

바다!



파트 3: 바다와 대기

**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 지속가능한 미래를 어떻게 만들어 갈 수 있을까요?* 파트 3(*Ocean! How can we create a sustainable future for the ocean? Part 3*)의 개발에 기여한 모든 분들의 노력에 감사드립니다. 그들은 이 저작물의 품질을 최고로 만들기 위해 자신의 전문 지식을 제공하였습니다. 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
Dr. Luiz Drude Delacerda

연구 멘토
Dr. Rebecca Albright

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

이미지 출처

표지 - AshleyWiley/iStock/Getty Images Plus; Damocean/iStock/Getty Images Plus

그림 3.1 - Smithsonian Science Education Center

그림 3.12 - Smithsonian Science Education Center

그림 3.2 - Smithsonian Science Education Center

그림 3.13 - Smithsonian Science Education Center

그림 3.3 - VectorMine/iStock/Getty Images Plus

그림 3.14 - Smithsonian Science Education Center

그림 3.4 - Smithsonian Science Education Center

그림 3.15 - Smithsonian Science Education Center

그림 3.5 - Damocean/iStock/Getty Images Plus

그림 3.16 - Smithsonian Science Education Center

그림 3.6 - Smithsonian Science Education Center

그림 3.17 - Smithsonian Science Education Center

그림 3.7 - Smithsonian Science Education Center

그림 3.8 - Smithsonian Science Education Center

그림 3.9 - Smithsonian Science Education Center

그림 3.10 - David Klimes

그림 3.11 - Smithsonian Science Education Center

파트 3: 바다와 대기

계획서	70
과제 1: 해양 시스템은 지구의 대기를 어떻게 조절하나요?	73
발견: 대기는 어떻게 우리 지역사회와 바다를 연결하나요?	73
이해: 지구의 탄소와 산소 순환에서 바다는 어떤 역할을 하나요?	76
행동: 지구의 대기를 조절하기 위해 어떻게 긍정적인 역할을 할 수 있나요?	87
과제 2: 해양 산성화를 어떻게 예방할 수 있나요?	89
발견: 이산화탄소 증가는 어떻게 해양의 화학적 변화로 이어지나요?	89
이해: 산성화된 바다는 해양 생태계에 어떤 영향을 끼치나요?	94
행동: 해양 산성화를 어떻게 막을 수 있을까요?	97
참고문헌	101
용어사전	102

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: 해양 시스템은 지구의 대기를 어떻게 조절하나요?					
발견	마음챙김을 통해 호흡과 바다와 연결하고, 지구의 산소 생산에 대한 자료를 검토하세요.	• 종이 • 펜 또는 연필	<u>바다와 물 시스템</u> <u>도표</u>	20분	73
이해	탄소순환에 대해 배우고, 대기 중 탄소에 대한 자료를 검토하고, 블루카본 저장고를 조사하세요.	• 가능하면 투명한 종이 • 펜 또는 연필 • 블루카본 게임 카드 • 가위 • 색깔 테이프 (선택사항) • 20개 품목 2세트 종이 클립, 작은 돌, 블록 등	<u>바다와 대기 시스템</u> <u>도표</u> <u>바다정체성지도</u> <u>알아차리기,</u> <u>생각하기,</u> <u>궁금해하기</u>	40분	76
행동	대기 중 이산화탄소를 줄이기 위한 행동 방안에 대한 다른 관점을 고려해 보세요.	• 종이 • 펜 또는 연필	<u>바다와 물 시스템</u> <u>도표</u> <u>바다정체성지도</u>	15분	87

활동	내용	재료와 기술	추가 재료	소요시간	페이지
과제 2: 해양 산성화를 어떻게 예방할 수 있나요?					
발견	지역사회의 이산화탄소 배출량을 반영하고, 대기 중 이산화탄소가 해양 산성화로 이어지는 과정을 조사하세요.	- 투명한 플라스틱 또는 종이컵 4개 (선택 1과 2를 시행한다면 5개) - 마커 - 자연적 pH 지시자 (붉은 양배추, 블루베리, 램스베리, 블랙베리, 포도 혹은 자두, 등) 와 끓는 물과 여과기, 혹은 pH 미터 혹은 pH 시험지 - 식초, 레몬주스 같은 산 - 베이킹 소다 같은 염기 - 선택 1: 빨대 - 선택 2: 호일, 플라스틱 랩 (클링 필름)	<u>바다와 물 시스템</u> <u>도표</u>	45분	89
이해	산성화된 바다가 해양생물의 패각/껍데기에 미치는 영향을 조사하세요.	- 껍질 5개(굴, 홍합, 혹은 달걀, 등) - 투명한 유리 혹은 플라스틱 컵 5개 - 작은 전자 저울 (선택 사항) - 마커 - 식초와 레몬 주스와 같은 식초 - 물	<u>바다정체성지도</u> <u>바다와 대기 시스템</u> <u>도표</u>	30분 + 밤샘 + 15분	94
행동	해양 산성화에 대한 합의를 도출하고 이에 대응하는 행동을 취하세요.	<u>바다정체성 지도</u> <u>바다와 대기 시스템 도표</u>	<u>바다정체성지도</u>	25분 + 행동 시간	97



연구 멘토를 소개합니다.

연구 멘토 루베카 올브라이트(Rebecca Albright) 박사를 만나 보세요. 루베카(*Ruh-BEH-kah*라고 발음합니다)는 지구의 해양과 대기 시스템에 대해 더 잘 이해할 수 있도록 도와줄 연구 멘토입니다.

루베카는 캘리포니아 과학 아카데미의 큐레이터입니다. 그녀는 해양 산성화와 그것이 산호초에 미치는 영향을 연구합니다. 또한 아카데미의 ‘산호초를 위한 희망계획(Hope for Reefs Initiative)’을 공동으로 이끌고 있습니다. 루베카는 해양생물학 및 수산학 박사 학위를 가지고 있습니다. 또한 그녀는 자신의 정체성의 다른 부분에서 비롯된 지식과 관점도 가지고 있습니다. 루베카는 이제부터 여러분과 함께할 것이기 때문에, 그녀가 누구인지 이해하는 것이 중요합니다.

루베카의 정체성지도

여성

오하이오에서 성장함

언니 한 명

학습설계와 하와이학을 공부함

두 자녀(아들과 딸)의 엄마

캘리포니아 과학원 큐레이터

모치라는 고양이 한 마리 소유

호주에서 3년간 거주함

환경 시스템에 관심

살사 댄스를 좋아함

그림 그리기를 좋아함

좋아하는 색깔은 보라색과 녹색

등산 등의 야외활동을 좋아함

도미니카공화국의 이중언어 학교에서 가르침



과제 1: 해양 시스템은 지구의 대기를 어떻게 조절하나요?

어떤 사람들은 바다를 “지구의 허파”라고 부릅니다. 그러나 인간의 허파(산소를 흡수하고 이산화탄소를 생성함)와 달리 바다는 이산화탄소를 흡수하고 산소를 생성합니다. 이 과제에서 여러분은 지역사회의 대기와 바다 사이의 연결에 대해 더 많이 **발견**할 것입니다. 그런 다음 지구의 대기와의 관계에서 바다에서 일어나는 현상을 **이해**하기 위해 조사할 것입니다. 마지막으로, 여러분은 사람들이 이 시스템의 더 긍정적인 부분이 되도록 **행동**할 것입니다.

파트 3의 나머지 부분을 시작하기 전에, 루베카의 정체성지도에 대해 조용히 생각해 보고 여러분 자신의 개인정체성지도와 비교해 보세요.

- 루베카와 공통점이 있나요?
- 루베카와 다른 점이 있나요?
- 루베카의 정체성 중에 바다의 시스템을 이해하는 것과 관련된 것이 있나요?

파트 3 전체를 통해 루베카는 여러분과 아이디어 또는 경험을 공유할 것입니다. 그녀는 여러분이 연구를 더 잘하는 방법을 이해하도록 도와주거나, 그녀가 한 연구 중 일부를 공유할 수 있습니다.



발견: 대기는 어떻게 우리 지역사회와 바다를 연결하나요?

대기(Atmosphere)는 지구를 둘러싸고 있는 가스의 혼합물입니다. 수십억 년 전, 지구의 대기에는 산소가 거의 없었습니다. 시간이 지남에 따라, **남조류(Blue-green algae, Cyanobacteria)**라 불리는 해양생물에서 **광합성(Photosynthesis)** 과정이 시작되었습니다. 광합성은 이제 초목, 조류, 그리고 일부 박테리아 종에 의해 사용됩니다. 광합성은 이산화탄소를 흡수하고 산소를 생성합니다. 시간이 지남에 따라 광합성 과정을 통해 지구 대기의 일부인 산소가 증가했습니다.

오늘날 산소는 지구 대기의 약 21%를 차지합니다. 이 산소는 사람을 포함한 지구상 대부분의 생물의 생존에 필수적입니다. 우리는 대기에서 공기를 들이마십니다. 산소를 흡입하면서 이산화탄소를 생성합니다.

이것은 광합성 과정과는 반대입니다.

바다가 하나이듯이 대기도 하나입니다. 지구의 다른 지역에서 생성된 산소, 이산화탄소, 그리고 다른 가스는 모두 섞여서, 마치 바다의 물이 시간이 지남에 따라 섞이는 것처럼 섞입니다. 이 활동에서 여러분은 대기와 해양 속에 있는 산소와 이산화탄소 사이의 시스템과 균형에 대해 생각해 볼 것입니다.

1. 편안한 장소를 찾아 앉으세요.
2. 선생님 혹은 팀의 한 사람이 천천히 *마음 챙김: 바다와 함께 호흡하기*를 소리 내어 읽습니다. 지시 사항을 따르세요.



마음 챙김: 바다와 함께 호흡하기 (*Mindfulness: Breathing with the Ocean*)

몸을 편안하게 하고 눈을 감으세요.

깊게 숨을 들이쉬었다가 내쉬세요. 제가 말하는 동안, 편안한 속도로 계속 숨을 들이쉬고 내쉬세요.

숨을 들이쉬며 공기가 주변 공간에서 폐로 흘러들어 가는 것을 상상하세요.

그 공기 중의 산소가 폐를 통해 몸속으로 들어가는 것을 상상하세요.

몸의 기능을 가능하게 해주는 산소에 감사하세요.

몸에서 생성된 이산화탄소가 폐를 통해 몸 밖으로 나가는 것을 상상하세요. 이산화탄소는 필요하지 않습니다. 내쉬세요.

