



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

제주도 화산성 암설구의
분포 및 유형

제주대학교 교육대학원

지리교육전공

강 승 일

2013년 8월

제주도 화산성 암설구의 분포 및 유형




지도교수 김 태 호

강 승 일

이 논문을 교육학 석사학위 논문으로 제출함

2013년 8월

강승일의 교육학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장	<u>최 광 용</u>	
위 원	<u>손 명 철</u>	
위 원	<u>김 태 호</u>	

제주대학교 교육대학원

2013년 8월

Volcanic hummocky topography in Jeju Island : Distribution and type

Seung-IL Kang

(Supervised by professor Tae-Ho Kim)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of
Master of Education.

2013. 8.

This thesis has been examined and approved.

Thesis director, Kwang-Yong Choi Prof. of Geography Education
Tae-Ho Kim Prof. of Geography Education
Myong-Chul Son Prof. of Geography Education

.....
Date

Department of Geography Education
GRADUATE SCHOOL OF EDUCATION
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

<국문초록>

제주도 화산성 암설구의 분포 및 유형
강 승 일

제주대학교 교육대학원 지리교육전공
지도교수 김태호

화산성 암설구는 화산체의 불안정한 측면이 마그마의 관입이나 지진 등에 의해 붕괴되어 지표로 이동하면서 형성된 수 개~수백 개의 반구형의 퇴적지형으로 주변 지역에 미치는 파괴적인 영향력 때문에 전 세계적으로 연구가 진행되고 있다.

본 연구는 제주도에 분포하는 분석구를 대상으로 화산성 암설구의 분포지와 각각의 특징을 밝히고 형성 프로세서를 고찰하여 제주도 화산성 암설구에 대한 기초자료로 사용하는데 목적을 두고 있다.

연구 지역은 화산성 암설구가 발달한 분석구 일대로, 제주도 전역에 분포하는 총 295개의 분석구, 분석구·응회구, 분석구·용암돔을 연구 대상으로 하였다. 분석구, 분석구 전면에 발달한 화산성 암설사태층, 화산성 암설구를 조사하여 각각의 화산성 암설구 지역별 지형특성을 분석하였다.

제주도에는 분석구 286개, 분석구·응회구 8개, 분석구·용암돔 1개 총 295개로 동부지역 175개, 서부지역 120개가 분포하고 있으며, 화산성 암설구는 가세오름, 과오름, 검은오름, 동검은이오름, 당오름, 돌오름, 둔지오름, 따라비, 모지오름, 물오름, 민오름, 부대오름, 송악산, 용눈이오름, 원당봉, 좌보미, 지미봉, 체오름 총 18개 지역에서 발달하는 것으로 조사되었다.

화산성 암설구는 한라산을 기준하여 동부 14개 지역, 서부 4개 지역에 분포하고 있으며 특히 동부지역의 구좌읍, 표선면 일대의 해발 200m~400m 지역에 집

중적으로 분포하는 것으로 조사되었다. 화산성 암설구의 집중적인 분포는 북촌-포선 라인을 이루는 단층선과 연관이 있는 것으로 추측된다.

분석구와 화산성 암설구의 구조적 관계가 뚜렷한 화산성 암설구는 가세오름, 검은오름, 당오름, 돌오름, 동검은이오름, 둔지오름, 따라비, 모지오름, 물오름, 민오름, 부대오름, 송악산, 좌보미, 체오름 일대로 총 14개 지역이며, 구조적 관계가 약한 화산성 암설구는 과오름, 용눈이오름, 원당봉, 지미봉 일대로 총 4개 지역으로 사료된다.

구조적 관계가 뚜렷한 화산성 암설구 14개 지역을 형성 프로세스에 따라 ‘scoria raft형(SR형)’, ‘volcanic debris avalanche형(VDA형)’으로 분류하였다. SR형 화산성 암설구는 검은오름, 돌오름, 부대오름, 체오름으로 총 4개 지역(약 28.6%)이며, VDA형 화산성 암설구는 가세오름, 동검은이오름, 당오름, 둔지오름, 따라비, 모지오름, 물오름, 민오름, 송악산, 좌보미 암설구로 총 10개 지역(약 71.4%)으로 사료된다. 제주도의 화산성 암설구 형성에는 산체를 불안정화시키는 마그마의 관입이나 지진 등의 영향이 컸던 것으로 추측된다.

SR형은 용암지대 위에 일자형으로 분포하며 특히 암설사태층의 말단 지역에 집중되는 경향을 보이고 있다. 평균 이동 거리는 약 1.9km이다. VDA형은 방사형으로 발달하는 경향이 강하며 암설사태층 전 지역에 분산되는 경향을 보이고 있다. 평균 이동거리는 약 1.2km이다. SR형과 VDA형의 분포 양상과 이동 거리는 용암류(lava flow)의 유무에 영향을 받는 것으로 추측된다.

본 논문은 조사방법과 내용에 있어서 제주도에 분포하는 화산성 암설구를 연구한 결과로, 분포지역과 각 지역의 특징을 도출해내고 형성 프로세스별로 유형화를 함으로서 그 의미가 있고, 향후 제주도 화산성 암설구 연구에 있어 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

주요어 : 화산성 암설구, 화산성 암설사태층, 분석구, scoria raft형, volcanic debris avalanche형

목 차

국문초록	i
I. 서 론	1
1. 연구 목적	1
2. 연구 동향	2
3. 연구 방법	4
II. 연구지역 개관	7
1. 제주도의 지형 및 지질	7
2. 제주도의 화산 활동	8
3. 제주도의 기후	9
III. 제주도 화산성 암설구	10
1. 제주도 화산성 암설구의 분포	10
1) 제주도 화산성 암설구의 선정 기준	10
2) 제주도 화산성 암설구의 분포	11
3) 제주도 화산성 암설구의 분포 특징	34
2. 제주도 화산성 암설구 유형	37
1) 제주도 화산성 암설구의 유형 기준	37
2) scoria raft형 (SR형)	37
3) volcanic debris avalanche형 (VDA형)	43
4) 제주도 화산성 암설구 유형 특징	49
IV. 결론 및 제언	51
참고문헌	53
Abstract	57
감사의 글	

표 목 차

표 1 제주도 화산성 암설구 일대의 분석구	13
표 2 음영기복도의 제주도 화산성 암설구 분포현황	33

그림 목 차

그림 1 화산성 암설사태층의 주요 특징	3
그림 2 제주도의 오름 분포도	7
그림 3 제주도의 화산성 암설구 분포지역	12
그림 4 원당봉 음영기복도	15
그림 5 민오름 음영기복도	16
그림 6 검은오름 음영기복도	17
그림 7 부대오름 음영기복도	18
그림 8 채오름 음영기복도	19
그림 9 둔지오름 음영기복도	20
그림 10 동검은이오름 음영기복도	21
그림 11 용눈이오름 음영기복도	22
그림 12 지미봉 음영기복도	23
그림 13 물오름 음영기복도	24
그림 14 따라비 음영기복도	25
그림 15 모지오름 음영기복도	26
그림 16 좌보미 음영기복도	27
그림 17 가세오름 음영기복도	28
그림 18 과오름 음영기복도	29
그림 19 돌오름 음영기복도	30
그림 20 당오름 음영기복도	31
그림 21 송악산 음영기복도	32
그림 22 제주도 동부지역과 서부지역의 화산성 암설구	34
그림 23 화산성 암설구의 분포 길이	35
그림 24 scoria raft형 화산성 암설구 형성과정	38
그림 25 채오름 화산성 암설구	39

그림 26	체오름 분석구 및 화산성 암설구 단면도	40
그림 27	체오름 용암 동굴	41
그림 28	체오름 pahoehoe 용암류	41
그림 29	산등성이형으로 발달된 체오름 화산성 암설구	42
그림 30	체오름 화산성 암설구와 화산탄	42
그림 31	화산체의 구조적 불안정성 요소	43
그림 32	둔지오름 화산성 암설구	44
그림 33	분석구 및 화산성 암설구 단면도	46
그림 34	둔지오름 화산성 암설구 전경	47
그림 35	둔지오름의 산등성이형 화산성 암설구	47
그림 36	둔지오름 화산성 암설구와 조각맞춤균열	48
그림 37	둔지오름 남동측의 암괴 동산	48
그림 38	유형별 화산성 암설구 분포 거리	49

I. 서 론

1. 연구 목적

2012년 지형학 저널 'Geomorphology' 는 화산지형의 특별 이슈로 화산성 암설 사태(volcanic debris avalanche)를 들고 있다. 화산 활동과 관계없이 발생할 수 있으며 피해지역이 수 km^2 가 넘는 파괴적인 화산 현상이기 때문이다(Thouret, 2012). 실례로 미국 Washington 주의 대형 화산체인 Mount St. Helens의 경우 1980년 5월 18일, 마그마의 관입과 지진에 의해 북쪽 사면이 붕괴되며 발생한 화산성 암설사태로 500km^2 의 임야가 파괴되고 57명의 사망자가 발생하였다. 이때 붕괴된 산체의 구성 물질이 이동되어 만들어진 작은 구릉은 산체에서 15km 떨어진 곳에서도 발견이 되었으며 이러한 구릉들은 화산성 암설사태의 중요한 지표로 인지하게 되었다(Sigurdsson et al., 1998).

화산성 암설사태는 전 세계에 널리 분포하는 소형 화산체인 분석구(噴石丘, scoria cone)에서도 쉽게 관찰된다. 분석구의 주 구성물질인 스킨리아(scoria) 간의 결합력이 매우 약하여(제주도·한라산생태문화연구소, 2006) 마그마의 관입이나 지진, 용암류의 유출 등에 의해 붕괴되기 쉽기 때문이다(Yoon et al., 2001; Németh et al., 2011). 미국 Arizona 주의 Coconino 국유림지대에 위치한 Red Mountain 분석구가 대표적인 사례이다. 스트롬볼리식 분화 중에 분석구의 기저에서 분출된 용암류는 산체의 서측면을 붕괴시키며 4km 일대 지역을 용암류로 뒤덮었다. 이때에도 작은 구릉이 용암류지 위에서 관찰되었다(Riggs et al., 2008).

작은 구릉은 미국(Siebert, 1984; Vidal and Merle, 2000), 아르헨티나(Németh et al., 2011), 이탈리아(Tibaldi, 2003), 멕시코(Capra et al., 2002), 일본(Ui et al., 1983; Yoshida et al., 2011), 한국(Yoon et al., 2001) 등 여러 나라에서 관찰되며, hummock(Siebert, 1984; Tompson et al., 2010), rafted cone(Németh et al.,

2011), 이류구(박승필, 1984), scoria raft(현경희, 2000; 김종욱 외, 2008), 암설구(윤선 외, 2006) 등 다양한 용어로 표현되고 있다. 본 연구에서는 구릉의 형태에 초점을 두어 ‘화산성 암설구(火山性 岩屑丘, volcanic hummock)’로 표현하고자 한다.

제주도에서도 여러 지역에서 화산성 암설구가 관찰되고 있다. 화산성 암설구 연구에 적격지이다. 그러나 기존 연구는 화산성 암설구의 형성 프로세스를 제안하여 왔지만 특정 연구지역에 한정되어 있거나 실제적인 연구가 부족한 실정이다(박승필, 1984; 현경희, 2000; Yoon et al., 2001; 김종욱 외, 2008). 제주도, 한국 자원연구소에서 발행한 지질보고서(1998, 2000a, 2000b)는 제주도 전역을 연구 지역으로 다루지 못하고 있으며, 제주도 지질도(윤선 외, 2006)는 연구 지역을 모두 화산성 암설사태층으로 표시하고 있다. 또한 분석구와 관련한 산사태 연구로 ‘Landsat영상과 GIS를 이용한 제주도 산사태 취약성 분석(권혁춘, 2009)’가 있으나 화산성 암설구 지형을 연구 데이터로 다루지 못한 실정이다. 화산성 암설구에 대한 전체적인 연구가 필요한 때이다.

본 논문에서는 제주도 화산성 암설구의 분포와 특징을 조사하고 유형화를 하여 앞으로의 화산성 암설구의 관리 및 연구를 위한 기초자료를 구축하는데 목적을 두고 있다.

2. 연구 동향

화산성 암설구는 화산체의 불안정한 측면이 마그마의 관입이나 지진, 용암류의 유출 등에 의해 붕괴되어 지표로 이동하면서 형성된 수 개~수백 개의 반구형(半球形) 퇴적지형으로, 1980년 미국 Washington 주에 위치한 Mount St. Helens 산체의 측면 붕괴로 만들어진 화산성 암설사태층(volcanic debris avalanche deposit)과 화산성 암설구를 직접 목격하면서 본격적인 연구가 시작되었다(Voight, 1981).

초기에는 화산성 암설사태층을 중심으로 연구가 이루어졌다. Siebert(1984)는 화산성 암설사태층의 전형적인 지형적 특징을 제시하였다. 대형 화산체의 측면이

붕괴되어 분화구 전면 일대에 퇴적되며 만들어진 암설사태층은 수많은 작은 화산성 암설구와 근접된 오목 지형, 길게 발달한 산등성이, 주변부의 급경사 지형의 특징을 보여주며, 산체에서 멀어질수록 화산성 암설구와 내부에 포함된 각력 암괴(breccia block)의 크기가 작아지고, 각력암괴에는 조각맞춤균열(jigsaw crack)이 관찰된다고 하였다.

