실습 시험 : 알프스 형성의 증거가 되는 암석

해양 암석권(oceanic lithosphere)의 섭입(subduction)은 해양 분지의 폐쇄, 두 대륙 지괴의 접근, 그리고 결국 그들의 충돌로 이어진다. 섭입과 충돌은 알프스와 같은 산맥을 만든다. 이러한 수렴(convergence) 과정은 압력과 온도의 큰 변화에 따른 변형을 일으킨다. 과거의 사건들을 이해하기 위해 이 암석들을 살펴보자.

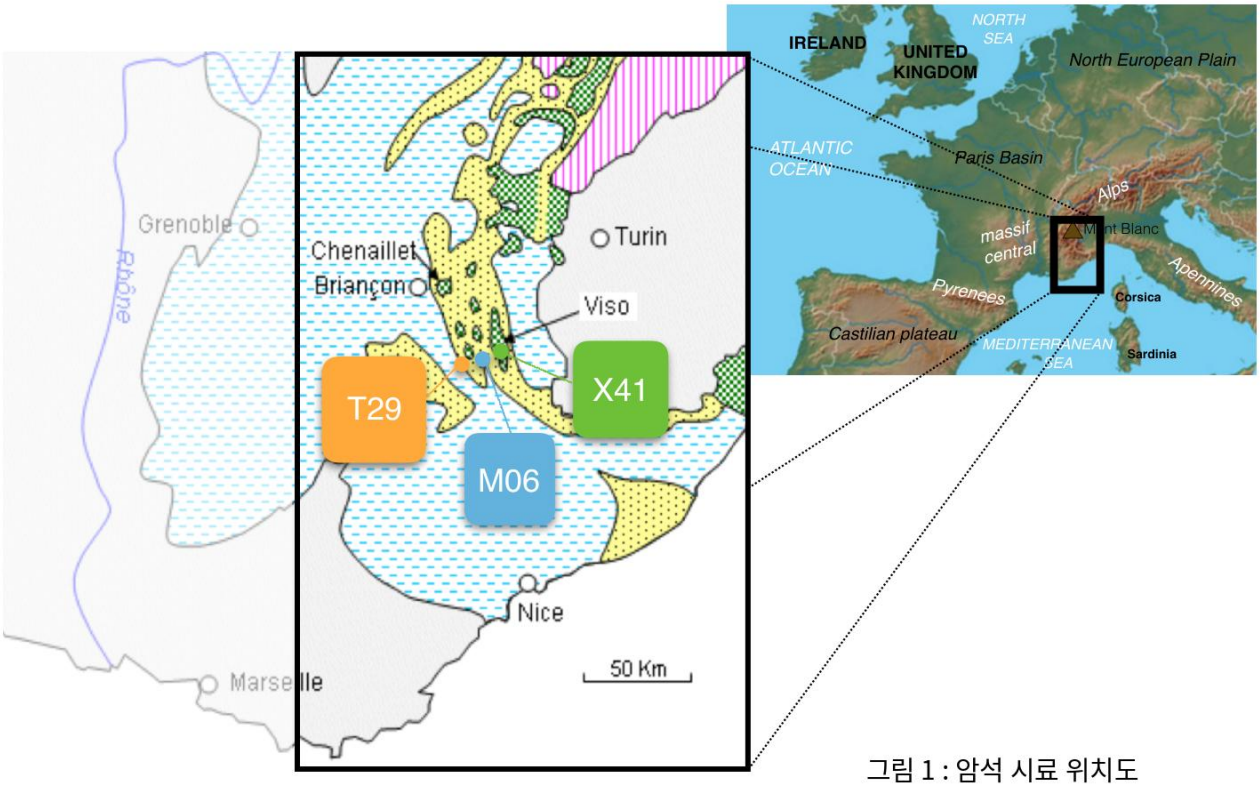


그림 1 : 암석 시료 위치도

PART I : 암석 시료의 밀도 측정.

지시사항 :
- 제공된 재료를 숙지하시오.
- 암석 시료의 밀도를 계산하는 방법을 고안하시오.
- 시료 T29와 X41의 밀도를 계산하시오.
- 시료 M06의 밀도 값은 심사위원에게 문의하시오.

밀도 T29 =		밀도 X41 =		밀도 M06 =	

문제 1: 시료 T29의 밀도는… (정답 1개)

1- 1.9 $g \cdot cm^{-3}$
2- 3.9 $g \cdot cm^{-3}$
3- 15.7 $g \cdot cm^{-3}$
4- 3.0 $g \cdot cm^{-3}$
5- 2.4 $g \cdot cm^{-3}$
6- 78.4 $g \cdot cm^{-3}$
7- 5.7 $g \cdot cm^{-3}$
8- 0.8 $g \cdot cm^{-3}$

문제 2: 시료 X41의 밀도는… (정답 1개)

1- 3.8 $g \cdot cm^{-3}$
2- 124.7 $g \cdot cm^{-3}$
3- 3.3 $g \cdot cm^{-3}$
4- 0.6 $g \cdot cm^{-3}$
5- 2.0×10^{-3} $g \cdot cm^{-3}$
6- 7.4 $g \cdot cm^{-3}$
7- 9.7 $g \cdot cm^{-3}$
8- 2.8 $g \cdot cm^{-3}$

문제 3: 일반적으로 마그마암의 밀도가 다른 암석보다 높을 때 (정답 1개)

1- 규산염(silicate)을 더 많이 포함한다.
2- 더 높은 정도의 속성작용(diagenesis)을 겪었다.
3- 철고토(ferromagnesian) 광물의 비율이 더 높다.
4- 물의 비율이 더 높다.
5- 더 오래되었다.

PART II : 암석의 함수량(water content) 측정

지시사항 :
- 제공된 재료(주석이 달린 사진, 모눈종이)를 숙지하시오.
- 아래 표를 완성하여 시료의 함수량(%)을 구하시오.
- 시료 M06의 함수량 값은 심사위원에게 문의하시오.

광물	광물군	광물의 몰질량 (g/mol)	광물 1몰에 포함된 물의 양 (g)	T29			X41		
				관찰 광물 %	광물 내 물 %	암석 내 %	관찰 광물 %	광물 내 물 %	암석 내 %
악티놀라이트	각섬석	488	18						
휘석(오자이트)	휘석	281.7	0						
녹니석	운모	559	72						
남섬석	각섬석	796	18						
그로슐라석	석류석	502.5	0						
각섬석(보통)	각섬석	572	18						
제이드석	휘석	140.5	0						
펜자이트	운모	472	36						
사장석	장석	341	0						

시료의 총 함수량 (%)	T29	X41	M06

문제 4 : 시료 T29의 함수량은 대략 :

1- 1.6%
2- 4.8%
3- 32.0%
4- 0%
5- 56.9%
6- 3.7%
7- 2.8%
8- 0.6%

문제 5 : 시료 X41의 함수량은 대략 :

1- 0%
2- 4.7%
3- 7.5%
4- 44.0%
5- 6.7%
6- 48.9%
7- 1.6%
8- 0.9%

문제 6 : T29가 X41이 되었다고 가정할 때, 두 암석의 함수량 차이는 다음으로 설명된다… (정답 1개)

1- 운석수(meteoric water)에 더 오래 노출되었다.
2- 압력 증가와 온도 감소.
3- 온도 증가와 압력 감소.
4- 압력과 온도의 증가.
5- 압력과 온도의 감소.
6- 암석 내 물을 이용한 미생물과의 더 오랜 접촉.

