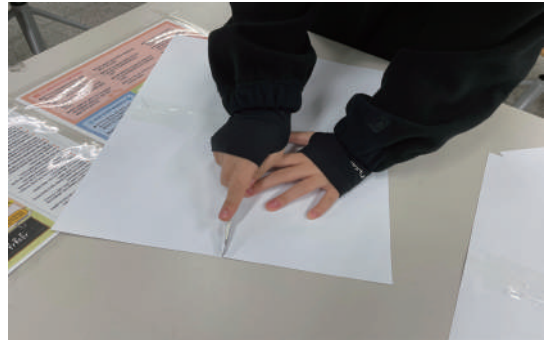
- 홍합을 손질하여 판매하는 회사에 인터뷰를 요청하여 족사 폐기물의 양, 족사 손질 횟수 등에 대한 인터뷰를 진행했다.

8. 실제 크기의 부표 모형 제작

- 작은 돌종이 다면체를 제작했던 것과 같은 방법으로 비율을 달리해 실제로 사용할 수 있는 크기의 돌종이 부표의 모형을 제작해보았다.



<돌종이 부표 제작 과정 1>



<돌종이 부표 제작 과정 2>

1. 홍합해부 및 관찰 결과

- 참홍합

길이 약 178mm 높이 7.4mm 정도였으며 겉은 따개비가 붙어있거나 껍질이 벗겨져 광택이 거의 없었다. 표면은 매우 거칠었으며 얇은 쪽 두께는 약 1mm, 두꺼운 쪽 두께는 약 8mm나 될 만큼 두꺼웠다. 보랏빛의 얇은 껍질이 덮고 있었으며 껍데기 내부는 매끈하고 광택이 도는 진주층이 있었다. 참홍합의 살은 유백색이 도는 수컷과 적황색이 도는 암컷으로 구분할 수 있었으며 아가미, 족사, 발, 생식소, 전후 폐각근, 인대, 내장으로 구별하고 해부하였다.



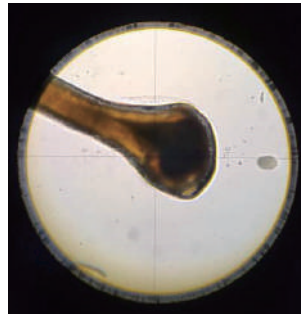
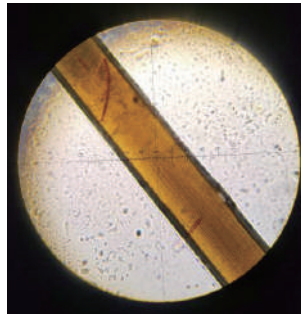
<홍합 해부모습>

- 지중해 담치

지중해 담치는 길이 약 85mm, 높이 약 41mm 정도로 참홍합의 반도 되지 않을 만큼 작았다. 참홍합과는 다르게 겉은 검고 매끈했으며 광택이 돌았고, 대부분 상처가 거의 없었으며 이물질 또한 적었다. 내부는 홍합처럼 진주층이 덮고 있었으며 지중해 담치의 살 역시 참홍합처럼 유백색의 수컷과 적황색의 암컷이 있었다. 얇은 쪽의 두께는 약 0.2mm, 두꺼운 쪽 두께는 약 1.5mm로 참홍합에 비해 훨씬 얇았다.

- 족사

떼어내지 않고 붙어있는 족사를 관찰했을 때, 뾰뾰하고 질은 갈색을 띠는 머리카락 두께 정도의 실의 형태였으며, 다른 부분에 접착되어 있는 끝 부분은 원형 모양이었고 딱딱하게 굳어있었다. 참홍합의 족사는 가장 긴 부분이 약 52mm였으며 두께는 약 0.1~0.2mm 정도로 머리카락과 비슷하거나 살짝 더 두꺼웠다. 지중해 담치의 족사는 가장 긴 부분이 48mm정도였고 두께는 정확한 측정이 어려웠지만 대략 참홍합 족사의 2/3 정도였다.



〈현미경으로 관찰한 족사〉 〈현미경으로 관찰한 족사 끝〉

2. 갯벌 탐사 결과

- 무의도 하나개 해수욕장 첫번째 탐사

갯벌 탐사를 진행하는 내내 갯벌 한가운데나 바위 사이에서 폐부표들을 발견할 수 있었다. 거의 스타이로폼 부표였으며 형태를 유지하고 있는 부표들도 있었지만, 스타이로폼 조각들만 흩어져 있는 경우도 있었다. 매트 형성한 종밧 균락지는 발견하진 못했지만, 많은 수의 종밧 패각을 발견하여 채취해왔다.

- 석문방조제 탐사

석문방조제는 펼갯벌에 돌이 많은 곳이었으며, 멘토 선생님의 조언과 이전의 종밧 출몰의 기록에 따라 갯벌 탐사를 진행하였다. 석문방조제에는 다양한 갯벌 생물들이 살고 있었으며 바지락과 굴, 홍합, 해조류 등이 높은 밀도로 분포하고 있었다. 특히 갯벌 바닥에 해조류가 많이 떠다니고 있었으며, 추후 이를 활용한다면 해조류 플라스틱 개발에 많은 영향을 줄 것이라 생각한다. 그러나 종밧은 찾지 못하였으며 원인은 바지락, 굴 등이 우위종을 차지하였기 때문이라고 생각된다.

갯벌 탐사를 진행하는 동안, 갯벌 중간 중간 스타이로폼 부표가 있었으며, 형태가 온전한 부표도 있었지만 손상되어 조각이 떠다니는 부표도 있었다. 또한, 오랫동안 방치되어 부표에 홍합, 굴 등 해양 생물이 부착된 부표도 있었다.

- 무의도 하나개 해수욕장 두 번째 탐사

첫 번째 하나개 해수욕장 갯벌 탐사 때와 다르게 종밧의 분포가 달라져 있었다. 갯벌 사이에 종밧의 패각이 분포했던 저번 탐사와 다르게 이번에는 갯벌 바닥의 갯지렁이 집을 제외하고는 거의 분포하지 않았으며, 다른 조개의 패각이나 살아있는 생물들이 대체로 많이 분포해 있었다. 기온의 변화에 따라 8월과 9월의 생물 분포가 변화되어 우점종이 바뀌고 종밧의 밀도와 분포가 적어진 것이라고 생각된다.

이번 탐사에서 종밧은 대체로 바위 밑에서 서식하는 것을 발견할 수 있었다. 종밧의 패각이 다른 생물들의 사체와 패각 등과 함께 발견되었고 주변에 기름이 다량 분포하였다. 또한 하나의 바위에서 최소 15개의 종밧의 패각이 발견된 것으로 보아 족사 매트를 이루며 서식하다 수명이 다한 것으로 보이며, 족사가 붙어있으며 살아있는 종밧을 채취할 수 있었다.



<직접 채취한 살아있는 종밧>



<바닥에 버려진 부표쓰레기>



<갯벌에서 많이 발견된 해조류>

3. 밀랍 녹는점 실험 결과

- 밀랍은 비결정성 고분자 물질로 점착성이 있으며 녹는점은 없고, 고온(62~63°C)이 됨에 따라 서서히 연화하여 액체가 된다. 부표는 바다에서 태양열을 받기 때문에 적정 온도 이상에서 녹지 않아야 한다. 이러한 부표의 특성상 밀랍을 부표의 겉면에 도포 하였을 때, 태양열에 녹지 않아야 하므로 밀랍을 녹인 플라스크를 햇빛이 강한 곳에 두고 변화를 관찰하였는데, 결과적으로 밀랍은 온도가 가장 높을 때 도 변화하지 않았다.

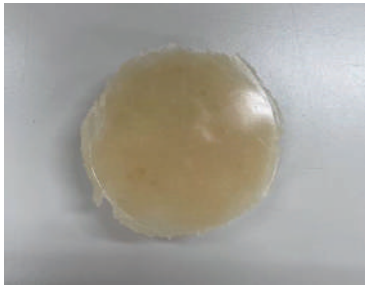
4. 돌종이로 다면체 접기 결과

- 먼저 돌종이로 다면체를 접음으로써 돌종이로 폴딩 되지 않은 면에 비해, 다면체의 꼭짓점(마루)과 골의 고조 차의 차이로 인한 휨과 변형에 대한 저항성을 증대했다. 또한, 돌종이로 만든 다면체의 안을 물로 채우지 않은 채로 물 위에 뜬 위치와 돌종이 다면체 위에 압력을 가하여 돌종이 내부에 물을 가득 채운 후에 물에 뜬 위치를 기록 후 비교하였다. 돌종이 부표 안에 물이 채우지 않은 다면체와 내부에 물을 채운 다면체 모두 물에 잘 뗏으며, 안에 물을 넣지 않은 다면체의 높이가 더 높았다. 돌종이 다면

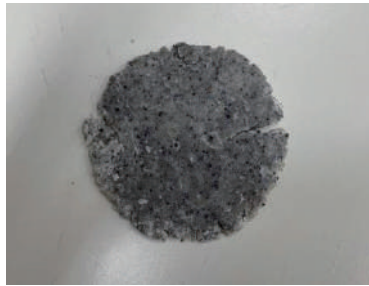
체 제작 시 접착제를 사용하지 않아 내부의 물의 흐름이 자유로웠기에 다면체 내부에 물이 완전히 채워졌을 것이다. 그렇기에 돌종이 자체의 밀도가 작아 위와 같은 결과가 도출되었다고 생각된다. 이는 추후 보완 시 물이 통하며 부력이 있는 부표 고안에 영향을 미칠 것이라고 생각한다.

5. 바이오 플라스틱(한천 플라스틱)의 부표 재료 적합성 판단 실험 결과

- 한천 플라스틱은 밀도가 높아 물에 잘 뜨지 않았으며 한천의 고유한 특성상 뜨거운 물에 넣으면 서서히 녹는 현상이 관찰되었다. 또한 잘 늘어나지 않고 쉽게 부서져 현재 우리가 부표에 사용하려는 플라스틱에 적합하지 않았다. 위의 단점을 보완하기 위하여 종잇과 담치의 패각 가루를 넣어 결합구조를 강하게 만들려고 하였다. 하지만 종잇과 담치의 패각 가루를 넣은 한천 플라스틱이 좀 더 쉽게 부서지고 물에 가라앉는 것이 관찰되어 패각 가루가 밀도를 높이고 결합구조를 단단히 하기보다는 약하게 만들었다고 생각된다.