가장 가까운 식물을 생각해 보세요. 나무, 풀잎, 덩굴, 관목, 심지어 잡초라고 불리는 것일 수도 있습니다. 그 녹색 식물이 여러분의 이산화탄소를 흡수하고 산소를 내뿜는 것을 상상하세요. 식물에서 나오는 산소를 들이마시고 식물이 사용하는 이산화탄소를 내쉬세요. 몇 번 숨을 쉬며, 여러분과 주변 식물 사이의 균형을 상상하세요.

마음속으로 더 멀리, 여러분 지역사회의 끝까지 가 보세요. 여러분의 공동체의 모든 식물이 이산화탄소를 흡수하고 산소를 생산하고, 여러분의 공동체의 모든 사람과 다른 동물들이 산소를 들이마시고 이산화탄소를 내뿜는 것을 상상하세요. 들이쉬고 내쉬세요. 균형을 이루세요. 공기는 섞이고 있습니다. 가장자리도 경계도 없습니다.

이제 생각을 바다로 넓혀보세요. 지구에서 생산되는 산소의 약 절반은 바다에서 나옵니다. 바다의 해초, 맹그로브, 그리고 켈프 숲을 상상하세요. 그들이 생산하는 산소를 들이마시고 그들이 사용하는 이산화탄소를 내쉬세요.

플랑크톤(Plankton), 즉 조류, 표류하는 식물, 박테리아를 상상하세요. 그들은 지구상의 어떤 것보다 더 많은 산소를 생산하고 있습니다. 그들이 주는 산소를 들이마시세요. 눈에 보이지 않을 정도로 작은 것들이 생명을 잇게 해 주는 산소를 생산한다는 데 대해 감사하세요.

몇 번 더 숨을 들이쉬고 내쉬세요. 숨을 천천히 되돌리는 것을 상상하세요. 먼저 여러분의 지역사회로, 그 다음 가장 가까운 식물로, 마지막으로 여러분이 시작한 곳인 여러분 자신에게로. 어떤 생물은 산소를 필요로 하고 이산화탄소를 생성하고, 어떤 생물은 이산화탄소를 필요로 하고 산소를 생성하는 시스템의 균형에 감사하세요. 여러분은 이 시스템의 일부입니다.

준비되면 눈을 떠 보세요.

3. 종이 한 장을 꺼내서 “바다와 대기 시스템 도표”라고 표시합니다.
4. 방금 생각한 지구 대기 시스템의 요소들을 생각해 보세요. 마음 챙김: 바다와 함께 호흡하기를 다시 읽어서 상기시킬 필요가 있다면 다시 읽어 보세요. 사람들, 여러분 지역사회와 다른 생물들, 그리고 바다의 다른 생물들을 떠올려 보세요.
5. 생각한 각 요소에 대해 이름을 적고 주변에 사각형을 그리세요. 사람들도 포함시키세요. 또한 여러분의 지역사회에서 적어도 한 가지의 다른 생물과, 플랑크톤을 포함하여 바다에 살고있는 두 가지의 다른 생물을 포함하세요. 도움이 필요하다면 그림 3.1의 시스템 도표의 사례를 참조하세요.

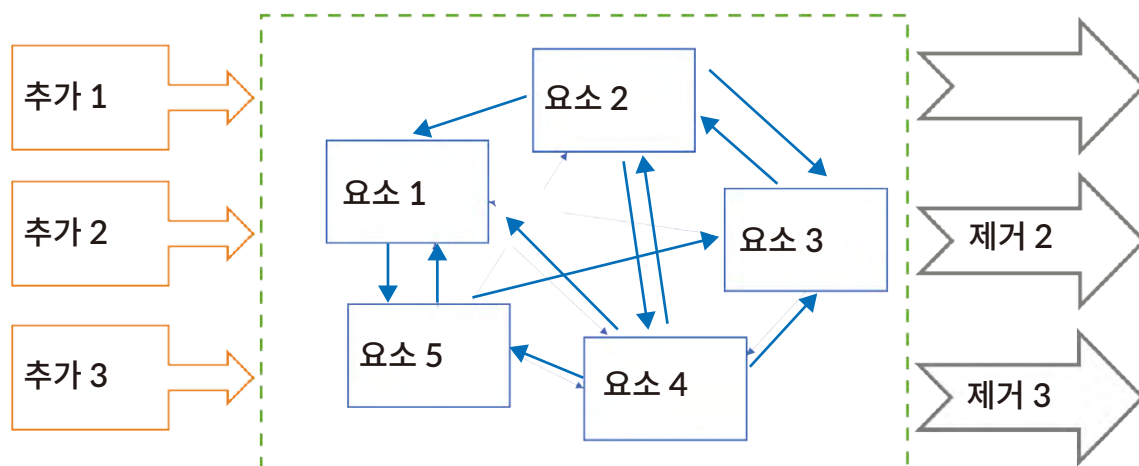


그림 3.1: 요소, 관계, 경계, 추가, 제거를 포함하는 시스템 도표의 예

6. 여러분의 시스템에서 요소들 사이를 산소가 어떻게 이동하는지 생각해 보세요. 그 움직임을 보여 주기 위해 화살표를 그려서 표시를 해 보세요.
7. 여러분의 시스템에서 이산화탄소가 요소들 사이를 어떻게 이동하는지 생각해 보세요. 그 움직임을 보여 주기 위해 화살표를 그려서 표시를 해 보세요.
8. 파트너에게 돌아가서 논의하세요: 어떤 생물은 이산화탄소를 생산하고 어떤 생물은 산소를 생산하는 것이 왜 중요할까요?
9. 그림 3.2의 원형 차트를 살펴보세요.

지구의 산소 생산

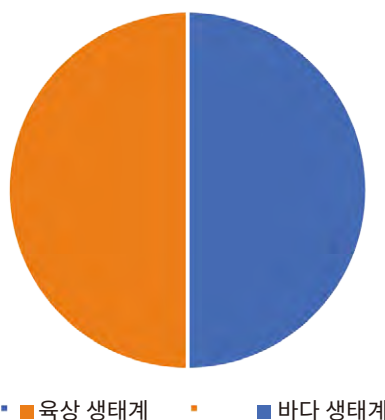


그림 3.2: 지구 산소 생산에 대한 육상 생태계와 해양 생태계의 기여를 보여주는 도표

10. 각 팀은 종이 한 장을 꺼내어 혹은 교실 칠판을 사용하여 세 개의 열을 만들어 봅니다. 이 열들에 “알아차리기(Notice)”, “생각하기(Think)”, “궁금해하기(Wonder)”라고 표시합니다.
11. 각 팀은 다음 질문들을 논의하고 답을 기록하세요.
 - a. **알아차리기**: 그림 3.2에서 무엇을 알아차렸나요? 놀랍거나 중요해 보이는 것이 있나요? **알아차리기** 열에 아이디어를 기록하세요.
 - b. **생각하기**: 어떤 유형의 생태계가 산소를 생산하는지 아는 것이 왜 중요하다고 생각하나요? 그림 3.2에서 여러분의 바다와 대기 시스템 도표에 빠진 중요한 요소가 있다고 생각하나요? **생각하기** 열에 아이디어를 기록하세요. 여러분의 바다와 대기 시스템 도표에 빠진 중요한 요소를 추가하세요.
 - c. **궁금해하기**: 그림 3.2를 보고 난 뒤 궁금한 것이 있나요? 예를 들어, 바다와 대기 시스템에 대해 궁금하거나, 산소를 생산하는 요소가 더 적다면 우리의 대기에 무슨 일이 일어날지 궁금한가요? **궁금해하기** 열에 아이디어를 기록하세요.
12. 사람, 대기, 바다 사이의 연결에 대한 루베카의 생각을 읽어 보세요.
13. 여러분의 바다정체성지도를 꺼내세요. 여러분이 숨 쉬는 공기와 바다 사이의 연결에 대해 배운 것을 생각해 보세요. 연결 원 안에 그 연결을 나타내는 단어, 이미지, 그림 또는 다른 것을 추가하세요.

루베카가 말합니다...



우리가 숨 쉬는 산소의 약 절반(두 번 호흡할 때마다 한 번씩)은 주로 바다에서 나옵니다. 작고 미세한 조류, 즉 **식물플랑크톤(Phytoplankton)**이 광합성을 통해 이산화탄소, 햇빛, 물을 유기물로 바꾸고 그 과정에서 산소를 방출하는 것입니다.



이해: 지구의 탄소와 산소 순환에서 바다는 어떤 역할을 하나요?

바다의 광합성 생물은 산소를 생산하는데, 이 산소는 대기와 바다와 육지의 다른 생물 사이를 순환합니다. 탄소는 또한 대기와 많은 다른 탄소 흡수원 사이를 순환하는데, **탄소 흡수원(Carbon sinks)**은 탄소를 저장하는 환경이나 생물을 말합니다. 지구에서 가장 큰 탄소 흡수원은 실제로 바닷물입니다. 과제 2에서 이것에 대해 더 많이 배울 것입니다. 바다의 생물도 중요한 탄소 흡수원입니다. 이 활동에서는 지구의 **탄소순환(Carbon cycle)**의 최근 변화에 대해 더 자세히 조사할 것입니다. 또한 해양 생태계가 탄소순환에서 하는 역할에 대해 생각해 볼 것입니다.

1. 여러분의 바다와 대기 시스템 도표를 꺼내어 기존 요소들을 원으로 둘러싸세요. 이 원을 “생물”이라고 표시합니다.
2. “바다”, “육지”, “대기”, “화석연료”의 네 가지 새로운 요소를 생물 원 주위에 추가하세요.

3. 탄소순환을 읽고, 바다, 육지, 대기, 생물, 화석연료 사이를 탄소가 이동하는 방식을 알게 될 때마다, 바다와 대기 시스템 도표에 그 움직임을 표시하기 위해 화살표를 그려서 라벨을 붙이세요.

