서론

Welcome

Introduction

Protocols

Learning Activities

Appendix

개울, 강, 바다 등 지구의 다양한 지표수는 어떤 상태일까요? 이러한 상태는 연중 어떻게 달라질까요? 매해가 바뀔때마다 달라질까요?

GLOBE Hydrosphere Investigation을 통해 학교 근처의 수역을 조사함으로써 이러한 궁금증들을 해결할 수 있습니다. 전 세계의 수질 측정 동향에 대한 지식은 몇몇 현장에서 수집한 표본을 바탕으로 합니다. 이 표본 수집은 대개 몇 차례만 실시됩니다. 예를 들어 여러 호수에 관해 보유한 정보는 10여 년 전에 한 두 차례 실시한 표본 수집에서 얻은 것입니다.

물의 변화를 평가하려면 현재 및 과거의 상태에 대한 신뢰성 있는 정보가 필요 합니다. 이미 변화가 진행 중이라면 서로 다른 지역의 여러 현장들을 비교하여 현재 무슨 일이 벌어지고 있는지 이해할 수 있습니다.

지표수를 조사하는 이유

우리가 물을 마시기만 하는 건 아닙니다. 우리 자체가 바로 물입니다. 모든 생물은 체중의 50% ~ 90%가 물입니다. 물은 지구상의 가장 풍부하고 중요한 물질입니다. 물은 동식물의 생명을 유지하고, 기후 결정에 핵심적인 역할을 하고, 침식 및 기타 작용을 통해 지표면을 형성합니다. 또한 지구 표면의 약 70%가 물로 덮여 있습니다.

용존 산소 및 pH 수치는 수중 생물이 살기 위해 필요한 수질의 적합함을 직접적으로 나타냅니다. 용존 산소, 알칼리도, pH와 같은 수질 매개변수의 연간 주기를 살펴보고, 서로 다른 수역끼리 비교하는 것은 흥미로운 작업입니다. 이를테면 이러한 질문을 해볼 수 있습니다. 용존 산소량이 항상 수온의 최대 허용치인가 아니면 연중 어느 때는 낮아지는가? 그 값이 낮다면 그 원인이 궁금할 것입니다.



비가 내린 직후에 또는 많은 양의 눈이 녹아 호수나 개울로 흘러 들어갔을 때 pH가 낮아졌는지 알아볼 수 있습니다. pH가 낮아졌다면 이 물의 알칼리도가 낮을 것으로 예상됩니다. 실제로 알칼리도가 낮은 물은 비가 내리거나 눈이 녹으면 pH가 하락합니다. 그러나 그 현상이 실제로 일어났는지 확인하려면 측정이 필요합니다. 수질 측정 데이터베이스를 만들어서 이러한 물음에 답할 수 있습니다.

Hydrosphere

물은 풍부한 자원이지만 지구상의 물 대부분은 사용할 수가 없습니다. 지구의 물을 100리터라 한다면 그 중 97리터는 해수입니다. 나머지 3리터의 대부분은 얼음입니다. 100리터 중 불과 3mL가 우리가 사용할 수 있는 담수입니다. 이 식수는 지하에서 퍼 올리거나 담수 강 및 호수로부터 얻습니다.

현재 대부분의 국가에서는 연중 몇 차례 소수의 지역에서 수역을 측정하는 데 머무르고 있습니다. GLOBE 측정을 통해 이러한 틈새를 해결하고 지구의 자연수에 대한 이해를 강화할 수 있기를 기대합니다. 이러한 지식은 이 자원을 사용하고 관리하며 누릴 방법을 더 현명하게 결정하는 데 도움이 될 것입니다.

개요

물의 순환

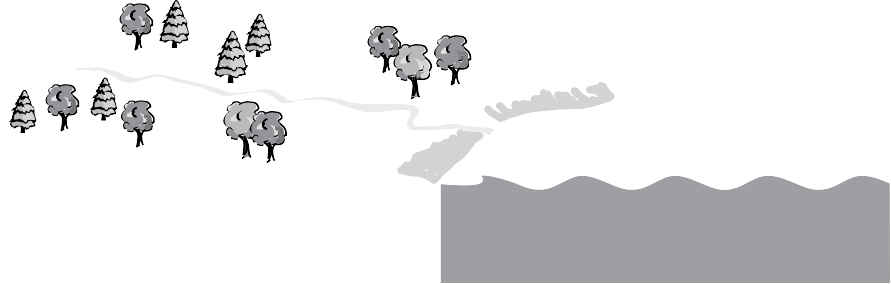
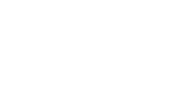
물은 지표와 대기를 끊임없이 오가고, 이 과정을 물의 순환이라 합니다. 물의 순환은 자연의 기본적인 과정 중 하나입니다. 태양 및 기타 근원에서 발생하는 열에 반응하여 바다, 강, 호수, 토양, 초목의 물이 대기로 증발하여 수증기가 됩니다. 대기 중 수증기가 차가워져 물 또는 얼음이 되어 구름을 형성합니다. 물방울 또는 빙정이 충분히 커지면 비 또는 눈의 형태로 지표에 떨어집니다. 지표에 낙하한 물은 토양에 스며들어 식물에 흡수되거나 지하수 저수지로 향합니다. 토양에 스며들지 않은 물은 개울과 강, 또 결국에는 바다로 흘러가는데 그 중 일부는 증발합니다.

