KOREAN EDITION
EARTH AND SPACE SCIENCES
FRIDAY, JANUARY 23, 2026
9:15 A.M. TO 12:15 P.M., ONLY

The University of the State of New York
REGENTS HIGH SCHOOL EXAMINATION

지구 및 우주 과학

2026년 1월 23일, **금요일** — 오전 9시 15분부터 오후 12시 15분까지만 실시

학생 이름 _____

학교명 _____

본 시험 중에는 모든 통신 장비의 소지나 사용을 철저히 금지합니다. 잠시라도 통신 장비를 소지하거나 사용할 경우, 시험은 무효화되며 시험 점수를 받을 수 없게 됩니다.

위 칸에 자신의 이름과 학교명을 인쇄체로 쓰십시오.

자신의 **지구 및 우주 과학** 지식을 활용하여 이 시험의 모든 문제에 답하십시오. 시험을 시작하기 전에 ***2024년판 지구 및 우주 과학 참고표***를 받았는지 확인하십시오. 어떤 문제들은 풀 때에 이 참고표가 필요합니다.

이 시험의 모든 파트의 모든 문제에 답하십시오. 문제를 풀 때 연습 용지를 사용할 수 있으나 모든 답은 답안지와 시험 책자에 기입해야 합니다. 선다형 문제를 위한 별도의 답안지가 제공되었습니다. 감독관의 지시에 따라 답안지에 학생 정보를 기입하십시오. 서술형 문제의 답은 시험 책자에 기입하십시오.

시험 책자에 답안을 작성할 때는 반드시 펜을 사용해야 하고 그래프나 그림을 그릴 때는 반드시 연필을 사용하십시오.

시험을 마친 후, 별도의 답안지에 인쇄된 진술문에 서명함으로써 이 시험을 치르기 전에 문제나 답에 대한 불법적인 지식이 없었으며 시험을 치르는 동안 도움을 주지도 않고 받지도 않았음을 표시하십시오. 이 진술문에 서명하지 않은 학생의 답안지와 시험 책자는 인정하지 않습니다.

참고 ...

이 시험을 치르는 동안 사용할 수 있도록 사칙 계산기나 과학용 계산기 및 ***2024년판 지구 및 우주 과학 참고표***가 반드시 준비되어 있어야 합니다.

별도로 표시되지 않는 한, 도표는 실제 비율과 다릅니다.

지시가 있을 때까지 이 시험 책자를 열지 마십시오.

EARTH AND SPACE SCIENCES KOREAN EDITION

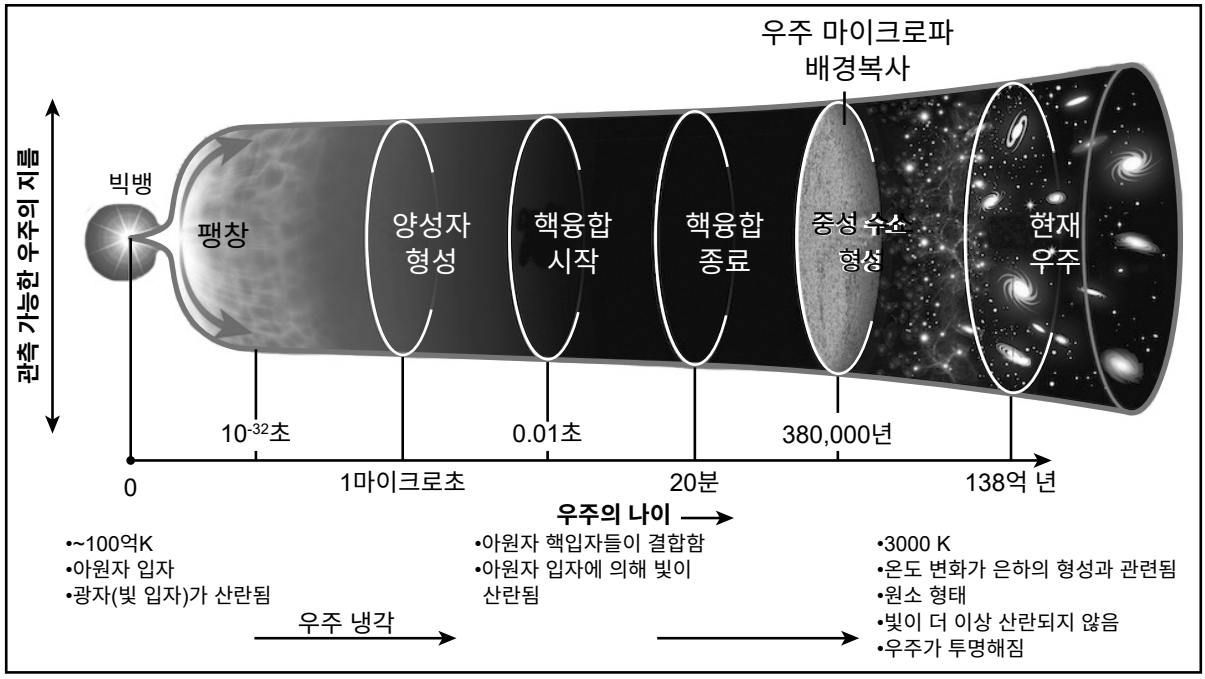
1번에서 5번 문제는 아래 정보와 자신의 지구 및 우주 과학 지식을 바탕으로 답하십시오. 일부 문제는 ***2024 년판 지구 및 우주 과학 참고표***가 필요할 수 있습니다. 반드시 제공된 별도의 답안지에 선다형 문제의 답을 기입하십시오. 서술형 문제의 답은 시험 책자에 기입하십시오.

빅뱅 이론의 증거

빅뱅 이론은 우주가 초기의 고밀도 및 고온 상태에서 어떻게 팽창하였는지 설명하는 물리학 이론입니다. 빅뱅 이론은 시간이 흐르면서 우주가 어떻게 변화하였는지 설명하려는 이론입니다. 이 이론을 뒷받침하는 데에는 세 가지 증거가 있습니다. 우주에 존재하는 원소들의 측정된 양이 이 이론을 뒷받침합니다. 우주의 팽창이 가속화되고 있다고 관측되는 것도 또 다른 증거입니다. 우주 마이크로파 배경복사(cosmic microwave background radiation, CMBR) 또한 이 이론을 뒷받침합니다.

아래의 모형은 빅뱅 이후 우주가 어떻게 변화했는지에 대한 정보를 보여줍니다. 이 모형의 온도는 켈빈(K) 단위로 표기되었습니다.

빅뱅 이후 우주의 진화 모형



1 우주 마이크로파 배경복사를 정확히 설명하도록 아래 세 진술을 각각 올바르게 완성하십시오. 각 진술을 올바르게 완성하는 구절에 **X** 표시를 하십시오. [1]

진술 1:

우주 마이크로파 배경복사가 빅뱅 이론의 증거를 제공하는 이유는 우주 마이크로파 배경복사가

☐ 과학자들이 예측하는 바에 따르면, 에너지이며 우주 전체에 분포되어 있기 때문이다

☐ 과학자들이 예측하는 바에 따르면, 물질이며 융합되어 원소가 된 것이기 때문이다

진술 2:

우주 마이크로파 배경복사가 탐지될 수 있는 이유는 우주가

☐ 극도의 열로 인해 급격히 팽창했기 때문이다

☐ 냉각된 후, 투명해졌기 때문이다

진술 3:

우주에서 밀도 차이로 인해 발생한 우주 마이크로파 배경복사의 변동은

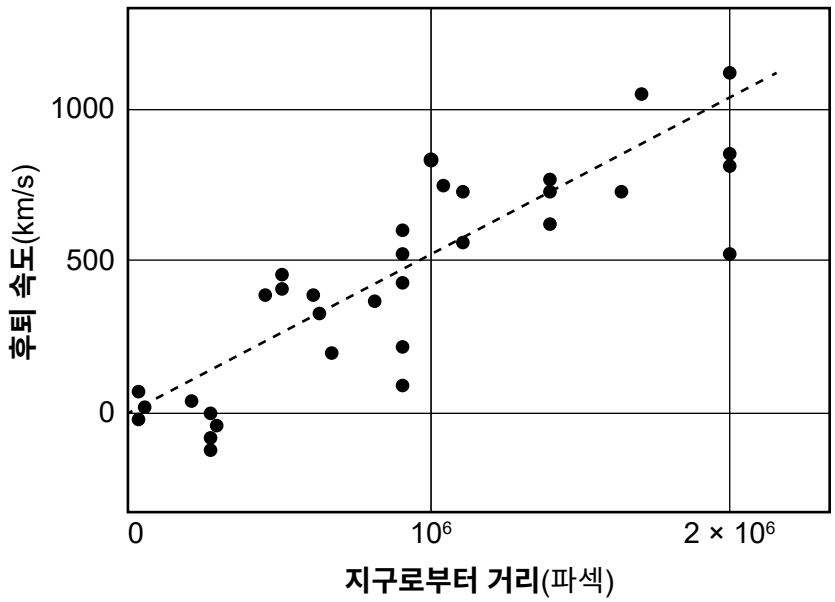
☐ 은하들이 더 높은 밀도의 지역에서 형성되었음을 나타낸다

☐ 은하들이 더 낮은 밀도의 지역에서 형성되었음을 나타낸다

1920년대에 천문학자 에드윈 허블(Edwin Hubble)은 세페이드 변광성(Cepheid variable)이라는 별을 이용해 은하들을 연구했습니다. 이 종류의 별들은 예측 가능한 패턴으로 밝아지고 어두워집니다. 허블은 이 별들과 이 별들이 속한 은하가 지구로부터 얼마나 멀리 떨어져 있는지 알아내기 위해 이 별들을 관찰했습니다.

허블의 1929년 그래프의 복원본이 제시되어 있습니다. 은하의 후퇴 속도(지구에 대한 상대 속도)가 지구에서 은하까지의 거리에 대한 함수로 나타나 있습니다. 지구로부터의 거리는 파섹(1파섹 = 3.26광년) 단위로 표기되어 있습니다. 지구를 향해 이동하는 은하들은 음(-)의 후퇴 속도를 갖습니다.

허블 그래프의 복원본



아래는 은하와 관련된 허블의 업적에 관한 몇 가지 진술입니다.

진술 1: 허블의 그래프는 지구에서 은하까지의 거리와 은하의 후퇴 속도는 관련이 없다는 것을 보여준다.

진술 2: 허블의 그래프에 있는 대부분 은하의 속도에 대한 증거는 각 은하의 적색편이 데이터로부터 얻었을 가능성이 가장 높다.

진술 3: 허블이 측정한, 지구로부터 2×10^6파섹 떨어진 은하들은 모두 후퇴 속도가 500km/s 보다 빠르다.

진술 4: 허블의 그래프는 지구에서 은하까지의 거리와 은하의 후퇴 속도 사이의 비례 관계를 보여준다.

진술 5: 허블의 그래프에서 보이는 몇몇 은하는 지구에서 멀어질수록 더 느리게 이동한다.

진술 6: 허블의 그래프에 있는 대부분 은하의 속도에 대한 증거는 각 은하의 청색편이 데이터로부터 얻었을 가능성이 가장 높다.

2 어떤 진술이 허블의 데이터를 빅뱅 이론을 뒷받침하는 증거로 올바르게 요약합니까?

(1) 진술 1, 5, 6
(2) 진술 2, 3, 4
(3) 진술 3, 1, 6
(4) 진술 4, 2, 5

3 그래프에 있는 데이터가 어떻게 빅뱅 이론의 설명을 뒷받침합니까?

(1) 지구에서 더 멀리 있는 은하들은 더 큰 후퇴 속도를 가지며, 이는 우주가 팽창함을 나타낸다.
(2) 지구에 더 가까운 은하들은 음의 후퇴 속도를 가지며, 이는 우주의 팽창 속도가 오직 먼 은하들에게만 적용된다는 것을 나타낸다.
(3) 지구에서 약 100만(10^6)파섹 떨어진 은하들은 지구를 향해 이동하거나 멀리 떨어지고 있으며, 이는 우주가 이 거리보다 팽창하지 않는다는 것을 나타낸다.
(4) 일정한 속도로 지구에서 멀어지는 은하들은 우주가 일정한 속도로 팽창하고 있음을 나타낸다.

아래 표는 우리 은하에 있는 두 개의 별에 대한 정보를 보여줍니다.

별	별을 구성하는 원소	질량(kg)
베텔게우스	헬륨, 탄소, 산소, 네온, 마그네슘, 나트륨, 철	3.28×10^{31}
태양	수소, 헬륨	1.99×10^{30}

4 다음 중 두 별을 구성하는 원소들의 차이를 올바르게 설명하고, 두 별의 수명을 비교한 진술은?

(1) 베텔게우스에서는 헬륨이 더 무거운 원소로 융합되었으며, 베텔게우스는 태양보다 수명이 더 짧다.

(2) 베텔게우스에서는 아직 수소가 더 무거운 원소로부터 융합되지 않았으며, 베텔게우스는 태양보다 수명이 더 길다.

(3) 태양에서는 더 무거운 원소가 헬륨으로 완전히 융합되었으며, 태양은 베텔게우스보다 수명이 더 짧다.

(4) 태양에서는 아직 수소가 더 무거운 원소로부터 융합되지 않았으며, 태양은 베텔게우스보다 수명이 더 길다.

5 베텔게우스와 태양의 질량이 어떻게 각 별의 핵합성 속도가 서로 다르게 되는 요인인지 설명하십시오. [1]

6번에서 9번 문제는 아래 정보와 자신의 지구 및 우주 과학 지식을 바탕으로 답하십시오. 일부 문제는 ***2024년판 지구 및 우주 과학 참고표***가 필요할 수 있습니다.

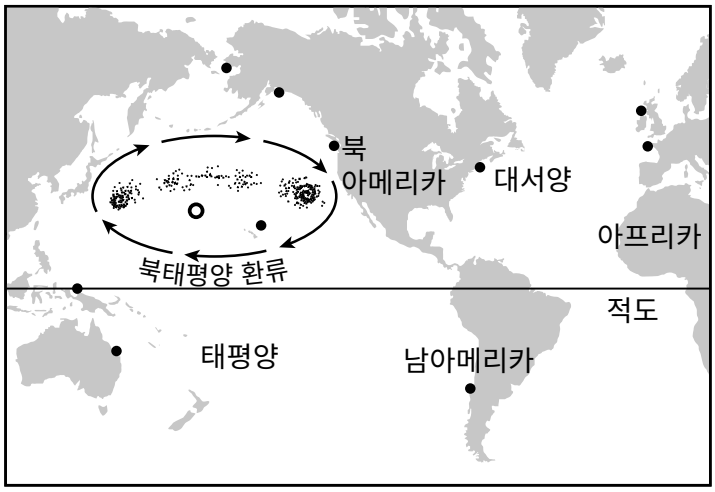
러버덕과 태평양 쓰레기

1992년 1월 10일에 컨테이너선 *에버 로렐(Ever Laurel)*호는 해상 폭풍으로 인해 40피트 길이의 컨테이너 12개를 유실했습니다. 이 중 한 컨테이너가 파손되어 28,000개가 넘는 플라스틱 목욕 놀이 장난감이 바다로 흘러 들어갔습니다. 이 목욕 놀이 장난감들은 수년간 해수면에 떠다니며 세계 곳곳의 해변에 도착했습니다.

태평양에는 태평양 거대 쓰레기 지대(Great Pacific Garbage Patch, GPGP)가 있습니다. 이 플라스틱 섬의 면적은 160만 제곱킬로미터로, 이는 뉴욕주 면적의 약 11배에 이릅니다. 쓰레기 지대는 전 세계의 해양 환류 중 물결이 잔잔한 곳에서 발견됩니다. 과학자들은 해양 생태계 내 증가하는 플라스틱 오염 문제를 완화하기 위해 이 지대에 있는 플라스틱 조각의 크기, 구성 성분, 생성 시기를 연구해 해당 플라스틱의 기원을 규명하고자 노력하고 있습니다.

아래의 지도는 *에버 로렐*호 사건, 목욕 놀이 장난감들이 발견된 위치, 태평양 거대 쓰레기 지대에 대한 정보를 담고 있습니다.

에버 로렐호 사건 지도



기호		
○ *에버 로렐호* 사건 발생 지점	• 목욕 놀이 장난감 해안 도달 지점	GPGP

6 아래에 있는 각각의 세 개의 진술을 완성하기 위해, 목욕 놀이 장난감을 지구 여러 지역에 흩어지게 한 지구의 대기 및 해양 순환 패턴을 유발하는 요인을 올바르게 설명하는 항목에 **X** 표시를 하십시오. [1]

<u>진술 1:</u>

사고 지점에서 북아메리카 북서부 해안까지 플라스틱 목욕 놀이 장난감의 분포 패턴을 보여주는 근거는

☐ 장난감들이 쿠로시오 해류를 따라 이동한 뒤, 캘리포니아 해류를 따라 이동한다는 것이다

☐ 장난감들이 북태평양 해류를 따라 이동한 뒤, 알래스카 해류를 따라 이동한다는 것이다

<u>진술 2:</u>

해류의 전 지구적 순환 패턴의 한 가지 원인은

☐ 대륙의 위치와 분포이다

☐ 적도로부터의 거리이다

<u>진술 3:</u>

해류 외에도, 장난감들이 퍼지는 데 기여한 전 지구적 패턴은 대기의

☐ 온실가스 농도에도 영향을 받았다

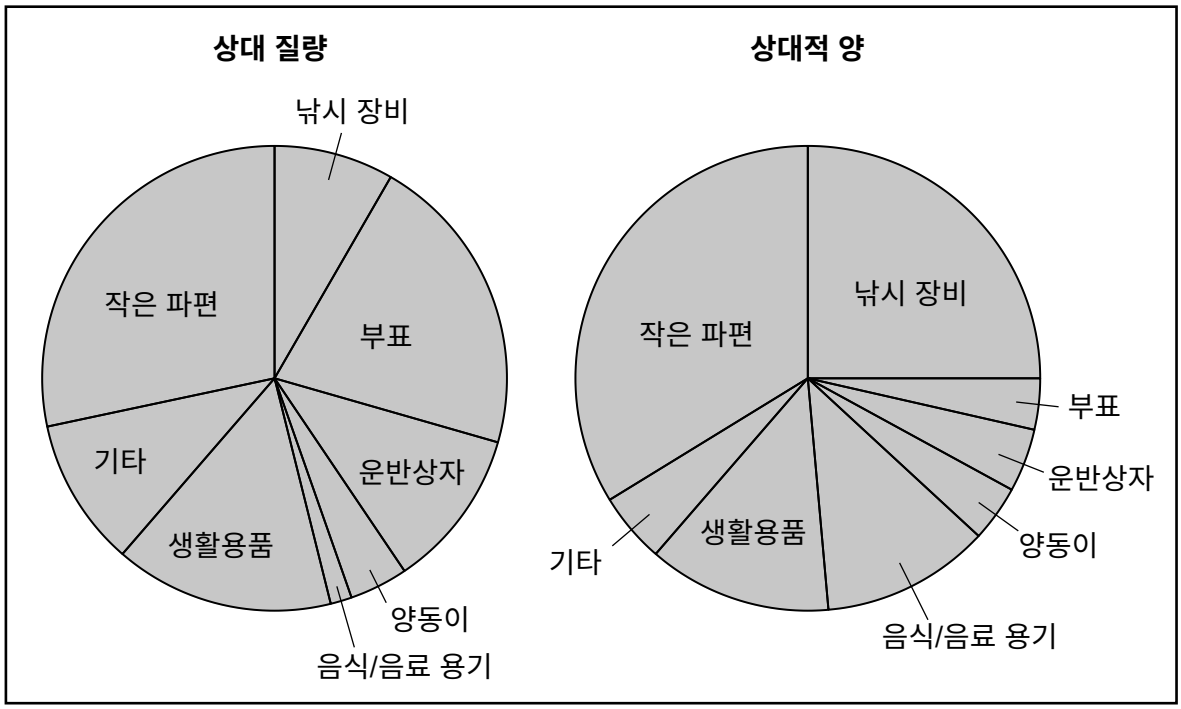
☐ 밀도와 열 에너지 차이에도 영향을 받았다

7 해류 외에도, 이 플라스틱 장난감들의 전 지구적 순환을 가능하게 하는 다른 요인은?