문제 7 : 자신의 지식과 계산 결과에 근거할 때, 시료 X41은 다음에 해당한다… (정답 1개)

1- 청색편암상 변성반려암
2- 현무암
3- 청색편암상 화강암
4- 안산암
5- 에클로자이트상 변성반려암
6- 감람암
7- 섬록암
8- 청색편암상 석회암

문제 8 : 자신의 지식과 계산 결과에 근거할 때, 시료 M06은 다음에 해당한다… (정답 1개)

1- 청색편암상 변성반려암
2- 현무암
3- 청색편암상 화강암
4- 안산암
5- 에클로자이트상 변성반려암
6- 감람암
7- 섬록암
8- 청색편암상 석회암

PART III : 알프스의 부분적 지질사 복원.

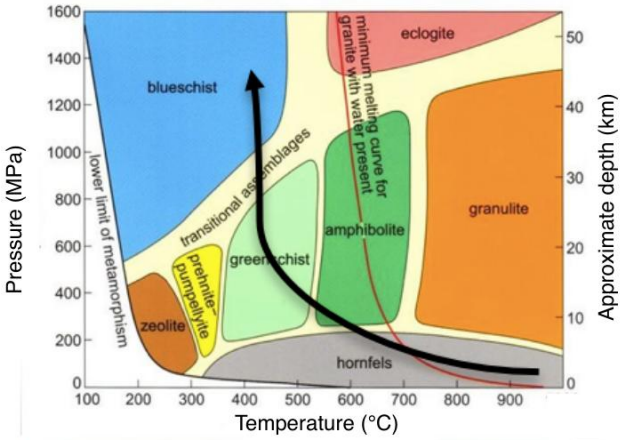
세 암석 T29, M06, X41은 동일한 지구동역학적(geodynamic) 맥락, 즉 알프스해(테티스, Tethys)의 섭입과 관련되어 있다.
이 과정에서 세 암석은 밀도와 함수량의 변화를 가져오는 변형을 겪었다.

문제 9 : 세 시료에서 관찰된 물리적·광물학적 변형은 다음과 같이 불릴 수 있다 : (정답 1개)

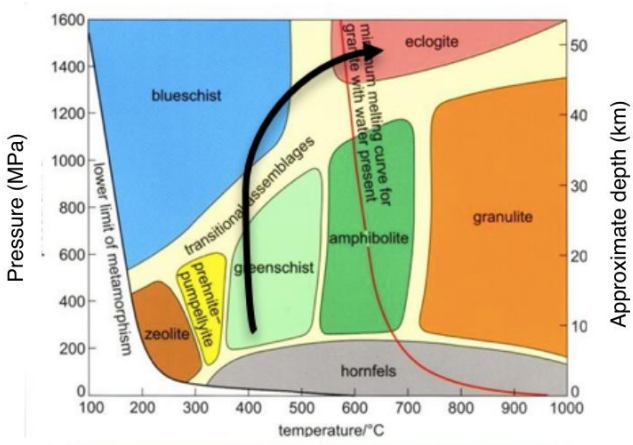
1- 지각 용융(anatexis)
2- 분별 정출작용
3- 변성작용
4- 화산작용
5- 속성작용(diagenesis)
6- 마그마작용
7- 조구조작용

문제 10 : 아래에 암석 발달의 네 가지 가능한 경로가 제시되어 있다. 자신의 계산과 결론에 가장 부합하는 것은 무엇인가?

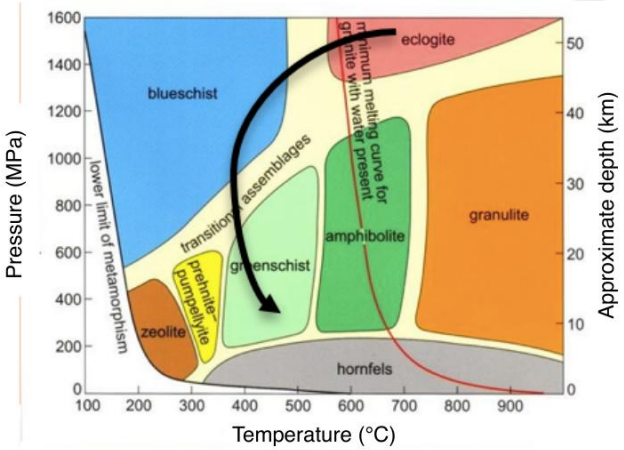
1-



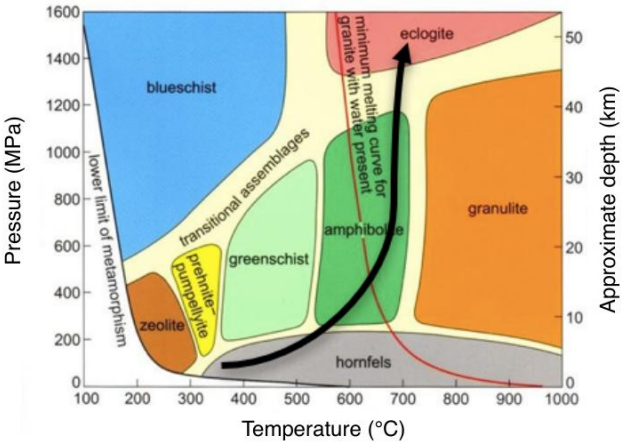
3-



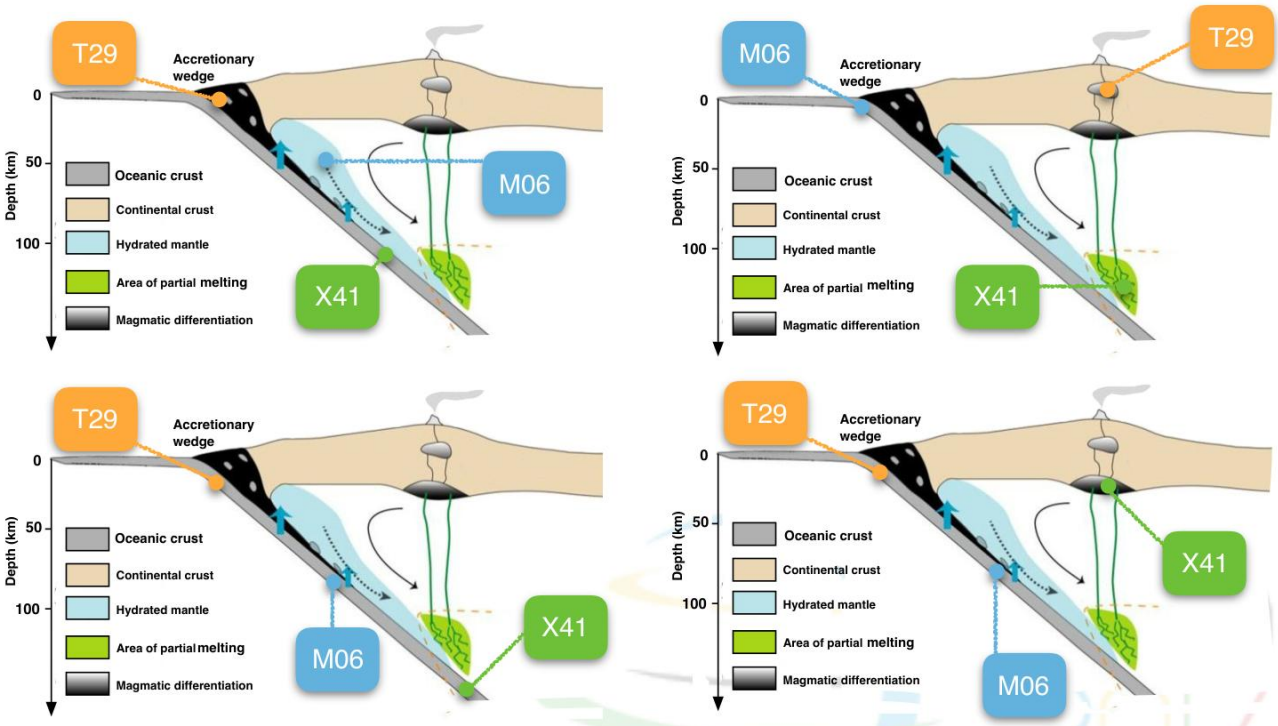
2-



4-



문제 11 : 아래 그림들을 고려할 때, 다음 중 가장 잘 나타내는 것은 어느 그림인가?



