

2022학년도 대학 신입학생 수시모집 일반전형

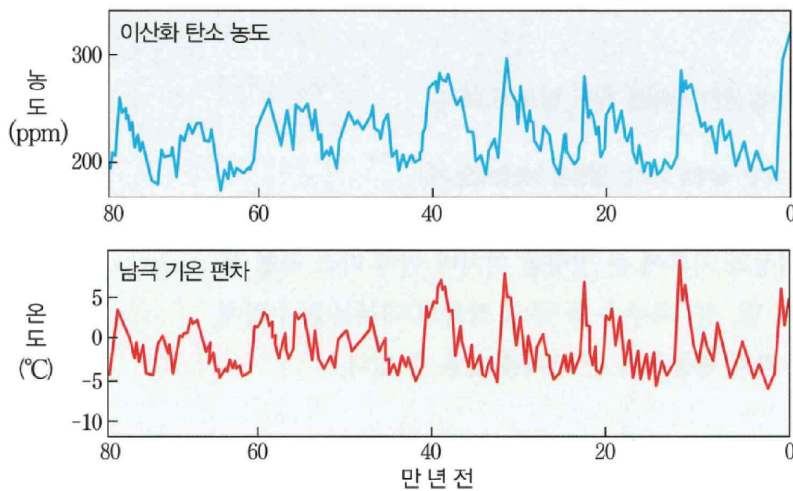
면접 및 구술고사 — 지구과학

서울대학교 · 원문 문항 재조판 + 예시답안

문제 1. 남극 빙하의 화산재층과 과거 기후 복원

※ 제시문을 읽고 문제에 답하십시오.

[그림 1]은 과거 80만 년 동안의 대기 이산화탄소 농도와 남극 기온변화를 보여준다. 빙하기-간빙기의 반복적 기후변화 동안, 해수면 변동은 약 120 m이며, 빙하의 증가와 감소가 주요 요인으로 알려져 있다.

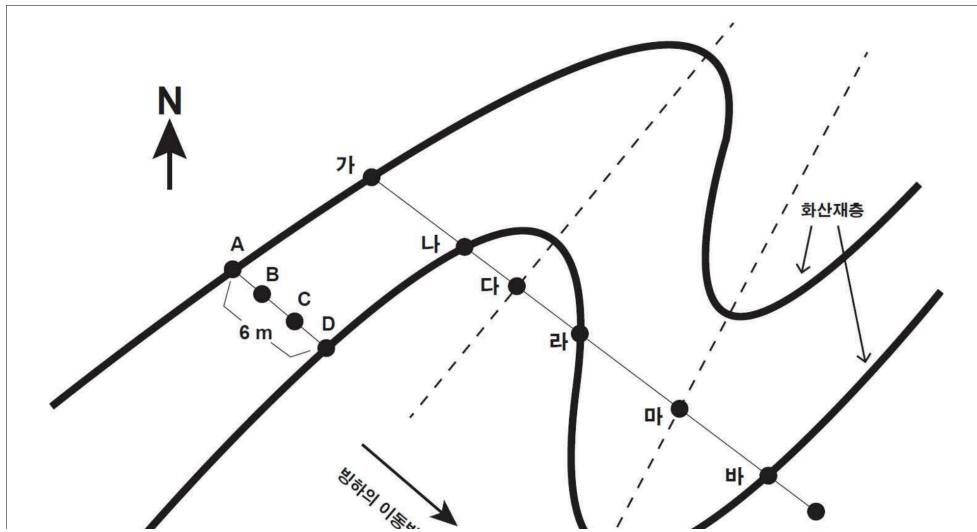


[그림 1] 빙하 시추코어 시료를 이용하여 알아낸 과거 80만 년 동안의 대기 이산화탄소 농도와 남극 기온 편차 (원본 발췌)

[그림 2]는 남극에서 심부 빙하가 표층으로 노출된 지역을 위에서 아래로 내려다보며 찍은 사진이다. 두 개의 화산재층이 빙하 표면에서 각각 폭 10 cm의 일정한 두께로 뚜렷이 관찰되고, 두 화산재층 간의 간격은 약 6 m이다. 빙하에 있는 화산재층은 과거에 화산재가 바람을 타고 날아와 쌓였던 것이 눈과 함께 빙하를 구성하게 된 것이다.

1-1.

