

## 제주도 화산성 암설구의 분포 및 유형\*

강승일\*\*

### 국문 요약

화산성 암설구는 화산체의 불안정한 측면이 마그마의 관입이나 지진 등에 의해 붕괴되어 지표로 이동하면서 형성된 수 개~수백 개의 반구형 퇴적지형이다. 제주도에는 가세오름, 과오름, 검은오름, 동검은이오름, 당오름, 돌오름, 둔지오름, 따라비, 모지오름, 물오름, 민오름, 부대오름, 송악산, 용눈이오름, 원당봉, 좌보미, 지미봉, 체오름 총 18개 지역에 화산성 암설구가 발달하고 있다. 한라산을 기준하여 동부 14개 지역, 서부 4개 지역에 분포하고 있으며 특히 동부지역의 구좌읍, 표선면 일대(해발 200m~400m)에 집중되고 있다. 발달방향은 경사도가 낮은 해안가 방향이 우세하다. '분석구와 화산성 암설구'의 구조적 관계가 뚜렷한 곳은 총 14개 지역으로 화산성 암설구의 형성 프로세스에 따라 'scoria raft형(SR형)' 4개 지역, 'volcanic debris avalanche형(VDA형)' 10개 지역으로 분류하였다. 분포 범위는 SR형이 VDA형보다 평균거리, 최장거리, 최단거리가 긴 특징을 보이고 있다.

**주제어 :** 화산성 암설구, scoria raft형, volcanic debris avalanche형

---

\* 이 논문은 논자의 「제주도 화산성 암설구의 분포 및 유형」 제주대학교 교육대학원 지리교육전공 석사학위논문(2013년 8월) 일부를 보완한 것이다.

\*\* (사)제주생태교육연구소

# I. 머리말

## 1. 연구 목적

화산성 암설사태(volcanic debris avalanche)는 화산체의 불안정한 측면(側面)이 마그마의 관입이나 지진, 용암유출 등에 의해 산체의 한 부분이 붕괴되며 산체의 붕괴 물질이 이동하는 화산 현상을 말한다. 화산성 암설사태로 만들어진 수 km가 넘는 면적의 화산성 암설사태층은 상부에 수 개~수백 개의 화산성 암설구, 측면부와 말단부에 경사급변점을 갖는 특징은 보이며 (Siebert, 1984) 소형 화산체인 분석구(噴石丘, scoria cone)에서도 쉽게 관찰된다(Riggs et al., 2008).

화산성 암설구는 반구형 퇴적지형으로, 육상에서 쉽게 관찰할 수 있는 화산성 암설사태의 중요한 지표이다. 모양새는 크게 '불규칙-원뿔형'과 '산등성이형'으로 분류할 수 있으며(Salinas et al., 2010), 크기는 기원이 되는 화산체에서 멀어질수록 작아지는 특징을 갖는다(Yoshida et al., 2012).

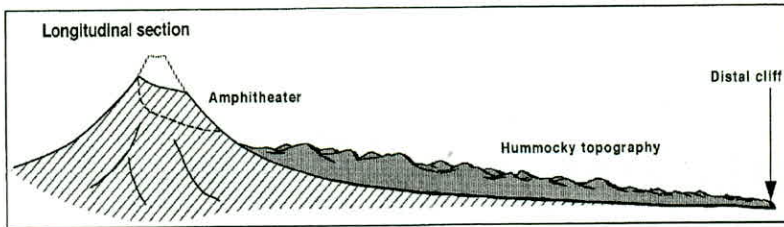


그림 1 화산성 암설사태층의 주요 특징 (Sigurdsson et al., 1999)

화산성 암설사태는 주변 지역과 대비되는 지질적 차이를 통해 과거에 있었을 주요 지질학적 사건을 알려주는 증거(Yoon et al., 2001)로 연구되었으며, 산체 붕괴시 주변 지역에 미치는 파괴적인 영향력 때문에 연구의 중요성을 강조하고 있다(Siebert, 1984; Thouret, 2012). 그러나 제주도의 화산성 암설구에 대한 연구는 주로 형성 프로세서(박승필, 1986; 현경희, 2000, 윤선, 2012) 접근과 지역적 연구(Yoon et al., 2001)로 국한된 상태이다. 따라서 본 연구는 제주도에 분포하는 화산성 암설구의 분포지를 밝히고 형성 프로세서를 고찰하여 향후 연구를 위한 기초자료로 사용하는데 목적을 두고 있다.

## 2. 연구 방법

본 연구는 제주도에 분포하는 화산성 암설구의 분포지를 조사하고 유형화하기 위해 Siebert(1984)가 제시한 화산성 암설사태층의 특징을 기준하여 분석구, 화산성 암설사태층, 화산성 암설구를 분석하였다.

화산성 암설구의 기원이 되는 분석구의 분포지를 조사하기 위해 제주도 오름<sup>1)</sup>을 성인(成因)에 따라 '분석구, 응회구, 용암돔, 분석구·응회구<sup>2)</sup>, 분석구·용암돔<sup>3)</sup>, 마르, 침식잔류산체, 미확인'으로 분류한 오름 데이터베이스를 기준으로 하였다. 기본 조사 대상은 화산성 암설구와 화산성 암설사태층을 형성할 수 있

- 
- 1) 오름 : 화산활동 등으로 형성된 작은 산체를 일컫는 제주어
  - 2) 분석구·응회구 : 응회구의 분화구 내부에 분석구가 위치한 유형
  - 3) 분석구·용암돔 : 용암돔 상부에 분석구가 위치한 유형

는 분석구, 분석구가 포함된 분석구·응회구, 분석구·용암돔으로 하였다.

화산성 암설구의 분포지를 확인하기 위해 기존에 연구된 화산성 암설사태층 자료를 조사하였다. 이를 위해 제주·애월도폭 지질보고서, 서귀포·하효리도폭 지질보고서, 모슬포·한림도폭 지질보고서, 제주도 지질도를 기본 자료로 사용하였다.

또한 기존 연구에 보고되지 않은 지역이 있을 수 있으므로 지형도를 이용하여 분석구 일대에 분포하는 화산성 암설구를 조사하였다. 화산성 암설구는 형태적으로 불규칙-원뿔형, 산등성이형의 특징을 보이므로 지형도에서 분화구 일대의 단일폐곡선으로 표시되는 지형을 화산성 암설구로 설정하였다. 연구 데이터는 국립지리원에서 발행한 1:5,000 지형도를 사용하였으며, 지형도에 표현되지 않는 비고 5m 이하의 화산성 암설구는 연구 대상에서 제외하였다.

각 화산성 암설구별 음영기복도를 통해 분석구와 화산성 암설구의 형태적인 구조적 상관성을 분석하였다. Siebert(1984)가 제시한 화산성 암설사태층의 특징을 적용한 구조적 상관성 조건은 다음과 같다(그림 1). ① 기원(source)이 되는 분석구가 존재한다. ② 분화구 전면(前面)에 화산성 암설사태층 및 화산성 암설구가 발달해 있다. ③ 분포범위는 화산성 암설사태층의 지형적 특징인 경사급변점(natural levees, marginal cliff, distal cliff)까지로 한다. 이를 위해 ArcGIS 10.1 프로그램과 1:5,000 수치지형도를 이용하였다.

화산성 암설구의 정확한 형태 조사를 위하여 위성사진을 활용하였다. 1:5,000 지형도에서 지형은 5m 단위로 표현되므로 화



산성 암설구의 둘레가 축소·확대 해석되거나 비고 10m 이하인 '산등성이형' 화산성 암설구를 독립적인 '원뿔형'으로 해석하는 오류를 범하기 쉽다. 따라서 위성사진과 1:5,000 지형도의 대조작업을 통해 화산성 암설구의 외륜을 표현하였으며, 수목 등으로 뒤덮여 대조가 불가능한 지역은 적용 대상에서 제외하였다.

분화구의 모양과 화산성 암설구의 분포 형태를 분석하여 각 분석구별 음영기복도를 작성하였다. 또한 분화구 중심을 기준점으로 화산성 암설구의 분포 길이, 방향을 조사하였으며, 분화구 전면에 발달한 화산성 암설구의 개수, 최대 비고를 조사하여 화산성 암설구의 특징을 분석하였다.