실습 시험 : 태양, 태양계의 유일한 에너지원

화성 유인 탐사가 이루어질 경우, 태양은 가장 즉시 활용 가능한 에너지원으로 보인다. 화성은 지구보다 태양에서 더 멀리 떨어져 있어 더 적은 에너지를 받는다. 따라서 우리는 영구 정착 임무의 일환으로 화성 표면에 설치해야 할 태양 전지판의 면적을 결정하고자 한다.

PART I : 태양 상수(solar constant) 측정.

태양 상수는 1 천문단위(평균 지구–태양 거리)에 위치하며 대기가 없는 상태에서 태양 광선에 수직으로 노출된 1 m^2 표면이 받는 태양 에너지의 양을 나타낸다. 따라서 지구의 경우 이는 대기 최상부에서의 에너지 플럭스이다. 단위는 제곱미터당 와트($W \cdot m^{-2}$)로 표시한다.



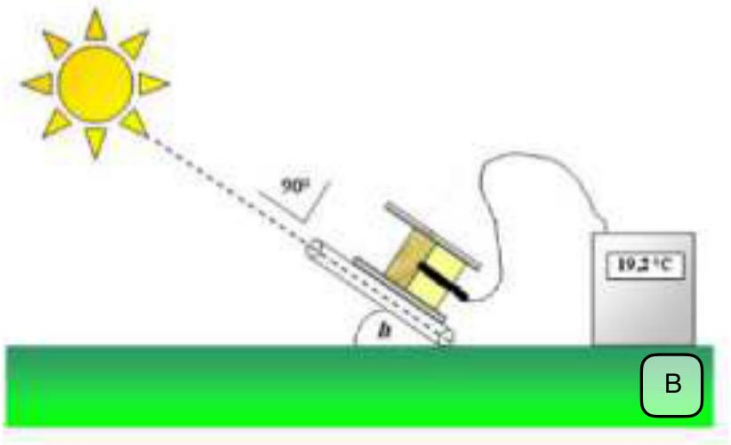


그림 1: 태양 상수의 측정.
(A) 측정 장치. 브래킷·클램프·너트가 달린 받침대 일체(1); 열량계(2) — PVC 관, 단열폼, 태양에 의해 가열되는 황동 또는 강철 질량체(3)의 조합; 실험 중 온도를 측정하는 디지털 온도계(4)로 구성된다. 참고: 경사계·타이머·계산기로는 본인의 IESO 시험판(제공됨)을 사용한다.
(B) 태양 상수 측정의 원리. 물체의 표면을 태양 광선에 수직으로 향하게 하려면, 물체 뒤에 종이를 대고 그림자가 최소가 되도록 물체의 방향을 맞추면 된다.

문제 1: 태양 상수를 평가하기 위해 황동 질량체가 최대 에너지를 받도록 열량계를 노출시킨다. 장치를 어떻게 배치해야 하는가? 올바른 답을 고르시오. (정답 1개)

1-



2-



3-



4-



PART II : 지상 태양 상수 측정.

기술 평가 1
심사위원

지시사항 :
- 제공된 재료(Part I의 것)를 확인하시오.
- 질량체의 표면이 태양 광선에 수직이 되도록 장치의 방향을 맞추시오.
- 태양 상수를 결정하는 데 필요한 모든 변수를 숙지하시오. 변수는 아래 표 1에 제시되어 있다.
- 장치의 축이 수평과 이루는 각도를 측정하시오. 이것이 지평선 위 태양의 고도이다.
- 실험을 시작하시오. 초기 온도를 기록하시오. 10분 후 최종 온도를 기록하시오.
- 장치를 그늘진 곳으로 옮기시오.

실험을 마친 후, 측정값을 표 1에 입력하시오 :

변수	기호와 단위	값
질량	M (kg)	
질량체의 지름	D (m)	
질량체의 비열	C_p (J x K^{-1} x kg^{-1})	
지평선 위 태양의 고도	h (°)	
초기 온도	T_i (°C)	
최종 온도	T_f (°C)	
실험 지속 시간	Δt (s)	

표 1 : 태양 상수를 결정하기 위해 필요한 실험 변수.

지상에서 측정을 수행했으나, 태양 상수는 대기의 영향을 배제한 계산값이다. 따라서 보정 계수를 적용할 필요가 있다.

다시 말해, 임의의 일률 값 Pd는 통과한 대기의 두께와 투명도 특성에 따라 달라지는 보정 계수 cor로 보정된 태양 상수 F에 의존한다. 그 관계식은 다음과 같다 :

$$F = P_d \times cor \qquad \text{(a)}$$

태양 고도 h (°)	20	30	40	50	60	65
맑고 푸른 하늘	2.5	2.0	1.7	1.5	1.4	1.3
중간 정도 하늘	4.2	3.5	2.6	2.1	1.8	1.5
흐린 하늘	5.3	4.3	3.2	2.5	2.2	2.0

표 2 : 통과한 대기층의 두께와 투명도에 따른 보정 계수 cor 결정용 자료.

문제 2: 태양 상수 F는… (정답 1개)
1- 지상에서 측정된 값보다 작고, 날씨 조건에 의존한다.
2- 지상에서 측정된 값보다 작고, 날씨 조건에 의존하지 않는다.
3- 지상에서 측정된 값과 동일하고, 날씨 조건에 의존한다.
4- 지상에서 측정된 값보다 크고, 날씨 조건에 의존하지 않는다.
5- 지상에서 측정된 값보다 크고, 날씨 조건에 의존한다.

우리의 장치가 완벽하다고 가정하지만 실제로는 그렇지 않다. 예를 들어 단열 문제로 자료의 정확도가 제한된다. 실제로 얻는 값은 더 정밀한 장치의 자료값보다 낮을 것이다.

우리의 측정계가 다음과 같이
작동한다고 하자 :

$$E_{solar} = M \times C_p \times \Delta Temperature \qquad (b)$$

일률과 에너지의 관계식을 상기하자 :

$$E_{solar} = P_{solar} \times \Delta t \qquad (c)$$

단위 면적 S당 지상에서 받는 일률 Pd는 받는 일률 Psolar와 다음 관계식으로 연결된다 :

$$P_{solar} = P_d \times S \qquad (d)$$

문제 3: 태양 상수 F는 식 (a), (b), (c), (d)로부터 유도된 관계식으로 계산할 수 있다. 아래에서 올바른 관계식을 고르시오: (정답 1개)

1- $F = \dfrac{S \times \Delta t \times cor}{M \times C_p \times \Delta Temperature}$ S가 증가하면 F가 증가하기 때문이다.