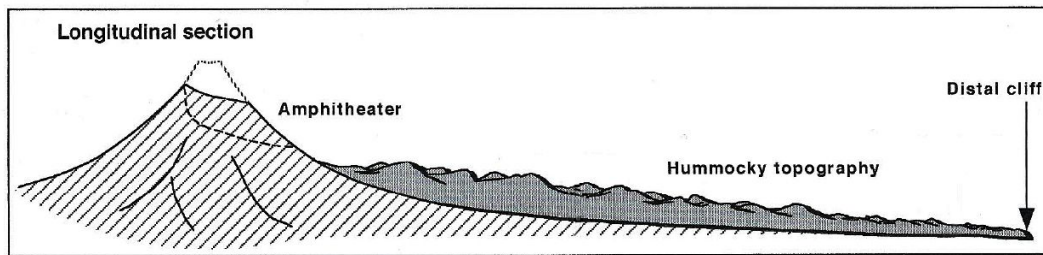


그림 1 화산성 암설사태층의 주요 특징 (Sigurdsson et al., 1998)

Siebert(1984)와 Ui(1985)는 폭발 프로세스 유형을 제시하였다. 대형 화산체의 측면 붕괴를 일으키는 원인을 ‘마그마 관입(magma component)’, ‘수증기 폭발(phreatic activity)’, ‘지진(earthquake)’으로 나누어 각각 ‘Bezymianny형’, ‘Bandai형’, ‘Unzen형’으로 분류하였다. 특히 Siebert et al.(1987)는 과거에 발생했던 산체 붕괴를 Bezymianny형과 Bandai형으로 분류하였으며 그로 인해 발생했던 화산 피해 사례를 알렸다.

최근에는 화산성 암설사태층의 주요 특징 중 화산성 암설구에 관해 많은 연구가 이루어지고 있다. Dufresne et al.(2009), Dufresne et al.(2010)는 산등성이형 화산성 암설구의 외형과 정렬에 영향을 미치는 요소를 분석함으로써 현재의 화산성 암설구의 배치구조에 영향을 미친 요인을 해석하였다. Sergio et al.(2010)은 화산성 암설구의 형태를 ‘연장되지 않는 불규칙-원뿔형’, ‘길게 연장되는 산등성이형’으로 분류하여 각 유형별 화산성 암설구의 기원(source)을 찾았다. Paguican et al.(2012)는 축소모형실험을 통해 화산성 암설구의 공간분포를 해석하여 암설사태를 일으킨 원인, 발달과정 등의 정보를 얻어냈다.

제주도에서도 화산성 암설구에 대한 연구가 진행되었다. 박승필(1986)은 말굽형 분석구에서 land slide에 의해 용암류와 함께 이동된 이류구가 화구륜이 터진

방향으로 용암류를 따라 산재하고 있다고 하였다. 현경희(2000)는 스킨콘이 형성된 후에 화산체를 일부 파괴하면서 다시 용암류가 분출하면 말굽형 스킨콘이 형성되며, 이때 무너져 내린 스킨콘은 용암류에 실려 흘러가며 유동궤적을 따라 구릉상의 미지형을 만든다고 하였다. 윤선(2012)은 암설사태가 발생하는 화산의 산체붕괴는 화산의 구조적 불안정성에 의한 것으로, 마그마가 비대칭적으로 관입하여 화산의 한 부분을 팽창시키면 화산은 불안정하게 되고 이러한 부분이 지진이 일어나거나 상승하는 마그마가 압력을 가하게 되면 산체붕괴가 일어나서 암설사태가 발생하게 된다고 하였다.

3. 연구 방법

본 연구는 제주도(무인도 제외) 전 지역을 대상으로 하여 화산성 암설구의 분포를 조사하고 유형화를 하였다. 화산성 암설구의 분포를 확인하기 위해 분석구, 화산성 암설사태층, 화산성 암설구의 현황을 조사하였다. 또한 분석구와 화산성 암설구의 관계가 구조적으로 뚜렷한 지역을 선택하여 화산성 암설구를 만드는 프로세스에 따라 2가지 유형으로 분류하였으며, 화산성 암설구 유형화의 타당성을 확인하기 위해 실제적으로 화산성 암설구 현장을 조사하였다. 이를 위한 연구 데이터는 제주특별자치도에서 발행한 [오름](#)¹⁾ 데이터베이스(제주특별자치도, 2012), 국토지리정보원에서 발행한 지형도 및 수치지형도, 제주도에서 발행한 제주·애월도폭 지질보고서(제주도, 1998), 서귀포·하효리도폭 지질보고서(박기화 외, 2000a), 한국자원연구소에서 발행한 모슬포·한림도폭 지질보고서(박기화 외, 2000b), 한국농어촌공사 제주도본부(윤선 외, 2006)에서 발행한 제주도 지질도, 위성사진을 사용하였다.

1) 오름 : 화산활동 등으로 형성된 작은 산체를 일컫는 제주어

구체적인 연구 방법은 다음과 같다.

제주도에 분포하는 분석구의 위치를 조사하기 위하여 제주도 오름의 성인을 분석구, 응회구, 용암돛, 분석구·응회구²⁾, 분석구·용암돛³⁾, 마르, 침식잔류산체, 미확인으로 분류한 오름 데이터베이스를 사용하였다. 본 연구에서는 화산성 암설구를 형성시키는 분석구, 분석구가 포함된 분석구·응회구, 분석구·용암돛의 분포지를 기본 연구 대상으로 삼았다.

화산성 암설구의 위치를 확인하기 위하여 기존에 연구된 화산성 암설사태층 자료를 조사하였다. 화산성 암설사태층은 분석구의 붕괴로 형성된 퇴적지형으로 화산성 암설구가 분포 가능한 지역이기 때문이다. 이를 위해 제주·애월도폭 지질보고서, 서귀포·하효리도폭 지질보고서, 모슬포·한림도폭 지질보고서, 제주도 지질도를 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 가지므로 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.

화산성 암설구의 정확한 형태 조사를 위하여 위성사진을 활용하였다. 1:5,000 지형도 상에서 지형은 5m 단위로 표현되므로 화산성 암설구의 둘레가 축소·확대 해석되거나 비고 10m 이하인 산등성이형 화산성 암설구가 독립적인 원뿔형으로 해석되기 쉽다. 따라서 위성사진과 1:5,000 지형도의 대조작업을 통해 화산성 암설구의 외륜을 표현하였으며, 수목 등으로 뒤덮여 대조가 불가능한 지역은 적용 대상에서 제외하였다.

화산성 암설구를 만드는 프로세스를 기준하여 제주도의 화산성 암설구를 유형화하였다. 이를 위해 1차적으로 Siebert(1984)가 제시한 화산성 암설사태층의 특징을 적용하여 분석구와 화산성 암설구의 구조적 상관성을 분석하였다. 분석구와 화산성 암설구의 구조적 상관성 조건은 다음과 같다(그림 1). ① 기원(source)이 되는 분석구가 존재한다. ② 분화구 전면에 화산성 암설사태층 및 화산성 암설구

2) 분석구·응회구 : 응회구의 분화구 내부에 분석구가 위치한 유형

3) 분석구·용암돛 : 용암돛 상부에 분석구가 위치한 유형

가 발달해 있다. ③ 분포범위는 화산성 암설사태층의 지형적 특징인 경사급변점 (natural levees, marginal cliff, distal cliff)까지로 한다. 구조적 상관성을 분석하기 위하여 ArcGIS 10.1 프로그램에서 1:5,000 수치지형도를 데이터로 이용하여 만든 음영기복도를 활용하였다. 2차적으로 분석구와 화산성 암설구의 구조적 상관성이 뚜렷한 지역을 선택하여 화산성 암설구를 만드는 프로세스에 따라 ‘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.

마지막으로 지형도에서 조사된 화산성 암설구의 실제 확인을 위해 현장조사를 실시하였다. 화산성 암설구의 분포 특징, 구성 물질, 화산탄의 조각맞춤균열을 조사하였다. 또한 화산성 암설구 일대의 지역적 지형 변화 실태를 조사하여 분석구 및 화산성 암설구에 영향을 미쳤을 외부 원인을 분석하였다.

연구의 제한점으로 연구 대상은 Siebert(1980)이 제시한 화산성 암설사태층의 특징을 갖춘 지역에 한정되었으며 분석구와 화산성 암설구의 상호관계 해석은 형태구조적 측면에 한정하였다.

II. 연구지역 개관

1. 제주도의 지형 및 지질

제주도는 북동동~남서서 방향으로 가로놓인 동서 길이 73km, 남북 길이 31km, 면적 1,825km²의 타원형의 화산섬으로 섬 중앙에 한라산이 위치한다. 조면 현무암질 용암류가 누적되어 만들어진 한라산은 하와이형 순상화산이므로 동서 방향의 완사면이 특징적이다. 표고 600~1,000m 이상 산간지대에 놓여 있는 한라산 국립공원의 경우, 경사 15° 이하의 사면이 국립공원 구역의 70.5%를 차지하는 반면 30°를 넘는 급경사 지역은 전체의 4.9%에 지나지 않는다. 섬 전역에는 ‘오름’으로 불리는 단성화산체가 분포하고 있으며, 해안은 암석해안이 탁월하여 제주도 전체 해안의 75%를 차지한다(김태호, 1997; 김종욱 외, 2008; 김태호, 2011).

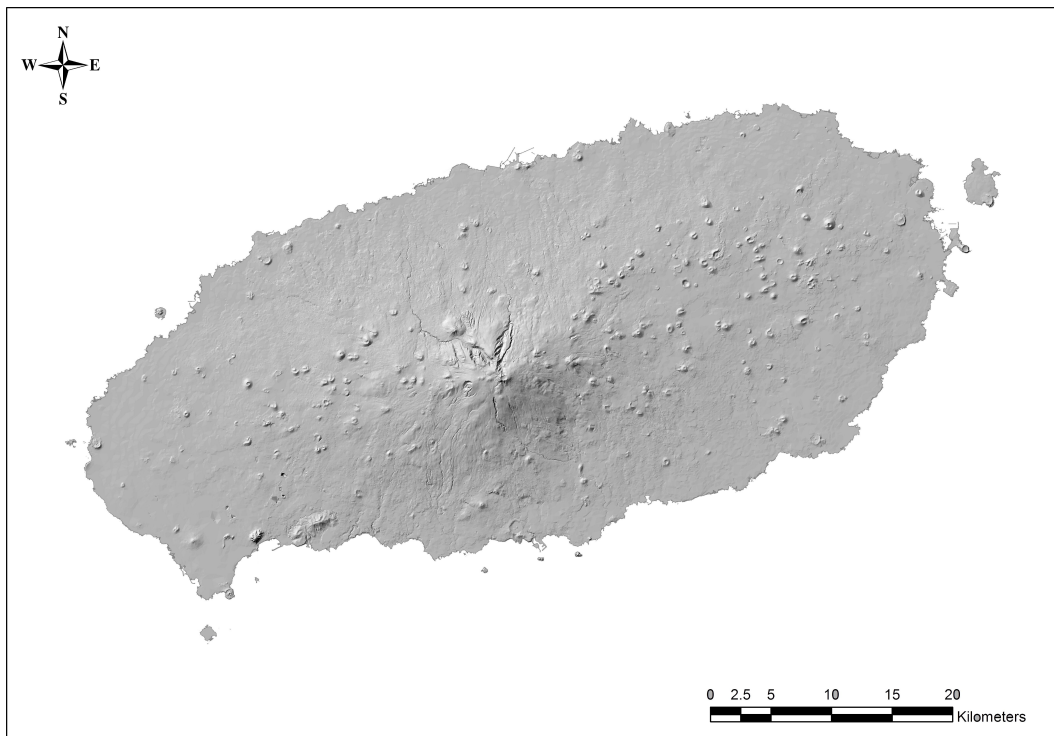


그림 2 제주도의 오름 분포도

제주도의 지질층서는 하위로부터 상위로 기반암, 고제주화산암, 서귀포층, 표선리현무암군, 탐라층, 현무암질 암맥복합체, 한라산현무암군, 백록담조면암군, 화산성 암설사태층, 신양리층 및 고해빈-내만사층으로 구분하고 있다(윤선 외, 2006).

2. 제주도의 화산 활동

제주도의 화산활동연구는 제주 형성사 연구를 시작한 原口九萬(1931)에 의해 시작된 후 크게 ‘용암이 쌓여서 형성된 화산체(이문원, 1994)’와 ‘용기산체(윤선, 2009)’로 제주도의 화산활동을 설명하고 있다.

이문원(1994)은 제주도의 형성사를 4단계로 나누고 있다. 1단계(1.2Ma-0.7Ma)에서는 산방산부터 서귀포를 잇는 선상이 화산활동의 중심이 되어 열하 분출을 하면서 산방산 등과 같은 조면암류를 형성하고, 2단계(0.6Ma-0.3Ma)에서는 표선리현무암과 같은 암상의 용암을 다량으로 분출하여 현재의 제주도 규모에 가까운 순상형의 화산도를 형성되었다. 3단계(0.3Ma-0.1Ma)에서는 한라산 주위에서 장석과 휘석 반정이 많은 용암류를 분출하여 한라산체를 형성하였으며, 4단계(0.1Ma-0.025Ma)에서는 백록담의 조면암을 분출하며 백록담이 만들어지고 장축선상 동, 서쪽에서는 장석 반정이 거의 없는 현무암류를 분출하여 현재의 해안선의 지형을 만들었다고 설명하고 있다.