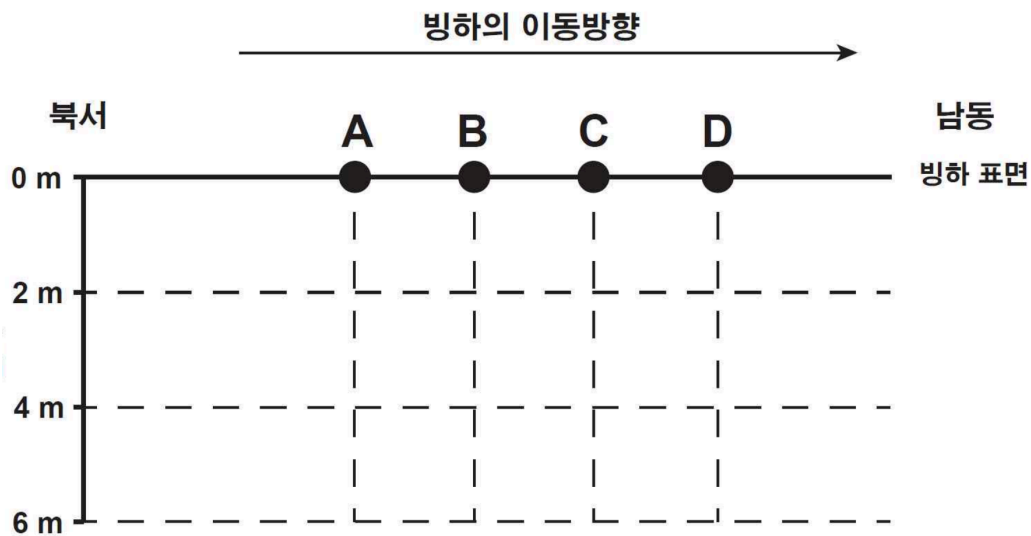
두 화산재층이 A-D방향의 수직 단면([그림 3])과 만나는 지점을 각각의 선으로 표시하고, 화산재층의 경사 방향을 답하시오. (단, 두 화산재층은 서로 평행하며 화산재층의 두께는 무시한다.)



[그림 2] 남극 빙하에서 관찰한 화산재층 분포. 표면 지형은 평탄하여 고도변화가 없다. 점선은 습곡축면이다. (원본 발취)

지점	A	B	C	D
화산재 발견 깊이 (m)	0 (표층)에서 6	4	2	0 (표층)
표층 빙하시료 내 이산화탄소 농도 (ppmv)	270	240	210	180

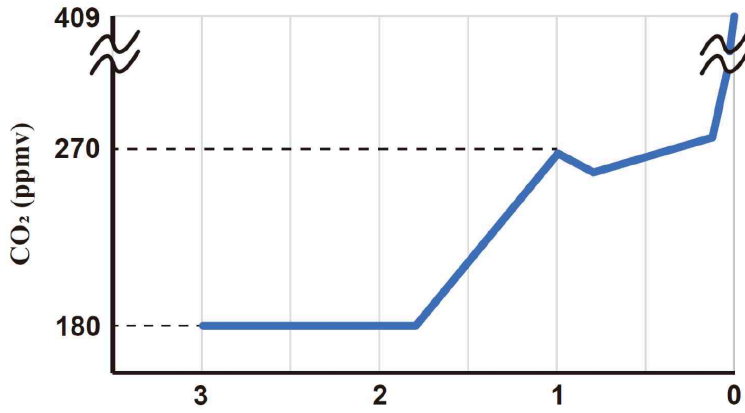
[표 1] 지점별 화산재 깊이와 표층 빙하시료의 이산화탄소 농도 (원문 표 재조판)



[그림 3] A-D 방향의 수직 단면도 (원본 발취)

1-2.

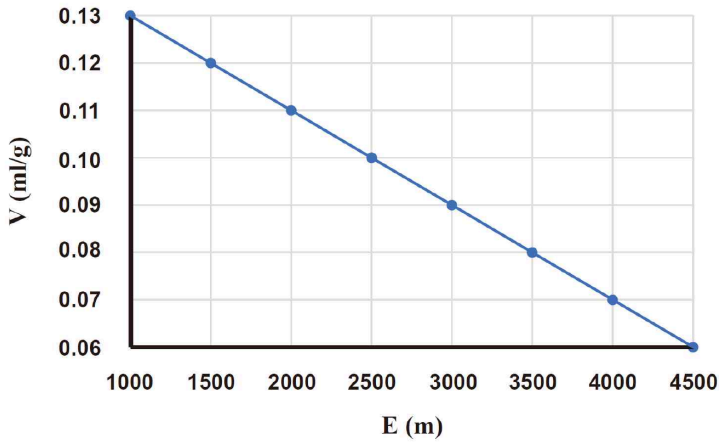
D지점의 화산재 광물 연령은 1.8만 년이고, 이 일대의 화산 연령의 범위는 1-3만 년이다. 과거 3만 년 동안 대기 이산화탄소 농도가 [그림 4]와 같이 변한다면, [그림 2]의 ‘다’, ‘라’, ‘사’ 지점에서 표층 빙하시료 내 이산화탄소 농도를 구하되, 농도를 특정 지을 수 없을 경우에는 농도 범위를 제시하시오. (단, 모든 표층 빙하시료는 변질되지 않았고, 연구지역에서는 [그림 2]에 표시된 습곡구조 외에 다른 습곡, 단층, 부정합 및 관입 구조는 없다고 가정한다.)



[그림 4] 과거 3만 년 동안의 대기 이산화탄소 농도 변화 (원본 발췌)

1-3.