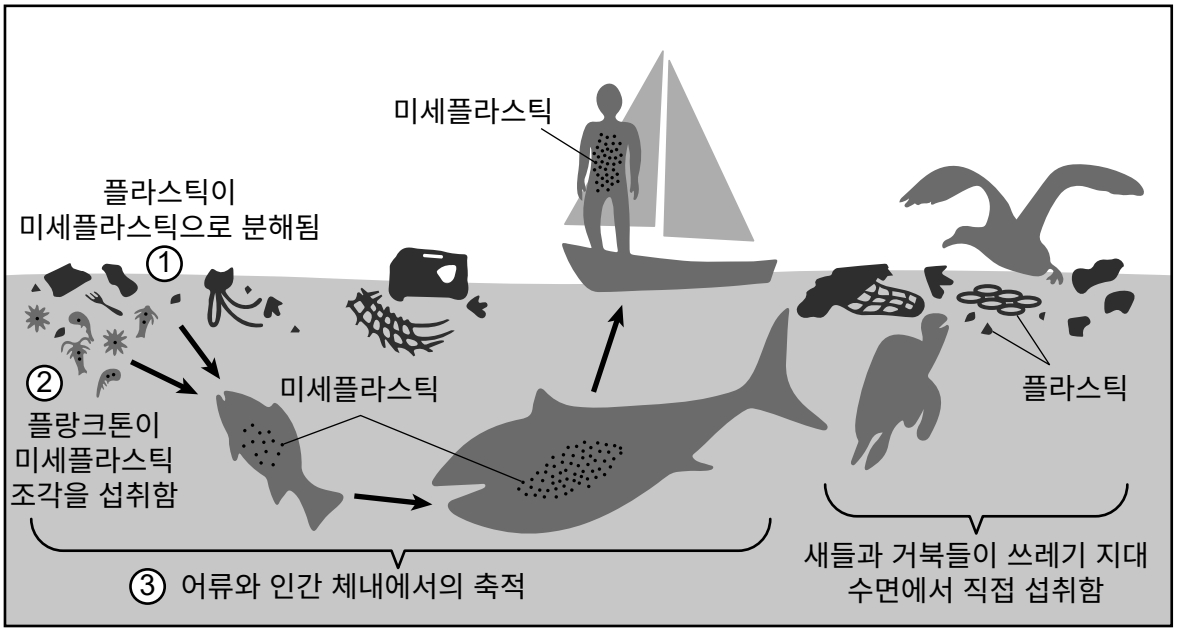
(1) 성층권의 대류(stratosphere convection)
(2) 탁월풍(prevailing winds)
(3) 고도(elevation)
(4) 구름량(cloud cover)

많은 종류의 플라스틱이 지구 해양에서 발견됩니다. 아래의 파이 차트와 인포그래픽은 지구 해양에 있는 플라스틱에 대한 몇 가지 정보를 보여줍니다. 인포그래픽의 화살표들은 다양한 유기체를 통한 플라스틱의 이동을 나타냅니다.

GPGP에서 발견된 5cm 이상 크기 플라스틱의 출처



GPGP 내 플라스틱의 해양 먹이 사슬을 통한 인간으로의 이동



GPGP에 서식하는 바다거북들은 종종 비닐봉지와 플라스틱 조각들을 먹습니다. 이는 거북들이 자신들의 주된 먹이인 해파리로 착각하기 때문입니다.

8 다음 중 GPGP에서 비닐봉지를 제거하는 것이 이 지대의 생물 다양성을 어떻게 안정화하는지 설명하는 진술은?

(1) GPGP에서 비닐봉지의 수가 감소하면, 거북이 비닐봉지를 더 많이 먹을 것이기 때문에 해파리의 개체수가 증가할 것이다.

(2) GPGP에서 비닐봉지의 수가 감소하면, 거북이 해파리를 더 많이 먹을 것이기 때문에 거북의 개체수가 증가할 것이다.

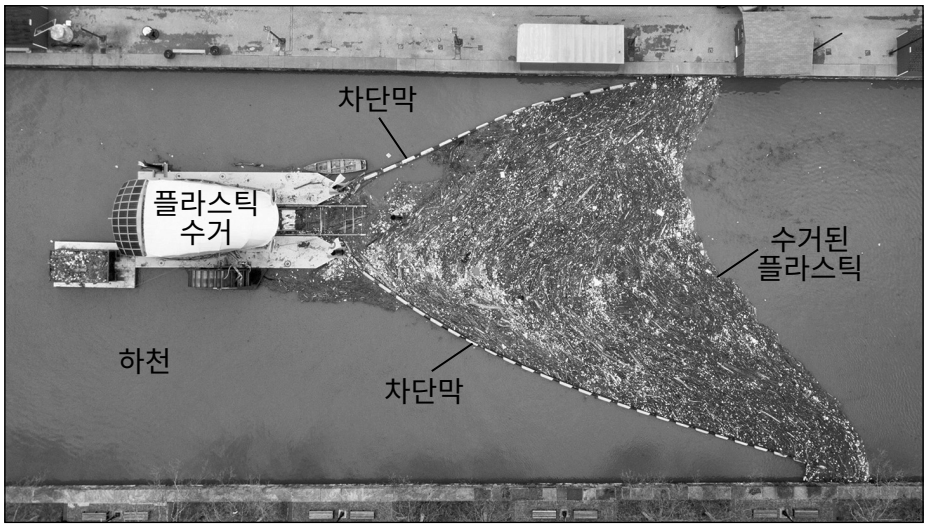
(3) GPGP에서 비닐봉지의 수가 감소하면, 거북이 해파리를 더 적게 먹을 것이기 때문에 해파리의 개체수가 감소할 것이다.

(4) GPGP에서 비닐봉지의 수가 감소하면, 거북이 해파리를 더 적게 먹을 것이기 때문에 거북의 개체수가 감소할 것이다.

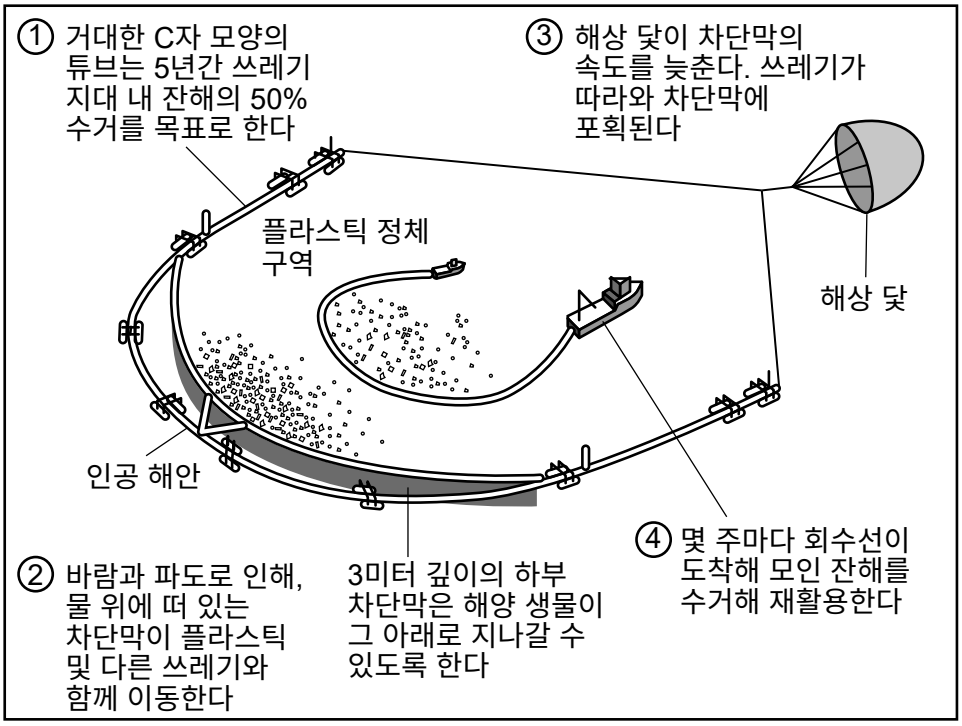
많은 단체와 정부 기관들이 증가하는 플라스틱 오염 문제를 해결하는 방법들을 조사해 왔습니다. 이러한 방법에는 플라스틱 사용 줄이기, 플라스틱 재활용하기, 수로 정화 활동 참여하기가 포함됩니다.

하천과 해양을 정화하기 위해 더 많은 복합적인 해결책이 쓰이고 있습니다. 하천에서는 하구에 차단막을 세워 플라스틱을 한곳의 수거 지역으로 모이게 하여, 그곳에서 플라스틱을 수동적으로 제거하고 재활용을 위해 운반하도록 합니다. 해양에서는 과학자들이 장비를 사용하여 떠다니는 플라스틱을 수거해 재활용을 위해 해안가로 다시 가져옵니다. 아래 사진과 모형은 이 두 가지 제거 방법에 대한 몇 가지 정보를 보여줍니다.

하천 정화 방법



해양 정화 방법 모형



아래 차트는 물에서 플라스틱을 제거하는 방법에 대한 정보를 보여줍니다.

플라스틱 제거 방법의 장단점

	장점	단점
하천	• 물 위에 뜨며 수위 변화에 따라 조정 가능 • 현지 제작, 저비용 • 수면 위 플라스틱 포획 효과가 우수함 • 해양에 유입되기 전에 포획됨	• 수거된 플라스틱은 수동으로 제거해야 함 • 유속이 느리면 포획률이 감소함 • 미세플라스틱(<1mm) 또는 깊은 곳에 있는 플라스틱에는 효과적이지 않음 • 차단막이 생태계 다양성에 영향을 줄 수 있음
해양	• 광범위한 지역의 대규모 플라스틱 제거에 효과적임 • 민간 단체가 작업을 수행함 • 불쾌한 광경이나 냄새가 바다에 머물러 지역사회에는 영향을 주지 않음 • 에너지 절약 가능	• 미세플라스틱(<1mm) 또는 깊은 곳에 있는 플라스틱 포획 불가 • 유지보수 비용이 많이 들고, 장비 고장으로 인해 작동 중단이 자주 발생함 • 수면에서 5미터 깊이까지의 수중 생물들에게 영향을 줌 • 수거된 플라스틱을 몇 주마다 회수선이 제거해야 함

9 한 학생이 플라스틱 오염 문제의 영향을 줄이는 데에 하천 정화 방법이 해양 정화 방법보다 더 효과적인 설계적 해결책이라고 주장합니다. 제공된 모든 정보를 바탕으로, 다음 중 이 주장을 가장 정확하게 뒷받침하는 근거를 제공하는 진술은?

(1) 하천 정화 방법은 해양 정화 방법보다 비용이 적게 들고, 플라스틱이 해양으로 흘러 들어가기 전에 포획되므로 하천과 해안의 생물 다양성을 보호할 수 있다.

(2) 하천 정화 방법은 더 넓은 지역에서 플라스틱을 수거할 수 있으며, 해양 정화 방법보다 유지 비용이 더 적게 든다.

(3) 하천 정화 방법은 모든 크기의 떠다니거나 가라앉은 플라스틱을 모두 포획할 수 있는 반면, 해양 정화 방법은 큰 플라스틱 조각만 수거할 수 있다.

(4) 하천보다 해양에서 플라스틱이 더 많이 발견되기 때문에 하천 정화 방법이 해양 정화 방법보다 플라스틱을 더 많이 포획한다.

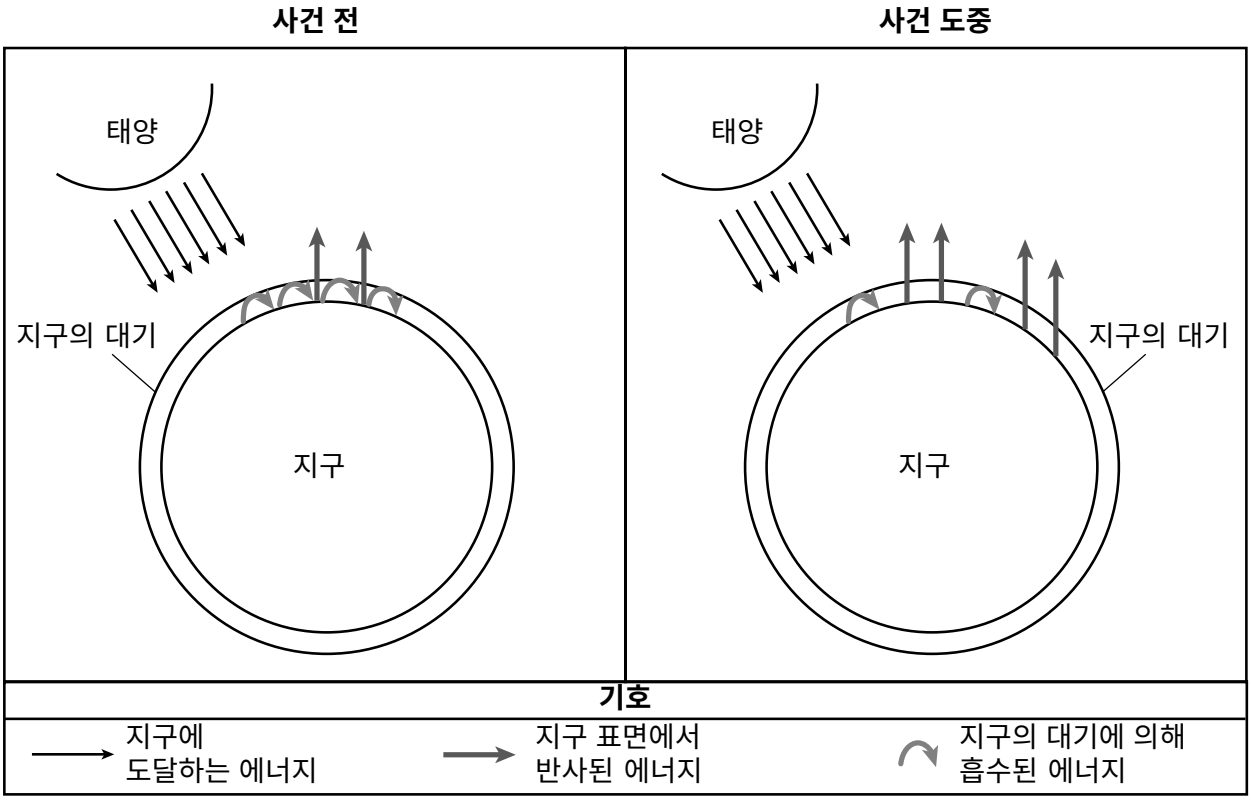
10번에서 13번 문제는 아래 정보와 자신의 지구 및 우주 과학 지식을 바탕으로 답하십시오. 일부 문제는 ***2024년판 지구 및 우주 과학 참고표***가 필요할 수 있습니다.

초기 지구 시스템의 진화

약 27억 년(2.7 Ga) 전, 시아노박테리아(스트로마톨라이트를 형성함)라고 불리는 미생물이 해양에서 진화했습니다. 이 미생물은 광합성을 수행했습니다. 이 미생물은 산소를 만드는 "연료"로 물을 사용할 수 있는 능력을 가지고 있었습니다. 이 산소는 해수로 방출되었습니다. 산소의 농도는 약 2억 년에서 3억 년에 걸쳐 점차 증가했습니다. 결국, 산소는 대기로 방출되어 메탄과 반응했습니다. 이 반응으로 인해 메탄 농도가 줄어들고 산소 농도가 증가하게 되었습니다. 이는 약 24억 년에서 21억 년 전에 발생했습니다. 이 대기 중 산소 증가를 대산화 사건(Great Oxidation Event)이라고 부릅니다. 지구에서의 이러한 산소 농도 변화는 간접적으로 기후 변화를 초래했습니다.

아래 모형들은 두 개의 서로 다른 시기 동안 지구에 도달한 여러 형태의 에너지, 지구로부터 반사된 에너지, 그리고 지구의 대기 중에 흡수된 에너지의 상대적인 양을 나타냅니다.

대산화 사건 모형



10 다음 중 아래 표에서 대산화 사건의 결과로 나타난 지구 시스템의 공진화(coevolution)의 증거를 올바르게 설명한 행은?

행	대기 중 기체의 변화	변화에 대한 반응	기후에 미치는 영향
(1)	메탄 농도 감소, 산소 농도 증가	대기가 흡수하는 에너지 감소	에너지 반사 증가로 인해 최초의 빙하기 초래
(2)	메탄 농도 증가, 산소 농도 감소	대기가 흡수하는 에너지 증가	에너지 반사 감소로 인해 최초의 빙하기 초래
(3)	메탄 농도 증가, 산소 농도 감소	대기가 흡수하는 에너지 감소	에너지 반사 증가로 인해 최초의 빙하기 초래
(4)	메탄 농도 감소, 산소 농도 증가	대기가 흡수하는 에너지 증가	에너지 반사 감소로 인해 최초의 빙하기 초래

휴로니안 빙하기(Huronian ice ages)는 24억 년에서 21억 년 전에 발생한 세 차례의 독립적인 빙하기 사건이었습니다. 이 빙하기는 지구의 지질 역사상 최초로 발생한 빙하기 중 일부였습니다. 이 시기에 지구의 표면은 거의 완전히 얼어붙은 상태였습니다.

휴로니안 지층군(Huronian Supergroup)은 두께가 약 12킬로미터에 달하는 지질층입니다. 이 지질층들은 첫 주요 빙하기의 증거를 제공합니다. 이 지질층들의 형성 연대는 암석에 있는 우라늄과 납 동위원소의 비율을 이용해 결정되었습니다. 이 지층군은 얼음으로 뒤덮인 땅덩어리가 지금보다 적도에 더 가까웠던 시기, 즉 얼음이 해수면까지 도달했을 때 형성되었습니다.

휴로니안 지층군은 해양 환경에 있는 전형적인 퇴적물입니다. 이 지층군은 드롭스톤(화산암 및/또는 퇴적암 조각이 포함된 암석 조각)이 들어있는 퇴적암으로 이루어져 있습니다. 빙하는 얼음 안에 다양한 크기의 퇴적물을 운반하기 때문에 드롭스톤은 빙하기의 증거입니다. 그런 다음, 빙하들은 바다에 이 암석들을 떨어뜨립니다. 이 암석들은 해양 퇴적물에 묻혀 결국 퇴적암을 형성합니다.

11 다음 중 휴로니안 빙하기가 발생했던 시기를 결정하는 데 사용된 증거를 밝히는 진술은?

(1) 휴로니안 지층군에 있는 암석들의 연대를 결정하는 데 암석 내 원소의 방사능 연대측정이 사용되었다.