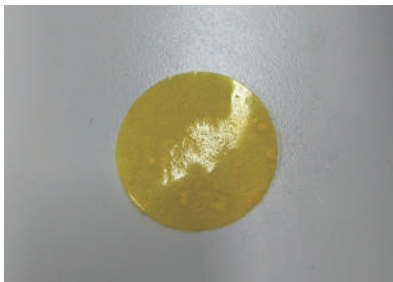
<한천플라스틱 제작>



<종잇가루를 섞은 한천플라스틱>

6. 옥수수 페니콘의 부표재료 적합성 판단 실험 결과

- 일단 옥수수 페니콘은 물에 닿으면 거의 바로 다 녹아버려서 단독재료로 쓰긴 어렵다고 판단했다. 그러나 물로 접착한 페니콘과 페니콘의 접착 면이 단단해지는 것을 보고, 물에 페니콘을 녹여 굳힌 후 강도, 물에 녹는 정도 실험을 진행하였다. 페니콘을 녹여서 다시 굳힌 것은 물에 매우 빠르게 녹아버렸다. 또한 페니콘을 단독으로 굳힌 것과 페니콘에 종잇 가루를 섞어 굳힌 것으로 실험을 진행한 결과 종잇 가루를 넣은 것이 조금 더 천천히 녹았다. 그러나 결국엔 모두 녹아버려서 큰 효과를 보지는 못했다.



<굳힌 옥수수페니콘>



<물에 녹은 옥수수 페니콘>

7. 족사 폐기물 현황 확인을 위한 인터뷰 결과

- 해당 회사는 배에서 족사 손질을 2번, 공장에서 손질을 2번 하는 구조로 운영하고 있었으며, 하루에 공장에서 나오는 족사의 양은 40kg이라고 하였다. 따라서 배에서 손질한 족사의 양을 합친다면 상당한 양의 족사가 나올 것이라고 생각된다. 족사의 섬유를 이용해 부표 연결 밧줄을 대신하면, 보다 친환경적인 부표를 완성할 것으로 기대된다.

8. 실제 크기의 부표 모형 제작

- 돌종이를 이용해 실제 크기 부표 모형을 만들 수 있었다. 제작한 모형을 기본형으로 종이 성분이기 때문에 다양한 모습의 부표로 제작이 가능할 수 있을 것으로 생각된다.



3. 탐구의 결론 및 의의

○ 결론

본 탐구활동은 블루 카본이라 불릴 만큼 탄소중립에 큰 기여를 하는 갯벌의 생태계를 파괴하는 해적생물인 종밧을 어떻게 이용하면 좋을까 고민하다가, 탄소배출을 줄일 수 있는 친환경 부표를 만드는 것은 어떨까 하는 생각이 떠오르며 시작하게 되었다. 수업 시간에 해양의 사막화를 유발하는 불가사리를 활용하여 제설제를 만든 사례를 듣고 이와 같이 일석이조의 효과를 누릴 수 있다고 생각하였다. 다양한 부표의 모습과 재료들을 토의하며 연구하는 시간을 가지며 종밧과 같은 과에 속한 담치와 홍합을 함께 연구해보기로 했다. 지중해 담치와 참홍합을 직접 해부하여 구조를 파악하고 족사를 채취하였다. 직접 종밧의 실제 서식 환경이나 생태 모습, 피해 상황 등을 확인해보고 싶어 갯벌 탐사를 진행하였으나 원하는 양만큼의 종밧을 발견하기가 쉽지 않았다. 또한, 갯벌 탐사때 갯벌 바닥에서 해조류를 엄청 흔하게 볼 수 있었는데, 이를 이용할 방안을 없을까 하고 찾다가 해조류를 이용하여 펄프를 제작할 수 있다는 것을 알게 되었다. 이렇게 구한 패각, 족사, 해조류를 이용하여 친환경 부표를 제작하였으며 돌종이, 퍼니콘, 밀랍, 한천 플라스틱 등 다양한 친환경 소재들을 이용하여 부표 제작에 적합한지 실험을 하며 부표의 재료들과 함께 내구성을 높일 수 있도록 탐사 활동에서 얻은 종밧의 패각과 홍합 패각을 함께 활용하였다. 여러 차례의 실험 결과, 돌종이가 가장 물에 잘 뜨고, 가볍고, 원하는 형태로 만들기 쉬우며 주어진 재료들을 잘 활용할 수 있어 친환경 부표를 만드는데 가장 적합하다는 결론을 내릴 수 있었다. 돌종이는 돌의 석회 성분과 종이 펄프를 섞어서 만들어지는데 돌의 석회 성분을 조개 패각의 석회 성분으로, 종이 펄프를 해조류 펄프로 대신하여 친환경 종이를 제작한다면 친환경적인 부표를 제작할 수 있다고 생각하였다. 그리고 족사 섬유를 이용해 밧줄을 제작하여 부표를 엮는데 사용하면 보다 환경에 이로운 부표의 모습을 만들 수 있겠다고 기대하였다. 우리가 직접 패각과 해조류를 이용해 돌종이를 제작하는 것에는 어려움이 있어 시중에 판매되고 있는 돌종이를 이용하여 실측 사이즈의 부표 모형을 제작해보았다.

더 나아가서 패각과 해조류를 이용해 실제로 종이 제작을 해보고 섬유로써 족사의 이용 가능성에 대해서도 알아보고 싶어졌다.

○ 의의(기대효과)

종밧의 껍데기와 족사를 이용하여 생분해성 물질로 구성된 친환경 종밧 부표는 파손되거나 바다에 표류하여도 금세 분해된다. 이러한 점은 소각폐기 시 독성 물질과 온실가스가 배출되고, 매립폐기 시 일정 기간 경과 후 이산화탄소나 메테인 가스가 발생하는 기존 부표와는 다르게 친환경적이다. 또한 해양 쓰레기를 감축시키고 이에 따라 해양에서 생성되는 탄소를 줄여 탄소 중립을 실현할 수 있으며, 해양 생태계의 보전에도 보탬이 될 수 있다.

본 연구의 목적과 관련된 직접적 기대 효과와 더불어 연구를 통해 잘 알려지지 않은 해양 생물인 종밧에 대한 정보를 쌓을 수 있으며, 종밧의 족사는 부표 외 그물과 같이 수산업에 필수적이지만 해양 생물을 위협하고 바다를 오염시키는 다른 장비들의 친환경 재료가 될 수 있다는 간접적 기대 효과가 있다. 종밧의 이용이 어려운 점, 기존 친환경 부표의 약점을 모두 보완하지 못한 점 등이 아쉬웠지만 다양한 재료들을 부표 재료로서 활용하는 방안에 대해 직접 실험을 진행해본 점, 밧줄로서의 족사의 이용 가능성, 패각과 해조류의 종이 자원으로 부표를 대체하는 활용성 등을 고려해볼 수 있는 연구였다. 해양 생태계에 악영향을 미치는 유해종을 채집하여 사용하는 것에서 환경적 이점을 얻을 수 있으며, 버려지는 홍합과 생물들의 패각과 족사를 활용하여 기존의 부표를 대체할 수 있는 시스템이 만들어진다면 경제적 이점까지 얻을 수 있어 더욱 의미있는 탐구라고 생각된다.

4. 탐구를 진행하면서 어려운 점과 알게 된 점

○ 어려운 점

- 현장 체험을 하기 위해 종밧의 서식 장소가 구체적으로 나와 있는 자료를 찾아보았지만 없었고, 종밧의 관한 자료 자체가 적어서 종밧에 관한 탐구를 진행할 때 힘들었다.
- 어렵게 채집 가능 장소를 찾아냈으나 바다 환경의 변화로 채집을 위한 재방문 당시 개체군의 서식 위치의 정확성과 생물의 서식 여부의 불확실성이 종밧의 채집에 영향을 미쳐 곤란했다.
- 종밧의 특성인 작은 크기와 낮은 패각의 강도로 인해 이동 중 종밧이 손상되었다.
- 종밧을 이용해 만들 부표의 뼈대 재료의 결정에 있어서 친환경적이며 분해가 잘되면서도, 부표로서의 역할을 할 수 있을 만큼 분해 속도가 빠르지 않고 물 위에 뜰 수 있는 물질을 생각해내는 과정이 매우 어려웠다.
- 잠정적으로 친환경 부표에 적합할 것이라고 예상하였던 재료가 실험 후, 부표를 만들 때 적합하지 않다는 결과가 도출되어 당황스러웠다.

○ 알게된 점

- 친환경 부표는 환경에 피해가 가지 않는 물질로 이루어졌을 것으로 생각했으나, 탐구 후 대부분의 친환경 부표가 분해가 잘 되지 않는 플라스틱(EPP) 소재로 구성된 부표라는 것을 알게 되었다.
- 우리가 대부분 홍합이라고 부르는 것들은 대부분 담치이며, 실제 홍합에 해당하는 생물은 섭이라고 불린다.
- 홍합, 담치, 종밧의 직접적인 해부를 통해 홍합류 조개 족사의 구체적인 생김새와 족사가 조개에서 생성되고 자라는 정확한 위치에 대해서 알게 되었다.

5. 참고문헌

기사 - 수산인신문, 「법산어장 해적생물 ‘종밧’ 구제활동 실시」, 2017.09.22.

기사 - 연합뉴스, 「中 ‘돌로 만든 종이’ 세계 첫 양산」, 2011.02.23.

기사 - 최대윤 기자, 「바다를 생각한다면 진짜 ‘친환경 부표’를 사용해야죠」, 거제 신문, 2021.11.22

논문 - 임현식, 「목포 주변 해역 갯벌 조간대에 서식하는 종밧 *Musculista senhousia*(Bivalvia: Mytilidae)의 개체군 생태 1. 분포와 성장」(한국패류학회지, 1998)

논문 - 김영훈 외 4명, 「피조개 양식장의 유해생물 퇴치기법 개발 1. 종밧, *Musculista senhousia*에 의한 저질 환경 변화」

해양생물을 사용하여 음식물쓰레기 탄소 줄이기



팀명 이서

학생명 이서영, 이서현

지도교사명 정현욱

학교 청심국제고등학교

1. 탐구 동기 및 목적

○ 탐구 동기

- 인터넷을 하던 중 호주에서 바다고리풀을 소에게 먹임으로써 가스 속 메탄올을 80% 제거했다는 뉴스 기사를 접하였다. 이 사례는 소가 전체 온실가스 배출량의 10%를 차지하고 있어서 소의 메탄올 제거가 탄소중립에 큰 도움이 될 것이고, 나아가 바다고리풀이 탄소배출을 줄일 수 있는 성분이 될 수 있다는 생각이 들었다.
- 실제로 호주에서도 많은 축산업계가 바다고리풀의 상업화 실험을 시작했다고 했지만, 바다고리풀은 가격이 비싸 상용화된 탄소 감축물질이 되기에는 힘들다고 판단했다. 대신 조개껍데기와 같이 소비되지 않는 해양 생물의 부산물, 값싸게 구할 수 있는 미역과 다시마, 해양 생태계 교란종 등을 사용해 음식물쓰레기의 탄소 감축 가능성을 확인한다면, 분명 유의미할 것이라고 생각했다. 잘 사용되지 않는 해양 생물과 그 부산물을 사용한다면 폐기물을 줄이고 친환경적인 방법을 통해 탄소중립에도 도움이 될 것이기 때문이다.