한편 빙하에 포집된 공기함량은 빙하 상부에서 눈송이 사이의 공기입계와 연관이 되기 때문에, 공기함량으로 빙하가 처음 형성된 지역의 표층고도를 알아낼 수 있다. [그림 5]는 남극과 그린란드 지역에서 측정한 값을 보여준다. V 는 공기함량(ml/g)이며, 1 g의 얼음에 포함된 공기의 0°C 1기압에서의 부피이다. E 는 고도(m)를 나타낸다.



[그림 5] 빙하 표층고도에 따른 공기함량 (원본 발췌)

1-3a.

[그림 2]의 A와 D지점 표층빙하의 공기함량이 각각 0.10과 0.09 ml/g이라면, 빙하가 처음 형성된 지역에서 빙하의 표층고도가 시간에 따라 어떻게 변했는지 A와 D지점의 연령을 이용하여 설명하시오. (단, A와 D지점의 얼음은 빙하 상류에서 동일지점에 내린 눈으로 만들어진 것이라 가정한다.)

1-3b.

실제 빙하 두께 변화와 빙하 표층고도 변화 중 무엇이 더 큰지 판단하고, 그 이유를 설명하시오.

1-3c.

A연령과 D연령 사이의 빙하 두께 변화가 남극 전체 지역에서 동일하게 이루어졌고, 빙하 두께 변화와 빙하 표층고도 변화 간에 2배 차이가 있다고 가정하자. A와 D연령 간에 시간이 변하면서, 해수면은 얼마나 바뀌었을지 문제 1-3a에서 구한 표층고도 변화를 고려하여 구하시오. (단, 얼음의 비중 = 해수의 0.9배, 남극 전체 면적 = 해양 면적의 $\frac{1}{25}$ 배로 일정, 모든 남극빙하가 해수면 위에 놓여 있었다고 가정한다. 다른 해수면 변동요인은 무시한다.)

1-4.

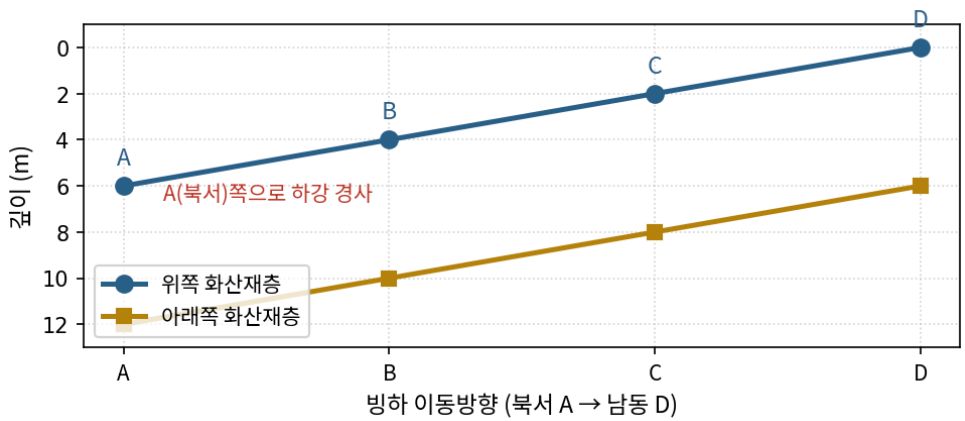
빙하 표층 얼음의 산소동위원소비를 이용하여 과거 남극 빙하 표층에서의 온도변화를 측정한 결과, D연령시기의 온도가 A연령시기보다 10°C 낮았다는 것을 알아냈다. 빙하 표층고도차이만으로 이 온도변화를 설명할 수 있는지 판단하시오. 그렇지 않다면 시간규모를 고려해서 표층에서의 온도가 변한 다른 이유를 3가지 이상 제시하시오. (기온감률 = $1.0^{\circ}\text{C} / 100 \text{ m}$)

예시답안 문제 1

1-1. 화산재층과 단면의 교차선·경사 방향

표 1의 깊이로 화산재층 상하를 읽는다. [표 1]에서 위쪽 화산재층은 A에서 깊이 6 m, B에서 4 m, C에서 2 m, D에서 0 m(표층)로, A→D로 갈수록 **점점 알아진다**. 아래쪽 화산재층도 6 m 간격을 유지하며 같은 방향으로 알아진다. 따라서 [그림 3]의 수직 단면 위에 두 화산재층의 교차점은 각각 (A, 6 m)·(B, 4 m)·(C, 2 m)·(D, 0 m)를 잇는 **직선**으로 표시되고, 그 아래 6 m에 평행한 두 번째 직선이 그려진다.

경사 방향. 화산재층은 빙하 이동방향(A→D, 즉 북서 → 남동)으로 갈수록 깊이가 알아지므로, 지층면은 **북서 쪽으로 갈수록 깊어지는(A쪽으로 기울어진) 경사**를 가진다. 즉 화산재층은 **A(북서) 방향으로 하강** 경사하며, 4 m/(A-D 수평거리)의 일정한 기울기로 기운다. 습곡축면(점선)을 경계로 반대편에서는 대칭적으로 반대 방향 경사가 나타난다.