한편 윤선(2009)은 제주도의 형성과정을 5단계로 나누었다. 1단계는 기반암의 침강과 해침이 있던 시기로 연대는 3.58Ma(?)~0.78Ma이다. 고제주화산암의 화산활동 이후 기반암이 침강하여 해침이 일어나 연안성~천해성 서귀포층이 퇴적되었으며, 서귀포층 퇴적 후기에 해저화산활동이 일어났고 일부부분은 용기되어 해안지대로 노출되었었다. 2단계는 현무암질 화산활동기-1로 연대는 약 0.6Ma이다. 제주도 지역의 용기로 육화되었으며, 표선리현무암군의 파호에호에 용암들이 분출하여 제주도 동부지역(화북~남원선 이동 지역)과 서부지역(외도~화순선 이서 지역)에 분포하고 있다. 중부지역의 지형이 높았다. 이 시기에 전기 분석구가 형성되었다. 3단계는 제주도지역이 하성환경에 놓이게 되어 탐라층이 퇴적되었는데, 중부지역은 침강하여 넓은 하곡을 이루었다. 한라산은 존재하지 않았다. 연대

는 약 0.5Ma이다. 4단계는 현무암질 화산활동기-2로 후기 분석구가 형성되었으며, 한라산현무암군의 파호에호에 용암과 아아 용암이 분출하였고, 현무암질 암맥들이 탐라층에 관입하였다. 5단계는 조면암질 마그마의 관입과 한라산의 돛상 용기가 있었다. 조면암질 마그마가 제주도 중심부에 관입하여 백록담조면암군을 형성하였으며, 제주도의 중심부를 돛상으로 용기시켜 한라산체를 형성하였는데, 정상부가 소규모적으로 함몰하여 백록담이 형성되었다. 백록담조면암도의 연대는 0.07Ma이다. 이러한 구조운동사를 갖는 제주도는 대륙에서 형성된 것으로 형체에 있어서 복합화산에 유사하다고 설명하고 있다.

3. 제주도의 기후

제주도는 아시아 대륙 동쪽에 위치하며 몬순의 영향이 큰 대륙 동안 기후의 특징을 보일 뿐만 아니라, 사면이 바다로 둘러싸여 있어 해양성 기후의 요소도 많이 나타난다. 또한 섬의 중앙부에 위치한 해발 1,950m의 한라산과 근해를 흐르는 해류가 중요한 기후인자로 작용하여 기상 변화가 심하고 국지적 특성이 많으며 한반도와는 다소 다른 유형의 기후를 형성하고 있다. 특히 한라산이 중앙에 자리하고 있어서 사면별 기후 특성이 다양하며, 남·북 사면간의 기후 차이가 뚜렷하다(김태호, 2001; 국립기상연구소, 2010).

연평균기온은 남사면의 서귀포가 16.2℃로 북사면의 제주(15.5℃)보다 높다. 제주와 서귀포의 연강수량의 평년값은 각각 1456.9mm와 1850.8mm로 북사면보다 남사면에서 약 400mm 가량 많으며, 한반도의 다른 지역에 비해 강수량이 많은 편이다(국립기상연구소, 2010).

제주와 서귀포의 연평균 풍속은 각각 3.8m/sec, 3.1m/sec로 북사면의 제주에서 바람이 더 강하다. 북사면의 제주의 겨울철 평균 풍속은 4.7m/sec이며, 남사면의 서귀포는 3.0m/sec이다. 제주에서는 1월에 4.9m/sec로 바람이 가장 강하며, 겨울철에 강하고 여름철에 약하다. 반면에 서귀포에서는 3월에 바람이 가장 강하며, 전 계절에서 평균 풍속이 2.9~3.2m/sec로 큰 차이를 보이지 않는다(국립기상연구소, 2010).

III. 제주도 화산성 암설구

1. 제주도 화산성 암설구의 분포

1) 제주도 화산성 암설구의 선정 기준

제주도 화산성 암설구의 분포 지역을 선정할 때에는 295개의 분석구, 분석구·응회구, 분석구·용암돔을 대상으로 하여 지질보고서, 지질도, 지형도 상에서 Siebert(1980)이 제시한 화산성 암설사태층의 전형적인 특징(그림 1)을 갖춘 지역에 분포하는 비고 5m 이상의 구릉 분포지로 제한하였다. 화산성 암설구의 분포지의 경계는 기존 지형과 퇴적지형인 화산성 암설사태층이 갖는 경사급변점으로 하였다. 이를 위해 제주도에 분포하고 있는 분석구, 분석구·응회구, 분석구·용암돔을 조사하였으며, 그 일대에 위치하고 있는 화산성 암설사태층, 화산성 암설구의 현황을 조사하였다.

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 분석구, 분석구·응회구, 분석구·용암돔은 총 295개로 위치는 (그림 3)과 같다.

화산성 암설사태층을 보고한 제주·애월 지질보고서(제주도, 1998), 서귀포·하효리도폭 지질보고서(박기화 외, 2000a), 한국자원연구소에서 발행한 모슬포·한림도폭 지질보고서(박기화 외, 2000b)에 의하면 늪서리암설사태층, 부대약암설사태층, 거문오름암설사태층에서 화산성 암설구가 조사되고 있으며, 왕이메조면현무암과 관련된 왕이메, 밝은오름, 돌오름에서도 낮은 구릉이 조사되고 있다. 제주도 지질도(윤선 외, 2006)에 의하면 화산성 암설사태층이 과오름, 저지오름, 민오름, 늪서리오름, 민오름, 부대오름, 검은오름, 체오름, 둔지오름, 지미봉, 동검은이오름, 좌보미, 용눈이오름, 따라비, 모지오름, 통오름 일대에 화산성 암설구가 분포하고 있다. 한편 기존 지질보고서 및 지질도에서 보고되지 않은 화산성 암설구

를 조사하기 위해 지형도 상에서 반구형 지형을 의미하는 단일폐곡선으로 표시되는 지형을 조사하였다.

2) 제주도 화산성 암설구의 분포

Siebert(1984)가 제시한 화산성 암설사태층의 전형적인 특징을 이용하여 295개의 분석구, 분석구·응회구, 분석구·용암돛을 조사한 결과, 기원이 되는 분석구의 말굽형 분화구 앞으로 화산성 암설구가 발달한 지역은 총 18개로, 제주시 원당봉, 민오름, 애월읍 과오름, 조천읍 부대오름, 검은오름, 구좌읍 채오름, 둔지오름, 동검은이오름, 용눈이오름, 지미봉, 대정읍 송악산, 안덕면 과오름, 돌오름, 남원읍 물오름, 표선면 따라비, 모지오름, 좌보미, 가세오름 일대에서 관찰되었다.

국토지리정보원에서 발행한 수치지형도와 ArcGIS 10.1 프로그램을 이용하여 기원이 되는 분석구와 화산성 암설구의 분포를 담은 음영기복도를 작성하였다. 분화구 중심을 기준점으로 하여 화산성 암설구의 분포 범위, 방향을 조사하였으며, 분화구 전면에 발달한 화산성 암설구의 개수, 최대 비고를 조사하였다. 또한 분화구의 모양과 화산성 암설구의 분포 형태를 살폈다. 한편 분포범위는 화산성 암설사태층의 지형적 특징인 경사급변점까지로 하였다. 한편 분포도에 표시된 스킴리아콘의 이름, 성인, 위치, 재원을 표1에 작성하여 (그림 3)의 이해를 도울 수 있도록 했다.

제주도 화산성 암설구의 분포를 행정구역별로 살펴보면 다음과 같다.

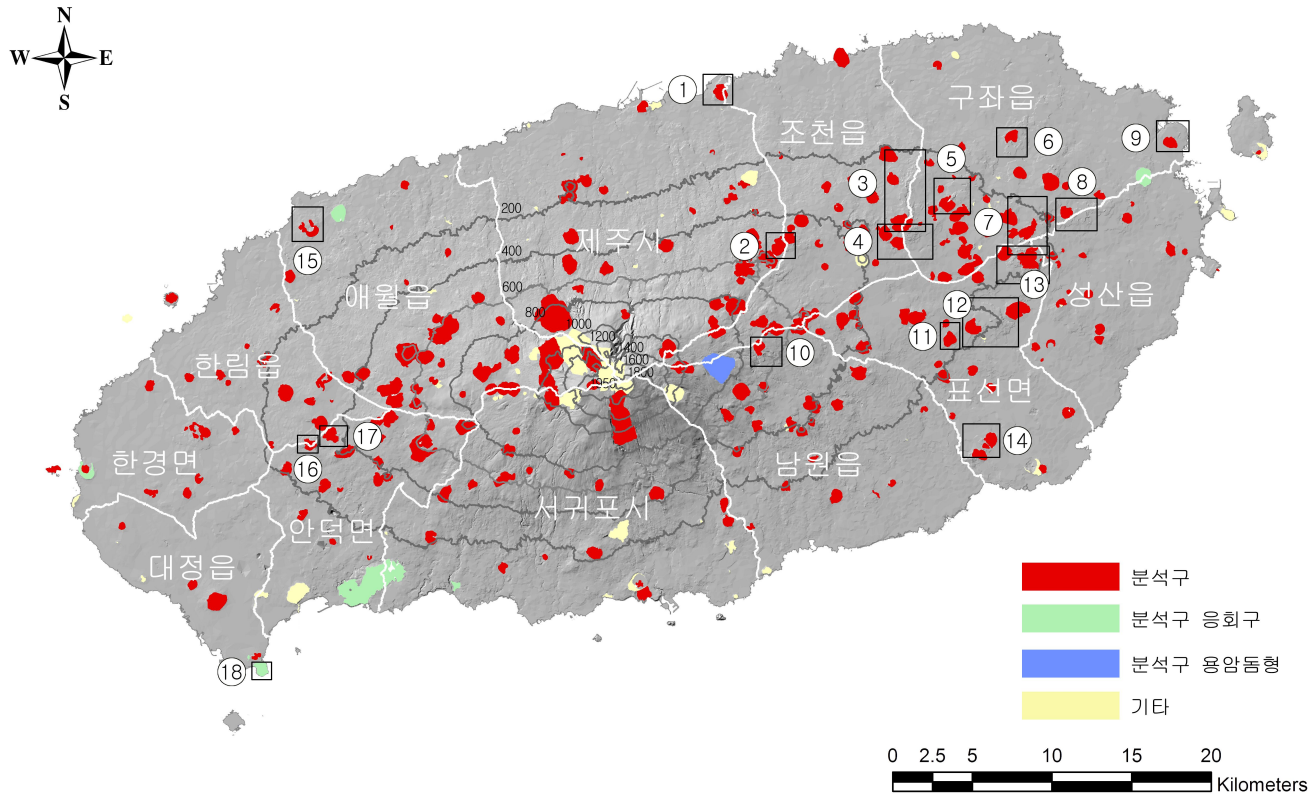


그림 3 제주도의 화산성 암설구 분포지역. ①원당봉, ②민오름, ③검은오름, ④부대오름, ⑤체오름, ⑥둔지오름, ⑦동검은이오름, ⑧용눈이오름, ⑨지미봉, ⑩물오름, ⑪파라비, ⑫모지오름, ⑬좌보미, ⑭가세오름, ⑮과오름, ⑯돌오름, ⑰당오름, ⑱송악산

<표 1> 제주도 화산성 암설구 일대의 분석구

순번	이름	성인	화구형	위치	비고(m)	해발(m)	면적(m ²)
1	월당봉	분석구	말굽형(북향)	제주시 삼양일동 산1-1,2번지 일대	120	170.7	663,286
2	민오름	분석구	복합형	제주시 봉개동 산64번지 일대	136	651	518,910
3	검은오름	분석구	복합형	제주시 조천읍 선흘리 산102-1번지 일대	112	456.6	809,860
4	부대오름	분석구	말굽형(동북향)	제주시 선흘리 산103-1번지	109	468.8	455,827
5	체오름	분석구	말굽형(북동향)	제주시 구좌읍 덕천리 산2번지	117	382.2	553,701
6	둔지오름	분석구	말굽형(남향)	제주시 구좌읍 한동리 산40번지	152	282.2	360,185
7	동검은이오름	분석구	복합형	제주시 구좌읍 종달리 산70번지	115	340	466,283
8	용눈이오름	분석구	복합형	제주시 구좌읍 종달리 산28번지	88	247.8	404,264
9	지미봉	분석구	말굽형(북향)	제주시 구좌읍 종달리 산3-1,4,5,번지	160	165.8	423,814

<표 1> 제주도 화산성 암설구 일대의 분석구 (계속)

