HIGH TOP

2권

지구 과학

정답과 해설

Ⅱ 지구의 역사와 한반도의 암석

1 지구의 역사

01 지층의 생성 순서와 나이

중요 개념 체크

11쪽 **1** 동일과정 **2** (1) ○ (2) ×

15쪽 **1** 절대연령 **2** (1) × (2) ○

개념 기본 문제 18쪽~19쪽

01 ㉠ 수평퇴적, ㉡ 동물군천이 **02** (1) A → C → B (2) 관입의 법칙 **03** (1) A 구간 (2) 융기: 2번, 침강: 1번 **04** (1) 응회암(층) (2) A, B (3) (다) 지역의 셰일층 **05** ㄴ, ㄷ **06** ㉠ 상대연령, ㉡ 절대연령, ㉢ 방사성 동위원소 **07** (1) (나) (2) (다) **08** (1) ㉠: 모원소, ㉡: 자원소, ㉢: 모원소 (2) 반감기 **09** (1) ○ (2) × (3) × **10** (1) ㄱ, ㄴ, ㄷ (2) ㄹ

01 물속에서 퇴적물이 쌓일 때 수평면과 나란하게 쌓이는 법칙을 수평퇴적(㉠)의 법칙이라 하고, 오래된 지층에서 새로운 지층으로 갈수록 동물 화석이 더욱 복잡한 형태로 변하는 법칙을 동물군천이(㉡)의 법칙이라고 한다.

02 (1) 지층 누중의 법칙으로 A 지층이 퇴적된 후 C 지층이 퇴적되고, 이후 관입의 법칙으로 B가 관입하였다. 따라서 지층의 생성 순서는 A → C → B이다.
(2) B 주위의 A와 C 지층에 변성 작용을 받은 부분이 있으므로 B가 관입하였다. 따라서 B와 C의 생성 순서를 판단할 때 활용한 지사학의 법칙은 관입의 법칙이다.

03 (1) 기저 역암은 부정합면 위의 지층에서 나타나므로 기저 역암이 있는 A 구간에 부정합이 존재한다.
(2) 부정합면은 융기 → 침식 → 침강 → 퇴적 작용으로 생성되고, 현재 이 지역은 융기하여 해수면 위로 드러나 있으므로 이 지역에서는 현재까지 최소 융기 2번과 침강 1번이 일어났다.

04 (1) 지층을 대비할 때 활용되는 건층(열쇠층)에는 비교적 짧은 시간에 넓은 지역에서 동시에 퇴적될 수 있는 응회암층, 석회암층, 석탄층 등이 있다. 따라서 (가)~(다) 지역에 모두 퇴적되어 있는 응회암층을 건층(열쇠층)으로 활용할 수 있다.
(2) 지층 A와 B는 건층(응회암층) 아래에 있고, 지층 C는 건층(응회암층) 위에 있다. 따라서 A와 B는 같은 시기에 퇴적되었다.
(3) 건층(응회암층)을 기준으로 지층을 대비하면 가장 나중에 퇴적되어 가장 젊은 지층은 (다) 지역의 셰일층이다.

05 ㄴ. (가)와 (다)는 삼엽충과 방추충 화석이 있는 지층 사이에 사암층이 있지만, (나)의 지층에는 사암층이 없으므로 (나) 지역에는 오랫동안 퇴적이 중단된 시기인 부정합이 있다.
ㄷ. 지층에서 산출되는 화석의 종류로 지층 대비를 할 수 있는 지사학의 법칙은 동물군천이의 법칙이다.
바로 알기 ㄱ. 지층과 화석을 이용하여 대비하면 지층 A에서는 방추충 화석이 산출될 수 있다.

06 지층이나 암석의 생성 시기와 지질학적 사건의 발생 순서를 상대적인 선후 관계로 나타낸 연령을 상대연령(㉠)이라고 한다. 한편, 암석의 생성 시기나 지질학적 발생 시기를 구체적인 수치로 나타낸 연령을 절대연령(㉡)이라고 하고, 이는 광물에 포함된 방사성 동위원소(㉢)를 분석하여 계산할 수 있다.

07 (1) 양성자수가 6이고, 중성자수가 8인 (나)는 양성자수와 중성자수가 다르므로 원자핵이 불안정하다.
(2) $^{14}_{6}C$가 방사성 붕괴를 하면 중성자가 양성자로 변하여 $^{14}_{7}N$가 된다.

08 (1) 시간이 지난 후 새롭게 생성된 납인 Pb(㉡)은 자원소이고, 원래부터 있었던 우라늄인 U(㉠, ㉢)은 모원소이다.
(2) 모원소의 양이 처음 양의 절반으로 줄어드는 데 걸리는 시간을 반감기라고 한다.

09 (1) 방사성 동위원소의 양이 50 %로 되는 데 걸리는 시간을 반감기라고 하므로, 방사성 동위원소 X의 반감기는 7억 년이다.
(2) 모원소 : 자원소 = 1 : 3이라면, 반감기는 2번 지났다.
(3) X의 붕괴 속도는 온도나 압력 등 외부 환경의 영향을 받지 않으므로 반감기는 항상 일정하다.

10 (1) 우라늄(^{238}U), 칼륨(^{40}K), 루비듐(^{87}Rb)은 반감기가 길어 지구의 탄생 시기나 오래된 암석의 절대연령을 측정하는 데 활용된다.
(2) 탄소(^{14}C)는 반감기가 약 5730년으로 다른 방사성 동위원소보다 짧다.

개념 적용 문제

20쪽~23쪽

01 ③ 02 ① 03 ③ 04 ⑤ 05 ② 06 ④
07 ④ 08 ③

01 ㄱ. 지층은 역전되지 않았고, 지층 B는 지층 A보다 아래에 있으므로 지층 누중의 법칙에 따라 B는 A보다 먼저 퇴적되었다.

ㄴ. B의 기저 역암을 통해 지층 B와 C는 부정합 관계이고, 두 지층 사이에는 긴 시간 공백이 있음을 알 수 있다.

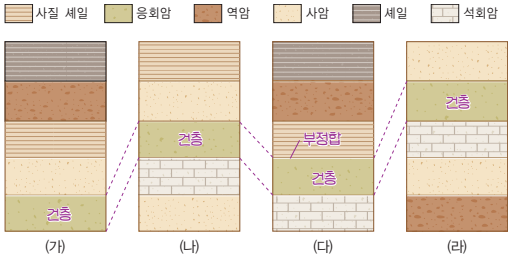
바로알기 ㄷ. 관입의 법칙에 따라 관입한 암석이 관입 당한 암석보다 나중에 생성되었으므로 D는 관입한 암석이고, C는 관입 당한 암석이다. 따라서 C가 D보다 먼저 생성되었다.

02 ㄴ. 이 지역은 부정합면 P−P′이 1개가 있고, 지표면이 대기에 노출되어 있으므로 최소 2번의 융기가 있었다.

바로알기 ㄱ. 가장 최근에 생성된 암석은 A까지 관입한 Q이다.

ㄷ. 지층 A~C는 수평퇴적의 법칙에 따라 수평면과 나란하게 퇴적되었을 것이고, 퇴적 이후 지각 변동으로 현재와 같이 지층이 경사졌을 것이다.

03 ㄱ. 지역 (가)~(라)의 지층을 대비하면 (다)의 응회암층 위에 사암층이 없으므로 부정합이 있음을 알 수 있다.



ㄷ. (라)의 역암은 건층(응회암)보다 아래에 있고, (가)의 역암은 건층(응회암)보다 위에 있다. 따라서 (라)의 역암이 (가)의 역암보다 먼저 퇴적되었다.

바로알기 ㄴ. 건층(응회암)을 기준으로 지층을 대비하면, 가장 오래된 암석은 (라)의 역암이다.

04 ㄱ. 화석 Q를 이용하여 지층을 대비하면 (가)의 A 지층과 (나)의 c 지층은 같은 시기에 퇴적된 지층이므로 가장 새로운 지층은 (나)의 a이다.

ㄴ. (가)의 C 지층과 (나)의 d 지층에는 화석 R가 공통으로 산출되므로 같은 시기에 퇴적되었다.

ㄷ. 지층은 역전되지 않았고, 가장 아래 지층에 퇴적된 화석부터 먼저 출현하였으므로 생물은 R → Q → P의 순서로 출현하였다.

05 ㄷ. 모원소 : 자원소=1 : 3이 된다는 것은 반감기가 2번 지났다는 것을 의미한다. 따라서 반감기가 2번 지나기 위해서는 방사성 동위원소 X는 100억 년, Y는 300억 년이 걸리므로 Y가 X의 3배이다.

바로알기 ㄱ. 반감기까지 걸리는 시간은 X가 Y보다 빠르므로 방사성 동위원소의 붕괴 속도는 X가 Y보다 빠르다.

ㄴ. 150억 년 후 X는 처음 양의 12.5 %가 남아 있고, Y는 처음 양의 50 %가 남아 있다. 암석이 처음 생길 때 X와 Y의 양은 같으므로 150억 년이 지나면 Y의 양은 X의 4배이다.

06 ㄴ. 화성암 P와 Q에는 각각 방사성 동위원소가 처음 양의 25 %만 남아 있으므로, 방사성 동위원소 X를 포함하는 암석의 절대연령은 1억 년이고, 방사성 동위원소 Y를 포함하는 암석의 절대연령은 4억 년이다. Q는 P보다 먼저 생성되었으므로 Q에는 Y가 포함되어 있다.

ㄷ. 이 지역의 지층 생성 순서는 A → Q 관입 → B → C → P 관입이므로, 지층 B와 C의 절대연령은 1억 년과 4억 년 사이이다.

바로알기 ㄱ. 절대연령은 Q가 4억 년이고, P가 1억 년이므로 Q는 P의 4배이다.

07 ㄱ. 응회암 A는 방사성 동위원소 X의 양이 25 %가 남아 있으므로 절대연령은 4억 년이고, 응회암 B는 X의 양이 50 %가 남아 있으므로 절대연령은 2억 년이다.

ㄷ. 절대연령이 4억 년인 A가 2억 년인 B보다 위에 있으므로 이 지층은 역전되었다. 따라서 지층 b에서 발견되는 동물 화석은 지층 a보다 더욱 복잡하고 진화된 형태일 것이다.

바로알기 ㄴ. 지층 a에서는 4억 년 전~2억 년 전 사이에 번성한 생물 화석이 발견될 수 있다.

08 ㄱ. 이 지역은 부정합면이 2개가 있고, 지표면이 대기에 노출되어 있으므로 현재까지 최소 3번의 융기가 있었다.

ㄴ. 화성암 D는 1억 년 전에 생성되었으므로 방사성 동위원소 X의 양은 50 %이고, $\left(\frac{\text{X의 양}}{\text{X의 자원소 양}}\right)$은 1이다.

화성암 F는 화성암 D보다 나중에 생성되었으므로 절대연령은 1억 년보다 적을 것이고, X의 자원소 양보다 X의 양이 더 많을 것이다. 따라서 F에 포함된 $\left(\frac{\text{X의 양}}{\text{X의 자원소 양}}\right)$은 1보다 크다.

바로알기 ㄷ. 지층과 암석의 생성 순서는 A → B → C → E → D 관입 → 부정합 → G → F 관입 → 부정합 → H이다. 화성암 D는 지층과 나란하게 관입하였고, 주변에 변성된 부분이 있으므로 지층 E보다 나중에 생성된 것이다.

02 퇴적 구조와 퇴적 환경

중요 개념 체크

25쪽 **1** 속성 **2** (1) ○ (2) ×

29쪽 **1** 사층리, 연흔 **2** (1) × (2) ○

개념 기본 문제

32쪽

01 ㉠ 다짐 작용, ㉡ 교결 작용 **02** (1) 쇄설성 퇴적암: (가), (다), 화학적 퇴적암: (나), (라) (2) (가)−㉣, (나)−㉢, (다)−㉡, (라)−㉠ **03** (1) ○ (2) × (3) × **04** (1) (가), (다) (2) (가) (3) (나) **05** ㄱ, ㄷ

01 퇴적물에서 퇴적암이 되기까지의 과정을 속성 작용이라고 하고, 다짐 작용(㉠)과 교결 작용(㉡)으로 구분한다.

02 (1) 역암과 사암은 쇄설성 퇴적암이고, 석회암과 암염은 화학적 퇴적암이다.

(2) 각 퇴적암의 주요 구성 물질은 역암은 자갈(㉣), 석회암은 탄산 칼슘(㉢), 사암은 모래(㉡), 암염은 염화 나트륨(㉠)이다.

03 (1) (가)는 층리면이 비스듬히 기울어진 사층리이고, (나)는 위로 갈수록 입자의 크기가 작아지는 점이 층리이며, (다)는 물결 모양의 연흔이다.

(2) 점이 층리는 수심이 깊은 바다나 호수에서 퇴적물이 쌓여 형성될 수 있으나, 연흔은 수심이 얕은 곳에서 형성된다.

(3) 사층리, 점이 층리, 연흔의 모양이 모두 정방향인 것으로 보아 (가)~(다)는 모두 지층이 역전되지 않았다.

04 (1) (가)는 건열, (나)는 점이 층리, (다)는 연흔이다. 건열과 연흔은 수심이 얕은 곳에서, 점이 층리는 수심이 깊은 곳에서 형성된다.

(2) 점토질 퇴적물의 표면이 건조한 대기 환경에 노출되어 갈라지면 건열이 형성된다.

(3) 대륙붕 끝부분에 불안정하게 있던 퇴적물이 갑자기 흘러내리면 크고 무거운 입자들이 먼저 가라앉고 작고 가벼운 입자들이 천천히 가라앉는데, 이때 점이 층리가 형성된다.

05 ㄱ. (가)는 육상 환경, (나)는 연안 환경이다.

ㄷ. (가)는 산지에서 평지로 경사가 급격히 변하여 유속이 느려지는 곳이고, (나)는 강물이 바다로 흘러 유속이 급격히 느려지는 곳이다.

바로알기 ㄴ. (가)는 유속이 급격히 느려져 퇴적되므로 퇴적물의 입자 크기가 매우 다양하다.

개념 적용 문제

33쪽~35쪽

01 ③ **02** ⑤ **03** ① **04** ② **05** ④ **06** ③

01 ㄱ. 점토, 모래, 자갈은 기존 암석이 풍화·침식 작용을 받아 만들어진 퇴적물로, 모두 쇄설성 퇴적물이다.

ㄴ. (나)의 A는 점토가 쌓여 굳어진 암석이므로 이암이다. 모래가 쌓여 굳어진 B는 사암이고, 자갈과 모래가 쌓여 굳어진 C는 역암이다.

바로알기 ㄷ. B는 모래, C는 자갈과 모래로 이루어져 있다. 따라서 입자 크기의 분포는 B가 C보다 더 균질하다.

02 ㄱ. 석탄은 대부분 유기물로 구성되어 있으며, 식물 잔해가 늪과 같이 산소가 부족한 환경에서 매몰될 때 생성되므로 석탄에서는 식물 화석이 산출될 수 있다.

ㄴ. 암염은 바닷물 속의 염화 나트륨(NaCl)이 침전하여 생성된 화학적 퇴적암이다.

ㄷ. 석회암은 화학적 또는 유기적 퇴적암이다. 물속의 탄산 칼슘($CaCO_3$)이 침전되어 생성된 석회암은 화학적 퇴적암으로 분류하고, 유공충과 산호 등 생명체의 석회질 부분이 퇴적되어 생성된 석회암은 유기적 퇴적암으로 분류한다.

03 ㄱ. (가)는 사층리로, 사층리의 기울어진 방향으로부터 퇴적 당시의 바람이 불거나 물이 흐른 방향을 알 수 있다.

바로알기 ㄴ. (나)는 건열로, 입자가 매우 작은 점토질 퇴적물의 표면이 건조한 대기에 노출되어 갈라진 구조이다.

ㄷ. (가)는 지층의 단면, (나)는 층리면의 모습이다.

04 ㄷ. 경사가 급한 산지에서 평지에 이르면 유속이 급격히 느려지므로 물의 평균 유속은 평지에 가까운 B 지점 부근이 산지에 가까운 A 지점 부근보다 더 느릴 것이다.

바로알기 ㄱ. 경사가 급한 산지에서 완만한 평지로 경사가 급격히 변해 유속이 감소하여 퇴적물이 쌓인 ㉠은 선상지이다. 삼각주는 연안 환경으로, 하천에서 상대적으로 잔잔한 바다로 흘러 들어갈 때 주로 생성된다.

ㄴ. A 지점에는 산지에서 다양한 크기의 퇴적물이 운반되므로 생성된 퇴적암의 입자 크기는 매우 다양할 것이다.

05 ㄴ. (가)에서 퇴적물 입자의 크기가 큰 왼쪽은 모래층이고, 입자의 크기가 작은 오른쪽은 진흙층이다. 진흙층은 퇴적물 입자의 크기가 모래층보다 작고 고르므로 공극의 부피가 더 크다. 따라서 지표면에서 $\frac{\text{공극의 총 부피}}{\text{퇴적물의 총 부피}}$는 진흙층이 모래층보다 더 크다.