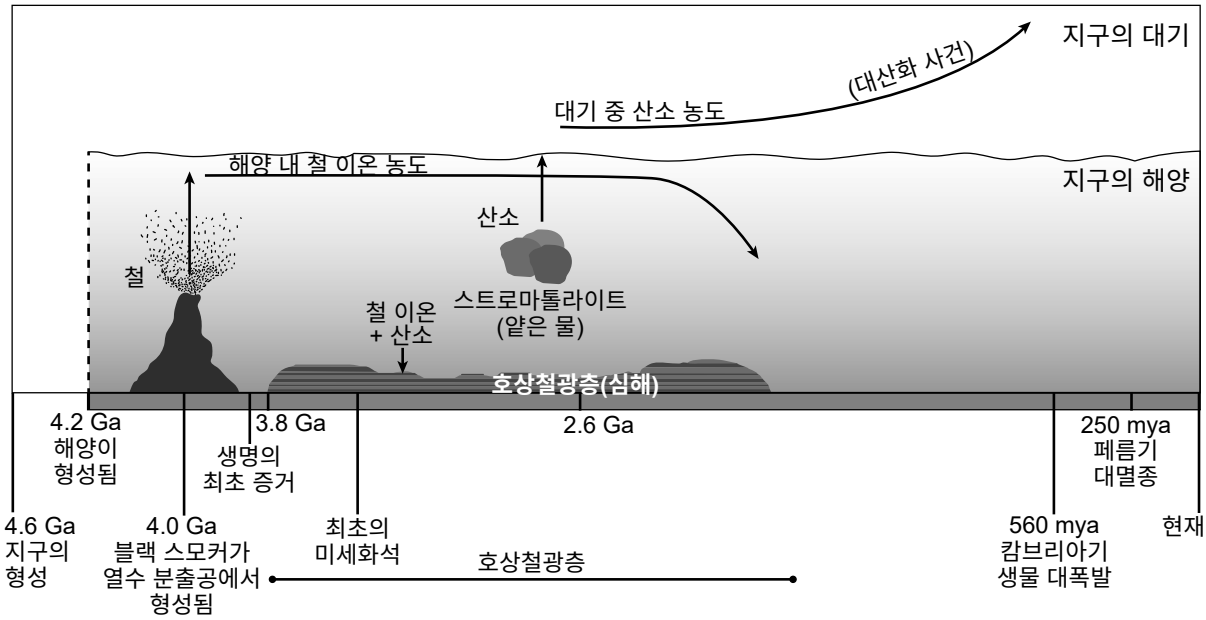
(2) 휴로니안 지층군에서 표준 화석이 발견되어, 암석들의 연대를 결정하는 데 사용되었다.

(3) 휴로니안 지층군에 있는 암석들은 연대를 결정하기 위해 탄소 연대측정을 받았다.

(4) 퇴적암 내 드롭스톤의 연대가 그 암석 자체를 구성하는 입자들의 연대보다 더 최근이다.

지구상 가장 오래된 암석 중에는 호상철광층(banded iron formations)이라는 퇴적암이 있습니다. 이 암석은 지구 최초의 자유 산소를 포함한 해양에서 형성되었습니다. 아래 모형은 지구의 초기 해양과 대기에 대한 정보를 보여줍니다. 모든 지질 시기는 추정값입니다. 10억 년 전은 Ga로 나타냈으며, 100만 년 전은 mya로 나타냈습니다.

지구의 초기 해양과 대기의 모형



12 다음 중 휴로니안 빙하기 동안 지구의 수권에서 발생한 변화가 지구의 지권에서의 변화를 일으켰다는 주장을 뒷받침하기 위해 모형과 글의 정보를 증거로 올바르게 사용한 진술은?

(1) 호상철광층에서 발견된 미세화석(microfossils)은 바다 속에서 철을 생성했다.

(2) 해양 내의 철은 해양의 얕은 부분에서 서식하던 광합성하는 스트로마톨라이트에 의해 에너지로 사용되었다.

(3) 해양 내에 존재하던 이산화탄소와 메탄이 해저의 기반암 위에서 블랙 스모커(black smokers)의 형성을 초래했다.

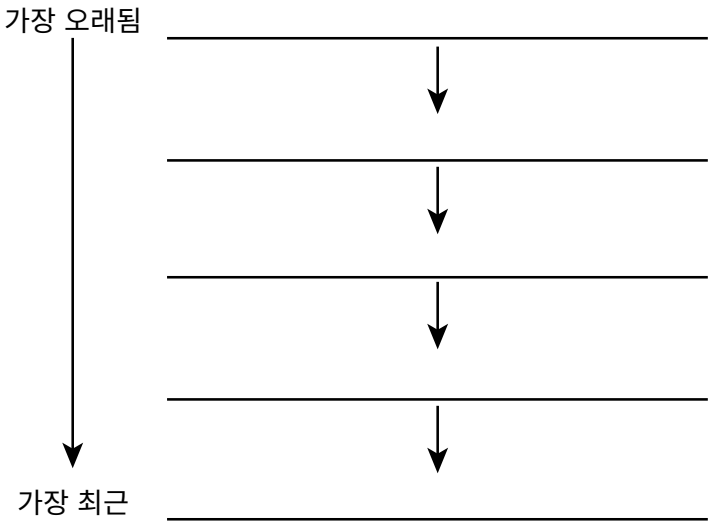
(4) 해양 내에 존재하던 철과 산소가 해저에서 철이 띠 모양으로 층을 이룬 암석층의 형성을 초래했다.

13 지구의 표면 작용은 지구 표면과 대기에 변화를 초래합니다. 과거의 변화는 미래의 사건을 초래하는 조건을 생성했습니다.

모형에서 제공된 정보를 바탕으로, 아래 사건들을 올바른 시간 순서대로 배열하여 그래픽 조직도를 완성하십시오. [1]

사건

- 최초의 해양이 형성됨
- 대산화 사건
- 최초의 호상철광층이 나타남
- 블랙 스모커에서 나온 철이 해양으로 유입됨
- 지구의 형성



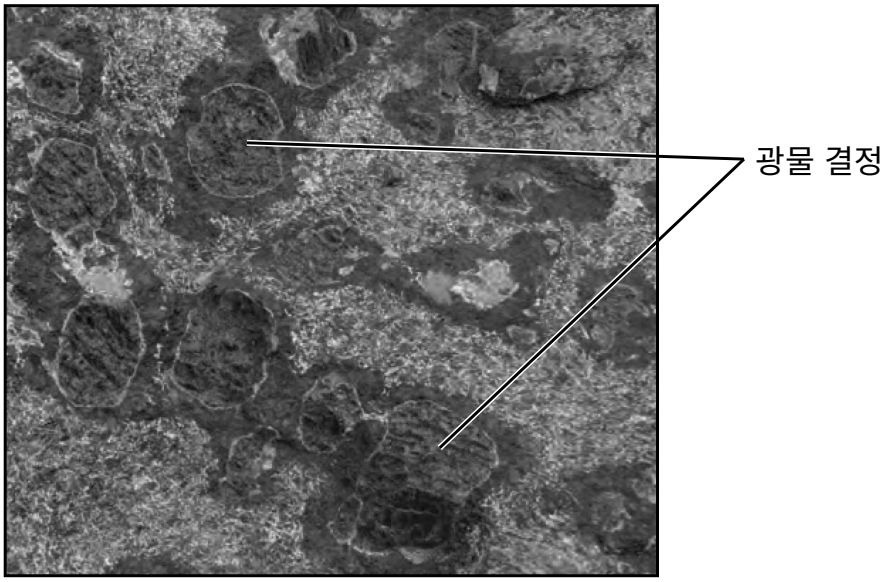
14번에서 18번 문제는 아래 정보와 자신의 지구 및 우주 과학 지식을 바탕으로 답하십시오. 일부 문제는 ***2024년판 지구 및 우주 과학 참고표***가 필요할 수 있습니다.

뉴욕주 광산 및 광물 자원

한 학급에서 뉴욕주 광산 및 광물 자원에 대해 조사를 하고 있었습니다. 애디론댁 산맥을 여행하던 중, 선생님은 학생들에게 애디론댁 산맥에서 발견되는 많은 암석에 박혀 있는 광물 결정이 사실 뉴욕주 광물이라고 설명했습니다. 이 광물은 연마제의 중요한 원료로 사용되었습니다.

한 학생이 여행 중에 이러한 암석을 여러 개 발견했습니다. 학생들은 암석 속에 박혀 있는 이 큰 광물들이 무엇인지 밝히기 위해 물리적 성질에 대한 관찰 내용을 기록했습니다. 학생들은 아래에 보이는 바와 같이 암석의 사진을 찍었고, 다음 장에 보이는 바와 같이 관찰 내용을 정리했습니다.

광물 결정이 있는 애디론댁 암석



관찰 내용:

A. 암석 속에 포함된 광물들은 짙은 붉은색을 띠며 유리처럼 빛난다.

B. 광물 결정들은 여러 짙고 옅은 광물들이 뒤섞여 있는 암석 속에 박혀있다.

C. 광물 결정들은 유리를 긁을 수 있으며 조흔색(streak)이 무색이다.

D. 암석은 고도가 높은 곳에서 발견되었다.

E. 암석에 있는 광물 결정들은 뾰족한 모서리가 있는 불규칙한 조각으로 부서졌다.

F. 이 광물들을 포함한 암석들은 매우 밀도가 높았다.

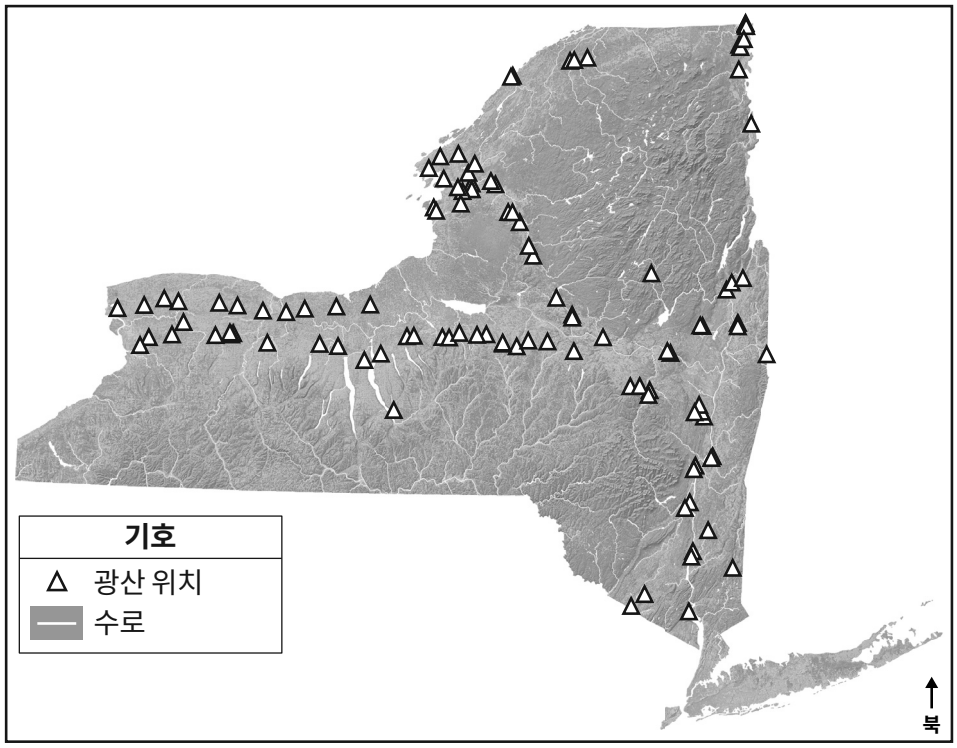
14 학생들의 관찰 내용에 따르면, 사진 속 광물 결정들을 올바르게 식별한 관찰 내용과 광물 이름의 조합은?

(1) 관찰 내용 *A*, *B*, *C*는 자철석에 해당한다.
(2) 관찰 내용 *D*, *E*, *F*는 감람석에 해당한다.
(3) 관찰 내용 *A*, *C*, *E*는 석류석에 해당한다.
(4) 관찰 내용 *B*, *D*, *F*는 적철석에 해당한다.

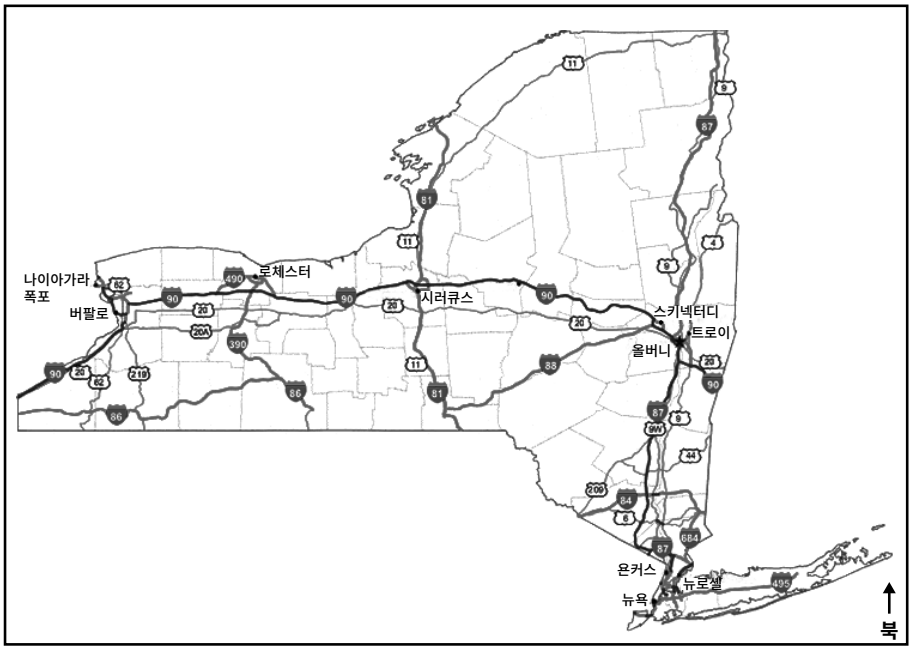
석회암과 백운암 광산은 뉴욕주 광산 중 세 번째로 많은 수를 차지합니다. 이 암석들은 건설업계에서 주로 쇄석 형태로 사용됩니다.

아래 지도는 뉴욕주에 있는 광산들과 주요 고속도로에 대한 정보를 보여줍니다.

2020년 석회암 및 백운암 광산



뉴욕주의 주요 고속도로



15 지도에 제시된 증거를 활용하여, 뉴욕주에서 석회암과 백운암의 이용 가능성이 인간의 활동에 어떤 영향을 미쳤는지에 대한 설명을 작성하십시오. [1]

뉴욕주의 광산들은 채굴이 종료되면 반드시 "복원"되어야 합니다. 이는 토지를 생태적으로 또는 경제적으로 사용 가능한 상태로 복구해 광산의 환경적 영향을 되돌려야 함을 의미합니다.

아래 사진들은 뉴욕주 설리번 카운티에 있는 우드번 플랫 광산(Woodbourne Flats Mine)의 복원 과정 중 두 단계를 보여줍니다. *사진 1*은 네버싱크 강(Neversink River) 일부 구역에 새로 심은 토착종 블랙 버드나무(black willow trees) 600그루의 모습을 보여줍니다. *사진 2*는 35에이커의 인공 연못을 보여줍니다. 이 연못은 해당 지역에 자생하는 식물이 심어져 둘러싸여 있습니다.

사진 1

사진 2

16 우드번 플랫 광산의 복원 과정에 대한 각각의 진술을 완성하기 위해 아래의 선택지에서 올바른 문항의 문자를 각 진술의 끝에 있는 선 위에 기입하십시오. [1]

진술 1의 선택지:

A– 강둑을 안정화하고 강둑을 따라 쌓이는 퇴적물을 감소시킬 것이다

B– 강둑을 안정화하고 홍수의 영향을 감소시킬 것이다

진술 2의 선택지:

C– 폭우로 퇴적물이 섞인 빗물을 모아, 인근 주택 단지에서 식수원으로 활용하도록 할 것이다

D– 주변 지역의 유출수를 모아, 인근 하천으로 흘러 들어가는 퇴적물의 양을 줄일 것이다

진술 3의 선택지:

E– 경사면을 안정화하고, 본래 생태계의 서식지를 복구할 것이다

F– 경사면을 안정화하고, 본래 생태계에 외래 식물을 도입할 것이다

진술 1: 블랙 버드나무를 심으면 _____.

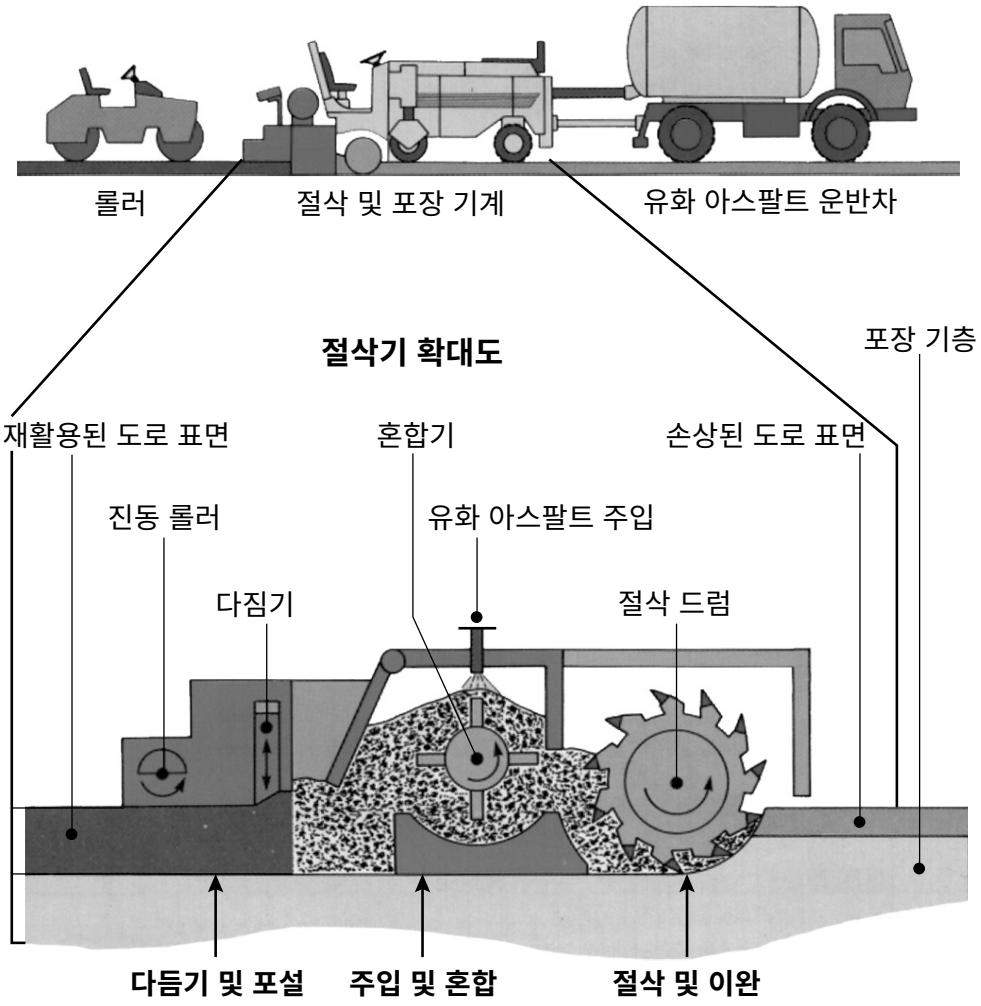
진술 2: 35에이커의 연못을 만들면 _____.