순번	이름	성인	화구형	위치	비고(m)	해발(m)	면적(m ²)
10	물오름	분석구	말굽형(남동향)	서귀포시 남원읍 하례리 산10번지	114	838.6	346,856
11	따라비	분석구	복합형	서귀포시 표선면 가시리 산62번지 일대	107	342	448,111
12	모지오름	분석구	말굽형(북동향)	서귀포시 표선면 성읍리 산22번지	86	305.8	535,643
13	좌보미	분석구	말굽형(남향)	서귀포시 표선면 성읍리 산6번지 일대	112	342	631,356
14	가세오름	분석구	말굽형(서향)	서귀포시 표선면 토산리 산2번지 일대	101	200.5	373,099
15	과오름	분석구	말굽형(북서향)	제주시 애월읍 광지리 산4,5,6번지 일대	85	155	267,254
16	돌오름	분석구	복합형	서귀포시 안덕면 동광리 산90번지 일대	110	439.6	306,369
17	당오름	분석구	원형	서귀포시 안덕면 동광리 산68-1번지	118	473	415,293
18	송악산	분석구, 응회구	복합형	서귀포시 대정읍 상모리 산2번지일대	99	104	585,982

(1) 원당봉 화산성 암설구

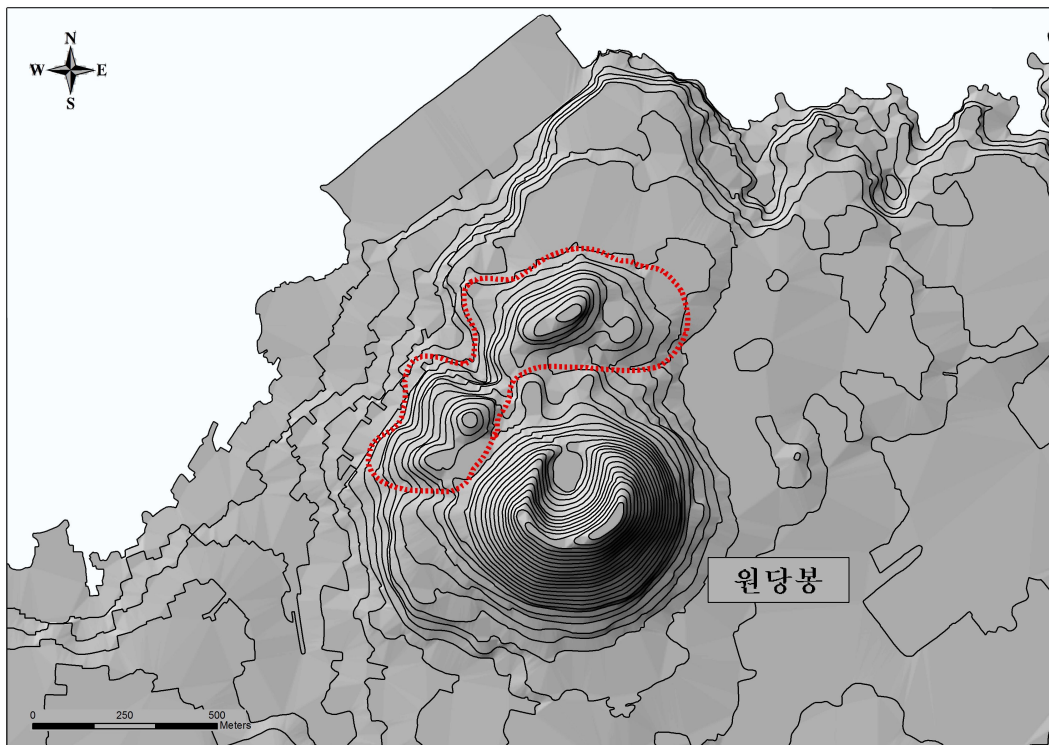


그림 4 원당봉 음영기복도

원당봉은 제주특별자치도 제주시 삼양일동에 위치한 산정 표고 170.7m, 비고 120m, 면적 663,286m²의 분석구이다. 분화구는 말굽형의 형태를 띠고는 있으나 양 모서리의 거리가 약 60m 밖에 되지 않는다.

원당봉의 화산성 암설구는 가로 약 0.9km, 세로 약 0.3km의 범위로 분화구의 서북방향으로 발달해 있다. 분화구 중심에서 화산성 암설구까지 최장 길이는 약 0.6km이다. 1:5,000 지형도에서 화산성 암설구는 약 3개가 관찰되며 최대 비고는 약 20m이다.

(2) 민오름 화산성 암설구

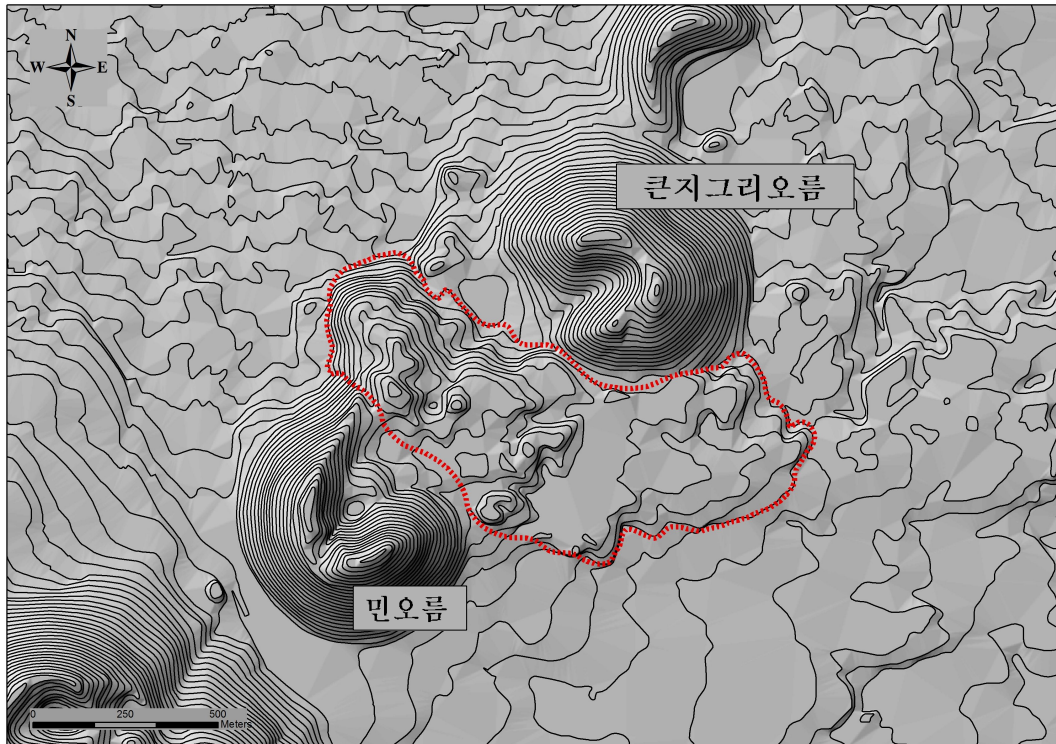


그림 5 민오름 음영기복도

민오름은 제주특별자치도 제주시 봉개동에 위치한 산정 표고 651m, 비고 136m, 면적 518,910m²의 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 0.6km이다. 1:5,000 지형도에서 화산성 암설구는 약 10개가 관찰되며 최대 비고는 약 15m이다. 화산성 암설구의 북쪽 측면 및 말단에 급경사 지형이 잘 발달해 있다.

(3) 검은오름 화산성 암설구

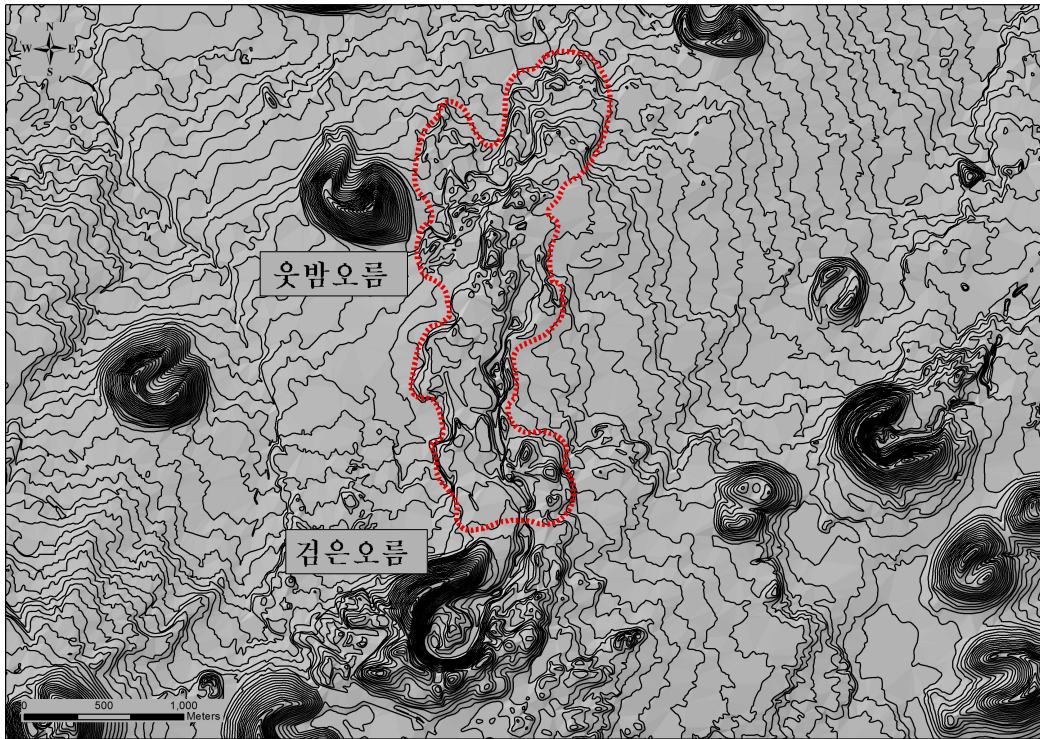


그림 6 검은오름 음영기복도

검은오름은 제주특별자치도 제주시 조천읍 선흘리에 위치한 산정 표고 456.6m, 비고 112m, 면적 809,860m²의 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 40개가 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.

(4) 부대오름 화산성 암설구

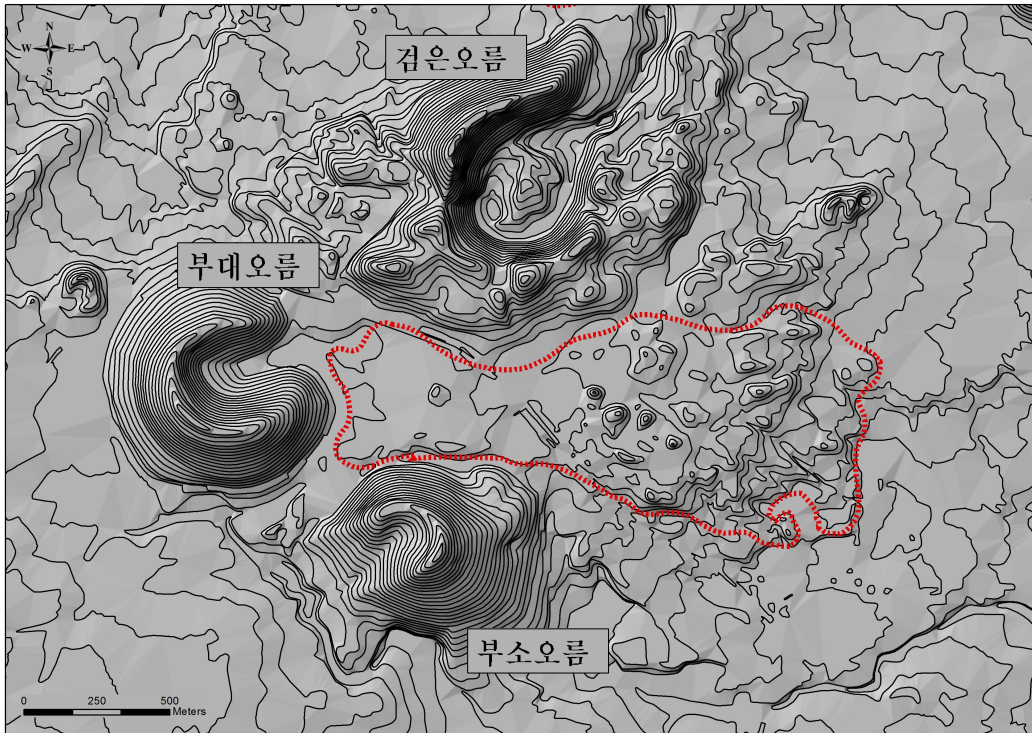


그림 7 부대오름 음영기복도

부대오름은 제주특별자치도 제주시 조천읍 선흘리에 위치한 산정 표고 468.8m, 비고 109m, 면적 455,827m²의 분화구이다. 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 2km이다. 1:5,000 지형도에서 화산성 암설구는 약 30개가 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.