또한 분석구와 화산성 암설구의 구조적 상관성이 뚜렷한 지역을 화산성 암설구를 만드는 프로세스를 기준하여 'scoria raft형'(현경희, 2000; 김종욱 외 2008)과 'volcanic debris avalanche형'(Yoon et al., 2001)으로 유형화하였다. 이를 위해 기존 연구, 용암지형의 유무, 화산성 암설구의 분포 형태를 분석하였다.

연구의 제한점으로 연구 대상은 형태구조적(Siebert, 1980)으로 화산성 암설사태층의 특징을 갖춘 지역에 한정시켰으며, 연구 데이터는 1:5,000 지형도를 이용하였으므로 5m 이하의 높이를 갖는 화산성 암설구는 연구 대상에서 제외되었다.

## II. 제주도 화산성 암설구

### 1. 제주도 화산성 암설구의 분포

#### 1) 제주도 화산성 암설구의 선정 기준

제주도에 분포하는 '오름'은 성인에 따라 분석구 286개, 응회구 12개, 용암돔형 14개, 분석구·응회구 8개, 분석구·용암돔 1개, 마르 2개, 침식잔류산체 34개, 미확인 3개로 분류된다(제주특별자치도, 2012). 화산성 암설구가 만들어지는 분석구와 분석구·응회구, 분석구·용암돔의 개수는 총 295개로 위치는 (그림 2)과 같다.

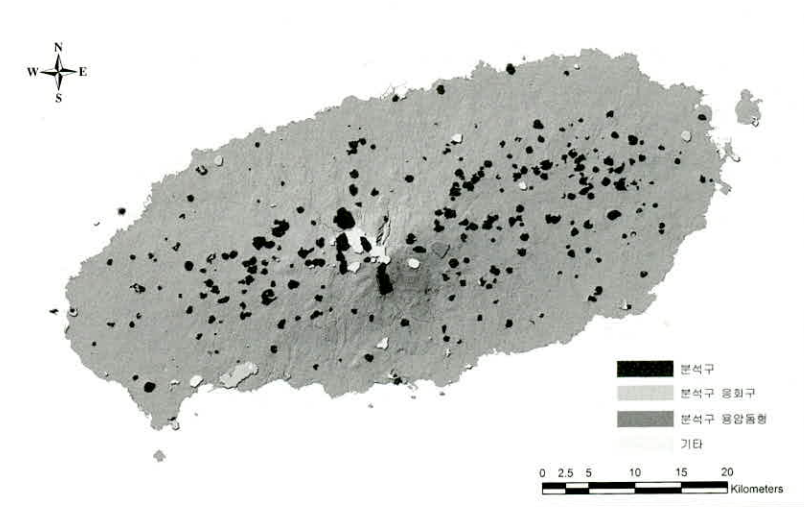


그림 2 제주도 오름의 성인적 분류

화산성 암설구의 분포지역은 지질보고서, 지질도, 지형도 상에서 화산성 암설사태층의 전형적인 특징(그림 1)을 갖춘 지역에 분포하는 비고 5m 이상의 구릉 분포지로, 분포지의 경계는 기존 지형과 화산성 암설사태층이 갖는 경사급변점으로 제한하였다.

제주·애월 지질보고서(박기화 외, 1998), 서귀포·하효리도폭 지질보고서(박기화 외, 2000a), 한국자원연구소에서 발행한 모슬포·한림도폭 지질보고서(박기화 외, 2000b)에 의하면 늑서리암설사태층, 부대악암설사태층, 거문오름암설사태층에서 화산성 암설구를 보고하고 있으며, 왕이메조면현무암과 관련된 왕이메, 밝은오름, 돌오름에서도 낮은 구릉을 보고하고 있다. 그러나 형태구조적으로 화산성 암설구를 보이는 지역은 부대악암설사태층, 거문오름암설사태층, 돌오름 총 3곳이다.

한국농어촌공사 제주도본부에서 발행한 제주도 지질도(윤선 외, 2006)는 과오름, 저지오름, 민오름, 늑서리오름, 부대오름, 검은오름, 체오름, 둔지오름, 지미봉, 동검은이오름, 좌보미, 용눈이오름, 따라비, 모지오름, 통오름 등에서 화산성 암설사태층을 보고하고 있다. 그러나 형태구조적으로 화산성 암설구를 보이는 지역은 과오름, 민오름, 부대오름, 검은오름, 체오름, 둔지오름, 지미봉, 동검은이오름, 좌보미오름, 용눈이오름, 따라비오름, 모지오름으로 총 12곳이다.

한편 기타 지역의 화산성 암설구를 조사하기 위해, 국토지리정보원에서 발행한 수치지형도와 ArcGIS 10.1 프로그램을 이용하여 만든 오름별 음영기복도를 분석하였다. 지질보고서 및 제주도 지질도에서 보고된 14개 지역 외에 가세오름, 당오름, 원당

봉, 송악산 총 4곳 일대에서 형태구조적인 화산성 암설구 지형을 확인하였다.

## 2) 제주도 화산성 암설구의 분포

제주도의 화산성 암설구는 총 18개 지역에서 관찰된다. 행정구역별로 나눠보면, 제주시 2개 지역(원당봉, 민오름), 조천읍 2개 지역(부대오름, 검은오름), 구좌읍 5개 지역(체오름, 둔지오름, 동검은이오름, 용눈이오름, 지미봉), 남원읍 1개 지역(물오름), 표선면 4개 지역(따라비, 모지오름, 좌보미, 가세오름), 애월읍 1개 지역(과오름), 안덕면 2개 지역(당오름, 돌오름), 대정읍 1개 지역(송악산) 일대에 분포하고 있다.



- ①원당봉, ②민오름, ③검은오름, ④부대오름, ⑤체오름, ⑥둔지오름, ⑦동검은이오름, ⑧용눈이오름, ⑨지미봉, ⑩풀오름, ⑪따라비, ⑫모지오름, ⑬좌보미, ⑭가세오름, ⑮과오름, ⑯돌오름, ⑰당오름, ⑱송악산

