

# 제주도 꽃자왈지대의 용암

## No. 3. 도너리꽃자왈용암

송 시 태

서귀포고등학교 · 제주대학교 사범대학 교육과학연구소 특별연구원

### 요 약

제주도에서 꽃자왈이라 부르는 지대는 암괴상 아아 용암류의 특징을 잘 보여주는 “꽃자왈 용암(gotjawal lava)”이 놓여 있어 강수가 곧바로 지하수로 유입되는 투수성이 매우 높은 지역이다. 도너리꽃자왈용암은 한림읍 금악리와 안덕면 동광리의 경계지점에 걸쳐 있는 말발굽형의 도너리 오름(해발표고가 439.6m이며 비고가 110m)에서 시작되어 월령리와 영락리로 분기하였으며, 연장 거리가 12.5km로 제주도내 꽃자왈용암 중 연장거리가 최장이며, 경사가 완만한 지역에서는 넓어지는 경향을 보인다. 도너리꽃자왈용암의 조직은 클린커-암괴성 조직(clinkery-blocky texture)으로 되어 있는데, 중력과 대력으로 구성되어 있으며 현무암으로 되어 있다. 도너리꽃자왈용암의 성인 용암이 작은 절벽 즉, 장애물을 넘어갈 때 점성이 증가하여 형성된 것이다. 또한, 꽃자왈용암에 함유되어 있는 직경 2mm 이하의 준고결된 미세력은 꽃자왈용암이 유동하는 동안 용암판들이 뗏돌과 같은 작용을 하여 용암판 사이에 있는 암괴들이 분쇄되어 형성된 것으로 미세력의 양은 원거리형에 이룰수록 증가한다.

### I. 서 언

제주도의 동부와 서부지역에는 제주어로 ‘꽃자왈(gotjawal)’이라 불리워지는 지대가 비교적 넓게 분포하고 있다. 꽃자왈로 불리워지는 지대에는 꽃자왈용암(gotjawal lava: 송시대, 2000)이 분포함으로 말미암아 토양발달이 빈약하여 자연림과 가시덤불 등이 혼재되어 자라고 있어 경작지로 이용하지 못하는 불모지로 인식되어 왔으나 투수성이 높은 지역이어서 지하수 오염에 취약할 뿐 아니라 지하수가 함양되는 지역임이 밝혀짐에 따라 이 지대에 각종 시설물의 설치를 제한하는 시책을 시행하고 있다. 이처럼 최근에 들어서면서부터 꽃자왈지대에 대한 사회적 인식이 바뀌어 가고 있을 뿐만 아니라, 체계적인 보전·관리의 필요성이 제기되고 있지만 지금까지 꽃자왈지대에 대한 지질학적

인 연구는 송시대 외(1996), 송시대(2000), 송시대(2003), 송시대·윤선(2002)을 제외하면 전무한 실정이다.

본 논문은 제주도 한경-안덕 꽃자왈지대에 분포하는 도너리꽃자왈용암(송시대(2000)는 ‘월림-신평 꽃자왈’이라 명명하였음.)에 대한 야외지질학적 연구를 통하여 꽃자왈용암의 분포상태를 비롯한 꽃자왈용암의 구성암석, 조직, 유형 및 성인 등을 밝히고자 한 것이다.

### II. 꽃자왈용암의 분포와 암질

#### II-1 제주도 현무암질 용암의 2대 구분

제주도의 현무암질 용암은 그 형질에 있어서 아

야(Aa)와 파호이호이(Pahoehoe)로 구분할 수 있는데, 연구지역의 한라산현무암군으로 기재된 용암은 파호이호이 용암과 아아용암에 해당되고 표선리 현무암군을 구성하는 용암은 파호이호이에 해당된다.

제주도에 분포하는 아아 용암 중에서도 주로 압괴로 이루어진 것을 압괴상 아아 용암류(aa rubble flow)라 하는데(Williams and McBirney, 1979) 이는 용암류 내부의 용암판과 용암판 사이의 부분이 유동중에 각력질 압괴 크기로 파쇄되어 표면이 암설류의 양상을 이루는 것으로서 이러한 특징을 갖는 용암류를 송시대·윤선(2002)은 「꽃자왈용암(gotjawal lava)」이라 하였다.