○ 탐구 목적

- 해양 생물에 있는 특정 화학물질이 음식물쓰레기와 반응하여 이산화탄소 배출을 감소할 수 있도록 스프레이 혹은 물질을 만드는 것이 최종 목적이다. 이를 통해 폐기물로 처리될 예정이었던 해양 생물 부산물 혹은 값싼 해양 생물을 이용해서 우리 주변에 일어나고 있는 탄소배출을 줄이고 '탄소중립'에 한 발자국 더 가까이 다가갈 수 있는 것이 목표이다.
- 조개껍데기, 다시마, 김과 같이 해양 생물의 부산물로 사용되지 않거나, 누구나 값싸게 구할 수 있는 실험군을 설정한다.

- 버려지는 해양 생물 부산물의 새로운 용도를 발견하고, 친환경적으로 누구나 만들 수 있는 음식물 쓰레기 감축 물질을 찾고자 한다.
- 탄소가 배출되는 방법과 종류는 매우 다양한데, 그중에서도 우리 주변에서 누구나 겪어본 적이 있는 음식물쓰레기를 그 실험대상으로 삼는다.
- 프로젝트 이후 해당 결과물이 발전 가능성이 있고 상업화될 가치가 있다면 결과물을 더욱 발전시켜 펀드레이징을 통해 실제 제품을 만들어보고자 한다. 이러한 사유로 인해 실험군에 우린 물을 포함했다.

2. 탐구 내용 및 결과

○ 내용

- 조개와 탄소의 연관성

블루카본은 바다가 흡수하는 탄소를 의미하며, 면적대비 탄소저장 효율성이 매우 높다. 특히 우리나라의 경우 갯벌 블루카본에 주목해야 할 필요가 있다. 우리나라 21개의 지역 갯벌에서 탄소흡수량을 살펴본 결과 우리나라 갯벌은 약 1,300만 톤의 탄소저장 그리고 연간 26만 톤의 이산화탄소를 흡수하고 있음을 나타냈다. 이러한 효과는 갯벌에 서식하는 미세조류에 의해 나타나는데, 조개와 굴 등 다른 생물들도 블루카본 후보군으로 주목받고 있다. 이러한 탄산칼슘 패각을 갖는 해양저서생물은 바닷물의 탄산염 체계와 관련이 있는데, 대기 중인 이산화탄소는 바닷물로 녹아들어 탄산을 거쳐 중탄산염과 탄산염으로 계속 변한다. 이후에는 조개, 굴이 탄산염을 칼슘이온과 결합하여 석회 패각을 만드는데 이때 이산화탄소가 흡수되고 고정된다. 물론 패각이 형성되는 과정에서 생물 호흡을 통한 이산화탄소가 방출되기도 하는데, 이후 조개 패각 내 축적된 탄산칼슘은 물, 이산화탄소와 재결합하여 중탄산염과 수산화 이온을 발생시키며 알칼리화하는 과정에서 이산화탄소를 다시 흡수한다. 이때 생물 호흡, 석회화, 분해를 통해 방출되는 이산화탄소가 약 30% 정도라면 패각, 생체량, 퇴적물 침적으로 제거되는 탄소는 70%라서 결과적으로 탄소 흡수량이 훨씬 커진다. 네덜란드 해양연구소는 각종 이매패류에 대한 블루카본량을 산출하여 이에 대한 블루카본 가능성을 입증했다.

- 해조류와 탄소의 연관성

해조류도 광합성을 통해 상당한 양의 이산화탄소를 흡수한다. 특히 자이언트 켈프 (Macrocystis Pyrifera)라고 하는 종이 대표적이다. 최대 45m까지 성장할 수 있는데 햇빛이 좋고 영양분이 풍부하면 하루에 60cm씩 자란다. 해조류의 줄기와 잎도 탄소를 구성되기 때문에 대단히 많은 양의 이산화탄소를 흡수한다.

해조류의 탄소저장 방식은 육지 식물과 다르다. 육지 식물은 살아있을 때는 탄소를 가두어두지만, 죽은 뒤에는 영구적으로 격리된다. 심해에 가라앉은 해조류가 처리하는 탄소의 양은 우리나라 탄소 배출량의 약 3분의 1 정도이다.

다시마는 해조류 중에서 빠른 성장과 값싼 가격으로 탄소 감축 능력과 접근성 또한 좋은 종이다. 또한, 성장하여 무게가 무거워져 가라앉은 원리로 자연스럽게 탄소를 감축한다. 탄소를 머금은 다시마가 해저로 내려가면, 심해에서 천해로 올라가는 해류는 속도가 매우 느려 장기간 해저에 머물 수 있다. 이후 다시마는 심해에서 천천히 탄소를 처리한다.

○ 방법

- 실험군을 설정한다.

· 후보 1: 바다고리풀

바다고리풀을 이용하여 소의 메탄가스를 감축시킨 연구에서 영감을 받았다. 반추동물의 메탄을 생성하는 원인은 가축의 소화과정 내 미생물에 메탄을 부산물로 하는 메타노젠이 포함되어있기 때문이다. 바다고리풀에는 메타노젠에 의한 분해과정의 마지막 단계를 방해하여 메타노젠이 메탄을 생성하는 것을 막는 프로모포르미라는 화학물질이 함유되어 있다.

· 후보 2: 조개껍데기

패각은 전국에서 연간 30~50만톤 발생하는 해양에서 필요없는 산물이다. 따라서 이를 활용할 수 있는 가능성을 발견한다면 매우 유의미할 것이다. 또한 우리는 패각으로 만든 석회 분말이 탄소 감축에 효과가 있다는 기사를 확인했다.

· 후보 3: 다시마, 미역 및 김

값싸고 쉽게 구할 수 있어 접근성이 높은 해양 생물이며, 홍조류(김), 갈조류(다시마)는 생물학적 분류는 다르지만, 둘 다 엽록체를 지녀 광합성을 통해 CO₂를 흡수할 수 있다.

· 후보 1은 가격이 너무 비싸 상용화되기 힘들다고 판단하였으며, 후보2와 후보3을 실험군으로 사용하기로 결정하였으나 최종적으로 조개껍데기, 다시마, 미역을 실험군으로 설정하였다.

- 갯벌에서 조개를 채집한다.

· 시흥시 오이도 어촌 체험 마을에 방문하여 조개를 수집하였으며, 위치와 갯벌 보존 상태를 고려하여 갯벌 탐사에 적절하다고 판단했다.

· 방문하여 동족 조개를 직접 캐었다.

오이도 어촌체험마을 전경	조개 채집 모습	채집한 조개
		

경기도 시흥시 오이도로 156 (오이도 선착장 내 어촌체험마을), 우수한 관리상태로 깨끗한 동죽을 캘 수 있다고 판단하여 방문하였으며, 해당 장소에서 동죽 약 1.3kg을 채집했다.

- 조갯살을 제거하여 조개 껍데기는 조각으로 부순 형태, 다시마와 미역은 각각우린 물과 가루 형태로 제조한다.

제품명	오뚜기 옛날 미역 250g	다시마	동죽
사진			
실험 재료	 1. 건조 상태의 미역을 믹서기에 갈아 미역 가루를 제작함. 2. 아래 사진과 같이 끓는 물에 건조 상태의 미역을 넣어 미역 우린 물 (500ml)을 제작함.	 1. 건조 상태의 다시마를 믹서기에 갈아 다시마 가루를 제작함. 2. 아래 사진과 같이 끓는 물에 건조 상태의 다시마를 넣어 다시마 우린 물 (500ml)을 제작함.	 동죽을 삶아 조갯살을 제거한 뒤 건조시킨 껍데기를 막자사발을 이용하여 빵아 조개 조각을 제작함.

구
비
과

다시마와 미역은 보편적으로 판매하는 형태인 건조 상태의 것을 구매했다. 실험재료 1회분을 제작하기 위해 우린 물에는 미역과 다시마 각각 30g을 사용하였고, 가루형태에는 50g을 사용하였다. 조개껍데기는 약 100g을 사용하였다.

	미역 가루	미역 우린 물	다시마 가루	다시마 우린 물	조개
사진					

- 총 6개의 스티로폼 박스에 음식물쓰레기를 담은 후 대조군, 미역 가루, 미역 우린 물, 다시마 가루, 다시마 우린 물, 조개 껍데기 가루를 혼합한다.
- 한국인의 하루 권장 영양분을 맞춘 음식물쓰레기를 구하기 위해 청심국제고등학교 급식실에 협조를 구해 2022년 10월 7일, 11일 남은 음식물쓰레기를 이용해 실험한다. 해당 날짜의 급식은 혼합잡곡밥, 감자옹심이국, 돈편육, 알배기쌈, 쌈장, 무말랭이무침, 보쌈김치, 듀오안(음료수)-7일, 쌀밥, 미소장국, 새송이버섯볶음, 미트소스스파게티, 생선까스, 타르타르소스, 포기김치, 오이피클, 아침에주스(음료수)-11일이다.
- 실험 시 동일한 조건의 동일한 양의 음식물쓰레기 하나를 대조군으로 두어 탄 소비출량의 차이를 비교한다.
- 탄소 절감에 대한 효과가 실험을 통해 확인될 경우 해당 실험군의 종류와 양을 조절하여 완성도 있는 결과물을 상품화할 수 있다.

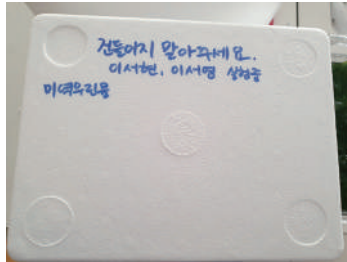


[스티로폼 박스에 음식물쓰레기를 담는 모습]

- 음식물쓰레기는 200g으로 동일하였다.
- 혼합 후 약 5시간 방치한다.
- 이후 탄소측정기를 활용하여 각각 스티로폼 박스 내부의 공기를 측정한다.
- 음식물쓰레기에 실험균을 혼합하기 전 탄소배출량을 미리 측정한다.
- 냄새 등을 고려하여 야외에서 실험을 진행하고, 청심국제고등학교 급식실 뒤편 야외 음식물쓰레기 처리장 근처에 스티로폼 박스를 놓고 실험을 진행한다.
- 실험 장소의 특성상 완전히 밀폐된 실내보다는 공기 내 탄소 함유량이 적다.
- 비닐 봉투에 탄소 측정기 (인파로 이산화탄소측정기 HT-2000 CO2 Temp pH)을 넣고 비닐 봉투를 뚜껑을 연 실험 챔버를 감싸 밀봉한다. 측정기가 정확한 탄소 배출량을 산출하기 위해 예비 실험을 통해 결정한 시간인 약 10분을 기다려 안정된 이산화탄소 수치를 구한다. 6개의 실험 챔버(스티로폼 박스)를 대상으로 다시마 가루, 미역 가루, 조개 가루, 다시마 우린 물, 미역 우린 물 순서로 측정한다




[실험용 스티로폼 박스]



[실험 장소에 박스 세팅 모습]

위와 같이 실험 챔버의 뚜껑에 실험중이라고 명시하여 급식실 관계자 분들이 박스를 버리지 못하도록 조치했다.

- 측정기구 명: 인파로 이산화탄소측정기 HT-2000 CO2 Temp pH
- 온도, 습도, 이산화탄소 농도를 측정할 수 있으며 크기는 145mm · 105mm · 40mm이다.