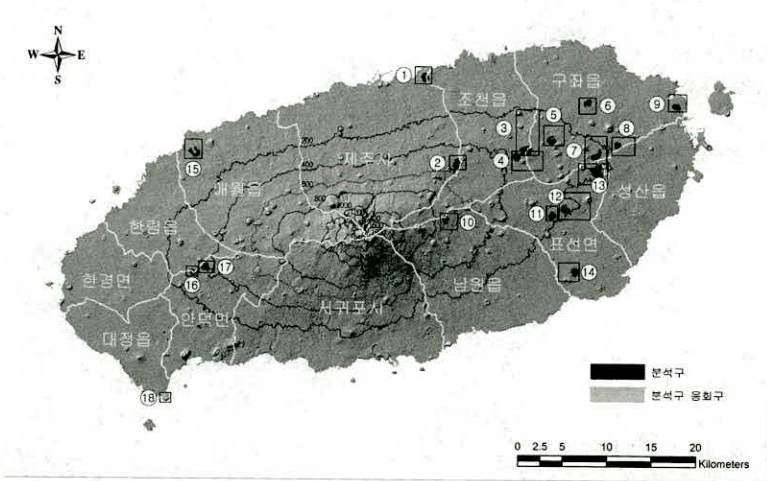


그림 3 제주도 화산성 암설구 분포도

각 오름별 음영기복도

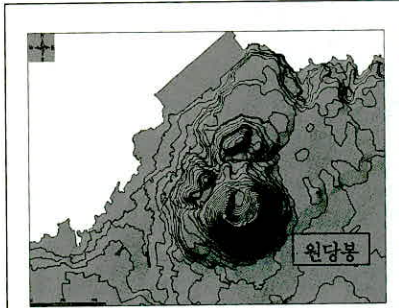


그림 4 원당봉 일대의 화산성 암설구 분포



그림 5 민오름 일대의 화산성 암설구 분포

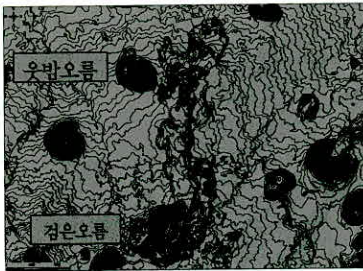


그림 6 검은오름 일대의 화산성 암설구 분포

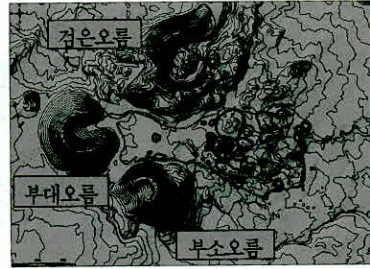


그림 7 부대오름 일대의 화산성 암설구 분포

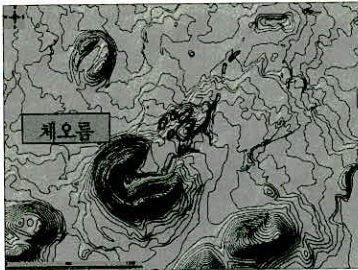


그림 8 채오름 일대의 화산성 암설구 분포

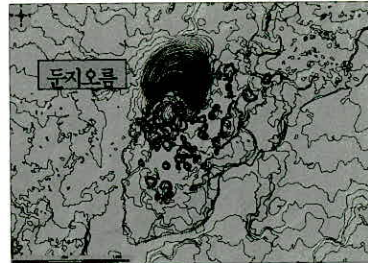


그림 9 둔지오름 일대의 화산성 암설구 분포



그림 10 좌보미 일대의 화산성 암설구 분포

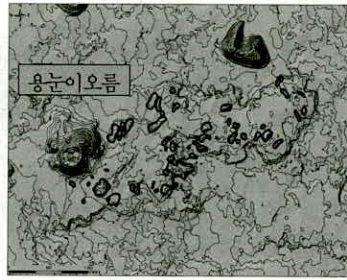


그림 11 용눈이오름 일대의 화산성 암설구 분포



그림 12 지미봉 일대의 화산성 암설구 분포

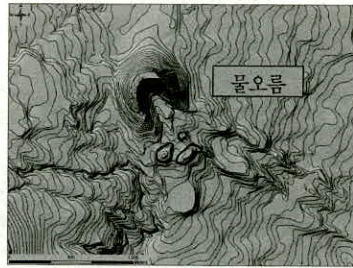


그림 13 물오름 일대의 화산성 암설구 분포



그림 14 따라비 일대의 화산성 암설구 분포



그림 15 모지오름 일대의 화산성 암설구 분포





그림 16 좌보미 일대의 화산성 암설구 분포



그림 17 가세오름 일대의 화산성 암설구 분포



그림 18 파오름 일대의 화산성 암설구 분포

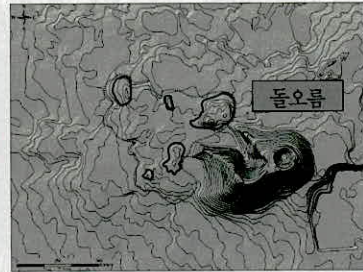


그림 19 돌오름 일대의 화산성 암설구 분포



그림 20 당오름 일대의 화산성 암설구 분포

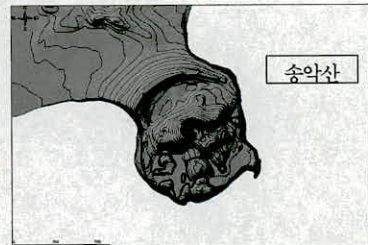


그림 21 송악산 일대의 화산성 암설구 분포



<표 1> 제주도 화산성 암설구의 주요 특징

순번	지역	화산성 암설구	출발 고도 (m)	VDAD 거리 (km)	분포 방향	암설구 수	최고 높이 (m)
1	제주시	원당봉 VH	80	0.6	서북	2	20
2		민오름 VH	555	1.2	동북	8	15
3	조천읍	검은오름 VH	350	3.6	북	35	20
4		부대오름 VH	375	2.2	동	29	20
5	구좌읍	채오름 VH	295	0.9	북동	6	30
6		둔지오름 VH	145	1.5	남	44	20
7		동검은이오름 VH	245	2.3	남서	34	20
8		용눈이오름 VH	170	3	동	54	15
9		지미봉 VH	20	1.1	북	40	10
10	남원읍	물오름 VH	715	0.6	남	3	15
11	표선면	따라비 VH	250	0.8	북동	12	10
12		모지오름 VH	225	2.6	동	47	20
13		좌보미 VH	250	1.8	남	43	60
14		가세오름 VH	120	0.9	서	7	20
15	애월읍	과오름 VH	80	0.9	북서	2	55
16	안덕면	돌오름 VH	325	1	서	5	25
17		당오름 VH	400	0.6	남동	6	15
18	대정읍	송악산 VH	60	0.4	남	10	15

\* VH: 화산성 암설구, VDAD : 화산성 암설사태층

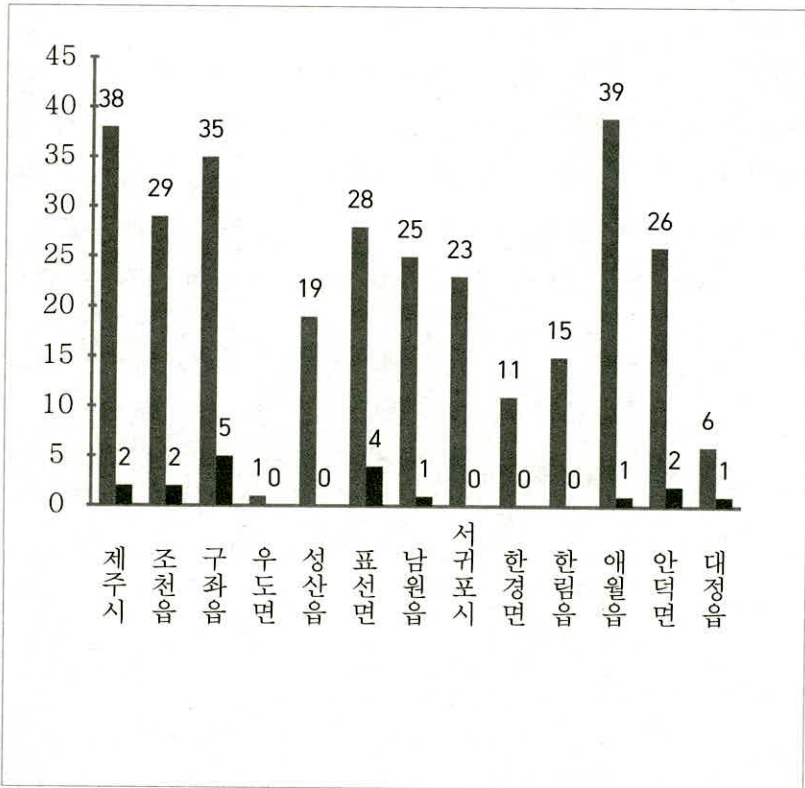
### 3) 제주도 화산성 암설구의 분포 특징

<표 2> 제주도 화산성 암설구의 고도별 분포

해발 지역	0-200m	200-400m	400-600m	600-800m
동부 지역	원당봉, 둔지오름, 용눈이오름, 지미봉, 가세오름	검은오름, 부대오름, 체오름, 동검은이 오름 좌보미오름, 따라비 모지오름	민오름	물오름
서부 지역	송악산, 파오름	돌오름, 당오름		

제주도의 화산성 암설구는 특정 고도에 집중되는 특징을 보이고 있다(표 2, 그림 3). 해발 0m~200m 지대 7개 지역, 200m~400m 지대 9개 지역, 400m~600m 지대 1개 지역, 600m~800m 지대 1개 지역에 분포하며, 특히 동부지역의 해발 200~400m 지대에 집중되고 있다.