호수의 물, 산의 눈, 습한 공기, 아침 이슬 모두 같은 시스템의 일부입니다. 연간 총 지표수 손실량은 연간 총 강수량과 같습니다. 이 시스템의 일부, 이를테면 어떤 지역 또는 토지 피복의 초목량이 변화할 경우 이 시스템의 다른 부분에 영향을 미칩니다.

물은 여러 중요한 화학 반응에 참여하고, 또 우수한 용제이기도 합니다. 완전히 순수한 물은 자연에 거의 존재하지 않습니다. 물의 순환 과정에서 각종 불순물이 섞이기 때문입니다. 비와 눈은 대기 부유 입자를 함유합니다. 산성수는 서서히 암석을 녹이고 그 고형물을 운반합니다. 작지만 눈에 띄는 암석 및 토양 성분이 물 속에서 부유하여 탁하게 만들 수도 있습니다. 물이 지하로 스며들면 더 많은 광물이 물에 녹습니다. 용해 또는 부유 불순물이 물의 화학적 구성을 결정합니다.

*그림 HY-I-1: 물의 순환 - 괄호로 표시된 숫자는 가용 저수량(103 Km3.)을 의미합니다.*

대기 중 수증기(0.013)



태양

강수

구름

눈과 얼음(29)

빙하

비

지표를 따라 흐름

증발

증산

Surface runoff

지표수 (0.13)

Glacier

강수 증발

호수

강

토양

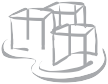
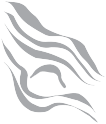
침투

땅

지하수(9.5)

Percolation

바다 (1370)



After Mackenzie and Mackenzie 1995, and Graedel and Crutzen, 1993

GLOBE® 2014 Introduction - 2 Hydrosphere

GLOBE 측정

Welcome

Introduction

Protocols

Learning Activities

Appendix

무엇을 측정합니까?

이 조사에서 학생들은 다음과 같은 물의 특성들을 측정합니다.

투명도

수온

용존 산소

전기 전도성

염도

pH

알칼리도

질산염

담수 대형 무척추 동물

선택적 염분 적정

각 측정 소개

*투명도*

녹색 식물의 성장에 필요한 빛은 부유 고형물을 함유한 탁수 또는 착색수보다 깨끗한 물에서 더 멀리 이동할 수 있습니다. 투명도는 빛이 물을 통과하는 정도입니다. 투명도 측정에 자주 사용되는 2가지 방법은 세키 디스크(Secchi disk)와 투명도 튜브입니다. 세키 디스크는 1865년, 교황의 과학 자문이었던 세키 신부(Father Pietro Angelo Secchi)가 투명도 측정에 처음 사용했습니다. 이 간단하면서도 널리 사용되는 측정법에서는 물에 넣은 10cm 흑백 디스크가 어느 깊이에서 자취를 감추었다가 들어올리면 다시 나타나는지 측정합니다. 세키 디스크와 비슷한 패턴을 가진 튜브에 물을 붓고 그 패턴이 사라질 때 튜브 속 물의 깊이를 측정하는 방법도 있습니다. 세키 디스크는 깊고 잔잔한 물에 사용됩니다. 투명도 튜브는 잔잔하거나 흐르는 물에 사용 가능하며 천수역 또는 심층수역의 수면 측정에 쓰입니다. 구름 측정을 투명도 측정과 병행합니다.

*수온*

수온은 대개 물이 흡수하는 태양 에너지의 양 및 주변 토양과 공기에 의해 결정됩니다. 태양열이 많아지면 수온이 상승합니다. 공장에서 사용한 물이 수역에 방출되면 수온이 상승할 수 있습니다. 수역의 표면에서 물이 증발하면 그 얕은 표면에 한하여 수온이 내려갈 수 있습니다.