진술 3: 연못 주위에 식물을 심으면 _____.

포장도로 표면은 일반적으로 골재 혼합물(모래, 자갈, 쇄석)로 구성되어 있습니다. 이 혼합물은 유화제에 의해 결합됩니다. 유화제는 석유로 만들어진, 끈적끈적하고 타르 같은 물질입니다. 역사적으로 도로 건설에는 자연적인 재료(채석된 돌)가 사용되었습니다. 현대에는 재활용 아스팔트 포장(recycled asphalt pavement, RAP)이라는 새로운 도로 재포장 방식이 도로 재포장 공사에 사용되어 왔습니다. 이 두 가지 도로 재포장 방식의 차이점이 아래 표에 설명되어 있습니다. 모형은 RAP 재포장 공사에 쓰인 장비들을 보여줍니다.

	자연적인 도로 포장 재료	**재활용 아스팔트 도로 포장**
골재 원천	지표면에서 채석장 암석을 폭파하여 트럭으로 가공 공장까지 운반한다.	도로 절삭기가 기존의 도로 표면을 갈아 현장에서 사용할 수 있도록 한다.
골재 가공	바위를 부수고 분류하고 건조한 후, 3~7% 유화제로 섞는다.	절삭된 재료들을 1~3% 유화제로 섞는다.
재료 운송	자연적인 도로 포장 재료는 채석장에서 현장까지 트럭으로 운반되며, 그 거리는 보통 몇 마일에 달합니다.	절삭된 재료들은 도로 재포장 현장까지 운송이 필요 없습니다.
채굴 영향	채석된 바위는 복원이 필요한 노천 광산에서 채취합니다.	재활용 재료는 채취할 필요가 없으며, 복원할 필요도 없습니다.

재활용 아스팔트 포장(RAP) 모형



17 아래의 문장들 중 도로를 재포장하는 이러한 두 가지 설계 방식을 비교할 때 지역 사회에 주는 이익을 바르게 나타낸 것은?

(1) 자연적인 도로 포장 재료를 제공하는 지역 채석장은 트럭 운송과 가공 과정에서 연료를 더 많이 사용할 것이다.

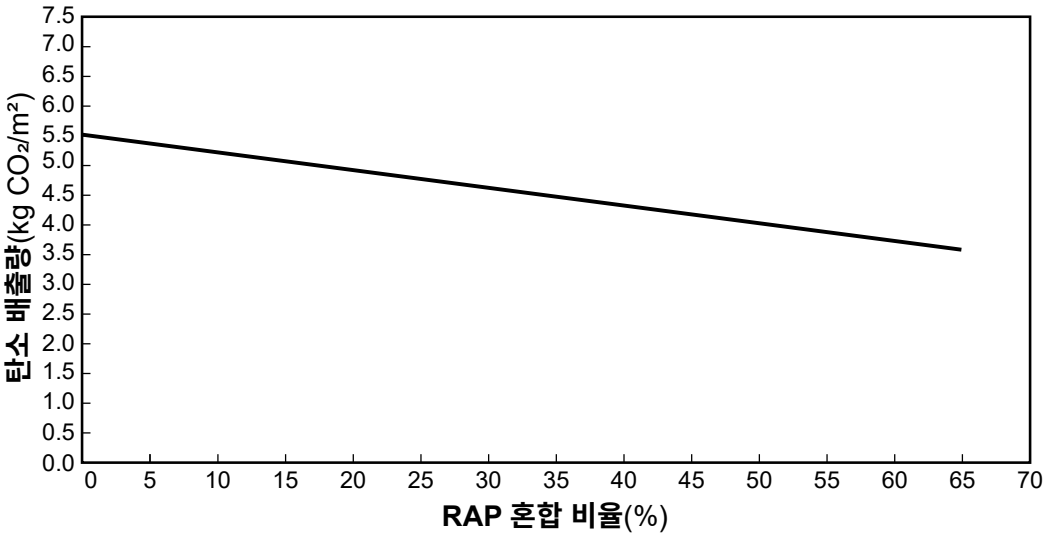
(2) 재활용 아스팔트 도로 포장은 연료와 유화제의 형태로 더 많은 석유 제품을 사용할 것이다.

(3) 재활용 아스팔트 도로 포장은 복원이 필요 없으며, 기존 채석장의 수명도 연장할 것이다.

(4) 재활용 아스팔트 도로 포장은 폭파, 분쇄, 가공 비용이 더 많이 든다.

자연적인 재료는 종종 아스팔트 공장에서 RAP와 혼합됩니다. RAP와 자연적인 재료가 혼합된 비율을 혼합 비율이라고 부릅니다. 아래 그래프는 도로 포장 재활용에 대한 정보를 보여줍니다.

도로 포장 재활용 전체 과정에서
RAP 혼합 비율이 탄소 배출량에 미치는 영향



18 아래 표에서 도로 포장 과정에서 RAP의 사용이 대기 중 CO_2 농도와 기후에 어떤 영향을 미치는지 올바르게 나타낸 행은?

행	RAP 혼합 비율(%)	탄소 배출량 (kg CO_2/m^2)	기후에 미치는 영향
(1)	증가	증가	지구 온난화 증가
(2)	감소	증가	지구 온난화 감소
(3)	증가	감소	지구 온난화 감소
(4)	감소	감소	지구 온난화 증가

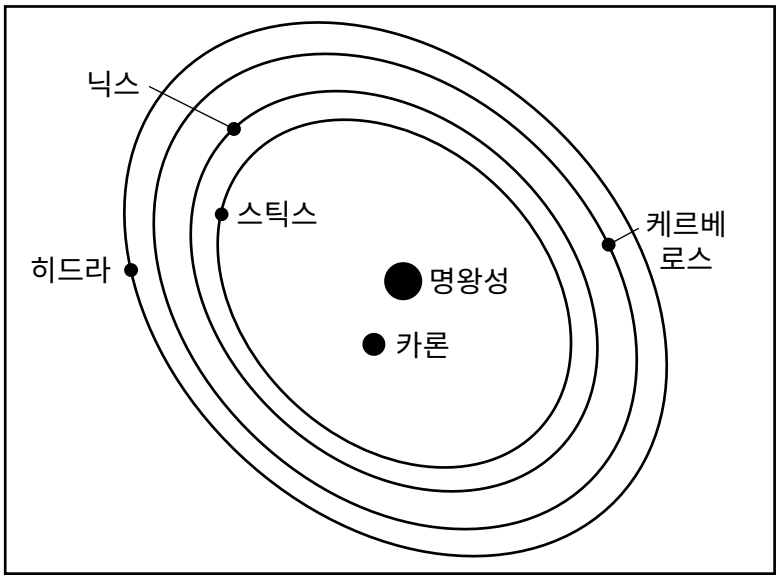
19번에서 23번 문제는 아래 정보와 자신의 지구 및 우주 과학 지식을 바탕으로 답하십시오. 일부 문제는 ***2024년판 지구 및 우주 과학 참고표***가 필요할 수 있습니다.

명왕성의 위성

여덟 개의 행성 외에도 우리 태양계는 왜행성을 포함한 다른 천체들로 구성되어 있습니다. 1930년에 발견된 명왕성은 우리 태양계에 있는 가장 큰 왜행성 중 하나입니다. 명왕성에는 다섯 개의 위성이 있으며, 그 중 가장 큰 것은 카론(Charon)입니다. 카론은 명왕성의 절반 크기로, 몇몇 과학자들은 이 천체들을 이중 왜행성계(double dwarf planet system)라고 부릅니다.

아래 모형은 명왕성-카론 이중계에 관한 정보를 보여줍니다. 명왕성 주위를 도는 카론의 궤도는 표시되어 있지 않습니다.

명왕성의 위성 공전 궤도 모형 – 2012년 7월 7일

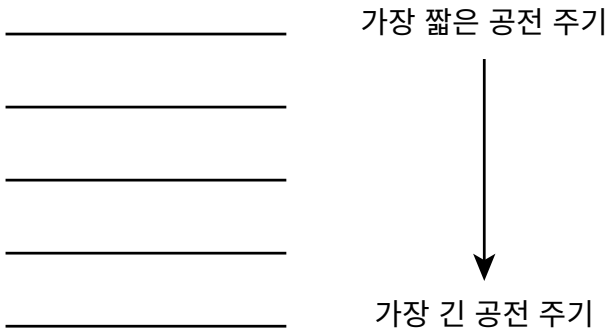


명왕성의 위성

위성 이름	평균 궤도 거리(km)	이심률
카론	19,640	0.0022
히드라	64,738	0.0059
케르베로스	57,783	0.0033
닉스	48,694	0.0020
스틱스	42,656	0.0058

19 모형과 데이터 표를 활용하여, 아래의 *위성* 목록을 명왕성을 공전하는 주기가 짧은 것부터 긴 순서대로 완성하십시오. 케플러의 법칙(Kepler's laws) 중 하나를 이용하여 답변의 정당성을 밝히십시오. [1]

위성 목록



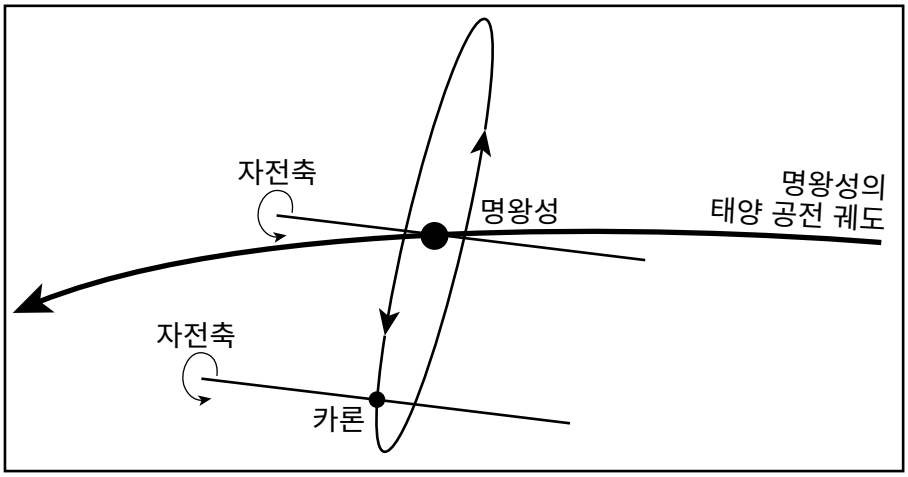
정당성: _____

20 *명왕성의 위성* 데이터 표에 있는 정보를 바탕으로, 다음 중 아래 표에서 스틱스가 명왕성을 공전할 때 공전 속도와 명왕성이 스틱스에 작용하는 중력을 올바르게 설명한 행은?

행	공전 속도	중력
(1)	일정함	일정함
(2)	일정하지 않음	일정함
(3)	일정함	일정하지 않음
(4)	일정하지 않음	일정하지 않음

아래 모형은 명왕성이 태양을 도는 궤도와 카론이 명왕성을 도는 궤도에 대한 정보를 보여줍니다.

명왕성-카론 시스템 모형



아래 데이터 표는 명왕성과 카론에 대한 정보를 보여줍니다.

천체 물질	지름 (km)	자전주기 (지구일)	공전주기 (지구일)
명왕성	2377	6.4	90,560
카론	1214	6.4	6.4

21 모형과 데이터 표에 나타난 어떤 근거가 명왕성에서 관찰한 카론의 위상이 주기적으로 변한다는 주장을 뒷받침합니까?

(1) 명왕성은 90,560 지구일마다 태양을 한 바퀴 공전한다.

(2) 카론은 90,560 지구일마다 태양을 한 바퀴 공전한다.

(3) 카론은 6.4 지구일마다 명왕성을 한 바퀴 공전한다.

(4) 카론은 6.4 지구일마다 태양을 한 바퀴 공전한다.

22 한 학생이 다음과 같은 주장을 했습니다.

> 명왕성에 있는 관찰자에게는 카론의 한쪽 면은 항상 명왕성을 향하고 있으며, 이는 지구에 있는 관찰자에게 달의 한쪽 면이 항상 지구를 향하는 것과 같습니다.

아래에 있는 지지 혹은 반박 칸에 체크 표시(✓)를 하여 제시된 정보가 학생의 주장을 지지하는지 혹은 반박하는지 나타내십시오. 제공된 정보에서의 증거를 사용하여 답변의 정당성을 밝히십시오. [1]

☐ 지지

☐ 반박

정당성: _____

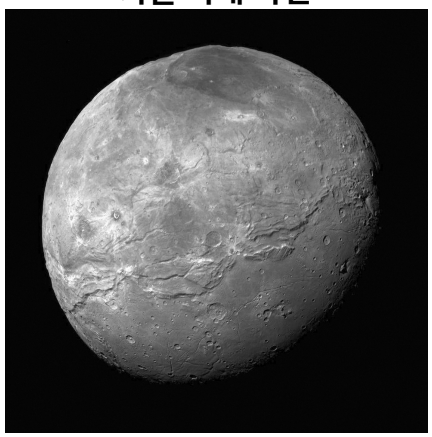
_____

_____

카론은 1978년에 미국 해군천문대에서 최초로 발견되었습니다. 네 개의 더 작은 위성들은 2005년에서 2012년 사이에 허블 우주 망원경을 통해 발견되었습니다. 일부 연구원들은 다섯 개의 위성 모두 명왕성과 어떠한 물체가 충돌하여 생긴 잔해일 수 있다고 주장했습니다. 다른 연구원들은 네 개의 더 작은 위성들이 카론과의 충돌 영향으로 생겨났다는 이론을 제시합니다.

명왕성 사진

카론 확대 사진



23 다음 중 명왕성의 가장 작은 위성 네 개가 명왕성 또는 카론의 충돌로 형성되었을 가능성에 대한 근거를 제공하는 진술은?

(1) 명왕성의 표면은 메테인 얼음으로 덮여 있다.

(2) 카론의 표면에는 지름이 약 240킬로미터에 달하는 분화구가 존재한다.

(3) 네 개의 가장 작은 위성들은 명왕성 또는 카론보다 더 빠르게 자전한다.

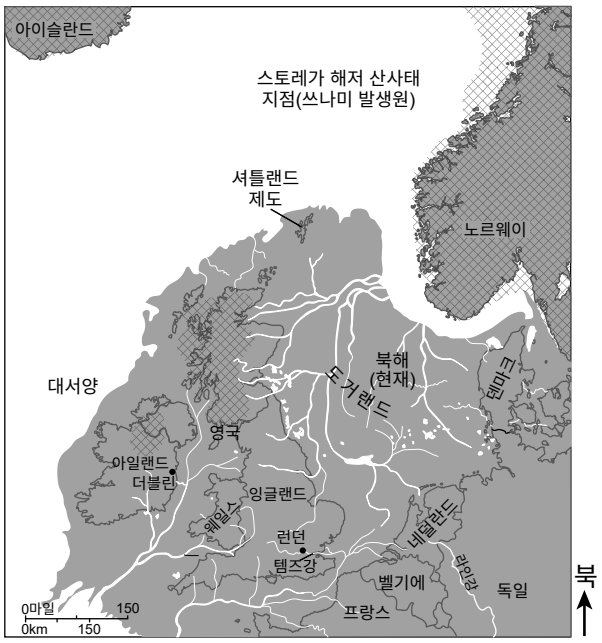
(4) 명왕성과 카론 모두 지하 얼음이 융기하며 형성된 얼음화산(ice volcanoes)을 갖는다.

24번에서 27번 문제는 아래 정보와 자신의 지구 및 우주 과학 지식을 바탕으로 답하십시오. 일부 문제는 ***2024년판 지구 및 우주 과학 참고표***가 필요할 수 있습니다.

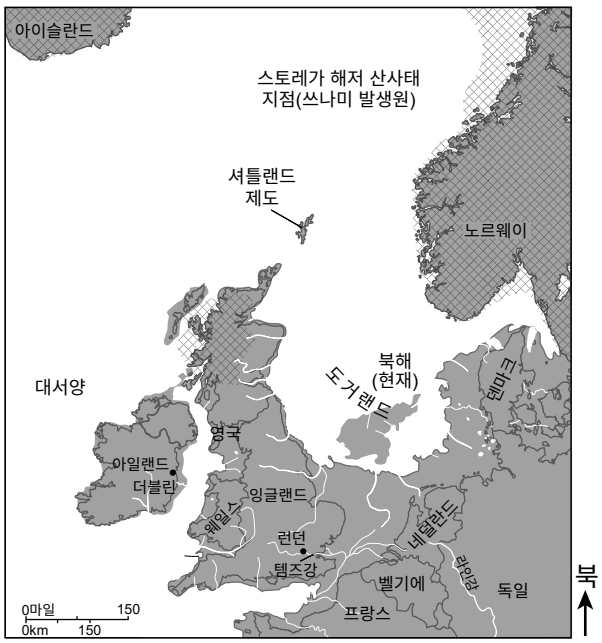
도거랜드

도거랜드는 한때 고대 인류가 거주했던 육지 지역이었습니다. 한때 이 지역은 빙하로 뒤덮였지만, 지금으로부터 20,000년에서 9000년 전(ybp) 사이에 녹았습니다. 도거랜드는 오늘날의 프랑스와 영국을 연결했습니다. 아래 지도는 도거랜드에 대한 정보를 보여줍니다.