파호이호이라는 말은 하와이 원주민들의 방언으로서 "매우 잔인한"이란 뜻을 지니고 있으나 Dutton(1884)이 처음 사용한 이후 지질학·화산학의 용어로 사용되고 있다. 파호이호이 용암류는 점성이 낮아 유동성이 크며 용암류의 표면이 편평하고 매끄러우며 새끼줄구조(ropy structure)등이 발달한 특징을 갖는데, 제주도에서 이러한 용암의 특징을 갖

는 지역을 제주어로 "빌레(Bille)"라 불리워지고 있는바 제주도의 현무암질 용암을 꽃자왈용암과 구분하기 위하여 「빌레용암(bille lava)」이라는 용어를 사용하고자 한다. 빌레용암은 제주도의 동부와 서부에 매우 폭넓게 분포하고 있다.

## II-2 꽃자왈용암의 분포

도너리꽃자왈용암(Doneori Gotjawal Lava)은 제주도 서부지역의 한경-안덕 꽃자왈지대(Hangyeong-Andeog Gotjawal Terrain)에 분포하고 있다.

도너리꽃자왈용암은 한림읍 금악리와 안덕면 동광리의 경계지점에 걸쳐 있는 말밭굽형의 도너리오름(국립지리원 발행 1:25,000 지형도에는 '돌오름'으로 표기됨, 해발표고가 439.6m이며 비고가 110m)에서 분출되어 한림읍 월령리와 대정읍 영락리의 해발 20m 지역까지 두 갈래로 나뉘어져 분포하고 있다(그림 1). 도너리오름에서 영락리 방향으로 분기(分岐)된 꽃자왈용암류의 최대 연장거리는 약 12.5km로

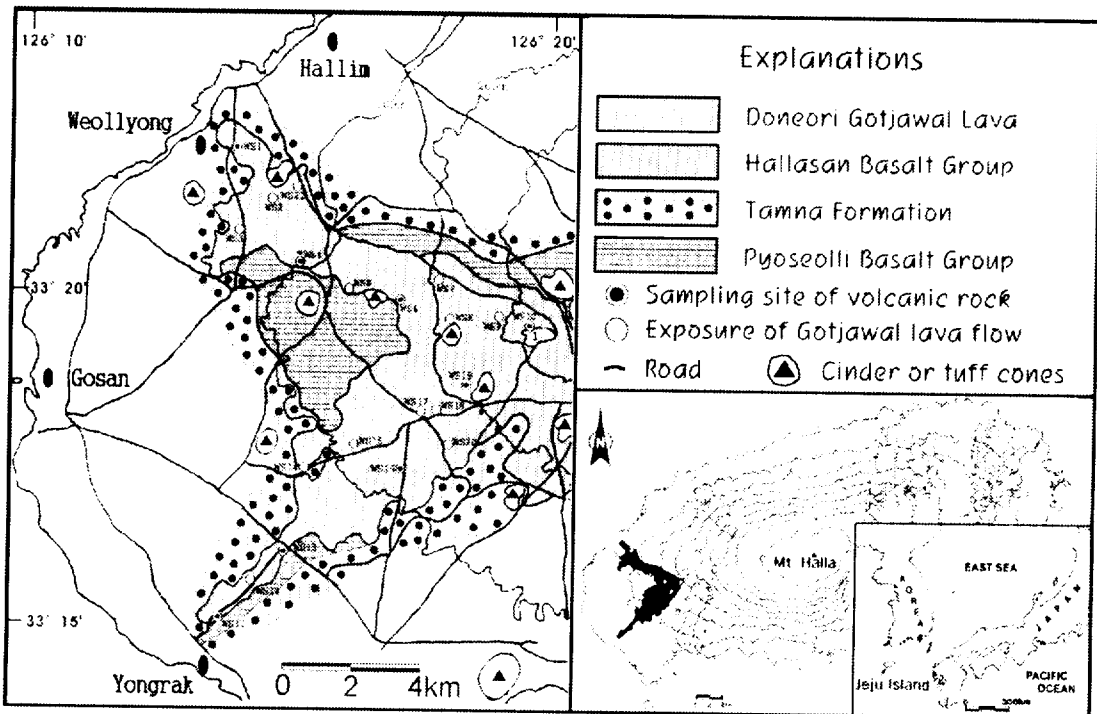


Fig. 1. Geologic map of the Doneori Gotjawal Lava in the western area, Jeju Island. 1: Doneorioreum

서 제주도내의 곳자왓용암 중 연장거리가 최대이다. 도너리오름에서 월령리 방향으로 분기된 곳자왓용암도 연장거리가 11.5km에 이르고 있어 도너리곳자왓용암이 다른 지역의 곳자왓용암에 비해 연장거리가 긴 편이다. 또한, 도너리곳자왓용암의 거리에 따른 분포 모습을 보면, 도너리오름에서 해발 180m 사이 지역은 폭이 6.2km로 비교적 넓게 분포하고 있으나 거리가 멀어질수록 폭이 점차적으로 좁아져 인항동 WS 13 지점에서는 폭이 0.5km에 불과하다.