수온으로 물의 출처를 규명할 수도 있습니다. 수원 근처의 수온은 수원의 온도와 비슷합니다. 이를테면 눈 녹은 물은 차갑지만 어떤 지하수는 따뜻합니다. 수원에서 멀리 떨어진 곳에서는 주로 기온의 영향을 받습니다.

전기전도성, 용존 산소 등 다른 매개변수도 수온의 영향을 받습니다. 또한 수온은 어떤 수역에서 무엇이 살 수 있는지에 중요한 변수로 작용합니다.

*용존 산소*

물 분자는 수소 원자 2개와 산소 원자 1개로 구성됩니다(H2O). 그러나 어떤 수역에서든 물에 녹아 있는 산소 기체(O2) 분자가 물 분자와 섞입니다. 용존 산소는 물의 자연 불순물입니다. 어류 및 어류의 먹이인 동물성 플랑크톤과 같은 수중 동물은 물 분자 속 산소 원자가 아니라 물에 녹아 있는 산소 분자를 흡입합니다. 용존 산소량이 충분하지 않으면 수중 생물은 질식합니다. 용존 산소량이 3 mg/L 미만이면 대부분의 수중 생물은 생존에 위협을 받습니다.

2

2

*pH*

pH는 물의 산성을 측정합니다. pH는 물의 화학 작용 대부분에 영향을 미칩니다. 불순물이 없고 공기와 접촉하지 않는 순수한 물은 pH가 7입니다. 불순물이 있지만 산 성분과 염기 성분이 정확히 균형을 이룰 경우 pH는 7입니다. pH가 7 미만이면 산이 과다하고 7을 초과하면 염기가 과다입니다.

*전기 전도성*

순수한 물은 전기가 잘 흐르지 않습니다. 물에 녹아 있는 소금과 같은 이온성(전하) 불순물 때문에 전기가 흐르는 것입니다. 물의 각 성분을 분석할 시간이나 비용이 없으므로 물이 전기 전도성을 띠게 만드는 불순물 총량을 효과적인 지표로 사용합니다.

전기 전도성은 물이 전류를 얼마나 잘 통과시키는지 측정합니다. 용존 염류량이 많을수록 전기 전도성이 증가합니다.

*염도*

해수는 짜며 담수 호수, 개울, 연못보다 용존 고형물 함량이 훨씬 더 많습니다. 염도는 그 짠 정도를 측정하며 수중 불순물의 천분율(parts per thousand, ppt)로 나타냅니다. 바다의 평균 염도는 35 ppt입니다. 일반 식용 소금(NaCl)의 성분인 나트륨과 염화물이 염도의 대부분을 차지합니다. 만과 강 어귀에서는 염도가 다양하게 나타날 수 있는데, 담수와 해수가 섞이는 곳이기 때문입니다. 이러한 담함수의 염도는 담수(평균 0.5ppt)와 해수의 사이에 있습니다.

물의 pH를 양서류, 어류, 동물성 플랑크톤의 생존을 위협하는 수준으로 떨어뜨렸을 가능성이 있습니다.

*질산염*

담수와 염수의 식물 모두 성장하려면 탄소, 질소, 인의 3대 영양소가 필요합니다. 사실 대부분의 식물은 이 3대 영양소를 동일한 비율로 소비하며 그중 하나라도 부족하면 성장할 수 없습니다. 탄소는 대기 중 이산화탄소의 형태로 비교적 풍부합니다. 이산화탄소는 물에 녹으므로 대개는 질소나 인의 부족이 수중 식물의 성장을 제한합니다. 철과 같은 미량 영양소가 억제 작용을 할 수 있습니다. 햇빛도 성장을 제한합니다. 질소는 용존 질소 분자(N2), 유기 화합물, 암모니아(NH4+), 아질산염(NO2-), 질산염(NO3-) 등 다양한 형태로 수역에 존재합니다. 그중에서 질산염이 식물의 성장에 가장 중요합니다.

4 2

지구상 모든 대륙에는 염도 높은 내륙 호수가 있습니다. 중앙아시아의 카스피해, 북미의 그레이트솔트호, 동아프리카 그레이트 리프트 밸리의 몇몇 호수가 그 대표적인 예입니다. 어떤 곳은 해수보다 짭니다. 물의 염도가 높아지는 것은 강물이 암석의 풍화 또는 용해 작용에서 생긴 염분을 운반하기 때문입니다. 물이 증발할 때 염분은 남아 축적됩니다. 염분 포화 상태가 되면 고형물로 침전됩니다. 해수의 염도는 수천 년에 걸쳐 서서히 변화하지만 내륙 수역의 염도는 더 빨리, 몇 시간 ~ 몇 십 년에 걸쳐 비가 내리거나 눈이 녹는 패턴이 바뀌면서 달라질 수 있습니다.