2- $F = \dfrac{S \times \Delta t}{M \times C_p \times \Delta Temperature \times cor}$ S가 증가하면 더 많은 에너지가 포집되기 때문이다.

3- $F = \dfrac{M \times C_p \times \Delta Temperature \times cor}{S \times \Delta t}$ F가 온도 변화에 비례하기 때문이다.

4- $F = \dfrac{M \times C_p \times \Delta Temperature}{S \times \Delta t \times cor}$ F가 보정 계수에 반비례하기 때문이다.

원판의 면적은 $S = \pi \times r^2$
(S: 면적[m^2], R: 질량체 M의 반지름)을 이용하여 계산할 수 있다. 어떤 값의 크기 차수(order of magnitude)는 그 값에 가장 가까운 10의 거듭제곱임을 기억하라. 예를 들어 32는 100보다 10에 가까우므로 크기 차수가 10^1이고, 100에 더 가까운 74는 크기 차수가 10^2이다.

문제 4: 자신의 측정에 따르면, 지상 태양 상수 값의 크기 차수는 :

1- $10^{1}\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}$
2- $10^{2}\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}$
3- $10^{3}\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}$
4- $10^{4}\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}$

기술 평가 2
심사위원

PART III : 태양계 전역에서의 태양 상수 측정.

태양계에서 태양 상수를 측정하는 것은 이 변수가 태양으로부터의 거리에 따라 어떻게 변하는지를 이해하는 일이다.

지시사항 :
- 제공된 장비를 숙지하시오.
- 광도계는 관 내부에서 이동할 수 있으며, 표시 눈금에서 광도계와 광원 사이의 거리를 직접 읽을 수 있다.
- 문제 5에 답하기 위해 여러 거리에서 광도를 측정하시오.

문제 5: 태양 상수는… (정답 1개)
1- 태양까지의 거리에 비례한다.
2- 태양까지의 거리의 제곱에 비례한다.
3- 태양까지의 거리의 제곱근에 반비례한다.
4- 태양까지의 거리에 반비례한다.
5- 태양까지의 거리의 제곱에 반비례한다.



그림 2 : 태양계 8개 행성에 대한, 태양까지의 거리에 따른 태양 상수.

문제 6: 태양 상수는… (정답 1개)
1- 화성에서 약 700 $W \cdot m^{-2}$이며, 이는 금성에서의 태양 상수의 22~28%에 해당한다.
2- 화성에서 지구에 비해 두 배 크다.
3- 가장 먼 네 행성에서는 매우 약하다.
4- 태양으로부터의 거리에 비례한다.
5- 토성이 천왕성보다 반지름이 더 크기 때문에 토성에서 더 크다.



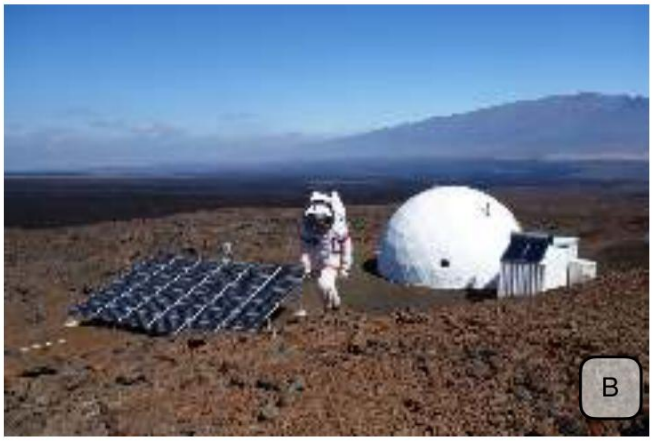


그림 3 : (A) 지구 궤도를 도는 국제우주정거장(ISS)의 사진. 크기는 110×74×30 (가로×세로×높이, 단위 m)이고 총 질량은 400톤이며, 8개의 태양 발전기로 자율 운용된다. 각 발전기는 마스트와 그 양옆에 광전지를 지지하는 두 개의 32 m × 11 m 면으로 구성된다. (B) 하와이 킬라우에아 화산 사면에서 진행된 HI-SEAS 프로그램에서 화성 생활을 모사한 돔. 이 화성 정착 모듈의 자율성(주로 여압과 난방)을 위한 생활 조건과 에너지 요구량은 ISS와 유사하다.

문제 7: 그림 2와 3의 정보를 바탕으로, 화성 자율 유인 탐사에는 몇 개의 발전기가 필요한가?

1- 약 4개
2- 약 8개
3- 약 10개
4- 약 12개
5- 약 14개
6- 약 16개
7- 약 18개

실습 시험 : 라 부이드를 따라서

「라 부이드(La Bouillide)」는 소피아 앙티폴리스(Sophia Antipolis) 고원을 가로지르는 작은 하천이다. 그 흐름은 신비롭다. 실제로 이 하천의 유량은 수백 미터 사이에서 크게 변하여 때때로 사라지기도 한다.

유의 사항 : 이러한 큰 유량 변화를 설명하는 지반의 단서는 무엇인가?

그림 1과 그림 2는 「라 부이드」의 지형과 지질에 관한 일반 정보를 제공한다. 여러분이 작업하게 될 관심 지점들은 지도(A~D)에 표시되어 있다.