ㄷ. 지표면에서 $\frac{\text{공극의 총 부피}}{\text{퇴적물의 총 부피}}$가 더 큰 A는 진흙층이고, 작은 B는 모래층이다. 퇴적물은 깊이가 깊어질수록 다짐 작용을 받아 공극의 부피가 줄어들므로 진흙층에서 공극의 감소율이 더 크다. 따라서 깊이 0 km~5 km 구간에서 깊이에 따른 $\frac{\text{공극의 총 부피}}{\text{퇴적물의 총 부피}}$의 감소율은 진흙층이 모래층보다 크다.

바로알기 ㄱ. 지표면에서 $\frac{\text{공극의 총 부피}}{\text{퇴적물의 총 부피}}$의 값을 통해 공극의 부피가 큰 A는 진흙층이고, 작은 B는 모래층이다.

06 ㄱ. (가)는 호상점토층으로, 육상 환경의 호수에서 형성된다. 어두운색 점토층은 유량이 적고 유기물의 유입이 많은 겨울철에 퇴적되고, 밝은색 실트층은 빙하가 녹아 유량이 많은 여름철에 퇴적된다.

ㄴ. (나)는 점이 층리로, 무거운 퇴적물 입자가 가벼운 퇴적물 입자보다 먼저 가라앉아 형성되므로 퇴적물 입자의 크기에 따른 침강 속도 차이로 형성된다.

바로알기 ㄷ. (나)는 해양 환경에서 잘 형성되고, 대륙붕 끝이나 대륙 사면에 쌓여 있던 퇴적물이 수심이 깊고 평탄한 대륙대로 한꺼번에 흘러내려 쌓일 때 형성된다.

03 지질시대의 환경과 생물

중요 개념 체크

37쪽 **1** 시상 화석 **2** (1) ○ (2) ×

39쪽 **1** 대, 기 **2** (1) ○ (2) ×

43쪽 **1** 판게아 **2** (1) × (2) ○

개념 기본 문제

46쪽~47쪽

01 (1) ○ (2) × (3) ○ **02** ㉠ 시상 화석, ㉡ 표준 화석 **03** ㄱ, ㄴ, ㄷ **04** ㉠ 대, ㉡ 선캄브리아 시대, ㉢ 원생누대 **05** (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ **06** ㄱ, ㄴ, ㄷ **07** ㉠ 로디니아, ㉡ 판게아 **08** ㄱ, ㄷ **09** ㉠ 오르도비스기, ㉡ 데본기 **10** ㄷ **11** (1) 고생대 말기 (2) (가) (3) 암모나이트

01 (1) 생물의 개체 수가 많아서 많이 매몰되어야 한다.

(2) 생물의 유해가 미생물에 의해 분해되기 전에 땅속에 빨리 매몰되어야 한다.

(3) 생물체에 뼈, 줄기, 껍데기 등의 단단한 골격이 있어야 한다.

02 과거 생물이 살던 시기의 환경을 알려주는 화석을 시상 화석(㉠), 지층이 퇴적된 시기를 판단하는 근거로 활용되는 화석을 표준 화석(㉡)이라고 한다.

03 ㄱ. (가)는 신생대의 표준 화석인 화폐석이다.

ㄴ. (나)는 고생대의 표준 화석인 삼엽충이다.

ㄷ. (가)와 (나)는 모두 표준 화석으로, 화석에 의한 지층 대비에 이용할 수 있다.

04 지질시대는 크게 누대, 대(㉠), 기로 구분하고, 명왕누대, 시생누대, 원생누대를 합쳐 선캄브리아 시대(㉡)라고 한다. 명왕누대는 약 12.4 %, 시생누대는 약 32.8 %, 원생누대는 약 42.9 %, 현생누대는 약 11.9 %로, 상대적으로 시간이 가장 긴 누대는 원생누대(㉢)이다.

05 (1) ㉠은 고생대, ㉡은 중생대, ㉢은 신생대로, ㉠, ㉡, ㉢은 현생누대에 포함된다.

(2) 빙하기가 없었던 시기는 중생대(㉡)이다.

(3) 신생대(㉢)에는 빙하기와 간빙기가 여러 차례 반복되었다.

(4) 매머드는 신생대(㉢)의 대표적인 표준 화석이다.

06 ㄱ. 그림은 빙하 코어로, 빙하에 구멍을 뚫어 채취한 원통 모양의 얼음 기둥이다.
ㄴ. 물 분자의 산소 동위원소비로 당시의 기온 변화를, 코어에 포함된 공기 방울로 과거 대기 조성을 알 수 있다.
ㄷ. 빙하 코어의 줄무늬를 분석하면 연도별 층을 구분할 수 있다.

07 선캄브리아 시대 후기인 약 12억 년 전에는 초대륙 로디니아(㉠)가 형성되었고, 고생대 페름기 말에는 초대륙 판게아(㉡)가 형성되었다.

08 ㄱ. (가)는 스트로마톨라이트 화석으로, 남세균은 대기 중 산소가 없던 시기에 출현하여 광합성으로 바다와 대기 중에 산소를 생성하여 퇴적물과 함께 층상 구조를 이루는 스트로마톨라이트를 형성하였다.
ㄷ. (가)는 약 35억 년 전 남세균의 출현으로 생성되고, (나)는 약 6억 년 전에 출현한 다세포 생물이므로 (가)가 (나)보다 먼저 출현하였다.
바로알기 ㄴ. (나)는 에디아카라 생물군 화석으로, 원생누대 말에 출현하고 멸종하여 선캄브리아 시대의 표준 화석으로 활용할 수 있다.

09 고생대 캄브리아기에는 무척추동물이 번성하였고, 오르도비스기(㉠)에는 최초의 척추동물과 육상식물이 출현하였으며, 데본기(㉡)에는 양서류가 출현하였다.

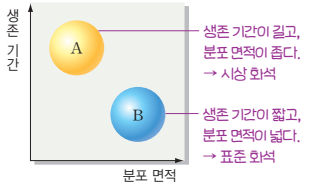
10 ㄷ. A는 신생대에 형성된 지층이고, B는 고생대에 형성된 지층이므로 A는 B보다 나중에 형성된 것이다.
바로알기 ㄱ. 속씨식물과 매머드는 신생대에 번성하였으므로 지층 A는 신생대에 형성된 지층이다.
ㄴ. 삼엽충과 완족류는 고생대에 출현하였고, 삼엽충은 고생대 말에 멸종하였으므로 지층 B는 고생대에 형성된 지층이다. 암모나이트는 고생대에 출현하였지만, 중생대에 본격적으로 번성하였으므로 B에서 흔하게 발견되기 어려울 것이다.

11 (1) (가)는 초대륙인 판게아가 형성된 시기로, 고생대 말기의 수륙 분포를 나타낸다.
(2) 해양 생물의 약 90 %가 멸종하는 대멸종이 일어난 시기는 고생대 페름기 말로, 판게아가 형성된 (가) 시기 무렵이다.
(3) (나)는 중생대 말기의 수륙 분포로, 이 시기의 바다에서 번성했다가 멸종한 생물에는 대표적으로 암모나이트가 있다.

개념 적용 문제 48쪽~53쪽

01 ④	02 ③	03 ②	04 ②	05 ⑤	06 ④
07 ②	08 ①	09 ⑤	10 ④	11 ②	12 ②

01 ㄴ. (나)는 산호 화석으로, 대표적인 시상 화석이다. 따라서 생존 기간이 길고 환경 변화에 민감하여 분포 면적이 좁은 (가)의 A에 해당한다.



ㄷ. 지질시대를 구분할 때는 주로 특정 시기에 출현한 생물의 화석인 표준 화석(B)을 이용한다.
바로알기 ㄱ. (가)의 A는 시상 화석이고, B는 표준 화석이다.

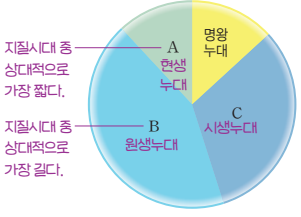
02 ㄱ. (가)는 신생대의 표준 화석인 화폐석 화석이다. 이 시기의 육지에서는 속씨식물이 번성하였다.
ㄴ. (나)는 고생대의 표준 화석인 삼엽충 화석이다. 삼엽충은 고생대 초기에 출현하고 고생대 말기에 멸종하였으므로 신생대의 화폐석인 (가)와 중생대의 암모나이트인 (다)보다 먼저 출현하여 번성하고 멸종하였다.
바로알기 ㄷ. (다)는 중생대의 표준 화석인 암모나이트 화석이다. 암모나이트는 고생대에 출현하여 중생대에 크게 번성하다가 중생대 말기에 멸종하였다.

03 학생 C. 기온이 높을수록 바다에서 ^{18}O를 포함한 물 분자의 증발이 활발하여 빙하에 포함되는 ^{18}O의 비율이 증가하므로 빙하 코어의 산소 동위원소비$\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)$는 커진다. 따라서 산소 동위원소비$\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)$가 작은 시기는 기온이 낮았던 시기이다.
바로알기 학생 A. 기온이 낮거나 강수량이 적어 나무가 잘 생장하지 못하면 나이테 간격이 좁고, 기온이 높거나 강수량이 많아 나무가 잘 생장하면 나이테 간격이 넓다.
학생 B. 빙하 코어는 빙하에서 시추하므로 수십만 년 전 이내의 가까운 과거의 고기후를 연구할 때 유용하다.

04 ㄷ. 신생대 제4기에는 지구의 평균 기온이 낮았고, 빙하기와 간빙기가 여러 차례 반복되었다.

바로알기 ㄱ. 빙하 코어는 수십만 년 이내의 가까운 과거의 고기후 연구에 주로 이용하므로, 고생대의 기후는 화석 등을 이용하여 알 수 있다.
ㄴ. 중생대는 대체로 온난하여 지질시대 중 유일하게 빙하기가 없었던 시기이다.

05 ㄱ. 상대적으로 가장 긴 시기인 B는 원생누대이고, 상대적으로 짧은 시기인 A는 현생누대이므로 C는 시생누대이다. 오존층은 고생대에 형성되었으므로 현생누대인 A에 해당한다.
ㄴ. 최초의 생물은 시생누대 바다에서 출현한 단세포 원핵생물이므로 C에 해당한다.
ㄷ. B는 원생누대이고, C는 시생누대이므로 C는 B보다 앞선 지질시대이다.



06 ㄴ. 카르니아는 에디아카라 생물군 화석 중 하나로, 선캄브리아 시대 중 원생누대 말에 출현하여 번성했던 다세포 생물이다. 따라서 '원생누대'는 ㉡에 해당한다.
ㄷ. 카르니아는 선캄브리아 시대의 생물이므로, 고생대(㉢)의 캄브리아 시기 이전에 살았던 생물이다. 고생대인 ㉢에는 다양한 해양 무척추동물이 출현하여 번성하였다.
바로알기 ㄱ. 카르니아(㉠)는 에디아카라 생물군 화석 중 하나로, 다세포 무척추동물의 화석이다. 따라서 카르니아는 광합성을 하는 식물이 아니다.

07 ㄴ. (나)의 수륙 분포는 판게아가 형성되어 있으므로 (나)는 고생대 페름기 말이다. 이 시기에는 삼엽충을 비롯한 해양생물 종의 약 90 % 이상이 멸종하였다.
바로알기 ㄱ. (가)의 수륙 분포는 판게아가 분리되어 이동하고 있으므로 (가)는 신생대 고진기이다. 인도－오스트레일리아판과 아프리카판이 북상하여 유라시아판과 충돌하면서 신생대에 히말라야산맥과 알프스산맥이 형성되지만, (가) 시기에는 본격적으로 충돌이 일어나지 않았으므로 산맥은 아직 형성되지 않았다.
ㄷ. (가) 시기에는 대서양이 존재하지만, (나)는 초대륙인 판게아가 형성된 시기로, 대서양이 존재하지 않았다. 중생대 트라이아스기 말부터 판게아가 분리되면서 쥐라기에 대서양이 형성되기 시작하였다.

08 ㄴ. (나)는 여러 대륙이 흩어져 있는 고생대 전기의 수륙 분포를 나타낸 것으로, 캄브리아기 시작과 삼엽충 멸종 사이인 ㉡ 기간 중의 수륙 분포에 해당한다.
바로알기 ㄱ. ㉠은 약 25억 년 전부터 캄브리아기 시작 전까지이므로 원생누대에 해당한다.
ㄷ. 삼엽충 멸종부터 현재까지인 ㉢ 기간은 중생대와 신생대를 나타낸다. 양치식물의 퇴적으로 석탄층이 생성된 시기는 고생대 석탄기이므로 ㉡ 기간에 해당한다.

09 ㄱ. (가)는 고생대, (나)는 신생대, (다)는 중생대를 나타낸 것이다. 고생대와 신생대에는 빙하기가 있었으나, 중생대에는 빙하기가 없었다.
ㄴ. 속씨식물은 중생대 백악기에 출현하였고, 신생대에 크게 번성하였다.
ㄷ. 지질시대의 환경은 고생대인 (가) → 중생대인 (다) → 신생대인 (나)의 순으로 변하였다.

10 ㄱ. 포유류는 트라이아스기에 출현하였고, 생물 A는 석탄기부터 트라이아스기까지 생존하였다. 따라서 A가 생존하던 기간 중 트라이아스기에 포유류가 출현하였다.
ㄷ. (나)의 지층에서 산출되는 화석의 생물이 A, C, D, E이므로 (나)의 지층은 고생대 석탄기에 퇴적된 것이다. 따라서 이 시기에는 삼엽충이 생존해 있었다.
바로알기 ㄴ. 고생대는 페름기까지이므로 페름기부터 쥐라기까지 생존한 생물 B는 고생대의 표준 화석으로 적절하지 않다. 생존 기간으로만 보았을 때 고생대의 표준 화석으로 가장 적절한 생물은 D와 E이다.

11 ㄴ. 최초의 척추동물인 어류는 고생대 오르도비스기에 출현하였다. 에디아카라 생물군이 멸종한 시기인 B와 삼엽충이 멸종한 시기인 A 사이가 고생대에 해당하므로 이 시기에는 어류가 출현하였다.
바로알기 ㄱ. (가)는 암모나이트 화석으로, 고생대에 출현하여 중생대에 번성하였다. 따라서 암모나이트는 삼엽충이 멸종한 A 시기 이전에 출현하였고, 삼엽충이 멸종한 이후에 크게 번성하였다.
ㄷ. 에디아카라 생물군은 원생누대 말인 약 6.4억 년 전~약 5.4억 년 전에 출현하였으므로 원생누대가 시작된 약 25억 년 전인 C 시기에 에디아카라 생물군이 출현한 것은 아니다.

12 ㄴ. 현생누대 동안 생물 속의 수가 급격히 감소한 B와 C 시기는 지질시대의 대와 대를 구분하는 경계이다. 따라서 B 시기는 고생대 말이고, C 시기는 중생대 말이며, A 시기는 고생대의 어느 시기에 해당한다. B와 C 시기 사이의 지구 평균 기온은 대체로 온난하므로 중생대는 B 시기부터 C 시기까지이다.

바로알기 ㄱ. 판게아는 고생대 페름기 말에 형성되었으므로 B 시기 무렵에 형성되었다.

ㄷ. 생물 속의 수가 급격히 감소한 A~C 시기의 지구 평균 기온은 대체로 온난하였으므로 급격히 낮아지는 기온 변화는 없었다.

수능분석 실전 문제 풀어보기

55쪽

ㄱ. (가)는 중생대의 수륙 분포이므로, 공룡이 번성한 C 시기의 수륙 분포는 (가)에 해당한다.

ㄷ. (나)는 고생대 말에 초대륙 판게아가 형성된 모습으로, 이 시기에는 고생대 해양 생물 종의 약 90 % 이상이 멸종하였다.

바로알기 ㄴ. (가)는 중생대, (나)는 고생대, (다)는 신생대의 수륙 분포이므로, 수륙 분포는 (나) → (가) → (다)의 순서로 변하였다.

정답 ③

중단원 핵/심/정/리

56쪽~57쪽

1 지사학	2 지층 누중	3 관입	4 암상
5 화석	6 방사성 동위원소		7 자원소
8 반감기	9 속성	10 쇄설성	11 유기적
12 사층리	13 연안	14 시기	15 환경
16 고기후	17 다세포 생물		18 육지
19 겉씨	20 포유류		

통합 실전 문제

58쪽~60쪽

01 ⑤	02 ④	03 ②	04 ⑤	05 ①	06 ③
07 ④	08 ②	09 ⑤	10 ①	11 ③	12 ④

01 ㄱ. 지층 A와 C는 동물군천이의 법칙에 따라 A가 C보다 오래되었고, A가 C보다 아래에 있으므로 이 지역의 지층은 역전되지 않았다.

ㄴ. 관입의 법칙에 따라 관입 당한 A는 관입한 화성암 P보다 먼저 생성되었다.

