



Smithsonian

SCIENCE
for Global Goals

바다!



파트 4:
바다와
열

SUSTAINABLE
DEVELOPMENT  GOALS

developed by



Smithsonian
Science Education Center

in collaboration with

iap SCIENCE
HEALTH
POLICY
the interacademy partnership

저작권 고지

© 2024 스미스소니언협회 모든 권리 보유(All rights reserved).

초판 2024년

저작권 고지

공정한 이용을 제외하고는 스미스소니언 과학교육센터(Smithsonian Science Education Center)의 서면 허가 없이 이 책자 또는 이 책자의 파생물 중 어떤 부분도, 어떠한 목적으로도 사용 또는 복제될 수 없습니다.

(No part of this module, or derivative works of this module, may be used or reproduced for any purpose except fair use without permission in writing from the Smithsonian Science Education Center.)

스미스소니언 과학교육센터는 바다! 우리는 바다의 지속 가능한 미래를 어떻게 만들어 갈 수 있을까요? 파트 4(Ocean! How can we create a sustainable future for the ocean? Part 4)의 개발에 기여한 모든 분들의 노력에 감사드립니다. 그들은 이 저작물의 품질을 최고로 만들기 위해 그들의 전문 지식을 제공했습니다. 감사의 글 전체 목록은 이 가이드의 초반부에 있는 감사의 글을 참조하십시오.

스미스소니언 과학교육센터 모듈 개발팀

총책임자 - Dr. Carol O'Donnell

교과과정, 디지털 미디어, 소통 부장
Dr. Brian Mandell

과학 교육과정 개발자
Heidi Gibson

참여 인턴
Alexandra Barrington
Nikki Kanakis

기술 검토위원
Dra. Karina Ramos Musalem

연구 멘토
Jan Marcin Węsławski

스미스소니언 과학교육센터 직원, 프로젝트 자문위원, 연구 멘토 및 기술 검토위원의 기여는 감사의 글을 참조하십시오.

이미지 출처

표지 - Ashley Wiley/iStock/Getty Images Plus; Placebo365/iStock/Getty Images Plus

그림 4.1 - United States Geological Survey

그림 4.2 - Smithsonian Science Education Center

그림 4.3 - Smithsonian Science Education Center

그림 4.4 - bluereringmedia/iStock/Getty Images Plus

그림 4.5 - Smithsonian Science Education Center

그림 4.6 - Claire Lager, Smithsonian

그림 4.7 - Mike Henley, Smithsonian

그림 4.8 - Smithsonian Science Education Center

그림 4.9 - bluereringmedia/iStock/Getty Images Plus





파트 4: 바다와 열

계획서	106
과제 1: 바다는 지구의 온도를 어떻게 조절하나요?	109
발견: 지구의 온도 조절 시스템은 우리 지역사회에 어떤 영향을 미치나요?	109
이해: 해양 시스템은 어떻게 온도를 조절하나요?	112
행동: 지구를 쾌적한 상태로 유지하는 데 있어 바다의 역할을 어떻게 공유할 수 있을까요?	118
과제 2: 따뜻해지는 바다는 인간과 지구에 어떤 영향을 미칠까요?	120
발견: 우리 지역사회는 따뜻해지는 바다의 영향에 얼마나 취약한가요?	120
이해: 따뜻해지는 바다와 관련한 우려 사항은 무엇인가요?	125
행동: 따뜻해지는 바다에 대해 우리는 무엇을 해야 할까요?	130
참고문헌	133
용어사전	134

더 알아보기!

추가 자원과 활동에 관한 정보를 얻으려면

Ocean! StoryMap(<https://bit.ly/OCEAN2030>)을 방문해 보세요.



계획서

활동	내용	재료와 기술	추가 재료	소요시간	페이지
과제 1: 바다는 지구의 온도를 어떻게 조절하나요?					
발견	온도가 여러분과 여러분의 지역사회에 어떤 영향을 미치는지 탐구하고, 이 시스템의 도표 그려 보세요.	<ul style="list-style-type: none"> • 종이 또는 포스터 보드 • 연필, 펜, 또는 마커 	<u>개인정체성지도</u>	25분	111
이해	물이 열 흡수체로 어떻게 작용하는지, 그리고 온도와 염도 차이로 인한 밀도 차이가 심해류를 어떻게 발생시키는지 모델링하세요.	<ul style="list-style-type: none"> • 박스 2개 • 투명한 용기 3개 • 플라스티 랩 • 테이프 또는 고무줄 • 열 원 • 온도계(선택 사항) • 뜨거운 물, 찬 물 • 식용색소 • 소금 	<u>해양과 온도 시스템 도표</u> <u>바다정체성지도</u>	45분	114
행동	다양한 관점에서 해양과 지구 온도 시스템을 분석하고 지구의 거주 가능성 유지에 있어 해양이 하는 중요한 역할을 공유하세요.	<ul style="list-style-type: none"> • 마커, 색연필, 또는 크레용 • 종이 	<u>바다정체성지도</u>	25분	120



활동	내용	재료와 기술	추가 재료	소요시간	페이지
과제 2: 따뜻해지는 바다는 인간과 지구에 어떤 영향을 미칠까요?					
발견	실제 자료에 기초하여 해양 시스템과 지역사회에서 상승하는 해양 열에너지로 인한 변화를 탐구하세요.	• 색연필 또는 마커	<u>해양과 온도 시스템 도표</u> <u>바다정체성지도</u>	20분 + 조사시간	122
이해	시스템에서 피드백 루프의 개념을 조사하고 얼음과 반사율과 관련된 피드백 루프를 모델링하세요.	• 하얀 종이 • 검은 종이 10-20 얼음조각 또는 얼음이나 눈 2컵 • 타이мер • 햄릿	<u>해양과 온도 시스템 도표</u>	35분	127
행동	변화하는 해양에 대해 알아야 할 중요한 점과 우리가 행동을 바꿔야 하는 이유를 결정하세요. 그리고 자신을 표현하는 방법을 만들어 공유하세요.	• 여러분의 표현방법에 필요한 재료	<u>바다정체성지도</u> <u>개인정체성지도</u> <u>해양과 온도 시스템 도표</u>	15분 + 작업시간	132



연구 멘토를 소개합니다.

얀 마친 웨스타우스키(Jan Marcin Węsławski) 박사를 만나 보세요. 마친(Mar-CHIN으로 발음)은 지구의 해양에 대한 온도와 열의 영향을 더 잘 이해할 수 있도록 도와줄 연구 멘토입니다.

마친은 폴란드 과학 아카데미 해양학 연구소 소장입니다. 그는 북극 생태계와 기후변화가 생물다양성에 미치는 영향을 연구합니다. 그는 해양생물학 박사 학위를 가지고 있습니다. 또한 그는 자신의 정체성의 다른 부분에서 오는 지식과 관점도 가지고 있습니다. 마친은 이제부터 여러분과 함께할 것이기 때문에, 그가 누구인지 이해하는 것이 중요합니다.

마친의 정체성지도

남성

68세

해양생물학자-해양학자

폴란드의 그단스크(Gdansk) 대학에서 수학

남편, 아버지, 할아버지, 형제

발틱해 연안의 폴란드의 그다니아(Gdynia)에 거주

과묵하고, 인내력 있으며 호기심이 많음

흰 구레나룻과 청색 눈을 가진 대머리

카누타기와 탐조

키가 큼(190cm)

폴란드, 노르웨이, 그리고 북극이
중요하다고 생각함

전통 활과 야외활동을 즐김

훼손되지 않은 자연, 친절함, 용기에 가치를 둠

톨킨(Tolkien)의 자연, 역사, 판타지 서적 애독자

연구자, 현장 생태학, 대형 연구소의 소장

자유와 민주주의 가치, 자유스러운 가치, 명상
생명의 진화, 기후변화, 생물다양성에 관심있음

과제 1: 바다는 지구의 온도를 어떻게 조절하나요?

더운 날 물속에 들어가 상쾌하게 시원함을 느낀 적이 있나요? 물이 끓기를 참지 못한 적이 있나요? 물은 **열용량(Heat capacity)**이 높습니다. 즉, 물의 온도를 올리거나 낮추는 데 많은 열에너지를 필요합니다. 물은 육지나 대기보다 훨씬 느리게 열을 흡수하고 방출합니다. 많은 열에너지를 흡수할 수 있는 능력 때문에 물은 **열흡수체(Heat sink)**로 작용합니다. 바닷물은 세계에서 가장 크고 중요한 열 흡수체입니다. 지구의 온도와 기후는 대기로부터 열 형태의 에너지를 흡수하는 바다의 능력에 의존합니다. 이 과제에서는 바다의 온도 조절 기능이 여러분과 여러분의 지역사회에 어떤 영향을 미치는지 **알아볼** 것입니다. 바다의 온도 조절이 어떻게 작동하는지 **이해**하기 위해 모델링할 것입니다. 그런 다음 온도와 해양의 시스템에 대해 배운 것을 공유하기 위해 **행동**할 것입니다.