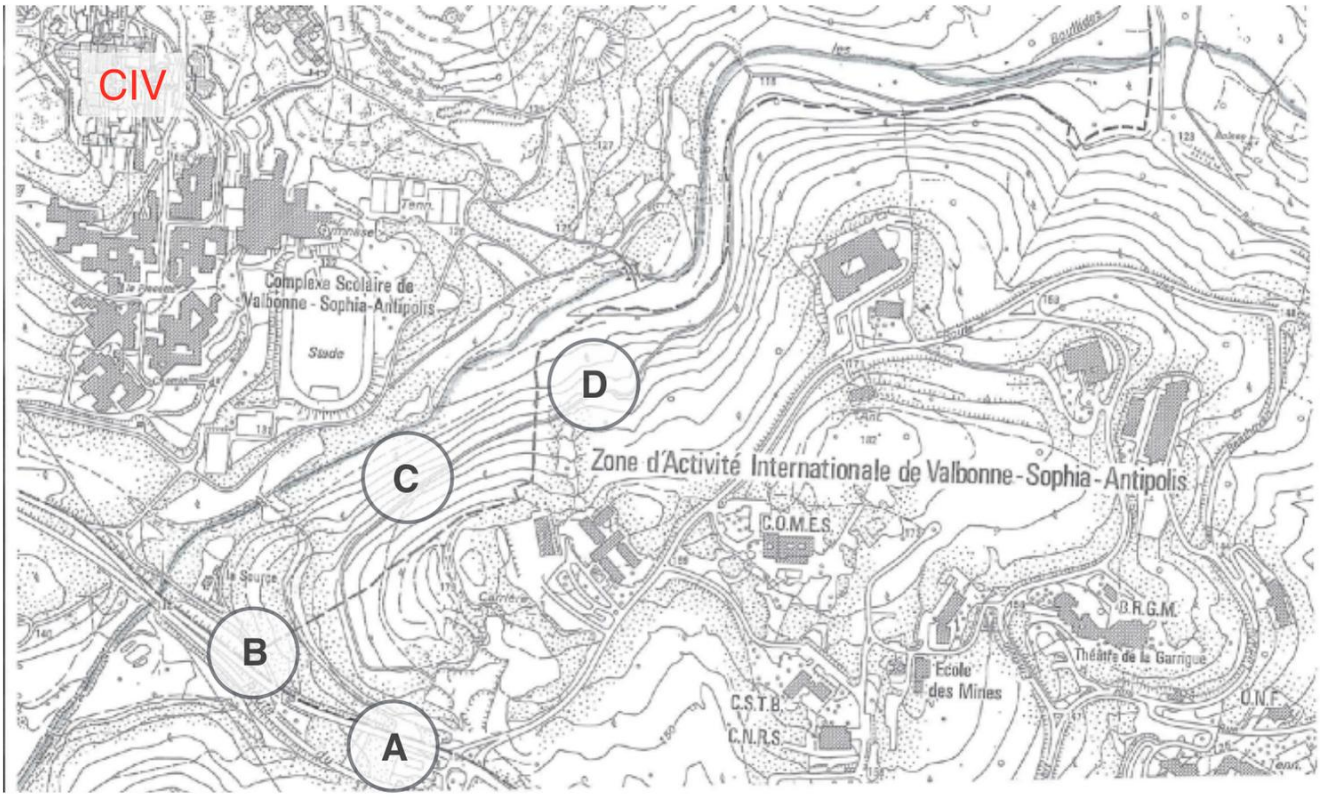


그림 1 : 부이드 계곡의 1/10000 지형도.

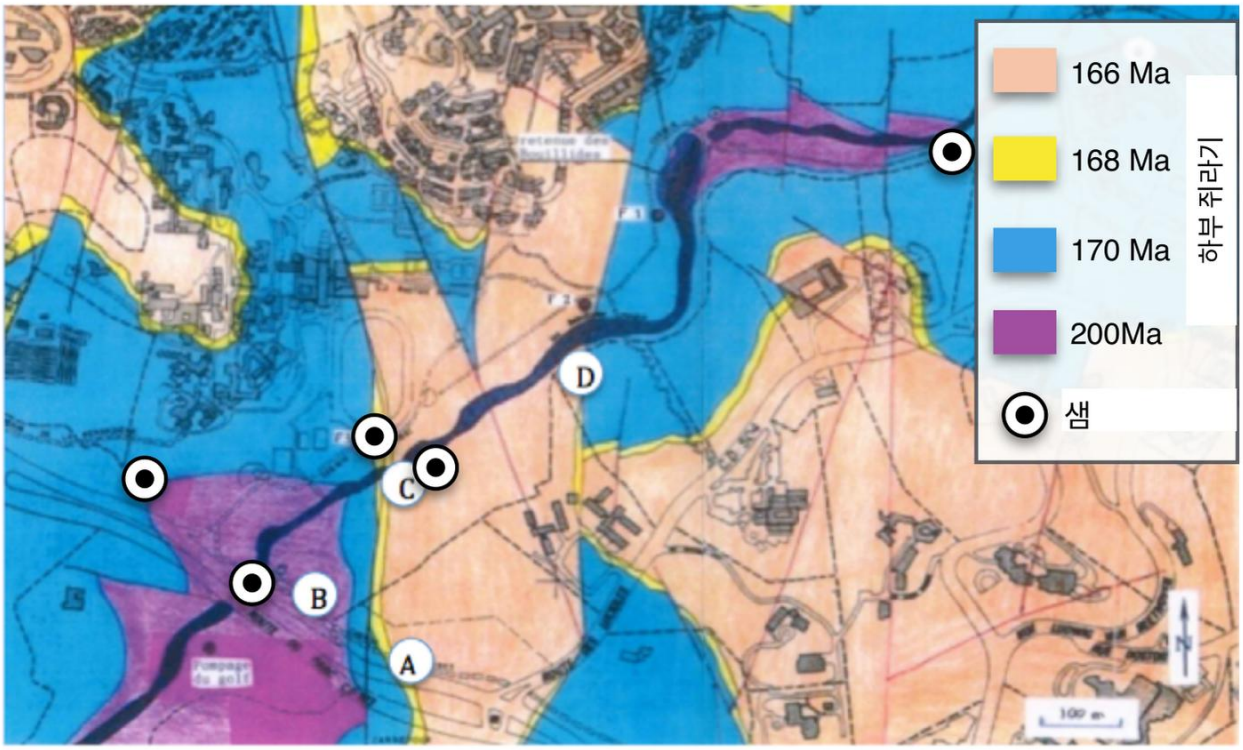


그림 2 : 그림 1에 표시된 지역의 지질도 (Christian Mangan의 논문
「브라그(Brague) 분지와 그 주변부의 지질 및 카르스트 수문지질」, 1982에서 발췌).

지시사항

4개 지점(A~D)에서 수행한 관찰을 통해 문제에 답하게 된다. 문제지는 야외 활동이 끝난 후 교실에서 배부된다.

각 지점에서의 관찰과 측정 내용을 기록할 노트가 제공된다.
각 지점은 심사위원의 감독을 받는다. 그들은 원활한 진행을 돕지만 내용에 관한 질문에는 답하지 않는다.
조사를 수행할 도구 일체가 제공된다.

지점 A

제공 장비 :
나침반과 경사계(clinometer).
염산(HCl), 피펫, 시계접시.
유리 및 강철 시료.

관찰 지시사항 :
- 암석의 분류를 판별하시오 (예: 퇴적암, 변성암, 마그마암)
- 암석을 정확히 식별하시오 (예: 석회암, 화강암, 편암 등…).
- 관찰 내용을 기록하고 명칭을 표기한 노두 스케치를 그리시오.

현장 스케치 :

관찰 기록 :

