

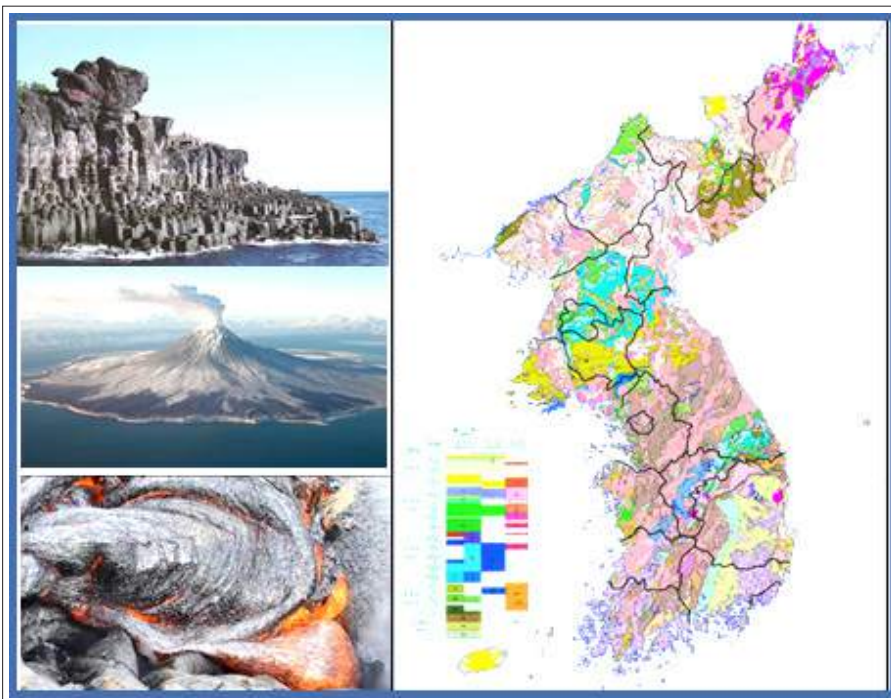
땅_지반을 알게 하는 지질학(Geology)

- 화산활동과 화산암/응회암 -



이병주

㈜SEIM-Korea 부회장
한국지질자원연구원 명예연구원
이학박사
(bjlee@kigam.re.kr)





1. 개요

지난 35권 5호에서 지구 내부 어디에선가 만들어진 마그마 방[magma chamber]에서 만들어진 마그마가 지각 심부에서 천천히 식어서 암석이 된 심성암과 마그마가 지표에 까지는 도달하지 않고 지표와 지각 사이에서 모암을 맥상으로 관입하면서 만들어진 암맥에 대해 알아보았다. 이때 마그마가 지각을 뚫고 지표에까지 도달하면 화산활동(volcanic activity)이 발생하게 되는데, 화산활동 중에는 그림 1의 (A)와 같이 지표위에 도달한 마그마인 용암(lava)이 지표에서 식은 화산암과 화산활동 시 수반된 화산폭발에 의해 화산쇄설물이 공기 중으로 뿜어 올라갔다가 지표에 쌓여 만들어진 응회암류(그림 1(B))가 화산활동 시 생성되는 암석들이다.

이번호에서는 화산활동에 의해 용암에서 만들어진 화산암과 화산쇄설물들이 지표에 쌓여 만들어진 응회암들에 대한 암석학적 특성 및 지질공학적 특성에 대해 알아보기로 한다.

한반도에서의 화산활동은 중생대 백악기 말에 가장 활발하였다. 이 시기에 화산암 및 응회암들은 한반도 동남부 경상남북도 일대와 전라남도 남부 일대에 분포하며 경상누층군의 유천층군에 해당한다. 신생대 제3기인 마이오세에 포항분지 및 장기분지 등의 퇴적분지 내에 퇴적암이 형성되면서 응회암과 화산암들이 함께 공존한다. 또한 제4기에도 화산활동이 한반도에서 일어났는데 대표적인 곳이 백두산과 그 인근, 제주도, 울릉도와 독도 그리고 경기도 연천군의 한탄강 일대이다.