파트 4를 시작하기 전에, 마친 정체성지도를 조용히 생각해 보고 여러분 자신의 개인정체성지도와 비교해 보세요.

- 마친과 공통점이 있나요?
- 마친과 다른 점이 있나요?
- 마친의 정체성 중에 바다의 시스템을 이해하는 것과 관련된 것이 있나요?

파트 4 전체를 수행하며 마친이 여러분과 아이디어 및 경험을 공유하는 것을 알 수 있을 것입니다. 그는 여러분이 연구를 더 잘하는 방법을 이해할 수 있도록 돋겨나 그가 수행한 연구 중 일부를 공유할 것입니다.



발견: 지구의 온도 조절 시스템은 우리 지역사회에 어떤 영향을 미치나요?

온도는 우리 일상생활과 지역사회의 많은 것에 영향을 미칩니다. 외부의 기온은 여러분이 많은 결정을 할 때 중요한 요인입니다. 여러분의 지역에서는 매일 온도가 변하지만, 여전히 여러분이 사는 곳의 덥고 추운 정도에는 범위가 있습니다. 그리고 어떤 곳에서는 계절에 따라 온도가 크게 변합니다.

1. 여러분의 지역이 얼마나 더워지고 얼마나 추워지는지 조용히 생각해 보세요. 외부 온도에 따라 내리는 일상적인 선택에는 무엇이 있나요?
2. 개인정체성지도를 꺼내 살펴보세요. 여러분이 사는 곳의 일반적인 온도 범위와 관련된 여러분의 정체성 부분이 있나요?
3. 팀원 각자가 다른 온도 범위의 지역에 살았다면, 일상생활에서 달라질 수 있는 한 가지 선택이나 일을 공유하세요.
4. 팀별로 종이 한장을 꺼내 상단에 “사람”과 “기온”이라는 단어를 적으세요. 각 단어 주위에 상자를 그리세요.
5. 팀을 네 가지 주제 그룹으로 나누세요: 식량 생산, 문화, 환경, 경제



6. 주제 그룹에서 온도가 여러분 지역사회에 주제에 미치는 영향에 대해 생각해 보세요. 도움이 된다면 여러분의 지역 온도가 훨씬 높거나 낮았다면 어떻게 달라졌을지 생각해 볼 수 있습니다. 예를 들어:
- 식량 생산의 경우, 여러분 지역에서 생산되는 식량이 온도와 날씨에 어떻게 의존하고 있나요?
 - 문화의 경우, 온도가 사람들의 습관과 관습에 어떤 영향을 미쳤나요? 예를 들어, 사람들이 무엇을 입고, 무엇을 취미로 하나요?
 - 환경의 경우, 온도가 여러분 주변의 자연 환경과 인공 환경에 어떤 영향을 미치나요?
 - 경제의 경우, 온도가 사람들의 직업과 지역 산업에 어떤 영향을 미치나요?
7. 기온에서 사람으로 화살표를 그리세요. 각 그룹이 단계 6에서 생각한 내용을 화살표에 몇 단어씩 추가하세요.
이제 화살표에는 기온이 여러분의 지역 사람들에게 미치는 영향이 표시되어 있어야 합니다.
8. 이 종이에 “해양과 온도 시스템 도표”라는 제목을 붙이세요. 한쪽에는 “바닷물”라는 단어를, 다른 쪽에는 “태양”, “육지”, “대기”라는 단어를 추가하세요.
9. 열 흡수체 및 재분배자를 읽어 보세요.

열 흡수체 및 재분배자(Heat Sink and Redistributor)

태양으로부터 오는 에너지인 **태양복사(Solar radiation)** 때문에 지구는 멀지 않습니다. 일부 태양복사는 지구에서 우주로 다시 반사됩니다. 태양복사의 약 절반은 지구의 육지나 물에 흡수됩니다. 태양복사의 대부분은 바닷물에 흡수됩니다.

- 해양과 온도 시스템 도표에서 태양, 육지, 바닷물 사이에 화살표를 그려 태양복사가 지구에 도달했을 때 흡수되는 과정을 나타내세요.
- 나머지 태양복사는 대기에 갇혀 공기를 따뜻하게 합니다.
- 태양에서 대기로, 기온으로 향하는 화살표를 그려 대기에 갇힌 태양복사가 기온을 상승시키는 과정을 나타내세요.

열 흡수체

바다는 지구 표면적의 약 71%를 차지합니다. 바닷물은 온도 변화 없이 많은 태양 복사열을 흡수할 수 있습니다. 이로 인해 바닷물은 놀라운 열 흡수체로 작용합니다. 실제로 일부 과학자들은 바다가 열을 흡수하지 않는다면 지구의 평균 기온이 15°C (59°F)에서 50°C (122°F)로 상승할 것이라고 추정합니다. 그러나 지구 평균 온도의 상승은 바다가 지구 온도에 미치는 영향의 일부일 뿐입니다.

- 바다에서 기온으로 화살표를 그리세요. 바닷물의 열 흡수체가 어떻게 열을 흡수하여 지구의 기온을 낮추는지를 기억할 수 있도록 몇 단어로 표시해 보세요.



열 재분배자

바다는 단순히 열을 흡수하는 것 이상의 역할을 합니다. 바다는 또한 열을 지구 상의 여러 곳으로 이동시킵니다. 지구의 적도 주변 지역인 **열대지방(Tropics)**은 태양복사로부터 훨씬 더 많은 열을 받습니다. 지구의 극지는 위치 때문에 태양복사로부터 훨씬 적은 열을 받습니다.

d. 해양과 온도 시스템 도표에서 해양 요소 근처에 “열대 해양”과 “극지 해양”이라는 두 개의 새로운 요소를 추가하세요.

e. 태양에서 열대 해양으로 화살표를 그리고, “더 많은 열”이라고 표시하세요.

f. 태양에서 극지 해양으로 화살표를 그리고, “더 적은 열”이라고 표시하세요.

바다는 열을 열대지방에서 극지방으로 이동시킵니다. 열대 해양에서 따뜻해진 물은 해류를 통해 극지방으로 이동하며, 이동하면서 열을 분배합니다. 극지방 해양이 식으면, 차가운 물은 적도 쪽으로 다시 순환합니다. 바다가 없다면 적도 주변 지역은 훨씬 덥고 극지방 근처는 훨씬 추울 것입니다.

g. 열대 해양에서 극지 해양으로 물이 이동할 때 열에 어떤 일이 일어나는지를 보여 주는 화살표를 그리고 표시하세요.

h. 극지 해양에서 열대 해양으로 물이 이동할 때 어떤 일이 일어나는지를 보여 주는 화살표를 그리고 표시하세요.

10. 그림 4.1의 지도를 검토하고 여러분의 위치를 찾으세요.

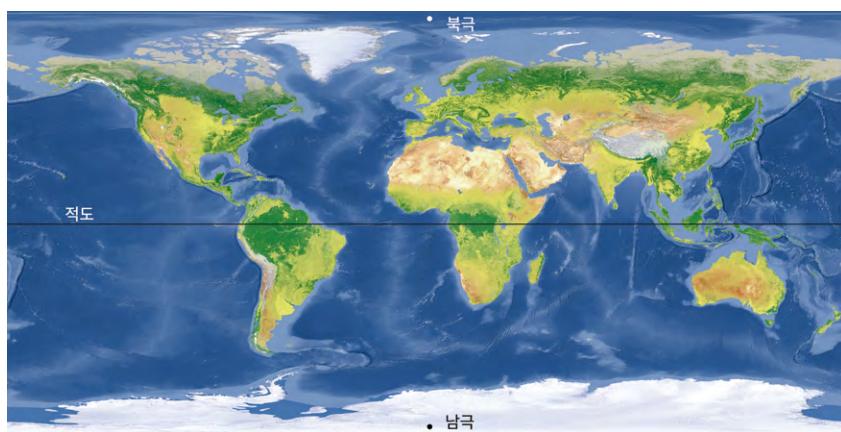


그림 4.1: 세계지도

11. 팀과 함께 생각해 보세요:

a. 여러분 지역은 적도에 더 가까운가요, 극지에 더 가까운가요?



b. 바다가 태양으로부터 에너지를 재분배하지 않는다면 여러분 지역사회의 온도는 어떻게 변할까요? 더 더워지거나 더 추워지거나 비슷하게 유지될까요?

c. 적도에 더 가까우면 평균 기온이 더 높아집니다. 극지에 더 가까우면 평균 기온이 더 낮아집니다.

12. 해양과 온도 시스템 도표에서 기온과 사람사이의 화살표를 검토하세요. 평균 온도가 변하면 그 관계가 어떻게 변할지 생각해 보세요. 예를 들어, 여러분의 지역사회가 적도에서 멀리 떨어져 있다면, 온도가 더 낮아지고 스포츠 활동을 하기 위해 밖에 나가기가 더 어려울 수 있습니다.