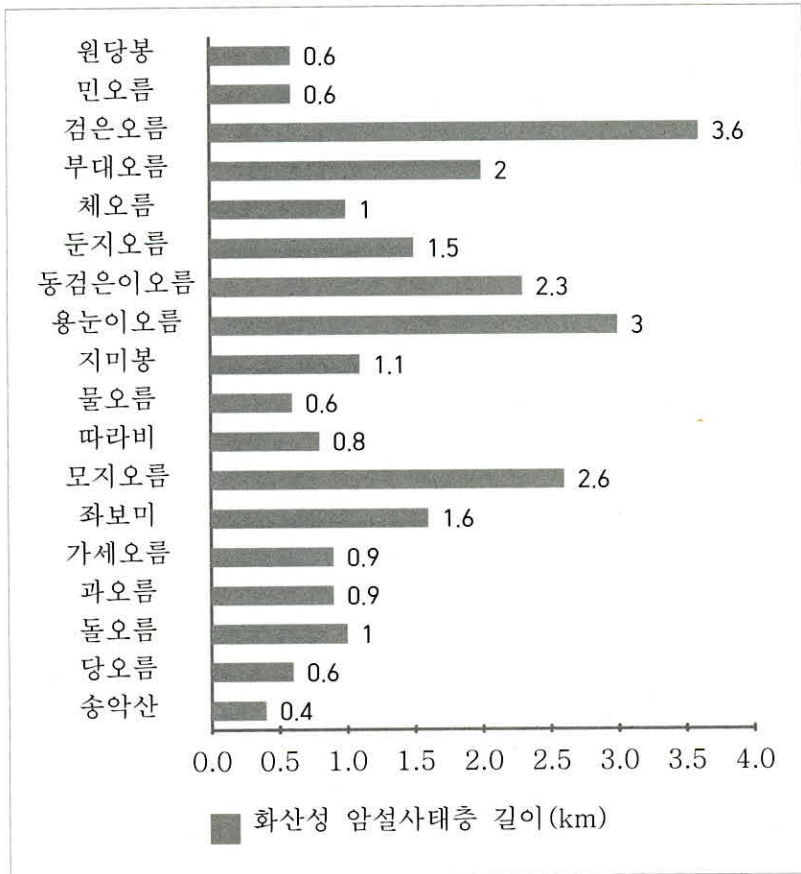
화산성 암설구의 분포양상은 기원이 되는 분석구, 분석구·응회구, 분석구·용암돔의 지역별 개수와는 관련성이 적다. 제주도 본섬 내에서 '분석구 등'의 개수가 가장 많은 애월읍(39개)과 가장 적은 대정읍(6개)의 경우 화산성 암설구가 관찰되는 지역이 1개로 동일하다. 반면에 구좌읍(35개)에서는 화산성 암설구가 5개 지역, 표선면(28개)에서는 4개 지역에서 관찰되고 있다.



화산성 암설구는 동부지역에 집중 분포하는 특징을 보이고 있다(그림 3). 한라산을 기준하여 서부 4개, 동부 14개 지역에 분포하고 있으며, 특히 구좌읍(5개), 표선면 일대(4개)에 집중적으로 분포하고 있다. 이 지역은 Yoon et al.(2001), 부정안 외(2005)가 주장하는 제주도의 북촌-표선 라인(함덕-표선 지구대)으로, 각각의 화산성 암설구 형성시기에 관한 추가적인 연구가 필요하다고 사료된다.

화산성 암설구는 대부분 경사도가 낮은 해안가 방향으로 발달하고 있다. 과오름, 검은오름, 동검은이오름, 돌오름, 따라비, 모

지오름, 물오름, 민오름, 부대오름, 송악산, 용눈이오름, 원당봉, 좌보미, 지미봉, 체오름 총 15개 지역(약 83.3%)이 해안가 방향으로 발달하고 있으며, 둔지오름, 가세오름, 당오름 총 3개 지역(약 16.7%)은 경사도가 높은 한라산 방향으로 발달하고 있다. 화산성 암설구의 발달 방향은 화산성 암설사태층의 영향 방향을 의미하므로 발달 방향의 차이를 일으키는 원인에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.





화산성 암설구 분포 지역의 평균 길이는 1.4km로, 가장 길이는 검은오름 3.6km이며 최단 길이는 송악산 0.4km이다. 화산성 암설구의 이동 거리는 경사면의 각도, 이동 매체, 마찰이나 활동에 대한 저항 등에 영향을 받는다. 검은오름 화산성 암설구는 분화구에서 분출된 용암류에 의해 이동되었기 때문에 이동 거리가 긴 것으로 추정되며, 송악산 암설구는 송악산 응회구 분화구의 남쪽으로 발달하였으나 응회구 외륜의 침식으로 인해 실제 분포 거리보다 축소 된 것으로 추정된다.

## 2. 제주도 화산성 암설구의 유형

### 1) 제주도의 화산성 암설구

형태구조적 측면에서 분석구와 화산성 암설구의 관계를 살펴 보면, 14개 지역(검은오름, 동검은이오름, 당오름, 돌오름, 둔지오름, 따라비, 모지오름, 물오름, 민오름, 부대오름, 송악산, 좌보미, 체오름, 가세오름 일대)은 형태구조적인 상관성이 뚜렷하다. 즉, 말굽형의 형태의 분화구 전면으로 화산성 암설사태층이 발달하고 있으며, 화산성 암설구는 분석구에서 멀어질수록 비고가 낮아지는 전형적인 화산성 암설사태층의 특징을 보이고 있다.

4개 지역(과오름, 용눈이오름, 원당봉, 지미봉 일대)은 분화구 전면에 화산성 암설사태층이 발달하고 있으나 화산성 암설구와의 구조적 상관성은 약하다. 즉 과오름(그림 18) 일대의 경우 분화구 좌측으로 산등성이형 화산성 암설구가 비구조적으로 발

달해 있으나 분화구 전면으로 화산성 암설구가 조사되지 않았다. 용눈이오름(그림 11) 일대의 경우 화산성 암설구의 분포 길이가 3km로 평균 분포 길이인 1.4km의 약 2.1배가 되며, 기원이 되는 분석구에서 멀어짐에도 불구하고 화산성 암설사태층의 말단에서 비고가 큰 암설구가 관찰된다. 원당봉 일대(그림 4)는 분화구 형태가 잘 보존된 상태이나 분화구 전면으로 화산성 암설구가 발달해 있다. 지미봉(그림 12) 일대는 분화구 전면에 위치한 산등성이형 화산성 암설구의 발달방향과 전체적으로 분포하는 화산성 암설구의 발달 방향이 일치하지 않는다.

따라서 본 장에서는 형태구조적으로 상관성이 뚜렷한 14개 지역을 대상으로 하여 기존 연구, 용암지형의 유무, 화산성 암설구의 분포 형태 등에 따라 scoria raft형과 volcanic debris avalanche형으로 유형화하고, 각각의 특징을 살폈다.

## 2) scoria raft형 (SR형)

분석구를 형성하는 스트롬볼리식 분화(strombolian eruption) 과정 중에 산체의 기저부분에서 용암류가 흘러나오게 되면 유출사면이 불안정하게 되어 측면 붕괴가 일어나기 쉽다. 이때 붕괴된 측면의 스킨리아는 용암류에 의해 이동되며 용암류에 덮이거나 용암류 위로 화산성 암설구를 형성하게 된다. 이러한 형성과정으로 발달된 화산성 암설구를 'scoria raft'이라고 한다(현경희, 2000). 분화구는 말굽형의 형태를 띠며 분화구의 앞으로 용암대지, 용암동굴, 꽃자왈 등의 용암 지형이 발달하기 쉽다.