(5) 체오름 화산성 암설구

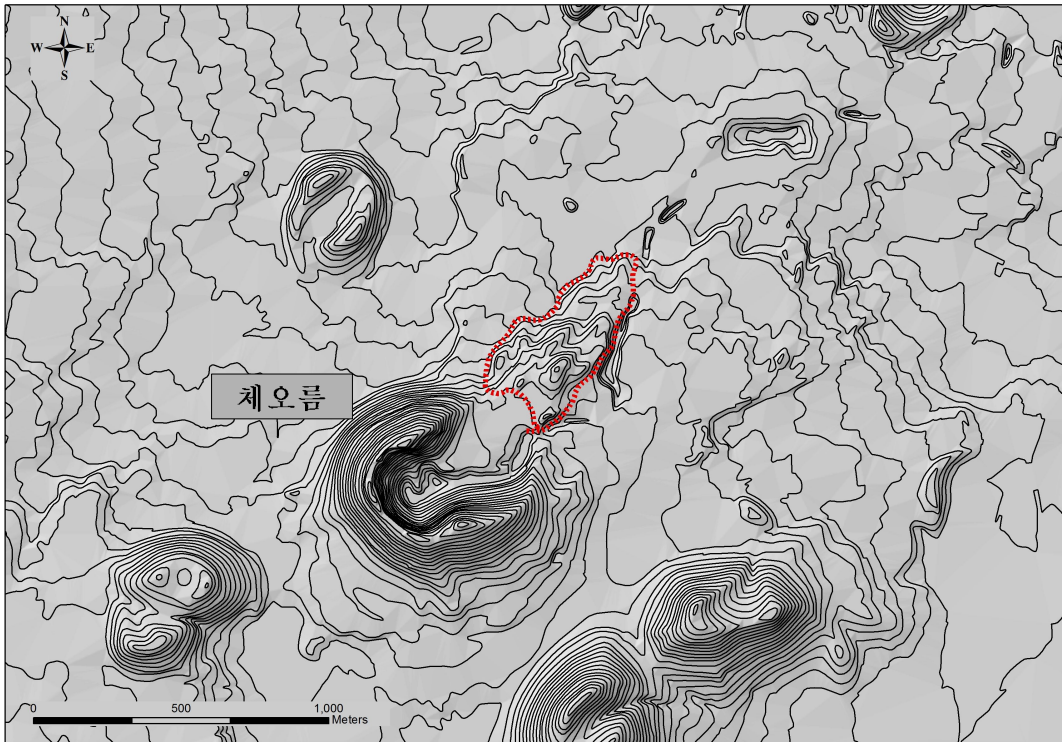


그림 8 체오름 음영기복도

체오름은 제주특별자치도 제주시 구좌읍 덕천리에 위치한 산정 표고 382.2m, 비고 117m, 면적 553,701m²의 분석구이다. 분화구는 북동쪽으로 트여 말굽형의 형태를 띠고 있으며 내부는 유선형으로 발달했다. 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 1km이다. 1:5,000 지형도에서 화산성 암설구는 약 9개가 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.

(6) 둔지오름 화산성 암설구

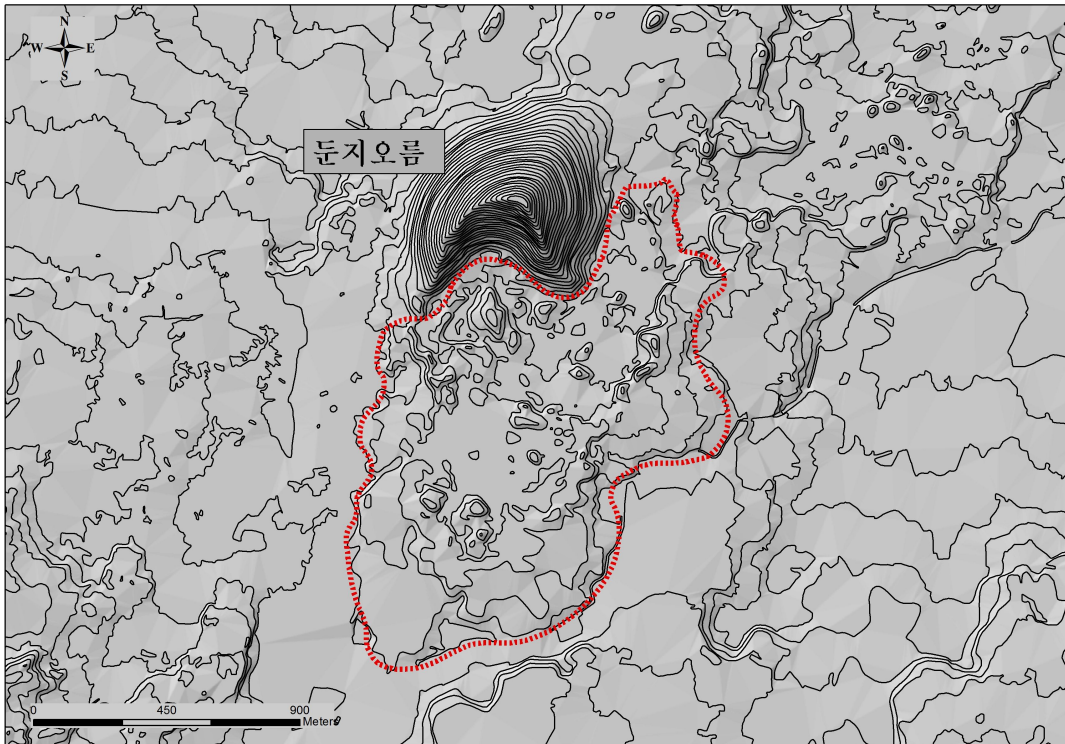


그림 9 둔지오름 음영기복도

둔지오름은 제주특별자치도 제주시 구좌읍 한동리에 위치한 해발 282.2m, 비고 152m, 면적 360,185m²의 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.

(7) 동검은이오름 화산성 암설구

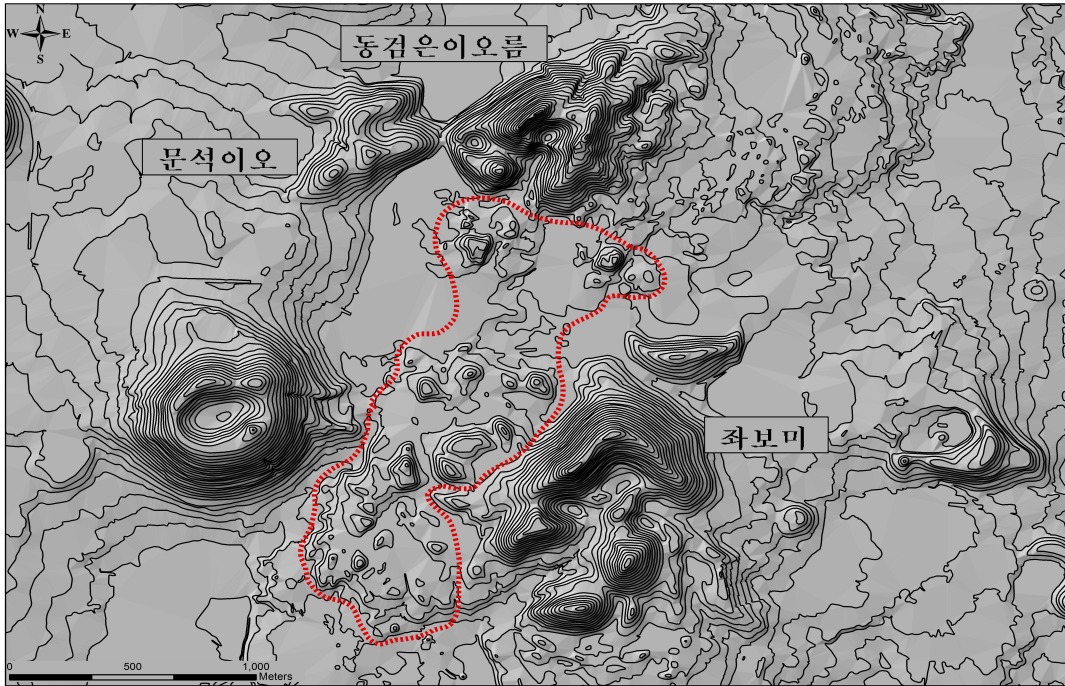


그림 10 동검은이오름 음영기복도

동검은이오름은 제주특별자치도 제주시 구좌읍 종달리에 위치한 산정 표고 340m, 비고 115m, 면적 466,283m²의 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 최장 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.

(8) 용눈이오름 화산성 암설구

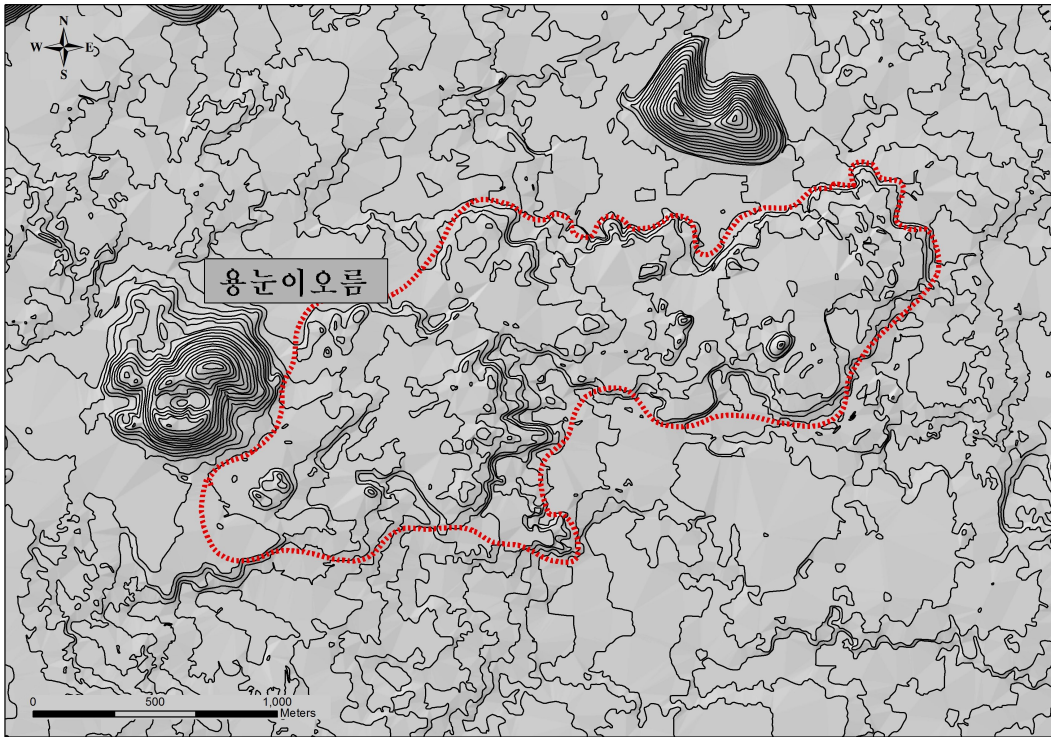


그림 11 용눈이오름 음영기복도

용눈이오름은 제주특별자치도 제주시 구좌읍 종달리에 위치한 산정 표고 247.8m, 비고 88m, 면적 404,264m²의 분석구이다. 분화구는 원형, 말굽형이 혼재된 복합형의 형태를 띠고 있다.

화산성 암설구의 분포 범위는 가로 약 3.2km, 세로 약 1.2km로 분화구의 동쪽 방향으로 발달하였다. 분화구 중심에서 화산성 암설구까지 최장 길이는 약 3km이다. 1:5,000 지형도에서 화산성 암설구는 약 54개가 관찰되며 최대 비고는 약 15m이다. 암설구 분포 지역의 동북지역(약 1km)를 제외한 대부분의 지역이 농경지로 활용되고 있어 원지형이 변형되었을 것으로 추정된다. 화산성 암설구가 화구에서 멀어질수록 비고가 작아지는 전형적인 특성은 유지하고 있으나 말단에서 비고가 큰 암설구(비고 약 20m)가 1개 관찰된다.

(9) 지미봉 화산성 암설구

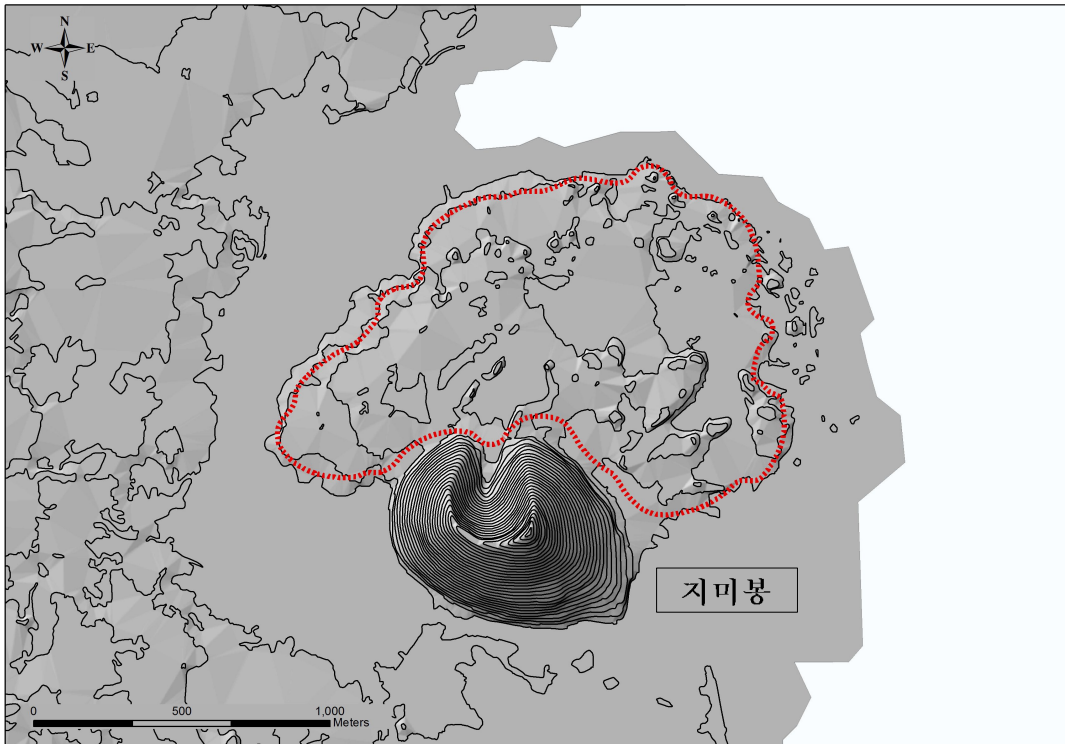


그림 12 지미봉 음영기복도

지미봉은 제주특별자치도 제주시 구좌읍 중달리 해안에 위치한 산정 표고 165.8m, 해발 160m, 면적 423,814m²의 분석구이다. 분화구는 북쪽으로 트인 말굽형의 형태를 띠고 있다. 용암류가 분출하면서 무너져 내린 스크리아콘의 일부가 용암류에 실려 흘러가며 화산체의 전면에 화산성 암설구를 만들었다(지광훈 외, 2010).