	측정기 작동 모습	측정기 기준
사진	<p>제품명: Inparo CO2 Temp pH 측정기</p> 	<p>250~350 ppm: 실외 공기의 보통 수준</p> <p>350~1000 ppm: 좋은 생활 환경의 전형적인 데이터</p> <p>1000~2000 ppm: 산소량 부족 수준</p> <p>2000~5000 ppm: 뜨겁고 좋지 않은 공기수준 - 산소량이 낮아져 두통, 졸음, 심장박동이 조금 빨라지게 되고 약간의 메스꺼움을 야기시킬 수 있음</p> <p>5000 ppm~: 심한 저산소 수준 - 심한 저산소증의 원인이 영구적인 뇌 손상, 혼수 상태 및 사망으로 이어질 수 있음</p>

· 측정기의 세부 성능

	이산화탄소	온도	습도
측정 범위	0 - 9999 ppm	-10°C ~ 70°C	0.1~99.9%
오차 범위	50 ppm	0.1°C	0.1%
응답 시간	10초	1.2°C	3% (10 ~ 90%)

- 해당 실험을 2회 반복하여 실험결과를 정리한다.

○ 방법

- 총 2회의 실험을 진행한다. 1회와 2회 모두 동일한 조건에서 실험하며, 대조군, 조개, 미역가루, 다시마가루, 미역 우린 물, 다시마 우린 물, 그리고 실외 공기를 각각 1회씩 탄소측정기를 활용하여 약 10분 이상 측정한다.

1차 실험과 2차 실험의 실험 결과는 다음과 같다.

- 1차 실험

- 조개 가루: 600ppm
- 미역 가루: 680ppm
- 다시마 가루: 461ppm
- 다시마 우린 물: 1756ppm
- 미역 우린 물: 1801ppm
- 대조군: 917ppm
- 실외 공기: 452ppm

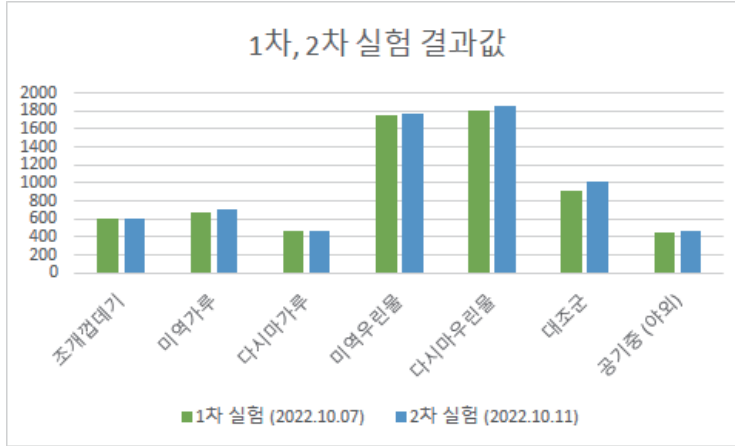
- 2차 실험

- 조개 가루: 604ppm
- 미역 가루: 699ppm
- 다시마 가루: 463ppm
- 다시마 우린 물: 1762ppm
- 미역 우린 물: 1853ppm
- 대조군: 1015ppm
- 실외 공기: 474ppm

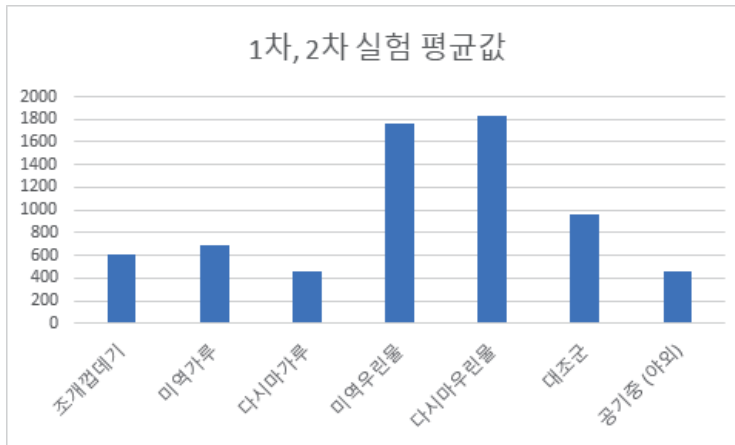
- 표와 그래프 및 평균값 (단위 생략)

[표 1. 누락된 사진 4장은 작업 중 분실됨.]

	조개	미역가루	다시마가루	다시마 우린 물	미역 우린 물	대조군	공기중 (실외)
1차 실험 (10/5)	600(사진누락)	680(사진누락)	 461	 1756	1801 (사진누락)	 917	 452
2차 실험 (10/11)	 604	 699	 463	 1762	1853 (사진누락)	 1015	 474



[그림 1. 1차와 2차 실험의 결과값]



[그림 2. 1차와 2차 실험의 결과값의 평균값]

- 그림 1은 1차와 2차 실험의 결과값을 나타내고, 가장 큰 이산화탄소 감축 효과를 보인 실험군은 다시마 가루로, 1차 실험에서 461ppm, 2차 실험에서 463ppm의 이산화탄소량이 측정되었으며 이는 대조군과 각 456ppm, 552ppm이 차이난다.
- 그림 2는 1차와 2차 실험의 결과값의 평균값을 나타내고, 다시마 가루는 야외의 공기 중과 비슷한 양의 이산화탄소량이 측정되어 가장 큰 이산화탄소 감축 효과를 보였다. 실험 결과 실험군의 평균값을 순서대로 정리하면, 다시마우린물(1827ppm) > 미역우린물(1759ppm) > 대조군(966ppm) > 미역가루(689.5ppm) > 조개껍데기(602ppm) > 다시마가루(462ppm) 이다.

3. 탐구의 결론 및 의의

○ 결론

- 측정기 기준에서 350~1000ppm은 좋은 생활 환경의 전형적인 데이터이지만, 측정 환경이 산 주변의 실외임을 고려했을 때 대조군과 다시마 우린 물, 미역 우린 물에서 측정된 이산화탄소의 값은 비교적 매우 높은 것을 확인할 수 있다. 특히 다시마 우린 물과 미역 우린 물의 경우 처리를 전혀 하지 않은 음식물쓰레기 대조군보다 높은 것을 확인할 수 있고 이는 탄소 절감의 효과 전혀 없이 오히려 탄소가 늘어났다는 것을 알 수 있다. 대조적으로 다시마가루, 미역가루, 조개가루의 경우 평균값을 비교했을 때 대조군과 실험군의 차이가 최소 276.5ppm~최대 504ppm이며 이 중 가장 유의미한 실험군은 1차 실험에서는 456ppm, 2차 실험에서는 552ppm의 차이를 보였던 다시마가루이다.

○ 의의(기대효과)

- 탐구 결과를 통해 쓸모없다고 여겨지는 해양생물·부산물을 이용하여 음식물쓰레기에서 나오는 탄소를 줄일 수 있다면 버려지는 해양생물을 이용하여 제품을 만들어 가정 혹은 음식물쓰레기 매립지 등에서 쉽게 탄소를 줄일 수 있을 것이다.

4. 탐구를 진행하면서 어려운 점과 알게 된 점

○ 어려운 점

- 바다고리풀과 같이 탄소 감축 능력이 있으면서, 가격은 싼 해양 생물을 조사하기가 힘들었는데, 여러 문헌 조사를 통해 접근성이 뛰어난 실험군을 선정하였다.
- 실험 주제가 음식물쓰레기였기 때문에 악취가 심해 어려움을 겪었다.
- 실험 챔버의 개수만큼 측정기가 있었다면 같은 시간에 측정할 수 있었는데, 많은 양을 구매하지 못하여 아쉬웠다.

○ 알게된 점

- 다양한 해양 생물이 탄소 감축에 효과적인 능력을 지니고 있다는 점을 알게 되었다. 해양 생물은 바다에 서식하고 있다는 점을 특징으로 하여, 영구적인 탄소 제거가 가능하다는 점이 탄소 감축 능력을 지닌 육지 생물과의 차별점이자 장점이다.

- 우리나라 갯벌의 우수성에 대해 알게 되었다.
- 실험 과정에서 음식물쓰레기에 대한 접근 경고 문구를 제대로 표시하지 않아 급식실 관계자분께서 실험 챔버를 모두 폐기처분하셨다. 이후 실험 챔버 뚜껑에 명확한 접근 경고 문구를 작성하여 이 문제를 해결하였다. 실험 경고 문구 표시의 중요성을 알게 되었다. - 홍합, 담치, 종뱀의 직접적인 해부를 통해 홍합류 조개 족사의 구체적인 생김새와 족사가 조개에서 생성되고 자라는 정확한 위치에 대해서 알게 되었다.

○ 기타

- 기존 계획에서는 실험 후 가장 효과적인 실험군을 스프레이로 만들어 상품화가 가능할 정도로 발전시킬 예정이었으나, 그 효과가 미미하여 스프레이로 만들지 못하였다.
- 문헌조사 과정 중 브로모포름이라는 화학물질을 통해 가축의 소화과정에 관여하는 미생물에 메탄을 부산물로 가지는 메타노젠이 메탄을 생산하는 것이 방해된다는 것을 알게 되었다. 그 후 브로모포름을 구매하여 실험에 사용하고 싶었으나 음식물쓰레기에서는 브로모포름이 어떠한 작용을 할지 알 수 없고, 배송에 시간이 오래걸려 사용하지 못하였다는 점에서 아쉬움을 남겼다.

5. 참고문헌

- Wilson Thau Lym Yong, Yun Yee Thien, Rennielyn Rupert, Kenneth Francis Rodrigues, 『Seaweed: A potential climate change solution, Renewable and Sustainable Energy Reviews』, Volume 159, 2022
- 권봉오, 이종민, 송성준, 김종성, 『2050 탄소중립을 위한 새로운 블루카본 후보군』, 한국해양환경·에너지학회 학술대회논문집, 2021
- 유재홍, 김성국, 이영돈, 주진호, 『유용 미생물을 활용한 음식물쓰레기의 탄소, 질소, 오일성분 분해 및 동정』, 한국토양비료학회 제49회 정기총회 및 춘계학술발표회, 2017
- 과학하는 여우원숭이. 『[오늘의 과학기술] 다시마로 기후 변화를 막아낸다고?』, Maily, 2022. 04. 18
- 임민수, 『블루카본(Blue Carbon)』, 에코타임스, 2022. 07. 21
- 김종성, 『②블루카본의 보고, 우리 바다를 사수하라!』, 현대해양, 2021. 10. 07

역간척지(황도)와 갯벌(청포대)의 탄소중립적 생태계 가치 평가 항목 및 역간척 사업의 방향성 제안 : 수질 개선, 광합성 효율의 생리적 기능 평가



팀명 간척을 배척

학생명 하예준, 차명빈

지도교사명 최선

학교 인천포스코고등학교

1. 탐구 동기 및 목적

○ 탐구 동기

- 갯벌 오염의 해결 방안으로 역간척 갯벌의 생태적, 산업적 가치가 부상하고 있고 실제로 충남 태안 황도에서 역간척을 통해 해양생태계를 복원했다는 내용의 기사를 보게 되었다. 또한, 황도에서 실시된 역간척 사례와 서해안의 갯벌들을 대상으로 한 역간척 도입 논의가 활발하다는 점을 알게 되었다. 이를 토대로 역간척 사업의 의의와 가치를 평가해보고 그 효과를 확인해보고 싶어졌다. 추가적으로, 갯벌 복원 사업의 생태계 가치 평가의 항목과 방법의 한계가 있다는 논문을 보게 되었다. 이 논문의 주된 내용은 '복원 사업 후 모니터링이 미흡하다'이다. 이 논문을 읽고, 역간척의 효과와 해양생물에게 미칠 영향을 해조류의 수질개선 정도와 염생식물의 광합성 효율의 차이를 이용하여 실험해보고자 하는 호기심이 생겼다. 이 실험을 통해 역간척 사업의 방향성을 제시하고자 한다.