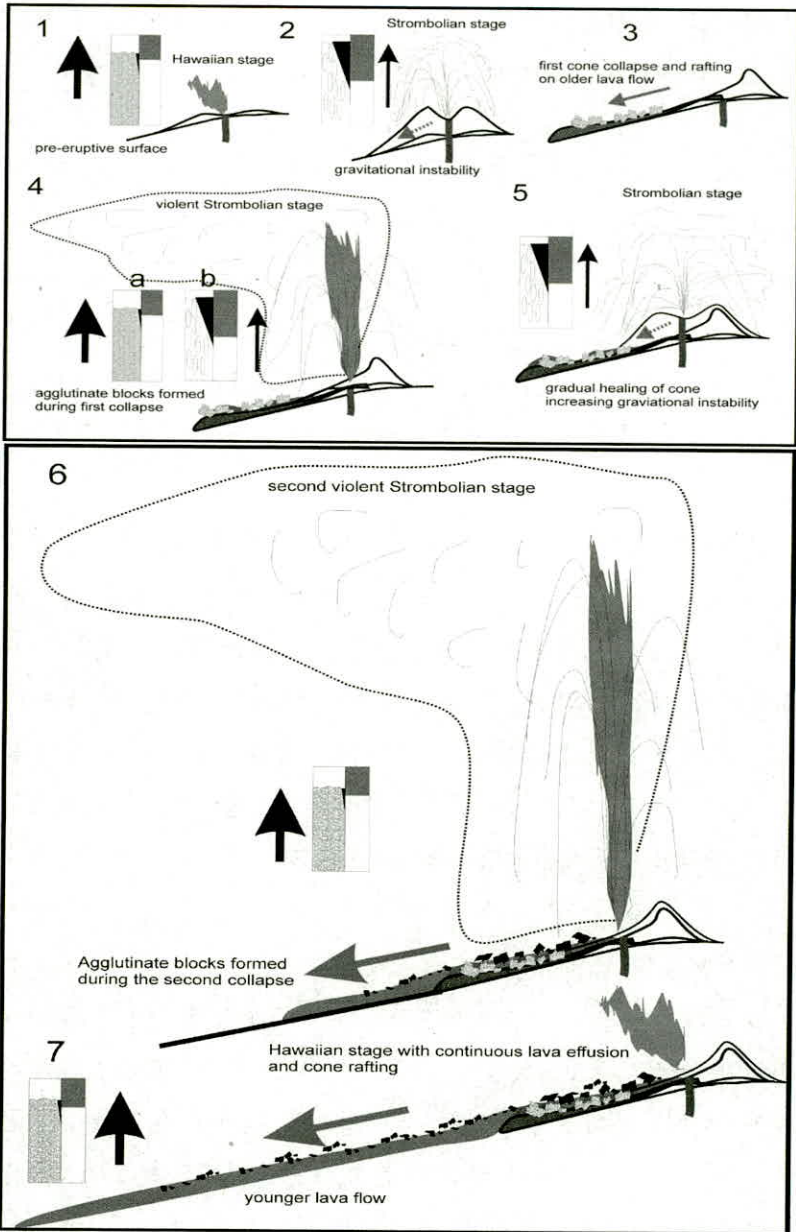


그림 24 scoria raft 형 화산성 암설구 형성과정 (Németh et al., 2011)

제주도의 화산성 암설구 중 검은오름, 돌오름, 부대오름, 체오름 총 4개 지역이 SR형에 해당된다.

### (1) 검은오름 화산성 암설구

검은오름(그림 6)은 제주특별자치도 제주시 조천읍 선흘리에 위치한 산정 표고 456.6m, 비고 112m, 면적 809,860m<sup>2</sup>의 분석구이다. 분화구는 북동쪽으로 트인 말굽형의 형태를 띠고 있다. 분화구에서 시작된 용암계곡은 분화구에서 약 500m 지점에서 북쪽으로 방향을 전환하며 길이 약 2km 지점에서 끝나고 있다.

검은오름 화산성 암설구의 분포 범위는 가로 약 1km, 세로 약 3km로 분화구의 북쪽 방향으로 발달하였다. 분화구 중심에서 화산성 암설구까지 최장 길이는 약 3.6km이다. 1:5,000 지형도에서 화산성 암설구는 약 35개가 관찰되며 최대 비고는 약 20m로 용암류의 1차 방향 전환 지점, 용암계곡의 종점에서 특히 발달하였다. 한편 용암계곡 일대의 화산성 암설구는 세로로 길게 발달한 산등성이형의 형태를 보이고 있다.

### (2) 돌오름 화산성 암설구

돌오름(그림 19)은 제주특별자치도 서귀포시 안덕면 동광리에 위치한 산정 표고 439.6m, 비고 110m, 면적 306,369m<sup>2</sup>의 분석구이다. 분화구의 형태는 복합형으로 원형의 분화구와 말굽형 분화구가 붙어 있다. 말굽형 분화구는 북서쪽으로 트여 있다.

돌오름의 화산성 암설구의 분포 범위는 가로 약 0.75km, 세로 약 0.6km로 분화구의 서쪽 방향으로 발달하였다. 분화구 중



심에서 화산성 암설구까지 최장 길이는 약 1km이다. 1:5,000 지형도에서 화산성 암설구는 약 5개가 관찰되며 최대 비고는 약 25m이다.

### (3) 부대오름 화산성 암설구

부대오름(그림 7)은 제주특별자치도 제주시 조천읍 선흘리에 위치한 산정 표고 468.8m, 비고 109m, 면적 455,827m<sup>2</sup>의 분석구이다. 분화구는 동쪽으로 트인 말굽형의 형태를 띠고 있다. 용암류가 분출하면서 무너져 내린 스크리아콘의 일부가 용암류에 실려 흘러가며 화산체의 전면에 화산성 암설구를 만들었다(지광훈 외, 2010).

부대오름 화산성 암설구의 분포 범위는 가로 약 1.7km, 세로 약 0.7km로 분화구의 동쪽 방향으로 발달하였다. 분화구 중심에서 화산성 암설구까지 최장 길이는 약 2.2km이다. 1:5,000 지형도에서 화산성 암설구는 약 29개가 관찰되며 최대 비고는 약 20m로 분화구에서 약 900m 떨어진 지점에서 급격히 방사형으로 발달하고 있다. 화산성 암설구의 외형은 화구에서 약 1.4km지점까지는 원뿔형의 형태를 보이고 있으나 그 이후부터 급속히 세로로 길게 발달한 산등성이형으로 바뀌고 있으며 측면, 말단으로 갈수록 부피가 작아지고 있다.

### (4) 체오름 화산성 암설구

체오름(그림 8)은 제주특별자치도 제주시 구좌읍 덕천리에 위치한 산정 표고 382.2m, 비고 117m, 면적 553,701m<sup>2</sup>의 분석구이다. 분화구는 북동쪽으로 트여 말굽형의 형태를 띠고 있으

며 내부는 유선형으로 발달됐다. 분화구 중심부에서 분출된 용암류는 1.5km 이상 북동쪽으로 이어지면서 용암 계곡 및 용암 동굴을 형성하였다.

체오름 화산성 암설구의 분포 범위는 가로 약 0.3km, 세로 약 0.65km로 분화구의 북동 방향으로 발달하였다. 분화구 중심에서 화산성 암설구까지 최장 길이는 약 0.9km이다. 1:5,000 지형도에서 화산성 암설구는 약 6개가 관찰된다. 최대 비고는 약 30m로 분화구에서 약 200m 떨어진 지점에서 집단적으로 분포하고 있으며, 전체적으로 세로로 길게 발달한 산등성이형의 형태를 보이고 있다. 또한 화산성 암설구 분포 지역의 양 측면에는 급경사 지형이 발달하고 있다.

### 3) volcanic debris avalanche형 (VDA형)

화산체의 측면 붕괴는 강풍, 집중호우 등의 기상현상, 내부로 관입한 마그마의 영향, 지진이나 단층작용, 기반 융기 등의 다양한 사건(event)에 의한 산체의 구조적 불안정으로 발생하기도 한다(McGuire, 1996). 특히 분석구의 경우 마그마가 비대칭적으로 관입하여 화산체의 한 부분을 팽창시키면 화산체는 불안정하게 되며 이러한 부분이 지진이 일어나거나 상승하는 마그마가 압력을 가하게 되면 산체붕괴가 일어나서 암설사태가 발생하게 된다(윤선, 2012). 분석구의 분화구는 말굽형의 형태를 가지며 분화구 전면으로 화산성 암설구가 발달하고 화산탄 등에서 조각맞춤균열이 흔히 관찰된다.