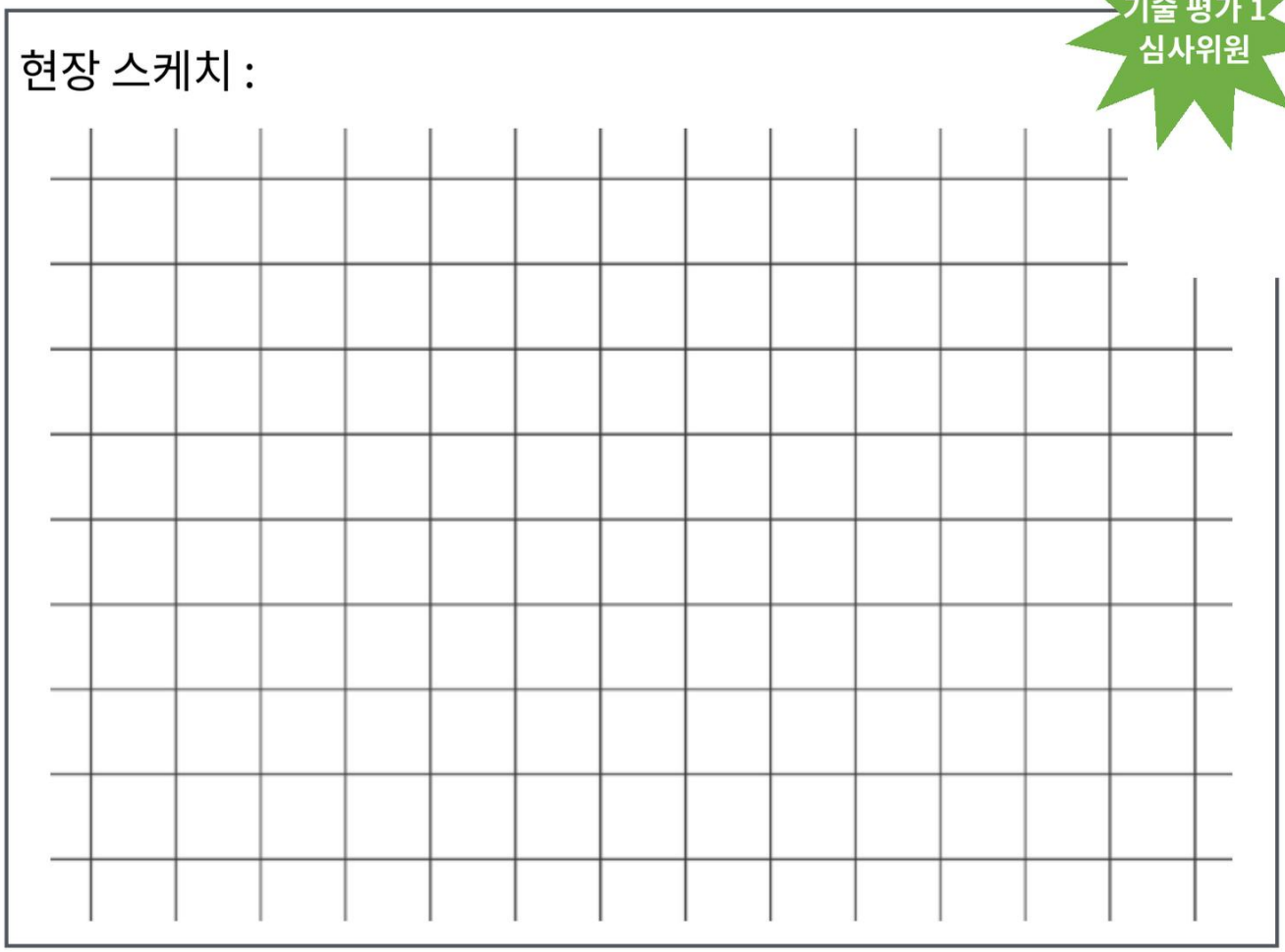
지점 B

제공 장비 :
2축 가동 받침대에 부착된 판.
나침반과 경사계.
염산(HCl), 피펫, 시계접시.
유리 및 강철 시료.

관찰 지시사항 :
- 암석의 분류를 판별하시오 (예: 퇴적암, 변성암, 마그마암)
- 암석을 정확히 식별하시오 (예: 석회암, 화강암, 편암 등…).
- 노두의 기하 형태를 측정하시오 (현장 지시에 따를 것).

기술 평가 1
심사위원

현장 스케치 :



관찰 기록 :

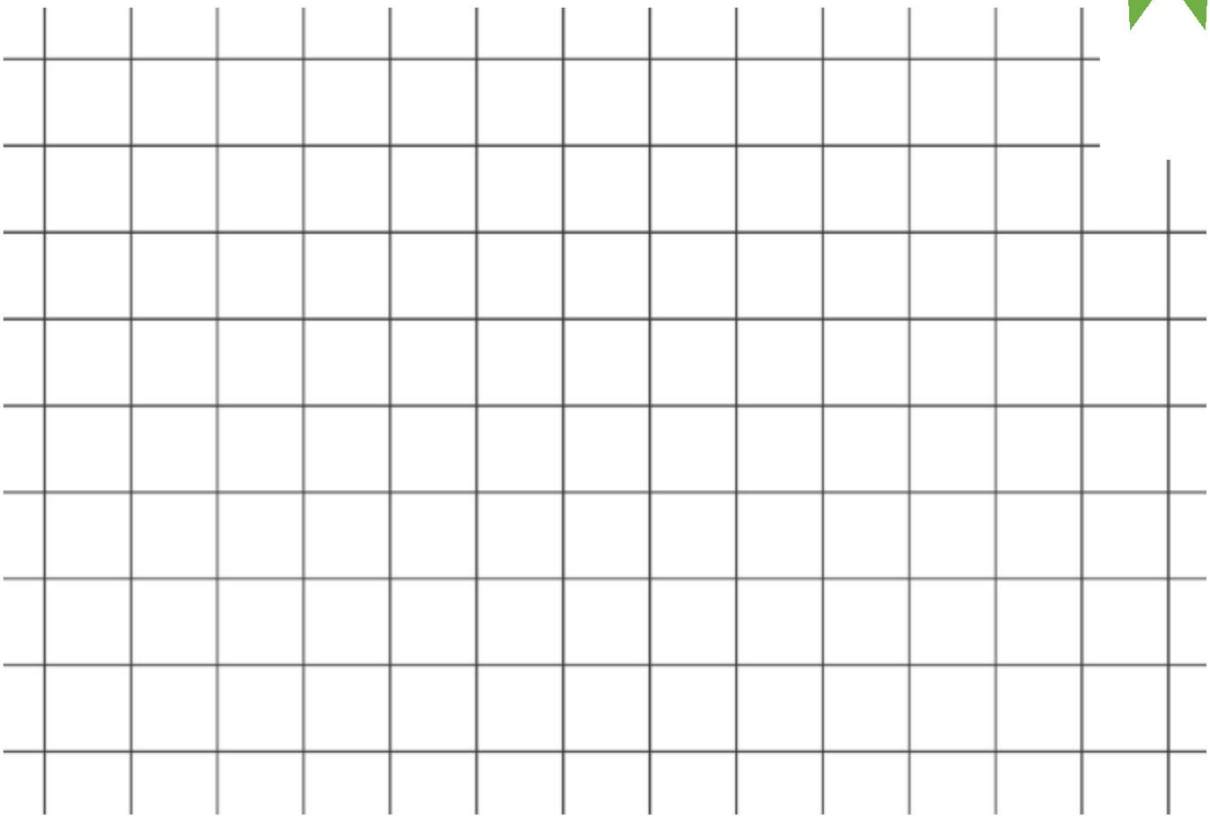
지점 C

제공 장비 :
온도계와 장갑.
경도, pH, 질산염 농도 측정용 시험지.
줄자.

관찰을 위한 지시사항 :
- 하천과 샘의 수온을 측정하시오.
- 하천과 샘 사이의 고도 차이를 추정하시오.
- 상황에 따라 여러 지점에서 유량을 측정하시오.

기술 평가 2
심사위원단

현장 스케치 :



관찰 기록 :

지점 D

필요 정보 :
이 노두의 암석은 하부 바토니안(168Ma)으로 연대 측정되었다. 고대부터 알려져 왔으며 예술 작품을 위해 채굴되었다.

관찰을 위한 지시사항 :
- 암석의 분류를 판별하시오 (예: 퇴적암, 변성암, 마그마암)
- 암석을 정확히 식별하시오 (예: 석회암, 화강암, 편암 등…).
- 관찰 내용을 기록하고 명칭을 표기한 노두 스케치를 그리시오.