ㄷ. 지층이 역전되지 않았으므로 지층 A와 B는 지층 누중의 법칙에 따라 A가 B보다 먼저 생성되었다.

02 ㄴ. 관입의 법칙에 따라 관입 당한 지층 A는 관입한 화성암 P보다 먼저 생성되었다.

ㄷ. 부정합면이 생성되기 위해서는 융기와 침강이 각각 1번씩 일어나야 하고, 현재 지표면이 노출되었으므로 이 지역은 최소 2번의 융기가 있었다.

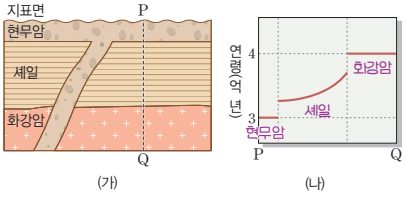
바로알기 ㄱ. 화성암 P는 반감기를 2번, 화성암 Q는 반감기를 3번 지났다. 반감기는 1억 년이므로, P의 절대연령은 2억 년이고, Q의 절대연령은 3억 년이다. 따라서 절대연령은 Q가 P의 1.5배이다.

03 ㄷ. 화성암 P가 관입한 이후 삼엽충 화석이 산출되는 지층 E가 퇴적되었고, 화성암 Q는 암모나이트 화석이 산출되는 지층 F를 관입하였다. 따라서 삼엽충 화석이 산출되는 E는 고생대에 퇴적되었으므로 P는 고생대 이전에 관입하였고, 암모나이트 화석이 산출되는 F는 중생대에 퇴적되었으므로 Q는 중생대 이후에 관입하였다.

바로알기 ㄱ. 지층 B에서는 연흔이 관찰되므로 수심이 얕은 바다나 호수에서 퇴적되었다.

ㄴ. Q는 지층 G가 퇴적된 이후에 관입하였으므로 지층과 암석의 생성 순서는 A → B → C → D → P → E → F → G → Q이다.

04 ㄱ. 세일층은 4억 년 전에서 3억 년 전 사이에 퇴적되었으므로 고생대이고, 삼엽충 화석이 발견될 수 있다.



ㄴ. 화강암의 연령은 4억 년, 셰일의 연령은 3억 년~4억 년 사이, 현무암의 연령은 3억 년이므로 화강암 → 셰일 → 현무암의 순서로 생성되었다.

ㄷ. (나)에서 셰일층과 현무암 사이에는 시간적 공백이 존재하므로 부정합면이 존재한다는 것을 알 수 있다.

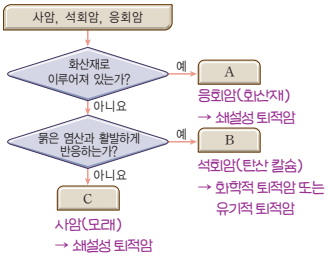
05 ㄴ. 얇은 층이 여러 겹으로 나타나는 퇴적 구조는 층리이고, B는 쇄설성 퇴적암인 셰일이다.

바로알기 ㄱ. A는 산호의 유해가 퇴적된 석회암으로, 산호는 수심이 얕고 따뜻한 바다에서 서식한다.

ㄷ. C는 암염으로, 화학적 퇴적암이다.

06 ㄱ. A는 응회암으로, 화산재와 같은 화산 쇄설물이 쌓여 굳어진 응회암은 쇄설성 퇴적암으로 분류한다.

ㄴ. 묽은 염산과 반응하는 암석은 주성분이 탄산 칼슘($CaCO_3$)인 석회암(B)이다. 석회암은 화학적 퇴적암 또는 유기적 퇴적암으로, 석회암에서는 석회질 생물체의 화석이 발견될 수 있다.

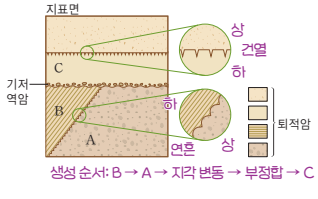


바로알기 ㄷ. 사암(C)은 주로 모래가 퇴적되어 생성된 암석으로, 기존의 암석이 풍화·침식 작용을 받아 생성된 퇴적물이 굳은 쇄설성 퇴적암이다.

07 ㄴ. B층과 C층 사이에는 기저 역암을 통해 부정합면이 존재하는 것을 알 수 있다. 따라서 두 지층 사이에는 긴 시간 공백이 있다.

ㄷ. C층에는 건열이 나타나며, 건열은 점토질 퇴적물이 건조한 대기에 노출될 때 나타나는 퇴적 구조이다.

바로알기 ㄱ. 연흔은 물결 모양의 뾰족한 쪽이 나중에 생성된 지층이다. 뾰족한 쪽이 A층 쪽에 있으므로 A층이 B층보다 나중에 생성되었다.



08 ㄷ. B는 삼각주이고, C는 선상지로, 선상지는 삼각주보다 상류에서 형성되므로 퇴적물에 자갈이 더 많이 포함된다.

바로알기 ㄱ. A는 사막으로, 퇴적물은 주로 석영 입자로 구성된 모래이며, 분급이 매우 양호하다.

ㄴ. B는 삼각주로, 육지와 바다의 영향을 모두 받는 연안 환경에 해당한다.

09 ㄱ. A층에서는 방추충 화석이 산출되므로 고생대에 퇴적되었다.

ㄴ. 지층과 암석의 생성 순서는 A층 → 화성암 P → B층 → 화성암 Q → C층이다. B층은 2억 5천만 년 전과 1억 5천만 년 전 사이에 퇴적되었으므로 중생대이다. 석회암은 주로 바다에서 생성되므로, B층에서는 중생대 해양 생물인 암모나이트 화석이 산출될 수 있다.

ㄷ. C층에서는 고사리 화석이 산출되므로 온난 습윤한 육지에서 퇴적되었음을 알 수 있다.

10 ㄱ. 양서류는 고생대 데본기에, 조류(새무리)는 중생대 쥐라기에, 겉씨식물은 고생대 페름기에 출현하였다. A는 가장 오래전에 출현하였으므로 양서류이다.

바로알기 ㄴ. 겉씨식물은 조류(새무리)보다 먼저 출현하였으므로 B이다.

ㄷ. 삼엽충은 고생대 페름기 말에 멸종하였으므로, B의 출현 시기 이후에 멸종하였다.

11 ㄱ. 해양 생물 종의 약 90 % 이상이 멸종한 시기는 고생대 페름기 말로, 고생대 석탄기에 퇴적된 지층 B와 중생대 백악기에 퇴적된 지층 A 사이이다.

ㄷ. P 구간에는 지층 C와 D가 지층 B와 A 일부 위에 놓인 부분이 있으므로 지층이 역전된 곳이 있다.

바로알기 ㄴ. 어류는 고생대 오르도비스기에 출현하였으므로 캄브리아기에 퇴적된 지층 D에서는 어류 화석이 발견될 수 없다.

12 ㄴ. B는 방추충으로, 고생대에 번성하였고, 페름기 말에 판게아의 형성과 관련된 환경 변화로 멸종하였다.

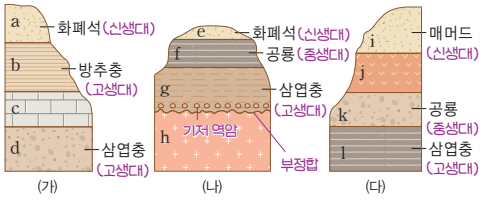
ㄷ. 대기 중 산소 농도의 증가로 오존층이 형성되면서 자외선이 차단되어 육지에도 생물이 출현하게 되었다.

바로알기 ㄱ. 생물이 살던 시기의 환경을 추정할 수 있는 화석은 시상 화석이다. A는 산호로, 오르도비스기부터 현재까지 생존하고 있으므로 시상 화석이 될 수 있지만, C는 암모나이트로, 중생대에만 번성하여 표준 화석으로 더 적절하다.

HIGH TOP 최상위 문제 61쪽

1 ③ 2 ①

1 자료 분석



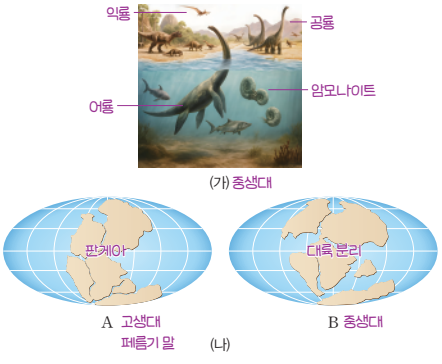
- h를 제외한 모든 지층은 퇴적층이므로 수평퇴적의 법칙과 지층 누중의 법칙을 적용할 수 있다.
- h는 화성암이고, 반감기가 1억 5천만 년인 방사성 동위원소 X를 포함하므로 반감기 경과 횟수로 절대연령을 추정할 수 있다.
- h의 암석 조각이 기저 역암으로 g층에 포함되어 있으므로 h가 생성된 후 g층이 퇴적되었다.

ㄱ. (가)의 a층과 b층 사이에는 중생대 지층이 없으므로 시간적 공백이 있어 두 지층은 부정합 관계이다.

ㄷ. 지역 (가)~(다)의 아래에서 위로 갈수록 고생대, 중생대, 신생대의 생물 순으로 화석이 산출되므로, 동물군천이의 법칙에 따라 (가)~(다)의 지층은 모두 역전되지 않았다.

바로알기 ㄴ. 방사성 동위원소 X의 반감기가 1번 지났다면, 화성암 h의 절대연령은 1억 5천만 년이다. 그러나 부정합의 법칙을 통해 h는 g층보다 먼저 생성되었고, g층은 고생대에 퇴적되었으며, 모든 지층은 현생누대에 생성되었으므로 h는 g층보다 이전의 고생대에 생성되었다. 따라서 h에 포함된 X는 반감기가 최소 1번 이상 지났을 것이다.

2 자료 분석



- (가)는 암모나이트와 공룡, 어룡 등이 번성하고 있으므로 중생대의 모습이다.
- (나)의 A 시기에는 초대륙 판게아가 있으므로 고생대 페름기 말의 모습이고, B 시기에는 대륙이 분리되고 있으므로 중생대이다.

ㄴ. (가)는 중생대의 모습이므로, 이 당시 수륙 분포는 초대륙 판게아가 분리되는 B 시기에 해당한다.

바로알기 ㄱ. (가)는 중생대이고, 중생대의 바다에서는 암모나이트가 번성하였다. 화폐석은 신생대의 바다에서 번성하였다.

ㄷ. (나)의 A 시기는 고생대 페름기 말로, 대멸종이 일어났을 때이다. 양서류는 고생대 데본기에 출현하였다.

서술형 확장 문제

62쪽~65쪽

1 (1) 지층 누중의 법칙과 부정합의 법칙으로 암석의 생성 순서를 알 수 있다. 아래 지층은 위 지층보다 오래되었으며, 부정합면을 경계로 기저 역암이 놓인 지층은 나중에 형성된 것이다.

(2) 화강암이 관입하였다면, 주변 암석은 마그마의 열로 변성된다. 그러나 주변 암석이 변성되지 않았다면, 화강암체가 먼저 생성된 뒤 그 위에 퇴적되어 화강암 조각이 기저 역암으로 나타난 것으로 추론할 수 있다.

모범답안 (1) B → A → C, (가)에서 사암 A에 기저 역암이 있으므로 부정합의 법칙에 따라 석회암 B가 먼저 생성되고, 그 위에 A가 퇴적되었다. 이후 지각 변동으로 B와 A가 경사진 뒤, 지층 누중의 법칙에 따라 셰일 C가 수평으로 퇴적되었으므로 C가 가장 나중에 생성되었다.

(2) (나)에서 셰일 D에 화강암 E가 관입한 것인지, 화강암 E가 먼저 형성된 뒤 셰일 D가 퇴적된 것인지는 단정할 수 없다. 따라서 관입의 법칙과 부정합의 법칙 중 어떤 것을 적용할지는 추가 확인이 필요하다. 만약 D가 변성되었다면, D → E → F의 순서로 해석할 수 있고, D가 변성되지 않고 D에서 E의 기저 역암이 발견된다면, E → D → F의 순서로 해석할 수 있다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	암석의 생성 순서를 옳게 쓰고, 지층 누중의 법칙과 부정합의 법칙을 근거로 암석의 생성 순서를 옳게 서술한 경우	50
	암석의 생성 순서는 옳게 썼으나, 지층 누중의 법칙과 부정합의 법칙을 적용하지 않고 암석의 생성 순서를 옳게 서술한 경우	30

(2)	관입의 법칙과 부정합의 법칙 적용 여부에 따라 생성 순서가 달라질 수 있음을 밝히고, 이를 확인할 수 있는 적절한 방법을 제시하여 옳게 서술한 경우	50
	관입의 법칙과 부정합의 법칙 적용 여부에 따라 생성 순서가 달라질 수 있음을 밝혔으나, 이를 확인할 수 있는 적절한 방법을 제시하지 못하거나 일부 누락하여 서술한 경우	30

2 (1) 화성암 P에 포함된 방사성 동위원소 X의 모원소와 자원소의 비율이 1 : 3이므로, 반감기는 2번 지났다. 화성암 Q는 방사성 동위원소 X의 모원소와 자원소의 비율이 1 : 1이므로, 반감기는 1번 지났다.

(2) 퇴적암 A~F는 지층 누중의 법칙으로 생성 순서를, P와 Q는 관입의 법칙으로 생성 순서를 알 수 있다. 기저 역암이 발견되는 곳은 부정합면 바로 위이므로, 융기, 침식, 침강과 같은 지질학적 사건이 일어나야 한다.

모범답안 (1) 화성암 P에 포함된 방사성 동위원소 X의 모원소와 자원소의 비율이 1 : 3이므로, X의 양은 처음 양의 $\frac{1}{4}$이다. 따라서 X의 반감기는 1억 년이고, 반감기가 2번 지났으므로 P의 절대연령은 2억 년이다. 화성암 Q에 포함된 X의 모원소와 자원소의 비율이 1 : 1이므로, X의 양은 처음 양의 $\frac{1}{2}$이다. 따라서 반감기가 1번 지났으므로 Q의 절대연령은 1억 년이다.

(2) 이 지역에서 현재까지 일어났던 지질학적 사건은 A 퇴적 → B 퇴적 → C 퇴적 → D 퇴적 → P 관입 → 경사 → 부정합 형성(융기·침식·침강) → E 퇴적 → Q 관입(또는 분출) → 부정합 형성(융기·침식·침강) → F 퇴적 → 융기 → 현재 지표면 형성의 순서로 일어났다.

채점 기준		배점(%)
(1)	화성암 P와 Q의 절대연령을 옳게 구하고, 모원소와 자원소의 비율로부터 반감기를 알아내는 과정을 옳게 서술한 경우	50
	화성암 P와 Q의 절대연령은 옳게 구했으나, 모원소와 자원소의 비율로부터 반감기를 알아내는 과정을 일부만 옳게 서술한 경우	30
(2)	지사학의 법칙을 고려하여 이 지역에서 일어났던 지질학적 사건의 순서를 모두 옳게 서술한 경우	50
	이 지역에서 일어났던 지질학적 사건의 순서 중 일부만 옳게 서술한 경우	30

3 (1) 점이 층리는 수심이 깊은 환경에서, 건열과 연흔은 수심이 얕은 환경에서 형성된다. 지층 누중의 법칙에 따라 아래에서 위로 지층이 형성되고, 퇴적 구조의 모습을 통해 해수면의 변동을 추정할 수 있다.

(2) 화강암과 주위 암석의 선후 관계는 적용하는 지사학의 법칙에 따라 달라진다. 화강암의 암석 조각이 위 지층에 포함되어 있다면 기저 역암으로 부정합의 법칙을 적용할 수 있고, 화강암 안에 위 지층의 암석 조각이 포함되어 있다면 포획암으로 관입의 법칙을 적용할 수 있다.

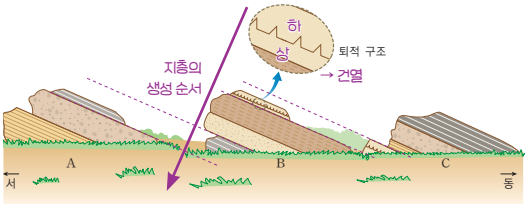
모범답안 (1) (가)는 수심이 얕은 환경에서 형성되는 연흔이 먼저 형성된 후 수심이 깊은 환경에서 형성되는 점이 층리가 형성되었으므로, (가)의 지층이 형성되는 동안 해수면이 상승하면서 수심이 점점 깊어진다. 한편, (나)는 수심이 깊은 환경에서 형성되는 점이 층리가 먼저 형성된 후 수심이 얕은 환경에서 형성되는 건열이 형성되었으므로, (나)의 지층이 형성되는 동안 해수면이 하강하면서 수심이 점점 얕아진다.

(2) (가)에서는 지층 C에 화강암의 암석 조각이 기저 역암으로 존재하므로 부정합의 법칙에 따라 화강암이 먼저 생성된 후 C가 퇴적되었다. (나)에서는 화강암 안에 E의 암석 조각이 포획암으로 존재하므로 관입의 법칙에 따라 지층 E가 먼저 생성된 후 화강암이 관입하였다. 두 지역에서 화강암의 절대연령이 같으므로 더 오래된 지층은 E이다.