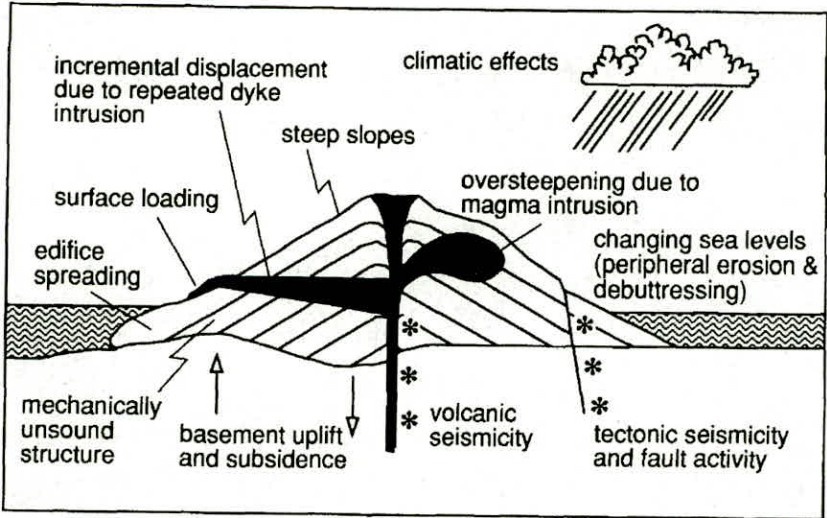


그림 25 화산체의 구조적 불안정성 요소 (McGuire, 1996)

제주도의 화산성 암설구 지역 중 가세오름, 동검은이오름, 당오름, 둔지오름, 따라비, 모지오름, 물오름, 민오름, 송악산, 좌보미 총 10개 지역이 VDA형에 해당된다.

(1) 가세오름 화산성 암설구

가세오름(그림 17)은 제주특별자치도 서귀포시 표선면 토산리에 위치한 산정표고 200.5m, 비고 101m, 면적 373,099m<sup>2</sup>의 분석구이다. 분화구는 서쪽으로 트인 말굽형의 형태를 띠고 있다.

가세오름 화산성 암설구의 분포 범위는 가로 약 1km, 세로 약 0.5km로 분화구의 서북방향으로 발달하였다. 분화구 중심에서 화산성 암설구까지 최장 길이는 약 0.9km이다. 1:5,000 지형도에서 화산성 암설구는 약 7개가 관찰되며 최대 비고는 약

20m이다. 분화구 남쪽의 북망산(비고 약 35m)은 가세오름 혹은 토산봉(비고 75m)의 화산성 암설구인지 또는 독립적인 분석구의 잔류산체인지 확인하기 어렵다.

### (2) 동검은이오름 화산성 암설구

동검은이오름(그림 10)은 제주특별자치도 제주시 구좌읍 종달리에 위치한 산정 표고 340m, 비고 115m, 면적 466,283m<sup>2</sup>의 분석구이다. 분화구는 남서쪽으로 트여 있기는 하나 전체적으로 복합형의 형태를 띠고 있다. 마그마 상승에 의한 지반 융기 및 단층작용에 의해 화산체의 화산성 암설구가 형성되었다 (Yoon et al, 2001).

동검은이오름 화산성 암설구의 분포 범위는 가로 약 0.8km, 세로 약 2km로 산체의 남서 방향으로 길게 발달하였다. 분화구 중심에서 화산성 암설구까지 가장 길이는 약 2.3km이다. 1:5,000 지형도에서 화산성 암설구는 약 34개가 관찰되며 최대 비고는 약 20m이다. 대부분 원뿔형의 형태를 보이며 분화구 중심에서 멀어질수록 비고 및 크기가 작아지나 좌보미와 인접한 지역에서는 일시적으로 커지는 경향을 보인다.

한편 동검은이오름 동부지역에 발달한 화산성 암설구는 세로로 발달된 산등성이형이 주를 이룬다.

### (3) 당오름 화산성 암설구

당오름(그림 20)은 제주특별자치도 서귀포시 안덕면 동광리에 위치한 산정 표고 473m, 비고 118m, 면적 415,293m<sup>2</sup>의 분석구이다. 분화구는 원형의 형태를 유지하고 있으나 남동사면이



무너지며 화산성 암설구를 만들고 있다. 발달 방향은 경사도가 높은 한라산 방향이다.

당오름의 화산성 암설구의 분포 범위는 가로 약 0.7km, 세로 약 0.5km로 분화구의 남동 방향으로 발달하였다. 분화구 중심에서 화산성 암설구까지 최장 길이는 약 0.6km이다. 1:5,000 지형도에서 화산성 암설구는 약 6개가 관찰되며 최대 비고는 약 15m이다. 분화구 하단에서 5m×10m의 소규모 용암류지형이 관찰되며, 분화구 동측 약 130m의 화산성 암설구에서 용암지형이 관찰된다.

#### (4) 둔지오름 화산성 암설구

둔지오름(그림 9)은 제주특별자치도 제주시 구좌읍 한동리에 위치한 해발 282.2m, 비고 152m, 면적 360,185m<sup>2</sup>의 분석구이다. 분화구는 고도가 높아지는 남쪽으로 트인 말굽형의 형태를 띠고 있다.

둔지오름 화산성 암설구의 분포 범위는 가로 약 1km, 세로 약 1.4km로 분화구의 남쪽 방향으로 발달하였다. 1:5,000 지형도에서 화산성 암설구는 약 44개가 관찰되며 최대 비고는 약 20m로 분석구의 남쪽으로 방향성을 띠며 분산, 발달되고 있다. 비고는 분화구 중심에서 멀어질수록 낮아지는 경향을 띠고 있으나 말단에서는 다시 높아지고 있다. 화산성 암설구의 형태는 원형, 타원형, 산등성이형 등으로 다양하며, 특히 분화구의 서쪽 일대에서 세로로 발달된 산등성이형 암설구(길이 약 300m)가 관찰된다.

### (5) 따라비 화산성 암설구

따라비(그림 14)는 제주특별자치도 서귀포시 표선면 가시리에 위치한 산정표고 342m, 비고 107m, 면적 448,111m<sup>2</sup>의 분석구이다. 분화구는 원형, 말굽형의 형태가 혼재된 복합형을 띠고 있으며, 말굽형 분화구는 북북동 방향으로 트여 있다.

따라비 화산성 암설구는 말굽형 분화구의 북동쪽으로 가로 약 0.6km, 세로 약 0.6km의 범위로 발달하였다. 분화구 중심에서 화산성 암설구까지 최장 길이는 약 0.8km이다. 1:5,000 지형도에서 화산성 암설구는 약 12개가 관찰되며 최대 비고는 약 10m로 원뿔형의 형태를 보이고 있다. 한편, 일반적인 화산성 암설구의 크기는 모체와 거리에 반비례하기 때문에(Siebert, 1984) 말굽형 분화구의 북동쪽 약 600m 외각 지역의 비고 약 10m의 화산성 암설구들은 따라비 화산성 암설구의 범위에서 제외하였다.

### (6) 모지오름 화산성 암설구

모지오름(그림 15)은 제주특별자치도 제주시 표선면 성읍리에 위치한 산정 표고 305.8m, 비고 86m, 면적 535,643m<sup>2</sup>의 분석구이다. 분화구는 동쪽으로 트인 말굽형의 형태를 띠고 있으며, 분화구 중심부에는 감람석회석사장석현무암 암괴류(Yoon et al., 2001)가 집적되어 가로 270m, 세로 160m, 높이 25m의 암괴동산을 이루고 있다. 분화구 동쪽 약 600m 지점에서 pahoehoe 용암류의 상부 표면이 일부 관찰된다.

모지오름 화산성 암설구의 분포 범위는 가로 약 2.3km, 세로 약 2.6km로 분화구의 동쪽 방향으로 발달하였다. 분화구 중심

에서 화산성 암설구까지 최장 길이는 약 2.6km이다. 1:5,000 지형도에서 화산성 암설구는 약 47개가 관찰되며 최대 비고는 약 20m이다.

#### (7) 물오름 화산성 암설구

물오름(그림 13)은 제주특별자치도 서귀포시 남원읍 하례리에 위치한 산정표고 838.6m, 비고 114m, 면적 346,856m<sup>2</sup>의 분석구이다. 분화구는 남동쪽으로 트인 말굽형의 형태를 띠고 있으며, 분화구 내부에서는 용암류가 관찰되지 않는다. 한편 물오름 남동쪽 방향으로 길이 약 1.4km의 용암계곡이 발달해 있다.

물오름 화산성 암설구의 분포 범위는 가로 약 0.35km, 세로 약 0.2km로 분화구의 남쪽 방향으로 발달하였다. 분화구 중심에서 화산성 암설구까지 최장 길이는 약 0.6km이다. 1:5,000 지형도에서 화산성 암설구는 약 3개가 관찰되며 최대 비고는 약 15m로 원뿔형의 형태를 보이고 있다.