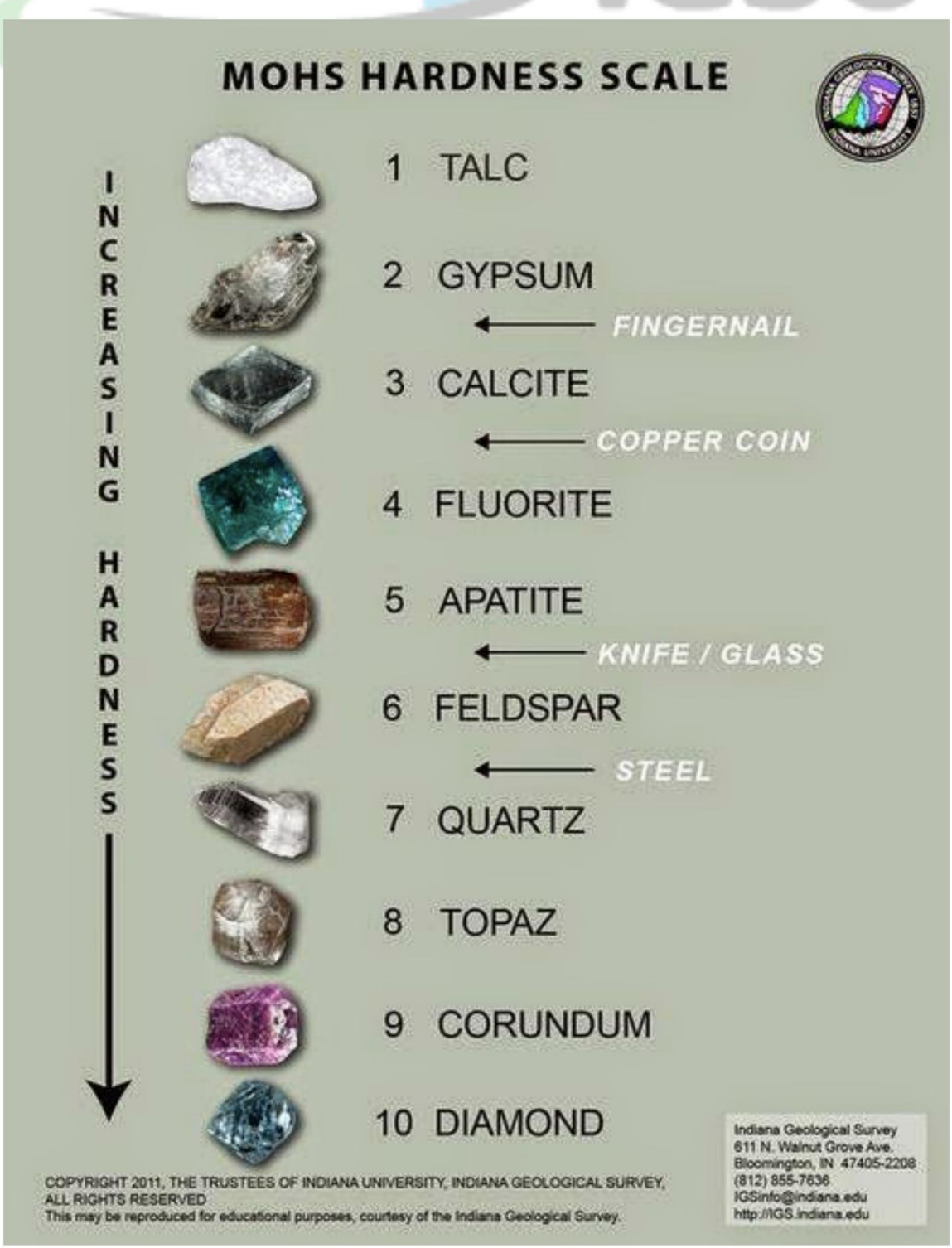
현장 스케치 :

관찰 기록 :



비오(Biot) 도자기 박물관 소장.
18세기 작품.

유용한 보충 자료.


MOHS HARDNESS SCALE
INCREASING HARDNESS
1 TALC
2 GYPSUM
FINGERNAIL
3 CALCITE
COPPER COIN
4 FLUORITE
5 APATITE
KNIFE / GLASS
6 FELDSPAR
STEEL
7 QUARTZ
8 TOPAZ
9 CORUNDUM
10 DIAMOND
COPYRIGHT 2011, THE TRUSTEES OF INDIANA UNIVERSITY, INDIANA GEOLOGICAL SURVEY, ALL RIGHTS RESERVED
This may be reproduced for educational purposes, courtesy of the Indiana Geological Survey.
Indiana Geological Survey
611 N. Walnut Grove Ave.
Bloomington, IN 47405-2208
(812) 855-7636
IGSinfo@indiana.edu
http://IGS.indiana.edu



카르뇰(Cargneule)이란?

구리 황산염을 함유한 물의 작용으로 백운암(dolomite)이나 석회암이 용해되어 생긴, 노란빛에서 녹슨 빛을 띠는 공동상(vacuolar) 외관의 탄산염 퇴적암이다. 이 암석들은 각력암(breccia)이다. 압력하에서 액체가 주입되어 암석을 균열시키며 형성된다. 이 물은 트라이아스기(Trias)의 석고(gypsum)가 용해되어 생기며, 지각 변동(tectonic) 작용으로 인해 그곳에서 빠져나온 것이다.

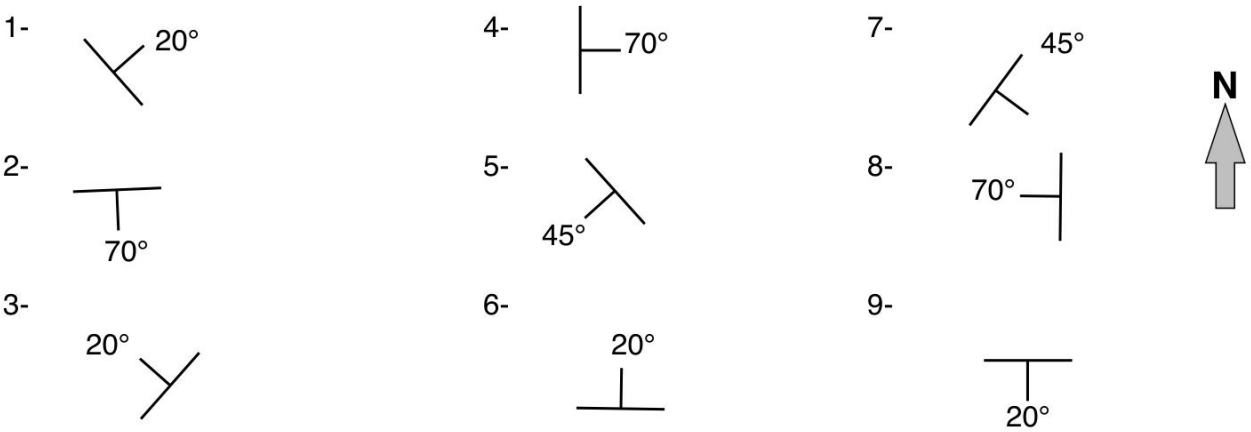
실습 시험 : 라 부이드(La Bouillide) — 문제지

아래는 문제 목록이다. 모든 지시사항을 주의 깊게 읽고, 파일 끝에 있는 답안 작성란을 완성하시오.

문제 1: 노두(outcrop) B는 다음 중 무엇에 해당하는가… (정답 1개)
1- 층리(stratification)를 보이는 연속적인 지층으로 특징지어지는 퇴적암.
2- 균일한 외관을 가지며 흩어진 광물(약 1 mm)을 포함하는 화산암.
3- 단단히 결합된 광물(3–6 mm)로만 이루어진 괴상(massive) 외관의 심성암.
4- 주된 변형이 편리(schistosity)로 드러나는 변성암.

문제 2: 노두 B를 이루는 암석은… (정답 여러 개 가능)
1- 연속적인 석회암(limestone) 지층이다.
2- 석회암과 점토(clay) 지층이 번갈아 나타난다.
3- 플린트(flint)라 불리는 비결정질 규질(silica) 단괴를 보인다.
4- 마그마성 암석(magmatic rock)이다.
5- 수평 방향의 현무암(basalt) 관입에 의해 절단된다.
6- 편암(schist)이다.