예시 작도 — 두 화산재층은 (A,6)(B,4)(C,2)(D,0)를 잇는 평행 직선으로, A(북서)쪽으로 하강 경사한다.

1-2. ‘다’·‘라’·‘사’ 지점의 이산화탄소 농도

습곡으로 지층이 역전되어 있음을 먼저 확인한다. [표 1]의 이산화탄소 농도는 A(270) > B(240) > C(210) > D(180)로 D가 가장 낮다. [그림 4]에서 이산화탄소 농도는 **약 2만 년 전 180 ppmv(최저)에서 현재로 오며 증가**하므로, 농도가 낮은 D(180)가 가장 **오래된** 얼음, 농도가 높은 A(270)가 가장 **젊은** 얼음이다. 그런데 지층 누층의 법칙상 깊은 곳(A, 6 m)이 오래되어야 하는데 실제로는 A가 가장 젊다 — 즉 이 지층은 **습곡에 의해 역전(전도)**되어 있고, 원래 쌓인 순서는 D→C→B→A이다.

습곡축면을 기준으로 대칭. [그림 2]에서 습곡축면(점선)을 기준으로 A-D의 반대편에 ‘다’, ‘라’, ‘사’가 대칭으로 놓인다. 따라서 축면 반대편에서는 같은 화산재층·같은 농도가 **거울상**으로 반복된다.

- ‘라’ : 습곡축(점선) 상에 놓여 축면 대칭의 중심에 해당하므로, 마주보는 C에 대응 → **210 ppmv.**
- ‘다’ : 축면 안쪽으로 B에 대응 → **240 ppmv.**
- ‘사’ : 축면에서 가장 바깥, A(가장 젊음, 270)의 대응 위치이나 화산재층 사이 구간이면 표층 농도가 특정되지 않는다. 화산재층에 정확히 대응하면 **270 ppmv**, 화산재층 사이 구간이면 **180-270 ppmv 범위**로 제시한다.

1-3a. 표층고도의 시간에 따른 변화

[그림 5]에서 공기함량 V는 표층고도 E가 높을수록 작아진다(고도 ↑ → 기압 ↓ → 함량 ↓). A의 V = 0.10 ml/g은 상대적으로 **낮은 고도**, D의 V = 0.09 ml/g은 **더 높은 고도**에 대응한다. A는 젊고(약 0.2만 년급) D는 오

래된(1.8만 년) 얼음이므로, 시간 순서 D(과거)→A(현재)로 보면 **과거(D)에는 표층고도가 높았고, 시간이 지나며 표층고도가 낮아졌다.** 즉 빙하가 처음 형성된 지역의 표층고도는 D연령시기보다 A연령시기에 더 낮아졌다(약 0.01 ml/g 차이에 해당하는 고도만큼 하강).

1-3b. 빙하 두께 변화 vs 표층고도 변화

빙하 두께 변화가 표층고도 변화보다 크다. 표층고도는 (기반암 고도 + 빙하 두께)로 정해지는데, 빙하가 얽혀 있는 기반암(빙상 하부)은 무거운 얼음의 하중으로 **지각평형(아이소스타시)에 의해 눌러 내려간다.** 빙하가 두꺼워지면 그 무게로 기반이 가라앉아, 늘어난 두께의 일부가 침강으로 상쇄되므로 **표층고도 상승분은 두께 증가분보다 작다.** 반대로 빙하가 얇아지면 하중이 줄어 기반이 융기(반발)하므로 표층고도 하강분도 두께 감소분보다 작다. 따라서 실제 **빙하 두께 변화 > 표층고도 변화**이다.

1-3c. 해수면 변화량

표층고도 변화 → 두께 변화. 1-3a에서 A연령시기 표층고도가 D연령시기보다 낮아졌고, 1-3c 가정상 **두께 변화 = 표층고도 변화의 2배**이다. [그림 5]에서 V 0.09→0.10 ml/g은 표층고도 약 500 m 하강에 해당하므로, 빙하 두께는 약 **1,000 m 감소**했다.

부피 → 해수면 상승. 남극 전체 면적을 $S_a = S_o/25$ (해양 면적 S_o 의 1/25)라 하면, 녹은 얼음 부피 = $1000 \times S_a = 1000 \times (S_o/25)$ 이다. 얼음 비중이 해수의 0.9배이므로 물로 환산한 부피 = $0.9 \times 1000 \times S_o/25$. 이 물이 해양 전체(S_o)에 퍼지면 해수면 상승은

$$\Delta H = \frac{0.9 \times 1000 \times S_o/25}{S_o} = \frac{0.9 \times 1000}{25} = 36 \text{ m.}$$

따라서 A연령시기에는 D연령시기보다 빙하가 얇아지면서 **해수면이 약 36 m 상승**했다.