13. 해양과 온도 시스템 도표를 보관하세요. 전 파트 4에 필요합니다.



이해: 해양 시스템은 어떻게 온도를 조절하나요?

여러분은 바다가 지구의 온도를 조절한다는 것을 알게 되었습니다. 그렇다면 이 시스템은 어떻게 작동할까요?

이 활동에서는 바닷물과 열 사이의 다양한 관계를 모델링할 것입니다.

1. 팀을 두 그룹으로 나누세요.
2. 각 그룹은 해양을 열 흡수체로 모델링하기 또는 해양의 물 밀도 모델링하기 중 하나를 완료하세요.
3. 시간이 있다면 교환하여 두 그룹 모두 두 가지 조사를 수행하세요.

해양을 열 흡수체로 모델링하기(Modeling the Ocean as a Heat Sink)

바닷물이 열을 잘 흡수하는 이유는 무엇일까요? 물은 열용량이 매우 큽니다. 물의 온도를 1°C만 변화시키는 데도 많은 열에너지가 필요합니다. 여러분은 바다가 열 흡수체라는 것을 배웠습니다. 그렇다면 이것이 실제로 어떻게 작동할까요?

모델링 지침

a. 재료를 모으세요. 다음이 필요합니다:

- 골판지 또는 기타 재료로 만든 동일한 상자 두 개(신발 상자가 좋겠네요.)
- 상자 바닥 대부분을 덮을 수 있는 물이 담긴 용기 하나
- 상자 윗부분을 덮을 투명한 플라스틱 랩(클링 필름)
- 플라스틱 랩을 고정하기 위한 테이프 또는 고무줄
- 열원, 예를 들어 햇빛, 따뜻한 전구, 열 패드 또는 담요, 또는 라디에이터, 헤어드라이어의 뜨거운 공기를 사용할 수도 있습니다.
- 온도계 두 개(선택 사항)



- b. 상자의 윗부분을 제거하여 모델을 만드세요.
- c. 열원(햇빛이나 다른 열원)에 접근할 수 있는 장소에 상자를 두세요.
- d. 용기에 찬물을 채워 상자 하나에 넣으세요.
- e. 온도계를 사용하는 경우, 상자 내부의 온도를 측정할 수 있도록 부착하세요.
- f. 플라스틱 필름을 고정하여 각 상자를 완전히 덮으세요. 그림 4.2의 예시를 참고하세요.



그림 4.2: 열흡수체 모델 설정. 왼쪽의 상자에는 물이 담긴 용기가 있으며 오른쪽 상자에는 없음

- g. 상자를 열원 근처에 약 15분 동안 두세요. 또는 헤어드라이어를 사용하는 경우 3-5초 동안 뜨거운 공기를 불어넣으세요.
- h. 질문을 기다리는 동안에 답하세요.
- i. 돌아와서 각 상자의 온도를 측정하세요.
- j. 온도계가 없다면 각 상자의 플라스틱 랩 아래에 손을 넣어 보세요. 온도 차이가 느껴지나요?

질문을 기다리는 동안

팀원과 함께 슨 일이 일어날지 생각해 보세요.

- 돌아왔을 때 두 상자의 온도가 같을까요, 다를까요?
- 왜 그렇게 생각하나요?
- 해양과 온도 시스템 도표를 검토하세요. 방금 세 가지 요소 사이의 관계를 모델링했습니다. 세 가지는 어떤 것인가요?

결과를 검토하세요. 상자에 더 따뜻한 물을 추가했다면 결과가 달라졌을지 팀원과 함께 생각해 보세요. 공기를 더 시원하게 유지하는데 도움이 되었을까요?

방금 태양(열원), 해양의 물(모델의 물), 기온 사이의 관계를 모델링했습니다.



해양의 물 밀도 모델링하기(Modeling Water Density in the Ocean)

물이 담긴 용기 위에 뜨거나 바닥으로 가라앉는 물체를 상상해 보세요. 물보다 밀도가 낮은 물체는 뜨고, 물보다 밀도가 높은 물체는 가라앉습니다. **밀도(Density)**는 특정 부피 내에 들어있는 질량을 나타내는 특성입니다.

돌로 반쯤 채워진 작은 상자를 상상해 보세요. 상자의 부피에 비교해 돌의 질량이 밀도를 결정합니다. 상자에 돌을 더 추가하면 어떻게 될까요? 돌의 질량은 증가하고 상자의 부피는 그대로 유지될 것입니다. 상자 안 돌의 밀도는 더 커질 것입니다. 같은 양의 돌을 훨씬 더 큰 상자에 넣으면 어떻게 될까요? 훨씬 더 큰 부피에 같은 질량의 돌이 들어 있으므로 상자 안 돌의 밀도는 더 작아질 것입니다.

바닷물은 밀도가 더 높거나 낮을 수 있습니다. 밀도가 낮은 물은 해수면 근처에 뜨는 경향이 있습니다. 밀도가 높은 물은 심해로 가라앉는 경향이 있습니다. 해양에서 물의 밀도 차이를 유발하는 요인은 무엇이라고 생각하나요?

온도

바닷물의 가장 중요한 특성 중 하나는 온도입니다. 물이 따뜻해지면 부피가 증가합니다. 물의 부피가 증가하면 밀도는 어떻게 될까요? (상자의 부피가 증가하는 예를 생각해 보세요.)

바다의 위치에 따라 수온은 매우 다를 수 있습니다. 찬물이 따뜻한 물을 만날 때 무슨 일이 일어나는지 모델링할 수 있습니다.

- 재료를 모으세요. 다음이 필요합니다:
 - 뜨거운 물을 담을 수 있는 투명한 물 용기
 - 찬물을 담을 두 번째 용기
 - 식용 색소 또는 찻잎과 같은, 물을 염색할 수 있는 것
- 용기 하나에 뜨거운 물을 채우세요.
- 다른 용기에 매우 차가운 물을 채우세요. 차가운 물에 식용 색소를 넣어 관찰하기 쉽게 만드세요.
- 뜨거운 물이 담긴 용기의 가장자리 안쪽으로 차가운 물을 부드럽게 부으세요. 그림 4.3은 예시입니다.
- 자세히 관찰해 보세요. 색이 있는 차가운 물은 어디에 가장 많이 있나요? 어떤 종류의 물 움직임을 관찰할 수 있나요?
- 팀과 함께 논의하세요: 물이 뜨거울 때와 차가울 때 어느 쪽이 더 밀도가 높다고 생각하나요?





그림 4.3: 밀도 모델링 설정 예

염분

바닷물의 또 다른 중요한 특성은 **염분(Salinity)**입니다. 염분은 물에 녹아 있는 소금의 양을 의미합니다. 모든 바닷물은 짜지만 일부 지역은 다른 지역보다 더 짭니다. 물에 녹아 있는 소금이 많을수록 질량이 커집니다. 질량이 증가하면 밀도는 어떻게 될까요? (돌 상자에 질량을 추가하는 예를 생각해 보세요.)

온도는 염분에 큰 영향을 미칩니다. 물이 증발할 때 소금은 증발하지 않으므로 남은 물은 더 짠 상태가 됩니다. 해빙(海水)이 형성될 때 소금은 얼음 속에 남아있지 않으므로 해빙 주위의 물은 더 짠 상태가 됩니다.

a. 재료를 모으세요. 다음이 필요합니다:

- 투명한 물 용기 두 개
- 식용 색소 또는 찻잎과 같은, 물을 염색할 수 있는 재료
- 소금

b. 용기 하나에 물을 채우고 소금 반 숟가락을 넣으세요. 소금이 녹을 때까지 저으세요.

c. 다른 용기에 물을 같은 양 정도 채우고 소금 3-4 숟가락을 넣으세요. 녹을 때까지 저으세요.

더 짠 소금물에 색소를 넣어 관찰하기 쉽도록 하세요.

d. 색이 없는 물이 담긴 용기의 가장자리 안쪽으로 색이 있는 물을 부드럽게 부으세요.

그림 4.3의 예를 참고하세요.

e. 자세히 관찰하세요. 색이 있는 더 짠 물은 어디에 가장 많이 있나요?

어떤 종류의 물 움직임을 관찰할 수 있나요?

f. 팀과 함께 논의하세요: 염분이 더 높을 때 물의 밀도가 더 높다고 생각하나요?

시간이 충분하면 두 실험을 결합하여 온도와 염분이 밀도에 어떻게 함께 영향을 미치는지 생각해 볼 수 있습니다.



관찰한 내용을 논의하세요.

- 각 실험에서 어떤 종류의 물이 밀도가 높아서 가라앉았나요?
- 바다의 온도나 염분이 변화하는 원인은 무엇이라고 생각하나요? 힌트: 아이디어가 필요하면 온도와 염분의 단락을 다시 읽어 보세요. 바다의 어느 부분에서 밀도가 높은 물이 해저로 가라앉을 것으로 예측하나요?
- 해양과 온도 시스템 도표에서 기온에서 해양으로 화살표를 그리세요. 온도가 해양의 밀도와 염분에 어떤 영향을 미치는지에 대해, 방금 배운 내용으로 화살표에 표시를 해 보세요.