#### (8) 민오름 화산성 암설구

민오름(그림 5)은 제주특별자치도 제주시 봉개동에 위치한 산정 표고 651m, 비고 136m, 면적 518,910m<sup>2</sup>의 분석구이다. 분화구는 본래 원형 분화구의 일부가 남아 있으나 전체적으로는 북동쪽으로 트인 말굽형의 형태를 띤다. 한편 분화구 양 모서리의 형태가 다르다.

민오름 화산성 암설구의 분포 범위는 가로 약 1.1km, 세로 약 0.4km로 분화구의 동북방향으로 발달해 있다. 분화구 중심에서 화산성 암설구까지 최장 길이는 약 1.2km이다. 1:5,000

지형도에서 화산성 암설구는 약 8개가 관찰되며 최대 비고는 약 15m이다. 화산성 암설구의 북쪽 측면 및 말단에 급경사 지형이 잘 발달해 있다.

#### (9) 송악산 화산성 암설구

송악산(그림 21)은 제주특별자치도 서귀포시 대정읍 상모리에 위치한 면적 585,982m<sup>2</sup>의 응회구로 분화구 내부에는 산정표고 104m의 분석구가 위치하고 있다. 송악산은 썬제이언 분출(surtseyan eruption)과 스트롬볼리식 분화가 연속적으로 일어나며 만들어진 1윤회 분출 단성화산체(황상구, 2000)이다. 응회환의 북측은 육지와 연결되어 외륜을 유지하고 있으나 그 외 지역은 붕괴되어 해식애(높이 약 35m)를 이루고 있다. 분석구(해발 104m)는 원형의 분화구를 지나 산체의 남쪽 및 동쪽 사면이 붕괴된 상태이다.

송악산 화산성 암설구의 분포 범위는 가로 약 0.7km, 세로 약 0.3km로 분화구를 중심으로 남쪽 방향으로 발달하였다. 분화구 중심에서 화산성 암설구까지 최장 길이는 약 0.4km이다. 1:5,000 지형도에서 화산성 암설구는 약 10개가 관찰되며 최대 비고는 약 15m로 특히 응회구의 외륜이 붕괴된 남쪽 방향으로 암설구가 발달해 있으며, 대부분 원뿔형의 형태를 보이고 있다.

#### (10) 좌보미 화산성 암설구

좌보미(그림 16)는 제주특별자치도 서귀포시 표선면 성읍리에 위치한 산정 표고 342m, 비고 112 m, 면적 631,356m<sup>2</sup>의 분석구이다. 분화구는 남동쪽으로 트인 말굽형의 형태를 띠고 있



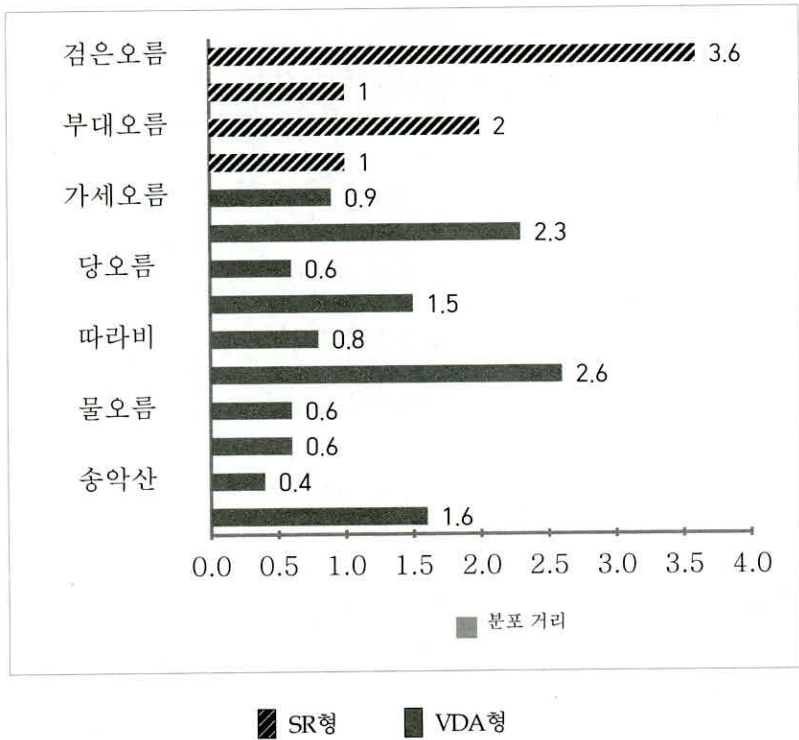
다.

좌보미 화산성 암설구의 분포 범위는 가로 약 1.2km, 세로 약 1.6km로 분화구의 남쪽 방향으로 발달하였다. 분화구 중심에서 화산성 암설구까지 최장 길이는 약 1.8km이다. 1:5,000 지형도에서 화산성 암설구는 약 43개가 관찰되며, 최대 비고는 약 60m로 대부분 원뿔형의 형태를 보이고 있다. 한편, 분화구에서 700m 외부 지역부터 급격하게 화산성 암설구의 비고 및 부피가 작아지고 있다.

#### 4) 제주도 화산성 암설구의 유형별 특징

SR형과 VDA형은 화산성 암설구의 분포 길이와 분포 범위에서 차이를 보이고 있다. SR형의 분포지역은 평균 길이 1.9km로 최장 길이 3.6km(검은오름), 최단 길이 1km(체오름, 돌오름)이며, VDA형은 평균 길이 1.2km, 최장 길이 2.6km(모지오름), 최단 길이 0.4km(송악산)이다. SR형이 VAD형보다 분포 길이가 길다.

분포 형태를 살펴보면 SR형은 대체로 직선형의 분포 형태를 띠고 경사급변점인 말단 지역에 화산성 암설구가 집중되는 경향을 보이고 있다. VDA형은 대체로 방사형의 분포형태를 띠고 화산성 암설사태층의 전 지역에 화산성 암설구가 분산되는 경향을 보이고 있다. 이러한 경향은 이동 매체(용암류)의 유무, 기존 지형과의 마찰이나 활동에 대한 저항 때문으로 추정된다.



현장 조사 결과, 지형도 및 음영기복도 분석을 통해 얻어낸 화산성 암설구의 분포 데이터와 실재 현장 조사로 얻어낸 분포 데이터가 일치하지 않는 경우가 발생하고 있다. 지형도 및 음영기복도에서 구릉 지형을 뜻하고 있어도 현지에서는 암괴동산으로 판정되는 경우가 있다. 보다 정확한 데이터를 위해서는 추가적인 현장조사가 필요하다고 사료된다.

### Ⅲ. 맺는 말

본 연구의 목적은 제주도의 화산성 암설구의 분포를 찾아내고 성인적으로 유형화하기 위해 화산성 암설사태층의 전형적인 특성을 이용하여 제주도에 분포하는 '분석구', '분석구·응회구', '분석구·용암돔' 총 295개 지역과 화산성 암설사태층 지역, 화산성 암설구를 조사하였다. 그 특성을 분석하여 발견한 주요 연구 내용과 결론은 다음과 같다.

첫째, 화산성 암설구는 화산체의 불안정한 측면이 마그마의 관입이나 지진 등에 의해 붕괴되어 지표로 이동하면서 형성된 수개~수백 개의 반구형 퇴적지형으로 제주도에 총 18개 지역인 가세오름, 과오름, 검은오름, 동검은이오름, 당오름, 돌오름, 둔지오름, 따라비, 모지오름, 물오름, 민오름, 부대오름, 송악산, 용눈이오름, 원당봉, 좌보미, 지미봉, 채오름 일대에 분포하고 있다.

둘째, 화산성 암설구는 한라산 동부 총 14개 지역, 서부 총 4개 지역에서 관찰된다. 분포지는 동부지역, 특히 구좌읍, 표선면 일대의 해발 200m~400m 지대에 집중되는 특징을 보이고 있다. 분포지역의 평균 길이는 1.4km로, 최장 길이는 검은오름 3.6km이며 최단 길이는 송악산 0.4km이다.