탄소순환(The Carbon Cycle)

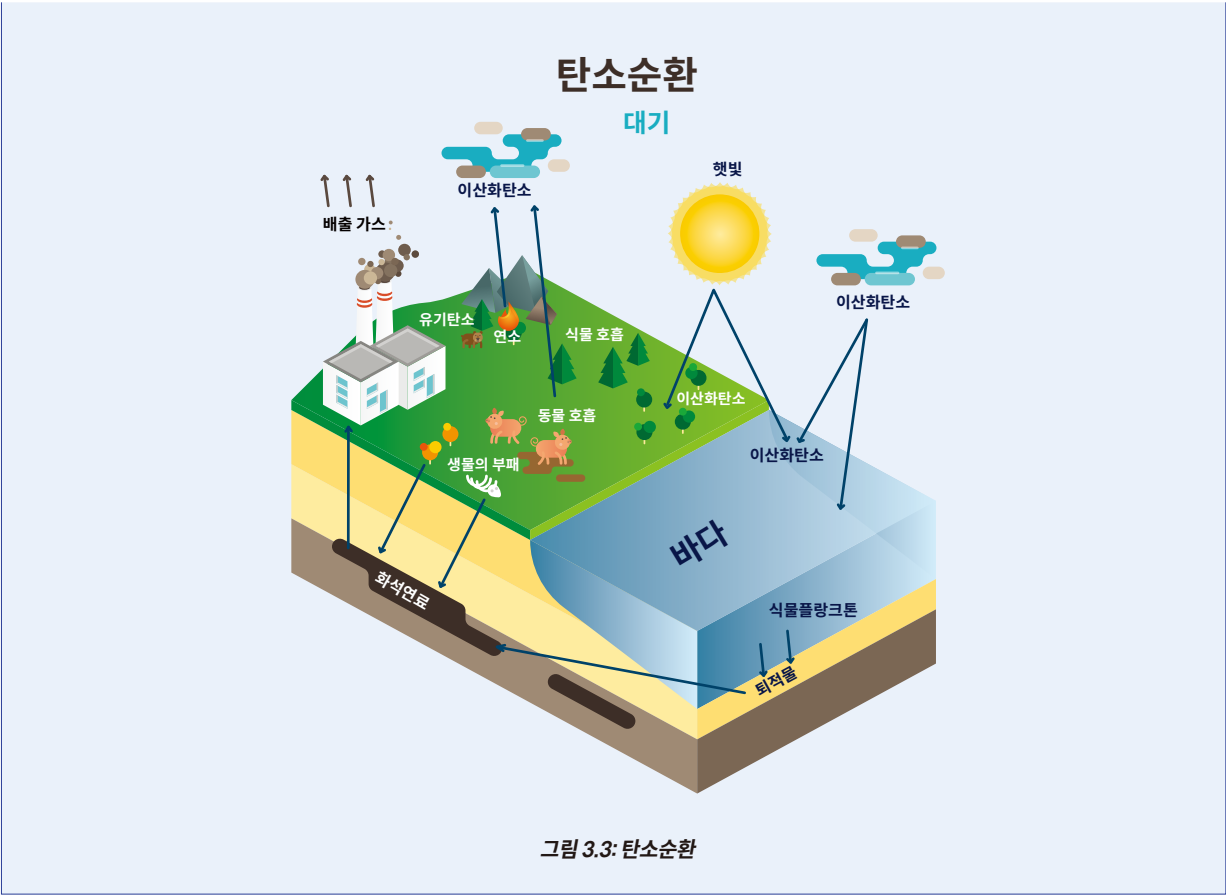
탄소순환은 생물, 바다, 육지, 대기 사이에서 다양한 형태의 탄소가 순환하는 과정입니다. 그림 3.3은 탄소순환을 나타내는 그림입니다.

모든 생물은 탄소를 포함하는 분자로 이루어져 있습니다. 각 생물은 탄소 흡수원 역할을 합니다. 생물이 죽어 분해되면, 일반적으로 탄소는 이산화탄소로 다시 공기 중으로 방출됩니다. 일부 이산화탄소는 공기에 남아 있고 일부 이산화탄소는 바닷물에 용해됩니다.

그러나 때로는 생물체의 탄소가 육지나 바다 아래에 묻히기도 합니다. 생물체가 공기로부터 격리되면, 특히 물속에 묻힌 경우에는 **분해(Decompose)**되지 않을 수 있습니다. 이것을 **탄소 저장(Carbon storage)**이라고 합니다. 수 만 년에 걸쳐 열과 압력이 가해지면 묻혀 있던 탄소를 석유, 천연 가스, 석탄과 같은 **화석연료(Fossil fuels)**로 변형시킬 수 있습니다. 석유와 천연가스는 일반적으로 바다의 플랑크톤이 죽어 **퇴적물(Sediments)**에 의해 해저에 묻혔을 때 형성되었습니다. 석탄은 일반적으로 늪의 식물과 동물이 죽어 늪 바닥의 퇴적물에 의해 묻혔을 때 형성되었습니다. 이러한 화석연료는 애초에 바다나 늪에서 형성되었지만, 오늘날 건조한 육지나 심지어 사막처럼 과거 형성되었던 환경과는 매우 다른 장소에서 발견되기도 합니다.

화석연료의 탄소는 수 만 년 동안 지구 대기에서 격리되어 왔습니다. 그러나 지난 150여년 동안 사람들은 이러한 화석연료를 에너지원으로 많이 사용하기 시작했습니다. 화석연료가 연소되면 많은 에너지를 방출하여 자동차를 움직이게 하거나 전기를 생산하거나 집을 데우는 등의 일을 하는 데 사용합니다. 화석연료를 태우면 이산화탄소와 다른 **온실가스(Greenhouse gases)**도 대기 중으로 방출됩니다. 이러한 방출된 가스를 **배출 가스(Emissions)**라고 합니다. 온실가스는 이산화탄소나 메탄 같은 가스로, 열을 가두어 대기를 더 따뜻하게 만듭니다. 화석연료와 기타 잠재적인 에너지원에 대한 자세한 정보는 **에너지!(Energy!)** 가이드를 참조하세요.





4. 파트너에게 돌아가서 여러분의 바다와 대기 시스템 도표를 비교하세요. 탄소가 생물, 대기, 육지, 바다, 화석연료 사이를 이동하는 방식을 추적할 수 있나요? 탄소순환 전체를 갖고 있는지 서로 확인하세요. 질문이 있으면 탄소순환을 다시 읽어 보세요.
5. 1750년과 2020년 사이의 대기 이산화탄소(파란 선)와 이산화탄소 배출량(주황색 선)을 보여 주는 그림 3.4의 그래프를 살펴보세요.

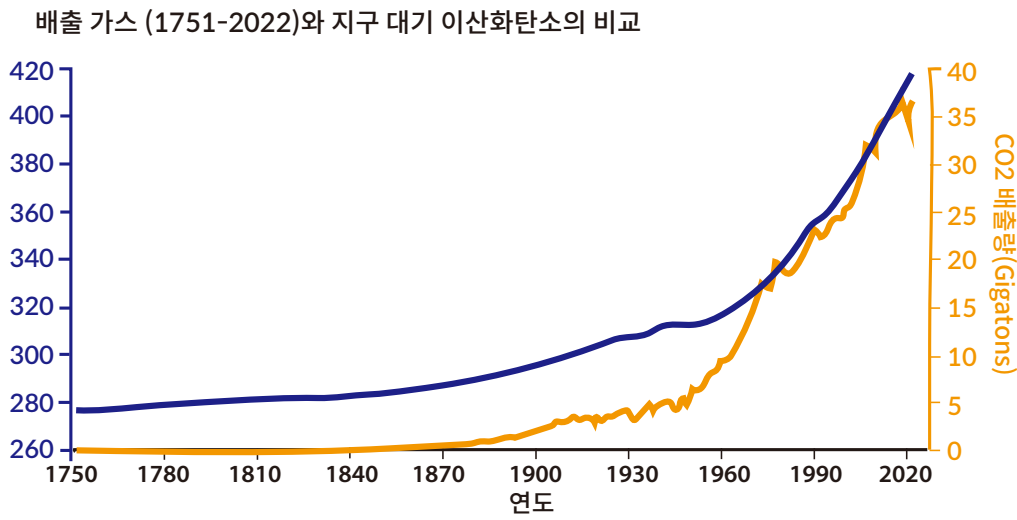


그림 3.4: 시간에 따른 대기 이산화탄소의 변화

6. 알아차리기, 생각하기, 궁금해하기 문서를 꺼내어 이 질문들에 답하세요.

a. 알아차리기 옆에 다음 질문에 대한 답을 기록하세요

- 1750년에서 2020년까지의 이산화탄소(CO_2) 배출량(주황색 선)에서 무엇을 알아차렸나요?
- 1750년에서 2020년까지의 대기 이산화탄소(CO_2)에 대해 무엇을 알아차렸나요(파란 선)?
- 두 선의 관계에 대해 무엇을 알아차렸나요?

b. 생각하기 옆에 추가적인 대기 이산화탄소의 영향에 대한 아이디어를 기록하세요. 이 대기 이산화탄소는 바다와 대기 시스템에 새로운 추가물입니다. 대기 이산화탄소의 양이 증가함에 따라 시스템에서 무엇이 변할 수 있다고 생각하나요?
바다와 대기 시스템 도표의 요소와 관계를 사용하여 생각해 보세요.

c. 궁금해하기 옆에 그림 3.4를 보고 궁금한 점을 기록하세요. 예를 들어, 이산화탄소 증가가 어디서 오는지 또는 지구에 어떤 의미가 있을지 궁금하나요?

7. 블루카본이란 무엇인가?를 읽어 보세요.

블루카본이란 무엇인가?(What is Blue Carbon?)

여러분이 배운 것처럼, 탄소순환을 통해 식물은 이산화탄소를 흡수하고 저장합니다. 이 식물들이 죽으면, 일반적으로 그 안의 탄소는 분해되면서 대기 중으로 되돌아갑니다.

그러나 맹그로브, 해초 밭, 염습지와 같은 해안 습지에서는 특별한 일이 일어납니다. 해안 퇴적물에는 산소가 부족합니다. 즉, 식물과 다른 생물의 탄소는 실제로 분해되지 않고 수 년 또는 수천 년 동안 진흙 속에 묻혀 있습니다. 같은 크기의 지역을 비교할 때, 이러한 유형의 생태계는 육지의 숲보다 탄소 저장에 더 효율적일 수 있습니다. 이러한 해양 탄소 저장을 때로는 **블루카본(Blue carbon)**이라고 합니다.



그림 3.5: 수면 위와 아래의 맹그로브

하지만 문제가 있습니다. 이러한 생태계가 교란되거나 파괴되면, 많은 양의 탄소가 대기 중으로 빠르게 방출될 가능성이 있습니다. 이것을 때로는 **탄소 폭탄(Carbon bomb)**이라고 합니다.



8. 블루카본 게임을 준비하기 위해 필요한 카드를 만들어 보세요. 그림 3.6의 카드를 인쇄할 수 있습니다. 프린터가 없다면 종이 또는 카드보드에 단어를 써서 카드를 만들어 보세요. 카드를 잘라서 15개의 개별 카드를 만들어 보세요.