- 두 그룹 모두 두 가지 활동을 할 시간이 없었다면 여러분의 모델, 실험 결과, 시스템 도표에 추가한 내용을 다른 그룹과 공유하세요.
- 바다에서 수직 해류를 생성하는 데 수온과 염분이 어떻게 작용하는지 알아보기 위해 전 지구적 해양 컨베이어 벨트를 읽어 보세요.

전 지구적 해양 컨베이어 벨트 (The Global Ocean Conveyer Belt)

파트 2에서 배운 것처럼 바다에는 바람이 일으키는 표층 해류가 많습니다. 또한 전 세계를 이동하는 매우 중요한 심층 해류도 있습니다. 이 해류를 **전 지구적 해양 컨베이어 벨트(The Global Ocean Conveyor Belt)**라고 합니다. 표면의 물은 심해로 내려가 극에서 극까지 이동합니다. 물 한 방울이 해류 전체를 통과하는 데 약 1,000년이 걸립니다. 그림 4.4는 전 지구적 해양 컨베이어 벨트의 경로를 보여 줍니다. 표면에 있는 것처럼 보일 수 있지만, 차가운 해류는 심해에서 물을 이동시킵니다.

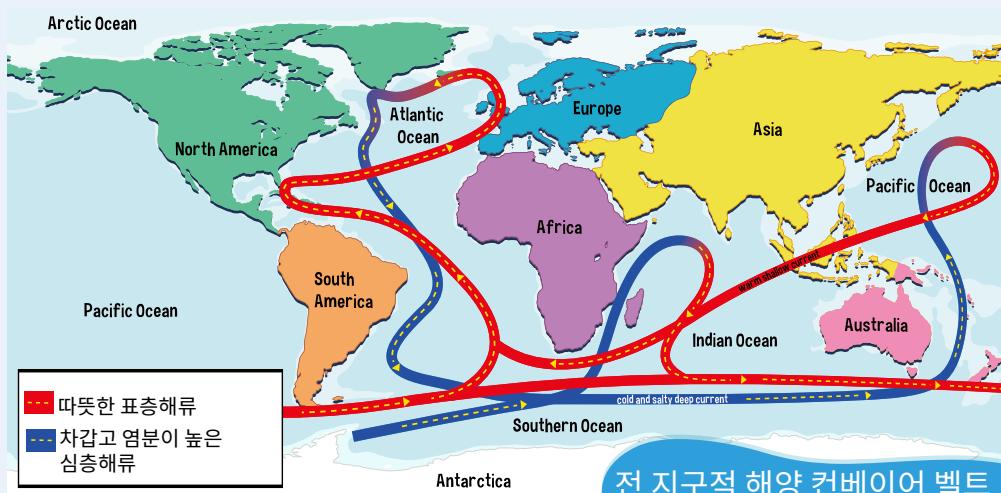


그림 4.4: 전 지구적 해양 컨베이어 벨트를 나타내는 세계지도



이 수직 심층류는 밀도 차이에 의해 일어납니다. 북극 근처의 극지 해양에서 해빙(海氷)이 형성될 때 차갑고 짠, 밀도 높은 물이 생성됩니다. 이 밀도 높은 물은 가라앉으며 태양으로부터의 열과 공기 중의 산소를 일부 가져갑니다. 이 덕분에 심해의 생물이 생존하는데 도움이 됩니다.

물은 종종 수천 킬로미터 떨어진 곳에서 상승하는 과정인 **용승(Upwelling)**을 통해 다시 표층으로 올라옵니다. 용승수는 심해로 가라앉아 있던 많은 영양염을 표층으로 운반합니다. 이러한 영양염은 해양 표면 근처의 생물이 번성하는데 도움을 줍니다. 즉, 전 지구적 해양 컨베이어 벨트는 열, 산소, 영양염을 전 지구적으로 혼합합니다.

6. 해양과 온도 시스템 도표에 “전 지구적 해양 컨베이어 벨트”와 “생물”을 요소로 추가하세요.
7. 전 지구적 해양 컨베이어 벨트를 다른 요소(예: 극지 해양 및 생물)에 연결하는 화살표를 그려 표시를 하세요. 극지 해양에서 밀도가 높은 물이 가라앉을 때 태양으로부터의 열과 공기 중의 산소를 함께 가져간다는 것을 포함할 수 있습니다. 심해수가 용승할 때 영양염을 표층으로 가져옵니다. 이러한 혼합은 해양생물의 생존을 돋습니다.
8. 마친의 생각을 읽어 보세요. 전 지구적 해양 컨베이어 벨트에 대해 우려하거나 희망하는 것이 있나요? 있다면 바다정체성지도의 우려원에 추가하세요.

마친이 말합니다…



전 지구적 해양 컨베이어 벨트는 산소를 운반하는 데 매우 중요합니다. 이것이 없다면 심해는 미생물만 있는, 거의 죽은 상태가 될 것입니다. 그래서 우리는 이것을 절실히 필요로 하며, 물이 더 따뜻해지더라도 계속 작동하기를 바랍니다. 하지만 앞으로는 속도가 느려지고 오늘날보다 훨씬 덜 효율적으로 작동할 것입니다.





행동: 지구를 쾌적한 상태로 유지하는데 있어 바다의 역할을 어떻게 공유할 수 있을까요?

바다의 온도 조절 능력은 지구를 **거주 가능한(Habitable)**, 혹은 사람이 살 수 있는 곳으로 만드는 주된 이유 중 하나입니다. 이는 또한 지구를 쾌적하게 유지하는 바다의 능력에 우리가 매우 의존하고 있음을 의미합니다. 해양 시스템이 이 중요한 역할을 계속 수행할 수 있도록 어떻게 도울 수 있을까요?

1. 팀을 네 개의 그룹으로 나누어 각 그룹에 **사회적(Social)**, **환경적(Environmental)**, **경제적(Economic)**, **윤리적(Ethical)** 관점을 할당하세요.
2. 바다의 열 흡수체 및 재분배자 역할에 대해 배운 내용을 생각해 보세요. 여러분의 관점에서 이것은 왜 중요한가요?
예를 들어:
 - a. 사회적 관점: 이 시스템이 인간의 건강, 교육, 복지, 사회적 상호 작용에 왜 중요한가요?
 - b. 환경적 관점: 이 시스템이 자연계의 생물과 무생물에 왜 중요한가요?
 - c. 경제적 관점: 이 시스템이 경제, 일자리, 산업에 왜 중요한가요?
 - d. 윤리적 관점: 이 시스템은 어떤 방식으로 더 공정한 세상을 만드는데 도움이 되나요?
3. 여러분의 팀과 함께 외계인이 지구 여행을 고려하고 있다고 상상해 보세요. 바다가 지구의 온도를 조절하기 때문에 가능한, 지구의 위대한 점은 무엇인가요?
4. 여러분의 관점에서 바다의 온도 조절 기능이 어떻게 지구를 더 살기 좋은 곳으로 만드는지 보여 주는 포스터를 만드세요.
5. 다른 팀원들과 포스터를 공유하세요.
6. 지구를 사람들이 쉽게 살 수 있는 곳으로 유지하는 데 바다가 어떻게 도움이 되는지, 그리고 바다가 그 역할을 계속 수행하도록 돋는 것이 왜 중요한지 다른 사람들과 논의하세요.
7. 바다정체성지도를 꺼내어 지구의 온도를 조절하는 사람과 해양의 역할에서 여러분이 알게 된 모든 연관성을 추가하세요.
8. 마친의 생각을 읽어 보세요. 지구의 변화하는 온도에 대해 걱정되는 것이 있나요?



마친이 말합니다…



지구의 온도는 수 만년 동안 크게 변동했습니다. 그러나 현재의 풍부한 생명체는 마지막 빙하기 이후 비교적 안정적인 온도에서 진화했습니다. 물과 대기의 온도와 화학 성분은 현재 지구상에 존재하는 종의 주요 원동력이었습니다. 그러나 인간 활동이 현재 지구의 온도와 화학 성분을 변화시키고 있으며, 생물계의 변화가 뒤따를 것입니다. 이러한 과정은 매우 복잡하여 정확하게 예측할 수 없습니다.

물론, 우리가 자연 세계와 조건의 중요성을 소중히 여긴다면, 지구상의 생물이 적응할 시간을 주기 위해 물리적 세계의 변화를 늦춰야 합니다.

9. 잠시 감사의 시간을 가져 보세요. 여러분 지역사회의 평균 기온이 지금과 아주 달랐다면 일어나지 않았을 오늘, 특별히 감사하는 일이 있나요? 그것을 바다의 지구 온도 조절 역할과 연결해 보세요. 바다가 사람이라면, 여러분의 삶의 그 부분을 가능하게 해준 것에 대해 어떤 말로 감사를 전할 것인가요?