### II-3 곳자왓용암의 층서상 위치

도너리곳자왓용암이 분포하는 지역은 하위에서 상위의 순서로, 표선리현무암 그룹(Pyoseolli Basalt Group, 윤선 외, 2002), 탐라층(Tamna Formation, 윤선 외, 2002), 한라산현무암 그룹(Hallasan Basalt Group, 윤선 외, 2002) 및 도너리곳자왓용암(Doneori Gotjawal Lava)의 층서를 나타낸다(그림 1: 표 1).

도너리곳자왓용암 하위에 분포하는 탐라층은 황갈색을 띠는 피상의 이암을 기질로 원마도가 좋은 1~2cm의 역들이 산재된 역질이암으로 구성되어 있다. 이 탐라층은 표선리현무암 그룹인 침식장석암상현무암이 형성된 이후 한라산현무암 그룹과 도너리곳자왓용암이 피복할 때까지 침식기간동안에 형성된 것으로서 시간적 불연속면을 의미한다.

Table 1. Stratigraphic position of the Doneori Gotjawal lava flows in the Hangyeong-Andeog Gotjawal Terrain.

Stratigraphic Position
Doneori Gotjawal Lava
Hallasan Basalt Group
Tamna Formation
Pyoseolli Basalt Group

### II-4 곳자왓용암의 암질

도너리곳자왓용암을 구성하고 있는 암석은 회색에

서 암회색을 띠는 휘석암상현무암(Augite Olivine Basalt)이다. 이 암석은 육안 관찰에 의하면, 0.1~0.5mm(최대 4mm)크기의 감암석 반정이 5~15% 정도 분포하고 1.5~2.0mm(최대 4mm) 크기의 휘석 반정도 1~3% 함유되어 있다. 전반적으로 이 암석은 다공질이다. 도너리곳자왓용암은 해발 160m 지점에서부터 월령리와 영락리 쪽으로 분기하고 있는데, 이들의 암질과 조직을 구분하여 설명하면 다음과 같다(그림 2).

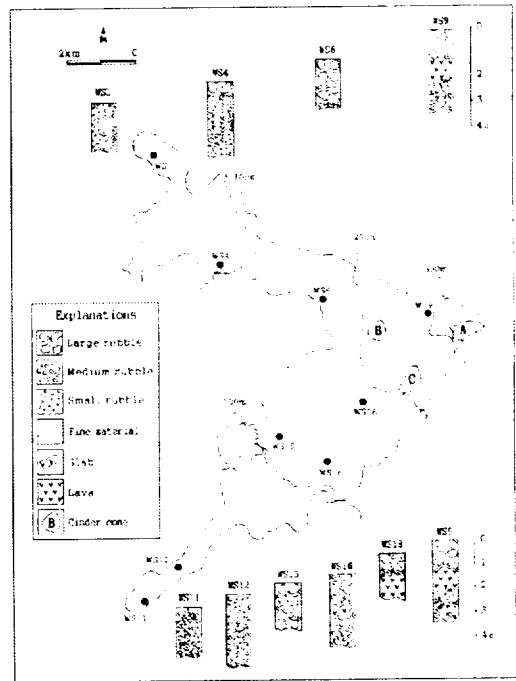


Fig. 2. Columnar sections of the Byeongak Gotjawal Lava Flow. A: Doneorioreum. B: Mundogioreum. C: Nonoreum)

#### ① 월령리 방향의 돌오름 곳자왓용암

거리에 따른 두께 변화를 보면, 돌오름 주변에서 해발 200m 지점까지는 평균 1~2m의 두께로 분포하고 있으며, 해발 200m 이하 지역에서는 두께가 약 2.5m로서 다소 두꺼워지는 경향을 보이고 있다. 특히, 해발 50m 이하지역의 경우, 암괴 사이에 2mm 이하 크기의 분쇄물을 다량 함유하며 무질서한 상태를 보이는 것으로 미루어 볼 때, Rowland and

Walker(1987)가 제시한 아아 용암류의 말단부 유형에 해당하는 것으로 해석된다(그림 2).