여러분은 새우 양식장을 짓고 싶습니다. 여러분은 다음을 선택할 수 있습니다: <u>사용:</u> 2 맹그로브 공간 <u>획득:</u> +2 사람 점수	맹그로브는 치어들이 자라기 좋은 장소입니다. 이는 어업활동을 하는 지역민에게 도움이 됩니다. <u>보드에 최소한 3개의 맹그로브가 있다면</u> <u>획득:</u> +2 사람 점수	새 리조트를 짓고 싶다면 여러분은 다음을 선택할 수 있습니다: <u>사용:</u> 3개의 연결 공간 (맹그로브나 빈 공간) <u>획득:</u> +3 사람 점수
여러분은 새우 양식장을 짓고 싶습니다. 다음을 선택할 수 있습니다: <u>사용:</u> 1 맹그로브 공간 <u>획득:</u> +1 사람 점수	맹그로브는 좋은 숲의 재료가 됩니다. 여러분은 다음을 선택할 수 있습니다: <u>사용:</u> 1 맹그로브 공간 <u>획득:</u> +1 사람 점수	여러분은 바다 근처에 사는 것을 좋아하여 바다 근처에 집을 짓고 싶습니다. 다음을 선택할 수 있습니다: <u>사용:</u> 2개의 연결 공간 (맹그로브이거나 빈 공간) <u>획득:</u> +2 사람 점수
여러분은 지역정부를 위해 해안복원을 관리합니다. 어떤 이들은 맹그로브를 보존하고 싶어 하지만 어떤 이들은 이를 원치 않습니다. 다음의 선택을 할 수 있습니다: <u>변화:</u> 1 빈 공간이나 사용된 공간을 맹그로브로 바꾸기 <u>획득:</u> 0 사람 점수	여러분은 맹그로브를 복원하고자 하는 생태학자입니다. 다음을 선택할 수 있습니다: <u>변화:</u> 1개의 빈공간이나 사용된 공간을 맹그로브로 바꾸기 <u>획득:</u> +1 사람 점수	여러분은 균형을 회복하려는 환경운동가입니다. 다음의 선택을 할 수 있습니다: <u>변화:</u> 1개의 빈 공간이나 사용된 공간을 맹그로브로 바꾸기 <u>획득:</u> +1 사람 점수
여러분은 관광객의 맹그로브 탐구를 돕는 생태 관광 회사를 운영하고 있습니다: <u>보드에 최소 3개의 맹그로브가 있다면:</u> <u>획득:</u> +2 사람 점수	여러분의 지역에서 사업체들은 더 많은 상품을 생산하고 있으며, 여러분은 상품을 새로운 시장으로 보내기 위해 항구를 건설해야 합니다. 다음을 선택할 수 있습니다: <u>사용:</u> 3개의 연결 공간 (맹그로브나 빈 공간) <u>획득:</u> +3 사람 점수	여러분은 연료로 화목을 사용하며, 주변에 맹그로브가 있습니다. 화목용으로 맹그로브를 모으려면 다음을 선택할 수 있습니다: <u>사용:</u> 1 맹그로브 공간 <u>획득:</u> +1 사람 점수
여러분이 거주하는 도시가 확장을 하고 있어 집들과 가게를 짓기 위해 새로운 공간이 필요합니다. 건설을 원한다면 다음을 선택할 수 있습니다: <u>사용:</u> 2 연결 공간 (맹그로브나 빈 공간) <u>획득:</u> +2 사람 점수	사람들은 해안가를 따라 운전하는 것을 좋아합니다. 도로를 건설한다면 여러분은 다음을 선택할 수 있습니다: <u>사용:</u> 2개의 연결 공간 (맹그로브나 빈 공간) <u>획득:</u> +2 사람 점수	여러분은 농장을 소유하고 있으며 작물에 물을 주기 위해 담수를 끌어오고 싶습니다. 이러한 유입은 바다의 염분을 변화시켜 맹그로브에 해를 끼칠 수 있습니다. 다음을 선택할 수 있습니다: <u>사용:</u> 1개의 맹그로브 공간 <u>획득:</u> +1 사람 점수

그림 3.6: 블루카본 게임 카드(Blue Carbon Game cards)

9. 블루 카본 게임을 읽고 팀원과 게임을 하세요.

블루카본 게임(Blue Carbon Game)

이제 맹그로브를 예로 들어 블루카본에 대해 더 많이 배우기 위해 게임을 해 보겠습니다. 이 게임은 2-5 명이 함께 하는 것이 가장 좋습니다.

준비

- 그림 3.6에서 만든 블루카본 게임 카드를 섞으세요.
- 각 참가자는 개인 점수를 추적하는 데 도움이 되는 스크랩 종이 또는 다른 것을 꺼내세요.
- 조각 모으기: 각각 20개의 작은 아이템 두 세트가 필요합니다. 이 아이템은 종이 클립, 작은 돌, 블록 또는 쉽게 구할 수 있는 어떤 것이 될 수 있습니다. 이 아이템 중 한 세트는 맹그로브 조각이 될 것입니다. 다른 세트는 사람들이 만든 것을 나타내는 건축 조각이 될 것입니다.
- 게임판 만들기: 20개의 공간이 있는 보드가 필요합니다. 종이에 20개의 직사각형으로 나누어 그릴 수 있습니다. 색 테이프와 테이블을 사용하여 20개의 공간으로 나눌 수도 있습니다. 방금 모은 게임 조각이 공간에 맞는지 확인하세요.
- 보드 설정: 게임 보드의 20개 공간 중 10개에 10개의 맹그로브 조각을 놓으세요. 이 공간은 서로 옆에 있거나 퍼져 있을 수 있습니다. 그림 3.7이 그 예시를 보여 줍니다.

X	X	X	X	X
X	X	X	X	X

그림 3.7: 게임 설정의 예. X표시는 맹그로브 조각을 나타냄.



게임하기

f. 목표는 가능한 한 많은 사람 점수를 얻는 것입니다. 각 참가자는 자신의 사람 점수를 추적합니다.

g. 5년 또는 5 라운드가 있습니다. 매년:

- 먼저 원을 돌며 각 참가자가 차례로 진행합니다.
- 둘째, 탄소 점수를 계산합니다.
- 셋째, 연간 이벤트 섹션을 읽고 지시 사항을 따릅니다.
- 마지막으로, 블루카본 게임 카드를 다시 섞고 다음 라운드를 시작합니다.

여러분의 차례

a. 블루카본 게임 카드를 선택하세요.

b. 카드의 지시 사항을 따르거나 아무것도 하지 않을 것을 선택할 수 있습니다.

c. 블루카본 게임 카드 지시 사항:

- 사용: 공간을 사용하기로 선택한 경우, 그 공간에 건축 조각을 추가하세요. 공간이 비어 있으면 건축 조각을 추가하기만 하세요. 공간에 맹그로브 조각이 있는 경우, 건축 조각으로 교체하세요. 라운드 중에 제거된 맹그로브 조각을 함께 보관하여 연말에 계산할 수 있습니다.
- 변경: 공간을 변경하기로 선택한 경우, 그 공간에 맹그로브 조각을 추가하세요. 공간이 비어 있으면 맹그로브 조각을 추가하기만 하세요. 공간에 건축 조각이 있는 경우, 맹그로브 조각으로 교체하세요. 맹그로브 조각을 추가하는 경우, 이전 라운드에서 제거한 것과 같은 조각을 사용하지 마세요.
- 획득: 획득한 사람 점수를 스크랩 종이에 추가하세요.

d. 블루카본 게임 카드를 버리고 다음 참가자가 차례를 시작합니다.

탄소 점수 계산

e. 각 참가자가 본인 차례를 수행한 후, 점수 계산자를 선택하여 그룹의 탄소 점수를 계산하세요.

f. 1년차(첫 번째 라운드) 이후, 점수 계산자가 탄소 점수표를 만듭니다. 그림 3.8에 표시된 점수표를 인쇄하거나 빈 종이 또는 교실 보드에 유사한 점수표를 만드세요. 이 점수표는 게임 내내 사용될 것입니다.

연도	대기 중 탄소	초과 탄소 잔액	탄소 폭탄 (당년에 여러분이 제거한 맹그로브)	블루카본 저장 (연말에 남은 맹그로브의 숫자)	잉여 탄소 잔액
1	10	0			
2	10	(1년도로부터)			
3	10	(2년도로부터)			
4	10	(3년도로부터)			
5	10	(4년도로부터)			

그림 3.8: 탄소 점수표

g. 연말에 다음을 계산하세요:

- 연중 제거된 맹그로브 조각의 수. 이 숫자를 **탄소 폭탄** 열에 기록하세요.
- 게임 보드에 남아 있는 맹그로브 조각의 수. 이 숫자를 **블루카본 저장** 열에 기록하세요.

h. 계산하세요:

- 더하기: 대기 중 탄소(항상 10) + **이월 초과 탄소 잔액**(1년차에는 0, 이후 이전 연도의 숫자를 가져옴) + **탄소 폭탄**
- 빼기: **블루카본 저장**
- 전체 방정식: (대기 중 탄소 + 이월 초과 탄소 잔액 + 탄소 폭탄) - 블루카본 저장 = 초과 탄소 잔액

i. 계산한 숫자를 해당 연도의 **초과 탄소 잔액** 아래에 기록하세요. 또한 이 숫자를 다음 연도의 **이월 초과 탄소 잔액** 열에 적으세요. 초과 탄소가 1보다 작으면 계산에 그 음수를 사용하세요.

연간 이벤트

j. 방금 완료한 연도의 그림 3.8에서 **연간 이벤트**를 읽고 지시 사항을 따르세요.



1년 후: 초과 탄소 잔액이 0 이하인 경우, 축하합니다. 탄소 균형을 맞췄습니다. 빈칸이 있는 경우, 숲이 확장됨에 따라 새로운 맹그로브 사각형을 만드세요.
2년 후: 열대성 폭풍이 지역을 강타하지만, 맹그로브가 폭풍 해일로부터 지역을 보호하는 데 도움이 될 수 있습니다. 맹그로브가 8개 미만인 경우, 각 참가자는 2명의 사람 점수를 잃거나, 2명 미만인 경우 보유하고 있는 만큼의 점수를 잃습니다.
3년 후: 대기 중 과잉 탄소로 인해 온도가 상승하고, 이로 인해 해수면이 상승합니다. 이 라운드가 끝날 때 초과 탄소 잔액이 5 이상인 경우, 상승하는 해수면으로 인해 피해를 입은 후 2개의 맹그로브를 제거하세요. 제거된 맹그로브를 4년차의 탄소 폭탄아래에 기록하세요.
4년 후: 대기 중 과잉 탄소로 인해 온도가 상승하고, 이로 인해 더 극심한 날씨로 이어집니다. 이 라운드가 끝날 때 초과 탄소 잔액이 5 이상인 경우, 강력한 열대성 폭풍이 지역을 강타하여 맹그로브에 피해를 줍니다. 2개의 맹그로브를 제거하고 각 참가자는 2명의 사람 점수를 잃습니다.
5년 후: 대기 중 과잉 탄소로 인해 온도가 상승하여 사람들이 불편해지고 작물 재배가 어려워집니다. 이 라운드가 끝날 때 초과 탄소 잔액이 5 이상인 경우, 각 참가자는 3명의 사람 점수를 잃습니다.