*알칼리도*

알칼리도는 물에 산이 추가될 때 pH 저하에 대한 저항성을 측정합니다. 일반적으로 비나 눈이 내리면 산이 증가하는데, 일부 지역에서는 토양도 중요한 역할을 합니다. 알칼리도는 물이 방해석, 석회석과 같은 탄산칼슘을 함유한 암석을 용해시킬 때 생겨납니다. 호수나 개울의 알칼리도가 대개 CaCO3 100 mg/L 미만으로 낮다면 많은 비가 오거나 급격히 눈이 녹아 대량의 산이 (적어도 일시적으로) 유입되어

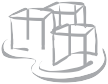
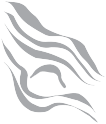
3

*담수 대형 무척추 동물*

호수, 개울, 습지의 담수에는 수백만 가지의 작은 생물이 서식합니다. 각종 곤충, 유충, 갑각류, 연체동물, 기생충, 기타 무척추 동물이 포함되는 대형 무척추 동물군은 진흙, 모래, 자갈 속에 또는 물에 잠긴 식물이나 통나무 속에 서식합니다. 이들은 생태계에 중요한 역할을 합니다. 먹이사슬의 핵심 고리이자 더 큰 여러 동물의 식량원이기도 합니다. 민물담치와 같은 대형 무척추 동물은 물을 정화하는 데 도움이 됩니다. 물 속 부패물질을 먹고 사는 스캐빈저와 같은 유형도 있고 더 작은 유기물을 먹이로 삼는 것도 있습니다.

대형 무척추 동물은 수역의 상태에 대한 많은 정보를 제공합니다. 상당수의 대형 무척추 동물은 pH, 용존 산소, 온도, 염도, 투명도, 기타 서식지 특성의 변화에 민감합니다. 서식지란 어떤 동물이 생존하고 성장하는 데 필요한 모든 것을 갖춘 곳을 의미합니다.

대형 무척추 동물의 표본으로 생물 다양성을 검사하고 수역의 생태를 점검하고 물의 각종 화학 지표와 수권 연구 현장에 사는 유기물의 관계를 탐구할 수 있습니다.



GLOBE® 2014 Introduction - 4 Hydrosphere

어디서 측정합니까?

Welcome

Introduction

Protocols

Learning Activities

Appendix

모든 수권 측정은 수권 연구 현장에서 이루어집니다. 학교에서 정기적으로 안전하게 방문하여 모니터링할 수 있는 어떤 지표수 현장도 가능하지만, 천연수 현장이 더 좋습니다.

다음과 같은 현장에서 측정할 수 있습니다(선호도순).

1. 개울 또는 강
2. 호수, 저수지, 만, 바다
3. 연못
4. 위 항목 중에서 접근 가능하거나 이용 가능한 곳이 없을 경우 관개 수로 또는 기타 수역

언제 측정합니까?

주 단위로 매일 동일한 시간대에 모든 데이터를 측정하여 수집합니다. 표본 수집 현장이 겨울철에 얼거나 건조해질 경우 자유롭게 흐르는 지표수를 측정할 수 있을 때까지는 매주 이 정보를 입력해야 합니다.

**참고:** 연중 특정 시점에 더 흥미로운 측정이 이루어질 수 있습니다. 봄에 눈 녹은 물이 강으로 흐르면 유량 및 침전물의 증가로 인해 측정값이 크게 바뀝니다. 호수는 연중 1회 이상 ‘전환(turnover)’ 현상이 일어나 물이 완전히 섞이기도 합니다. 이는 봄에 얼음이 녹은 후에 발생할 수 있습니다. 전환 때문에 측정 결과가 놀랄 만큼 바뀔 수도 있습니다. 계절별 및 월별 변화를 관찰하십시오. GLOBE 데이터 입력 페이지의 의견 칸에 다른 사람이 이 수질 측정 데이터를 해석하는 데 도움이 될 만한 관찰 내용을 기록하십시오.

담수 대형 무척추 동물의 데이터는 연 2회, 즉 봄에 1번, 늦여름 또는 첫 얼음이 생기기 전 초가을에 1번 수집합니다. 건기와 우기로 나뉘는 지역이라면 우기의 하반기 중 하루 및 건기의 하루를 측정일로 정하되 가급적 첫 표본 수집일로부터 6개월 후에 두 번째 표본을 수집합니다. 뚜렷한 주기적 변화가 없다면 현지 전문가에게 문의하여 수중 대형 무척추 동물의 개체 수 및 다양성이 최고에 이를 때가 언제인지 알아냅니다. 그 시점과 그로부터 6개월 후에 표본을 수집합니다.