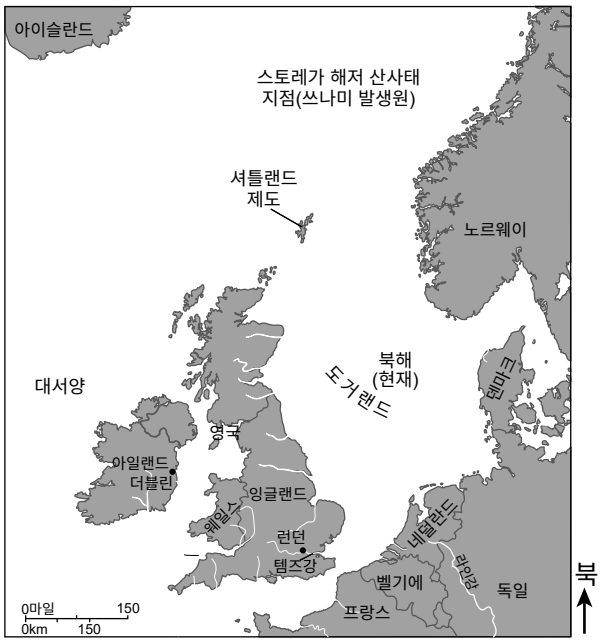
지도 1: 현재로부터 18,000년 전 도거랜드

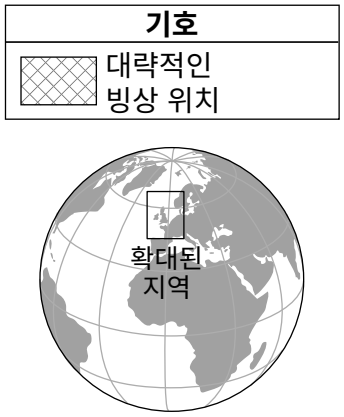


지도 2: 현재로부터 9000년 전 도거랜드



지도 3: 현재 도거랜드



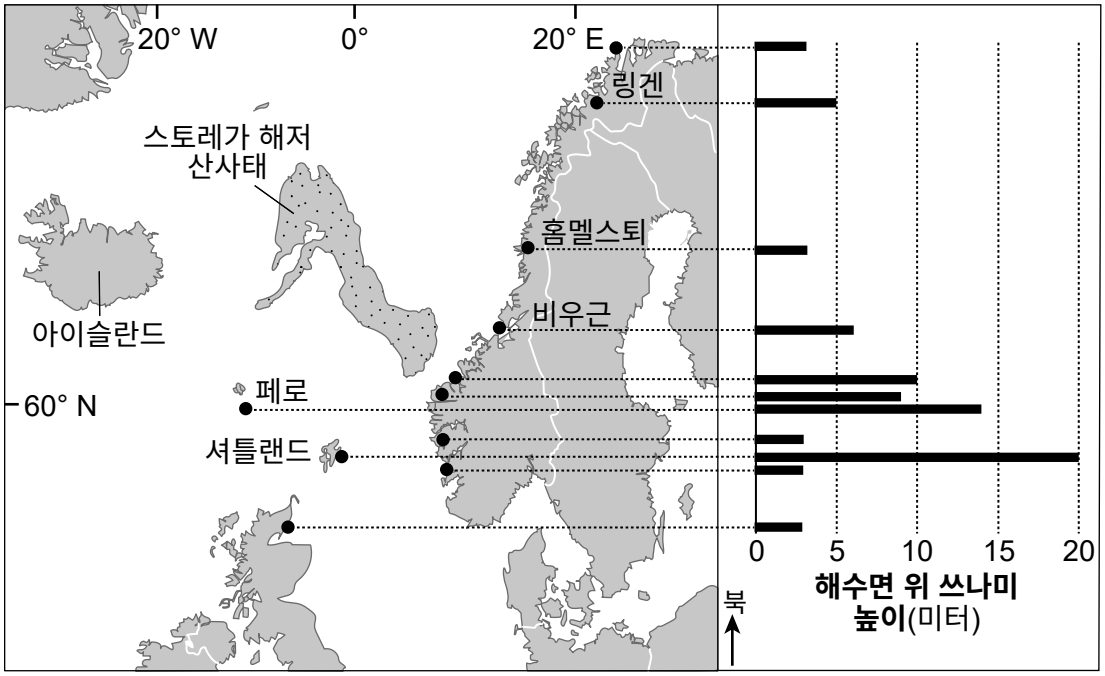


24 다음 중 지난 18,000년 동안 아일랜드 더블린에서 일어났을 가능성이 가장 높은 기후 변화를 요약하는 주장은?

(1) 동그린랜드 해류가 아일랜드의 기온 상승과 습도 하락을 초래했다.
(2) 노르웨이 해류가 아일랜드의 기온 하락과 습도 하락을 초래했다.
(3) 북대서양 해류가 아일랜드의 기온 상승과 습도 상승을 초래했다.
(4) 카나리아 해류가 아일랜드의 기온 하락과 습도 상승을 초래했다.

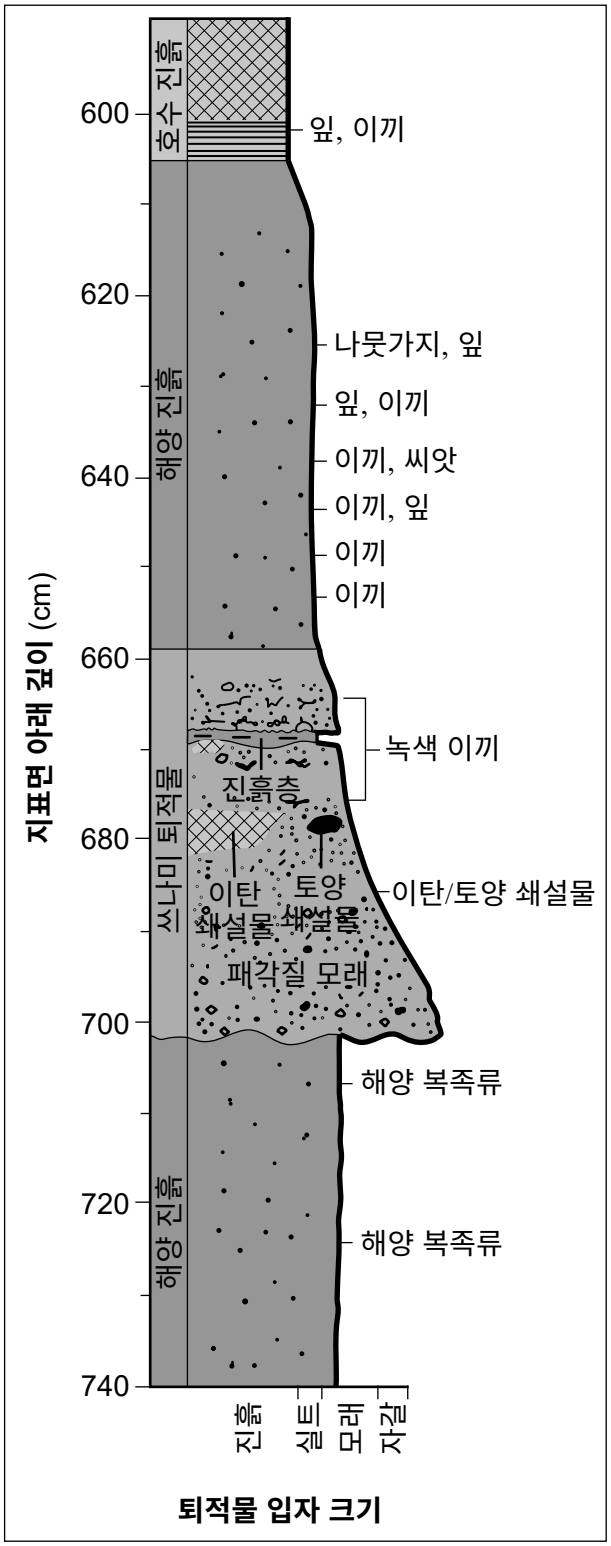
수중에서 발생한 스토레가 해저 산사태도 도거랜드 지역에 영향을 주었습니다. 아래 지도는 8200년 전에 발생했던 스토레가 해저 산사태와 이와 동반된 쓰나미에 대한 정보를 보여줍니다.

스토레가 해저 산사태 지도



*홈멜스퇴 퇴적 단면도(Hommelstø Sediment Cross-Section)*는 노르웨이 홈멜스퇴에서 쓰나미 퇴적층을 분석한 후 작성되었습니다.

홈멜스 퇴 퇴적층 단면도



25 다음 중 아래 글을 올바르게 완성한 행은?

스토레가 해저 산사태가 쓰나미를 일으켰을 때, 초기 파도는 셰틀랜드 제도의 해안에서 ___A___ 작용을 일으켰습니다. 그 해안에서는 ___B___이(가) 발생했을 것입니다. ___C___ 지역은 파도 높이가 약 ___D___에 달하는 쓰나미의 영향이 더 적었습니다.

행	A	B	C	D
(1)	구성	침식	페로	14미터
(2)	구성	퇴적	링겐	2미터
(3)	파괴	침식	홈멜스퇴	3미터
(4)	파괴	퇴적	비우근	6미터

*홈멜스퇴 퇴적 단면도*를 분석한 학생들은 아래에 있는 다섯 가지 주장을 했습니다.

주장

I – 해양 복족류는 유기물의 가장 오래된 흔적이다.

II – 쓰나미 퇴적층에는 가장 큰 크기의 퇴적물이 포함되어 있다.

III – 이탄 및 토양 쇄설물은 깊이 640cm 지점에서만 발견된다.

IV – 이 퇴적층에 있는 나뭇가지, 잎, 이끼는 본래의 탄소-14의 75% 이상을 포함한다.

V – 600cm 깊이에 있는 퇴적물과 유기물은 담수 퇴적층일 가능성이 가장 높다.

26 다음 중 *홈멜스퇴*에서 수집된 데이터로부터 올바르게 해석된 주장 세 개는?

(1) 주장 I, II, III

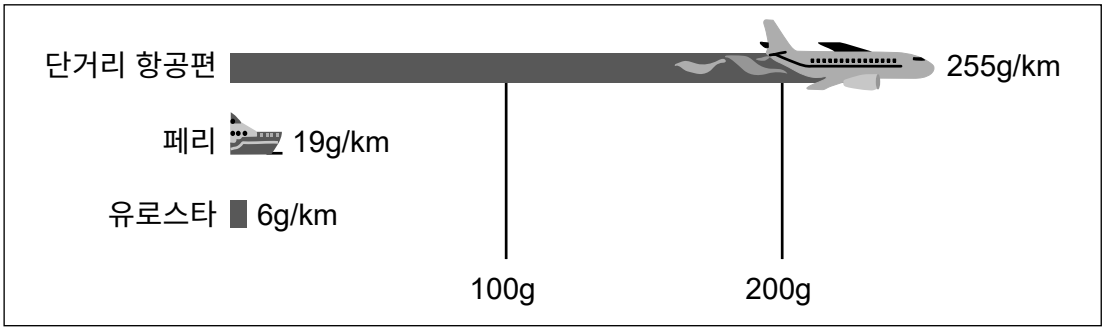
(2) 주장 II, IV, V

(3) 주장 III, IV, V

(4) 주장 I, II, V

1994년 이후 영국은 프랑스에 다시 연결되었지만, 도거랜드처럼 육지 다리로 연결된 것은 아니었습니다. 고속 열차 유로스타(Eurostar)는 매년 해저 터널(Channel Tunnel)을 통해 영국 해협 아래로 1100만명의 여행자들을 수송합니다. 1994년 이전에 영국 해협을 건너는 여행자들은 대부분 비행기와 페리에 의존했습니다. 아래 인포그래픽은 다양한 여행 방식의 탄소 배출량에 대한 정보를 보여줍니다.

승객 한명당 평균 탄소 배출량(g/km)



27 유로스타 열차에 의해 가장 적은 영향을 받는 지구 시스템을 밝히십시오. 수치상 증거를 사용해 이 해결책이 해당 시스템에 대한 영향을 어떻게 줄이는지 설명하십시오. [1]

지구 시스템: _____

설명: _____

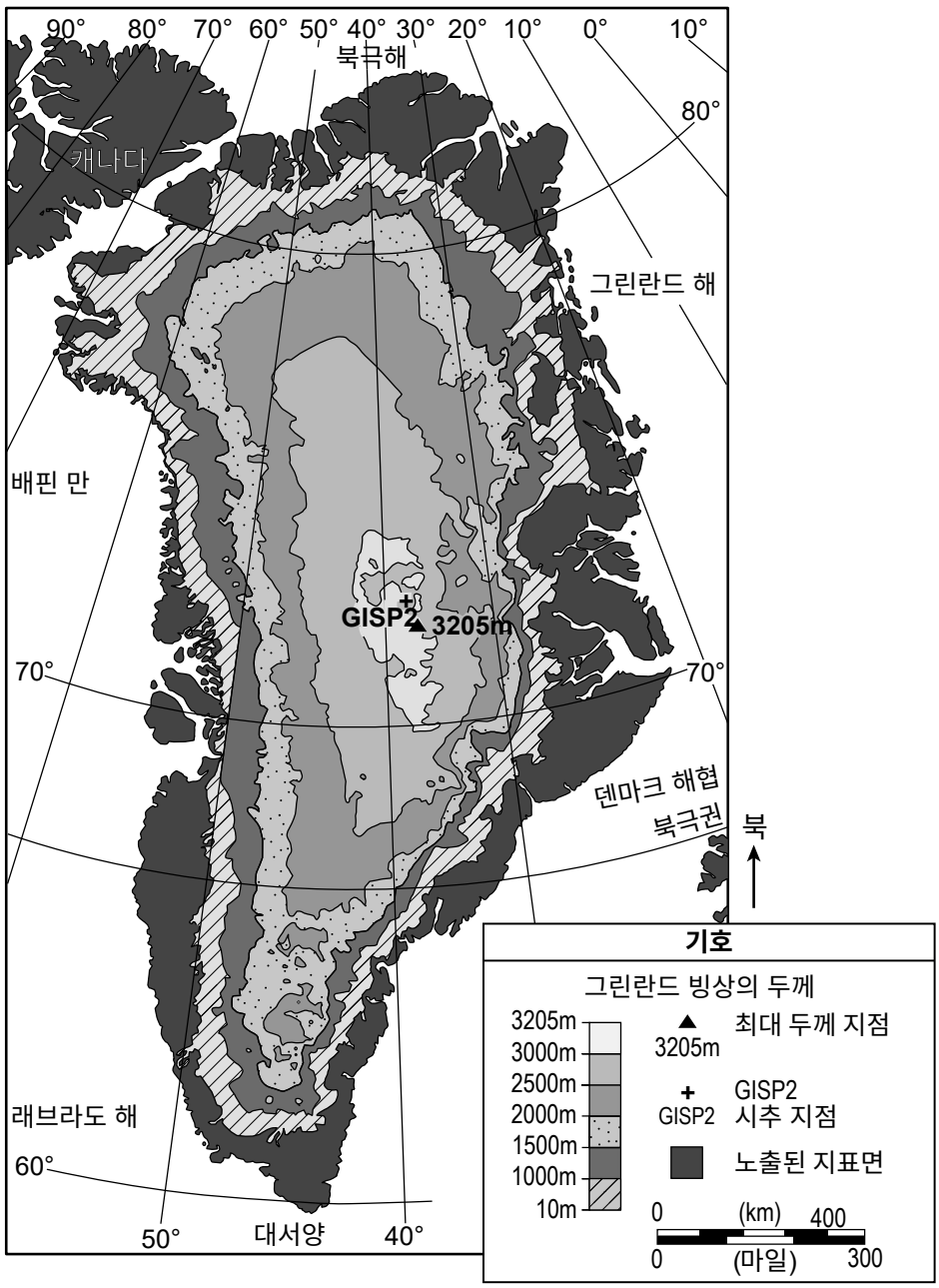
_____

28번에서 32번 문제는 아래 정보와 자신의 지구 및 우주 과학 지식을 바탕으로 답하십시오. 일부 문제는 ***2024년판 지구 및 우주 과학 참고표***가 필요할 수 있습니다.

그린란드의 빙하 얼음

그린란드의 빙상(ice sheet)은 그린란드 대륙의 약 80%를 뒤덮는 거대한 얼음층입니다. 이 얼음은 지구의 담수 저장량의 상당 부분을 차지하며, 지구의 기후에 중요한 역할을 합니다. 이러한 이유로 과학자들은 이 빙상이 수십 년간 어떻게 변화해 왔는지 연구해 왔습니다.

그린란드 빙하 분포도



28 다음 중 지도를 바탕으로, 기후 변화가 현재 그린란드의 빙하 두께 패턴에 어떤 영향을 주었는지 올바르게 밝힌 근거를 기반으로 한 주장은?

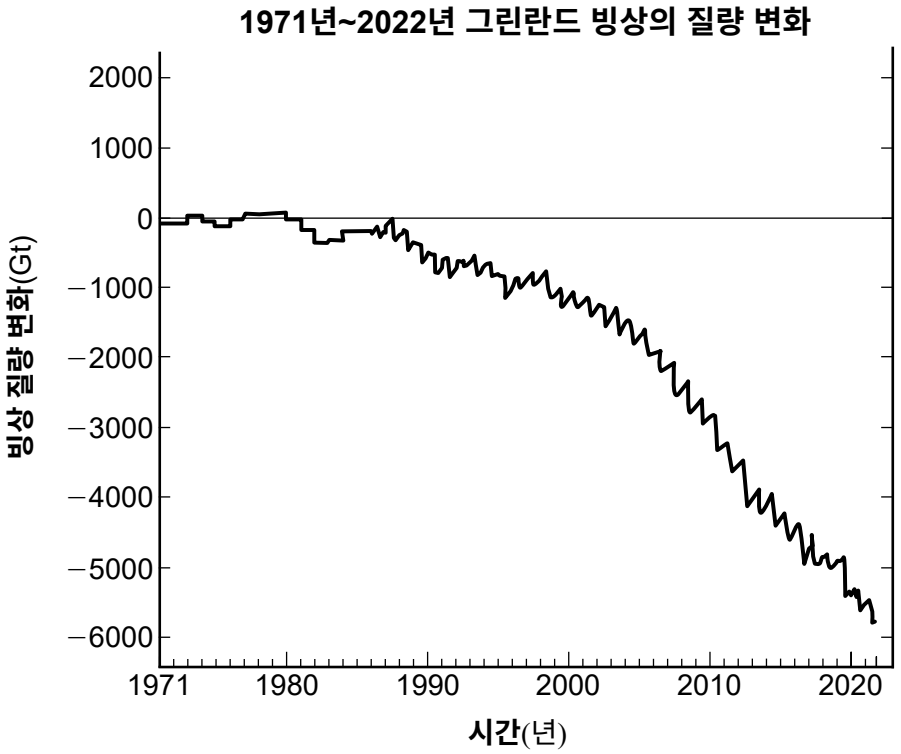
(1) 극지방의 기후 냉각으로 인해 덴마크 해협 부근보다 배핀 만 인근에서 얼음이 없고 노출된 육지가 더 많아졌다.

(2) 저지대에서의 기후 온난화로 인해 해발 3000m가 넘는 그린란드 중심부의 얼음이 가장 두껍고 해안가로 갈수록 0m까지 얇아졌다.

(3) 한랭 기후로 인해 얼음 두께가 가장자리에서는 0m, GISP 2 시추 지점 부근은 2500m를 넘었다.

(4) 온난 기후로 인해 전체 해안가 가장자리를 따라 육지가 노출되어 일반적인 얼음 두께 패턴이 나타나지 않았다.

아래 그래프는 그린란드 빙상에서의 얼음 질량 변화에 대한 정보를 Gt (기가톤: 10억 톤) 단위로 보여줍니다.



29 그래프의 정보를 활용하여, 그린란드의 얼음 질량의 변화로 인해 지구 해양에 변화가 일어나면서 발생한 피드백을 설명하는 주장을 작성하십시오. [1]

30 그래프에 나타난 경향을 바탕으로, 다음 중 2010년부터 2022년까지의 얼음 질량 변화 속도를 올바르게 설명하는 주장은?

(1) 얼음 질량은 약 250Gt/년의 속도로 감소했다.