주요 지점별 특징을 살펴보면, 이 꽃자왈용암이 시작되는 도너리오름에서 약 1km 떨어진 지점에 위치한 WS 9 지점에 노출된 수직단면(두께 3.5m)에서는 지표로부터 약 1m 까지는 조금 원형이거나 조금 각이 진 중암괴와 소암괴로 이루어진 클린커가 영성하게 모여 있으며, 그 하부 약 1m 구간은 수직절리가 발달한 비교적 다공질의 용암으로 이루어져 있다. 또한, 용암의 하부에는 주로 소암괴로 이루어진 클린커층이 약 1.5m 두께로 분포하고 있다(그림 2). Wentworth and Macdonald(1953)에 의하면, 아아 용암류의 상부에는 수십 cm에서 2m 두께의 클린커층이 연속적으로 형성된 반면, 하부의 클린커층은 상부의 클린커층 보다 얇고 덜 연속적으로 형성되는데, 클린커의 비율은 일반적으로 15~65%의 범위이지만 주로 50% 이하인 것으로 알려졌다. 전술한 WS 9지점의 클린커층의 비율은 상·하부를 합해 약 40%를 차지하고 있어 Wentworth and Macdonald(1953)가 보고한 일반적인 경향과 대체로 일치하고 있다.

마중 오름과 문도지 오름 사이에 위치한 WS 6과 한경면 저지리 WS 4 지점의 수직단면을 보면, 지표로부터 2~3m 구간은 주로 중암괴 크기의 각력으로 이루어져 있으나, 부분적으로 용암판이 협재되어 있는 양상을 나타내고 있다. 이 꽃자왈용암의 가장 말단부에 해당하는 한림읍 월령리 WS 1 지점에서는 소암괴로 이루어진 각력층내에 부가용암구(Accretionary lava boll)가 포함되어 있는데, 이와 같은 부가용암구에 대해서는 Macdonald(1943)와 Wentworth and Macdonard(1953)에 의해 기재된 바 있다. 부가용암구(Accretionary lava ball)는 아아 용암류에 발달하는 특징적인 구조로서, 눈사람이 만들어지는 원리와 같이 고체상태의 파편이 구르면서 고결되지 않은 용암을 반복해서 부착시킴으로서 둥근 모양의 용암구가 형성되는데, 내부에는 용암의 부착에 의해 생겨난 나이트 모양의 테두리 구조가 발달한다. 그림 4에 제시되어 있는바와 같이, 본 연구에서 확인된 부가용암구의 경우에도 나뭇데 모양의 내부구조가 비교적 선명하게 발달되어 있다.



Fig. 3. Lava slab(LS) at WS 21 in the Doneori Gotjawal Lava.

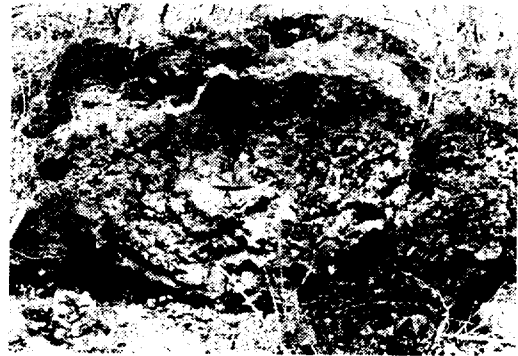


Fig. 4. Accretionary lava ball at WS 1 in the Doneori Gotjawal Lava.

### ② 영락리 방향의 도너리꽃자왈용암

도너리꽃자왈용암 중 영락리로 분기한 꽃자왈용암의 거리에 따른 두께 변화를 보면, 도너리오름에서 해발 100m 까지는 평균 2m의 두께를 나타내지만, 해발 100m 이하 지역에서는 두께가 2.5m로 비교적 두꺼운 편이다. 도너리오름에서 월령리로 이어지는 꽃자왈용암과 마찬가지로 대부분의 노두에는 0.6~1.0m 크기의 용암판(slab)이 분포하고 있으며 용암판 사이에는 파쇄된 크고 작은 암괴들도 분포하고 있다.

주요 지점별 특징을 살펴보면, 도너리오름에서 3.5 km 떨어진 서광리 녹차재배단지 WS 18 지점의 수직단면에서는 중·소암괴로 이루어진 클린커층이 지표 하 1.0m 까지 분포하고, 그 하부는 약 1.0m 두께의 다공질 용암이 존재하며, 하부 클린커층은 거의 발



Fig. 5. Clinker-blocky lava(BL) at WS 15 in the Doneori Gotjawal Lava.