채점 기준		배점(%)
(1)	(가)와 (나)의 해수면 변동과 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	50
	(가)와 (나)의 해수면 변동은 옳게 서술하였으나, 그 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	30
(2)	더 오래된 지층과 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	50
	더 오래된 지층은 옳게 썼으나, 그 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	30

4 (1) B 지점의 퇴적 구조에는 쐐기 모양이 나타나므로 건열이다. 건열은 퇴적물이 건조한 대기에 노출될 때 형성되며, 단면은 위쪽이 넓고 아래로 갈수록 뾰족한 쐐기 모양으로 나타난다.

(2) 지층이 역전되지 않았다면 지층 누중의 법칙에 따라 아래에 있는 지층일수록 오래된 지층이다. 그러나 습곡과 단층 등의 지질학적 사건으로 지층이 역전되었으면 아래에 있는 지층일수록 최근에 형성된 지층이 된다.



모범답안 (1) B 지점의 퇴적 구조에는 쐐기 모양이 보이므로 건열이다. 건열은 점토질 퇴적물이 건조한 대기에 노출되어 표면이 갈라져 형성된 구조로, 퇴적 당시 수심이 얕고 건조한 환경이었음을 알 수 있다. 또한, 건열의 단면은 위쪽이 넓고 아래로 갈수록 뾰족하게 나타나는데, B 지점에서는 위로 갈수록 뾰족해지므로 이 지역의 지층은 역전되었음을 알 수 있다.

(2) A~C 지점은 같은 종류의 암석이 연결되는 부분이 있어 암상을 이용하여 지층을 대비할 수 있다. 일반적으로 아래쪽 지층일수록 오래되지만, B와 C 지점의 건열을 통해 이 지역의 지층이 역전되었음을 알 수 있다. 따라서 C 지점의 가장 위에 있는 지층이 가장 오래된 지층이다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	퇴적 환경과 지층의 역전 유무를 모두 옳게 서술한 경우	50
	퇴적 환경과 지층의 역전 유무 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	30
(2)	가장 오래된 지층과 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	50
	가장 오래된 지층은 옳게 썼으나, 그 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	30

5 (1) 호상점토층은 계절에 따라 밝은 층과 어두운 층이 교대로 나타난다. 밝은색 실트층은 여름철 빙하가 녹아 유량이 많을 때 유입된 물질이 퇴적된 것이고, 어두운색 점토층은 겨울철 유량이 적을 때 호수에 부유하던 점토 입자와 유기물이 퇴적된 것이다. 또한, 여름철에는 유속이 빨라 퇴적물이 두껍고 밝으며, 겨울철에는 퇴적물이 얇고 어둡다.

(2) 퇴적 입자의 크기는 유속에 따라 달라진다. 여름철에는 빙하가 녹아 유량이 많고 유속도 빨라 입자가 큰 물질이 퇴적된다.

모범답안 (1) 여름철에는 빙하가 녹아 유량이 많고 유속이 빨라 두껍고 밝은 층이 형성되며, 겨울철에는 유량이 적고 유기물이 많아 얇고 어두운 층이 형성된다. 따라서 B층이 A층보다 밝으므로 여름철에 퇴적된 것이다.

(2) 퇴적 입자의 크기는 유량이 많고, 유속이 빠를수록 입자가 큰 물질이 퇴적된다. 여름철에는 빙하가 녹아 유량과 유속이 커지므로 퇴적 입자의 평균 크기는 여름철에 퇴적된 B층이 겨울철에 퇴적된 A층보다 더 크다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	여름철에 퇴적된 층과 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	50
	여름철에 퇴적된 층은 옳게 썼으나, 그 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	30
(2)	A층과 B층의 퇴적 입자의 평균 크기를 옳게 비교하고, 그 근거를 모두 옳게 서술한 경우	50
	A층과 B층의 퇴적 입자의 평균 크기는 옳게 비교하였으나, 그 근거를 옳게 서술하지 못한 경우	30

6 (1) 표준 화석은 생존 기간이 짧고 분포 면적이 넓으며 개체수가 많은 생물의 화석으로, 지질시대 구분에 이용된다. 반면, 시상 화석은 생존 기간이 길고 특정 환경에 제한적으로 분포하여 분포 면적이 좁으며 환경 변화에 민감한 생물의 화석으로, 과거의 환경을 추정할 때 이용된다.

(2) 지질시대는 생물의 출현과 멸종이나 부정합을 기준으로 구분한다. 지층 C와 D 사이에서 화석의 종류가 가장 크게 변하므로 이 시기에 동물계에 큰 변화가 있었음을 알 수 있다.

모범답안 (1) 표준 화석은 생존 기간이 짧아 특정 지질시대에만 살았던 생물의 화석으로, 지질시대 구분에 이용된다. 따라서 생존 기간이 가장 짧은 d가 표준 화석으로 가장 적절하다.

(2) 지질시대는 생물의 출현과 멸종이나 부정합과 같은 큰 지각 변동에 의해 구분된다. (나)의 지층 C와 D 사이에서 화석의 종류가 가장 크게 변하므로, 이를 기준으로 지질시대를 구분할 수 있다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	표준 화석으로 가장 적절한 화석을 옳게 고르고, 그 까닭을 생존 기간과 관련지어 옳게 서술한 경우	50
	표준 화석으로 가장 적절한 화석은 옳게 골랐으나, 그 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	30
(2)	지질시대를 구분하는 지층의 경계와 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	50
	지질시대를 구분하는 지층의 경계는 옳게 썼으나, 그 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	30

7 (1) 대기의 온도가 높으면 해수의 온도도 높으며, 해수의 온도가 높으면 무거운 산소 동위원소(^{18}O)로 이루어진 물 분자가 많이 증발하고, 이에 따라 대기 중에 ^{18}O로 이루어진 수증기의 비율도 증가하므로 빙하 속의 산소 동위원소비 $\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)$가 증가한다.

(2) 빙하기에는 빙하의 면적이 넓어질 것이고, 해수의 온도가 낮으면 무거운 산소 동위원소(^{18}O)로 이루어진 물 분자가 많이 증발하지 못한다. 이에 따라 해수의 산소 동위원소비 $\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)$가 증가한다.

모범답안 (1) A 시기가 B 시기보다 기온이 높았으므로 해수의 온도도 A 시기가 B 시기보다 높았다. 해수에서 증발하는 물 분자의 ^{18}O는 해수의 온도가 높을 때가 낮을 때보다 많으므로 A 시기가 B 시기보다 많았고, 이에 따라 대기에 ^{18}O가 많아지므로 빙하의 ^{18}O도 많아진다. 따라서 A 시기는 B 시기보다 빙하의 산소 동위원소비 $\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)$가 크므로 해수에서 증발하는 산소 동위원소비 $\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)$도 A 시기가 B 시기보다 크다.

(2) 빙하기에 빙하의 면적이 넓어지면 기온과 해수의 온도가 낮아진다. 이로 인해 해수에서 증발하는 물 분자의 ^{18}O의 양이 적어지게 되므로 대기의 산소 동위원소비 $\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)$는 감소하고, 해수의 산소 동위원소비 $\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)$는 증가한다. 따라서 해양 생물의 산소 동위원소비 $\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)$도 증가한다.

채점 기준		배점(%)
(1)	빙하의 물 분자 산소 동위원소비를 바탕으로 A 시기와 B 시기에 해수에서 증발하는 산소 동위원소비를 옳게 비교한 경우	50
	빙하의 물 분자 산소 동위원소비를 바탕으로 서술하였으나, A 시기와 B 시기에 해수에서 증발하는 산소 동위원소비를 옳게 비교하지 못한 경우	30
(2)	기온이 낮아질수록 해수의 산소 동위원소비가 증가하는 까닭과 해양 생물의 산소 동위원소비의 변화를 옳게 서술한 경우	50
	기온이 낮아질수록 해수의 산소 동위원소비가 증가하는 까닭과 해양 생물의 산소 동위원소비의 변화 중 일부만 옳게 서술한 경우	30

8 (1) 약 35억 년 전 남세균의 광합성에 의해 산소가 생성되었지만, 이 산소는 해수에 용해된 철 이온과 결합하여 호상철광층을 형성하는 데 먼저 이용되었다. 따라서 대기 중으로 배출되는 산소는 거의 없어 당시 대기 중 산소 농도는 증가하지 못하였다.

(2) 원생누대 초인 ㉠ 시기에는 대기 중 산소 농도가 현재 대비 약 0.001 % 이하에서 약 1 %로 증가하였고, 원생누대 말인 ㉡ 시기에는 현재 대비 약 1 %에서 약 100 % 이하까지 증가하였다. 이는 해수의 철 이온이 소모되어 산소가 대기로 방출되기 시작하였기 때문이다. 특히 ㉡ 시기인 현생누대 직전에는 다세포 생물을 비롯한 다양한 생물이 출현하며 광합성이 활발해져 대기 중 산소 농도가 급격하게 증가하였다.

모범답안 (1) 약 35억 년 전 남세균의 광합성으로 산소가 생성되었으나, 이 산소는 해수에 용해된 철 이온과 결합하여 호상철광층을 형성하는 데 먼저 이용되었다. 이로 인해 ㉠ 시기까지 대기 중 산소 농도는 증가하지 못하였다.

(2) 원생누대 초인 ㉠ 시기에는 대기 중 산소 농도가 현재 대비 약 0.001 % 이하에서 약 1 %로 증가하였고, 원생누대 말인 ㉡ 시기에는 현재 대비 약 1 %에서 약 100 % 이하까지 증가하였다. ㉡ 시기에는 다세포 생물 등 다양한 생물의 출현으로 광합성이 더 활발하게 일어났으므로 산소의 증가량은 ㉡ 시기가 더 크다.

채점 기준		배점(%)
(1)	호상철광층 생성 과정에서 산소가 소모되는 과정을 옳게 서술한 경우	50
	호상철광층 생성 과정에서 산소가 소모되는 과정을 옳게 서술하지 못한 경우	30
(2)	㉡ 시기를 쓰고, 그 까닭을 그래프 해석을 통한 산소 증가와 다세포 생물 등 다양한 생물의 출현으로 옳게 서술한 경우	50
	㉡ 시기를 썼으나, 그 까닭을 일부만 옳게 서술한 경우	30

2 한반도의 암석

01 변동대와 화성암

중요 개념 체크

71쪽 **1** 압력 **2** (1) × (2) ○

75쪽 **1** SiO_2 **2** (1) ○ (2) ○

77쪽 **1** 신생대 **2** (1) × (2) ○

집중 분석 유제 79쪽

1 ③

1 ㄱ. A 과정은 지하 내부에 있는 맨틀 물질이 상승하면서 압력이 감소하여 물이 포함되지 않은 맨틀의 용융 곡선과 만나 부분 용융되는 과정으로, 현무암질 마그마가 생성된다.

ㄴ. B 과정은 섭입대에서 해양 지각의 함수 광물에서 방출된 물이 맨틀에 공급되어 물이 포함된 맨틀의 용융 곡선과 만나 부분 용융되는 과정으로, 맨틀 물질의 용융점이 하강하여 마그마가 생성된다.

바로 알기 ㄷ. C 과정은 대륙 지각의 온도 상승으로 물이 포함된 화강암의 용융 곡선과 만나 부분 용융되는 과정으로, 대륙 지각이 부분 용융되어 유문암질 마그마가 생성되는데, 주로 섭입대 위의 대륙 지각에서 나타난다. 열점에서는 맨틀 물질의 상승에 의한 압력 감소(A 과정)로 마그마가 생성된다.

개념 기본 문제 80쪽~81쪽

01 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × **02** ㄱ, ㄷ **03** (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × **04** (1) A: 안산암질 마그마, B: 유문암질 마그마 (2) 현무암질 마그마 (3) (나) **05** (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × **06** ㄱ, ㄴ, ㄷ **07** ㄱ, ㄴ, ㄷ **08** (1) × (2) ○ (3) ○

01 (1) 물이 포함된 맨틀은 물이 포함되지 않은 맨틀보다 용융점이 낮으므로 ㉠이다.

(2) A 과정은 온도 상승에 의한 마그마의 생성 과정으로, 대륙 지각 하부에서 주로 일어난다.

(3) B 과정은 압력 감소에 의한 마그마의 생성 과정으로, 해령 하부나 열점에서 주로 일어난다.

(4) C 과정은 물의 공급으로 맨틀 물질의 용융점 하강에 의한 마그마의 생성 과정으로, 섭입대에서 주로 일어난다.

02 ㄱ. A는 현무암질 마그마, B는 안산암질 마그마, C는 유문암질 마그마이다.

ㄷ. SiO_2 함량이 적을수록 화산가스의 함량이 적다.

바로 알기 ㄴ. SiO_2 함량이 많을수록 점성이 높다.

03 (1), (2) 발산 경계인 해령과 열점에서는 맨틀 물질의 압력 감소로 현무암질 마그마가 생성된다.

(3) 섭입대에서는 해양 지각에 포함된 함수 광물에서 물이 빠져나와 맨틀의 용융점이 하강하여 마그마가 생성된다.

(4) 섭입대에서는 판이 섭입하면서 온도가 높아지면서 압력도 높아지므로 판이 섭입하면서 생긴 마찰열로는 마그마가 생성될 수 없다.

04 (1) A는 현무암질 마그마와 유문암질 마그마가 혼합되어 생성된 안산암질 마그마이고, B는 대륙 지각의 온도 상승으로 인해 대륙 지각이 부분 용융되어 만들어진 유문암질 마그마이다.

(2), (3) 섭입대인 (나)에서는 함수 광물에서 빠져나온 물이 맨틀에 공급되어 맨틀의 용융점이 하강하므로 현무암질 마그마가 생성된다.

05 (1) SiO_2 함량이 52 % 이하인 현무암질 마그마가 식어서 생성된 화성암은 철과 마그네슘의 함량이 많다.

(2) SiO_2 함량이 52 %~63 %인 안산암질 마그마가 식어서 생성된 대표적인 암석에는 안산암과 섬록암이 있다.

(3) SiO_2 함량이 63 % 이상인 유문암질 마그마가 식어서 생성된 암석은 나트륨과 칼륨의 함량이 많아 산성암 또는 규장질암이라고 한다.

(4) 염기성암은 SiO_2 함량이 52 % 이하인 현무암질 마그마가 식어서 생성된 암석이다.

06 ㄱ. 지하 깊은 곳에서 생성되는 심성암 중 유색 광물이 많아 어두운색을 띠는 암석은 반려암(A)이고, 지표에서 생성되는 화산암 중 무색 광물이 많아 밝은색을 띠는 암석은 유문암(B)이다.

ㄴ. SiO_2 함량이 적은 암석은 어두운색을 띠고 유색 광물이 많으므로 ㉠이 ㉡보다 어두운색을 띤다. ㉠은 휘석이고, ㉡은 석영이다.

ㄷ. A와 B 중 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 냉각되어 굳은 암석은 심성암인 A이다.

07 ㄱ. A는 포획암, B는 관입한 암석(관입암), C는 관입 당한 암석이다. 포획암은 마그마가 관입하며 주변 암석이 포획된 것이므로 포획암(A)이 관입암(B)보다 먼저 생성되었다.
ㄴ. 포획암인 A는 관입 당한 C의 일부가 떨어져 나온 암석 조각이므로 C와 같은 종류의 암석이다.
ㄷ. (나)는 기둥 모양의 절리이므로 주상 절리이다.

08 (1) 현무암인 (가)는 세립질 조직이고, 화강암인 (나)는 조립질 조직이다. 따라서 화강암인 (나)를 구성하는 광물의 크기가 더 크다.
(2) 제주도와 한탄강 일대는 신생대에 화산 분출로 형성된 지역으로 현무암인 (가)가 주로 분포한다.
(3) 한반도에 분포하는 화강암은 주로 중생대에 관입한 유문암질 마그마에 의해 생성되었다.

개념 적용 문제

82쪽~85쪽

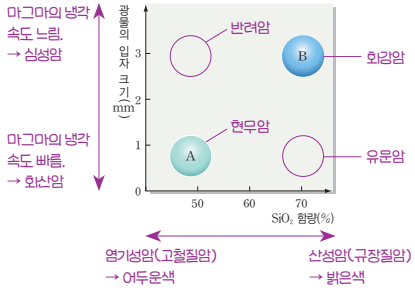
01 ① **02** ④ **03** ③ **04** ⑤ **05** ④ **06** ① **07** ③ **08** ④

01 ㄴ. ㉠ 과정에서는 맨틀 물질의 상승에 따른 압력 감소로 마그마가 생성된다.
바로알기 ㄱ. A의 맨틀 물질은 용융점보다 온도가 낮으므로 고체 상태이다.
ㄷ. ㉡ 과정은 물의 공급에 따른 맨틀 물질의 용융점 하강으로 마그마가 생성되는데, 이는 주로 섭입대에서 일어난다. 열점에서는 ㉠ 과정과 같은 압력 감소에 의해 마그마가 생성된다.