과제 2: 따뜻해지는 바다는 인간과 지구에 어떤 영향을 미칠까요? ↪

바다가 따뜻해짐에 따라 다양한 방식으로 인간과 해양 시스템에 영향을 미칠 수 있습니다. 이 과제에서는 먼저 따뜻해지는 바다가 여러분의 지역사회에 어떤 영향을 미칠 수 있는지 **알아볼** 것입니다. 그런 다음 바다와 온도 시스템에 대한 피드백 루프의 영향을 **이해**하기 위해 조사할 것입니다. 마지막으로 해양 온난화를 늦추거나 그 영향에 적응하기 위해 **행동할** 것입니다.



발견: 우리 지역사회는 따뜻해지는 바다의 영향에 얼마나 취약한가요?

앞서 논의한 바와 같이 인간은 화석연료를 태움으로써 많은 양의 **온실가스(Greenhouse gases)**를 대기 중으로 배출하고 있습니다. 대기 중의 이산화탄소와 같은 온실가스는 지구에 도달하는 태양 에너지를 가두게 됩니다. 온실가스가 증가하면 지구에 더 많은 열이 머무르게 됩니다. 바다는 최근 수십 년 동안 지구 전체에서 발생한 추가적인 온난화의 90% 이상을 흡수했습니다. 그러나 바다가 추가적인 열을 흡수함에 따라 해양 시스템이 변화합니다. 이 활동에서는 이러한 변화가 여러분과 여러분의 지역사회의 다른 사람들에게 어떤 영향을 미칠 수 있는지 탐구할 것입니다.

- 그림 4.5를 살펴보세요. 이 그림은 1955년 이후 바다 열에너지의 변화를 보여 주는 그래프입니다. 이 그래프에서 열 형태의 에너지는 제타줄(Zettajoule)로 측정됩니다. 제타줄은 엄청난 에너지 단위입니다! 이해를 돋기 위해 설명하자면, 사람들이 전 세계적으로 1년 동안 사용하는 모든 에너지가 약 0.5 제타줄입니다.

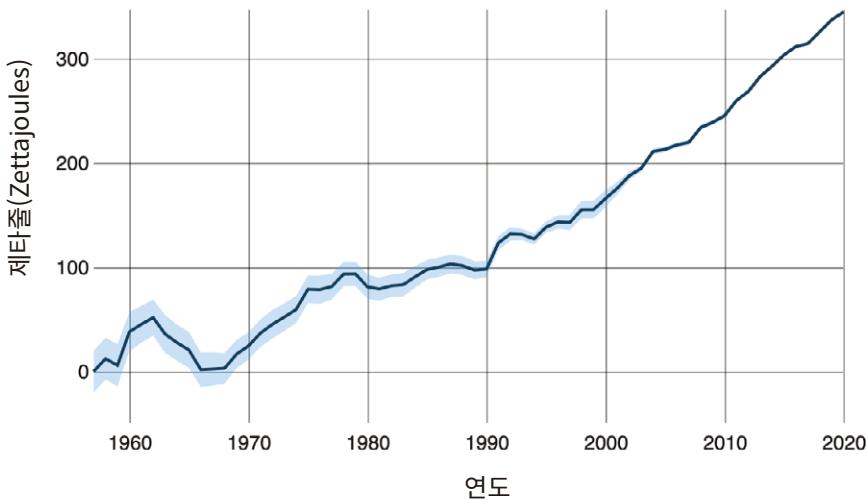


그림 4.5: 1955부터 2020년까지의 바다의 열에너지



2. 그림 4.5를 보고 팀과 함께 다음 질문에 답하세요.
- 시간에 따른 바다의 열에너지 양에 대해 무엇을 알 수 있나요?
 - 바다의 열에너지 증가가 바다의 온도에 어떤 영향을 미칠 것으로 예측하나요? 물이 열을 흡수하면 온도가 천천히 상승한다는 것을 기억하세요.
 - 예측을 검토하세요. 과학자들은 전 세계의 지역들에서 해수면 온도를 측정합니다. 2022년의 전 세계 해수면 온도를 1901년부터 2000년까지의 평균과 비교하면 2022년은 0.67°C 더 높았습니다. 실제로 해수면 온도는 1976년 이후 매년 1900년대 평균보다 더 뜻했습니다. 이것이 여러분의 예측과 일치하나요?
3. 해양과 온도 시스템 도표를 꺼내세요. 그림 1.6과 같이 여러분의 모든 요소를 둘러싸는 큰 사각형을 시스템 경계로 추가하세요.
4. 새로운 색상의 펜이나 마커를 꺼내세요.
5. “열”이라 표시된 새로운 추가 화살표를 도표에 추가하세요. 이것은 지구온난화로 인해 바다가 흡수하는 추가된 열을 보여 줍니다.
6. 새로운 펜이나 마커로 시스템의 더 많은 열이 관계의 변화를 의미할 수 있는 화살표 옆에 “+” 기호를 그리세요. 예를 들어, 시스템의 더 많은 열이 기온을 상승시키고 사람들과의 관계를 변화시킬 수 있습니다.
7. 스미스소니언 연구원들이 해양 수온 상승과 열 증가로 어려움을 겪고 있는 해양생물을 돋기 위해 어떻게 노력하고 있는지 알아보려면 스미스소니언에서는를 읽어 보세요.



스미스소니언에서는

여러분에게 익숙한 밝은 산호는 **공생(Symbiosis)**, 즉 두 종이 서로에게 이익이 되는 관계의 결과입니다. 건강한 산호는 조류와 공생합니다. 그러나 산호 주변의 물이 너무 뜨거워지면 조류가 빠져나가고 산호가 흰색이나 밝은 색으로 변하는데, 이를 **산호 백화 현상(Coral Bleaching)**이라고 합니다. 백화된 산호는 죽지는 않았지만 스트레스를 아주 많이 받아서 생존하기 어렵습니다. 바다가 산호가 살기에 더 어려운 곳이 되어 가는 상황에서, 미래에 산호가 생존할 수 있는 방법이 있을까요? 스미스소니언 보존생물학 연구소(Smithsonian Conservation Biology Institute)의 한 연구팀은 미래 세대를 위해 산호를 보존하고자 냉동 기술을 사용하여 이를 실현하려고 노력하고 있습니다.





그림 4.6: 정상 산호 중에 백화된 산호의 예

클래어 라거(Claire Lager) 연구원은 이것이 왜 중요한지 설명합니다. “저는 산호초 모니터링을 하고 있었는데 산호가 사라지는 것을 지켜보고만 있는 것 같았어요. 그래서 이 프로젝트에 참여했을 때, 생물다양성(Biodiversity)을 위해 산호를 보호하는 데 실제로 도움이 될 수 있다는 생각에 고민되었어요. 저희 팀은 산호 유생과 공생 조류(Symbiotic algae)를 냉동하는 작업을 하고 있었고, 현재 진행 중인 큰 프로젝트 중 하나는 전체 산호 조각을 냉동하는 것이에요. 저는 여전히 과학을 하고, 이제는 저의 과학활동이 생물 보존에 직접적으로 기여하고 있어요.”

동료 연구원인 마이크 헨리(Mike Henley) 박사도 말했습니다. “모든 것이 잘못되고 있다고 말하는 것 이상을 하고 싶었습니다. 도움이 되고 싶었어요. 저는 스미스소니언 국립 동물원(Smithsonian National Zoo)에서 일하고 있었고, 우리가 기후변화와 싸울 방법을 찾는 동안 생물종들이 생존할 수 있는, 살아있는 방주로서 동물원을 생각하기 시작했습니다.”



그림 4.7: 산호초 생태계를 연구하기 위해 잠수를 하고 있는 마이크 헨리 박사

해양 온도가 상승함에 따라 산호초 생태계에 미치는 영향도 커집니다. 매리 하게돈(Mary Hagedorn) 박사는 산호 보존을 위해 노력하는 연구팀을 이끌고 있습니다. 그녀는 “해양에서 온난화 현상이 발생하면 산호에 수년간 영향을 미칠 수 있습니다. 우리는 산호와 같은 개별 종에 대해 이야기하지만, 때로는 산호에 의존하는 다른 모든 종에 대해 이야기하지 않습니다. 실제로 단지 멸종되는 산호나 사라지는 물고기가 아니라 생명의 그물망이 파괴되는 것입니다. 생물다양성에 복합적인 영향을 미칩니다”라고 말합니다.

8. 팀과 함께 생각해 보세요. 열이 증가하면 변화할 수 있는 다른 관계가 있을까요? 예를 들어, 온도 상승이 인간 이외의 생물에 어떤 영향을 미칠 수 있을까요?
9. 내 지역사회와 더위지는 바다의 지침을 따르세요.



내 지역사회와 더워지는 바다(*My Community and a Warming Ocean*)

바다가 따뜻해짐에 따라 사람들과 해양 시스템에 다양한 영향을 미칠 수 있습니다. 다음은 많은 인간 사회에 영향을 미치는 세 가지 우려 사항입니다.