Fig. 6. Clinker layer(CL) at WS 12 in the Doneori Gotjawal Lava.

달하지 않은 상태를 보여주고 있다. 그리고, 도너리 오름에서 약 6km 떨어진 지점에 위치한 산양리 월광동 목장의 지표(WS 15)에는 2m 이상의 두께를 갖

는 암괴성 아아(blocky aa)가 분포(그림 5)하고 있으나, 대정읍 체육관 주위의 WS 12와 대정농공단지 주위의 WS 11 지점의 단면에서는 모두 중력과 소력 크기의 각력층으로 이루어져 있다. 특히, 이 꽃자왈 용암의 말단부에 해당하는 WS 12 지점의 경우, 지표하 약 3m 구간이 모두 클린커층으로 이루어져 있어(그림 6) 전술한 월림리 방향으로 분기한 꽃자왈 용암의 경우와 동일한 양상을 나타내고 있다.

이상과 같이 도너리오름 꽃자왈용암은 시작되는 시점에서부터 해안쪽으로 거리가 멀어짐에 따라 각력층의 두께와 암괴의 크기 및 내부 조직에서 점이적인 변화를 보여주고 있다. 또한 꽃자왈용암이 시작되는 도너리오름 인근에는 중앙부에 비교적 치밀한 용암이 포함되어 있지만 해안쪽으로 향하면서 용암은 없어지거나 용암판으로 바뀌는 양상을 보여주고 있어, 이 꽃자왈용암은 파호이호이 용암류에서 아아 용암류로의 전이를 통해 형성된 것으로 해석된다.

### II-5 꽃자왈용암의 구성 암석

도너리꽃자왈용암의 구성암석을 파악하기 위해 주성분 원소를 XRF법으로 분석하였으며, 그 결과는 Table 2와 같다. 암석의 분류 및 명명은 (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) - SiO<sub>2</sub>를 이용한 IUGS 분류도(Le Bas et al., 1986)에 따랐다.

구성 암석을 보면, 한경-안덕 꽃자왈지대의 도너리꽃자왈용암은 현무암(표 2, 그림 7)으로 이루어져 있어, 한경-안덕 꽃자왈지대의 병악꽃자왈용암

Table 2. Sampling number and major element abundances of the Doneori Gotjawal Lava Flow from the Hangeong-Andeog Gotjawal Terrain(Analyzed by X-ray fluorescence method, KIGAM).

Sampling number	National grid		Major element abundances												Rock name
	latitude	longitude	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Loss	total	
WS1	36.61	128.07	47.98	14.26	12.42	8.80	8.38	1.62	2.79	2.48	0.15	0.46	0.24	99.58	Basalt
WS4	33.08	130.02	48.39	14.02	12.14	8.61	9.02	1.59	3.00	2.23	0.15	0.42	-0.38	99.19	Basalt
WS6	32.15	132.91	47.96	14.17	12.62	8.91	8.36	1.64	2.78	2.51	0.15	0.42	-0.30	99.13	Basalt
WS10	31.47	136.61	48.18	14.07	12.25	8.88	8.48	1.66	3.03	2.44	0.15	0.44	-0.30	99.28	Basalt
WS11	23.60	127.90	48.14	14.34	12.47	8.82	7.99	1.66	2.84	2.54	0.15	0.44	0.30	99.59	Basalt
WS13	25.21	129.73	48.51	14.13	12.27	8.96	8.03	1.68	2.95	2.46	0.15	0.44	-0.22	99.36	Basalt
WS16	27.62	133.14	48.39	14.03	12.29	8.85	8.54	1.65	2.94	2.42	0.15	0.43	-0.19	99.50	Basalt
WS19	29.81	134.69	48.94	14.86	12.71	8.46	7.13	1.43	3.09	2.45	0.15	0.41	-0.18	99.45	Basalt

KIGAM: Korea Institute of Geology, Mining & Materials

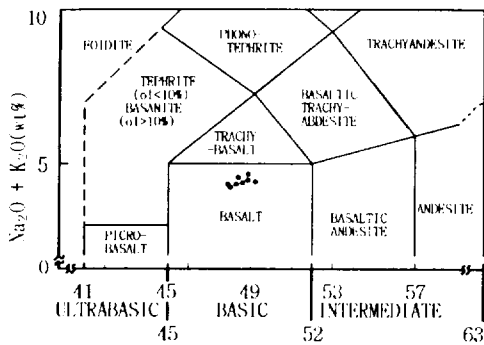


Fig. 7.  $Na_2O + K_2O$ (wt%) versus  $SiO_2$  plot of the volcanic rocks from the Doneori Gotjawal Lava Flow in the Hangyeong-Andeog Gotjawal Terrain, Jeju Island. Solid lines are for classification of volcanic rocks.