02 ㄴ. B 지점에서는 해양 지각의 함수 광물에서 빠져나온 물에 의해 맨틀의 용융점이 낮아져 마그마가 생성된다.
ㄷ. C 지점에서는 대륙 지각의 용융으로 유문암질 마그마가 생성되고, A와 B 지점에서는 맨틀 물질의 용융으로 현무암질 마그마가 생성된다. 따라서 SiO_2 함량(%)은 대륙 지각에서 생성되는 마그마가 맨틀에서 생성되는 마그마보다 높다.
바로알기 ㄱ. A 지점은 발산 경계인 해령이고, 맨틀 상승에 따른 압력 감소로 마그마가 생성된다.

03 ㄱ. 반려암은 SiO_2 함량이 52 %보다 낮고 어두운색을 띠는 염기성암이고, 안산암은 SiO_2 함량이 52 %~63 %인 중성암이다. 따라서 더 어두운색인 (가)는 반려암이고, (나)는 안산암이다.
ㄴ. 반려암은 심성암이므로 지하 깊은 곳에서 생성되고, 안산암은 화산암이므로 지표 부근에서 생성되므로 암석이 생성되는 깊이는 (가)가 (나)보다 깊다.
바로알기 ㄷ. 반려암은 조립질 조직, 안산암은 세립질 조직이 나타나므로 암석을 구성하는 광물의 크기는 (가)가 (나)보다 크다.

04 ㄱ, ㄷ. SiO_2 함량이 낮은 암석은 염기성암이고, 철(Fe)과 마그네슘(Mg)을 많이 포함하고 있는 고철질 광물을 많이 포함하여 어두운색을 띤다. 따라서 화성암 A가 B보다 더 어두운색을 띠고, 철(Fe)과 마그네슘(Mg)의 함량비가 높다.
ㄴ. 마그마의 냉각 속도가 빠르면 빨리 굳으므로 광물 결정이 성장할 시간이 부족하여 결정의 크기가 작다. 따라서 입자의 크기가 작은 A가 B보다 마그마의 냉각 속도가 빠르다.



05 ㄴ. (가)는 판상 절리로, 암석에 작용하는 외부의 압력이 감소하여 암석이 서서히 팽창하면서 편평하게 쪼개져 얇은 판 모양으로 절리가 형성된다.
ㄷ. (나)는 주상 절리로, 지표로 분출한 용암이 급격하게 냉각되면서 수축하여 다각형의 길쭉한 기둥 모양으로 절리가 형성된다.
바로알기 ㄱ. 판상 절리는 심성암에서, 주상 절리는 화산암에서 잘 나타난다. 따라서 판상 절리가 나타나는 (가)의 암석은 지표 부근에서 생성되는 (나)의 암석보다 깊은 곳에서 생성되었다.

06 ㄱ. 설악산, 북한산, 월출산 등은 한반도에서 볼 수 있는 대표적인 화강암 지형이다.
바로알기 ㄴ. 우리나라의 화강암은 대부분 중생대에 관입한 마그마로부터 생성되었으며, 설악산도 중생대 중기에 관입한 마그마로부터 생성되었다.

ㄷ. 설악산에서는 암석에 작용하는 외부의 압력이 감소하여 암석이 서서히 팽창하면서 편평하게 쪼개져 형성된 판상 절리가 관찰된다.

07 ㄱ. 해령인 A 지역에서는 맨틀 물질이 상승하며 압력이 감소하여 마그마가 생성되므로, 고온의 맨틀 물질이 상승하여 지하로 내려갈수록 온도가 급격하게 상승하여 해령에서의 지하 온도 분포는 (가)의 ㉡처럼 나타난다.

ㄴ. (가)의 ㉠에서는 물이 포함되지 않은 맨틀 물질은 용융될 수 없으나, 물이 포함된 맨틀 물질은 용융점이 낮아져 용융될 수 있다.

바로알기 ㄷ. B 지역에서는 물의 공급으로 맨틀 물질의 용융점이 낮아져 맨틀 물질이 부분 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다. 이 마그마가 상승하여 대륙 지각 하부에 고이고, 대륙 지각이 가열되면 C 지역에서 대륙 지각 물질이 부분 용융되어 유문암질 마그마가 생성된다. 따라서 (나)에서 생성되는 마그마의 SiO_2 함량(%)은 B에서가 C에서보다 낮다.

08 ㄴ. 유문암과 화강암을 구성하는 조암 광물은 석영, 정장석, 사장석 등이므로 구성하는 광물의 종류는 비슷하다.

ㄷ. SiO_2 함량이 높은 암석일수록 석영과 장석의 함량이 높고, 장석은 나트륨과 칼륨의 함량이 높다.

바로알기 ㄱ. 현무암은 화산암으로, 마그마가 빨리 굳어 광물의 결정 크기가 작고, 반려암은 심성암으로, 마그마가 천천히 굳어 광물의 결정 크기가 크다. 따라서 현무암은 반려암보다 광물의 결정 크기가 작다.

87쪽

수능분석 실전 문제 풀어보기

ㄷ. 화산 활동으로 분출한 화산재는 대기 대순환을 따라 인접한 국가로 퍼질 수 있고, 사회적, 경제적인 피해를 줄 수 있다.

바로알기 ㄱ. 칠레 칼부코 화산 주변은 해양판이 대륙판 아래로 섭입하는 곳으로, A는 수렴 경계 중 섭입형 경계에 해당한다.

ㄴ. 섭입형 경계는 맨틀 대류가 하강하는 곳으로, 칼부코 화산은 섭입하는 해양 지각으로부터 물이 방출되어 생성된 현무암질 마그마가 대륙 지각에서 유문암질 마그마와 혼합되어 안산암질 마그마로 분출한 화산이다.

정답 ②

02 변성 작용과 변성암

중요 개념 체크

90쪽 **1** 접촉, 광역 **2** (1) × (2) ○
93쪽 **1** 편마 구조 **2** (1) ○ (2) ○
96쪽 **1** 습곡, 단층 **2** (1) × (2) ○
97쪽 **1** 암석의 순환 **2** (1) ○ (2) ×

집중 분석 유제

99쪽

1 ④

1 ㄱ. 습곡은 양쪽에서 미는 힘, 즉 횡압력에 의해 형성되므로, 이 지역은 과거에 횡압력을 받은 적이 있다.

ㄷ. 백령도 장촌 해안의 암석은 선캄브리아 시대에 생성된 규암이다.

바로알기 ㄴ. 한반도에서 가장 오래된 암석은 인천 앞바다에 있는 대이작도에서 발견되며, 약 25억 년 전에 변성 작용을 받아 형성된 혼성암이다.

개념 기본 문제

100쪽~101쪽

01 (1) × (2) ○ (3) × **02** ㉠ 접촉, ㉡ 광역, ㉢ 광역 **03** ㄴ, ㄷ **04** (1) ○ (2) ○ (3) ○ **05** (1) 편마 구조 (2) 점판암 (3) (가) (4) (가) 셰일, (나) 셰일 **06** (1) 습곡 (2) 횡압력(양쪽에서 미는 힘) (3) 향사 **07** (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ **08** ㄴ, ㄷ **09** ㄱ, ㄷ

01 (1) 변성 작용은 암석이 생성 당시와 다른 온도나 압력 환경에 놓여 고체 상태에서 광물의 화학 조성이나 조직 등이 변하는 과정이다.

(2) 변성 작용의 요인에는 온도, 압력, 활성 유체, 시간 등이 있으며, 온도와 압력이 가장 중요한 요인이다.

(3) 재결정 작용은 변성 작용이 일어나는 동안 새로운 온도와 압력 조건에 맞는 변성 광물이 생성되거나 기존 광물의 입자가 커지는 작용이다.

02 변성 작용은 마그마의 열에 의한 접촉(㉠) 변성 작용과 온도와 압력 상승에 의한 광역(㉡) 변성 작용으로 구분되고, 대륙판과 대륙판이 충돌하는 지역에서는 주로 광역(㉢) 변성 작용이 일어난다.

03 ㄴ. 혼펠스는 세일이 접촉 변성 작용(A)을 받아 생성된다.
ㄷ. 편마암은 세일이 광역 변성 작용(B)을 받아 생성된다.
바로알기 ㄱ. A는 주로 열에 의한 접촉 변성 작용이다.

04 (1) 섭입대인 A 지역에서는 깊이가 깊어질수록 온도와 압력이 증가하여 변성도가 증가한다.
(2) B 지역에서는 맨틀에서 생성된 현무암질 마그마가 상승하여 주변보다 지각의 온도가 높다.
(3) 편마암은 세일이 광역 변성 작용을 받아 형성되며, 광역 변성 작용은 섭입대(A 지역)를 따라 일어난다.

05 (1) (가)의 밝은색 광물과 어두운색 광물이 교대로 나타나는 평행한 줄무늬를 편마 구조라 하고, 편마 구조가 잘 나타나는 암석을 편마암이라고 한다.
(2) 변성암이지만, 화석이 산출되기 위해서는 변성이 많이 일어나지 않아야 한다. 얇은 판 모양으로 쪼개지고, 화석이 산출되는 (나)는 점판암으로, 세일이 약한 변성 작용을 받아 형성된 변성암이다.
(3) 세일이 광역 변성 작용을 받으면 변성도에 따라 점판암 → 천매암 → 편암 → 편마암이 된다.
(4) (가)와 (나)는 모두 세일이 광역 변성 작용을 받아 생성된 변성암이다.

06 (1) 이 지층의 단면에서는 지층이 휘어져 있는 습곡을 관찰할 수 있다.
(2) 습곡은 양쪽에서 미는 힘인 횡압력이 작용하여 형성된다.
(3) 습곡에서 지층이 아래로 오목하게 내려간 부분을 향사, 위로 볼록하게 올라간 부분을 배사라고 한다.

07 (1) (가)는 상반이 하반보다 상대적으로 위로 올라간 역단층이고, (다)는 상반이 하반보다 상대적으로 아래로 내려간 정단층이다.
(2) (가)는 역단층으로, 횡압력을 받아 단층면 위의 암반인 상반이 하반보다 상대적으로 위로 올라가 있다.
(3) (나)는 지층이 수직 방향의 이동이 없고, 수평 방향의 이동만 있으므로 주향 이동 단층이다.
(4) (다)는 정단층으로, 장력이 작용하여 형성된 단층이다.

08 ㄴ. B는 두 판이 스쳐 지나가는 보존 경계이므로, 힘이 수평 방향으로 어긋나게 작용하여 주향 이동 단층이 형성된다.
ㄷ. C는 두 판이 가까워지는 수렴 경계이므로, 횡압력이 작용하여 주로 습곡이나 역단층이 형성된다.
바로알기 ㄱ. A는 두 판이 멀어지는 발산 경계이므로, 장력이 작용하여 주로 정단층이 형성된다.

09 ㄱ. 암석이 퇴적물로 되는 과정에서 풍화와 침식 작용(㉠)이 일어나고, 이는 태양 복사 에너지에 의해 일어난다.
ㄷ. 모든 암석은 여러 환경 변화에 따라 끊임없이 다른 암석으로 변한다.
바로알기 ㄴ. 암석이 열과 압력을 받아 변성 작용(㉡)이 일어나면 변성암이 생성된다.

개념 적용 문제

102쪽~107쪽

01 ⑤	02 ③	03 ③	04 ①	05 ④	06 ③
07 ①	08 ④	09 ②	10 ②	11 ②	12 ③

01 ㄱ. A는 압력이 상승하면서 온도가 함께 상승하는 환경이므로, 광역 변성 작용에 해당한다.
ㄴ. B는 압력이 낮고 온도가 높은 변성 환경이므로, 접촉 변성 작용이 일어난다.
ㄷ. 편마암은 세일이 광역 변성 작용으로 생성된 변성암이므로 A의 환경에서 잘 생성된다.

02 ㄱ. A는 광역 변성 작용, B는 접촉 변성 작용이다. 접촉 변성 작용은 열에 의해, 광역 변성 작용은 열과 압력에 의해 일어나므로 변성 과정에서 압력의 영향은 A가 B보다 크다.
ㄴ. (나)에서 ㉠ 지점은 해양판이 섭입하면서 두 판이 충돌하므로 열과 압력이 높은 환경이다. 따라서 ㉠ 지점에서는 광역 변성 작용이 잘 일어난다.
바로알기 ㄷ. (나)에서 ㉡ 지점은 마그마가 관입하여 접촉 변성 작용이 일어나므로 재결정 작용은 일어나지만, 압력이 작용하지 않아 엽리는 잘 발달하지 않는다.

03 ㄱ. 세일이 접촉 변성 작용을 받은 C는 혼펠스이다.
ㄷ. 사암이 접촉 변성 작용을 받은 A는 규암, 석회암이 접촉 변성 작용을 받은 B는 대리암이다. ㉡은 입상 변정질 조직으로, 규암(A)과 대리암(B)에서 잘 나타난다.
바로알기 ㄴ. ㉠은 입자가 작은 광물들이 치밀하고 단단하게 짜인 혼펠스 조직이고, ㉡은 크기가 거의 비슷한 조립질 광물 입자들이 치밀하게 짜인 입상 변정질 조직이다.

04 ㄱ. 점판암인 (나)는 세일이 광역 변성 작용을 가장 적게 받아 광물 입자가 매우 작아 육안으로 구별할 수 없지만, 편마암인 (다)는 점판암보다 변성 작용을 많이 받아 재결정 작용으로 광물 결정이 성장하여 육안으로도 구별할 수 있다.

바로알기 ㄴ. 편리는 특정 광물이 압력에 직각 방향으로 성장하여 평행하게 배열된 것으로, 편암인 (가)에서 잘 나타난다.
ㄷ. 셰일이 광역 변성 작용을 받으면 변성도에 따라 (나) 점판암 → (라) 천매암 → (가) 편암 → (다) 편마암으로 변한다.

05 ㄱ. 혼펠스는 셰일(A)이 접촉 변성 작용을 받아 생성된 변성암이고, 점판암, 천매암, 편암, 편마암은 셰일(B)이 광역 변성 작용을 받아 생성된 변성암이다.
ㄷ. 조산 운동이 일어나는 지역에서는 열과 압력으로 광역 변성 작용이 잘 일어나고, 이는 (나)에 해당한다.
바로알기 ㄴ. 규암과 대리암은 접촉 변성암으로 분류하지만, 광역 변성 작용에 의해서도 생성될 수 있다.

06 ㄱ. (가)의 A 지역은 마그마가 관입하고 있는 곳으로, 열에 의한 접촉 변성 작용이 일어난다.
ㄴ. (나)의 ㉠ 암석은 밝은색 광물과 어두운색 광물이 교대로 평행한 줄무늬가 나타나는 편마암이다. 편마암은 셰일이 광역 변성 작용을 받아 생성되므로 열과 압력이 함께 작용하는 B 지역에서 생성될 수 있다.
바로알기 ㄷ. (나)의 ㉡ 암석은 셰일이 접촉 변성 작용을 받아 생성된 혼펠스이다. 혼펠스는 열에 의한 접촉 변성 작용이 잘 일어나는 환경에서 생성된다.

07 ㄱ. 단층면 위의 암반인 상반이 하반보다 상대적으로 아래로 이동하였으므로, 정단층에 해당한다.
바로알기 ㄴ. A 지층이 포함된 암반은 단층면 아래에 있으므로 하반이고, B 지층이 포함된 암반은 단층면 위에 있으므로 상반이다.
ㄷ. 이 단층은 정단층으로, 장력이 작용하는 환경에서 생성되었다. 지하 깊은 곳이라 하더라도 장력이 작용하는 환경에서는 습곡이 만들어질 수 없다.

08 ㄱ. (가)는 양쪽에서 미는 힘인 횡압력이 작용하여 지층이 휘어진 습곡이다.
ㄷ. 역단층은 주로 지표 부근에서 횡압력을 받아 암석이 깨지며 형성되지만, 습곡은 암석이 휘어질 수 있는 온도와 압력이 높은 지각 깊은 곳에서 더 잘 형성된다.
바로알기 ㄴ. (나)는 단층면 위의 암반인 상반이 하반보다 상대적으로 위로 이동하였으므로, 횡압력이 작용하여 생성된 역단층이다.

09 ㄴ. 두 판이 스쳐 지나가는 보존 경계인 B에서는 힘이 수평 방향으로 어긋나게 작용하여 주향 이동 단층이 형성된다.
바로알기 ㄱ. 두 판이 멀어지는 발산 경계인 A에서는 장력이 작용하여 주로 정단층이 형성된다.
ㄷ. 두 판이 가까워지는 수렴 경계인 C에서는 횡압력이 작용하여 습곡이나 역단층이 형성된다.

10 ㄷ. (나)는 습곡으로, 변성암에서 잘 나타나고, 변성암이 형성되는 (가)의 ㉡ 과정에 의해 형성된다.
바로알기 ㄱ. (가)의 X는 마그마가 식어서 생성된 화성암이고, Y는 퇴적물이 속성 작용을 받아 생성된 퇴적암이다.
ㄴ. (가)에서 ㉠ 과정은 암석이 퇴적물이 되는 과정이므로 풍화와 침식 작용에 해당한다. 이 과정을 일으키는 에너지의 근원은 태양 복사 에너지이다.