2. 화산암의 성인과 분류

지난호의 심성암 편에서 SiO_2 의 함량에 따라 산성, 중성 및 염기성 마그마로 분류된다고 하였다. 화산암도



(A)



(B)

그림 1. 화산활동 시 용암의 흐름(A)과 화산폭발에 의해 화산쇄설물이 공기 중으로 뿜어 올라가는 현상(B)

표 1. 화산암의 분류와 특성

색	←-----담 색 ----- 검은색 ----->				
	산성암	중성암			염기성암
SiO ₂ %	>65	65~60	60±	55±	52~45
화산암	유문암 석영조면암	석영안산암	조면암	안산암	현무암
점 성	←-----증 가 ----- 감소 ----->				
유동성	←-----감 소 ----- 증가 ----->				
폭발성	←-----큼 ----- 작음 ----->				



(A)

(B)

(C)

그림 2. 화산암인 유문암(A), 안산암(B) 및 현무암(C)의 노두 사진으로 산성에서 염기성으로 가면서 암석의 색깔이 점점 검어짐

역시 용암(lava) 내 SiO₂의 함량이 65% 이상이면 산성 화산암이며 대표적 암석은 유문암이고, 중성암의 대표적 화산암은 조면암과 안산암, 그리고 SiO₂의 함량이 52% 이하인 염기성 화산암은 현무암이 대표적이다(표 1과 그림 2).

이들 산성, 중성 및 염기성 용암은 각각의 특성을 가지는데 산성의 용암은 점성(viscosity)이 크고 반대로 유동성이 작아서 지표에서 멀리 용암이 흐르지 않고 뭉치어 있다. 반면 염기성 용암은 점성이 적고 유동성이 크므로 용암이 멀리까지 흘러가게 된다. 또한 화산활동 시 산성 화산암은 폭발성이 커서 많은 양의 화산쇄설물들을 뿜어내지만 염기성 화산암은 상대적으로 폭발력이 약하여 용암의 분출이 많으며 비교적 조용히 용암을 멀리까지 흘러보낸다.

화산쇄설물이 쌓여서 된 암석인 화산쇄설암은 쇄설물들의 크기에 따라 암석의 이름이 붙어진다. 즉 쇄설물의 크기가 32mm 이상으로 크며 각력질인 것은 화산각력암이라 하며 4mm에서 0.25mm 정도의 쇄설물을 가지는 것을 래피리옹회암 그리고 그 이하 세립의 화산재들이 쌓여 만들어진 암석을 응회암이라 칭한다(표 2와 그림 3). 이상의 화산쇄설암은 화산활동 시 쇄설물들이 공기 중으로 뿜어 오른 후 중력에 의해 낙하 하면서 무게가 무거운 것들이 먼저 지표에 쌓이고 가벼운 것들은 더 멀리까지 날아가서 쌓이게 된다. 이렇게 화산쇄설



표 2. 화산쇄설암의 분류

	화산쇄설물	쇄설물 입자 크기(mm)	암석
화산쇄설암 (화산분출물이 운반, 퇴적)	화산암괴	32 이상	화산각력암
	화산력	32 ~ 4	집괴암
	화산자갈	4 ~ 1/4	래피리응회암
	화산진	1/4 미만	응회암



그림 3. 화산쇄설암인 화산각력암(A), 래피리응회암(B) 및 응회암(C)의 노두 사진

물들은 한켜 한켜 쌓이므로 퇴적암에서와 같이 층리들이 발달한다.