셋째, 화산성 암설구의 발달방향은 경사도가 낮은 해안가 방향이 우세하다. 총 18개 지역 중 15개 지역(약 83.3%)은 경사도가 낮은 해안가 방향으로 발달하고 있으며(과오름, 검은오름, 동검은이오름, 돌오름, 따라비, 모지오름, 물오름, 민오름, 부대오

름, 송악산, 용눈이오름, 원당봉, 좌보미, 지미봉, 체오름), 나머지 총 3개 지역(약 16.7%)이 경사도가 높은 한라산 방향으로 발달하고 있다(둔지오름, 가세오름, 당오름).

넷째, 총 18곳의 분석구와 화산성 암설구의 구조적 상관도에서 기원이 뚜렷한 화산성 암설구는 총 14개 지역(약 77.8%)으로 검은오름, 동검은이오름, 당오름, 돌오름, 둔지오름, 따라비, 모지오름, 물오름, 민오름, 부대오름, 송악산, 좌보미, 체오름, 가세오름 일대가 해당되며, 구조적 상관도가 약한 곳은 총 4개 지역(약 22.2%)으로 과오름, 용눈이오름, 원당봉, 지미봉 일대가 해당된다.

여섯째, 구조적 상관도가 뚜렷한 14개 화산성 암설구를 형성 프로세스에 따라 'scoria raft형(SR형)', 'volcanic debris avalanche형(VDA형)'으로 분류하였다. SR형 화산성 암설구는 검은오름, 돌오름, 부대오름, 체오름으로 총 4개 지역이며, VDA형 화산성 암설구는 가세오름, 동검은이오름, 당오름, 둔지오름, 따라비, 모지오름, 물오름, 민오름, 송악산, 좌보미 암설구로 총 10개 지역이다.

일곱째, SR형 화산성 암설구 4개 지역은 평균 1.9km, 최장 3.6km, 최단 1km의 분포 거리를 갖고 있으며, VDA형 화산성 암설구 10개 지역은 평균 1.2km, 최장 2.6km, 최단 0.4km의 분포 거리를 갖고 있다. 이러한 분포 거리의 차이는 이동 매체인 용암류의 영향, 기존 지형과의 마찰이나 활동에 대한 저항 때문으로 추정된다.

연구의 한계점으로 지형도 및 음영기복도 분석을 통해 얻어낸 형태구조적 화산성 암설구의 분포 데이터와 현장 조사로 얻어낸



실재적 화산성 암설구의 분포 데이터가 일치하지 않는 경우도 발생하고 있다. 보다 정확한 데이터를 위해서는 추가적인 현장조사가 필요할 것이다.

본 논문은 기존에 깊게 연구 되지 않은 총 18개 화산성 암설구 분포 지역의 특징과 유형을 분류함으로서 제주도 화산성 암설구 연구에 기초를 마련하였다고 판단된다. 또한 화산성 암설구 분포 조사에서 얻어진 본 연구결과는 향후 화산성 암설구 연구를 위한 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- 김종욱, 이민부, 공우석, 김태호, 강철성, 박경, 박병익, 박희두, 성효현, 손명원, 양해근, 이승호, 최영은, 2008, 『한국의 자연지리』, 서울대학교출판부.
- 박기화, 이병주, 조등룡, 김정찬, 이승렬, 김유봉, 최현일, 황재하, 송교영, 최범영, 조병욱, 1998, 「제주·애월도폭 지질보고서」, 제주도, 한국자원연구소.
- 박기화, 이병주, 조등룡, 김정찬, 이승렬, 김유봉, 이한영, 조병욱, 장영남, 손병국, 전희영, 김용욱, 2000a, 「서귀포·하효리도폭 지질보고서」, 제주도, 한국자원연구소.
- 박기화, 조등룡, 김정찬, 2000b, 「모슬포·한림도폭 지질보고서」, 한국자원연구소.
- 박승필, 1986, 「제주도 기생화산에 관한 연구 : 지형과 분포를 중심으로」, 『제주도연구』, 제3집, 제주학회.
- 부성안, 정교철, 김혜빈, 김경수, 우명하, 이병호, 2005, 「제주도의 지질 구조선과 함덕-표선 지구대」, The journal of Engineering Geology, Vol.15, No4, pp.475-486.
- 윤선, 2012, 〈제주도 지질이야기〉.
- 윤선, 정차연, 송시대, 현원학, 2006, 「제주도의 지질」, 한국농촌공사 제주도본부.
- 제주특별자치도, 2012, 「환경생태체험 프로그램 기반 구축을 위한 오름의 D/B 구축 및 올레코스 내 오름 정밀조사 보고서」.
- 지광훈, 김태호, 장동호, 이성순, 2010, 「위성에서 본 한국의 화산지형」, 한국지질자원연구원.
- 현경희, 2000, 「제주도 스킨아콘의 사면 형태와 발달」, 제주대학교 교육대학원 지리교육전공 석사학위논문.
- 황상구, 2000, 「제주도 송악산 응회환·분석구 복합체의 화산형태」, 『지질학회지』 145, pp. 473-486.
- McGuire, W. J. 1996, "Volcano instability: a review of contemporary themes", Geological Society, London, Special Publications, 110(1), pp. 1-23.

- Németh, K., Risso, C., Nullo, F., & Kereszturi, G., 2011, "The role of collapsing and cone rafting on eruption style changes and final cone morphology: Los Morados scoria cone, Mendoza, Argentina", *Central European Journal of Geosciences*, 3(2), pp. 102-118.
- Riggs, N. R., & Duffield, W. A., 2008, "Record of complex scoria cone eruptive activity at Red Mountain, Arizona, USA, and implications for monogenetic mafic volcanoes", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 178(4), pp. 763-776.
- Salinas, S., & López-Blanco, J., 2010, "Geomorphic assessment of the debris avalanche deposit from the Jocotitlán volcano, Central Mexico", *Geomorphology*, 123(1), pp. 142-153.
- Siebert, L., 1984, "Large volcanic debris avalanches: characteristics of source areas, deposits, and associated eruptions", *Journal of volcanology and geothermal research*, 22(3), pp. 163-197.
- Sigurdsson, Haraldur, Houghton, Bruce F., McNutt, Stephen R., Rymer Hazel, Stix John, 1999, 'Encyclopedia of Volcanoes', Academic Press.
- Thouret, J., Németh, K., 2012, "Special issue on volcano geomorphology 'Landforms, processes and hazards': Introduction", *Geomorphology*, 136(1), pp. 1-5.
- Yoon, S., Jung, C. Y., Song, S. T., & Yang, K. H., 2001, "Volcanic debris-avalanche and epiclastic deposits in the Seongeup area, Jeju Island, Korea", *Geosciences Journal*, 5(1), pp. 47-55.
- Yoshida, H., Sugai, T., & Ohmori, H., 2012, "Size - distance relationships for hummocks on volcanic rockslide-debris avalanche deposits in Japan", *Geomorphology*, 136(1), pp. 76-87.

Abstract

## Volcanic Hummock Topography in Jeju Island : Distribution and Type

Kang, Seung-IL

Volcanic hummock is several to hundreds of mound of sedimentary topography formed when the instable flank of volcano was collapsed by magma intrusion or earthquake and then moves along the face of the earth. The volcanic hummocks are developed from a total of 18 sites: gaseorum, gwaorum, geomunorum, donggumuniorum, dangorum, dolorum, dunjiorum, ddarabi, mojiorum, mulorum, minorum, budaeorum, songaksan, yongnuniorum, wonddangbong, gwabomi, jimibong, and cheorum. Volcanic hummocks are distributed in 14 sites of eastern part and 4 sites of western part in Mt. Halla, especially at an altitude of 200m~400m around gujwa-ub and pyosun-myun in eastern part. The coastal area with the lower slope has better direction development. The volcanic hummocks having distinctive structural relation between 'cinder cones and volcanic hummocks' are distributed in a total of 14 sites and divided into 'scoria raft type(SR type)' 4 sites and 'volcanic debris avalanche type (VDA type)' 10 sites depending on the formation process. Distribution range has shown the SR-type has longer average distance, longest distance and shortest distance than VDA-type.

Keywords : Volcanic hummock, Scoria raft type, Volcanic debris avalanche type