11 ㄷ. 히말라야산맥과 같이 두 대륙판이 충돌하는 곳에서는 높은 열과 큰 압력이 작용하여 넓은 지역에 걸쳐 광역 변성 작용이 일어나므로 (나)의 C 조건에 해당한다.
바로알기 ㄱ. 히말라야산맥의 가장자리보다 중심으로 갈수록 고온·고압의 환경이므로 더 높은 변성 작용을 받는다. 따라서 ㉠은 편암이고, ㉡은 천매암이다.
ㄴ. (나)의 D와 E에서는 화강암의 용융 곡선보다 오른쪽에 위치하여 암석이 용융되는 환경이므로 마그마가 생성된다. 그러나 A에서는 주로 열에 의한 접촉 변성 작용이 일어나므로 마그마가 생성되지 않는다.

12 ㄱ. (나)는 입상 변정질 조직이 나타나고, 묽은 염산과 반응하므로 대리암이고, 석회암이 접촉 변성 작용을 받아 생성되므로 A에서 산출된다.
ㄴ. B에서는 사암이 접촉 변성 작용을 받아 생성된 규암이 산출되고, 규암에서는 입상 변정질 조직이 나타난다.
바로알기 ㄷ. C는 편암으로, 셰일이 광역 변성 작용을 받아 생성되었다.

03 우리나라의 지질공원

중요 개념 체크

109쪽	**1** 국가지질공원	**2** (1) × (2) ○
111쪽	**1** 해양, 육상	**2** (1) × (2) ○
113쪽	**1** 중생대	**2** (1) ○ (2) ×
115쪽	**1** 선캄브리아 시대	**2** (1) ○ (2) ○

개념 기본 문제

118쪽~119쪽

01 ㉠ 지구과학, ㉡ 국가지질공원 **02** (1) × (2) ○ (3) × (4) × **03** (1) 퇴적암 (2) 바다 **04** ㄱ, ㄴ **05** (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ **06** ㉠ 화강암, ㉡ 암맥 **07** ㄱ, ㄷ **08** (1) 석회암, 고생대 (2) 현무암, 신생대 **09** (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × **10** ㉠ 선캄브리아 시대, ㉡ 규암, ㉢ 융기

01 지구과학(㉠)적으로 중요하고 경관이 뛰어난 지역을 보전·활용하기 위해 환경부 장관이 인증한 공원을 국가지질공원(㉡)이라고 한다.

02 (1) 우리나라 국가지질공원 중 2012년 울릉도·독도와 제주도 국가지질공원이 처음으로 인증받았다.
(2) 우리나라에서는 2025년 9월까지 총 16곳이 국가지질공원으로 인증받았다.
(3) 우리나라는 2025년 9월 기준으로 제주도, 청송, 무등산권, 한탄강, 전북 서해안권, 단양, 경북동해안 지질공원이 유네스코 세계지질공원으로 지정되어 있다.
(4) 국가지질공원은 지구과학적으로 중요한 지질 유산을 보전하고 교육 및 관광 사업 등에 활용하기 위하여 만든 제도로, 개발을 제한하고 있지 않다.

03 (1) 구문소에서는 석회암, 셰일, 사암 등으로 이루어진 전기 고생대에 생성된 퇴적암을 관찰할 수 있다.
(2) 구문소에서는 삼엽충과 필석 화석 등의 해양 생물 화석이 산출되므로 바다에서 형성된 지층이다.

04 ㄱ. 화성 국가지질공원의 고정리 공룡알 화석지에서는 300여 개 이상의 공룡알 화석이 산출된다.
ㄴ. 고정리 공룡알 화석지는 중생대 백악기 말 육상 환경에서 형성되었다.
바로 알기 ㄷ. 이 지역에서는 역암, 사암, 이암과 층리, 사층리, 연흔 등 퇴적 당시의 퇴적 구조를 관찰할 수 있다.

05 (1) 채석강은 중생대 백악기에, 수월봉은 신생대 제4기에 생성되었다.
(2) 채석강은 중생대 백악기의 호수에서 퇴적된 지층이다.
(3) 수월봉은 주로 화산 쇄설물인 화산재가 퇴적된 응회암으로 이루어져 있다.
(4) 수월봉은 제주도 국가지질공원의 지질 명소에 속해 있다.

06 서낭바위 일대의 기반암은 약 1.7억 년 전 중생대 쥐라기에 형성된 화강암으로, 화강암(㉠)층 사이로 수평 방향의 규장암 암맥(㉡)이 관입하였다. 이후 풍화와 침식 작용으로 현재와 같은 지형이 형성되었다.

07 ㄱ. (가)는 울릉도의 국수바위, (나)는 경주 양남 주상절리군으로 모두 주상 절리이다.
ㄷ. (나)는 경북동해안 국가지질공원에 있으며, 신생대에 분출한 화산 활동으로 형성되었다.
바로 알기 ㄴ. (가)는 울릉도·독도 국가지질공원에 있으며, 신생대에 분출한 화산 활동으로 형성되었다.

08 (1) (가)는 고생대에 퇴적된 석회암 지대에 형성된 석회 동굴로, 석회암으로 이루어져 있다.
(2) (나)는 신생대에 분출한 용암이 흐르면서 형성된 용암 동굴로, 현무암으로 이루어져 있다.

09 (1) 지층이 휘어진 습곡 구조가 발달해 있다.
(2) 말도 습곡 구조는 규암층이 횡압력을 받아 형성된 것으로, 이 암석은 사암이 접촉 변성 작용을 받아 생성된 것이다.
(3) 이 습곡은 변성 작용을 받았지만, 퇴적 당시에 발달한 사층리와 연흔 등의 퇴적 구조를 관찰할 수 있다.
(4) 습곡은 형성 과정에서 횡압력을 받아 형성된다.

10 선캄브리아 시대(㉠) 후기의 얕은 바다에 퇴적물이 쌓여 형성된 사암은 지하 깊은 곳에서 고온·고압을 받아 변성암인 규암(㉡)으로 변하였다. 이후 규암은 융기(㉢)한 뒤 파도와 비바람의 침식 작용으로 현재와 같은 모습을 형성하였다.

개념 적용 문제

120쪽~123쪽

01 ② **02** ③ **03** ① **04** ③ **05** ⑤ **06** ① **07** ③ **08** ③

01 ㄴ. 채석강의 지층에서 관찰되는 역암, 사암, 셰일 등은 쇄설성 퇴적암으로, 자갈, 모래, 점토 등의 퇴적물이 쌓여 생성된 것이다.
바로 알기 ㄱ, ㄷ. 채석강은 중생대 백악기 호수 환경에서 퇴적물이 쌓여 생성되었고, 신생대에 퇴적층이 융기하여 침식 작용으로 현재와 같은 지형이 형성되었다.

02 ㄱ. 구문소는 고생대 바다에서 퇴적된 지층으로, 삼엽충과 필석 화석 등 해양 생물 화석을 관찰할 수 있다.

ㄴ. 마이산의 봉우리는 대부분 역암으로 이루어져 있으며, 표면에서는 암석이 풍화 작용을 받아 떨어져 나간 타포니를 관찰할 수 있다.

바로알기 ㄷ. (가)는 전기 고생대에, (나)는 중생대 백악기에 생성된 퇴적암이다.

03 ㄴ. 만장굴은 신생대에 용암이 흐르면서 생성된 용암 동굴이다.

바로알기 ㄱ. 현무암질 마그마가 분출한 용암이 식어서 만들어진 암석으로, 만장굴은 현무암으로 구성되어 있다.

ㄷ. 동굴 벽면의 선 구조는 용암이 흐를 때 용암의 수위가 낮아지면서 형성된 것이다.

04 ㄱ. (가)는 양남 주상절리군으로, 용암이 수축하여 만들어진 주상 절리이다.

ㄷ. 입석대인 (나)는 중생대 백악기에 분출된 화산 쇄설물이 재용융되어 만들어진 용결응회암으로, 신생대에 분출하여 생성된 현무암인 (가)보다 더 오래된 암석이다.

바로알기 ㄴ. (가)와 (나)는 모두 다각형의 기둥 모양이므로 주상 절리이고, 판상 절리는 주로 심성암 지형에서 잘 나타난다.

05 ㄱ. 두무진은 사암이 지하 깊은 곳에서 고온·고압의 변성 작용을 받아 형성된 규암으로 이루어져 있다.

ㄴ. 분바위는 석회암이 고온·고압의 변성 작용을 받아 형성된 대리암으로 이루어져 있다.

ㄷ. (가)와 (나)를 구성하는 암석은 모두 선캄브리아 시대에 생성된 변성암으로 이루어져 있다.

06 ㄱ. ㉠은 밝은색과 어두운색의 줄무늬가 교대로 발달한 편마 구조이고, (가) 지역은 편마암으로 이루어져 있다.

바로알기 ㄴ. 셰일이 광역 변성 작용을 받아 생성된 것은 편마암이고, 화강편마암(㉠)은 화강암이 광역 변성 작용을 받아 생성된 것이다.

ㄷ. (가)는 편마암으로 변성암이고, (나)는 화강편마암으로 변성암으로 이루어져 있다.

07 ㄱ. (가)의 습곡 구조는 과거에 횡압력을 받아 생성되었다.

ㄴ. (나)의 주상 절리는 용암이 급격히 식으면서 수축하여 형성된 지질 구조이다.

바로알기 ㄷ. (가)는 고군산군도 국가지질공원의 말도 습곡 구조로, 선캄브리아 시대의 변성암인 규암이 변형된 습곡이다. (나)는 울릉도·독도 국가지질공원의 국수바위로, 신생대 화산 분출로 형성된 화산암의 주상 절리이다.

08 ㄱ. 채석강은 중생대 백악기 호수에 쌓인 퇴적층이 신생대에 융기하여 지표면에 드러났다.

ㄷ. 채석강은 퇴적층이 지표면에 드러나 해수면 변동에 의한 침식 작용으로, 두무진은 변성암이 융기하여 물 위로 드러난 후 파도에 의한 침식 작용으로 현재와 같은 모습을 형성하였다.

바로알기 ㄴ. 두무진 지층에는 퇴적 당시의 연흔과 사층리 등의 퇴적 구조가 남아 있다. 이를 통해 선캄브리아 시대 후기의 얕은 바다에서 퇴적물이 쌓여 형성된 사암이 지하 깊은 곳에서 고온·고압의 변성 작용을 받았음을 알 수 있다.

중단원 핵/심/정/리 124쪽~125쪽

1 물 2 SiO_2 3 압력 4 용융점
5 주상 절리 6 현무암 7 열 8 압력
9 입상 변정질 10 편마 구조 11 혼펠스
12 천매암 13 편마암 14 배사 15 장력
16 암석의 순환 17 국가지질공원
18 중생대 19 화산 20 선캄브리아 시대

통합 실전 문제 126쪽~128쪽

01 ③ 02 ① 03 ④ 04 ③ 05 ② 06 ⑤
07 ③ 08 ④ 09 ① 10 ③ 11 ③

01 ㄱ. ㉠은 해령에서 맨틀 물질이 상승하면서 압력이 감소(B 과정)하여 물이 포함되지 않은 맨틀의 용융 곡선과 만나 생성된 현무암질 마그마이다.

ㄷ. ㉢은 섭입대에서 해양 지각의 물이 맨틀에 공급되어 용융점이 낮아져(C 과정) 생성된 현무암질 마그마이다.

바로알기 ㄴ. ㉡은 열점에서 해령처럼 맨틀을 이루는 물질이 상승하면서 압력이 감소(B 과정)하여 생성된 현무암질 마그마이다.

02 ㄴ. (가)는 SiO_2 함량이 적고 고철질 조성인 현무암질 마그마이고, (나)는 SiO_2 함량이 많고 규장질 조성인 유문암질 마그마이다. 생성된 암석의 색은 고철질인 (가)가 규장질인 (나)보다 어둡다.

바로알기 ㄱ. SiO_2 함량이 많을수록 점성이 높으므로, 점성은 SiO_2 함량이 많은 (나)가 (가)보다 높다.
ㄷ. SiO_2 함량이 많을수록 화산가스 함량이 많으므로, 화산가스 함량은 SiO_2 함량이 많은 (나)가 (가)보다 많다.

03 ㄴ. ㉠은 관입암이므로 입자 크기가 큰 A이고, 화성암 A는 SiO_2 함량이 적으므로 염기성암으로 어두운색을 띤다. 반면, ㉡은 분출암이므로 입자 크기가 작은 B이고, 화성암 B는 SiO_2 함량이 많으므로 산성암으로 밝은색을 띤다. 따라서 ㉡은 ㉠보다 암석의 색이 밝다.
ㄷ. A는 입자의 크기가 크고 SiO_2 함량이 적으므로 염기성암이며, 심성암인 반려암에 해당하여 ㉠에서 산출된다. 반면, B는 입자의 크기가 작고 SiO_2 함량이 많으므로 산성암이며, 화산암인 유문암에 해당하여 ㉡에서 산출된다.
바로알기 ㄱ. ㉠은 마그마가 지층과 평행하게 관입한 것이므로 암상이다. 암맥은 마그마가 지층을 가로지르거나 수직으로 관입한 화성암체이다.

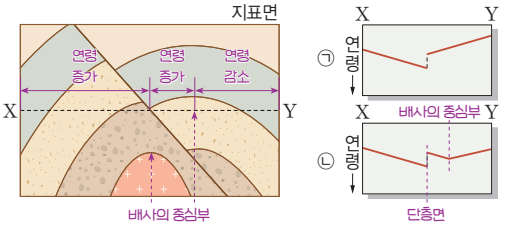
04 ㄱ. 북한산을 이루는 광물 결정의 크기가 크고 밝은색의 암석(㉠)은 화강암이고, 한탄강 주변을 이루는 광물 결정의 크기가 작고, 어두운색의 암석(㉢)은 현무암이다. 화강암(㉠)은 현무암(㉢)보다 지하 깊은 곳에서 생성된 심성암이다.
ㄴ. 한탄강 절벽에서 관찰된 다각형 기둥 모양의 구조인 ㉣은 주상 절리이다. 주상 절리는 용암이 공기 중에 노출된 표면부터 급격하게 냉각되면서 수축하여 만들어진 것이므로 화산암에서 생성된다.
바로알기 ㄷ. (나)의 한탄강 일대는 국가지질공원에 해당한다. 그러나 (가)의 북한산은 국립공원으로는 지정되어 있지만, 국가지질공원에 해당하지는 않는다.

05 ㄴ. A는 접촉 변성 작용이 일어나는 환경이고, B는 광역 변성 작용이 일어나는 환경이다. 접촉 변성 작용의 주요 변성 요인은 열이고, 광역 변성 작용의 주요 변성 요인은 열과 압력이다.
바로알기 ㄱ. 조산 운동이 일어나는 지역은 판이 충돌하는 곳으로, 높은 압력이 작용하므로 A보다 B에 가깝다. A는 마그마가 관입할 때 잘 일어난다.
ㄷ. (나)는 혼펠스이고, 혼펠스는 셰일이 접촉 변성 작용을 받아 생성된 암석이므로 주로 A에서 생성된다.

06 ㄱ. 셰일이 암석 A~D로 변성될 때는 광역 변성 작용이 일어나야 한다. 광역 변성 작용의 주요 변성 요인은 열과 압력이므로, 물리량 X는 압력이 적합하다.
ㄴ. (나)는 어두운색과 밝은색 줄무늬가 번갈아 나타나는 편마 구조가 보이므로 편마암이고, 셰일은 변성도에 따라 점판암(A), 천매암(B), 편암(C), 편마암(D)이 생성된다.
ㄷ. 셰일은 변성 작용이 일어나면 변성도에 따라 재결정 작용이 일어나 광물 입자의 크기가 점점 커지므로 암석을 이루는 광물 입자의 크기는 A에서 D로 갈수록 커진다.

07 ㄱ. 화성암 Q가 생성될 때 마그마가 관입하여 사암과 석회암은 접촉 변성 작용을 받았다. 사암이 접촉 변성 작용을 받으면 규암(A)이 생성되고, 석회암이 접촉 변성 작용을 받으면 대리암(B)이 생성된다. 규암과 대리암에서는 광물이 재결정 작용을 받아 입상 변정질 조직이 나타난다.
ㄷ. 화성암 P는 마그마가 분출하여 생성된 화산암이고, Q는 마그마가 관입하여 생성된 심성암이다. 화산암인 P는 마그마가 빠르게 냉각되어 결정이 성장할 시간이 충분하지 않아 광물 결정의 크기가 작고, 심성암인 Q는 마그마가 서서히 냉각되면서 결정이 충분히 성장하여 광물 결정의 크기가 크다.
바로알기 ㄴ. 셰일이 접촉 변성 작용을 받으면 혼펠스(C)가 생성된다. 혼펠스에서는 입자가 작은 광물들이 치밀하고 단단하게 짜인 조직인 혼펠스 조직이 나타난다. 엽리는 광물들이 압력에 직각 방향으로 평행하게 배열된 구조로, 광역 변성 작용이 일어날 때 형성된다.