○ 탐구 목적

- 갯벌과 역간척지를 대상으로 한 실험을 바탕으로 역간척 사업의 가치 평가 및 역간척 사업의 방향성 제시

2. 탐구 내용 및 결과

○ 내용


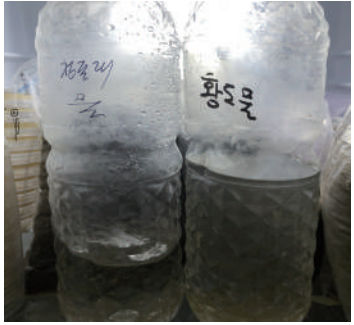

가. 실험용 샘플 채집 과정



역간척 사업이 진행되었던 황도와 주변 해안가인 청포대에서의 갯벌을 수집하였다. 황도와 청포대 모두 갯벌이 시작되는 곳부터 안쪽으로 100m구간, 250m구간, 돌아오는 길에 다른 쪽으로 100m 구간의 갯벌 펄 상층 부분을 플라스틱 용기에 보관해 왔다(그림1). 청포대의 경우 갯벌의 상층부와 중층부, 심층부의 색 차이가 별로 없었지만(그림2), 황도의 경우 뚜렷하게 드러났다(그림3).



갯벌을 채집한 후 바닷물도 페트병에 담아 보관하였다(그림8). 먼저 도착한 청포대에서 염생식물을 찾던 중 나문재로 추정되는 염생식물을 채집하였다(그림4). 황도에서도 마찬가지로 나문재로 추정되는 염생식물을 찾아 채집하였다(그림5). 청포대와 황도의 개체 모두 신문지로 뿌리 부분을 감싸 보호하였고 식물의 줄기부분을 충분한 산소를 넣어준 뒤 봉지로 감싸 각각 청포대 6개체, 황도 6개체를 인천으로 가져왔다(그림6). 또한, 인천에서 화분에 심을 것을 감안해 각 환경에서의 흙 역시 봉지에 담아 밀봉하여 가져왔다(그림7).

		
<p><그림7> 밀봉해둔 황도와 청포대의 흙</p>	<p><그림8> 페트병에 보관한 황도와 청포대의 바닷물</p>	<p><그림9> 나문재를 옮겨 심는 모습</p>

인천에 도착하자마자 식물들을 다시 화분에 심는 과정을 거쳤다(그림6). 화분으로 옮겨 심은 뒤 식물 재배용 텐트에 옮겨 빛을 쬐어 주었고 물을 주며 관리하였다(그림9).

나. 황도와 청포대의 환경 요인 분석

1) 논문 분석 및 지역 탐방 결과

황도의 갯벌은 모두 자갈, 모래, 실트와 점토로 구성되어 있으며 모래가 약 70% 내외로 가장 많았고 자갈이 최소였다. 이 지역은 산림이 양호하고 전형적인 리아스식 해안으로 굴곡이 매우 심하며, 간척지가 많이 분포한다. 황도 남쪽에 발달한 갯벌은 폭 1.65km, 길이 5.15km 정도이다. 갯벌 중심부에는 복잡한 갯골이 발달되어 있고 갯벌 서편의 조류로는 안면도와 황도를 연결하는 다리로 이어져 있다. 또한, 염생식물들이 소규모로 분포하고 있다. 해안가 주변에 하수 유입이 많은 천수만의 황도에서 염생식물, 저서 미세조류 등의 종 구성과 개체 수가 다양하다.

미세조류가 광합성을 통해 생성한 고분자물질은 다양한 생물의 에너지원으로 이용된다. 이 물질들은 퇴적물 입자 간의 결합을 생성하여 잘 응집할 수 있게 해주기 때문에 조간대 갯벌을 물리적으로 안정화하는 데에 주요한 역할을 한다. 또한, 미세조류는 연안의 탄소공급에 있어서 가장 중요한 역할을 하며, 수층과 퇴적물 사이의 영양염 순환을 조절한다. 광합성 생물로서의 미세조류는 주로 갯벌의 표층(2-4 mm)에 분포하지만 운동 가능한 미세조류는 퇴적물의 10 cm이하까지도 존재할 수 있다.

다. 실험 내용

1) 갯벌, 역간척지 펄 속 미세조류 관찰

광학 현미경(OS 33 - WIFI)을 이용해 갯벌, 역간척지 펄 속 미세조류를 관찰한다.

2) 갯벌, 역간척지 미세조류의 산소 발생 정도 비교

산소 분압 측정기(Vernier O2 Gas Sensor)를 이용해 측정된 데이터를 Vernier Labquest 3 기기를 이용해 분석한다.

3) I-PAM 활용 염생식물 최대 양자수율 측정(겐트대학교 공동 작업)

I-PAM을 활용해 갯벌과 역간척지에서 채취한 염생식물의 최대 양자수율과 전자 전달 효율을 측정한다.

4) 해수 속 질소와 인 함량 비교

Hanna HI 기기를 활용해 갯벌과 역간척지에서 채취한 해수의 질소와 인 함량을 비교한다.


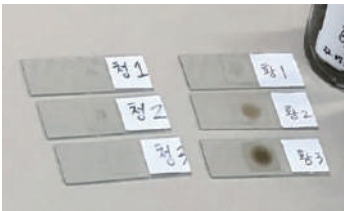

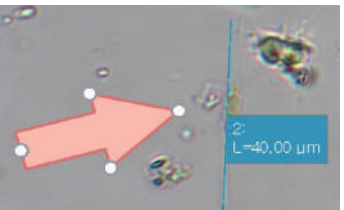
○ 방법

가. 미세조류 관찰 실험

1) 실험 재료 및 장치

 <p><그림 10></p>	 <p><그림 11></p>	 <p><그림 12></p>
OS33-WIFI 위상차 현미경	OSUN2.0 프로그램	슬라이드 글라스
 <p><그림 13></p>	 <p><그림 14></p>	 <p><그림 15></p>
냉장 보관한 황도와 청포대 펄	약손가락	스포이드

2) 실험 과정

①	 <p><그림 16> 실험실 냉장고 속 펄</p>	안정화를 위해 냉장 보관해 둔 황도와 청포대의 갯벌 펄을 준비한다.
②	 <p><그림 17> 제작한 현미경 표본</p>	펄 중 바닷물이 고여 있는 부분의 해수를 스포이드를 활용하여 슬라이드 글라스로 옮긴다. 갯벌에 물이 고이지 않아 해수를 뽑아내기 힘든 부분은 비커에 담은 펄에 해당 장소에서 채취한 해수를 넣어 상층액으로 관찰하였다.
③	 <p><그림 18> 현미경을 사용하는 장면</p>	광원의 전원을 켜고 제물대에 슬라이드 글라스를 끼운 뒤 100배율에서 500배율로 높여가며 측정을 시작한다. 측정 시 미생물이 관찰되면 해당 화면을 녹화하고 촬영하였으며, OSUN2.0 프로그램을 이용하여 길이와 크기를 측정하고 기입했다.
④	 <p><그림 19> ③에서 저장한 조류 사진</p>	③에서 저장해둔 이미지 및 동영상 파일을 보며 한강수원수계 미세조류 도감과 국립생물자원관에서 제공하는 ebook을 참고하여 미세조류 1차 동정을 실시한다.
⑤	1차 동정한 결과를 바탕으로 표를 작성하고 출현 빈도를 확인한다.	

나. 황도와 청포대 갯벌에서 서식하는 해양 미세조류의 광합성 효율 측정 실험

1) 실험 재료 및 장치

			
<그림 20>	<그림 21>	<그림 22>	<그림 23>
Labquest 3	O ₂ Gas sensor, O2 BTA	직접 제작한 암실	냉장보관한 황도와 청포대의 갯벌 펄
			
<그림 24>	<그림 25>	<그림 26>	<그림 27>
LED 등	전자저울	100ml 비커	약손가락
			
<그림 28>	<그림 29>	<그림 30>	<그림 31>
라텍스 장갑	암막 천	플라스틱 컵	테이프
			
<그림 32>	<그림 33>		
파라필름	라벨지		

2) 실험 과정

①	 <p><그림 34> 암실을 제작하는 과정</p>	<p>LED를 활용한 갯벌 속 미세조류 광합성 측정 시 변인을 통제하기 위해 암실을 2개(암실1, 암실2/가로: 24.5cm, 세로: 17.5cm, 높이: 33cm)를 제작한다.</p>
②	 <p><그림 35> 비커에 옮겨 담은 펄</p>	<p>냉장 보관해둔 황도와 청포대의 갯벌 펄을 100 ml 비커에 각각 50g 씩 나누어 담은 후 라벨지를 붙인다. 황도와 청포대 모두 100m(1번), 250m(2번), 돌아오는 길의 다른 지점 100m(3번)으로 라벨지에 기입하였다. 광합성에 물이 필요하므로 비커에 담은 펄에 해당 장소에서 채취한 해수를 넣어주었다. 광합성 실험에 사용할 때는 플라스틱 컵에 비커를 넣고 산소 센서 쪽과 컵 바닥을 파라필름으로 씌워 변인통제를 했다.</p>
③	 <p><그림 36> 씌워진 플라스틱 컵 속에 비커를 넣고 산소 센서를 꽂아 넣은 장면</p>	<p>황도와 청포대 각각 1, 2, 3번 샘플을 5분 동안 암실1에 보관해두고 한 비커 씩 암실2로 옮겨 5분 동안 LED로 광합성을 유도하였다. 청포대 1번 샘플을 먼저 암실 1에 5분 동안 넣어둔 뒤 암실 2로 옮겨 광합성을 유도하는 순간부터 청포대2 샘플을 암실 1에 넣어 보관하는 식으로 진행하였다.</p>
④	<p>③에서의 결과를 Labquest3에서 노트북으로 옮겼고 QMBL확장 프로그램을 설치하여 결과 값을 그래프 화 시켰다. (<그림 63>)</p>	
⑤	<p>④의 결과를 바탕으로 팀원들과 광합성 효율에 관해 논의하였다.</p>	

다. I-PAM을 이용한 황도와 청포대 나문재 개체의 광합성 효율 측정(건트대학교 공동 작업)