그림 3.9: 각 라운드 후 읽을 연간 이벤트

- k. 계속 게임을 해서 5년을 완료하세요.
- l. 각 참가자가 모든 사람 점수를 더하세요.

게임 후 팀과 토론하세요:

- a. 누가 가장 많은 사람 점수를 가졌나요? 그에 대해 어떻게 생각하나요?
- b. 5년 말까지 걱정되는 것이 있었나요?
- c. 이 지역사회의 다른 사람들이 가질 수 있는 다른 사회적, 환경적, 경제적, 윤리적 관점은 무엇일까요?
- d. 이 게임이 맹그로브와 다른 블루카본 저장에서 일어나는 일과 어떤 관련이 있다고 생각하나요?

⚠️ 심리안전요령

아이디어를 논의하고 함께 일하려고 노력하세요. 하지만 협력적으로 게임을 하더라도 일부 사람들은 여러분이 동의하지 않는 결정을 내릴 수 있습니다. 여러분의 팀원과 그들의 결정을 존중하세요.

게임 다시하기

초과 탄소 잔액을 소진하는 것을 목표로 게임을 시작했다고 상상해 보세요. 어떻게 다르게 플레이할까요?

게임을 다시 해 보세요. 하지만 이번에는 개인적으로 가장 많은 사람 점수를 얻으려고 노력하는 대신, 다른 참가자들과 협력하여 매년 초과 탄소 잔액이 없도록 하세요. 각 개인별로 점수를 추적하는 대신, 모든 사람 점수를 그룹으로 공유하세요.

⚠️ 심리안전요령

게임에서 증가하는 과잉 탄소 균형을 생각하면 실망스러울 것입니다. 이것은 지구 대기에서도 마찬가지입니다. 그러나 실망할 필요는 없습니다. 사람들은 다른 선택을 할 수 있습니다. 이제 다른 목표를 가지고 게임을 다시 할 것입니다. 어떤 다른 선택을 할 것인지 생각해 보세요.

팀과 토론하세요:

- 협력적으로 플레이하는 것이 게임을 어떻게 바꿨나요?
- 협력적으로 플레이할 때 희생을 해야 한다고 느꼈나요? 그 희생의 결과에 만족하나요?
- 두 가지 플레이 방식의 차이점에서 어떤 교훈을 얻을 수 있다고 생각하나요?

게임에 대한 성찰:

- 새로 심은 맹그로브가 성숙한 맹그로브와 같은 양의 블루카본을 저장할 수 있을 만큼 성장하려면 많은 시간이 걸립니다. 이 게임의 블루카본 저장 계산은 새로 심은 맹그로브와 성숙한 맹그로브를 동일하게 취급하지만, 이것은 정확하지 않습니다. 새로 심은 맹그로브가 오래된 맹그로브의 탄소 저장량을 대체할 수 없다는 것을 사람들이 이해하도록, 계산을 어떻게 변경하겠습니까?



10. 스미스소니언에서는을 읽고 팀과 토론하세요: 과학자들의 연구가 미래에 일어날 수 있는 일을 예측하고 계획하는 데 어떻게 도움이 될 수 있을까요?



스미스소니언에서는

맹그로브나 염습지 같은 블루카본 장소들은 중요한 탄소 저장소를 제공할 뿐만 아니라 수질 개선, 식물과 동물의 서식지 제공, **폭풍 해일(Storm surge)**로부터 지역사회를 보호하는 데도 도움을 줍니다. 그러나 기후변화에 따라 이러한 지역은 어떻게 될까요? 스미스소니언 환경연구센터(Smithsonian Environmental Research Center, SERC)는 이를 알아내기 위해 노력하고 있습니다.

SERC의 지구변화연구습지(Global Change Research Wetland)에는 38년 동안 진행된 실험인 세계에서 가장 오래된 기후변화 실험이 포함되어 있습니다. 수 년에 걸쳐 염습지 연구 지역에 많은 실험이 추가되었으며, 각 실험은 이전 실험을 기반으로 합니다. 예를 들어, 한 실험에서는 연구 공간에 이산화탄소를 추가하여 습지가 어떻게 변화하는지 이해합니다. 또 다른 실험에서는 지역을 따뜻하게 하여 변화를 관찰합니다. 또 다른 실험은 기후변화와 관련된 해수면 상승이 습지 시스템을 어떻게 변화시킬 수 있는지 검토합니다. 이 외에도 훨씬 더 많은 실험이 있습니다.



그림 3.10: 지구변화연구습지(Global Change Research Wetland)의 실험을 보여 주는 항공사진

만약 이 염습지 생태계가 탄소 저장을 계속하고 다른 방식으로 사람들을 도울 수 있도록 하고 싶다면, 이를 보호하는 방법을 알아야 합니다. 과학자들은 이 중요한 블루카본 생태계가 지구적 변화에 어떻게 반응할지에 대해 많은 것을 배웠습니다. 이러한 연구는 사람들이 변화하는 기후의 영향에 대비하는 데 도움이 되는 한 가지 방법입니다.

지구변화연구습지에 대한 동영상을 보려면 *Ocean! StoryMap*을 방문하세요.



행동: 지구의 대기를 조절하기 위해 어떻게 긍정적인 역할을 할 수 있나요?

여러분이 이미 배웠듯이, 지구상의 생물은 일반적으로 대기, 바다, 육지의 균형 잡힌 시스템에서 살아갑니다. 산소와 탄소는 이러한 시스템의 다양한 요소 사이를 순환합니다. 그러나 최근 사람들이 화석연료를 많이 사용함에 따라 시스템에도 많은 양의 탄소가 추가되었습니다. 이런 대기 이산화탄소의 추가는 시스템의 균형을 깨뜨렸습니다. 이것이 우리의 지구 기후를 변화시키고 있습니다.

대기 이산화탄소가 증가하면 바다에 더 많은 이산화탄소가 용해됩니다. 과제 2를 통해 바다에서 증가하는 이산화탄소의 영향에 대해 더 자세히 알아볼 것입니다. 이 활동에서는 사람들이 다르게 행동함으로써 기존 시스템의 변화를 제한하는 방법에 대해 생각해 볼 것입니다.

1. 바다와 대기 시스템 도표를 꺼내서 검토하세요.

- 화석연료 사용으로 인한 배출이나 맹그로브를 제거할 때 만들어지는 탄소 폭탄 같은, 인간의 행동을 생각해 보세요.
- 사람들의 행동이 시스템의 균형을 깨뜨릴 수 있는 화살표를 원으로 표시하세요.

2. 해양과 대기 시스템의 균형을 깨뜨리는 것에 대해 루베카는 어떻게 생각하는지 읽어 보세요. 사람의 활동으로 인한 추가적인 이산화탄소가 시스템을 변화시킬 수 있는 다른 곳이 생각난다면 바다와 대기 시스템 도표의 해당 화살표를 원으로 표시하세요.

루베카가 말합니다...



바다는 인간이 대기로 방출한 이산화탄소의 25-30%를 흡수했습니다. 이 이산화탄소의 가장 큰 원천은 화석연료의 연소입니다. CO₂가 해수에 용해되면 다양한 방식으로 물의 화학적 성질을 근본적으로 변화시킵니다. 궁극적으로는 바닷물을 산성화(Acidic)시키고 해양생물에 광범위한 영향을 미칩니다.



3. 여러분이 발견한 균형이 무너진 곳의 균형을 회복할 수 있는 아이디어에 대해 여러분의 팀과 함께 토론하세요. 다음은 몇 가지 아이디어입니다:
 - a. 특정 행동을 변경하여 화석연료 사용을 줄이는 것, 예를 들어 자동차를 이용하는 대신 걷거나 집을 데우는 데 에너지를 덜 사용하는 것.
 - b. 시스템을 변경하는 것, 예를 들어 화석연료가 아닌 에너지를 사용하는 다양한 유형의 전력 생산이나 운송을 장려하는 것.
 - c. 저장된 탄소의 양을 변경하는 것, 예를 들어 블루카본 생태계를 보호하는 것.
 - d. 균형을 회복하기 위해 생각할 수 있는 다른 것들을 변경하는 것.
4. 개인 또는 팀으로 대기 시스템의 균형을 회복하기 위해 하고 싶은 한 가지를 결정하세요.
5. 종이 한 장이나 교실 게시판을 네 개의 부분으로 나누세요. 각 부분에는 “**사회적**”, “**환경적**”, “**경제적**”, “**윤리적**”이라고 표시를 합니다. 그림 3.11의 예시를 참고하세요.

<u>사회적</u>	<u>환경적</u>
<u>윤리적</u>	<u>경제적</u>

그림 3.11: 네 가지 관점을 보여 주는 도표의 예

6. 균형을 회복하기 위한 아이디어에 대해 생각해 보세요. 지역 및 지구적 공동체에 미칠 수 있는 사회적, 환경적, 경제적, 윤리적 영향은 무엇인가요?
7. 각 팀원이 각 관점의 부분에 생각할 수 있는 긍정적 또는 부정적인 영향을 적어 보세요.
8. 균형을 회복하기 위한 아이디어에 대해 생각해 보세요. 사회적, 환경적, 경제적, 윤리적 우려 사항이 있나요?
9. 바다정체성지도를 꺼내어 바다에 대한 희망과 우려를 상기하세요.
10. 각 팀원이 해당 관점 부분에 우려 사항을 나열하세요.
11. 팀으로서 아이디어를 검토하고 나열된 관점을 살펴보세요. 우려 사항을 해결하기 위해 아이디어를 변경할 수 있는 방법이 있나요?
12. 수정된 여러분의 아이디어를 적어 두거나 기억할 수 있는 다른 방법을 찾으세요. 과제 2가 끝날 때 다시 필요할 것입니다.

과제 2: 해양 산성화를 어떻게 예방할 수 있나요?

대기에 이산화탄소가 증가하면 해수와 반응합니다. 이것은 해양의 화학적 성질을 변화시킵니다. 이 과제에서는 이 과정이 어떻게 작용하는지 더 자세히 **알아볼** 것입니다. 그런 다음 해양의 화학적 변화가 해양생물에 어떤 영향을 미칠 수 있는지 **이해**하기 위해 조사할 것입니다. 마지막으로, 배운 내용을 공유하고 다른 사람들과 **협력(Collaborate)**하여 관련된 문제를 해결하기 위해 어떻게 **행동**할지를 결정할 것입니다.