1-4. 표층 온도 10°C 변화의 원인

고도차만으로는 설명 부족. 기온감률 1.0°C/100 m를 쓰면, 1-3에서 구한 표층고도차 약 500 m는 온도차 $500/100 \times 1.0 = 5.0^\circ\text{C}$ 만 만든다. 실제 관측된 온도차는 10°C이므로, **고도차이(5°C)만으로는 절반밖에 설명하지 못한다.** 나머지 약 5°C는 시간규모의 기후변화로 설명해야 한다.

시간규모를 고려한 다른 이유(3가지 이상).

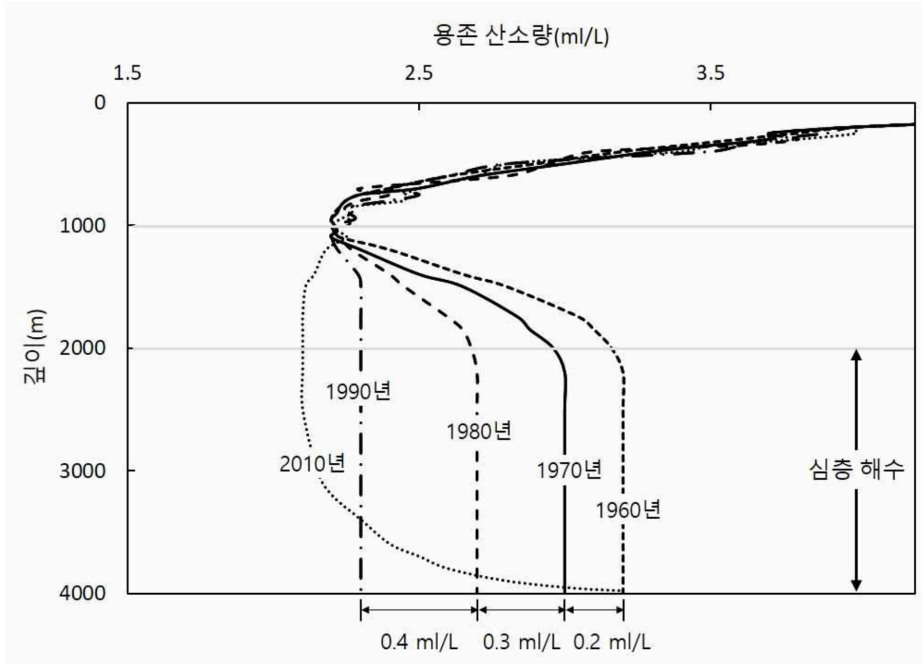
1. **빙하기-간빙기 전 지구적 기후변화** — D연령시기(1.8만 년 전)는 마지막 최대 빙하기(LGM) 무렵으로, 대기 이산화탄소가 180 ppmv로 낮아(온실효과 약화) 전 지구 기온이 크게 낮았다. 시간이 지나며 CO₂가 증가(간빙기)해 온난해졌다.
2. **대기 이산화탄소·온실기체 농도 증가에 따른 온실효과 강화** — [그림 1][그림 4]처럼 CO₂가 180→270 ppmv로 늘며 복사평형 온도가 상승.
3. **빙하·해빙 면적 감소에 따른 얼음-알베도 되먹임** — 빙하가 줄면 지표 반사도가 낮아져 흡수 일사가 늘고 국지 기온이 추가 상승.
4. **해양 순환·열수송 변화** — 열염순환 강화로 저위도 열이 극지로 더 많이 전달.
5. **지구 공전궤도 요소(밀란코비치 주기) 변화** — 세차·기울기·이심률 변화로 남극 여름 일사량이 달라져 표층 온도 변화.

이처럼 고도차(약 5°C)에 더해 이산화탄소·알베도·해양순환·궤도변화 등 시간규모 기후 요인이 겹쳐 총 10°C의 온도차가 나타난 것으로 설명된다.

문제 2. 바다 A의 용존 산소 감소와 열염순환

※ 제시문을 읽고 문제에 답하시오.

바다(Sea) A는 중앙 해역이 북위 50도에 위치한 대륙주변해이며, 수심이 평균 약 4,000 m이고, 해양 표면의 남북과 동서의 길이가 각각 약 1,000 km이다. 바다 A에서 일어나는 해양 물리, 생물, 화학, 지질학적 현상은 일반 해양과 같으며, 열염순환에 의해 북측 연안에서 심층 해수가 생성된다. 바다 A는 질산염(영양 염류)이 부족하여 생물생산이 제한되며, 유광층(빛이 통과하는 깊이, 0-100 m)에서 생성된 유기 입자(유기물질)의 일부는 심해로 침강하고, 침강 과정에서 유기물질의 99%는 미생물에 의해 분해된다. 표층 해수의 산소포화도는 100%로 가정한다. [그림 6]은 바다 A의 중앙 해역에서의 관측점에서의 연도별 용존 산소량을 나타낸 것이다.



[그림 6] 바다 A 중앙 해역의 용존 산소량 변화 (원본 발취)

2-1.

[그림 6]을 참고하여 바다 A의 용존 산소량 감소와 그에 따른 해양 환경의 변화에 대한 아래의 물음에 답하시오.