(현무암질 조면안산암: 송시태, 2000)과 에월 꽃자왈지대의 노꼬메꽃자왈용암(조면현무암: 송시태, 2000; 송시태, 2003)과는 서로 다른 화학성분을 나타내고 있지만, 조천-함덕지대의 조천-대흘꽃자왈용암(송시태, 2000; 송시태·윤선, 2002), 함덕-와산꽃자왈용암(송시태, 2000; 송시태·윤선, 2002) 그리고 선흘꽃자왈용암(송시태, 2000; 송시태·윤선, 2002)과는 같은 화학성분으로 나타났다.

도너리꽃자왈용암의  $SiO_2$  함량은 평균 48.31wt % (47.96 ~ 48.94wt %)으로 같은 현무암(Basalt)으로 이루어진 조천-함덕 꽃자왈지대의 조천-대흘꽃자왈용암(평균 50.0wt %: 송시태, 2000; 송시태·윤선, 2002)과 함덕-와산꽃자왈용암(평균 50.3wt %: 송시태, 2000; 송시태·윤선, 2002)보다 낮은 값을 보이고 있으나 선흘꽃자왈용암(평균 47.5wt %: 송시태, 2000; 송시태·윤선, 2002)보다 약 1% 정도 많은 함량을 보이고 있어 다른 꽃자왈용암과 매우 비슷한 유동구조를 나타내고 있다.

### II-6 꽃자왈용암 조직의 유형과 분포

Lipman and Banks(1987)은 하와이에서 형성되는 아아용암류를 관찰하고 조직에 따라 관상 아아용암(slabby aa lava), 스크리아성 아아용암(scoriaeous aa lava), 클린커성 아아용암 그리고 암괴성 아아

용암으로 분류하였지만, 송시태(2000)는 제주도에 분포하는 꽃자왈용암의 조직은 위의 분류에 따르면 클린커성 아아용암과 암괴성 아아용암에 해당될 수 있으나, 꽃자왈용암 조직의 독자적 특징을 근거로 할 때는 슬래비-클린커성 조직(slabby-clinkery texture)과 클린커-암괴성 조직(clinkery-blocky texture)으로 세분하였다.

한경-안덕 꽃자왈지대의 도너리꽃자왈용암 조직의 분포는 다음과 같다(표 3).

Table 3. Morphological classification of the Doneori Gotjawal Lava in the western area.

Flow distance	Hangyeong-Andeog Gotjawal Terrain
	Doneori Gotjawal Lava
1 ~ 2km	Slabby-Clinkery
2 ~ 5km	Clinkery-Blocky
5 ~ 10km	Clinkery-Blocky
> 10km	Clinkery-Blocky
Total length	12.5km
Texture	Slabby-Clinkery

도너리꽃자왈용암은 슬래비-클린커성 조직(slabby-clinkery texture)을 갖는 꽃자왈용암으로서 꽃자왈용암이 시작되는 지점에서부터 1 ~ 2km 지점까지는 용암판과 클린커가 혼재하며 분포하고 있으며, 월령리 방향과 영락리 방향으로 내려감에 따라 클린커-암괴성 조직으로 전이하는데 더 하류로 내려감에 따라 중력과 소력의 양이 많아진다(그림 8).

### III. 꽃자왈용암의 성인에 관한 고찰

현무암질 용암류는 형태적 특징에 따라 파호이호이 용암류와 아아 용암류로 구분된다. 이 두 용암류는 별개의 독립된 용암류로 분출되기도 하지만, 파호이호이 용암류가 유동과정에서 아아 용암류로 전이되기도 한다. Macdonald (1953)는 하와이에서 파호이호이 용암류가 아아 용암류로 전이하는 과정