1) 실험 재료 및 장치

 <p><그림 37></p>	 <p><그림 38></p>	 <p><그림 39></p>	 <p><그림 40></p>
<p>I-MAG-MAX/K (I-PAM)</p>	<p>해부접시</p>	<p>알루미늄 호일</p>	<p>PC</p>
 <p><그림 41></p>	 <p><그림 42></p>	 <p><그림 43></p>	
<p>웨스트콧 가위</p>	<p>라텍스 장갑</p>	<p>청포대와 황도에 서 채집한 나문재</p>	

2) 실험 과정

<p>①</p>	 <p><그림 44> 겐트대학교 이호준 박사님께서 샘플을 봐주시는 과정</p>	<p>청포대, 황도의 나문재 개체 하나씩을 화분 채 스티로폼 박스에 넣어 겐트대학교로 이동한다.</p>
<p>②</p>	 <p><그림 45> 암실에 나문재 샘플 (황도, 청포대)을 넣는 과정</p>	<p>황도와 청포대 각각의 샘플을 알루미늄 호일로 처리한 뒤 암실에 15분간 넣어둔다.</p>
<p>③</p>	 <p><그림 46> I-PAM 광합성 효율 측정 기기</p>	<p>I-PAM기계를 이용하여 황도와 청포 각각의 개체의 최대 양자수율을 측정하고 결과 값을 확인한다(표3).</p>
<p>④</p>	 <p><그림 47> I-PAM 속 시료 사진</p>	<p>③에서 실험한 결과 비슷한 색의 파장을 사용한 것으로 추정되는 부분을 찾아, 최대 양자수율과 전자 전달 효율에 관한 데이터를 위주로 수집한다.</p>

라. 황도와 청포대의 바닷물 속 질소와 인 함량 측정 실험

1) 실험 재료 및 장치

 <p><그림 48></p>	 <p><그림 49></p>	 <p><그림 50></p>
<p>Hanna HI764 Nitrite Checker</p>	<p>Hanna HI736 Phosphorus Checker</p>	<p>50ml 비커</p>
 <p><그림 51></p>	 <p><그림 52></p>	
<p>황도와 청포대의 바닷물</p>	<p>라텍스 장갑</p>	

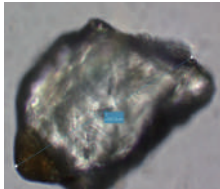
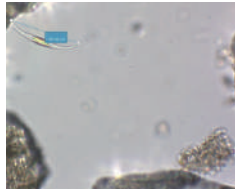

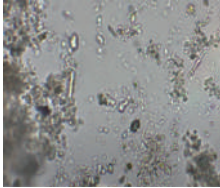
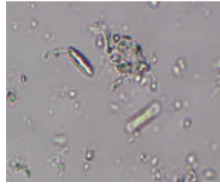

2) 실험 과정

①	황도와 청포대의 바닷물을 각각 준비하고 50ml 비커에 나눠 담는다.
②	 <p><그림 53> HI764-25 Nitrite Ultra Low Range Reagent</p> <p>①에서 나눠 담은 황도와 청포대의 바닷물을 실험용 큐벳의 표시선까지 붓고 HI764-25 Nitrite Ultra Low Range Reagent 투여하여 시약을 완성한다.</p>
③	 <p><그림 54> Hanna HI764 Nitrite Checker 사용 과정</p> <p>기계를 작동시켜 황도와 청포대 바닷물 각각의 질소 함량에 대한 데이터를 얻는다.</p>
④	 <p><그림 55> HI736-25 Phosphorus Ultra Low Range Reagent</p> <p>①에서 나눠 담은 황도와 청포대의 바닷물을 실험용 큐벳의 표시선까지 붓고 HI736-25 Phosphorus Ultra Low Range Reagent 투여하여 시약을 완성한다.</p>
⑤	 <p><그림 56> Hanna HI736 Phosphorus Checker 사용과정</p> <p>기계를 작동시켜 황도와 청포대 바닷물 각각의 인 함량에 대한 데이터를 얻는다.</p>

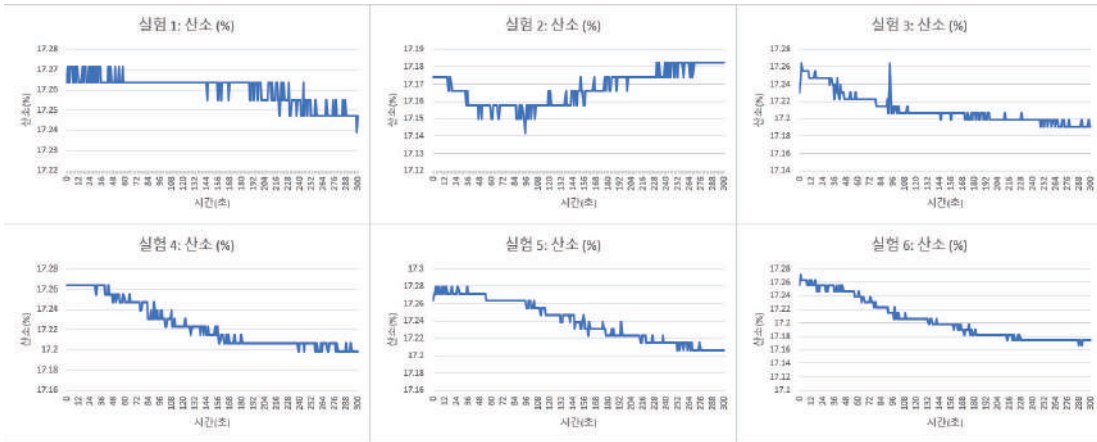
기
보
판

○ 결과

가. 청포대, 황도 미세조류 관찰결과

청 포 대 관 찰 결 과	청포대 1차	청포대 2차	청포대 3차
	 <그림 57>	 <그림 58>	 <그림 59>
	녹색을 띄는 개체가 거의 없으며 모양도 불규칙적이다.	연한 녹색을 띄는 개체가 보이며 구형 군체를 이루기도 한다. 작은 세포 다수가 모여 원형 군체를 이루는 <i>Aphanocapsa</i> 속 개체가 관찰된다.	엽록체가 많아 녹색을 띤다. 긴 관 모양에 끝에 가시 모양의 돌기가 있는 <i>Urosolenia</i> 속 개체가 보인다.
황 도 관 찰 결 과	황도 1차	황도 2차	황도 3차
	 <그림 60>	 <그림 61>	 <그림 62>
	전반적으로 짙은 녹색을 띤다. 크고 작은 군체를 이루는 다수의 세포가 보인다. 운동성이 크다.	엽록체가 많아 녹색을 띤다. 중앙에 색소체가 있고 양단이 둥근 <i>Sellaphora</i> 속 개체가 관찰된다.	녹색을 띄는 개체가 다수 관찰된다. 단독생활을 하며 등쪽이 볼록한 <i>Amphora</i> 속 개체가 보인다.

나. 산소 분압 측정 실험 결과



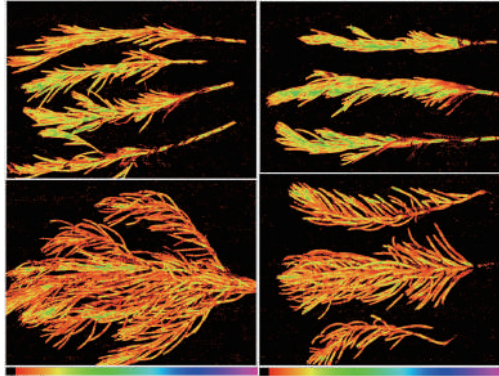
<그림 63> 산소 분압 측정 결과

분석 결과 실험 1, 2, 3은 (청포대 1차, 2차, 3차) 전반적으로 산소 분압 변화폭이 적고 경향성이 뚜렷하지 않았으며, 실험 4, 5, 6은 (황도 1차, 2차, 3차) 산소 분압 변화폭이 크고 분압이 감소하는 방향으로 변화했다.

다. I-PAM 활용 염생식물 최대 양자수율 측정 실험 결과

	Fv/Fm	ETRmax
청포대 01	0.793	35.60989
청포대 02	0.667	30.26673
황도 01	0.781	46.8126
황도 02	0.791	43.21039

<표 1> 청포대와 황도 샘플의 전자 전달 효율(ETRmax)과 최대 양자수율(Fv/Fm)



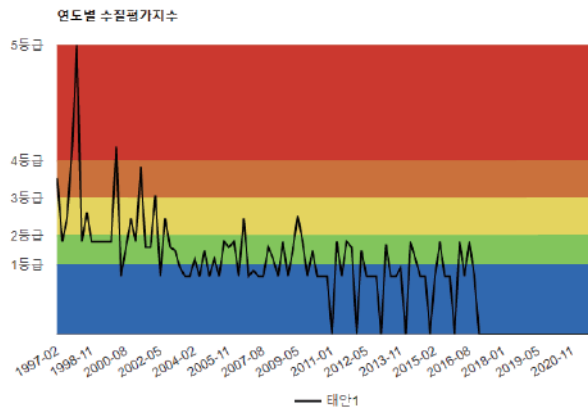
<그림 64> I-PAM 기기 속 청포대 샘플(위), 황도 샘플(아래)

최대 양자수율, 전자 전달 효율 측정 결과는 예측과 다르게 황도 샘플이 청포대 샘플 보다 광합성 효율이 높았다.

3. 탐구의 결론 및 의의

○ 결론

산소 분압 측정 장치를 이용한 결과 청포대 시료 속 산소 분압 변화는 변화폭이 적으나 방향성이 뚜렷하지 않았으며, 황도의 경우는 산소 분압이 눈에 띄게 감소하는 방향으로 변화했다. I-PAM을 활용해 청포대와 황도 염생식물의 최대 양자수율을 측정한 결과 황도 샘플의 최대 양자수율과 전자 전달 효율이 모두 청포대 샘플보다 높게 나타났다.



<그림 65> 서해 태안연안 연도별 수질평가지수

문헌 조사 결과 태안 연안의 수질이 2011년 역간척 사업 이후 1등급으로 높아진 것을 알게 되었다. 따라서 탄소 중립적 생태계 가치평가 항목으로 생태 보호구역인 해양정원과 해양어도를 설정하는 것을 제안하고자 한다.

해양정원은 해양 생물, 해양 생태계, 해양경관적 가치와 더불어 해양 인문이나 해양문화가 우수해 보전할 가치가 있는 연안권역에 대한 국가의 지정과 관리를 통해 국민들이 해양생태문화 서비스를 향유할 수 있는 공간을 뜻한다. 해양환경기준의 연도별 수질평가지수에 따르면, 서해 태안연안의 연도별 수질평가지수는 약 20~30로 1~II 등급을 안정적으로 유지하고 있다. 이는 '해양 정원'의 설정 기준과 매우 밀접해 실험에서 도출한 결과를 활용할 수 있을 것이라 생각했다. 따라서 본 연구에서는 아래와 같은 해양 정원의 모의 기준을 설정하였다.