2-1a.

바다 A의 중앙 해역에서 관측한 심층 해수(깊이 2,000-4,000 m) 중 용존 산소량이 1960년부터 1990년까지 각 10년간 감소량이 증가하는 경향(0.2 ml/L → 0.3 ml/L → 0.4 ml/L)을 보인다. 이렇게 용존 산소량이 감소한 원인과 용존 산소량이 증가하는 원인을 추정하여 설명하시오. (단, 유광층에서의 생물생산이 일정하며, 심층에서 유기물질의 분해(생물의 호흡)에 의한 연간 산소 소모량은 0.04 ml/L로 일정하다고 가정한다.)

2-1b.

[그림 6]에 따르면 심층 해수에서 1980년과 1990년 사이의 용존 산소 감소량과 유기물질의 분해(생물)의 호흡 포함에 의한 10년간 용존 산소 소모량이 0.4 ml/L로 같아진다. 어떤 경우에 이러한 현상이 일어날 수 있는지 추론하고, 이 현상이 100년 이상 지속된다면 심층 해수 중 용존 산소량은 어떻게 변할지 답하시오.

2-1c.

유광층에서의 생물생산이 일정한 상태에서 심층 해수의 용존 산소량이 지속적으로 감소하면, 심층 해수에서 이산화탄소의 양은 어떻게 변화할지 그 원인과 함께 설명하시오.

2-2.

[그림 6]을 참고하여 2010년 바다 A의 중앙 해역에서 관측된 현상에 대한 아래의 물음에 답하십시오.

2-2a.

2010년 바다 A의 중앙 해역에서 관측한 용존 산소량이 바다 부근에서 급격히 증가하였다([그림 6] 참고). 이러한 현상이 일어날 수 있는 자연 현상을 추정하여 그 과정을 설명하십시오. 그리고 이 관측 시기에 바다 부근(깊이 3,000-4,000 m)에서의 수온 수직분포가 어떻게 변화할지 설명하십시오. (단, 압력에 의한 온도 변화는 없다고 가정한다.)

2-2b.

문제 2-2a의 경우처럼 바다 A의 중앙 해역 바다 부근에서 용존 산소량이 급격하게 증가한 경우, 바다 부근 해수 중 질산염(영양 염류)의 농도 변화를 상부층(깊이 2,000-3,000 m)과 비교하여 추정하고, 이렇게 변화하는 원인을 설명하십시오. (단, 문제 2 지문을 참고하여 바다 A에서 표층 해수와 심층 해수의 질산염 농도 차를 설명한 후, 2010년 바다에서 생기는 이상 현상을 설명하십시오.)

2-3.

외부 환경 변화에 의해 바다 A에서 일어나는 해양 환경 변화에 대한 아래의 물음에 답하십시오.

2-3a.

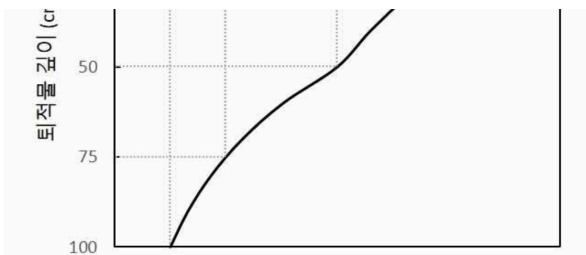
만약 바다 A의 해수 순환(심층수 생성 포함) 속도가 일정하게 유지되면서 주변 대륙으로부터 강물 및 강우에 의한 질산염(영양 염류)의 공급이 매우 크게 증가할 경우, 심층 해수에서의 용존 산소와 이산화탄소의 농도 변화를 문제 2 지문을 참고하여 설명하십시오. (단, 이 과정에서 일어나는 현상은 2년 이상의 충분한 시간이 주어진 경우이다.)

2-3b.

문제 2-3a의 현상에 의해 대기의 산소와 이산화탄소의 농도는 어떠한 영향을 받을지 설명하십시오. (단, 농도의 증감만 논하고, 크기는 고려하지 않음.)

2-4.

바다 A의 해양 퇴적물 중 연대측정이 가능한 가상의 방사성 원소 B(반감기 100년)의 양을 측정한 결과는 [그림 7]과 같다. 연대측정 원리를 이용하여 퇴적속도(퇴적물이 쌓이는 속도)를 계산한 결과, 퇴적물 깊이 50 cm 전후로 크게 변화한다. 50 cm의 상부층(퇴적물 깊이 0-50 cm)과 하부층(50-100 cm)의 퇴적속도가 각각 계산되며, 해당 퇴적물 퇴적속도가 변할 수 있는(퇴적물의 유입량 변화) 원인을 2가지 이상 추정하십시오. (단, 퇴적물 중 물의 양은 수직적으로 일정하다고 가정한다.)



[그림 7] 바다 A의 해양 퇴적물 중 방사성 원소 B의 양.