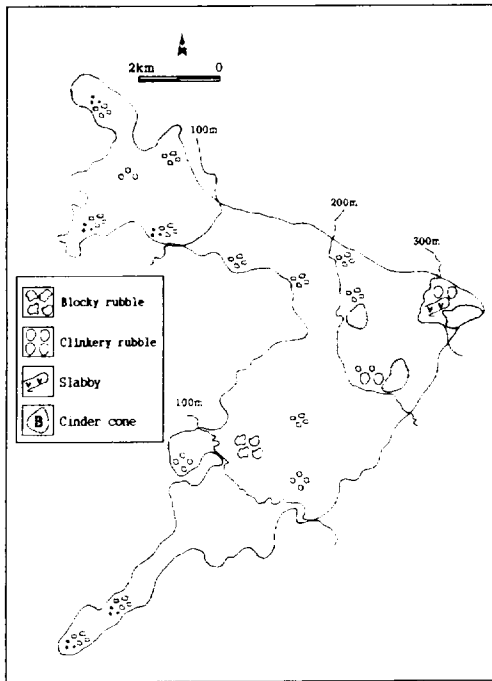


Fig. 8. Planar schematic diagram of the Doneori Gotjawal Lava Flow in the Hangyeong-Andeog Gotjawal Terrain, Jeju Island.

에서 형태적 상이(相異)를 결정짓는 요소들을 검토한 결과 다음 사항들을 제시하였다.

- (1) 파호이호이 용암류와 아아 용암류는 하나의 용암류에서 발견할 수 있는데, 이 두 형태 사이에 화학성분에 있어서 별 차이가 없다.
- (2) 파호이호이 용암류는 아아 용암류로 변하나 그 반대로의 변화는 없다.
- (3) 대부분의 활발한 파호이호이 용암류는 아아 용암류보다 점성이 낮고 온도가 높다.
- (4) 파호이호이 용암류에서의 기공은 규칙적인 구형을 이루는 경향이 있으나, 아아용암류의 기공은 불규칙적인데 이는 고결의 최종단계에서 계속적인 움직임에 의하여 변형되었음을 의미한다.
- (5) 아아 용암류가 점성이 더 높은 경향이 있으나 초기에는 거의 같은 점성을 갖는 유체용암이기 때문에 파호이호이 용암류와 아아 용암류를 만들 수 있다.
- (6) 증가하는 점성의 효과 외에도, 용암이 격렬하

게 뿜어져 나오거나, 급경사의 사면을 흘러내리거나, 또는 절벽을 넘어갈 때(그림 9 : 파호이호이 용암이 작은 절벽 즉 방해물을 넘어갈 때 아아로 변한 상태) 일어나는 난류와 내부 전단력에 의하여 아아 용암류로 변하는 경향이 있다.



Fig. 9. Pahoehoe lava changed to aa lava where it over a small cliff, that is, an obstacle, at WS 18 in the Doneori Gotjawal Lava.

Macdonald (1953)는 위와 같은 사항들로부터, 파호이호이 용암류로 될 것인가, 아아 용암류로 될 것인가를 결정하는 요소는 점성과 유동에 의하여 일어나는 용암류 내부에서 일어나는 난류의 양(量)과의 임계관계(critical relation)라고 결론짓고 있다.

꽃자왈용암에 함유되어 있는 직경 2mm 이하의 미세력(fine material)의 생성은 꽃자왈용암이 유동하는 동안 용암관들이 멧돌(millstone)과 같은 작용을 하여 용암관 사이에 있는 암피들을 분쇄(milling)하므로써 미세력으로 만들어질 수 있다.

따라서, 꽃자왈지대를 이루고 있는 꽃자왈용암의 성인은 파호이호이 용암이 유동과정 중에 점성이 증가하여 형성되는 것 외에, 용암이 작은 절벽 즉, 방해물을 넘어갈 때 형성된 것이다. 또한, 꽃자왈용암에 함유되어 있는 직경 2mm 이하의 미세력은 꽃자왈용암이 유동하는 동안 용암관들이 멧돌과 같은 작용을 하여 용암관 사이에 있는 암피가 분쇄되어 형성된 것으로 해석된다.

## N. 결론

1. 한경-안덕 꽃자왈지대에는 도너리꽃자왈용암이 분포하고 있다.
2. 도너리꽃자왈용암은 도너리오름에서 시작되어 월령리와 영락리로 분기하였으며, 연장 거리가 12.5 km로 제주도내 꽃자왈용암 중 연장거리가 최장이며, 경사가 완만한 지역에서는 넓어지는 경향을 보인다.
3. 꽃자왈용암의 조직은, 전반적으로 꽃자왈용암이 시작되는 지점에서부터 해안쪽으로 거리가 멀어짐에 따라 암괴의 크기가 점차 감소할 뿐만 아니라, 암괴 사이에 포함되는 미세력의 양이 증가하는 경향을 보이고 있다. 클린커층의 두께는 말단부로 갈수록 얇아지는 경향을 보인다.
4. 꽃자왈용암의 구성 암석에 대해 주성분 원소 분석을 실시한 결과, 도너리꽃자왈용암은 현무암이다.
5. 도너리꽃자왈용암 조직의 유형은 슬래비-클린커성 조직(slabby-clinkery texture)으로 구분된다.
6. 도너리꽃자왈용암의 성인은 용암이 작은 절벽 즉, 장애물을 넘어갈 때 점성이 증가하여 형성된 것이다. 또한, 꽃자왈용암에 함유되어 있는 직경 2 mm 이하의 준고결된 미세력은 꽃자왈용암이 유동하는 동안 용암판들이 멧돌과 같은 작용을 하여 용암판 사이에 있는 암괴들이 분쇄되어 형성된 것으로 해석된다.