- 해수면 상승:** 물이 따뜻해지면 더 큰 공간을 차지하게 됩니다. 이를 **열팽창(Thermal expansion)**이라고 합니다. 빙하와 같은 육지의 얼음이 녹아 물이 바다로 유입되면 해양의 물이 늘어납니다. 지구의 열이 증가함에 따라 열팽창과 육지 빙하의 융해가 일어남으로써 전 세계 해수면이 상승하고 있습니다. 이는 해안 근처의 많은 지역사회에 위협이 됩니다.
- 극단적인 날씨:** 바다가 따뜻해짐에 따라 더 많은 물이 공기 중으로 증발합니다. 이렇게 증가하는 수증기량은 기상 패턴을 변화시킵니다. 실제로 극단적인 날씨가 더 자주 나타나고 있습니다. 허리케인과 태풍이 더 강력해지고 있습니다. 강수 패턴이 변화하여 일부 지역에서는 장기간 가뭄이 발생합니다. 가뭄은 종종 산불과 관련이 있습니다. 다른 지역에서는 비나 눈이 증가하여 홍수로 이어집니다.
- 해양 생태계 변화:** 바다가 따뜻해지면 해양생물의 서식지가 변화합니다. 어류와 같은 일부 동물은 살아가기에 더 편안한 온도를 찾아 새로운 지역으로 **회유(Migration)**할 수 있습니다. 산호와 같은 다른 동물은 새로운 서식지로 빠르게 이동하는 것이 불가능합니다. 쉽게 이동할 수 없는 생물은 따뜻해지는 바다에서 생존하기 어려울 수 있습니다. 이동하는 생물종은 이동함에 따라 새로운 서식지 경쟁에 직면할 수 있습니다. 이는 어업 및 관광과 관련한 해양 생태계에 변화를 가져올 수 있습니다.

지역사회 조사

- 팀 또는 소규모 그룹과 함께 세 가지 해양 온난화 변화 중 하나를 선택하여 지역사회 내에서 조사하세요.
- 지역사회에서 발생했거나 발생할 수 있는 변화에 대해 더 많이 알아보는 방법을 결정하세요.
예를 들어:
 - 이에 대해 더 많이 알고 있을 수 있는 전문가나 조직이 여러분의 지역사회에 있나요?
 - 최근의 역사적 기상 패턴과 같이, 지역사회에서 이미 발생한 변화에 대한 정보를 온라인이나 지역 자료 출처에서 수집할 수 있나요?
 - 잠재적인 해수면 상승 지도와 같이, 미래에 발생할 수 있는 일에 대한 정보를 수집할 수 있나요?
- Ocean! StoryMap에는 이 조사를 돋는 자료가 있습니다.
- 배운 내용을 기억할 수 있도록 기록하세요.



- e. 배운 내용을 나머지 팀원들과 공유하고 논의하세요: 해양 온난화로 인한 우리 지역사회에 가장 큰 위협은 무엇인가요?

⚠ 심리안전요령

미래에 일어날 수 있는 끔찍한 일들을 생각하는 것은 무섭고 스트레스를 유발할 수 있습니다. 아직 결정된 나쁜 결과나 재앙적인 결과는 없습니다. 현재 여러분이 우려하는 문제를 이해하는 것 자체로 이러한 결과를 방지하기 위한 노력의 일부가 될 수 있습니다. 전 세계의 과학자들과 다른 사람들도 이러한 유형의 결과를 방지하기 위해 열심히 노력하고 있습니다.

10. 마친의 생각을 읽어 보세요. 해양 온도 변화로 인해 지역사회에 영향을 미칠 수 있는 생각하지 못한 일이 있나요?

마친이 말합니다…



해양 온도가 변화함에 따라 해양 생물종과 관련한 많은 것들이 변화하고 있습니다. 예를 들어, 해양 먹이 시스템은 플랑크톤과 미생물에 의해 조절됩니다. 플랑크톤은 해양 온도가 상승함에 따라 빠르게 반응하고 성장합니다. 이것은 시스템을 변화시킵니다. 사람들은 때때로 고래나 큰 물고기와 같은 해양의 큰 생명체만 생각하지만, 이것들은 전체 시스템의 아주 작은 부분일 뿐입니다.



이해: 따뜻해지는 바다와 관련한 우려 사항은 무엇인가요?

과학 자료는 바다가 따뜻해지고 있음을 보여 줍니다. 그러나 바다가 따뜻해짐에 따라 정확히 무슨 일이 일어날지에 대해서는 여전히 불확실한 점이 있습니다. 또한 변화가 정확히 언제 발생할지 알기 어려울 수 있습니다. 바다와 같은 복잡한 시스템에서는 시스템의 균형을 잡거나 균형을 무너뜨리는 과정이 있을 수 있습니다. 이러한 과정을 **피드백 루프 (Feedback loops)**라고 합니다. 이 활동에서는 얼음 및 해양과 관련된 피드백 루프에 대해 더 자세히 탐구할 것입니다.

1. 피드백 루프란 무엇인가요?를 읽어 보세요.



피드백 루프란 무엇인가요? (What is a Feedback Loop?)

많은 시스템에는 피드 루프가 있습니다. 여러분, 여러분의 행동, 그리고 여러분의 친구들을 시스템으로 생각해 보세요.

농담을 하는 상상을 해 보세요. 친구들이 웃습니다. 여러분은 그들을 웃게 만드는 것을 좋아하므로, 앞으로 그 농담을 더 많이 할 가능성이 높습니다. 반응이 어떤 일을 더 많이, 더 자주 일어나게 한다면, 그것은 **강화 피드백 루프(Reinforcing feedback loop)**입니다.

다른 결과가 나온다면 어떨까요? 농담을 했지만 친구들이 재미있어하지 않는다고 상상해 보세요. 여러분은 그것을 좋아하지 않으므로, 앞으로 비슷한 농담을 할 가능성이 줄어듭니다. 반응이 시스템을 조절하여 이전 상태로 되돌리는 경우, 이는 **균형 피드백 루프(Balancing feedback loop)**입니다.

자연 시스템도 마찬가지입니다. 강화 피드 루프는 시간이 지남에 따라 시스템의 변화가 더 커지거나 더 빈번해진다는 것을 의미합니다. 균형 피드 루프는 시스템이 동일하게 유지되도록 조절하는 데 도움이 됩니다.

2. 해양과 온도 시스템 도표를 검토하세요. 피드 루프가 있을 수 있는 곳이 있나요? 예를 들어, 사람들이 화석연료를 태울 수 있는데, 이는 대기를 변화시키고, 기온을 변화시키며, 사람들은 더 시원해지기 위해 더 많은 화석연료를 태울 수 있습니다. 이것은 강화 피드 루프입니다. 시스템의 변화는 시간이 지남에 따라 커집니다.
3. 얼음 피드 루프 조사를 수행하세요.

얼음 피드백 루프 조사(Ice Feedback Loop Investigation)

여러분은 아마 온도가 상승함에 따라 얼음과 눈이 녹는다는 것을 알고 있을 것입니다. 그러나 얼음과 눈의 **알베도(Albedo)**와 관련된 피드 루프에 대해 생각하지 못했을 수도 있습니다. 알베도는 재료가 반사하는 빛의 양을 의미합니다. 이 단어는 낯설 수 있지만, 여러분도 아마도 이 개념은 알고 있을 것입니다. 예를 들어, 맑은 날 밖에 나갈 때 흰색 셔츠와 검은색 셔츠 중 어느 쪽이 더 시원할까요? 아마도 흰색 셔츠일 것입니다. 검은색 셔츠는 태양으로부터 더 많은 열에너지를 흡수할 것이기 때문입니다. 이 조사에서는 알베도가 해빙, 눈, 빙상 및 빙하와 어떻게 관련되어 있는지 탐구할 것입니다.



a. 재료를 모으세요. 다음이 필요합니다:

- 흰색 종이 한 장 (두꺼운 종이 또는 카드 스톡이 가장 좋습니다)
- 검은색 또는 어두운 색 종이 한 장 (두꺼운 종이 또는 카드 스톱이 가장 좋습니다)
- 얼음 조각 10-20개 또는 부순 얼음이나 눈 두 컵
- 타이머

b. 두 장의 종이를 모두 햇빛 아래에 놓으세요. 참고: 이 조사는 기온이 어는점 이상일 때만 작동합니다.
외부 기온이 어는점 이하인 경우 햇볕이 잘 드는 실내의 창턱에서 시도해 보세요.

c. 얼음을 똑같이 나누어 두 장의 종이에 같은 패턴으로 놓으세요. 그림 4.8은 예시입니다.