발견: 이산화탄소 증가는 어떻게 해양의 화학적 변화로 이어지나요?

과제 1에서 지구의 탄소 순환이 육지, 바다, 대기, 생물 사이에서 천천히 탄소를 이동시키는 방식에 대해 배웠습니다. 이 균형 잡힌 순환은 수백만 년 동안 기능해 왔으며 지구상의 대부분의 탄소 이동의 원천입니다. 그러나 이 시스템에 시간에 따라 발생할 변화가 비교적 작았다하더라도 큰 결과를 초래할 수 있습니다. 그림 3.4에서 지난 150년 동안 인간이 더 많은 화석 연료를 사용함에 따라 대기 이산화탄소의 양이 점점 더 빠르게 증가하고 있음을 알 수 있습니다. 현재 대기 이산화탄소는 150년 전보다 50% 더 많습니다. 이 조사에서는 여러분과 여러분의 지역사회가 화석 연료를 사용하는 시기와 대기 이산화탄소 증가가 해양의 화학적 성질을 어떻게 변화시키는지에 대한 정보를 수집할 것입니다.

1. 바다와 대기 시스템 도표를 꺼내세요.
2. 현재 대기와 해양을 보여주기 위해 시스템 도표의 요소 주위에 경계를 그리세요.
3. 지역사회에서 대기 이산화탄소를 추가로 증가시킬 수 있는 모든 것을 추가 사항으로 추가하세요. 그림 1.7은 도움이 될 수 있습니다. 다음을 고려하세요:
 - a. 가솔린이나 휘발유로 움직이는 자동차, 트럭, 버스와 같은 화석 연료를 사용하는 지역의 교통 수단
 - b. 조명이나 난방 또는 냉방을 위해 화석 연료를 사용하는 지역의 건물이나 공간
 - c. 화석 연료를 사용할 수 있는 요리
 - d. 화석 연료 에너지를 사용하는 공산품
 - e. 화석 연료 사용과 에너지에 대해 더 알아보려면 전 지구적 목표를 위한 스미스소니언 과학 에너지!(Smithsonian Science for Global Goals Energy!)가이드를 방문하세요.
4. 팀원들과 함께 토론하세요: 지역사회에서 대기 이산화탄소를 증가시킬 수 있는 주요 요인은 무엇이라고 생각하나요? 시간이 있다면 Ocean! StoryMap을 방문하여 지역사회에서 이산화탄소의 원천을 찾는 방법에 대한 추가 자료를 확인할 수 있습니다.
5. 바다와대기 시스템 도표를 검토하세요.
 - a. 대기 이산화탄소 농도 증가가 해양에 어떤 영향을 미칠 것으로 예상하나요?
 - b. 해양에서 멀리 떨어진 지역사회에서의 배출이 해양에 어떤 영향을 미칠 수 있나요?



6. 해양 pH 변화 조사하기를 읽고 지시를 따르세요.

해양 pH 변화 조사하기(Investigating Ocean pH Change)

바닷물은 지구에서 가장 큰 탄소 흡수원입니다. 바닷물이 대기와 접촉하면 대기 이산화탄소를 흡수합니다. 파도 작용과 해수 물보라 같은 물의 움직임도 공기를 물에 섞습니다. 대기 이산화탄소가 많을수록 바닷물이 흡수하는 양이 많아집니다. 과학자들은 바닷물이 인간 활동으로 인한 대기 탄소 배출량의 약 31%를 흡수했다고 추정합니다. 그러나 이러한 추가 탄소의 흡수는 해양에도 영향을 미칩니다.

이제 여러분은 이를 모델링하고 이 반응이 바닷물을 더 산성이나 더 **염기성(Basic)**으로 변화시키는지 알아볼 것입니다. pH 척도를 사용하여 물질의 산성도 또는 염기성 정도를 측정할 수 있습니다. pH 척도는 0에서 14까지입니다. 척도의 숫자가 낮을 수록 강산입니다. 척도의 숫자가 높을수록 강염기입니다.

- a. 투명한 용기 네 개를 준비하세요. 플라스틱이나 유리컵도 괜찮습니다.
- b. 용기에 A, B, C, D라고 표시하세요.
- c. pH 지시약을 쓸 것인지, 다른 pH 측정 방법을 사용할지 결정하고 pH 지시약 또는 다른 방법의 사용지침을 사용하세요.

pH 지시약 사용하기

- a. pH 지시약을 찾으세요. 빨간 양배추와 같은 식물로 만든 지시약을 사용할 수 있습니다. 빨간 양배추나 다른 유사한 식물을 사용하여 pH 지시약을 만들려면 식물 이파리 몇 장, 혹은 과일 몇 개가 들어 있는 용기에 끓는 물을 부으세요. 그림 3.12는 예시입니다. 약 5분 후에 잎이나 과일을 걸러냅니다. 액체는 진한 파란색이어야 합니다. 필요한 경우 *Ocean! StoryMap*에서 더 많은 정보를 얻을 수 있습니다.



그림 3.12: 빨간 양배추 pH 지시약 만들기

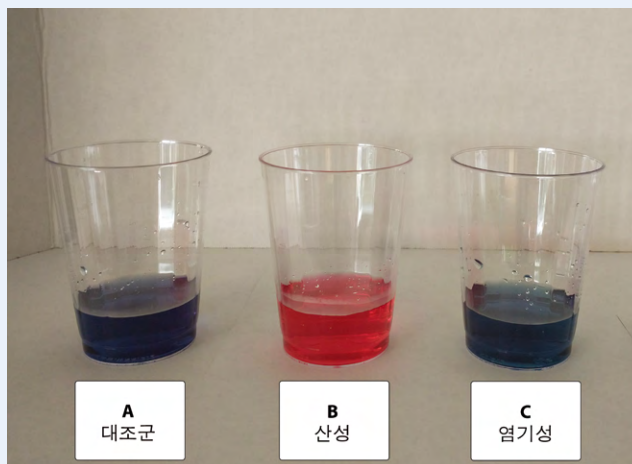


그림 3.13: 빨간 양배추 지시약을 사용한 A컵(대조군), B컵(산성), C컵(염기성)의 예

- b. 각 컵에 절반 정도로 지시약 액체를 채우세요.
- c. A컵에는 아무것도 더 추가하지 마세요. 이것이 여러분의 ‘대조군(Control) 컵’이 될 것입니다.
- d. B컵에 레몬 주스나 식초 같은 산성 물질을 넣으세요. 이것이 여러분의 ‘산 컵’이 될 것입니다.
- e. C컵에 베이킹 소다 같은 염기성 물질 넣으세요. 이것이 여러분의 ‘염기 컵’이 될 것입니다. 그림 3.13은 이러한 컵의 예를 보여 줍니다.
- f. D컵에 이산화탄소를 넣으세요. 이것이 여러분의 ‘실험 컵’이 될 것입니다. 다음의 두 가지 방법으로 할 수 있습니다. 하나 또는 둘 다 시도해 보세요.
- 선택 1: D컵에 빨대를 넣고 약 30초 동안 빨대로 입김을 불어넣으세요. 기억하세요, 여러분은 이산화탄소를 내뿜기 때문에 물에 이산화탄소를 추가하고 있는 것입니다. 그림 3.14는 예시입니다.



그림 3.14: 선택1을 이용하여 D컵에 이산화탄소 추가하기





신체안전요령

빨대를 사용해서 입김을 부세요. 빨간 양배추 pH 지시약은 해롭지 않지만 맛은 좋지 않습니다. 빨대를 다른 사람과 공유하지 마세요.



심리안전요령

이산화탄소를 내뿜어 물의 화학적 성질을 변화시키고 있지만, 이것은 단지 모델일 뿐입니다. 사람이 내뿜는 이산화탄소는 대기 이산화탄소가 증가하는 이유가 아닙니다. 여러분이 들이마시고 내쉬는 것은 탄소순환의 자연스러운 일부입니다. 화석연료 사용 같은 다른 인간 행동이 대기 이산화탄소를 증가시키는 이유입니다.

- 선택 2: 알루미늄 호일이나 주석 호일을 사용하여 D컵의 가장자리에 걸린 작은 컵 모양의 용기를 만드세요. 이 작은 용기에 베이킹 소다를 넣으세요. 플라스틱 랩이나 클링 필름으로 컵을 부분적으로 덮으세요. 그림 3.15는 예시입니다. 식초를 작은 용기에 한두 스푼 넣고 즉시 나머지 컵을 플라스틱 랩으로 덮으세요. 베이킹 소다와 식초가 반응하여 이산화탄소를 생성합니다. 이제 pH 지시약에 접한 공기에 이산화탄소를 가두었습니다.



그림 3.15: 선택 2를 이용하여 D컵에 이산화탄소 추가하기

g D컵을 자세히 관찰하세요. 처음에는 A컵과 같았습니다. 이제 B컵(산성)에 더 가까운가요, C컵(염기성)에 더 가까운가요?

h. 이산화탄소가 지시약 용액의 물을 더 산성으로 만들었나요, 더 염기성으로 만들었나요?

pH 시험지 또는 pH 미터 사용하기

- 지시약을 사용하지 않으려면 pH 미터 또는 시험지를 사용하여 pH를 측정할 수 있습니다.
- 모든 컵에 물을 약 반 컵 정도 넣으세요.
- 위의 pH 지시약에 관한 설명 단계 c-f를 따르세요.
- A, B, C컵의 pH를 측정하세요.
- 측정 결과를 기록하세요. 모든 컵은 A컵(물)과 같은 상태로 시작했습니다. B컵은 더 산성(pH 7 미만)이어야 하고 C컵은 더 염기성(pH 7 초과)이어야 합니다.
- 선택 1 또는 2를 사용하여 D컵에 이산화탄소를 넣으세요.
- D컵의 pH를 측정하세요. pH 7보다 크거나 작은가요?
- 이산화탄소가 물을 더 산성으로 만들었나요, 더 염기성으로 만들었나요?

그룹이나 팀과 함께 토론하세요:

대기 이산화탄소가 증가함에 따라 해양의 pH가 변화한다고 생각하나요?

pH는 **로그(Logarithmic)** 척도로 나타냅니다. 즉, 7에서 6으로의 변화는 물질이 10배 더 산성화되었음을 의미합니다. 따라서 pH의 작은 변화도 큰 영향을 미칠 수 있습니다.

7. pH 변화에 대한 루베카의 생각을 읽어 보세요. 해양의 pH 변화에 대해 어떻게 느끼나요?

루베카가 말합니다...