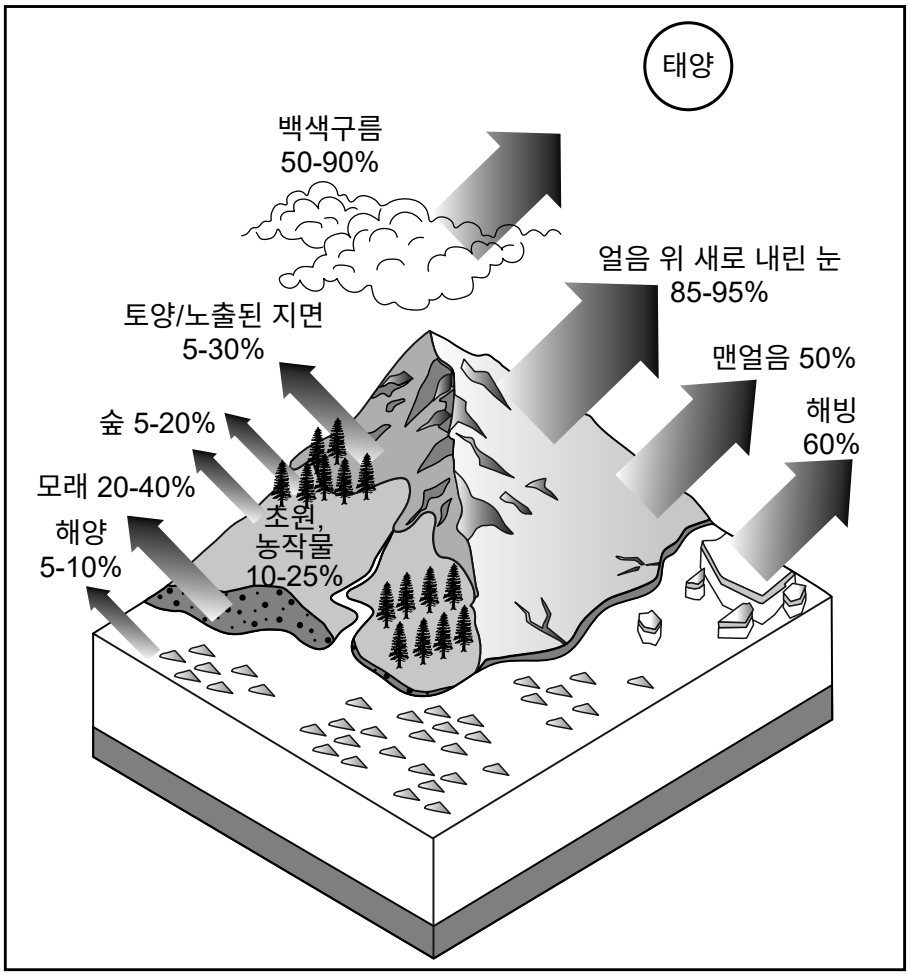
(2) 얼음 질량은 12년간 약 250Gt 감소했다.

(3) 2010년에서 2022년 사이의 얼음 질량 감소 속도는 어떤 이전 12년 기간보다도 더 느렸다.

(4) 2010년에서 2022년 사이 얼음 질량은 3000Gt/년의 속도로 감소했다.

아래 모형은 알베도 효과(albedo effect)에 대한 정보를 보여줍니다. 이는 서로 다른 지표면의 종류에 따라 태양 복사 에너지를 반사하는 능력이 달라지는 현상입니다. 해빙(sea ice)이 태양 에너지의 60%를 반사한다면, 태양 에너지의 40%는 해빙에 흡수됩니다.

다양한 표면에서 반사되는 태양광의 비율 모형



31 모형과 그래프에 있는 정보를 활용하여, 알베도 효과에 대한 각각의 진술을 완성하기 위해 아래의 선택지에서 올바른 문항의 문자를 빈칸에 기입하십시오. [1]

진술 1의 선택지:	진술 2의 선택지:	진술 3의 선택지:
A. 20% 더 많은 복사 에너지 B. 60% 더 많은 복사 에너지 C. 80% 더 많은 복사 에너지	D. 지구 표면으로 유입되는 에너지 흐름 E. 지구 표면에서 반사되는 에너지 F. 더 많은 맨얼음에서 방출되는 에너지 흐름	G. 지역적 및 전 세계적 냉각을 일으키고 해수면 변화를 초래하는 H. 지역적 온난화를 일으키고 해수면 변화를 초래하는 I. 현재 극지 기후와 해수면을 유지하는

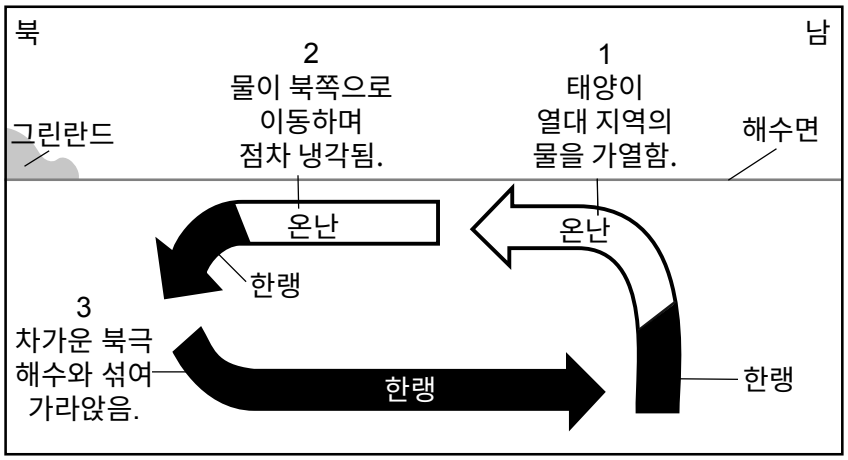
진술 1: 모형에서 최대값을 이용하여 그린란드 빙상 위의 맨얼음이 녹는 경우와 비교할 때, 토양/지면이 더 노출되어 있을수록, 약_____가 노출된 지면에 흡수된다.

진술 2: 그린란드 대륙에서 지면이 더 노출될수록 낮 시간 동안 _____이(가) 증가할 것이다.

진술 3: 그 결과, 그린란드의 기후에는 _____ 영향이 나타날 것이다.

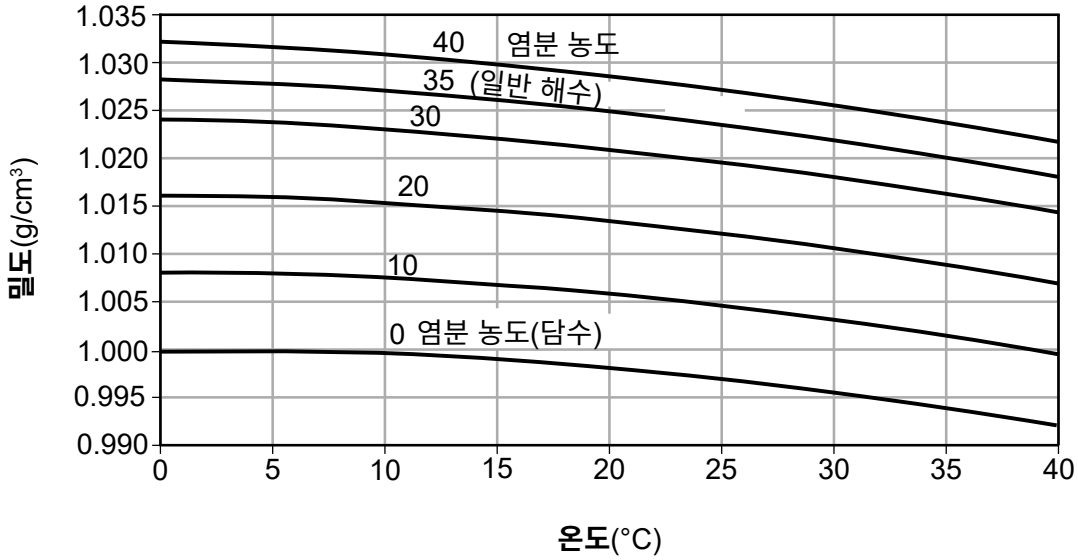
아래 모형은 해류 순환에 대한 정보를 보여줍니다.

해류의 작동 원리 모형

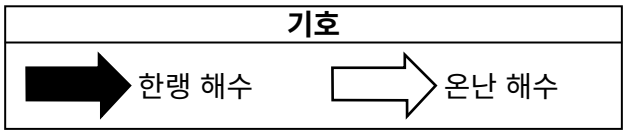


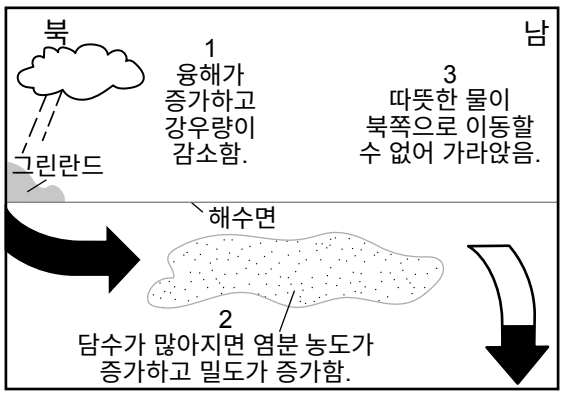
아래 그래프는 해수의 몇 가지 특성에 대한 정보를 보여줍니다. 염분 농도는 물 1킬로그램당 염류(염화물)의 그램 수 또는 천분율(parts per thousand, ppt) 단위로 측정됩니다.

염분 농도별 해수의 밀도와 온도

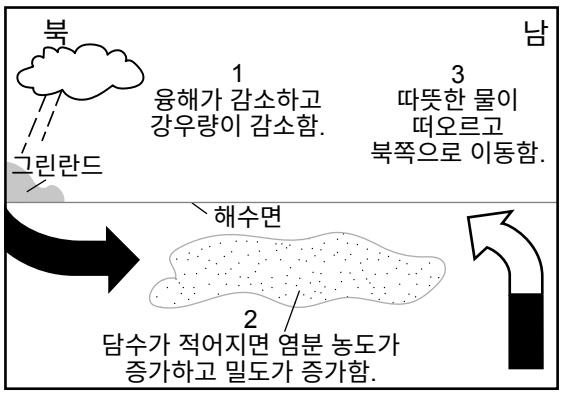


32 모형과 그래프를 바탕으로, 아래 모형 중 그린란드 해안 근처의 지구 시스템 변화를 올바르게 요약한 것은?

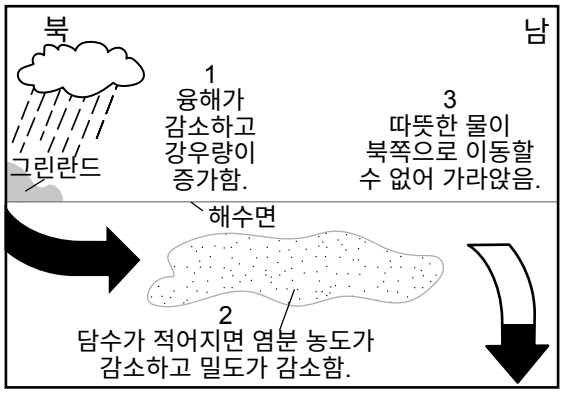




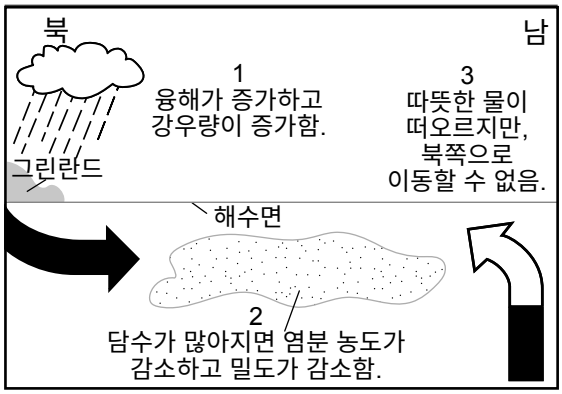
(1)



(3)



(2)



(4)

33번에서 37번 문제는 아래 정보와 자신의 지구 및 우주 과학 지식을 바탕으로 답하십시오. 일부 문제는 ***2024년판 지구 및 우주 과학 참고표***가 필요할 수 있습니다.

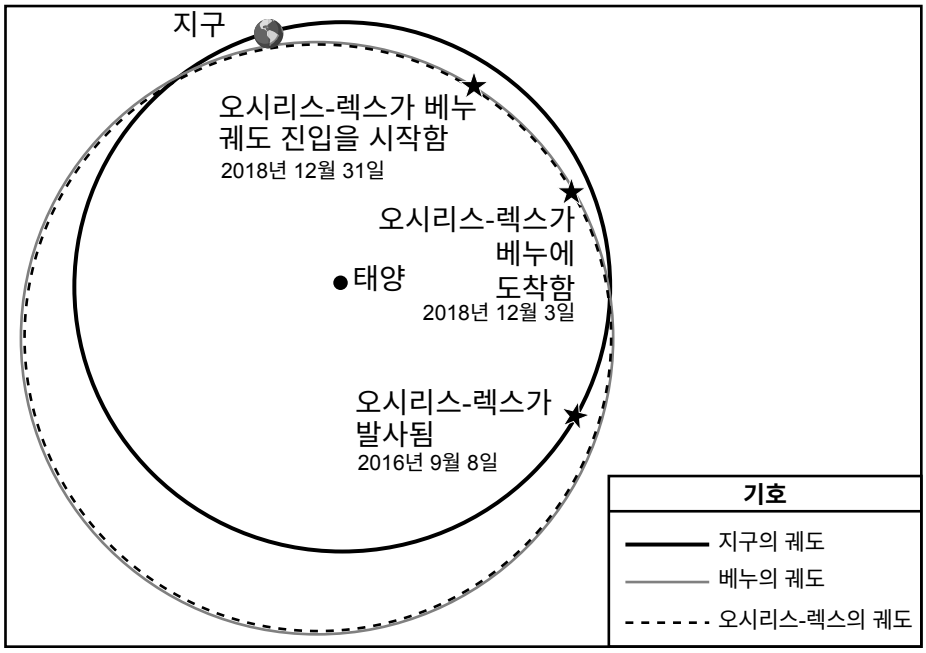
베누(Bennu)

베누는 약 46억 년의 역사를 지닌 작은 소행성입니다. 베누는 현재 평균 약 1.1AU의 거리에서 태양을 공전합니다. 1천문단위(astronomical unit, AU)는 지구와 태양 사이의 평균 거리에 해당합니다. 베누의 궤도는 지구의 궤도에 대해 5도 기울어져 있습니다.

2016년, NASA는 베누를 연구하기 위해 오시리스-렉스(OSIRIS-REx) 우주선을 보냈습니다. 베누의 표면은 2018년에 지도화되었습니다. 베누의 물질 표본은 2020년에 채집되어 2023년에 지구에 도착했습니다. 초기 표본 연구에 따르면, 베누의 기원 물질에 물, 얼음, 일산화탄소 얼음이 포함되었던 것으로 나타났습니다. 일산화탄소 얼음은 태양으로부터 약 45억 킬로미터(30AU) 떨어진 곳에서 형성됩니다.

아래 모형은 지구, 베누, 오시리스-렉스 우주선의 궤도 경로에 대한 정보를 보여줍니다.

지구, 베누, 오시리스-렉스의 궤도



(실제 크기와 비율이 다름)

33 한 학생이 오시리스-렉스가 베누에 착륙할 수 있는 시점을 계산하는 데 필요한 수학적 및 계산적 정보를 알아내고자 했습니다. 다음 중 오시리스-렉스가 베누의 궤도를 통과해 베누에 착륙할 시점을 예측하는 데 필요한 공전 주기와 평균 거리 데이터를 올바르게 나타낸 표는?

(1)

지구의 공전 주기(지구일)	365.26
지구의 태양과의 평균 거리(백만km)	149.6
베누의 공전 주기(지구일)	365.26
베누의 태양과의 평균 거리(백만km)	169.0

(2)

지구의 공전 주기(지구일)	365.26
지구의 태양과의 평균 거리(백만km)	149.6
베누의 공전 주기(지구일)	370.26
베누의 태양과의 평균 거리(백만km)	149.6

(3)

지구의 공전 주기(지구일)	365.26
지구의 태양과의 평균 거리(백만km)	149.6
베누의 공전 주기(지구일)	436.65
베누의 태양과의 평균 거리(백만km)	169.0

(4)

지구의 공전 주기(지구일)	365.26
지구의 태양과의 평균 거리(백만km)	149.6
베누의 공전 주기(지구일)	436.65
베누의 태양과의 평균 거리(백만km)	299.2

34 다음 중 베누가 태양계를 통해 형성되고 이동한 과정에 대한 근거를 제공하는 진술은?

(1) 베누는 공룡의 대멸종이 일어났을 때 지구 궤도의 안쪽에서 형성된 후, 화성 궤도에 더 가까운 곳으로 이동했다.

(2) 베누는 지구에서 산소 혁명이 일어났을 때 토성 궤도 가까이에서 형성된 후, 해왕성에 더 가까운 곳으로 이동했다.

(3) 베누는 지구에 스트로마톨라이트가 풍부했을 때 소행성대에서 형성된 후, 토성에 더 가까운 곳으로 이동했다.

(4) 베누는 태양계가 형성되었을 때 동시에 해왕성 궤도 근처에서 형성된 후, 지구에 더 가까운 곳으로 이동했다.

과학자들은 베누가 2182년에 지구와 충돌할 가능성이 약간 있다고 계산했습니다. 베누와 지구의 충돌 가능성으로 인해, 이를 방지하기 위한 연구들이 진행되었습니다. 이 우려를 해결하기 위해 세 가지 방안이 제시되었습니다.

첫 번째 방안은 "운동 충격체(kinetic impactor)"를 사용하는 것입니다. NASA는 이중 소행성 궤도 변경 실험(Double Asteroid Redirection Test, DART)이라는 프로그램을 통해 이 방안을 실험해 보았습니다. NASA는 6.6km/s의 속도로 소형 우주선과 디모르포스(Dimorphos)를 충돌시키는 실험을 수행했습니다. 이 충돌은 디모르포스의 공전 속도와 궤도를 변화시키기에 충분했습니다.

두 번째 방안은 핵탄두를 발사하여 베누 근처에서 폭발시키는 것입니다. 이 폭발의 힘은 베누의 공전 궤도를 변화시킬 수도 있습니다.

세 번째 방안은 야르콥스키 효과(Yarkovsky Effect)입니다. 이는 작은 소행성에서 자연적으로 발생하는 현상입니다. 이는 태양의 복사가 자전하는 천체에 닿아, 시간이 흐름에 따라 그 궤도가 변할 때 발생합니다. 과학자들은 소행성의 알베도(albedo)를 높이기 위해 표면에 페인트칠을 하거나 호일(foil)을 덮을 수 있습니다.

35 베누와 지구의 주기적 운동을 바탕으로, 베누가 지구와 충돌하는 데 필요한 조건들을 설명하십시오. [1]

36 다음 중 DART 우주선의 속도가 디모르포스에 충돌하기 전에 변한 이유를 설명하는 진술은?

(1) 태양의 중력 끌림(gravitational pull)으로 인해 그 속도가 증가했다.

(2) 디모르포스의 중력 끌림(gravitational pull)으로 인해 그 속도가 증가했다.

(3) 지구의 중력 끌림(gravitational pull)으로 인해 그 속도가 감소했다.

(4) 디모르포스의 중력 끌림(gravitational pull)으로 인해 그 속도가 감소했다.