가. 특별 해양정원

- 해양환경기준 상 I 등급 이상의 수질의 연안권역 중 국민들의 수요가 높고 접근성이 쉬우며 관련 서비스 확충에 있어 환경오염이 발생하지 않는 경우

- 해양환경기준 상 II 등급 이상의 수질의 연안권역 중 국가의 집중적인 관리감독이 필요하다고 판단되는 경우

나. 해양정원

- 해양환경기준 상 II 등급 이상의 수질의 연안권역 중 국민들의 수요가 높고 접근성이 쉬우며 관련 서비스 확충에 있어 환경오염이 발생하지 않는 경우

또한 태안 지역의 우점종 대상으로 한 어도 설치를 제안하였다. 태안 지역의 서식어종은 14목 40과 63속 73종이다. 그 중 농어목이 16과 30속 35종으로 가장 다양하게 출현하였고, 전체 출현종의 47.9%를 점유한 우점종이다.

농어의 형태는 위 지느러미가 큰 형태로 좌우로 꼬리를 흔들어 유영을 한다. 이러한 농어의 해엄방법과 우리의 해양어도가 갯벌에 적용될 것을 고려하여 계단식과 도벽식을 융합한 버전을 고안하였다. 농어가 큰 어류이다 보니, 그만큼 배출되는 분비물이 많다. 이를 개선하기 위해 단순한 형태로 물이 잘 순환될 수 있도록 계단식을 사용하고, 더하여 농어목과의 어류뿐만 아니라 망둥어목의 어류도 다음가게 많이 서식하는 편이므로 이를 보충하여 망둥어류에 적합한 도벽식을 이용하는 방법을 제안하고자 한다.

○ 의의(기대효과)

가. 간척지와 역간척지, 갯벌의 염생식물과 갯벌 유용성을 측정하여 역간척 사업시 차후 관리를 하였을 때 나타나는 효과를 원래 있었던 상태의 갯벌의 탄소 포집 능력과 비교할 수 있다.

나. 각 장소에 서식하는 미세조류 및 염생식물들의 광합성 효율을 알 수 있는 실험을 수행하고 결과를 분석하여 역간척 사업의 의의와 의미를 재해석 해볼 수 있다.

다. 급격한 역간척으로 인해 발생하는 문제점을 추론하여 이를 토대로 문제점을 최소화하는 방안을 모색해 본다. 해양 생물을 보호하기 위한 해양어를 설계하고 해양정원의 개념을 설정해 적용해 봄으로써 차후 갯벌 생태계 관리의 기준을 세울 수 있다.

4. 탐구를 진행하면서 어려운 점과 알게 된 점

○ 어려운 점

1) 실험군 선정

나문재를 제외한 다른 염생식물도 채취하여 실험에 사용하려 하였지만, 생각보다 두 장소에서 동일한 종을 찾아보기 힘들었다.

또한 인천시 환경교육 실천연구회 선생님께서 최근 염생식물 간 교잡이 많이 일어난다고 하셔서 동정한 것이 확실한지 의문이 들었다. 겐트대학교에서 염기서열 분석을 추천해주셨지만, 경북대학교에서는 염기서열 분석만으로는 정확한 동정이 어렵다고 하셨다.

한국과학문화협회 선생님께서는 나문재가 우리 실험에 적합하지 않을 수 있다고 하셨다. 건조지대에 잘 서식하는 나문재 외에 다른 염생식물을 선정해야 하는 점이 어려웠다.

2) 시료 채집 후 안정화 및 분리배양

태안까지 그로우 텐트를 챙겨가고 주변 흙과 해수까지 떠왔지만, 청포대와 황도에서 채집한 나문재 총 12개체 중 안정화에 성공한 개체는 각 2개체 뿐이었다. 또한 겐트대학교에서 미세조류 분리배양을 추천해 주셨지만 학교에 있는 현미경으로는 작업이 어려웠다.

3) 실험 진행

변인통제를 하는 부분이 생각보다 어려웠다. 갯벌 미세조류 광합성량 측정 실험을 예를 들자면, 처음 실험을 할 때 실험실의 형광등에 의해서 빨 속의 조류들이 광합성을 할 수 있었을텐데 그것을 바로 생각하지 못했다. 뒤늦게 박스를 잘라 암막 박스를 2개 만들어서 썼다. 처음 산소를 측정할 때에도 뚜껑을 바로 열었을 때 빠져나가는 공기(산소 포함)도 고려하지 못한 부분 등 생각지도 못한 여러 부분에서 변수가 발견됐다. 그 변수들을 하나하나 다 같은 환경으로 통일해 맞춰주는 과정이 매우 어렵고 힘들었다.

○ 알게 된 점

- 미세조류

실험 진행결과 *Aphanocapsa* 속, *Urosolenia* 속 개체가 청포대 필 속에서 관찰되었으며 주로 운동성이 없고 녹색을 띠는 개체가 보였다. 또한 황도 필 속에서는 *Sellaphora* 속, *Amphora* 속 짙은 녹색의 운동성이 큰 개체가 관찰되었다. 조류의 종류가 다양하다는 점과 도감 보는 방법을 알게 되었다.

- 산소 분압 측정

산소 분압 측정 장치를 이용한 결과 청포대 시료 속 산소 분압 변화는 변화폭이 적으나 방향성이 뚜렷하지 않았으며, 황도의 경우는 산소 분압이 눈에 띄게 감소하는 방향으로 변화했다. 실험이 제대로 통제되지 않았고, 광합성 미세조류를 분리배양 해야겠다고 생각해 미세조류 분리에 필요한 현미경이 있는 실험실을 찾고 있다.

- 최대 양자수율 측정

I-PAM을 활용해 청포대와 황도 염생식물의 최대 양자수율을 측정한 결과 황도 샘플의 최대 양자수율과 전자 전달 효율이 모두 청포대 샘플보다 높게 나타났다.

5. 참고문헌

- 가. 김형수, 「갯벌 생태계 보전 및 복원을 통한 연안습지의 가치 창출」
(대한토목학회지 66권 제 7호 통권 제460호, 2018), 8-9(2page)
- 나. 이현영, 이승호, 「한국의 대규모 간척사업의 환경변화에 미치는 영향」
(대한지리학회, 제 32권 제 4호, 1997) 463-478(16page)
- 다. 황윤경 외 5인, 「갈조류 양식 모자반과 해적생물에 대한 pH와 염분의 효과」
(ALGAE, 제 21권 제 3호, 2006) 317-321(5pages)
- 라. 최윤석, 「서해 연안 황도와 정산포 바지락 양식장의 환경특성」
(한국패류학회, 제 30권 제 2호, 2014) 117-126(10pages)
- 마. 박서경, 「한국 태안 정산포와 황도 갯벌에서 저서 미세조류의 계절적 변동과 바지락의 생장」
(한국환경생태학회지, 제 29권 제 6호, 2015) 884-894(11pages)
- 바. 정남진, 「염생식물 유전자원에서 사료 작물 자원의 탐색 및 염생식물의 내염성 생리적 기작 구명」
(농촌진흥청 차세대 바이오그린21, 2018)
- 사. 권순재, 「간척 갯벌에 바닷물 돌려주니 보물섬 황도 돌아왔다」, 경향신문, 2019.10.16. 온라인 기사
- 아. 황은경, 「갈조류 양식 모자반과 해적 생물에 대한 pH와 염분의 효과」
(한국조류학회, 제 21권 제 3호, 2006) 317-322(6pages)
- 자. 서재하(2018), 「한눈에 보는 멸종위기 야생동물」국립생물자원관, 인천광역시, 대한민국
- 차. 박상우, 「양식장 환경이 갯벌 양식 굴의 성장과 폐사에 미치는 영향」
(한국패류학회, 제 29권 제 4호, 2013)273-281(9pages)
- 카. 박용환, 「송도국제화복합단지_실시계획(변경)_승인서」(인천광역시 고시공고, 2022)
- 타. 유동현, 「없었던 섬송도 그곳을 살아간 사람들 조사보고서」(인천도시 역사관 학술보고서 제 2집, 2022)
- 파. 이정호, 신라영, 「생물분류 현장 전문가 역량 강화 교육용 교재(조류)」
(국립생물자원관, 인천광역시, 대한민국)
- 하. 이연지 외 5인, 「온도에 의해 유도된 2단계 배양전략을 통한 미세조류의 지질과 탄수화물의 축적량 변화」
(한국수산과학회지, 제 50권 제 1호, 2017) 32-40(9pages)
- A. 윤주연, 허성범, 「해양미세조류의 무균배양을 위한 항생제의 종류 및 최적 농도」
(한국조류학회, 제 22권 제 3호, 2007) 229-234(6pages)
- B. 김은규(2013) 「한국의 염생식물」(자연과 생태, 서울, 대한민국)
- D. 이인근, 「서울특별시, 한강상수원수계 미세조류 도감」(서울특별시 서울, 대한민국, 2018) 44-57(14pages)



제5회
해양생물 탐구대회 

수상작모음집

해외팀

Plastic Waste and Marine Life



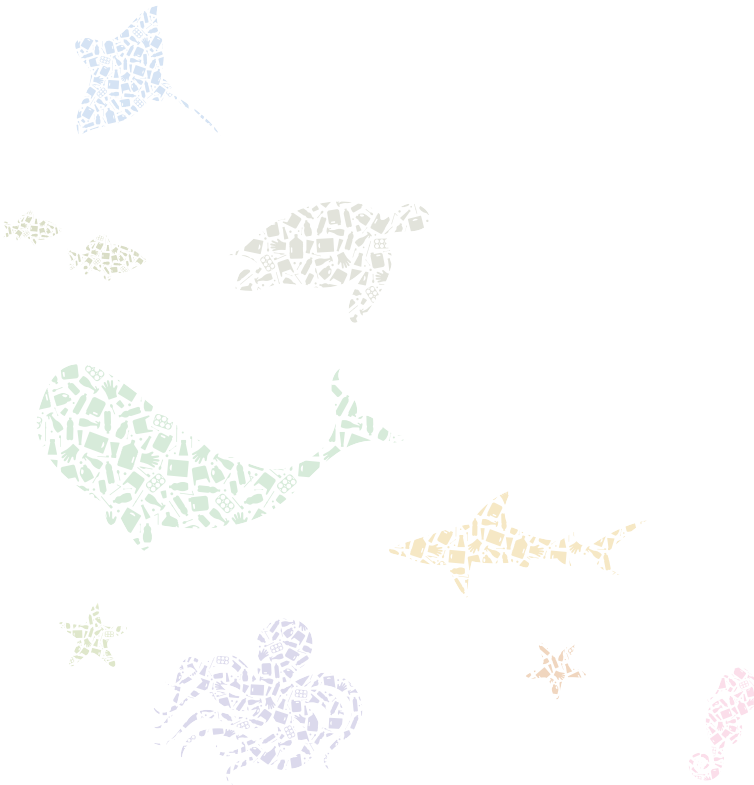
Country Vietnam

Team name MK SCIENCE

Member & School Minh Khoi / Hoang Van Thu Middle School

Thuy Duong and Phuong Linh / Nguyen Du Middle School


Tutor Bui Le Ngoc Anh



Recruit a contest of
5th Marine Life Exploration



Plastic Waste and Marine Life

Country Vietnam  **Team** MK SCIENCE
Member/School Minh Khoi/Hoang Van Thu Middle School
 Thuy Duong and Phuong Linh/Nguyen Du Middle School **Tutor** Bui Le Ngoc Anh

1. Motivation and purpose of inquiry

Annually more than 8 million tons of human-generated plastic waste enter to the oceans. According to a report presented at the 2017 United Nations Marine Conference, as many as 51 trillion microplastic particles, 500 times more than the stars in our galaxy, litter our oceans and seas, seriously threatening marine wildlife.