[그림 7] 바다 A의 해양 퇴적물 중 방사성 원소 B의 양 (원본 발체)

2-1a. 심층 용존 산소 감소·증가의 원인

심층 해수의 용존 산소는 **공급(열염순환에 의한 산소 풍부 심층수 유입)**과 **소모(가라앉은 유기물의 미생물 분해·호흡)**의 균형으로 정해진다.

감소 원인. 표층 생물생산은 일정하므로 유기물 분해에 의한 산소 소모(연 0.04 ml/L)는 거의 일정하다. 그런데도 10년 감소량이 0.2→0.3→0.4 ml/L로 **점점 커진다**는 것은, **산소를 공급하는 심층수 형성(열염순환)이 점점 약해지고 있음**을 뜻한다. 북측 연안에서 표층의 찬 고산소 해수가 침강해 심해로 산소를 보급하는데, 온난화 등으로 표층이 데워지거나 담수가 유입되어 밀도가 낮아지면 침강이 약해져 심층 산소 공급이 줄고, 소모가 상대적으로 우세해져 감소량이 커진다.

증가(공급) 원인. 용존 산소를 늘리는 요인은 **열염순환에 의한 산소 풍부 심층수의 유입**이다. 북측 연안에서 산소포화(100%)에 가까운 찬 표층수가 침강해 심층으로 흘러들면 용존 산소가 보충된다. 즉 심층 산소량 = (열염순환 공급) - (유기물 분해 소모)이며, 감소량 증가는 이 공급이 줄어드는 방향으로 해석된다.

2-1b. 소모 = 공급 균형과 100년 후

1980-1990년 10년간 용존 산소 감소량(0.4 ml/L)과 유기물 분해에 의한 10년 소모량(0.04 ml/L × 10년 = 0.4 ml/L)이 **같아진다**는 것은, 그 기간에 **열염순환에 의한 산소 공급이 사실상 0이 되었음**을 의미한다. 즉 심층수 형성(침강)이 멈춰 새 산소가 들어오지 않고, 오직 유기물 분해로만 산소가 소모되는 상태이다.

이 현상이 100년 이상 지속되면 매 10년마다 0.4 ml/L씩 산소가 소모되어, 심층 용존 산소는 계속 감소하다가 결국 **0에 도달(무산소·빈산소 상태, anoxia)**한다. 산소가 고갈되면 호기성 분해가 멈추고 혐기성 환경이 되어 황화수소 발생 등 심해 생태계가 크게 교란된다.

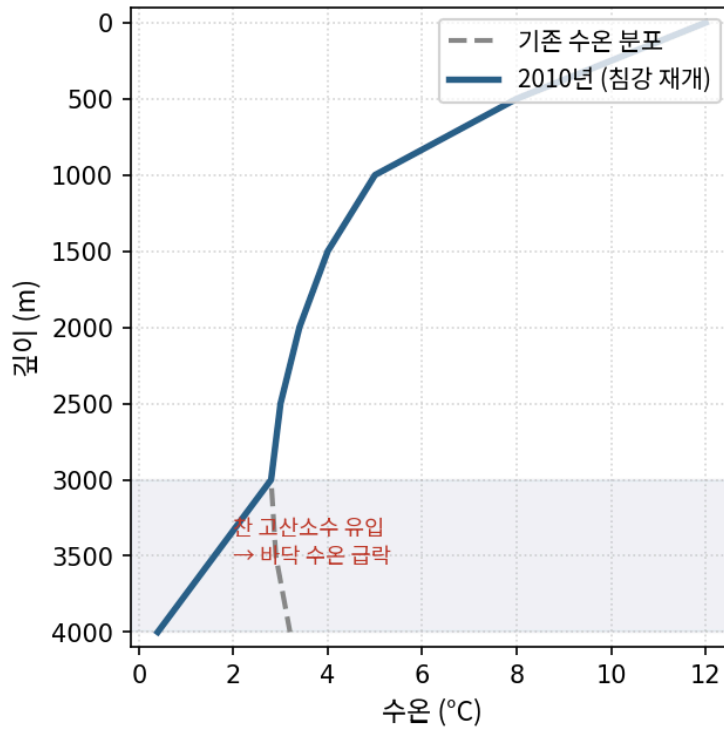
2-1c. 심층 이산화탄소의 변화

유기물의 분해(생물 호흡)는 $\text{유기물} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 반응이므로, **산소를 소모하는 만큼 이산화탄소를 방출**한다. 표층 생물생산이 일정해 심해로 가라앉은 유기물량이 일정하고 그 분해가 계속되는 한, 산소가 줄어드는 것과 **반비례로 이산화탄소는 증가**한다. 게다가 열염순환이 약해져 심층수가 정체되면, 생성된 CO_2 가 표층으로 환기되지 못하고 심층에 **축적**되어 심층 이산화탄소 농도는 더욱 높아진다. 즉 용존 산소의 지속적 감소는 심층 **이산화탄소(및 탄산·영양염)의 지속적 증가**를 동반한다.