37 아래 표에 제시된 기준과 제약 조건을 충족하는 방안(방안 1 및 2 또는 방안 3)에 각 행마다 **한 개**씩 체크 표시를 하십시오. [1]

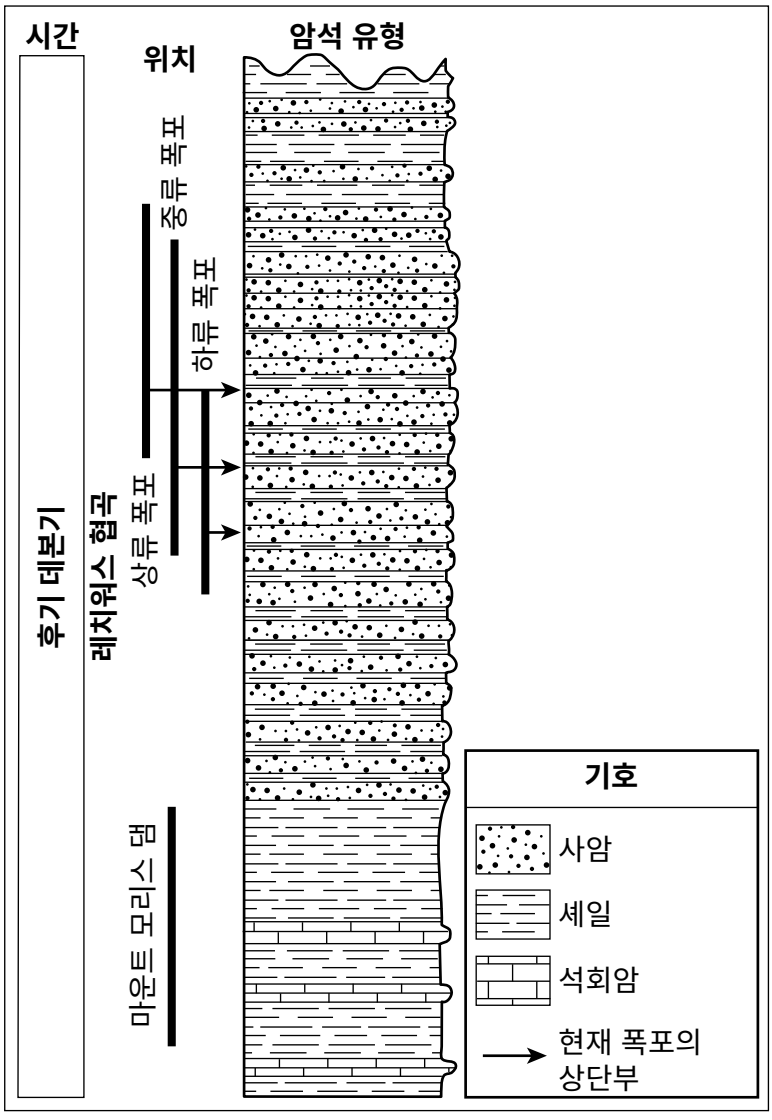
기준/제약 조건	방안 1 및 2 (DART/핵탄두)	방안 3 (야르콥스키 효과)
지속적으로 발생함		
태양 복사		
잔해의 지구 충돌 위험		
궤도에 급격한 변화를 일으킴		

38번에서 41번 문제는 아래 정보와 자신의 지구 및 우주 과학 지식을 바탕으로 답하십시오. 일부 문제는 ***2024년판 지구 및 우주 과학 참고표***가 필요할 수 있습니다.

레치워스 주립 공원의 마운트 모리스 댐

레치워스 협곡(Letchworth Gorge)은 뉴욕주 로체스터 남서쪽에 위치하며, 제네시 강(Genesee River)이 그 지역의 지형을 따라 흐릅니다. 수직면의 높이로 인해 종종 "동부의 그랜드 캐니언"으로 불립니다. 협곡의 벽에 보이는 암석은 주로 셰일과 사암으로 구성되어 있습니다. 이 암석들은 데본기 후기에 형성되었습니다. 마운트 모리스 댐(Mount Morris Dam)은 레치워스 협곡의 북쪽 끝에 위치합니다.

레치워스 협곡 일부 구간의 암석 유형 모형



(실제 크기와 비율이 다름)

38 레치워스 협곡에서 제네시 강은 사암과 셰일을 서로 다른 속도로 침식시킵니다. 다음 중 어떤 암석이 제네시 강의 침식 작용에 더 잘 견디는지 해당 칸에 체크하십시오. 모형에서 **한 가지** 증거를 들어 자신의 선택을 뒷받침하십시오. [1]

☐ 사암 ☐ 셰일

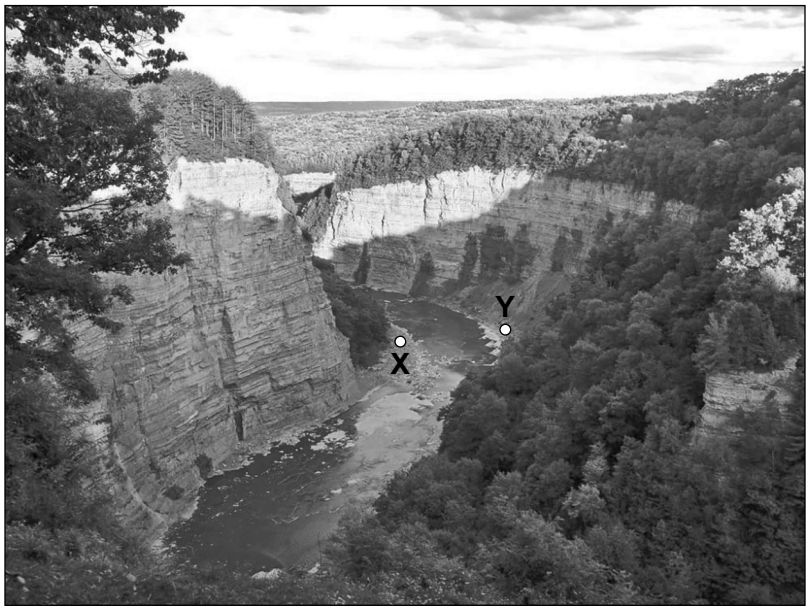
증거: _____

_____

_____

아래 사진은 제네시 강을 따라 위치한 레치워스 주립 공원의 협곡을 보여줍니다. 협곡 내에 두 지점이 *X*와 *Y*로 표시되어 있습니다.

레치워스 협곡



한 학급의 학생들은 사진에서 보이는 제네시 강 구간의 가장자리를 따라 새로운 하이킹 경로를 선정하는 과제를 받았습니다.

한 학생이 아래와 같은 주장을 합니다:

하이킹 경로 중 가장 안전한 길은 위치 __A__ 근처이며, 이는 __B__에서는 __C__(으)로 인해 풍화와 침식의 확률이 높아, 해당 경로를 따라 __D__(이)가 발생할 위험이 높기 때문입니다.

선택지:

A	**B**	**C**	**D**
X 또는 *Y*	*X* 또는 *Y*	바람 또는 중력	홍수 또는 산사태

39 다음 중 어떤 용어의 순서가 이 주장을 가장 잘 완성합니까?

(1) **A:** *X* **B:** *Y* **C:** 중력 **D:** 산사태
(2) **A:** *X* **B:** *Y* **C:** 중력 **D:** 홍수
(3) **A:** *Y* **B:** *X* **C:** 바람 **D:** 산사태
(4) **A:** *Y* **B:** *X* **C:** 바람 **D:** 홍수

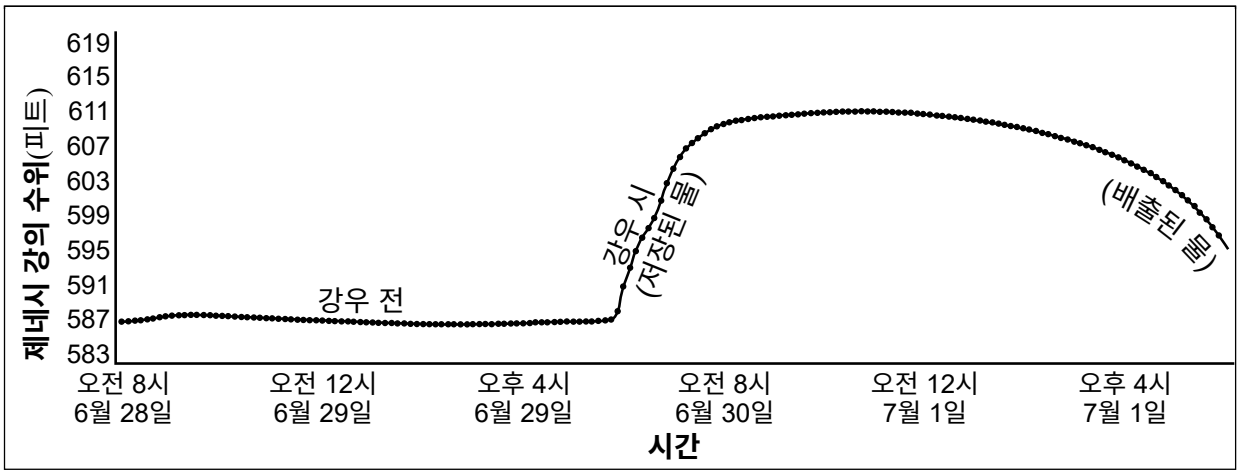
40 다음 중 레치워스 협곡에서 발견된 암석층 분포를 형성한 주요 구성 작용은?

(1) 암석의 재결정, 퇴적, 풍화 작용
(2) 퇴적물의 응고, 냉각, 가스 방출 작용
(3) 암석의 침식, 광물 침전, 습곡 작용
(4) 퇴적물의 매장, 압축, 광물 침전 작용

제네시 강을 따라, 그리고 마운트 모리스 댐에 여러 개의 하천 관측소가 설치되어 강 수위에 대한 데이터를 수집하고 있습니다.

아래 그래프는 강우 시 제네시 강에 대한 정보를 보여줍니다.

마운트 모리스 댐의 강우 상황



41 다음 중 마운트 모리스 댐의 건설이 강우 상황을 제어하는 능력에 어떤 영향을 주었는지 밝히는 진술은?

(1) 댐의 건설로 인해 강 수위가 조절되어 로체스터 주민들의 담수 이용 가능성이 증가했다.
(2) 댐의 건설로 인해 제네시 강의 수위가 조절되어, 홍수 위험과 로체스터 주민들의 재산 피해 위험이 줄어들었다.
(3) 댐의 건설로 인해 강의 수위가 조절되어 레치워스 주립 공원 내 수영 구역이 늘어날 수 있었다.
(4) 댐의 건설로 인해 제네시 강의 침식량이 조절되어 로체스터 수계(water systems)에 더 많은 퇴적물이 쌓이게 되었다.

42번에서 45번 문제는 아래 정보와 자신의 지구 및 우주 과학 지식을 바탕으로 답하십시오. 일부 문제는 ***2024년판 지구 및 우주 과학 참고표***가 필요할 수 있습니다.

에너지 및 광물 자원

재생에너지 자원으로의 전환이 세계 각지로 확대되고 있습니다. 구리, 니켈, 아연, 희토류 광물과 같은 광물 자원은 중요합니다. 이들은 전통에너지 및 재생에너지 자원의 생산과 공급에 핵심적인 역할을 합니다.

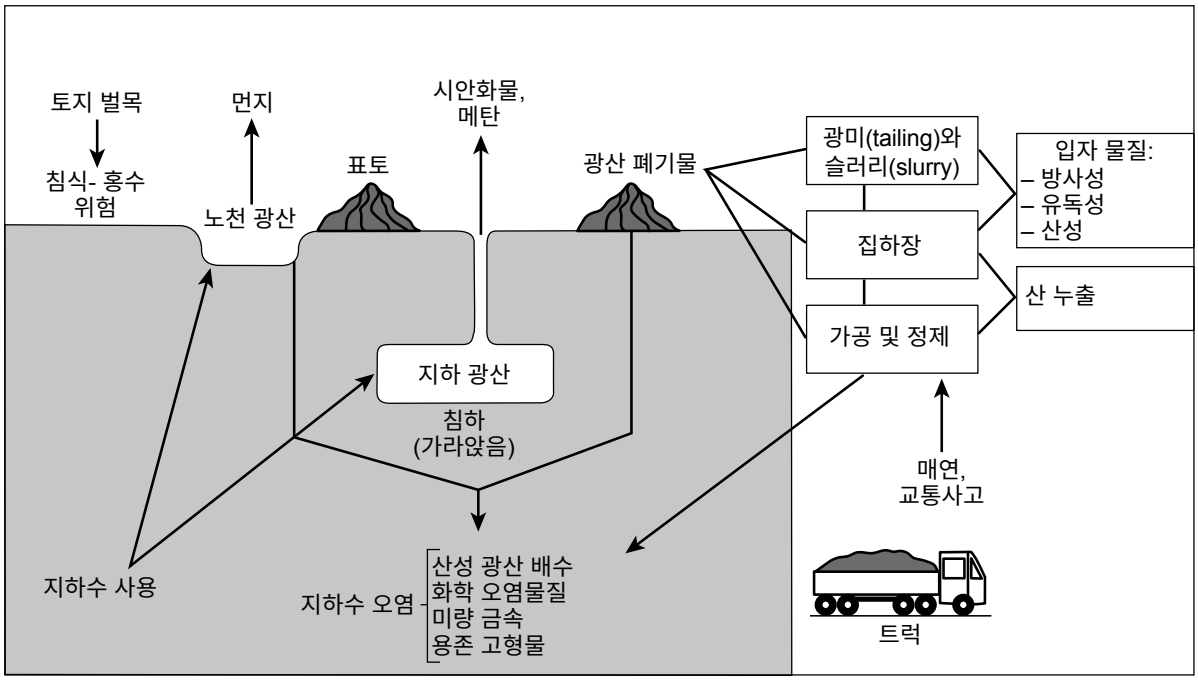
미국은 자국에서 생산하는 것보다 더 많은 광물 자원을 수입합니다. 다른 국가들도 유사한 청정 에너지 전환을 추진하고 있습니다. 미국은 이 광물 자원들을 두고 다른 국가들과 경쟁해야 할 것입니다.

아래 사진은 유타주 솔트 레이크 시티 부근에 있는 노천 광산을 보여줍니다.

유타주 케니컷 구리 광산

구리 채굴 과정은 지구 시스템에 환경적인 영향을 끼칩니다. 아래 모형은 지표면과 그 아래에서 이루어지는 구리 채굴 과정에 포함된 단계들에 대한 정보를 보여줍니다.

채굴 과정 및 채굴이 환경에 미치는 잠재적 영향 모형



42 한 학생이 구리 광산은 지표면에 부정적인 영향을 끼쳐, 지구 시스템 변화를 일으킨다고 주장합니다. 모형에서 지표면에 끼치는 부정적인 영향과 이로 인해 일어나는 이 주장을 뒷받침하는 **한 가지** 지구 시스템에서 일어나는 변화의 근거를 제공하는 정보를 밝히십시오. [1]

부정적인 영향: _____

한 가지 지구 시스템에 일어나는 변화: _____

_____

_____

대부분의 전기차 제조에는 50kg가 넘는 구리가 사용됩니다. 학생들은 내연기관 자동차와 전기 자동차의 차이에 관한 정보를 조사했습니다. 아래에 찾은 정보를 요약했습니다.

내연기관 자동차와 전기 자동차의 비교

내연기관 자동차	전기 자동차
• 제조에 두 가지의 서로 다른 광물이 필요함 • 마일당 411그램의 CO_2가 배출됨 • 더 무거운 엔진(~184킬로그램) • 22.3킬로그램의 채굴된 구리가 필요함 • 가솔린 한 탱크당 주행 거리의 중앙값은 403마일임 • 연간 평균 $1117의 주행 비용이 듦	• 제조에 일곱 가지의 서로 다른 광물이 필요함 • 마일당 32그램의 CO_2가 배출됨 • 모터의 무게가 76킬로그램임 • 내연기관 자동차보다 340킬로그램 더 무거움 (평균) • 배터리에 185킬로그램의 광물이 포함됨 • 전기 에너지를 기계 에너지로 전환하기 위해 채굴 구리 배선을 1마일보다 더 많이 포함할 수 있음 (~53.2킬로그램) • 충전 1회당 주행 거리의 중앙값은 234마일임 • 연간 평균 $485의 주행 비용이 듦

43 내연기관 자동차와 전기 자동차를 비교할 때, 다음 중 장거리에 신뢰할 수 있는 교통 수단을 제공하면서 채광 산업과 관련된 환경적 영향이 더 적은 자동차 유형을 올바르게 요약한 진술은?

(1) 전기 자동차는 모터의 무게가 76킬로그램에 불과하고, 평균 주행 거리가 234마일이기 때문에 채광으로 인한 환경적 영향이 더 적다.

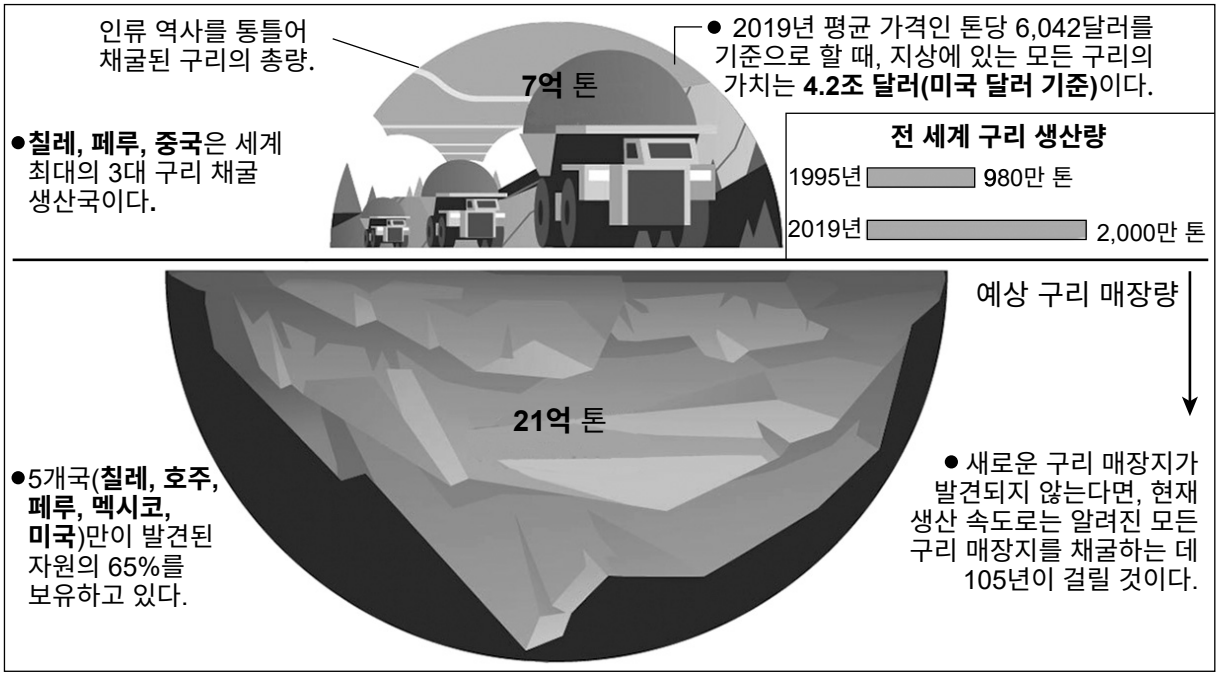
(2) 전기 자동차는 마일당 32그램의 이산화탄소만 배출하고 53.2킬로그램의 구리만 사용하기 때문에 환경적 영향이 더 적다.

(3) 내연기관 자동차는 제조 과정에서 22.3킬로그램의 구리만 사용하며 주행 거리의 중앙값이 403마일이기 때문에 환경적 영향이 더 적다.

(4) 내연기관 자동차는 전기 자동차를 운영하는 것보다 약 $500의 비용이 더 들지만, 마일당 CO_2를 411그램만 배출하기 때문에 환경적 영향이 더 적다.

구리는 가격이 합리적이고 다용도로 쓰이는 금속입니다. 이는 경제 발전에 핵심적인 역할을 합니다. 아래 인포그래픽은 2019년까지 지구에서 채굴된 구리의 양과 지구에 남아 있는 것으로 추정되는 구리 매장량에 대한 정보를 보여줍니다.

구리는 고갈되고 있나?



44 다음 중 인포그래픽의 근거를 사용하여 새로운 전기 자동차 제조에 사용되는 구리의 가용성이 인간 활동에 어떤 영향을 미치고 있는지 가장 올바르게 설명한 것은 무엇입니까?