화산성 암설구의 분포 범위는 가로 약 1.7km, 세로 약 1km로 분화구의 북쪽 방향으로 발달하였다. 분화구 중심에서 화산성 암설구까지 최장 길이는 약 1.1km이다. 1:5,000 지형도에서 화산성 암설구는 약 40개가 관찰되며 최대 비고는 약 10m이다. 이 일대는 현재 농경지로 활용되고 있어 원지형이 변형되었을 것으로 추정되나 화산성 암설구가 화구에서 멀어질수록 비고가 작아지는 전형적인 특성은 유지하고 있다. 한편 분화구의 양 모서리 끝의 화산성 암설구는 길이 약 300m로 산등성이형의 형태를 보이고 있다.

(10) 물오름 화산성 암설구

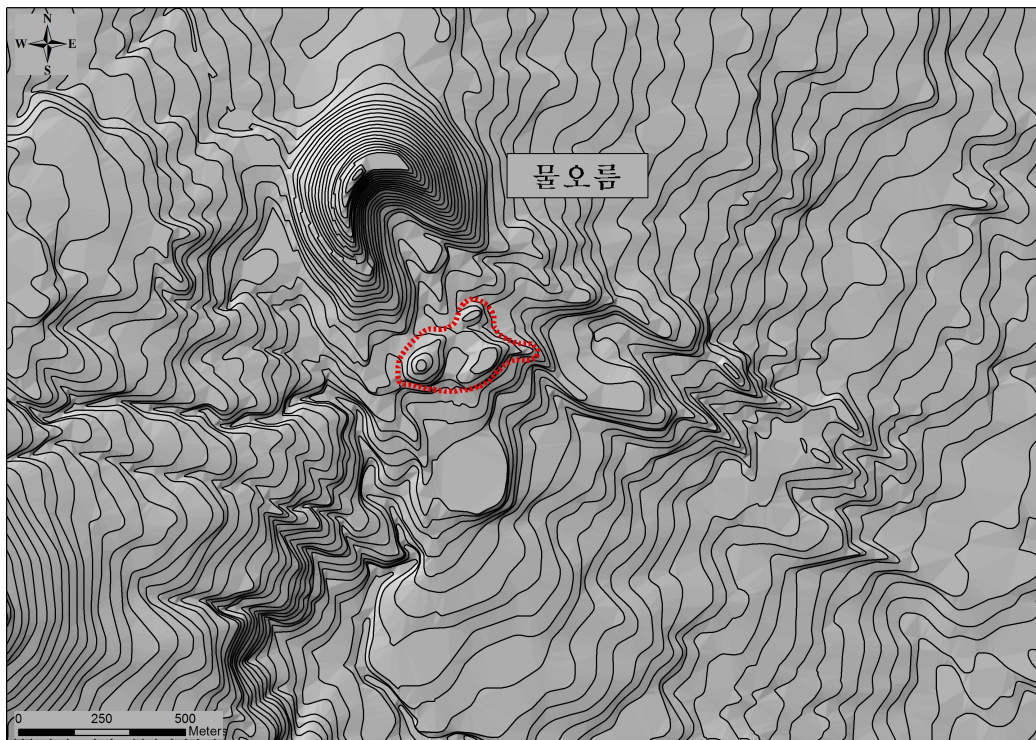


그림 13 물오름 음영기복도

물오름은 제주특별자치도 서귀포시 남원읍 하례리에 위치한 산정표고 838.6m, 비고 114m, 면적 346,856m²의 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.

(11) 따라비 화산성 암설구

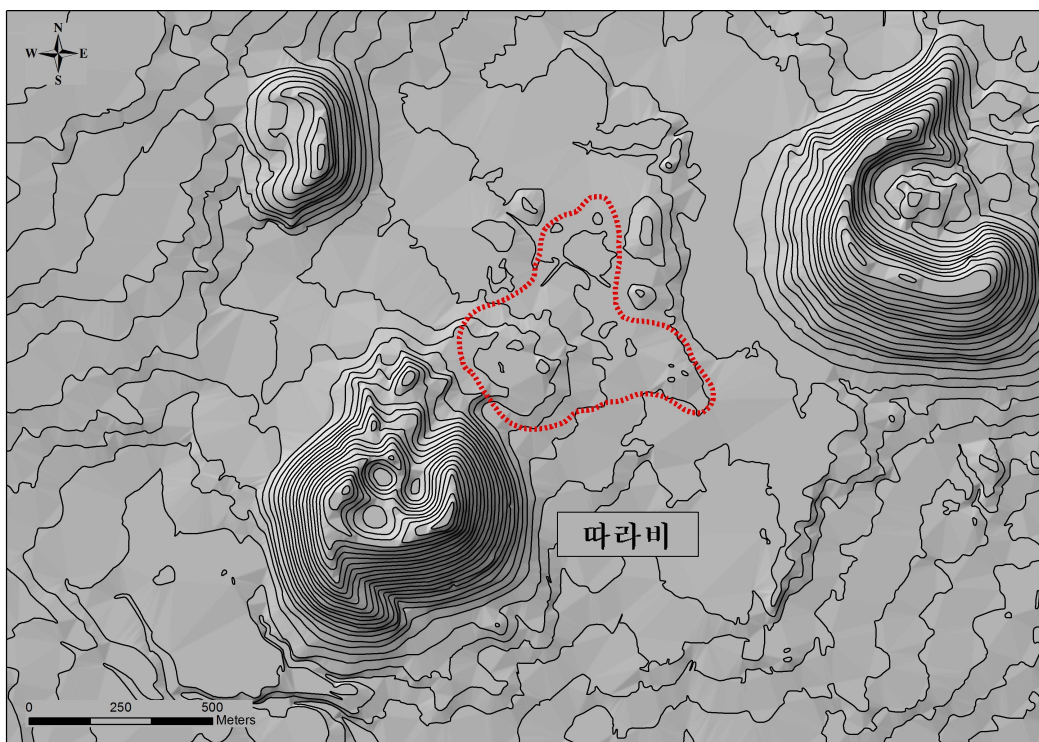


그림 14 따라비 음영기록도

따라비는 제주특별자치도 서귀포시 표선면 가시리에 위치한 산정표고 342m, 비고 107m, 면적 448,111m²의 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 10개가 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.

(12) 모지오름 화산성 암설구

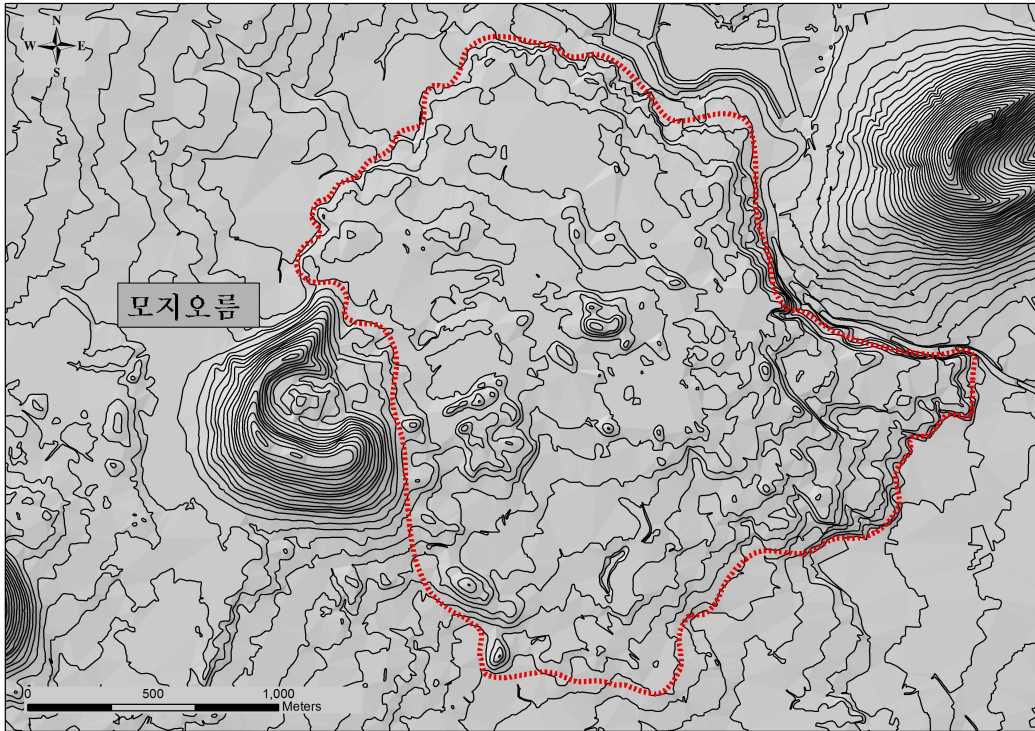


그림 15 모지오름 음영기복도

모지오름은 제주특별자치도 제주시 표선면 성읍리에 위치한 산정 표고 305.8m, 비고 86m, 면적 535,643m²의 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 중심에서 화산성 암설구까지 최장 길이는 약 2.6km이다. 1:5,000 지형도에서 화산성 암설구는 약 65개가 관찰되며 최대 비고는 약 20m이다.

(13) 좌보미 화산성 암설구

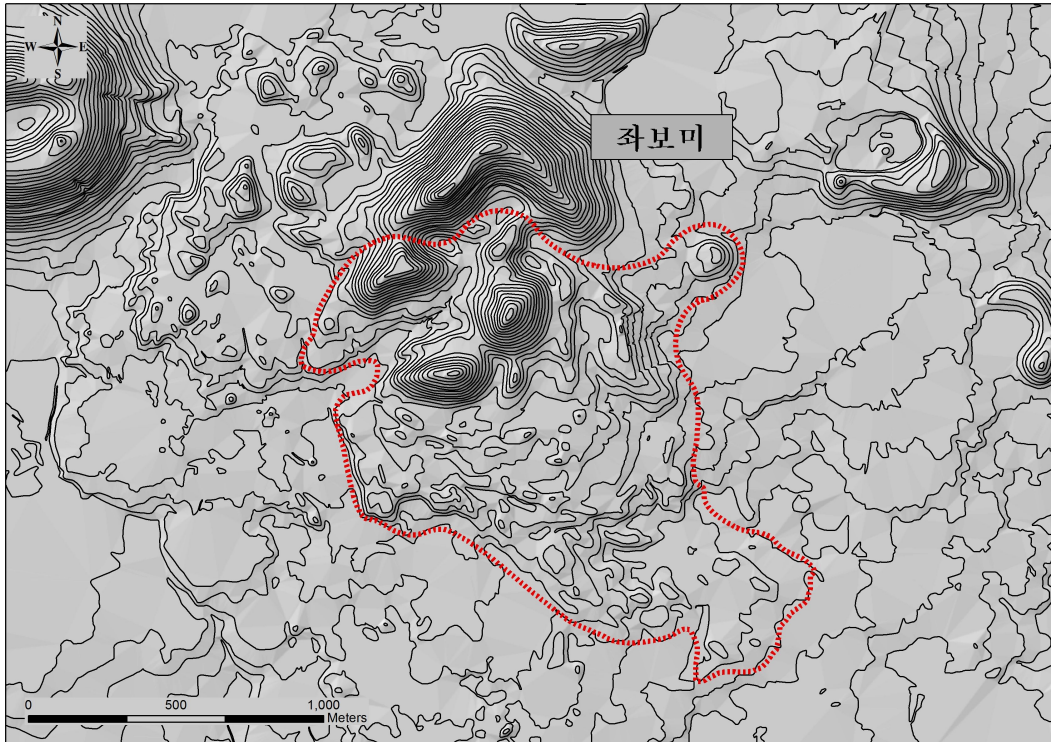


그림 16 좌보미 음영기복도

좌보미는 제주특별자치도 서귀포시 표선면 성읍리에 위치한 산정 표고 342m, 비고 112 m, 면적 631,356m²의 분석구이다. 분화구는 남동쪽으로 트인 말굽형의 형태를 띠고 있다.

좌보미 화산성 암설구의 분포 범위는 가로 약 1.2km, 세로 약 1.6km로 분화구의 남쪽 방향으로 발달하였다. 분화구 중심에서 화산성 암설구까지 최장 길이는 약 1.6km이다. 1:5,000 지형도에서 화산성 암설구는 약 57개가 관찰되며, 최대 비고 약 60m로 대부분 원뿔형의 형태를 보이고 있다. 한편, 분화구에서 700m 외부 지역부터 급격하게 화산성 암설구의 비고 및 부피가 작아지고 있다.