화산암은 크게 용암이 굳어서 만들어진 암석과 화산활동 시 화산쇄설물이 쌓여서 만들어진 암석으로 크게 구분하였다. 이들 중에서 용암에 의해 만들어진 화산암에는 용암이 분출할 때 녹은 상태로 흐르면서 굳어질 때 생성되는 면구조인 유동구조(flow structure)가 발달한다. 그림 4의 (A)는 현무암의 유동구조인 새끼구조(ropy structure)이고, (B)는 유문암에서 거의 수직으로 발달하는 유동구조이다.

현무암에서는 용암이 식으면서 휘발성분이 빠져 나가 암석 내 기공의 흔적들이 존재하는데 이러한 구조를



그림 4. 화산암에서 보이는 유동구조 : 현무암의 유동구조인 새끼구조(A)와 유문암에서 거의 수직으로 발달하는 유동구조(B)



그림 5. 현무암에서 보이는 행인상 구조(A)와 응회암에서 발달하는 층리(B)

행인상 구조(amygdaloidal structure)라 한다. 특히 어떤 곳에서는 이 기공의 흔적에 방해석 같은 다른 광물질이 채워지기도 한다(그림 5(A)). 화산쇄설물이 쌓여서 만들어진 암석인 응회암류의 경우는 쇄설물들이 화산 활동 시 공중으로 솟아올랐다가 중력에 의해 떨어지면서 퇴적암과 같이 한켜 한켜 쌓이면서 층리를 형성한다(그림 5(B)).

3. 지반공학적 관점에서의 화산암

한반도에 분포하는 화산암 중에서 중생대 백악기 말 소위 유천층군의 분포지 내와 제3기 지층이 분포하는 포항분지 및 장기분지 내에는 응회암류가 발달하고 있다. 이 지역에 분포하는 응회암들은 제올라이트(xeolite), 벤토나이트(bentonite), 몬몰릴로나이트(montmorillonite), 스멕타이트(smectite) 혹은 일라이트(illite) 등과 같은 팽창성 광물들을 함유하고 있는 특징이 있다. 이들 팽창성 광물들은 비가 오면 빗물과 화합하여 그림 6과 같이 시공된 도로 사면에서 배부름 현상이 나타나며 급기야 사면 붕괴가 발생하게 된다.

염기성 화산암인 현무암이 주로 분포하는 제주도에는 가끔 석회암 지대에서 나타나는 현상인 지표면 썩크홀이 발견되기도 한다. 이러한 땅꺼짐



그림 6. 유천층군의 응회암이 분포하는 지역의 도로 사면에서 발생하는 배부름 현상 및 사면붕괴



그림 7. 지표에서 보이는 침하현상인 솜골(A)과 지하 용암 튜브인 만장굴 내부(B)

현상은 제주도 북동부와 북서부에서 일어나는데 제주 주민들은 솜골이라 부른다. 이런 현상은 지표 하부에 용암 튜브(lava tube)라 불리는 동굴 모양의 터널이 존재하기 때문이다(그림 7).

이와 같은 지표침하가 발생하는 원인은 유동성이 큰 염기성 용암이 화산활동 시 지표를 따라 흘러가면서 지표와 맞닿은 부분은 상부 공기와 접하여 빨리 식어 암석으로 굳어지나 내부는 여전히 녹은 용암 형태로 전방으로 흘러 빠져 나감에 따라 공간이 발생하여 용암 튜브(lava tube) 형태의 동굴이 만들어진다(그림 8).