(1) 구리 매장량이 고갈됨에 따라, 구리 광산이 있는 국가의 기업들은 2019년 톤당 평균 가격인 $6042 아래로 구리 가격을 낮출 수밖에 없게 될 것이다.

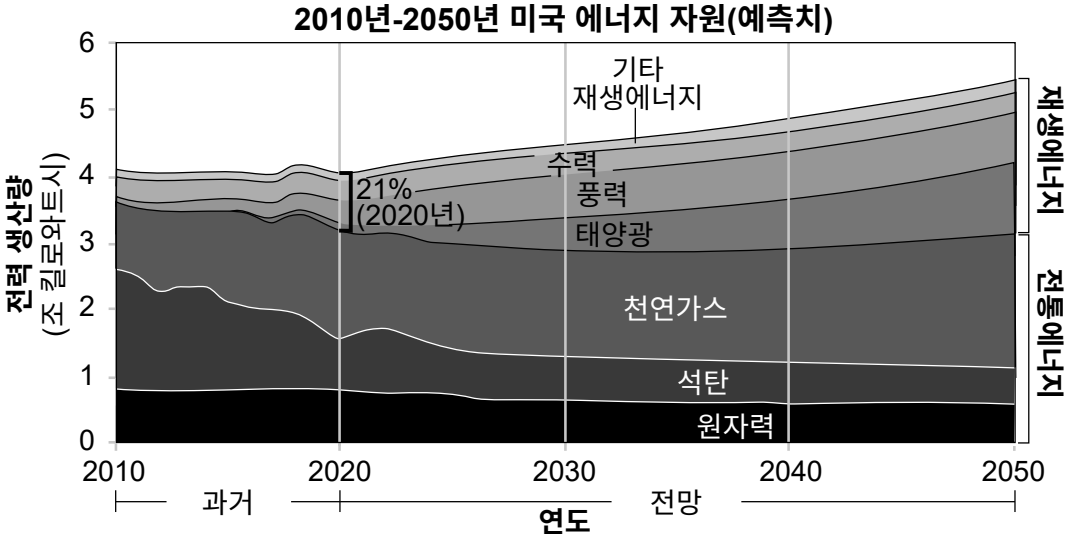
(2) 구리 매장량의 65%를 보유한 다섯 개 국가들은 전기 자동차를 더 많이 만들기 위해 필요한 자원들을 보존하고자 구리 생산을 줄여야 할 것이다.

(3) 전 세계 구리 생산량이 1995년에서 2019년 사이에 두 배 이상 증가함에 따라, 구리 매장량이 있는 모든 국가들은 전기 자동차 제조에 필요한 즉각적인 수요를 충족하기 위해 새로운 광산을 개설해야 할 것이다.

(4) 지금부터 향후 105년 동안의 전기 자동차 제조에 필요한 수요를 충족하기 위해 구리 재활용은 증가되어야 할 것이다.

인류는 전통적인 에너지 자원의 공급이 한정되어 있음을 깨달았습니다. 그러한 이유로 여러 국가들이 재생에너지 자원을 개발하기 위해 노력해 왔습니다. 2020년에는 재생에너지 자원이 미국의 전체 전력 생산 자원의 21%를 차지했습니다.

아래 그래프는 미국의 전기 에너지 생산 자원에 대한 정보를 보여줍니다.



45 다음 중 전기 수요가 증가하면서 미국의 전기 에너지 생산 자원이 어떻게 변화될 것이라고 예상되는지 올바르게 설명한 근거 기반 진술은?

(1) 2030년까지 수력 발전이 원자력 발전을 넘어설 것이다.

(2) 2050년까지 재생에너지가 천연 가스를 제치고 가장 큰 전력 생산원이 될 것이다.

(3) 석탄을 이용한 에너지 생산은 2035년까지 증가할 것으로 예상된다.

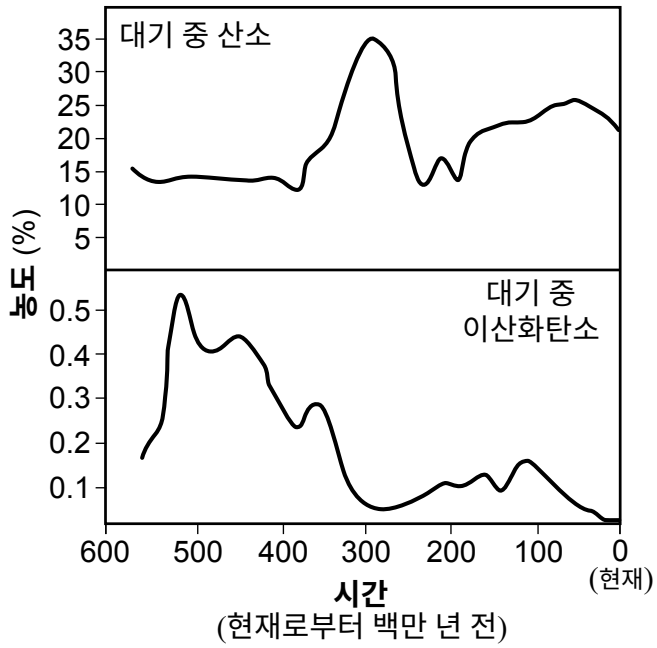
(4) 2020년부터 2050년까지 풍력발전은 태양광 발전보다 더 증가할 것으로 예상된다.

46번에서 50번 문제는 아래 정보와 자신의 지구 및 우주 과학 지식을 바탕으로 답하십시오. 일부 문제는 ***2024년판 지구 및 우주 과학 참고표***가 필요할 수 있습니다.

석탄기

석탄기 동안 식물은 육지에 안정적으로 정착하게 되었습니다. 거대한 숲과 늪의 흔적이 발견되었으며, 이는 석탄기 후기로 거슬러 올라갑니다. 이는 대기 중 산소 농도를 변화시켰습니다. 또한 이는 대기 중 이산화탄소 농도도 변화시켰습니다. 아래 그래프는 시간의 흐름에 따른 대기 중 기체 농도의 변화를 보여줍니다.

시간의 흐름에 따른 대기 중 산소 및 이산화탄소의 농도 비율



46 다음 중 석탄기 동안 지구 생물권의 변화로 인한 대기 중 산소 농도의 변화를 정확하게 설명한 주장은?

(1) 생물권에서의 삼림 파괴로 인해 산소 농도가 증가했다.
(2) 생물권에서의 호흡 활동 감소로 인해 산소 농도가 증가했다.
(3) 생물권에서의 광합성 증가로 인해 산소 농도가 증가했다.
(4) 생물권에서의 증산 작용 감소로 인해 산소 농도가 증가했다.

47 과학자들은 석탄기 후기에 지표면의 기온이 변화했다고 주장합니다. 온도 변화로 이어질 수 있는 지구의 대기 조성 변화를 밝혀, 이 주장을 뒷받침하기 위해 제공된 데이터를 분석하십시오. 또한 이 기온 변화에 대해 설명하십시오. [1]

대기 조성 변화: _____

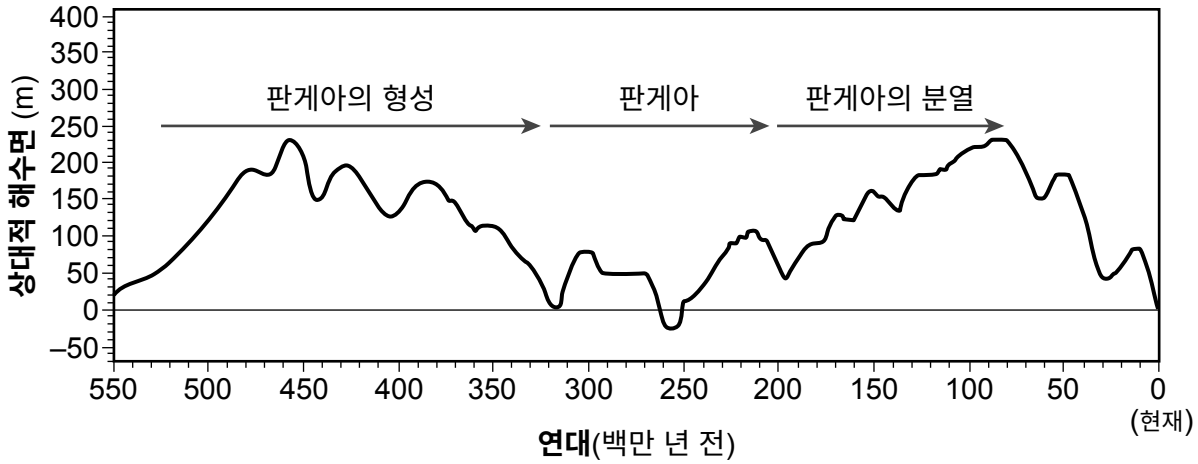
_____

지표면 기온 변화: _____

_____

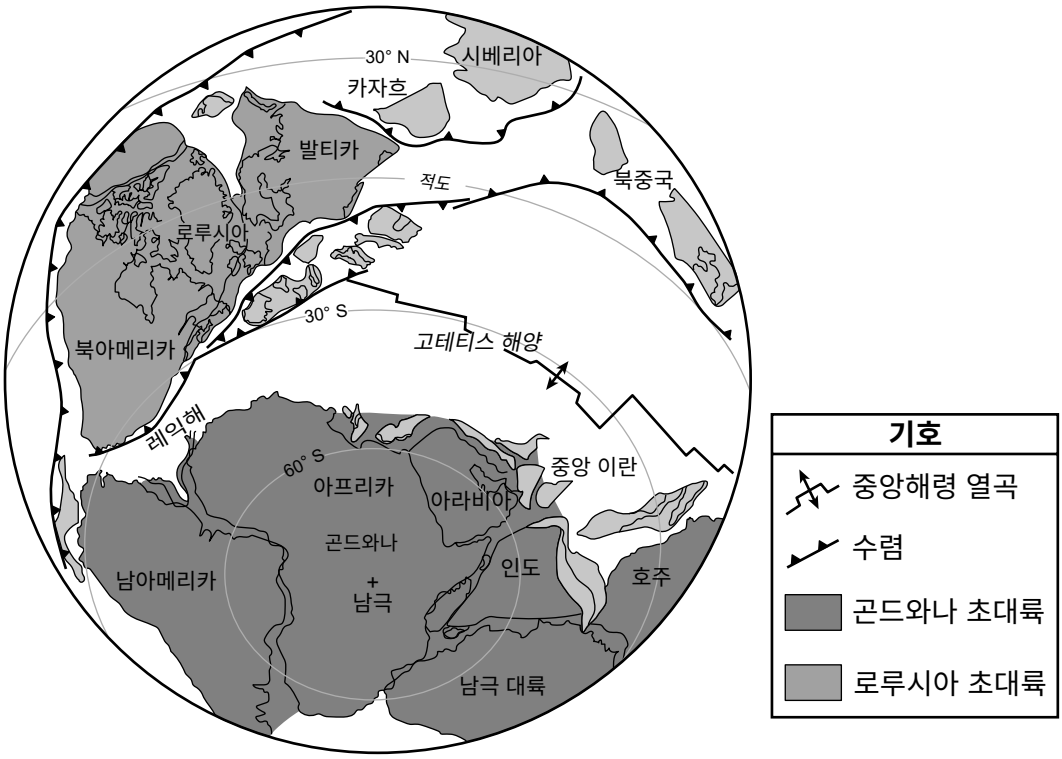
석탄기 초기부터 후기까지의 해양 화석을 연구한 학생들은 암석 속에 화석화된 해양 생물의 수가 현저히 감소했음을 발견했습니다. 이 현상을 조사하는 동안, 학생들은 해수면 변화, 빙하 작용, 판의 이동을 포함한 여러 요인들을 고려했습니다. 그래프는 동일한 시기의 해수면 변화와 판게아(Pangea)의 변화에 대한 정보를 보여줍니다.

지난 5억 5천만 년 동안의 상대적 해수면 변화

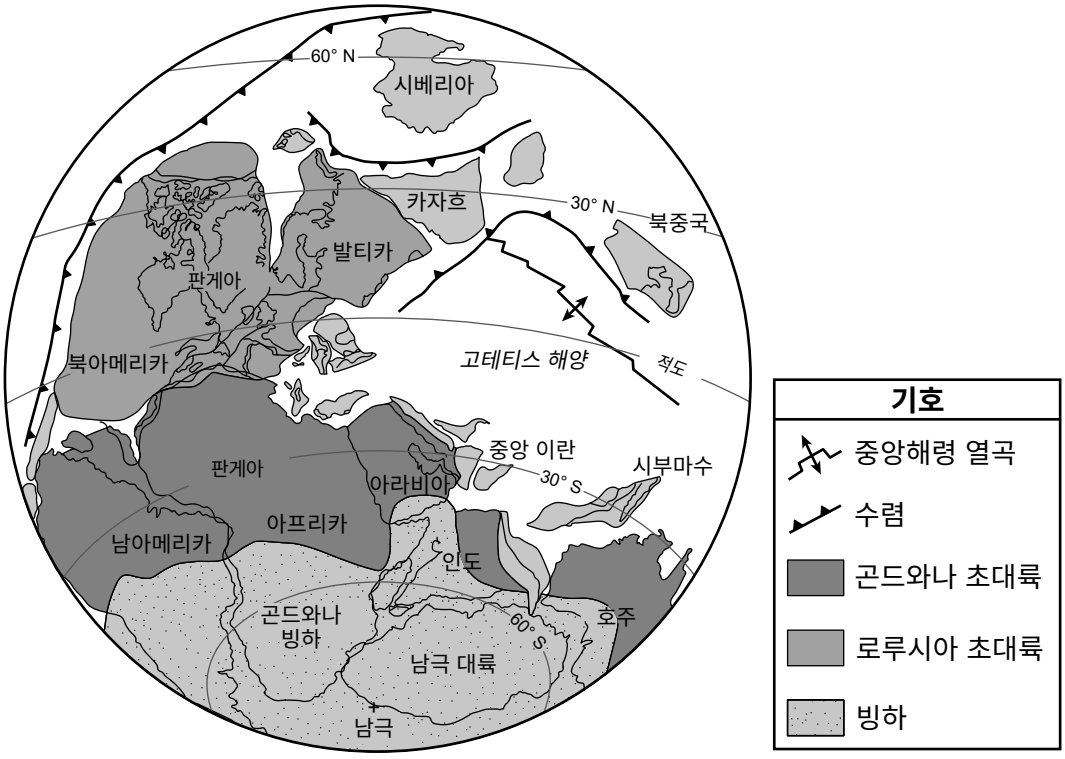


또한 학생들은 석탄기 초기 및 후기의 지도로부터 얻은 정보를 분석했습니다.

초기 석탄기 지도: 3억 4,000만 년 전



후기 석탄기 지도: 3억 1,000만 년 전



몇몇 석탄기 암석에는 현대 잠자리와 가까운 관계를 지닌 멸종 곤충인 *메가네우라(Meganeura)* 잠자리의 화석이 포함되어 있습니다.

현대 잠자리와 석탄기 잠자리의 상대적 크기 비교

(실제 크기와 비율이 다름)

아래 데이터 표는 대기 중 기체 농도 차이로 인한 현대 잠자리와 석탄기 *메가네우라* 잠자리의 차이를 비교합니다.

대기 중 산소가 잠자리의 신체 크기에 미치는 영향

대기 서식지	**최대 날개폭**(cm)
현대 서식지 (대기 중 산소 21%)	19.0cm
석탄기 서식지 (대기 중 산소 31%)	65cm

48 현대 또는 석탄기 잠자리 종과 비교하여, 2억 년 전에 존재했던 대기 조건에서 잠자리가 살았다면 예상되는 잠자리의 상대적인 날개폭을 예측하는 주장을 구성하십시오. [1]

학생들은 그래프와 지도를 통해 얻은 연구 결과를 요약하고 다음과 같은 주장을 했습니다. "석탄기 초기에서 후기까지의 해양 생물 감소는 지구의 해수면 변화와 빙하 작용의 결과이다."

49 다음 중 학생들의 주장을 뒷받침하는 지도와 그래프의 근거는?

(1) 빙하 작용의 증가로 인해 빙권에서는 얼음이 더해졌고, 수권에서는 해수면이 낮아졌다.

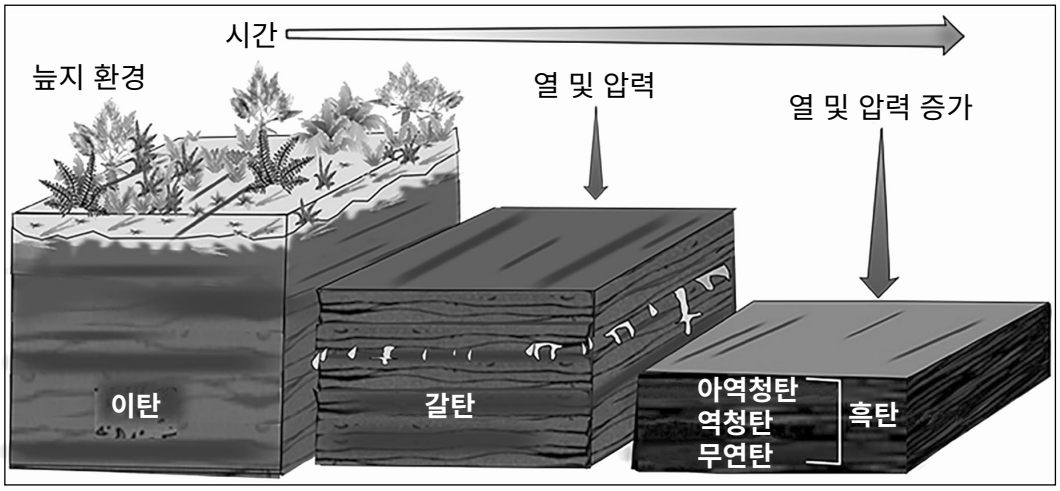
(2) 수권의 해수면 상승은 빙권의 얼음이 녹은 결과였다.

(3) 지구의 수권의 해수면과 빙권의 얼음 양이 모두 증가했다.

(4) 수권의 해수면과 빙권의 얼음 양이 모두 감소했다.

석탄기의 석탄 퇴적물은 전 세계에서 찾아볼 수 있습니다. 석탄기 숲의 식생은 광범위한 늪지 지역에 층을 이루며 축적되었습니다. 생물량은 매장되어 이탄층이 되었습니다. 아래 모형은 석탄의 형성 방식에 대한 정보를 보여줍니다.

석탄 형성 모형



50 지구의 여러 권들을 거치는 탄소의 순환은 석탄 형성의 여러 단계로 이어집니다. 다음 중 초기 석탄 형성 환경이 뉴욕주에서도 발견될 수 있다는 주장을 뒷받침할 수 있는 근거는?

(1) 이리-온타리오 저지대에 위치한 워터타운(Watertown)에는 갈탄이 될 탄산염암이 포함되어 있다.

(2) 허드슨강 골짜기에 위치한 글렌스 폭포(Glens Falls)에는 역청탄으로부터 형성된 시멘트가 포함되어 있다.

(3) 터그 힐 고원에 위치한 제네바(Geneva)에는 아역청탄으로부터 형성된 이탄이 포함되어 있다.

(4) 엘레게니 고원에 위치한 빙햄턴(Binghamton)에는 갈탄으로부터 형성된 이탄이 포함되어 있다.

EARTH AND SPACE SCIENCES KOREAN EDITION

재활용 용지에 인쇄함

EARTH AND SPACE SCIENCES KOREAN EDITION