(14) 가세오름 화산성 암설구

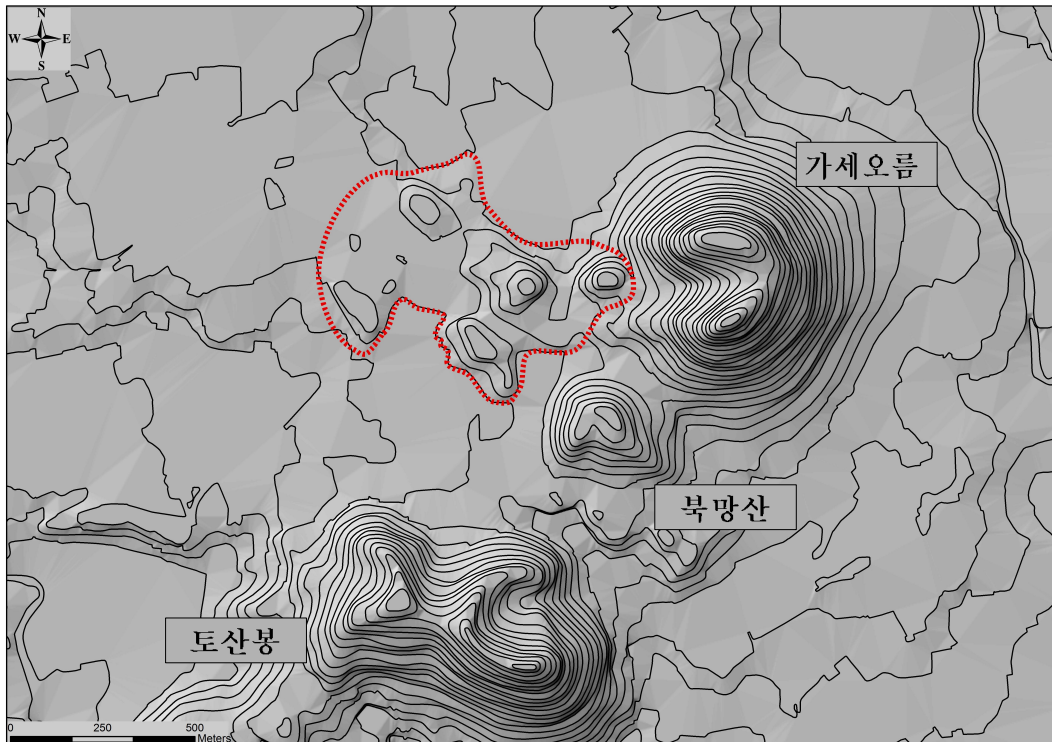


그림 17 가세오름 음영기복도

가세오름은 제주특별자치도 서귀포시 표선면 토산리에 위치한 산정표고 200.5m, 비고 101m, 면적 373,099m²의 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 8개가 관찰되며 최대 비고는 약 20m이다. 분화구 남쪽의 북망산(비고 약 35m)은 가세오름 또는 토산봉(비고 75m)의 화산성 암설구인지 혹은 독립적인 분석구의 잔류산체인지 확인하기 어렵다.

(15) 과오름 화산성 암설구

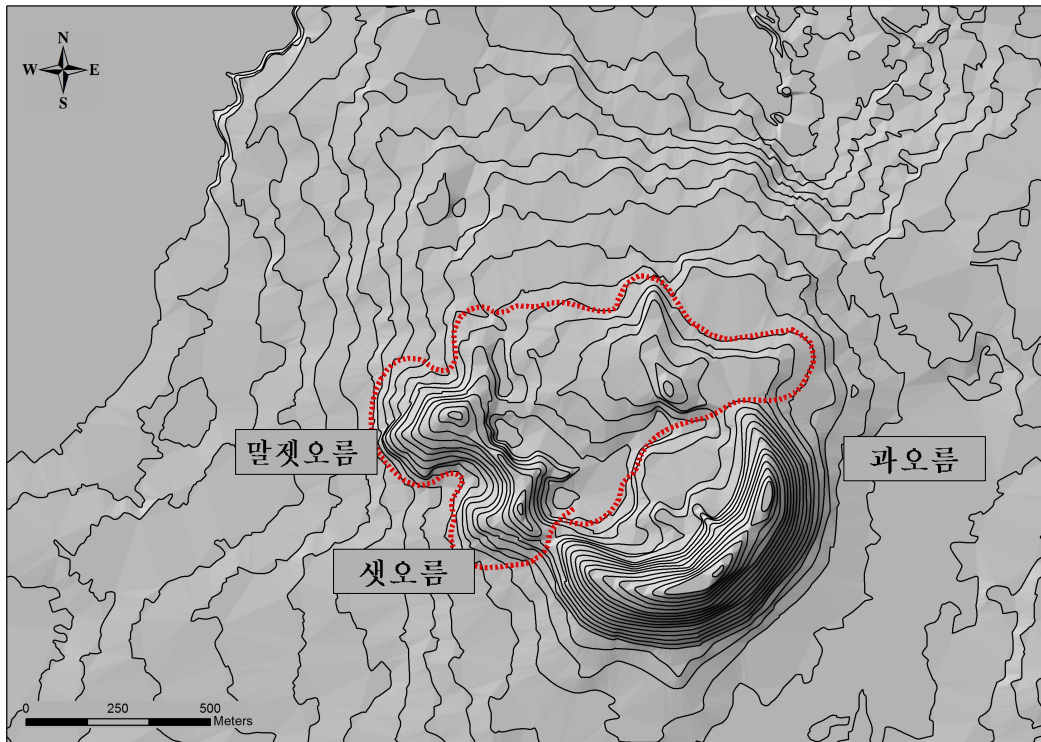


그림 18 과오름 음영기복도

과오름은 제주특별자치도 제주시 애월읍 곽지리에 위치한 산정 표고 155m, 비고 85m, 면적 267,254m²의 분석구이다. 분화구는 북서방향으로 트인 말굽형의 형태를 띠고 있다.

과오름 화산성 암설구의 분포 범위는 가로 약 1.2km, 세로 약 0.7km로 분화구의 북서 방향으로 발달하였다. 분화구 중심에서 화산성 암설구까지 최장 길이는 약 0.9km이다. 1:5,000 지형도에서 화산성 암설구는 크게 2개(말젯오름, 셋오름)가 관찰되며, 특히 분화구 좌측에 세로 길이로 발달된 산등성이형 암설구는 길이 약 550m, 비고 약 55m이다.

(16) 돌오름 화산성 암설구

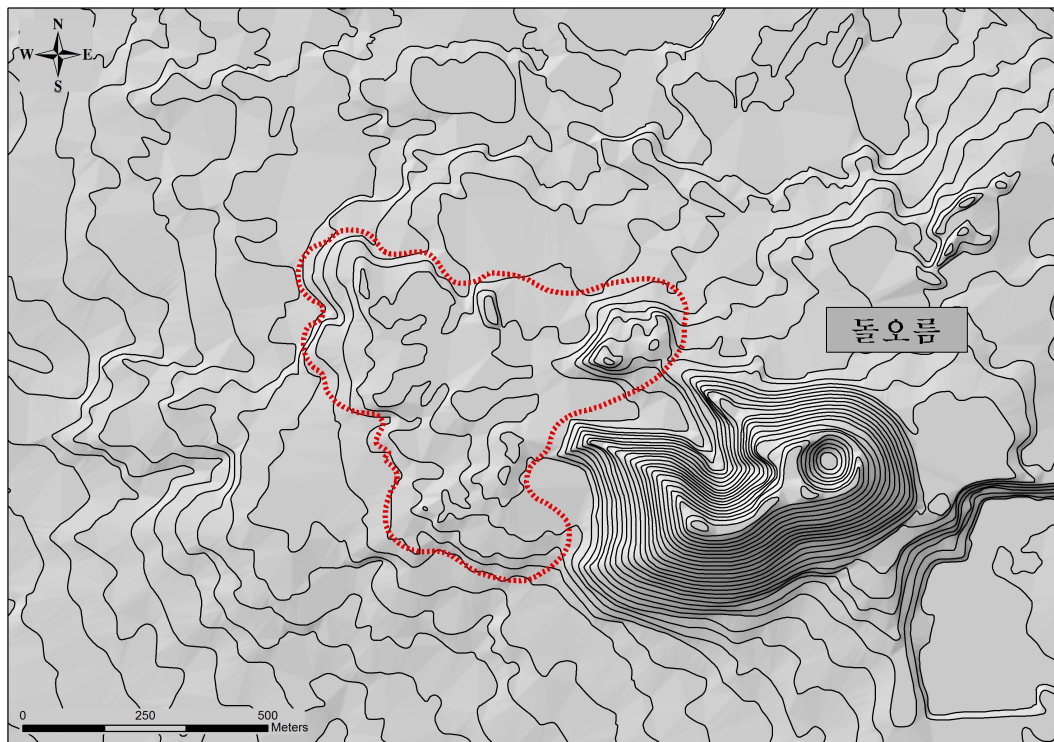


그림 19 돌오름 음영기복도

돌오름은 제주특별자치도 서귀포시 안덕면 동광리에 위치한 산정 표고 439.6m, 비고 110m, 면적 306,369m²의 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 중심에서 화산성 암설구까지 최장 길이는 약 1km이다. 1:5,000 지형도에서 화산성 암설구는 약 5개가 관찰되며 최대 비고는 약 15m이다.

(17) 당오름 화산성 암설구

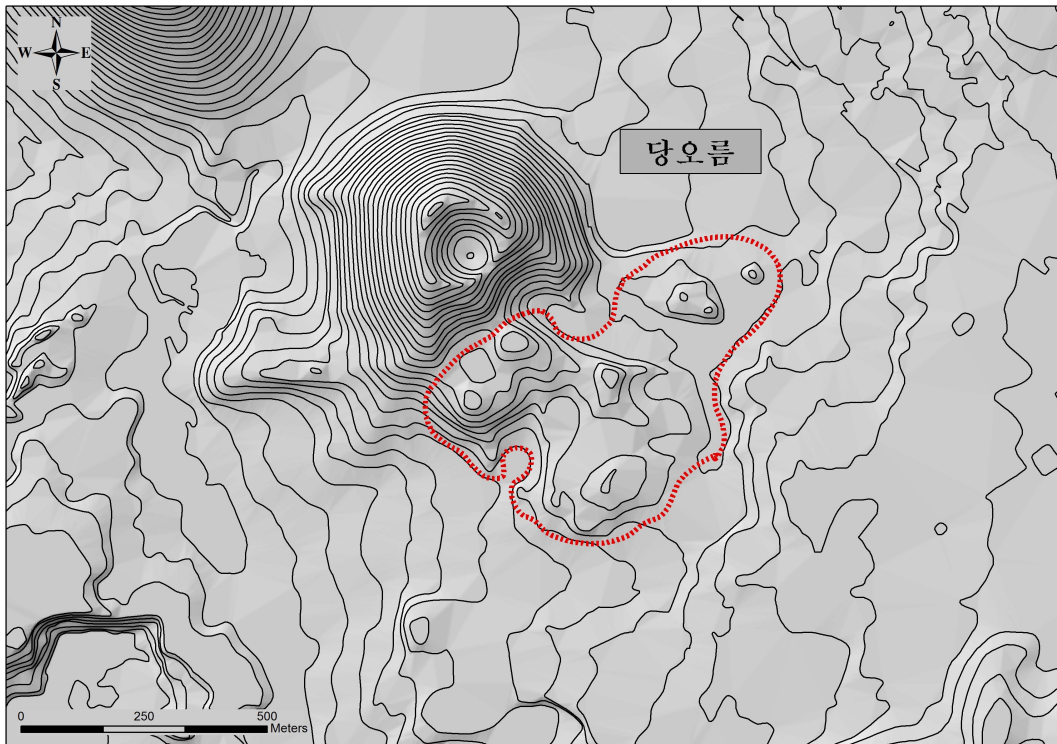


그림 20 당오름 음영기복도

당오름은 제주특별자치도 서귀포시 안덕면 동광리에 위치한 산정 표고 473m, 비고 118m, 면적 415,293m²의 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.