과거 대양의 pH는 8.2였습니다. 이제는 8.1입니다. 이것은 로그 척도이기 때문에 산도가 30% 증가한 것을 나타냅니다. 만약 여러분 혈액의 pH가 30% 증가했다면 신체에 심각한 결과를 초래했을 것입니다. 이것은 큰 변화입니다.

8. 그림 3.16의 그래프를 살펴보세요. 1988년 이후 해양의 pH 변화를 보여 줍니다. 팀원들과 함께 논의하세요:

- 알아차리기: 그래프에서 무엇을 알아차렸나요?



- b. 생각하기: 그림 3.16의 그래프와 그림 3.4의 대기 자료 그래프를 비교하세요. 그림 3.16의 그래프는 1988년에 시작하지만 그림 3.4의 그래프는 1750년에 시작합니다. 루베카는 대양의 pH가 8.20이었다고 말했습니다. 그러나 그림 3.16에서 첫 번째 측정된 pH는 약 8.11입니다. 그림 3.4에 표시된 대기 이산화탄소의 상승과 낮아진 pH가 어떤 관련이 있는지 생각해 보면, 1750년과 1988년 사이에 해양의 pH가 어떻게 변했을까요?
- c. 궁금해하기: 이러한 변화가 해양에 어떤 영향을 미치는지 궁금한 점이 있나요?

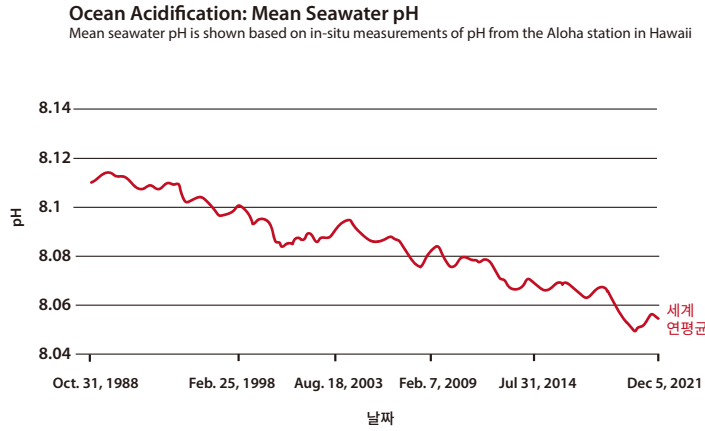


그림 3.16: 1988년과 2021년 사이의 해수 pH 변화



이해: 산성화된 바다는 해양 생태계에 어떤 영향을 끼치나요?

배출가스의 증가로 인해 이산화탄소가 지구 대기에 추가되고 있습니다. 대기 중 이산화탄소의 양이 증가하면 물 속의 이산화탄소도 증가합니다. 대기 이산화탄소의 증가는 해양의 pH를 낮추고 더 산성으로 만듭니다. 이러한 **해양 산성화 (Ocean acidification)**는 해양생물의 환경을 변화시키고 있습니다. 이것이 해양생물에 어떤 영향을 미칠 수 있다고 생각하나요? 이 활동에서는 더 자세히 알아보기 위해 조사할 것입니다.

1. 깊게 숨을 들이쉬고 내쉬세요.
2. 조용히 자신에게 물어보세요: 호흡하는 공기가 어떤 식으로든 변화한 상황에 처해 본 적이 있나요? 예를 들어, 고도가 높아 대기 중 산소가 적거나 연기나 기침을 유발하는 물질이 공기중에 있었을 수 있습니다. 공기의 변화가 여러분과 여러분의 신체에 어떤 영향을 미쳤나요?
3. 이것을 해양생물과 비교해 보세요. 조용히 자신에게 물어보세요:
 - a. 우리 주변의 공기에 대한 경험은 해양생물이 바닷물을 경험하는 것과 어떻게 비슷한가요?
 - b. 해양생물을 둘러싼 물의 화학적 변화가 해양생물에게 어떤 영향을 미칠까요?
4. 팀원들과 함께 더 산성화된 해양이 해양생물에 어떤 영향을 미칠 수 있는지에 대한 아이디어를 논의하세요. 아이디어를 기록하세요.
5. 산성화 조사를 읽고 해양 산성화가 딱딱한 껍질을 가진 생물에게 어떤 영향을 미칠 수 있는지 탐구하세요.

산성화 조사(Acidification Investigation)

- a. 작은 그룹이나 팀을 만들어 딱딱한 껍질을 가진 해양생물 목록을 만드세요.
- b. 가능하면 이 실험에 사용할 동일한 해양생물의 껍데기 다섯 개를 모으세요. 예를 들어, 조개, 굴, 홍합 껍데기를 사용할 수 있습니다. 이러한 유형의 껍데기가 없다면 달걀 껍데기 다섯 개(빈 껍데기)를 사용하세요. 어떤 종류의 달걀 껍데기도 괜찮습니다. 달걀 껍데기는 해양의 껍데기와 마찬가지로 **탄산칼슘(Calcium carbonate)**으로 만들어집니다. 달걀 껍데기를 사용하는 경우 껍데기 안쪽의 막을 제거하세요.
- c. 컵, 플라스틱 또는 유리컵 같은 깨끗한 용기 다섯 개를 꺼내세요.
- d. 저울이 있는 경우 각 껍데기의 무게를 측정하세요.
- e. 각 컵에 껍데기를 하나씩 넣고, 가능하면 무게를 알아 두세요.
- f. 컵에 0%, 25%, 50%, 75%, 100%라고 표시하세요. 그림 3.17의 예시를 참고하세요.

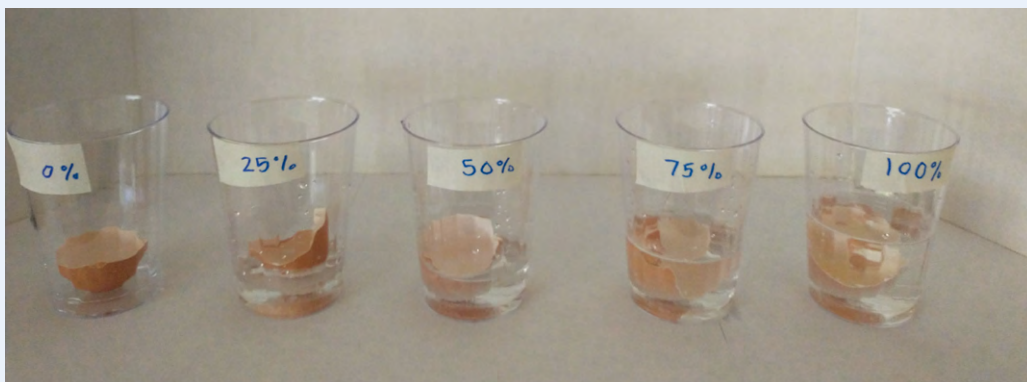


그림 3.17: 각 컵에 산을 추가한 산성화 조사 실험

- g. 0% 컵에 물을 채우세요. (각 컵에 껍데기가 완전히 잠길 수 있을 만큼 충분한 액체가 있는지 확인하세요.)
- h. 25% 컵에 식초나 레몬즙 같은 산성 물질을 1/4 채우고 나머지는 물로 채우세요.
- i. 50% 컵에 산을 반쯤 채우고 물을 반쯤 채우세요.
- j. 75% 컵에 산을 3/4 채우고 물을 1/4 채우세요.
- k. 100% 컵에 산을 채우세요.
- l. 컵을 24시간 이상 그대로 두세요.
- m. 24시간 후 컵에서 껍데기를 꺼내세요.



- n. 껍데기를 검사하고 다른 컵의 껍데기와 차이점을 기록하세요.
- o. 껍데기의 무게를 측정할 경우 껍데기가 마른 후 다시 무게를 측정하세요. 이 무게를 원래 무게와 비교하세요.

그룹이나 팀과 함께 토론하세요:

- a. 다른 용액의 결과에서 무엇을 알아차렸나요?
- b. 이러한 결과의 원인은 무엇이라고 생각하나요?
- c. 산성화된 해양이 껍데기를 가진 해양생물에게 어떤 영향을 미칠 수 있다고 생각하나요?

해양 산성화는 껍데기를 형성하는 생물이 탄산칼슘 껍데기를 형성하는 데 필요한 **탄산 이온(Carbonate ion)**에 접근하기 어렵게 만들 수 있습니다. 이로 인해 성장이 어려워집니다. 탄산칼슘 껍데기를 가진 일반적인 생물로는 굴과 게, 산호, 성게, 일부 플랑크톤 같은 **조개류나 갑각류(Shellfish)**가 있습니다. 더 높은 산성화 수준에서는 껍데기가 실제로 녹기 시작할 수 있습니다. 이 산성화 조사에서 알 수 있듯이 말입니다.

- 6. 해양 산성화가 생물에 미치는 영향에 대한 루베카의 생각을 읽어 보세요. 바다정체성지의 우려 원에 추가해야 할 우려사항이 있나요? 있다면 지금 추가하세요.

루베카가 말합니다...



해양 산성화는 얼마나 심각한가요? 영향은 무엇인가요? 해양 산성화의 영향은 광범위하며 동물과 시스템마다 다릅니다. 제가 연구하는 생물인 산호의 경우, 해양 산성화는 성장(**석회화, Calcification**)과 번식에 영향을 미칩니다. 이것은 특히 문제가 되는데, 종이나 개체군이 **산호 백화(Coral bleaching)** 현상과 같은 이유로 피해를 입거나 손상을 입었을 때 번식과 성장은 개체군을 재건하기 위한 가장 중요한 회복 과정 중 두 가지이기 때문입니다.

- 7. 바다와 대기 시스템 도표로 돌아가 여러분이 생각할 수 있는 추가 요소나 관계를 추가하세요.

5. 조용히 스스로 생각해 보세요.

- a. 이러한 과제를 수행하기 전에 해양 산성화와 그 위협에 대해 얼마나 잘 이해했나요?
- b. 해양의 이러한 변화에 대해 어떻게 느끼나요?

심리안전요령

바다와 해양 산성화의 변화에 대해 생각하는 것은 어려울 수 있습니다. 슬프거나 화가 나거나 좌절하거나 속상해하는 것은 괜찮습니다. 해양 산성화는 여러분의 잘못이 아니며, 여러분은 상황을 개선하기 위해 노력할 수 있습니다.