얼마나 많은 수의 학생이 참여해야 합니까?

2명 ~ 3명의 그룹 단위로 측정합니다. 한 그룹에서 표본 수집, 처리, 데이터 기록을 모두 수행해야 합니다. 각 매개변수를 여러 그룹에서 테스트하면 매우 유용합니다. 이를테면 세 그룹이 용존 산소량을 측정하는 것입니다. 그러면 더 많은 학생이 참여하여 일종의 품질 관리가 이루어질 수 있습니다. 동일한 테스트를 맡은 학생 그룹끼리 결과를 검토하면서 데이터가 비슷한지 확인해야 합니다. 동일한 표본에서 다른 결과가 나올 경우 학생들은 테스트 절차를 점검하고 테스트를 다시 하여 그 원인을 밝혀야 합니다. 데이터 품질 관리는 과학 및 학습 경험에서 중요하게 다뤄져야 합니다.

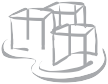
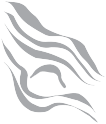
측정에 얼마나 많은 시간이 걸립니까?

측정에 소요되는 시간은 현장까지의 거리, 학생들의 실력, 그룹의 구성 방식에 따라 달라집니다. 각 그룹이 모든 측정을 진행할 경우 소규모 그룹이 각기 다른 측정 세트를 맡아 매주 진행할 때보다 더 많은 시간이 소요됩니다.

*표 HY-I-1: 수권 측정 단계 및 대략적인 소요 시간*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 단계 | **측정** | **시간(분)** |
| *초급* | 투명도 | 10 |
|  | 온도 | 10 |
|  | pH(시험지) | 10 |
|  | 전도성 | 10 |
|  | 염도 | 10 |
| *중급 또는 고급* | 용존 산소 | 20 |
|  | pH(미터) | 10 |
|  | 알칼리도 | 15 |
|  | 질산염 | 20 |
|  | 염분 적정 | 10 |
|  | 담수 대형 무척추 동물 | 3-6시간 |

시작



학생들은 주 단위 계획서 작성을 위해 선택된 수역에서 표본을 수집하고 처리하여 그 성분을 알아내고 데이터를 분석하여 물과 물이 환경에 미치는 영향을 자세히 파악합니다. 매년 해당 현장의 지도를 작성하고 사진을 촬영합니다. 현장에 대한 문서화가 부실하면 데이터 사용에 큰 제약이 따릅니다.

*담수 대형 무척추 동물 계획서* 작성을 위해서는 연 2회 현장의 표본을 수집하여 무척추 동물의 상대적 개체 수 및 유형을 조사합니다. 이 데이터를 수화학 데이터, 이력 데이터, 기타 지표와 비교하여 연구 대상 수역의 패턴과 동향을 이해합니다.

교육 목표

이 장에서 설명한 활동에 참여하는 학생들은 다양한 개념을 이해하고 탐구 능력을 키울 수 있습니다. 여기에는 각종 기구 및 기법을 사용하여 측정하고 그 결과를 일반 탐구 방식과 연계하여 분석하는 것도 포함됩니다. 회색 상자에 기재된 *과학 탐구 능력*은 교사가 *데이터 조사* 섹션에 수록된 계획서를 완료한 경우에 한합니다. 이 섹션을 사용하지 않을 경우 일부 탐구 능력은 해당되지 않습니다. 여기에 포함된 *과학 개념*은 미 국립연구회의(US National Research Council)에서 권장한 미국과학교육표준에 수록된 것이며 지구우주과학 및 물리학 개념을 포함합니다. *지리 개념*은 국가 교육 표준 프로젝트에서 마련한 국가 지리 표준에서 발췌한 것입니다. 수권 측정과 관련된 추가 *보충 개념*도 포함되었습니다. 각 계획서 또는 학습 활동의 서두에 있는 회색 상자는 여기서 다룰 핵심 개념 및 과학 탐구를 제시합니다. 다음 표에서는 각 계획서 또는 학습 활동에서 어떤 개념과 능력을 다루는지 요약하여 소개합니다.

참고 자료

T.E. Graedel and P.J. Crutzen (1993) *Atmospheric Change: An Earth System Perspective*. W.H. Freeman and Company, New York

F.T. Mackenzie and J.A. Mackenzie (1995) *Our Changing Planet: An Introduction to Earth System Science and Global Environmental Change*. Prentice Hall, New Jers