2-2a. 바닥 산소 급증의 원인과 수온 분포

원인 — 심층수 형성(침강) 재개. 2010년 바닥 부근에서 용존 산소가 급격히 증가한 것은, 북측 연안에서 **산소포화(100%)에 가까운 매우 차갑고 무거운 표층수가 대량으로 빠르게 침강(심층수 형성)**하여 바닥까지 도달했기 때문이다. 겨울철 강한 냉각이나 결빙에 의한 염분 상승(brine rejection)으로 표층 밀도가 커지면, 이 무거운 물이 바닥을 따라 흘러 고산소 해수를 공급한다.

수온 수직분포 변화. 이 찬 물이 바닥(3,000-4,000 m)에 깔리면, 원래 상부보다 약간 따뜻하던 바닥층이 오히려 **더 차가워진다**. 결과적으로 깊이에 따라 수온이 낮아지다가 바닥에서 **수온이 더 급격히 떨어지는(역전에 가까운 저온층 형성)** 분포가 나타난다. 즉 바닥 부근에 새로 유입된 찬 고산소 심층수 때문에 최하부 수온이 국소적으로 낮아진다.



예시 작도 - 2010년 침강 재개로 바닥(3,000-4,000 m)에 찬 고산소수가 유입되어 최하부 수온이 급락한다.

2-2b. 바닥 질산염 농도 변화

표층 vs 심층 질산염 차. 표층(유광층)에서는 생물생산으로 질산염이 소비되어 농도가 낮고(제한 요인), 가라앉은 유기물이 심층에서 분해되며 질산염이 재생되므로 **심층으로 갈수록 질산염 농도가 높다.** 따라서 정상 상태에서 바닥 부근은 상부층보다 질산염이 많다.

2010년 이상 현상. 2010년에는 질산염이 낮은 **표층수가 그대로 침강해** 바닥에 유입되었으므로, 바닥 부근 질산염 농도가 상부층(2,000-3,000 m)보다 **오히려 낮아진다.** 즉 유기물 분해로 축적된 질산염이 풍부한 상부층에 비해, 새로 내려온 표층 기원 바닥수는 질산염이 희박해져 **상부층 > 바닥층**의 역전된 분포가 나타난다. (용존 산소가 급증한 것과 같은 이유 - 표층수의 직접 침강.)

2-3a. 질산염 급증 시 심층 산소·이산화탄소

질산염(영양염)이 크게 늘면 **유광층의 생물생산(광합성)이 증가**한다. 생산된 유기물이 더 많이 심해로 가라앉아 분해되므로, 심층에서 **유기물 분해에 쓰이는 산소 소모가 커져 용존 산소가 감소**하고, 그 분해로 방출되는 **이산화탄소는 증가**한다. 해수 순환 속도는 일정(공급 일정)한데 소모가 늘어난 셈이므로, 충분한 시간이 지나면 심층은 **저산소·고이산화탄소**로 뚜렷하게 이동한다(부영양화 → 심층 산소 고갈).

2-3b. 대기 산소·이산화탄소에 미치는 영향

유광층 광합성이 늘면 표층에서 **산소 방출이 증가**하고 **이산화탄소 흡수가 증가**한다. 늘어난 유기물이 심해로 가라앉아 탄소가 심층에 격리(생물 펌프 강화)되므로, 순효과로 대기 중 **이산화탄소 농도는 감소**하고 **산소 농도는 증가**한다. (심층의 CO₂ 증가는 표층·대기와 분리되어 격리된 것이므로 대기 CO₂는 오히려 줄어든다.)

2-4. 퇴적속도 변화의 원인

연대측정 원리. 반감기 100년인 방사성 원소 B는 깊이(=시간)에 따라 지수적으로 감소한다. [그림 7]에서 깊이-함량 곡선의 기울기가 50 cm 전후로 꺾이는데, 기울기가 완만할수록(같은 시간에 더 두껍게 쌓임) 퇴적속도가 빠르다. 하부(50-100 cm)와 상부(0-50 cm)의 기울기가 달라 두 구간의 퇴적속도가 서로 다르게 계산된다.

퇴적속도(유입량) 변화의 원인(2가지 이상).

1. **육상 기원 쇄설물 공급량 변화** — 주변 대륙의 강수량·하천 유량 변화, 빙하 융해·해빙으로 육지에서 유입되는 토사(육성 퇴적물)의 양이 달라져 퇴적속도가 변한다.
2. **생물 기원 입자(생물 생산) 변화** — 영양염 공급·표층 생물생산이 변하면 가라앉는 유기물·석회질·규질 껍데기(생물 퇴적물)의 양이 달라진다.
3. **해류·순환 변화에 의한 재퇴적** — 저층류·탁류 등 운반·재분배 작용이 강해지거나 약해지면 특정 시기에 퇴적물이 더 쌓이거나 침식된다.
4. **화산 분출** — 화산재의 대량 유입으로 특정 구간의 퇴적속도가 일시적으로 커진다.

이 중 육성 쇄설물 공급 변화와 생물 생산(생물 기원 입자) 변화가 대표적 원인이다.