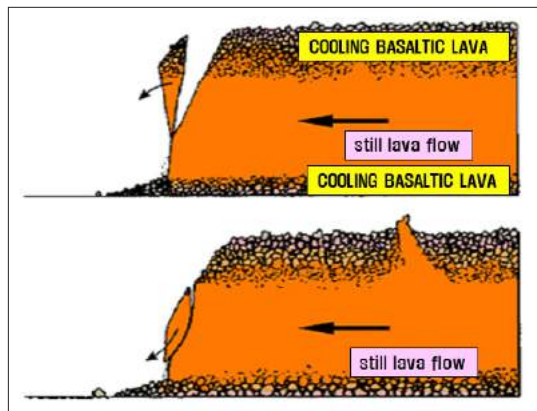


그림 8. 용암 튜브가 만들어지는 원리

제주도는 현무암질 화산암이 겹겹이 흘러 쌓여 있는 곳이다. 용암이 흘러 지표를 덮은 후 어느 정도 시간이

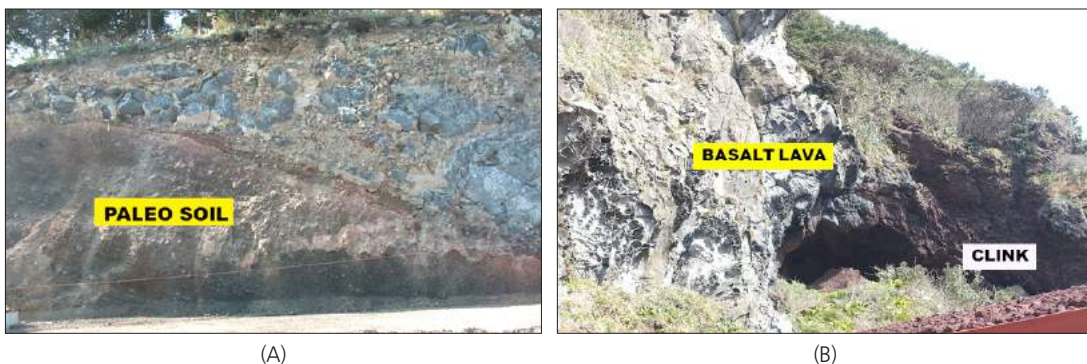


그림 9. 현무암층 하부에 발달한 고토양(A)과 현무암질 용암 하부에 발달한 클링크(B)

흐르면서 풍화가 발생하여 지표면이 토사 즉 흙으로 변하고, 그 후 연이어 또 다른 현무암질 용암이 흘러 덮으면 하부와 상부의 현무암 사이에 고토양(paleo soil)이 존재하게 된다. 이러한 연유로 제주도에는 경암의 현무암 아래 토양이 존재하는 연약 지반이 나타나기도 한다. 또 현무암질 용암은 격렬하게 분출하며 소위 클링크(clink)가 만들어 지는데 이러한 연약한 클링크층 위에 용암이 덮여 지하에 연약 지반이 발달하기도 한다(그림 9).

4. 맺음말

화산이 활동하면 마그마가 지표에까지 도달한 용암(lava)과 폭발에 의해 뿜어져 나오는 화산쇄설물들이 생성된다. 이에 따라 용암(lava)이 지표에 흘러 식어서 만들어진 화산암과 화산쇄설물들이 지표에 쌓여 만들어진 응회암류들이 생성된다. 화산암은 용암(lava) 내 SiO_2 의 함량이 65% 이상이면 산성 화산암이며 대표적 암석은 유문암이고, 중성암의 대표적 화산암은 조면암과 안산암, 그리고 SiO_2 의 함량이 52% 이하인 염기성 화산암은 현무암이 대표적이다.

응회암 중 특히 한반도에 분포하는 백악기 및 제3기에 만들어진 것들 중에는 팽창성광물들이 포함되어 있으며 이들 팽창성 광물들은 비가 오면 빗물과 화합하여 시공된 도로 사면에서 배부름 현상이 나타나고 급기야 사면 붕괴가 발생하게 된다. 제주도의 화산암 지역은 유동성이 큰 현무암 지대 지하에 용암 튜브(lava tube)가 발달하고 썩크홀 같은 지표침하가 일어나며, 하부 현무암과 상부 현무암 사이에 발달하는 고토양(paleo soil)과 연약한 클링크(clink)들이 존재하는 특성 등이 지반조사 시 유념해야 할 사항이다.