2. Questions and Methods of Exploration

By gathering information, field survey and taking photos, the Team try to clarify bellow question:

- ▶ Which plastic waste available at the coastal zone of Vietnam?
- ▶ Which sources does emitted the plastic waste?
- ▶ How does plastic waste affect marine species?

3. Exploration contents and results

- ▶ Which plastic waste available at the coastal zone of Vietnam?



- ▶ Which sources does emitted the plastic waste?



- ▶ How does plastic waste affect marine species?



4. Conclusion and Feeling

- ▶ Plastic pollution threatened Ocean's environment
- ▶ Keep the ocean free from plastic waste are protect our human life!

해외팀

ORIS : Solution to overcome carbon emissions using Gracilaria sp.



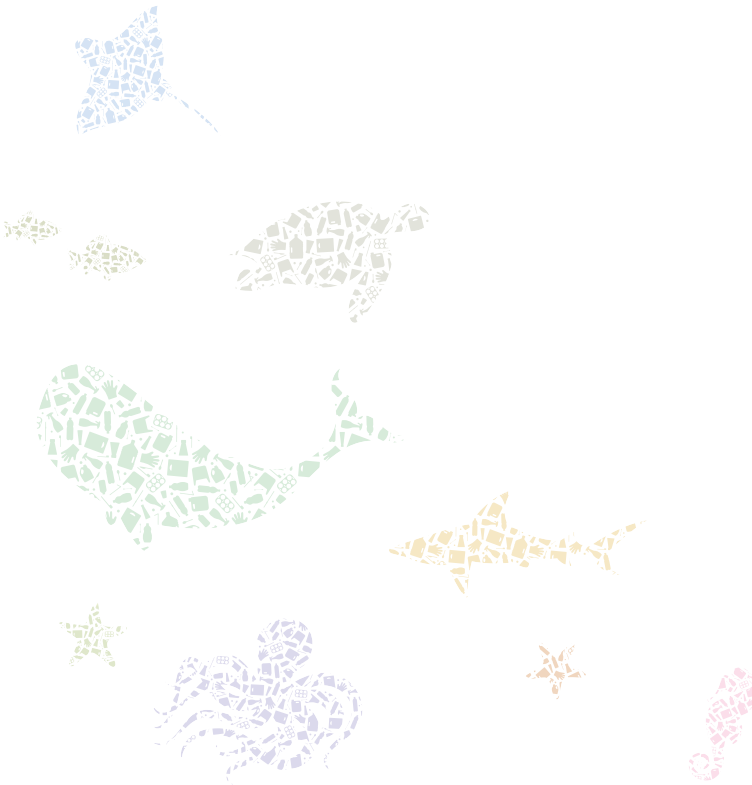
Country Indonesia

Team name Salvator Maris

Member & Shcool Alya Dwinanda, Nisrina Dwi Rahayu, Nisrina Hartika

Camellia (SMAN 2 Kuningan)

Tutor Neni Suryamah, M.PKim



Recruit a contest of
5th Marine Life Exploration



ORIS : Solution to overcome carbon emissions using Gracilaria sp.

Country Indonesia Team Salvator Maris

Member/School Alya Dwinanda, Nisrina Dwi Rahayu, Nisrina Hartika Camellia (SMAN 2 Kuningan) Tutor Neni Suryamah, M.PKIm

Motivation of Inquiry

- Increasing global temperature
- Air quality is getting worse
- The great potential of marine ecosystems in absorbing carbon emissions.

Purpose of Inquiry

- Knowing the factors that affect the growth of seaweed and then used as a reference to make carbon sinks from seaweed.

Question and Methods of Exploration

What types of seaweed are able to absorb carbon emissions more efficiently?

What are the factors that affect the growth of seaweed? (seen from the physical and chemical aspects)

How to make a carbon sink using seaweed that is economically profitable?

Exploration Content and Results



Finally, we made a prototype of a carbon emission absorber by taking into account the physical and chemical aspects that have been studied.

Gracilaria sp. can be found in many areas in Indonesia. One of Gracilaria's most influential roles for the environment is as a carbon sink. We took the initiative to make a carbon emission absorber using Gracilaria. We find out the things that can affect the growth of seaweed. Seawater used for aquaculture is duplicated by taking into account pH, salinity, ammonia and phosphate levels in the water. We do not take seawater directly as a culture medium because frequent mobilization is required.

We developed 3 types of cultivation water referring to seawater duplication, seawater with a combination of NPK, and water duplication based on previous research. This is done to find out what kind of media can encourage the growth of seaweed.

Furthermore, adjustments to physical aspects (light intensity, water temperature, and irradiation time) were made to maximize the growth of seaweed.

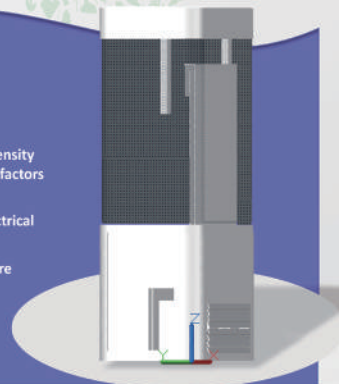
CONCLUSION AND FEELING

Based on the results of the study, Gracilaria sp. can grow well at pH 6.5-8, salinity 18-26 ppt, light intensity 2370.5 lux, and temperature 26-32 C.

Growth of Gracilaria sp. It is also affected by the quality of the water. The main elements for the growth of seaweed are carbon, nitrogen, and phosphorus. Carbon is obtained from the absorption of carbon emissions. While nitrogen and phosphorus are obtained from water modification for cultivation.

PRODUCT EXCELLENCE

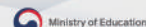
- Able to maintain stability of light intensity and temperature as one of the main factors for seaweed growth.
- Using solar panels as a source of electrical energy.
- Able to absorb carbon emissions more efficiently



Hosting • The chief executive



Sponsor





제5회
해양생물 탐구대회 

수상작모음집

멘토선생님 의견

○ 저학년부(초등~중등1/2학년)

- 이병학 멘토

안녕하세요.

지난 6월에 탐구 계획서 심사를 발표하고, 워크숍을 시작으로 4개월이 지났습니다.

학생들이 실험기구도 부족한 어려운 환경에서 자료 수집을 하고, 연구소를 찾아다니면서 고생하는 모습이 보지 않아도 눈에 보이는 듯 하였습니다. 어떤 팀은 제주도에 가서 재료를 채집하기도 하고, 내륙에 있어 바다에 가기 힘든 팀도 있었습니다. 하지만 어려운 환경을 지혜롭게 헤쳐 나가면서 훌륭한 보고서를 제출할 수 있었습니다.

멘토로서 손으로 직접 쓴 탐구 일지를 읽을 때마다 여러분의 편지를 받는 것 같은 설레임도 있었습니다. 무더위와 싸우면서 실험도 하고 중간 보고서를 제출하기 위해 노력하는 여러분들이 자랑스러웠습니다. 탄소중립이라는 주제가 저학년 학생들에게 어려운 내용인데도 창의적인 아이디어는 빛났습니다. “탐구대회를 통하여 학생들이 학교 수업에 열정적으로 변했고, 학생들이 과학을 좋아하게 되었다”라는 지도교사의 감사 인사를 받고 멘토로서 보람을 느끼기도 하였습니다.

여러분들 수고 하셨습니다.

○ 고학년부(중등3학년~고등)

- 이창봉 멘토

먼저 지난 4개월간의 해양생물과 탄소중립을 주제로 한 탐구활동을 멋지게 마무리한 여러분들에게 큰 박수를 보냅니다.

오늘날 기후변화와 탄소중립에 대한 관심은 인류에게 당면한 과제이며, 급격한 기후변화를 억제하기 위한 대안으로 해양생물과 블루카본이 주목받고 있습니다. 제가 고등부 멘토로서 참가팀을 지원하는 동안 놀랐던 점은 “해양생물+블루카본”이라는 하나의 주제 안에서 어린 학생들이 제각각 생태 탐구 활동, 친환경 소재의 개발, 대체 에너지원의 탐색, 도시환경 개선 등 다양한 분야에 대한 주제를 선정하고 과학적으로 타당성 있게 계획을 준비한 점이었습니다. 거기에 더하여 탐구를 수행하는 과정에서 신뢰성 있고 정확한 연구 결과를 이끌어내기 위해 많은 팀들이 중·고등학교의 수준을 뛰어넘는 전문적인 지식을 스스로 찾아 공부하고 실험을 위한 도구와 기법들을 익히기 위해 애쓴 점도 무척이나 인상적이었습니다.

그 결과, 초 여름부터 가을이 무르익을 때까지 각 참가팀들이 수행했던 모든 과정들은 연구의 세부적인 부분에서 다소 불완전한 부분이 있다 하더라도 전체적으로는 전형적인 과학 탐구의 과정(문제발견, 가설설정, 탐구설계 및 수행, 결과분석, 결론 도출)을 거쳐 얻어낸 귀중한 결과로서 의미가 있습니다. 또한 지난 4개월간 매일 매일의 탐구활동에서 질문에 대한 답을 얻기 위해 고민하고 어렵게 결정해야 했던 모든 순간들이 미래의 과학도를 꿈꾸는 여러분에게 과학자로서의 역량을 키워주는 귀중한 경험이 되었을 것입니다. 그러므로 저는 마지막까지 탐구의 과정을 완주한 모든 팀에게 수상의 높고 낮음을 떠나 많은 칭찬과 격려를 드리고 싶습니다. 또 처음 주제의 선정에서부터 마지막 보고서 작업까지 각 팀 학생들의 탐구과정을 꾸준히 지도해주신 지도 선생님들의 헌신적인 관심과 지원에도 큰 감사를 드립니다. 마지막으로 이번 제5회 해양생물 탐구대회가 참가자뿐만 아니라 많은 사람들에게 청소년의 과학탐구 활동에 대한 의미를 되새기고 해양생물의 가치에 대한 관심을 불러 일으키는 계기가 되었기를 바랍니다.

발행인 : 최완현

인쇄일 : 2022.11.24

발행일 : 2022.11.24

발행처 : 국립해양생물자원관

충남 서천군 장항읍 장산로 101번길 75

Tel : 041-950-0681 / Fax : 041-950-0661

홈페이지 : <http://mabik.re.kr>

기획 : 강동원, 권이영

제작 : (주)워드커뮤니케이션

© 2022. 국립해양생물자원관 All right reserved.



국립해양생물자원관