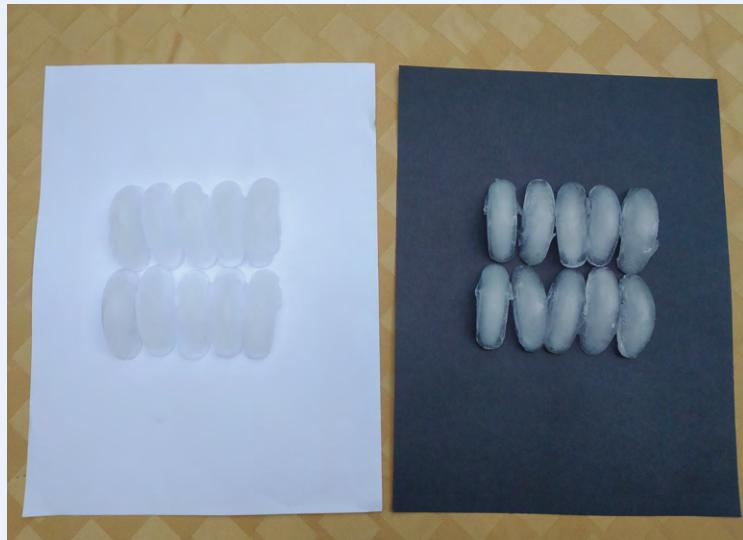


그림 4.8: 얼음 피드백 루프 조사 설정의 예

d. 타이머를 시작하세요.

e. 각 종이를 관찰하세요.

f. 각 종이에서 모든 얼음이 녹는데 걸리는 시간을 기록하세요.

토론 및 적용

팀과 함께 논의하세요:

a. 어떤 종이의 얼음이 먼저 모두 녹았나요?

b. 흰색 종이와 검은색 종이 중 어느 쪽이 알베도가 더 높다고 생각하나요? 어느 쪽이 더 많은 열을 흡수하나요?



c. 이것은 지구의 극지방 근처의 얼음 형성과 융해와 어떤 관련이 있나요?

다음 목록을 가장 높은 알베도(가장 높은 반사율)에서 가장 낮은 알베도(가장 높은 흡수율) 순으로 순위를 매겨보세요:

- 대양
- 새로 내린 눈
- 건조한 토양
- 오래된 (더러운) 눈
- 눈으로 덮인 해빙
- 녹는 눈

d. 상승하는 온도, 얼음과 눈, 해수, 빛과 어둠의 알베도가 어떻게 결합하여 강화 피드 루프를 만들 수 있을까요?

알베도 순위를 매긴 후 여기에서 답을 확인할 수 있습니다. 새로 내린 눈은 가장 높은 알베도를 가지며, 태양복사의 90% 이상을 반사할 수 있습니다. 눈으로 덮인 해빙은 약 70%, 오래된 (더러운) 눈은 약 50~60%, 녹는 눈은 약 50%, 건조한 토양은 15~20%, 대양은 약 8%를 반사합니다.

4. 해양과 온도 시스템 도표에서 얼음과 알베도 피드 루프의 세부 사항을 추가할 수 있는 곳은 어디라고 생각하나요? 원하는 경우 추가 요소와 화살표를 추가하여 피드 루프를 표시하세요.

5. 시스템 도표의 “+” 기호를 검토하고 시스템의 열 증가로 인해 발생할 수 있는 변화를 생각해 보세요.

6. 마친의 발트해 경험에 대해 읽어 보세요. 그가 설명한 내용이 열 증가로 인해 발생할 수 있다고 생각한 결과와 비슷한가요?

마친이 말합니다…



제가 연구하는 발트해는 예전에는 매우 추웠지만 지금은 훨씬 따뜻해졌습니다. 비교적 고 현재는 얼음이 없기 때문에 일조량이 많으며 전체 시스템이 이전보다 두 배 정도 빨리 작동하고 있습니다. 발트해는 매우 강하게 **성층화 (Stratified)**되고 있는데, 이는 밀도가 낮은 담수가 위에 있고 밀도가 높은 짠물이 아래에 있다는 것을 의미합니다. 과거에는 얼음이 있었지만, 이제는 얼음이

얼 정도로 춥지 않습니다. 즉, 표면의 물이 충분히 차가워지지 않아 가라앉지 않으므로 표면에 머무르게 됩니다. 산소는 차가운 물이 가라앉을 때만 바닥으로 전달됩니다. 때문에 바닥층에서는 천천히 산소가 고갈되고 있어 그곳에서 살 수 있는 생물이 줄어들고 있습니다. 이러한 모든 변화는 발트해에 있는 어류와 다른 생물에 영향을 미칩니다. 어부들은 어획량을 유지하는 데 점점 더 어려움을 겪고 있습니다.

7. 해양 속도 저하를 읽으세요.

해양 속도 저하(Ocean Slowdown)

여러분은 전 지구적 해양 컨베이어 벨트에 대해 배우고 이를 해양과 온도 시스템 도표에 추가했습니다. 시스템 내의 시스템을 주의 깊게 검토하세요. 더 높은 온도와 얼음 알베도 강화 피드백 루프가 발생할 때 시스템이 잘 작동하지 않을 수 있다는 것을 알 수 있나요?

해양 온도가 상승하면 해빙 형성이 줄어듭니다. 이는 빙하가 녹아서 발생하는 담수 유출과 결합하여 극지의 표면 물은 더 따뜻하고 덜 짜며 따라서 밀도가 낮아집니다. 증가한 밀도가 지구 해양 순환 벨트를 유도하기 때문에, 해류는 느려 지고 있습니다. 그림 4.9는 전 지구적 해양 컨베이어 벨트의 이동 방식을 보여 줍니다. 해류가 느려지거나 멈추면 어떤 변화가 있을 것으로 생각하나요?

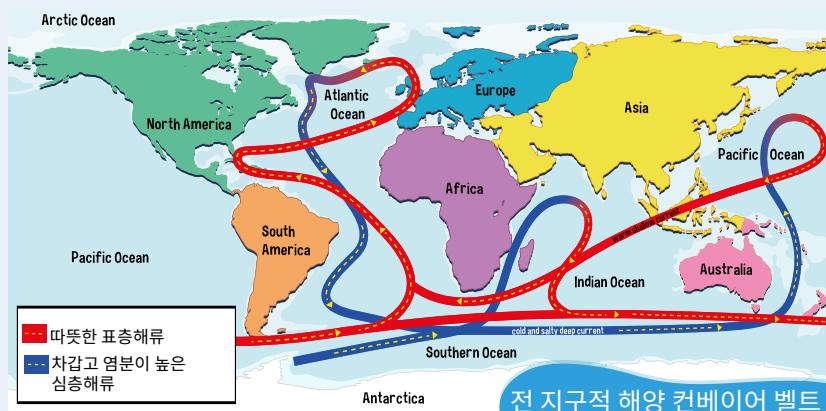


그림 4.9: 전 지구적 해양 컨베이어 벨트 지도

과제 1에서 배웠듯이, 전 지구적 해양 컨베이어 벨트는 열을 분배하는 데 중요한 역할을 합니다. 많은 과학자들은 이 컨베이어 벨트가 먼 과거에 멈추거나 느려졌으며, 일부 지역에서의 매우 갑작스럽고 극심한 냉각 같은 극적인 결과를 초래했을 것으로 믿습니다. 지역에 따라 결과가 어떻게 달라질 수 있다고 생각하나요?



전 지구적 해양 컨베이어 벨트의 용승은 또한 해양 생태계에 필수적인 심해의 영양염을 혼합합니다. 용승이 일어나는 곳에는 종종 많은 어류가 있습니다.

따뜻한 물이 해수면 위에 놓여 있고 아래층의 차가운 물과 섞이지 않으면 물이 성층화되었다고 합니다. 이 현상은 문제가 됩니다. 저층의 차가운 물에는 햅볕이 잘 드는 상층부의 생물에 필요한 많은 영양염이 있습니다. 따뜻한 상층의 물에 녹아 있는 산소는 심해 생물에게 필요합니다. 종종 바다가 더 따뜻할수록 더 성층화됩니다. 더 성층화된 물은 바다의 생물들에게 도전이 됩니다.

8. 해양과 온도 시스템 도표를 검토하고 팀과 함께 열의 증가가 해양에 미치는 영향에 대한 우려 사항을 논의하세요.

다음 사항을 고려하세요:

- 해양 온도 변화가 사람과 다른 생물에 미치는 영향
- 전 지구적 해양 컨베이어 벨트의 변화의 영향

9. 바다정체성지도의 우려 원에 우려 사항을 추가하세요.



행동: 따뜻해지는 바다에 대해 우리는 무엇을 해야 할까요?

따뜻해지는 바다와 관련하여 우려할 것이 많습니다. 그러나 파멸적인 결과는 불가피하지 않습니다. 우리가 행동을 시작할수록 그러한 행동은 더 효과적일 수 있습니다. 우리 각자는 해양 온난화에 차이를 만들 수 있는 선택을 할 수 있습니다.