문제 3: 아래의 구조 기호 중, 노두 B에서 측정한 값과 가장 잘 일치하는 것을 고르시오: (정답 1개)



문제 4: 노두 A에 제시된 암석은… (정답 여러 개 가능)

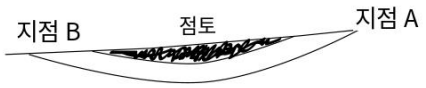
1- 노두 B의 암석과 동일하다.
2- 노두 B의 암석과 다르다.
3- 노두 B와 달리 플린트 단괴를 보인다.
4- 화성암(igneous) 관입을 포함한다.

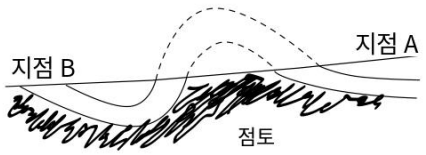
문제 5: 지점 A는 취성 변형대(brittle deformation zone)로 확인되었다. 관찰 결과와 일치하는 설명을 고르시오. (정답 1개)

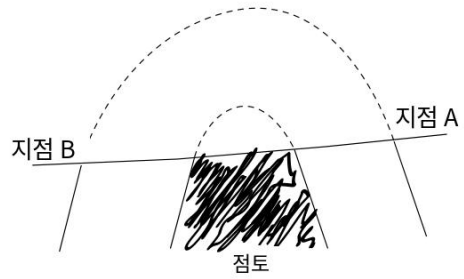
1- 지점 A와 지점 B 사이 지층의 경사(dip) 차이가 10도 이상이다.
2- 비슷한 고도에서 여러 차례의 암상(lithology) 변화가 관찰된다.
3- 지점 B에서 카르뇰(cargneule)의 존재가 관찰된다.
4- 해당 지점의 암석은 파쇄되어 있으며, 각력암(breccia)이다.
5- 암석에 취성 변형의 다른 지시 요소가 나타난다.
6- 단열면(fracture plane)이 보이며, 암반 블록의 상대적 이동을 나타내는 지시로 볼 수 있다.

카르뇰(cargneule)이란? 노트의 마지막 페이지를 참조하시오.

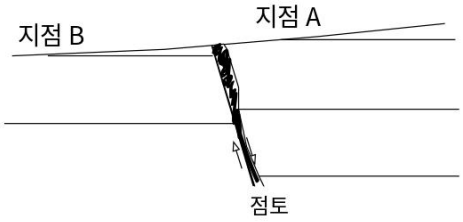
문제 6: 아래 그림 중 자신의 관찰 결과에 가장 잘 부합하는 것을 고르시오. (정답 1개)

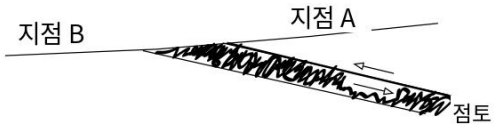
1-


2-


3-


4-


5-


6-


문제 7: 지표면에서 점토(clay)가 확인된다. 야외 관찰로부터 추정한 점토의 초기 위치는 다음을 나타낸다… (정답 여러 개 가능)

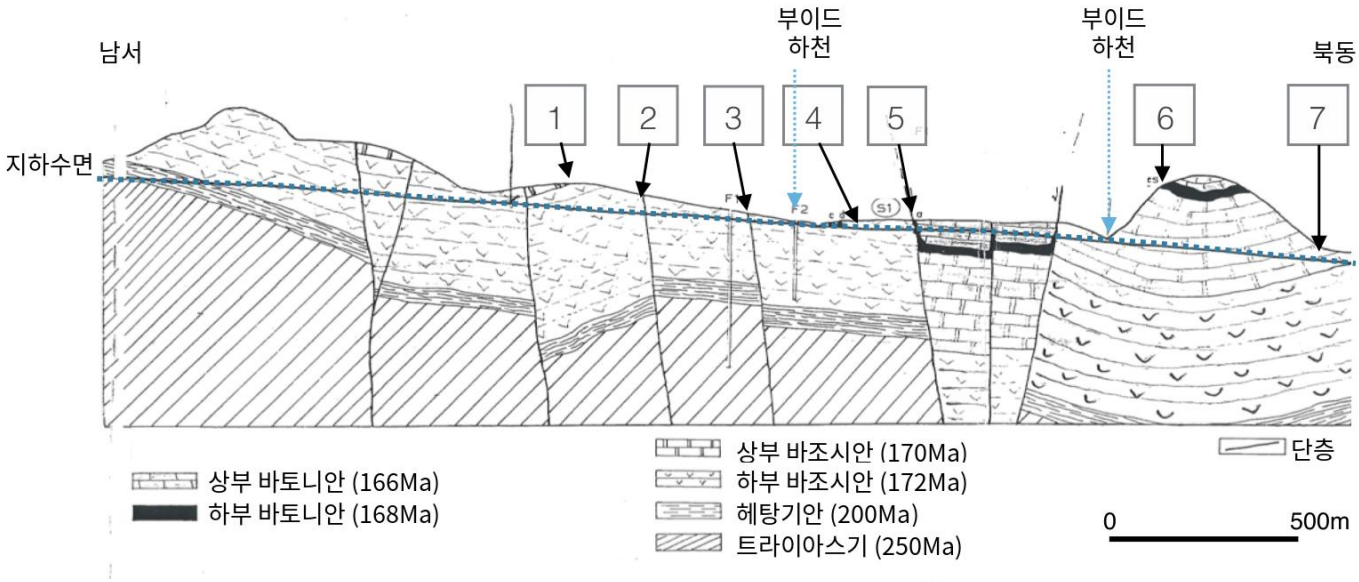
1- 바토니안(Bathonian, 167 Ma) 암석은 하천을 형성하게 하는 비피압 대수층(unconfined aquifer)이다.
2- 바조시안(Bajocian, 171 Ma) 암석은 하천을 형성하게 하는 비피압 대수층이다.
3- 지층의 큰 습곡 작용이 점토에 의해 불투수성으로 밀폐된 저류층(reservoir)을 만든다.
4- 단층을 따라 놓인 하부 점토는 지하에 점토층이 존재함을 나타낸다.

문제 8: 지점 C에서 측정한 값으로 표를 채우시오. (답안지 참조)

문제 9: 지점 C에서 지도는 샘(spring)의 존재를 나타낸다. 시나리오에 맞는 올바른 진술을 고르시오:

1- 샘은 하천과 같은 높이에 있다. 물은 하천 바닥에서 섞인다.
2- 샘은 하천보다 높은 곳에 있다. 샘이 하천으로 흘러든다.
3- 샘은 하천보다 낮은 곳에 있다. 샘으로 작용하지 않으며, 하천 물의 일부가 하상에서 빠져나간다.

문제 10: 답안지에 아래 단면도를 이용하여 측정과 관찰을 수행한 4개 지점의 위치를 표시하시오. (번호는 여러 번, 한 번, 또는 전혀 사용하지 않을 수 있다.)



문제 11: 지점에서 얻은 자료와 위의 단면도를 이용하여, 공원을 가로지르는 하천 수위가 그 경로를 따라 달라지는 차이를 설명하는 가장 적절한 가설을 고르시오.

1- 단층의 존재로 인해 부이드 하천을 따라 물이 무작위로 빠져나가거나 다시 나타날 수 있다.
2- 해당 지역의 습곡 작용이 대수층의 바닥을 들어 올려 물이 지표로 솟아난다.
3- 함몰 분지(collapse basin)가 부이드 공원 높이에 얕은 점토층을 가두고 있다. 물이 이 층에 도달하면 지하에서 솟아 나온다.