## 참고문헌

박기화, 이병주, 조동룡, 김정찬, 이승렬, 최현일, 황재하, 송교영, 최범영, 조병욱, 김유봉, 1998. 제주·애월도폭 지질보고서, 제주도, 290p.

송시태, 2000. 제주도 암괴상 아아용암류의 분포 및 암질에 관한 연구. 부산대학교 박사학위논문. 118p.

송시태, 2003. 제주도 꽃자왈지대의 용암 - No. 2. 노꼬메꽃자왈용암. 제주대학교 교육과학연구소 백록논총, 편집중.

송시태, 고기원, 윤선, 1996. 제주도 지하수의 함양

과 오염에 영향을 미치는 숨골구조와 꽃자왈 지대에 관한 연구(1). 대한지하수환경학회 학술발표회 요지집, 68-69.

송시태, 윤선, 2002. 제주도 꽃자왈지대의 용암 No. 1. 조천-함덕 꽃자왈지대. 지질학회지, 28(3), 337-389.

윤선, 정차연, 송시태, 현원학, 2002. 제주도 형성사에 있어서 탐라층의 의의. 한국고생물학회 제18차 학술발표회 요약집, 17-18.

Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A. and Zanettin, B., 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *J. Petrol.*, 27, 745-750.

Lipman, P. W. and Banks, N. G., 1987. Aa flow dynamics, Mauna Loa 1984. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 1350: 1527-1567.

Macdonald, G. A., 1943. The 1942 eruption of Mauna Loa Hawaii. *Am. Jour. Sci.* 241, 241-256.

Macdonald, G. A., 1953. Pahoehoe, aa, and block lava. *Am. J. Sci.*, 251, 169-191.

Peterson, D. W. and Tilling, R. I., 1980. Transition of basaltic lava from pahoehoe to aa. Kilauea volcano, Hawaii: field observations and key factors. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 7, 271-293.

Rowland, S. K. and Walker, G. PL., 1987. Toothpaste lava: characteristics and origin of a lava structural type transitional between pahoehoe and aa. *Bull. Volcanol.*, 49, 631-641.

Wentworth, C. K. and Macdonard, G. A., 1953. Structures and formes of basaltic rocks in Hawaii. *US Geol. Surv. Bull.* 994: 98p.

Yoon, S., 1997. Miocene-Pleistocene volcanism and tectonics in southern Korea and their relationship to the opening of the Japan Sea. *Tectonophysics*, 281, 53-70.

Yoon, S., Jung, C.Y., Song, S.T. and Yang, K.H., 2001. Volcanic debris-avalanche and epiclastic deposits in the Seongeup area, Jeju Island, Korea. *Geosciences Journal*, 5, 47-55.



## Lavas in Gotjawal Terrain, Jeju Island, Korea No. 3. Doneori Gotjawal Lava

Shi Tae Song

Seogwipo High School, Jeju. 697-804

**ABSTRACT** : "Gotjawal" is the terrain which is covered by aa rubble flow and is so permeable that rain water easily penetrates into groundwater. Gotjawal lava of the gotjawal terrain is adopted as an administrative term for the development and preservation of groundwaters. In the western area, Doneori Gotjawal lava flow of Hangyeong-Andeog Terrain begun from the vicinity of Doneorioreum is branched off Weolneongri and Yongrangri. And its flow distance is 12.5km, which is longest of the Gotjawal lava flows. Doneori Gotjawal Lava is consist of basalt. The texture of gotjawal lava is made up of the clinkery-blocky types and large and medium rubbles.

The origins of lava flow in Gotjawal Terrain are formed when pahoehoe lava increases in viscosity during the lava flow, and also when lava flows over the obstacles, small cliffs. The fine rubbles might have been formed by millstone effect of moving lava slabs. The content of fine rubbles increases as approaching towards the distal type.