08 ㄴ. 습곡 구조에서 지층이 위로 볼록하게 휘어진 부분이 있으므로 배사 구조가 나타난다.
ㄷ. 배사의 중심부에는 가장 오래된 암석이 분포한다. X에서 단층면까지는 배사의 중심부로 향하므로 지층의 연령이 점점 증가한다. 단층 이후에는 상반이 내려가 있으므로 연령이 적은 지층이 나타난다. 따라서 단층 이후 배사의 중심부까지는 연령이 증가하다가 중심부부터 Y까지는 연령이 감소하므로 지층의 연령 분포는 ㉡이 적절하다.



바로알기 ㄱ. 상반은 단층면 위의 암반으로, (가)에서 상반이 하반보다 상대적으로 아래로 이동하였으므로 장력을 받은 정단층이다.

09 ㄱ. 화성암 P가 화성암 Q보다 먼저 생성되었으므로 Q가 생성될 때 마그마가 관입하면서 먼저 생성된 P의 조각이 떨어져 나와 Q에 포획될 수 있다.

바로알기 ㄴ. 습곡의 지층이 단층면에 의해 절단되었으므로 절단당한 습곡이 단층보다 먼저 형성되었다.

ㄷ. 습곡은 횡압력에 의해 형성된다. 그러나 이 지역의 단층은 상반이 하반보다 상대적으로 아래로 이동하였으므로 정단층이며, 정단층은 장력에 의해 형성된다.

10 ㄱ. (나)는 석회 동굴이고, 고생대에 석회암이 지하수에 의해 용해되어 형성된 동굴이다.

ㄷ. (가)의 채석강은 중생대, (나)의 고수동굴은 고생대, (다)의 수월봉은 신생대에 생성된 암석이다. 따라서 각 지역의 암석이 생성된 순서는 (나) → (가) → (다)이다.

바로알기 ㄴ. (가)의 채석강은 역암, 사암, 셰일 등 퇴적암으로 이루어져 있지만, (다)의 수월봉은 응회암으로 이루어져 있다.

11 ㄱ. X는 마그마가 식어서 생성된 화성암이다. 입석대(A)는 무등산권 국가지질공원의 지질 명소로, 무등산의 주상 절리는 중생대 백악기 화산 쇄설물이 재용융된 용결응회암이므로 화성암(X)에 해당한다.

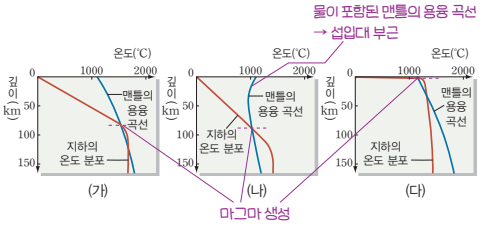
ㄴ. A인 입석대의 암석은 화성암, B인 말도 습곡 구조의 암석은 변성암, C인 구문소의 암석은 퇴적암이다. 변성암은 열과 압력을 받아 생성되고, B에 습곡 구조가 형성된 것으로 보아 높은 횡압력을 받았을 것이다.

바로알기 ㄷ. 퇴적암(Y)은 지구 내부에서 열과 압력을 받으면 변성 작용(㉠)이 일어나 변성암이 되는데, ㉠ 과정은 주로 지구 내부 에너지에 의해 일어난다. 태양 복사 에너지는 풍화와 침식 작용을 일으키므로 퇴적물을 생성하는 과정에서의 주 에너지원이다.

HIGH TOP 최상위 문제 129쪽

1 ⑤ 2 ④

1 자료 분석



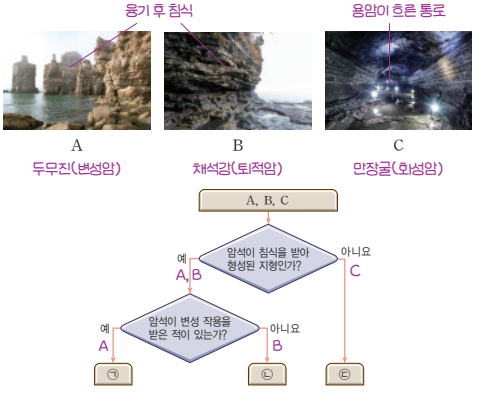
- (나)는 (가), (다)와 달리 맨틀의 용융점이 낮으므로 맨틀에 물이 포함되었음을 알 수 있다. 따라서 (나)는 섭입대 부근이다.
- (가)와 (다)는 맨틀에 물이 포함되지 않았고, 지하의 온도 분포 곡선이 달라진 것을 통해 맨틀 물질이 상승하면서 압력 감소로 마그마가 생성되는 해령과 열점이다.
- 해령은 해양 지각이 만들어지고 있는 곳으로, 마그마의 생성 깊이가 얕지만, 열점은 해령보다 더 지하 깊은 곳에 있는 맨틀 물질이 상승하여 마그마가 생성된다. 따라서 (가)는 열점이고, (다)는 해령이다.

ㄱ. (나)는 맨틀의 용융점이 낮으므로 물이 포함된 맨틀의 용융 곡선이며, 섭입대 부근을 나타낸다.

ㄴ. (가)와 (다)는 해령 또는 열점이므로 맨틀 물질이 상승하면서 압력이 감소하여 현무암질 마그마가 생성된다.

ㄷ. 열점에서는 해령보다 더 지하 깊은 곳인 외핵과 맨틀의 경계나 하부 맨틀에 있는 맨틀 물질이 상승하여 현무암질 마그마가 생성된다.

2 자료 분석



- 두무진(A): 선캄브리아 시대 얕은 바다에서 퇴적 → 고온·고압의 변성 작용 → 변성암 → 융기 후 침식 ⇒ ㉠
- 채석강(B): 중생대 호수에서 퇴적 → 퇴적암 → 융기 후 침식 ⇒ ㉡
- 만장굴(C): 신생대 화산 활동 → 현무암 → 용암이 흐른 통로 → 용암 동굴 ⇒ ㉢

ㄴ. B는 채석강으로, 채석강의 절벽은 침식 작용을 받아 형성된 지형이고, 채석강은 퇴적암으로 이루어져 있어 변성 작용을 받지 않았다. 따라서 B는 ㉡에 해당한다.

ㄷ. ㉠은 침식 작용과 변성 작용을 모두 받은 두무진인 A이고, ㉢은 용암이 흐른 통로로 침식 작용을 받지 않은 만장굴인 C이다. 두무진(㉠)은 선캄브리아 시대에 퇴적된 후 생성되었고, 만장굴(㉢)은 신생대의 화산 활동으로 생성되었다.

바로알기 ㄱ. A의 두무진은 약 10억 년 전 선캄브리아 시대에 얕은 바다에서 퇴적되어 생성된 사암이 고온·고압의 변성 작용을 받아 형성된 규암이다. 따라서 A는 변성암으로 이루어져 있다.

서술형 확장 문제

130쪽~133쪽

1 (1) 마그마는 지구 내부에서 지각 하부나 상부 맨틀의 물질이 용융되어 생성되고, 대륙 지각은 주로 화강암으로 구성되어 있으며, 암석에 물이 포함되면 용융점이 낮아진다.

(2) 마그마는 SiO_2 함량에 따라 현무암질 마그마, 안산암질 마그마, 유문암질 마그마로 구분한다. 현무암질 마그마는 맨틀 물질이, 유문암질 마그마는 대륙 지각 물질이 용융되어 생성된다. 섭입대에서 안산암질 마그마는 주로 현무암질 마그마와 유문암질 마그마의 혼합으로 생성된다.

모범답안 (1) a는 물이 포함된 화강암의 용융 곡선이고, b는 물이 포함된 맨틀의 용융 곡선이며, c는 물이 포함되지 않은 맨틀의 용융 곡선이다.

(2) ㉠은 안산암질 마그마, ㉡은 유문암질 마그마, ㉢은 현무암질 마그마이다. 섭입대에서 해양 지각의 함수 광물로부터 물이 빠져나와 맨틀에 공급되어 맨틀 물질의 용융점이 낮아지므로 (가)의 c → b의 과정으로 맨틀의 용융점이 하강하여 맨틀 물질이 부분 용융되어 현무암질 마그마(㉢)가 생성된다. 현무암질 마그마가 상승하여 대륙 지각 하부에 고이면 대륙 지각을 가열하고, (가)의 지하 온도와 a가 만나 대륙 지각 물질의 온도가 상승하여 대륙 지각이 부분 용융되어 유문암질 마그마(㉡)가 생성된다. 섭입대 상부에서 현무암질 마그마와 유문암질 마그마가 혼합되면 안산암질 마그마(㉠)가 생성된다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	a~c의 물질과 물의 포함 여부를 모두 옳게 쓴 경우	30
	a는 화강암, b, c는 맨틀의 용융 곡선이라 썼으나, 물의 포함 여부는 쓰지 못한 경우	10
(2)	㉠~㉢의 마그마 종류와 각각의 마그마의 생성 과정을 모두 옳게 서술한 경우	70
	㉠~㉢의 마그마 종류는 모두 옳게 썼으나, 마그마의 생성 과정 중 일부만 옳게 서술한 경우	50
	㉠~㉢의 마그마 종류만 옳게 쓰고, 마그마의 생성 과정을 옳게 서술하지 못한 경우	20

2 (1) 화성암에서 SiO_2 함량이 적고 철, 마그네슘, 칼슘의 함량이 많으면, 감람석과 휘석 등 어두운색 광물을 많이 포함한다. 한편, 화성암에서 SiO_2 함량이 많고 나트륨, 칼륨의 함량이 많으면, 석영과 정장석 등 밝은색 광물을 많이 포함한다.

(2) (나)는 암석의 색이 어두우므로 어두운색 광물을 많이 포함하고 있다. 감람석, 휘석 등은 어두운색 광물이 많은 염기성암이므로, 이 암석은 SiO_2 함량이 52 % 이하인 A에 해당한다.

모범답안 (1) 화성암 A는 SiO_2 함량이 적고, 철, 마그네슘, 칼슘의 함량이 많아 감람석과 휘석 등 어두운색의 고철질 광물이 많다. 화성암 B는 SiO_2 함량이 많고, 철, 마그네슘, 칼슘의 함량이 적으며, 나트륨과 칼륨의 함량이 많아 정장석과 석영 등 밝은색의 규장질 광물이 많다.

(2) (나)는 암석의 색이 어두우므로 어두운색 광물을 많이 포함하는 염기성암에 해당한다. 염기성암은 철과 마그네슘 함량이 많은 감람석, 휘석과 같은 고철질 광물이 많아 고철질암이라고도 한다. 염기성암은 SiO_2 함량이 52 % 이하이고, 철, 마그네슘 함량이 많으므로 (나)는 A에 해당한다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	화성암 A와 B의 화학 조성을 통해 광물의 종류를 서로 비교하여 옳게 서술한 경우	50
	화성암 A와 B의 화학 조성만 비교하거나, A와 B를 구성하는 광물만 비교하여 옳게 서술한 경우	30
(2)	(나)가 A임을 쓰고, 암석의 색과 화학 조성을 관련지어 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	50
	(나)가 A임을 썼으나, 암석의 색과 화학 조성을 관련지어 그 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	20

3 (1) 마그마가 관입하는 과정에서 기존 암석에서 떨어져 나온 암석 조각이 마그마 속으로 유입될 수 있다. 마그마의 온도가 암석 조각의 용융점보다 낮으면, 암석 조각은 녹지 않고 포획암으로 관입암 속에 남아 있게 된다.

(2) 지하 깊은 곳에서 생성된 암석이 융기하거나 암석을 덮고 있던 지층이 제거되면 암석에 작용하는 외부의 압력이 감소하여 암석은 서서히 팽창한다. 이렇게 암석이 팽창하게 되면, 표면에서부터 편평하게 쪼개져 얇은 판 모양의 판상 절리가 형성된다.

모범답안 (1) 마그마가 관입하면서 기존 암석에서 암석 조각이 떨어져 나올 수 있다. 떨어져 나온 암석 조각의 용융점이 마그마의 온도보다 높으면, 이 암석 조각은 녹지 않고 포획물로 남게 되므로 관입한 마그마가 식으면서 관입암이 생성되고, 포획물로 남아 있는 암석 조각은 관입암 속에 포획암으로 남게 된다.

(2) (나)는 심성암에서 잘 나타나는 판상 절리이다. 판상 절리는 얇은 판 모양의 절리로, 지하 깊은 곳에서 생성된 암석이 융기하거나 암석을 덮고 있던 지층이 제거되면 암석에 작용하는 외부의 압력이 감소하게 된다. 따라서 암석 내부의 압력으로 암석은 팽창하게 되고, 표면에서부터 편평하게 쪼개져 얇은 판 모양의 절리가 형성된다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	관입암 속의 포획암이 기존 암석에서 떨어져 나와 마그마에 녹지 않고 남게 된 과정을 모두 옳게 서술한 경우	50
	관입암 속의 포획암이 기존 암석에서 떨어져 나온 과정만 서술한 경우	30
(2)	외부의 압력이 감소하여 암석의 팽창으로 판상 절리가 형성된 과정을 모두 옳게 서술한 경우	50
	판상 절리의 형성 과정을 외부의 압력 감소나 암석의 팽창에 관한 서술 없이 일부만 서술한 경우	30

4 (1) 변성 작용이 일어나는 주요 요인은 온도와 압력이다. 마그마가 관입하는 곳은 주로 열에 의해 온도가 상승하는 환경(B)이고, 섭입대나 조산 운동과 같은 대규모 지각 변동이 일어나는 곳은 온도와 압력이 모두 상승하는 환경(A)이다.

(2) 접촉 변성 작용은 주로 열에 의해 온도 상승으로 일어나는 변성 작용으로, 마그마의 접촉부를 따라 비교적 좁은 지역에서 일어난다. 반면, 광역 변성 작용은 주로 온도와 압력 상승으로 일어나는 변성 작용으로, 비교적 넓은 지역에 걸쳐 일어난다.

모범답안 (1) A는 해양판이 대륙판 아래로 섭입하여 횡압력이 작용하여 지각의 두께가 두꺼워지고, 지각 내부의 온도와 압력이 모두 상승하는 환경이다. 한편, B는 마그마가 관입하여 마그마의 열에 의해 주변부의 온도가 크게 상승하는 환경이다.

(2) A는 섭입대에서 온도와 압력이 모두 상승하는 환경으로, 광역 변성 작용이 일어나며, (나)에서 온도와 압력이 함께 증가하는 ㉡에 해당한다. B는 마그마의 관입에 의해 압력보다 온도가 크게 상승하는 환경으로, 접촉 변성 작용이 일어나며, (나)에서 압력 변화는 크지 않지만, 온도가 크게 증가하는 ㉠에 해당한다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	A와 B의 변성 환경을 서로 비교하여 모두 옳게 서술한 경우	50
	A와 B의 변성 환경 중 일부만 옳게 서술한 경우	30
(2)	A와 ㉡, B와 ㉠을 옳게 연결하고, 변성이 일어나는 조건을 그래프를 활용하여 모두 옳게 서술한 경우	50
	A와 ㉡, B와 ㉠을 옳게 연결했으나, 변성이 일어나는 조건을 일부만 옳게 서술한 경우	30

5 (1) 변성 작용은 접촉 변성 작용(A)과 광역 변성 작용(B)으로 구분된다. 세립질 암석인 셰일은 접촉 변성 작용과 광역 변성 작용으로 생성되는 암석이 다르지만, 사암과 석회암은 접촉 변성 작용과 광역 변성 작용으로 각각 규암과 대리암이 생성된다.

(2) 셰일은 광역 변성 작용을 받으면 변성도가 커지면서 점판암 → 천매암 → 편암 → 편마암 순으로 생성된다. 또한, 편암에서는 편리가 나타나고, 편마암에서는 편마 구조가 나타난다.

모범답안 (1) 사암 → 규암, 석회암 → 대리암

(2) 셰일은 광역 변성 작용을 받으면 변성도가 커지면서 점판암 → 천매암 → 편암 → 편마암 순으로 생성된다. 따라서 ㉡은 편암이고, ㉢은 편마암이다. 편암(㉡)에서는 편리가 나타나고, 편리는 주로 세립질 암석에 압력이 가해지면서 광물이 압력에 직각 방향으로 성장하여 평행하게 배열되어 형성된 조직이다. 편마암(㉢)에서는 편마 구조가 나타나고, 편마 구조는 편암이 더 높은 열과 압력을 받으면 재결정 작용에 의해 결정의 크기가 커지고 밝은색 광물과 어두운색 광물이 교대로 나타나는 조직이다.