- 6. 팀원들과 함께 토론하세요: 여러분의 지역사회 사람들이 해양 산성화와 그들과 해양 산성화 간의 연결된 관계를 이해한다고 생각하나요?
- 7. 종이또는게시판의 첫 부분분에 해양 산성화의 기원이나 원인에 대한 아이디어를 쓰거나 그려 보세요. 대기 이산화탄소를 증가시키는 원인은 무엇인가요? 바다와 대기 시스템 도표를 참고하세요.
- 8. 중간 부분에는 위의 2번 단계로부터 여러분은 이미 해양 산성화가 해양생물, 지역사회 사람들, 전 세계 사람들에게 미칠 수 있는 영향에 대한 아이디어를 가지고 있어야 합니다.
- 9. 세 번째 부분에 과제 1의 시스템의 균형을 회복하기 위한 아이디어를 쓰거나 그리세요.
- 10. 세 번째 부분에 여러분과 지역사회의 다른 사람들이 해양 산성화를 막기 위해 취할 수 있는 다른 행동을 추가하세요. 아래의 일반적인 범주와 관련된 행동을 가능한 한 구체적으로 생각해 보세요.
 - a. 해양 산성화의 과정과 영향에 대한 정보를 공유하기 위해 다른 사람들과 소통하세요.
 - b. 화석연료 사용을 줄이기 위해 일상적인 행동을 바꾸세요.
 - c. 지역 기업이나 지방 정부가 화석연료 사용을 줄이도록 장려하세요.
 - d. 해양 산성화, 그리고 이와 관련이 있는 이산화탄소 배출 위협에 대한 목소리를 높이기 위해 기존의 활동 조직에 합류하세요.
 - e. 변화를 이끄는 데 중요한 다른 아이디어를 생각해 보세요.
- 11. 행동 아이디어를 생각해 내기 어렵다면 루베카의 생각을 읽어 보세요.

루베카가 말합니다...



해양 산성화에 대한 해결책을 생각하는 여러가지 방법이 있습니다. 가장 좋은 방법은 탄소 배출을 줄여 해양 산성화를 제한하는 것입니다. 이것은 해양 산성화 문제를 실제로 해결하는 데 도움이 됩니다. 그러나 지역 수준에서 해양 산성화가 일어나는 동안 생태계를 보호하는 방법을 생각할 수도 있습니다. 예를 들어, 열, 오염 또는 남획과 같은 다른 스트레스 요인을 제거하려고 할 수 있습니다. 이러한 다른 문제를 모두 제거하면 시스템에 가해지는 총 스트레스량이 완화됩니다.

저는 최근 해양 산성화를 되돌리기 위해 화학물질을 첨가하여 바닷물을 중화하는 가능성을 연구하고 있습니다. 이것은 매우 새로운 아이디어이며 우리는 그것이 작동할지 여부를 이해하는 초기 단계에 있습니다. 저는 실제로 산호초에서 이를 평가한 유일한 현장 연구를 주도했습니다. 이 시도는 산호에 도움이 되었지만, 우리는 이제 막 배우기 시작했으므로 앞으로도 많은 연구가 필요합니다.

12. 팀과 함께 여러분들이 나열한 잠재적인 행동을 검토하세요.
13. 각 팀원은 현재 여러분의 지역사회에 가장 유용할 것 같은 행동 옆에 별표를 그리세요.
14. 각 팀원은 현재 여러분이 하기에 가장 쉬울 것 같은 행동 옆에 체크 표시를 하세요.
15. 팀으로서 행동 목록과 별표, 체크 표시를 검토하세요. 어떤 행동을 취할지 **합의(Consensus)**가 될 때까지 아이디어를 논의하세요.

⚠️ 심리안전요령

때때로 문제를 더 잘 해결하기 위해 할 수 있는 모든 일을 생각하면 벅차게 느껴질 수 있습니다. 더 많은 일을 하지 못해서 죄책감을 느낄 수도 있습니다. 행동연구자이자 행동자로서, 이 문제를 혼자 해결할 수 없다는 것을 이해하는 것이 중요합니다. 전 세계의 많은 사람들이 상황을 개선하기 위해 노력하고 있습니다. 행동을 생각할 때, 때로는 작은 일만 할 수 있을 것입니다. 때로는 더 큰 일을 할 수 있습니다. 괜찮습니다. 최선을 다하고 모든 긍정적인 변화가 상황을 개선하는 데 도움이 된다는 것을 기억하세요. 사람들은 조금씩 전 세계적인 발전을 위해 함께 노력하고 있습니다.

16. 팀원들과 함께 행동 계획을 세우세요. 행동을 수행하는 데 필요한 단계를 나열하세요. 다음 사항을 고려하세요:
 - a. 정보를 공유해야 하는 경우 언제, 어디서, 누구와 공유할 것인가?



- b. 무언가를 해야 하는 경우 무엇을 어디서 해야 하는가?
 - c. 팀원 외의 사람이 참여해야 하는 경우 어떻게 소통할 것인가?
 - d. 자료를 구해야 하는 경우 언제 어디서 모을 것인가?
17. 각 팀원이 어떻게 도울 수 있는지 생각하세요. 도움을 주고 싶은 단계에 이름을 적으세요.
18. 종이 한 장에 “행동 계획”이라는 제목을 쓰고 다음을 기록하세요:
- a. 팀이 취하고 싶은 단계
 - b. 단계의 순서
 - c. 각 단계를 돕는 사람(한 명 이상일 수 있음)
 - d. 언제 어디서 이러한 단계를 취할 것인가
 - e. 참여할 파트너 또는 다른 사람
 - f. 지역사회에 행동 계획을 어떻게 전달할 것인가
19. 계획이 잘 되지 않거나 다른 문제가 발생하면 어떻게 할지 생각해 보세요. 예를 들어, 지역의 어른이 무언가를 하려면 허가가 필요하다고 말한다면 어떻게 할 것인가요? 이러한 아이디어를 행동 계획의 일부로 기록하세요.
20. **포괄적인(Inclusive)** 행동 계획을 세우세요. 포괄적이라는 것은 팀의 모든 구성원이 어떤 식으로든 참여할 수 있다는 것을 의미합니다. 모든 사람이 안전하고 편안하며 도울 수 있다고 느낄 수 있도록 계획을 변경해야 할 수도 있습니다. 그러한 변경은 괜찮습니다! 좋은 팀원이 되고 지속가능한 행동을 하는 데 있어서 그러한 변경은 필요합니다.
21. 계획을 실행하세요.
22. 나중에 여러분의 행동을 돌이켜 보세요:
- a. 잘된 것은 무엇인가요?
 - b. 어려웠던 것은 무엇인가요?
 - c. 할 수 있을 것으로 생각한 변경을 할 수 있었나요?
 - d. 계획을 계속 진행할 것인가요, 아니면 앞으로 다르게 할 일이 있나요?
23. 바다와 대기 시스템 도표를 저장하세요. 파트 7에서 필요합니다.

축하합니다!

파트 3을 마쳤습니다

더 알아보기!

더 많은 자원과 활동에 관한 정보를 얻기 원하시면
Ocean! StoryMap(<https://bit.ly/OCEAN2030>)을 방문해 보세요.

참고문헌

1. Lindsey, Rebecca. "Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide." NOAA Climate.gov. Accessed December 7, 2023. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>.
2. Our World in Data, and Max Roser. "Conserve and Sustainably Use the Oceans, Seas and Marine Resources." Our World in Data, July 21, 2023. <https://ourworldindata.org/sdgs/life-below-water>.



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.

경제적(Economic)	돈, 소득 또는 부의 사용에 관한
광합성(Photosynthesis)	식물이 햇빛과 이산화탄소를 흡수하여 유기물을 만들고 그 과정에서 산소를 방출하는 과정
대기(Atmosphere)	지구를 둘러싸고 있는 가스 혼합물
로그척도의(Logarithmic)	7과 8 사이처럼 두 숫자 간의 거리가 10배 증가 또는 감소하는 척도. 마찬가지로 7과 9 사이의 거리는 100배 증가 또는 감소함
배출(Emissions)	화석연료를 태워 대기 중으로 방출되는 온실가스
분해(Decompose)	생물체를 분해하여 물질이 생태계를 통해 다시 순환할 수 있도록 함
블루카본(Blue carbon)	맹그로브, 해초지 (seagrass beds), 염습지와 같은 해안 습지에서 일어나는 자연적인 탄소 저장
사회적(Social)	공동체에서 사람들의 상호 작용과 관련된
산성(Acidic)	pH가 7 미만인 상태
산호 백화 현상(Coral bleaching)	산호 주변의 물이 너무 뜨거워져 조류가 배출되고 산호가 흰색이나 밝은 색으로 변하는 현상
석회화(Calcification)	껍질이나 산호초와 같은 구조물을 성장시키기 위해 탄산칼슘을 침착시키는 과정
시아노박테리아(Cyanobacteria)	남조류라고도 하는 미세한 해양 유기체
식물플랑크톤(Phytoplankton)	바닷물에 의해 이동하는 바다 상층부에 사는 광합성 생물; 미세조류라고도 함
염기성(Basic)	pH가 7 이상인 상태
온실가스(Greenhouse gases)	열을 가두어 대기를 더 따뜻하게 만드는, 이산화탄소나 메탄과 같은 가스
윤리적인(Ethical)	무언가의 공정성
탄산 이온(Carbonate ions)	해양생물이 껍질을 만드는 데 사용하는 필수 분자
탄산칼슘 (Calcium carbonate)	자연적으로 발생하는 고체로, 종종 석회암 형태로 발견되며 일부 생물이 껍질이나 산호 구조를 만드는 데 사용됨
탄소순환(Carbon cycle)	지구의 생물, 해양, 육지, 대기 사이에서 탄소가 순환하는 과정
탄소 저장(Carbon storage)	탄소가 매장되어 대기로부터 격리되는 경우
탄소 폭탄(carbon bomb)	생태계가 교란되거나 제거되어 대기 중으로 방출되는, 이전에 저장된 많은 양의 탄소
탄소 흡수원 (Carbon sinks)	탄소를 저장하는 환경 또는 생물
퇴적물(Sediments)	수역 바닥에 침전되는 물질
패류(Shellfish)	물속에 사는 연체동물(굴이나 홍합) 또는 갑각류(게나 새우)
포괄적인(Inclusive)	아무도 소외되지 않도록 포용하는
폭풍 해일(Storm surge)	폭풍이 있는 지역에서 해수면이 상승하는 것
플랑크톤(Plankton)	바다에서 표류하는 작은 생물로, 해양 먹이망의 중요한 부분을 차지함
합의(Consensus)	그룹의 모든 사람에게 효과적인 균형 잡힌 결정
해양 산성화(Ocean acidification)	대기 중 이산화탄소 수준이 증가함에 따라 해수의 pH가 낮아지는 과정
협력(Collaborate)	공통의 목표를 위해 함께 일하는 것
화석연료(Fossil fuels)	석유, 천연가스, 석탄과 같은 탄소 기반 연료의 유형
환경적인(Environmental)	자연 세계에 관한