- 변화하는 해양과 온도 시스템에 대한 마친의 생각을 읽어 보세요.
- 잠시 조용히 생각해 보세요. 해양과 온도 시스템의 변화에 대해 어떻게 느끼나요?

마친이 말합니다…



제 세상은 빠르게 변화하고 있습니다. 어떤 곳에서는 극적인 변화가 일어납니다. 다른 곳에서는 생물 종이 변화하고 있습니다. 이러한 변화는 여러분의 관점에 따라 좋을 수도 나쁠 수도 있습니다. 그러나 예측하기 쉽지 않습니다. 간단하지도 않습니다. 해양 시스템은 자체적인 속도와 논리로 작동합니다. 사람들을 위해 만들어진 것이 아닙니다.



⚠️ 심리안전요령

미래에 일어날 수 있는 나쁜 일들을 생각하면 무섭고 스트레스를 받을 수 있습니다. 여러분이 어떤 감정을 느끼든 괜찮습니다. 기억하세요, 파멸적인 결과는 아직 정해진 것이 아닙니다. 지금 걱정되는 문제를 이해함으로써 여러분은 이러한 결과를 방지하기 위한 노력을 할 수 있습니다. 전 세계의 과학자들과 다른 사람들도 이러한 유형의 결과를 방지하기 위해 열심히 노력하고 있습니다.

3. 바다정체성지도를 꺼내세요. 해양과 해양 온도의 미래에 대해 무엇을 바라나요? 희망원에 추가하세요.
4. 개인정체성지도를 꺼내세요. 그것을 주의 깊게 검토하세요. 여러분의 정체성지도에 여러분 자신을 표현하고 아이디어를 공유하고 싶은 방법을 나타내는 것이 있나요? 예를 들어, 글쓰기, 춤추기, 친구들과 이야기하기를 좋아하나요?
5. 자신의 아이디어와 감정을 다른 사람들에게 표현하는데 가장 편안한 한 가지 방법을 선택하세요. 아이디어가 떠오르지 않는다면 표현 전략을 읽어 보세요.

표현 전략(Expression Strategies)

다른 사람과 의사소통할 때 자신을 표현하는 많은 방법이 있습니다. 여러분이 공유하려는 정보, 주변 사람들이 정보를 받아들이는 방식, 그리고 자신의 선호도에 따라 가장 효과적인 방법을 선택할 수 있습니다. 다음은 고려할 수 있는 몇 가지 방법입니다.

글쓰기

글쓰기는 에세이, 팜플릿, 뉴스 보도, 소설, 시, 소설 미디어 게시물 등 다양한 형태가 있습니다. 어떤 사람들은 서면 형식으로 정보를 주고받는 것을 가장 편안하게 생각합니다.

스토리텔링

이야기 공유는 아이디어를 전달하는 중요한 방법이 될 수 있습니다. 이야기는 때때로 공개 연설을 통해 공유되거나 팟캐스트나 동영상으로 녹음되거나 무대에서 연극의 형태로 전달됩니다. 어떤 사람들은 정보를 주거나 받기 위해 이야기를 사용하는 것을 선호합니다.

시각 및 공연 예술

정보를 공유하고 다른 사람들이 새로운 관점을 고려하도록 장려하는 데 사용할 수 있는 다양한 예술 형식이 있습니다. 회화, 그림, 조각, 판화, 직물, 사진과 같은 시각 예술과 춤, 음악과 같은 공연 예술은 강력한 의사소통 방법이 될 수 있습니다. 어떤 사람들은 예술적 매체를 통해 공유되는 정보를 주고받는 것을 가장 편안하게 생각합니다.



디지털 커뮤니케이션

밈, GIF, 짧은 동영상, 인포그래픽 등 다양한 형태의 디지털 커뮤니케이션을 정보 공유에 사용할 수 있습니다. 이러한 커뮤니케이션은 종종 소셜 미디어 사이트에 게시되며 다른 사람들과 쉽게 공유할 수 있습니다. 어떤 사람들은 소셜 미디어나 다른 디지털 공간을 사용하여 정보를 주고받는 것을 선호합니다.

다른 방법

다른 사람과 의사소통하는 데 사용하는 다른 방법이 있을 수도 있고, 이미 나열된 방법 중 일부를 결합할 수도 있습니다.

6. 같은 표현 방법에 관심 있는 다른 사람을 찾아보세요. 일부 방법은 개인적인 시각 예술 작품이나 밴 만들기와 같이 한 사람만 필요할 수 있습니다. 다른 방법은 춤이나 연극 만들기와 같이 여러 사람이 필요할 수 있습니다.
7. 해양과 온도 시스템 도표를 꺼내서 검토하세요.
8. 해양과 온도 시스템 및 그 변화에 대해 배운 것 중 다른 사람들과 공유하고 싶은 것이 무엇인지 생각해 보세요.
 - a. 열에 의한 해양 시스템의 변화를 제한하는 방법에 대한 사람들의 생각을 듣고 싶나요?
 - b. 여러분의 지역사회가 바다의 변화에 적응하는 방법에 대한 사람들의 생각을 듣고 싶나요?
 - c. 여러분의 바다정체성지도에서 특정 희망이나 우려 사항을 공유하고 싶나요?
9. 혼자 또는 팀별로 다음을 결정하세요.
 - a. 무엇을 공유하고 싶은가요?
 - b. 어떻게 공유하고 싶은가요?
 - c. 누구와 공유하고 싶은가요?
10. 자신의 감정과 지식을 공유하고 다른 사람들이 생각하도록 돋기 위해 여러분의 표현을 만들어 보세요.
11. 표현을 청중과 공유하세요.
12. 함께 성찰해 보세요: 여러분의 표현이 청중과 어떻게 연결되었나요?
13. 해양과 온도 시스템 도표를 저장하세요. 파트 7에서 필요합니다.



축하합니다!

파트 4를 마쳤습니다

더 알아보기!

추가 자원과 활동에 관한 정보를 얻으려면
Ocean! StoryMap(<https://bit.ly/OCEAN2030>)을 방문해 보세요.

참고문헌

1. NASA. "Ocean Heat Content Changes Since 1955 (NOAA)." Ocean Warming. Accessed December 7, 2023. <https://climate.nasa.gov/vital-signs/ocean-warming>
2. National Centers for Environmental Information. "Climate at a Glance." Accessed December 7, 2023. <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/climate-at-a-glance/global/time-series>.



용어사전(Glossary)

이 용어사전은 모르는 단어를 이해하는 데 도움이 될 수 있습니다. 여러분은 그림, 자신의 정의 또는 도움이 되는 다른 것을 추가할 수 있습니다. 원하는 경우 용어사전에 다른 단어를 추가하세요.

강화 피드백 루프 (Reinforcing feedback loop)	변화에 대한 반응이 그 변화를 더 강력하게 또는 더 자주 발생하게 하는 경우
거주 가능한(Habitable)	사람이 살기에 적합한
경제적인(Economic)	돈, 소득 또는 부의 사용과 관련된
공생(Symbiosis)	두 종이 서로에게 이익이 되는 관계
공생 조류(Symbiotic algae)	珊호와 같은, 다른 생물과 함께 살면서 서로를 돋는 조류
균형 피드백 루프 (Balancing feedback loop)	변화에 대한 반응이 시스템을 조절하여 정상 상태로 되돌리는 경우
밀도(Density)	특정 부피 내에 포함된 질량의 양
사회적인(Social)	지역사회에서 사람들의 상호 작용과 그들의 교육, 건강, 웰빙
산호 백화 (Coral bleaching)	산호 주변의 물이 너 뜨거워져 조류가 밀려나고 산호가 흰색이나 밝은 색으로 변하는 현상
생물다양성(Biodiversity)	지구상의 다양한 생명체
성층화된(Stratified)	층을 가진 물질
알베도(Albedo)	재료가 반사하는 빛의 양
열대지방(Tropics)	지구 적도 주변 지역
열용량(Heat capacity)	물체의 온도를 1도 변화시키는데 필요한 열량
열팽창(Thermal expansion)	물이 따뜻해지면 더 많은 공간을 차지함
열흡수체(Heat sink)	온도가 약간만 변하면서 많은 에너지를 흡수할 수 있는 능력
염분(Salinity)	물에 녹아 있는 소금의 양
온실가스 (Greenhouse gases)	이산화탄소와 메탄과 같은, 대기를 더 따뜻하게 만드는 가스
용승(Upwelling)	심해수가 표면으로 올라오는 현상
윤리적인(Ethical)	무언가의 공정성
전 지구적 해양 컨베이어 벨트 (Global Ocean Conveyer Belt)	지구 전체에 걸쳐 표면수를 심해로, 심해
태양복사(Solar radiation)	태양으로부터 오는 에너지
피드백 루프 (Feedback loops)	시스템을 균형 있게 하거나 불균형하게 만드는 과정 수를 표면으로 이동시키는 중요한 심층 해류
환경적인(Environmental)	자연 세계에 관한
회유(Migrate)	한 장소에서 다른 장소로 이동