채점 기준		배점(%)
(1)	사암과 석회암이 변성을 받아 규암과 대리암이 생성됨을 모두 옳게 서술한 경우	40
	사암 또는 석회암 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	20
(2)	㉡과 ㉢에 들어갈 암석을 옳게 쓰고, 편리와 편마 구조를 모두 옳게 비교하여 서술한 경우	60
	㉡과 ㉢에 들어갈 암석은 옳게 썼으나, 편리와 편마 구조의 일부를 옳게 비교하여 서술하지 못한 경우	40
	㉡과 ㉢에 들어갈 암석은 옳게 썼으나, 편리와 편마 구조를 옳게 서술하지 못한 경우	20

6 (1) 단층은 상반과 하반의 상대적인 이동 방향에 따라 구분된다. 정단층은 상반이 하반보다 상대적으로 아래로 이동한 단층이고, 역단층은 상반이 하반보다 상대적으로 위로 이동한 단층이다.

(2) 정단층은 장력이 작용하는 발산 경계에서 잘 형성되고, 역단층은 횡압력이 작용하는 수렴 경계에서 잘 형성된다.

모범답안 (1) A, B, C는 모두 정단층이다. A는 왼쪽의 상반이 하반보다 아래로 이동하였다. B와 C에서는 두 단층면 사이에 있는 암반이 상반이고, 상반이 하반보다 아래로 이동하였다. 따라서 이 지역에 나타나는 모든 단층은 정단층이다.

(2) 이 지역에서는 한 지층에서 넓은 지역에 걸쳐 모두 정단층이 나타난다. 정단층은 양쪽에서 당기는 힘인 장력이 작용할 때 형성되는데, 판의 경계 중 발산 경계는 두 판이 멀어지는 곳으로, 장력이 작용하여 정단층이 형성된다.

채점 기준		배점(%)
(1)	A~C는 모두 정단층임과 상반이 하반보다 아래로 이동한 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	50
	A~C의 단층 종류에 일부 오류가 있지만, 정단층과 역단층의 상반과 하반에 대한 이동을 각각 옳게 서술한 경우	30
(2)	이 지역의 지형이 정단층임과 발산 경계에서 나타날 수 있고, 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	50
	이 지역의 지형이 정단층임과 발산 경계는 썼으나, 그 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	30

7 (1) 지표에서 암석의 풍화와 침식을 일으키는 에너지의 근원은 태양 복사 에너지이고, 지하 깊은 곳의 암석을 용융시켜 마그마를 생성하거나, 지구 내부에서 암석의 변성 작용을 일으키는 에너지의 근원은 지구 내부 에너지이다.

(2) 퇴적물은 속성 작용을 통해 퇴적암이 되고, 퇴적암이 열과 압력에 의해 변성 작용을 받으면 변성암이 된다. 사층리와 연흔 등의 퇴적 구조가 나타나는 사암이 지하 깊은 곳에서 변성 작용을 받으면 규암이 되고, 이 과정에서 횡압력을 받으면 지층이 휘어질 수 있다.

모범답안 (1) A는 태양 복사 에너지이고, B는 지구 복사 에너지이다. 지표의 암석은 풍화와 침식 작용을 받는데, 풍화와 침식 작용은 주로 태양 복사 에너지에 의해 일어난다. 지구 내부에서는 지구 내부 에너지에 의해 기존의 암석이 열과 압력을 받아 변성암이 되거나, 맨틀 내의 암석이 용융하여 마그마가 생성된다.

(2) 지표의 암석은 풍화와 침식 작용(①)에 의해 퇴적물이 되고, 모래가 퇴적되어 속성 작용(②)을 통해 퇴적암인 사암이 생성된다. 이때 사층리와 연흔 등의 퇴적 구조가 지층 속에 남아 있고, 사암층은 변성 작용(③)을 통해 변성암인 규암이 되고, 이 과정에서 횡압력을 받아 습곡이 만들어진다. 이후 규암층은 융기(⑦)하여 지표의 암석으로 드러나 현재의 모습을 형성한다.

채점 기준		배점(%)
(1)	A와 B에 해당하는 에너지와 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	50
	A와 B에 해당하는 에너지는 썼으나, 그 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	30
(2)	①, ②, ③, ⑦의 과정을 쓰고, 사암, 규암, 습곡, 퇴적 구조가 나타나게 된 과정을 모두 옳게 서술한 경우	50
	①, ②, ③, ⑦의 과정을 썼으나, 사암, 규암, 습곡, 퇴적 구조가 나타나게 된 과정을 일부만 옳게 서술한 경우	30

8 (1) 삼엽충은 고생대의 대표적인 해양 생물이고, 공룡은 중생대의 대표적인 육상 생물이다. 삼엽충 화석이 산출된다는 것은 퇴적 당시 고생대의 바다 환경이었다는 것을 의미하고, 공룡알 화석이 산출된다는 것은 퇴적 당시 중생대의 육상 환경이었다는 것을 의미한다.

(2) 암모나이트는 중생대의 대표적인 해양 생물이다. 한반도의 남해안을 비롯하여 경기도 화성 등 곳곳에서는 공룡알 화석, 공룡 발자국 화석 등이 발견되는데, 이는 중생대에 한반도는 공룡이 서식하기 좋은 육상 환경이었기 때문이다.

모범답안 (1) (가)는 삼엽충 화석으로, 삼엽충은 고생대의

해양 생물이다. (나)는 공룡알 화석으로, 공룡은 중생대의 육상 생물이다. 고생대에 한반도는 얕은 바다의 해양 환경이었으나, 중생대에 한반도는 육상 환경으로 변하였다.

(2) 한반도에서는 남해안을 비롯하여 경기도 화성 등 곳곳에서 공룡알 화석, 공룡 발자국 화석 등을 발견할 수 있다. 따라서 중생대의 한반도는 공룡이 서식하기 좋은 육상 환경이었음을 알 수 있다. 암모나이트는 중생대의 대표적인 해양 생물이고, 중생대의 한반도는 육상 환경이었으므로 암모나이트는 한반도에서 서식하지 못하여 화석으로 발견되지 않는다.

채점 기준		배점(%)
(1)	삼엽충 화석과 공룡알 화석을 통해 고생대는 해양 환경, 중생대는 육상 환경이었음을 모두 옳게 서술한 경우	50
	삼엽충 화석과 공룡알 화석의 특징은 설명하였으나, 이를 퇴적 환경과 연결하지 못한 경우	30
(2)	중생대에 한반도는 육상 환경이었고, 암모나이트는 해양 생물이므로 한반도에서 서식하지 못하였음을 모두 옳게 서술한 경우	50
	중생대에 한반도는 육상 환경임을 썼으나, 한반도에서 암모나이트 화석이 발견되지 않는 까닭을 구체적으로 서술하지 못한 경우	30

논구술 대비 문제

136쪽~139쪽

1 문제 해결 과정 (1) 지질시대는 크게 생물의 출현과 멸종을 기준으로 구분한다. 따라서 지질시대가 바뀔 때의 대멸종 중 빙하기와 직접 관련이 없는 예(페름기, 트라이아스기)를 들어 설명한다.

(2) 초대륙이 형성되고 분리되는 과정에서 마그마와 화성암이 생성되는 원리를 암석의 순환 과정과 연결하여 설명한다.

해설 (1) 지질시대는 크게 생물의 출현과 멸종을 기준으로 고생대, 중생대, 신생대로 구분되며, 각 '대'의 전환기에 대규모의 멸종이 발생하였다. 그러나 대멸종은 항상 빙하기 때문만은 아니다. 예를 들어, 고생대 페름기와 중생대 트라이아스기에는 판게아 형성이나 분리로 인한 화산 폭발과 기후 변화가 주요 원인이었다.

(2) 마그마가 생성되어 굳으면 화성암이 된다. 이 화성암은 풍화·침식 작용을 받아 퇴적물이 되고, 속성 작용을 거쳐 퇴적암이 된다. 화성암, 퇴적암, 변성암은 지하에서 높은 열과 압력을 받으면 변성암이 되고, 이들이 더 높은 열과 압력을 받아 다시 부분적으로 녹으면 마그마가 생성된다. 초대륙이 형성될 때는 대륙이 충돌하는 과정에서 마그마와 변성암이 만들어지고, 초대륙이 분리될 때는 열곡대와 해령에서 마그마가 생성되어 새로운 해양 지각(현무암 등)이 형성된다.

예시 답안 (1) 지질시대는 크게 생물의 출현과 멸종을 기준으로 구분된다. 고생대 오르도비스기에는 기온이 낮아지는 급격한 기후 변화로 대멸종이 있었지만, 대규모의 멸종이 있던 고생대 페름기와 중생대 트라이아스기에는 기온이 낮아지지 않았다. 고생대 페름기와 중생대 트라이아스기의 대멸종은 판게아의 형성이나 분리 과정에서의 화산 폭발과 기후 변화 때문에 발생했으며, 이는 빙하기와 무관하다. 따라서 대멸종이 항상 빙하기에 일어나는 것은 아니고, 판게아의 형성과 분리, 화산 활동 등 다양한 원인으로 대멸종이 일어날 수 있다.

(2) 초대륙이 형성될 때는 해양판의 섭입과 대륙이 충돌하는 과정에서 마그마가 생성되어 화성암과 변성암이 생성된다. 반대로, 초대륙이 분리될 때는 해령과 열곡대에서 마그마가 생성되어 새로운 해양 지각이 형성된다. 이처럼 초대륙이 형성되고 분리되는 과정은 암석의 순환 과정과 밀접하게 연결되어 있다.

2 문제 해결 과정 (1) 주상절리대의 절리면 너비는 용암의 냉각 속도와 관련이 있다. 따라서 주상절리대의 높이를 통해 용암의 양과 냉각 속도의 관계를 설명한다.

(2) 용암이 흐를 때, 하부는 지표면과 접촉하여 빨리 식고, 상부는 클링커층이 형성되어 서서히 식는 과정을 주상 절리의 형성과 연결하여 설명한다.

해설 (1) 용암의 두께가 두껍고 양이 많으면 서서히 식지만, 용암의 두께가 얇고 양이 적으면 빨리 식는다. 풍화를 겪지 않은 주상절리대의 높이가 50 m와 10 m로 차이가 나는 까닭은 용암의 양 차이 때문이고, 이는 냉각 속도의 차이를 만들어 주상 절리의 절리면 너비와 모양에 영향을 준다.

(2) 주상 절리는 용암이 급격히 식어 수축하면서 형성된다. 제주도 국가지질공원의 중문—대포 주상절리대의 상부에서는 하부와 달리 주상 절리가 뚜렷하게 잘 나타나지 않는다. 상부 최상단의 붉고 거친 암석층이 클링커층인데, 클링커층은 단열재 역할을 하여 바로 아래의 용암이 서서히 식도록 한다. 따라서 지표면에 접촉하는 하부는 빠르게 식어 주상 절리가 잘 발달하지만, 클링커층 아래의 상부 용암은 서서히 식어 주상 절리가 잘 발달하지 않는다.

예시 답안 (1) 주상 절리는 용암이 급격하게 식어 수축하면서 만들어지며, 서서히 식으면 절리면 너비가 넓고 육각형이 잘 나타나고, 빨리 식으면 절리면 너비가 좁고 형태가 불규칙하다. 높이 50 m의 주상절리대(A)를 형성한 용암은 높이 10 m의 주상절리대(B)를 형성한 용암보다 용암의 양이 많고 두께가 두꺼워 서서히 식으므로 절리

면 너비가 더 크다. 따라서 주상절리대의 절리면 너비는 A가 B보다 크다.

(2) 중문-대포 주상절리대의 상부에서는 주상 절리가 뚜렷하지 않는데, 이는 최상층의 붉고 거친 암석층인 클링커층이 단열재 역할을 하여 바로 아래에 있는 용암이 서서히 식었기 때문이다. 용암이 흐를 때 하부는 지표면과 접촉하여 빠르게 식어 주상 절리가 잘 발달하지만, 클링커층 아래의 상부 용암은 서서히 식어 주상 절리가 잘 발달하지 않는다.

3 **문제 해결 과정** (1) 판의 경계에서 두 판의 상대적인 이동 방향에 따라 장력, 횡압력, 전단력이 우세하게 작용하는 힘을 구분하고, 각각의 경계에서 형성되는 변형 구조를 설명한다.

(2) 해령과 섭입대의 해구에서 맨틀 물질의 압력 변화와 용융점 변화에 따른 마그마의 생성 과정을 설명하고, 섭입대에서 생성된 마그마가 대륙 지각에 미치는 영향과 이에 따라 추가로 생성된 마그마의 생성 과정을 설명한다.

(3) 변성 작용의 요인에는 온도, 압력, 활성 유체, 시간 등이 있으며, 마그마와 접촉하는 지역과 해양판이 섭입하는 지역에서 각각 어떤 요인이 우세한지 설명하고, 셰일이 변성 작용을 받아 생성되는 암석을 설명한다.

해설 (1) 발산 경계에서는 판이 서로 멀어지면서 장력이 작용하여 정단층이 형성되고, 수렴 경계는 판이 서로 가까워지면서 횡압력이 작용하여 습곡과 역단층이 형성되며, 보존 경계는 판이 서로 어긋나면서 전단력이 작용하여 주향 이동 단층이 형성된다.

(2) [그림 2]의 ㉠은 대륙 지각의 온도 상승, ㉡은 맨틀 물질의 상승에 따른 압력 감소, ㉢은 물의 공급으로 맨틀 물질의 용융점 하강에 의한 마그마 생성 과정을 나타낸다. 발산 경계인 해령에서는 맨틀 물질이 상승하면서 압력이 감소하여 맨틀 물질이 부분 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다. 수렴 경계인 해구에서는 해양판이 대륙판 아래로 섭입하여 해양판에서 빠져나온 물이 맨틀에 공급되어 맨틀의 용융점이 낮아져 맨틀 물질이 부분 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다. 이 마그마가 상승하여 대륙 지각을 가열하면 대륙 지각 물질이 부분 용융되어 유문암질 마그마가 생성된다. 현무암질 마그마와 유문암질 마그마가 혼합되어 안산암질 마그마가 생성될 수 있다.

(3) X에서는 마그마의 열로 인해 접촉 변성 작용이 일어나며, 셰일은 혼펠스로 변한다. Y에서는 해양판이 대륙판 아래로 섭입하면서 지각 내부의 온도와 압력이 상승하여 광역 변성 작용이 일어나며, 셰일은 변성도가 커지면서 점판암 → 천매암 → 편암 → 편마암으로 변한다.

예시 답안 (1) 발산 경계는 두 판이 서로 멀어지는 곳으로, 양쪽에서 잡아당기는 힘인 장력이 작용하여 상반이 하반보다 상대적으로 아래로 이동하는 정단층이 형성된다. 수렴 경계는 두 판이 서로 가까워지는 곳으로, 양쪽에서 미는 힘인 횡압력이 작용하여 상반이 하반보다 상대적으로 위로 이동하는 역단층이 형성되며, 지하 깊은 곳에서는 온도와 압력이 높아져 암석의 휘어지는 성질로 인해 습곡이 형성된다. 보존 경계는 두 판이 서로 어긋나는 곳으로, 수평 방향으로 어긋나는 힘인 전단력이 작용하여 단층면을 경계로 두 지층이 수평 방향으로만 이동하는 주향 이동 단층인 변환 단층이 형성된다.

(2) 마그마가 생성되려면 해당 장소의 온도가 암석의 용융점보다 높아야 한다. 발산 경계인 해령(A)의 하부에서는 고온의 맨틀 물질이 상승하며 압력이 감소하면서 ㉡ 과정을 통해 지하의 온도가 물이 포함되지 않은 맨틀의 용융점보다 높아진다. 따라서 해령(A)의 하부에서는 맨틀 물질이 부분 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다. 수렴 경계인 해구 아래의 섭입대(B)에서는 해양판이 대륙판 아래로 섭입하면서 해양 지각에서 빠져나온 물이 섭입하는 판 위의 맨틀로 유입되면 ㉢ 과정을 통해 맨틀 물질의 용융점이 낮아져 지하의 온도가 물이 포함된 맨틀의 용융점보다 높아진다. 따라서 섭입대(B)에서는 맨틀 물질이 부분 용융되어 현무암질 마그마가 생성된다. 상승한 현무암질 마그마가 대륙 지각(C) 하부에 고이면 마그마에서 방출하는 열에 의해 주변 대륙 지각의 온도가 상승하여 ㉠ 과정을 통해 지하의 온도가 물이 포함된 화강암의 용융점보다 높아진다. 따라서 대륙 지각(C) 하부에서는 대륙 지각 물질이 부분 용융되어 유문암질 마그마가 생성된다. 또한, 대륙 지각(C)에서는 현무암질 마그마와 유문암질 마그마가 혼합되어 안산암질 마그마가 생성될 수 있다.

(3) X에서는 관입한 마그마의 주변 암석이 마그마의 열에 의해 접촉 변성 작용을 받아 셰일이 혼펠스로 변한다. Y에서는 해양판의 섭입으로 지각 내부의 온도와 압력이 상승하여 광역 변성 작용을 받아 셰일이 변성도에 따라 점판암 → 천매암 → 편암 → 편마암으로 변한다.

MEMO