(18) 송악산 화산성 암설구

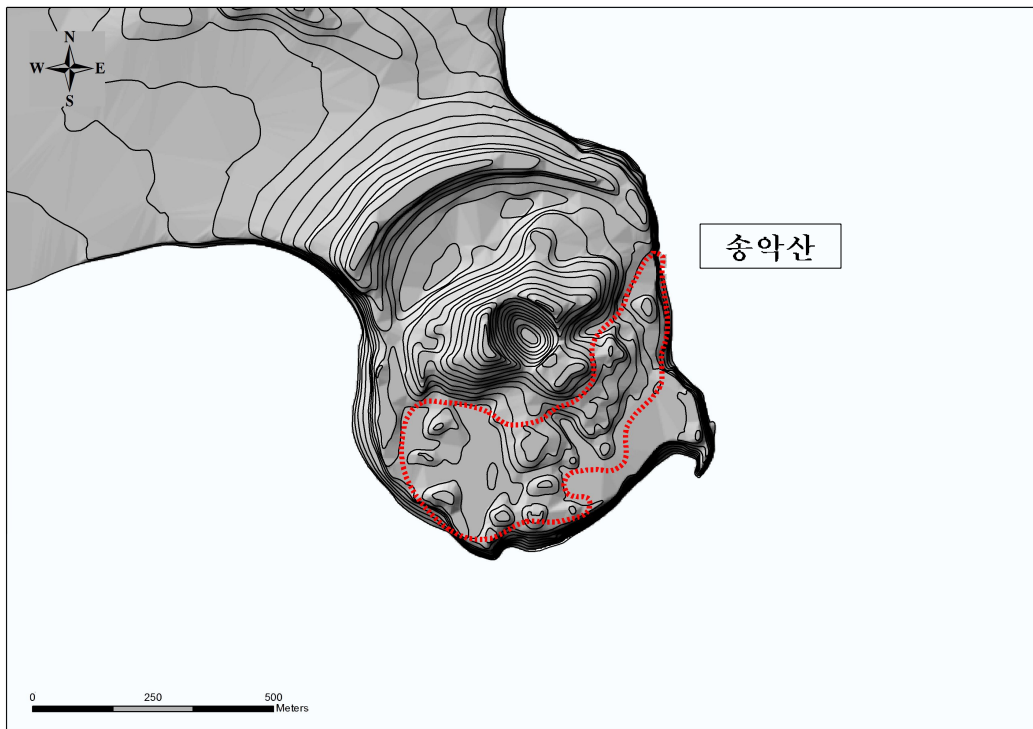


그림 21 송악산 음영기복도

송악산은 제주특별자치도 서귀포시 대정읍 상모리에 위치한 면적 585,982m²의 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 가지나 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.

<표 2> 음영기복도의 제주도 화산성 암설구 분포 현황

순번	화산성 암설구	VDAD 길이(km)	분포 방향	암설구 수	최고 높이 (m)
1	원당봉 VH	0.6	서북	2	20
2	민오름 VH	0.6	동북	10	15
3	검은오름 VH	3.6	북	40	20
4	부대오름 VH	2	동	30	20
5	채오름 VH	1	북동	9	30
6	둔지오름 VH	1.5	남	44	20
7	동검은이오름 VH	2.3	남서	34	20
8	용눈이오름 VH	3	동	54	15
9	지미봉 VH	1.1	북	40	10
10	물오름 VH	0.6	남	3	15
11	따라비 VH	0.8	북동	10	10
12	모지오름 VH	2.6	동	65	20
13	좌보미 VH	1.6	남	57	60
14	가세오름 VH	0.9	서	8	20
15	과오름 VH	0.9	북서	2	55
16	돌오름 VH	1	서	5	15
17	당오름 VH	0.6	남동	6	15
18	송악산 VH	0.4	남	10	15

* VH: 화산성 암설구, VDAD : 화산성 암설사태층

3) 제주도 화산성 암설구의 분포 특징

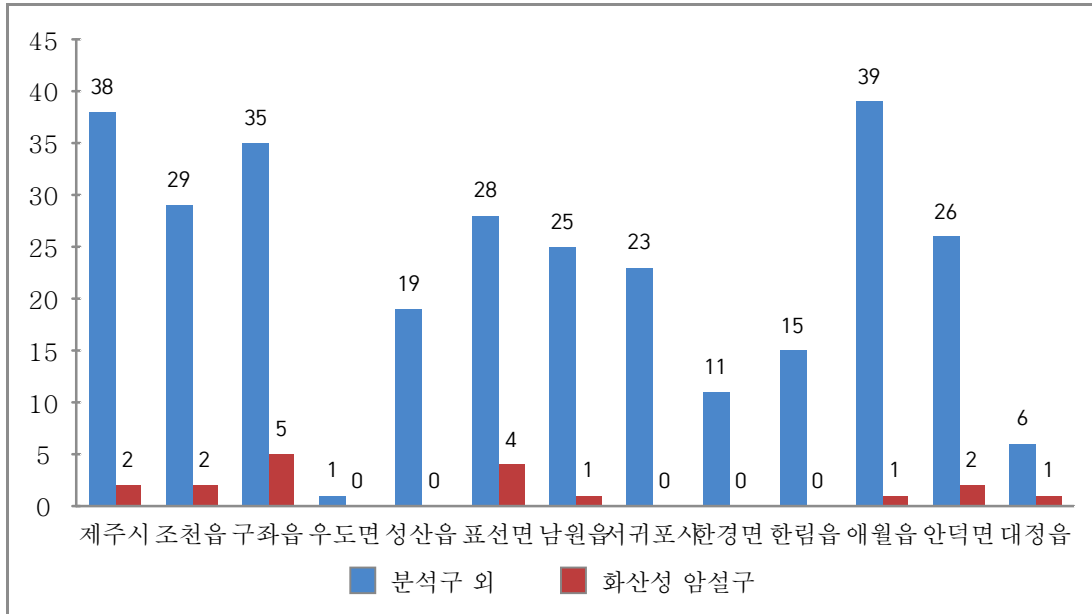


그림 22 제주도 동부지역과 서부지역의 화산성 암설구

제주도의 화산성 암설구는 한라산 동부(제주시, 조천읍, 구좌읍, 성산읍, 우도면, 표선면, 남원읍) 총 14개 지역, 서부(서귀포시, 한경면, 한림읍, 애월읍, 안덕면, 대정읍) 총 4개 지역에서 관찰되며 대부분 해안가 방향으로 발달하고 있다. 분포지역의 평균 길이는 1.4km이다. 총 14개 지역의 화산성 암설구가 구조적 전형성을 띠고 있다.

화산성 암설구의 분포양상은 행정구역별로 분포하는 분석구, 분석구·응회구, 분석구·용암돔의 숫자에 비례하는 것이 아니라 제주도 동부지역, 특히 구좌읍, 표선면 일대의 해발 200m~400m 지대에 집중되는 특징을 보이고 있다. 이 지역은 Yoon et al.(2001), 부성안 외(2005)가 주장하는 제주도의 북촌-표선 라인(함덕-표선 지구대)으로, 앞으로 각각의 화산성 암설구 형성시기에 관한 추가적인 연구가 진행되면 지역별 화산성 암설구의 분포 데이터가 북촌-표선 라인 연구에 좋은 자료가 될 것이라 사료된다.

제주도의 화산성 암설구는 대부분 경사도가 낮은 해안가 방향으로 발달하고

있다. 과오름, 검은오름, 동검은이오름, 돌오름, 따라비, 모지오름, 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.

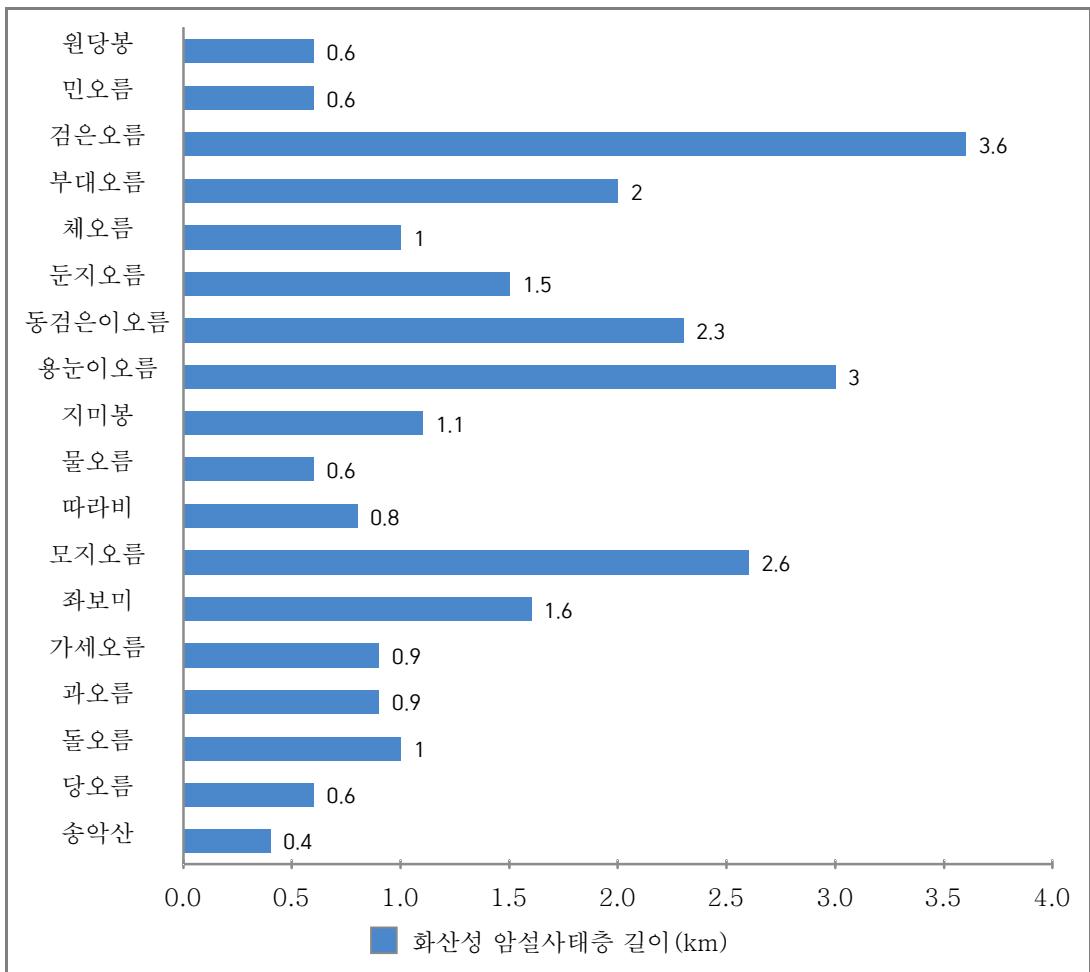


그림 23 화산성 암설구의 분포 길이 (단위 : km)

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 축소된 것으로 추정된다.

지형도와 음영기복도 분석을 통해 분석구와 화산성 암설구의 관계를 구조적 측면에서 살펴보았다. 검은오름, 동검은이오름, 당오름, 돌오름, 둔지오름, 따라비, 모지오름, 물오름, 민오름, 부대오름, 송악산, 좌보미, 체오름, 가세오름 일대 14개 지역(약 77.8%)은 분화구가 말굽형의 형태를 띠고 분화구 전면으로 화산성 암설사태층이 발달하고 있으며 화산성 암설구는 분석구에서 멀어질수록 비고가 낮아지는 전형적인 화산성 암설사태층의 특징을 보이고 있어 구조적 상관성이 뚜렷하다고 사료된다.

과오름, 용눈이오름, 원당봉, 지미봉 일대 4개 지역(약 22.2%)은 분화구 전면에 화산성 암설사태층이 발달하고 있으나 화산성 암설구와의 구조적 상관성은 약하다고 사료된다. 즉 과오름은 분화구 전면으로 화산성 암설구가 조사되지 않으며, 분화구 좌측으로 산등성이형 화산성 암설구가 비구조적으로 발달해 있다. 용눈이오름 분석구에서는 암설구의 분포 길이가 3.2km로 평균적인 이동거리 1.4km의 약 2.3배가 되며 화산성 암설사태층의 말단에서 비고가 큰 암설구가 발견된다. 원당봉 분석구는 분화구 형태가 잘 보존된 상태임에도 불구하고 전면으로 화산성 암설구가 발달해 있다. 지미봉 분석구는 분화구 전면의 산등성이형 화산성 암설구와 전체적으로 분포하는 화산성 암설구의 발달 방향이 일치하지 않는다. 향후 4개 지역에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

2. 제주도 화산성 암설구 유형

1) 제주도 화산성 암설구의 유형 기준

화산성 암설구는 대형 화산체, 소형 화산체에서 모두 관찰되며 형태적으로 유사한 외형을 보이고 있다. 하지만 대형 화산체에서는 기존 산체의 측면을 붕괴시키는 원인이 ‘마그마 관입’, ‘수증기 폭발’, ‘지진’이지만(Siebert, 1984; Ui, 1985). 소형 단성화산체인 분석구는 그 원인이 ‘용암류의 유출’, ‘마그마의 관입이나 지진’으로 연구되고 있다(Yoon et al, 2001; Riggs et al., 2008; 지광훈 외, 2010; Németh et al., 2011; 윤선, 2012).

제주도 화산성 암설구 18개 분포 지역 중 분석구와 암설구와의 구조적 상관성이 뚜렷한 14개의 화산성 암설구 분포 지역을 대상으로 하여 기존 연구, 용암지형의 유무, 화산성 암설구의 분포 형태 등에 따라 scoria raft형과 volcanic debris avalanche형으로 유형화하고 각각 대표적인 화산성 암설구의 특징과 대표 지역을 살폈다.

2) scoria raft형 (SR형)

분석구를 형성하는 스트롬볼리식 분화 과정 중에 산체의 기저부분에서 용암류가 흘러나오게 되면 유출 사면이 불안정하게 되어 측면 붕괴가 일어나기 쉽다. 이때 붕괴된 측면의 스코리아는 용암류에 의해 이동되며 용암류에 덮이거나 용암류 위로 화산성 암설구를 형성하게 된다(그림 24). 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.

제주도의 ‘SR형’으로는 검은오름, 돌오름, 부대오름, 체오름 4개 지역의 화산성 암설구가 해당된다.

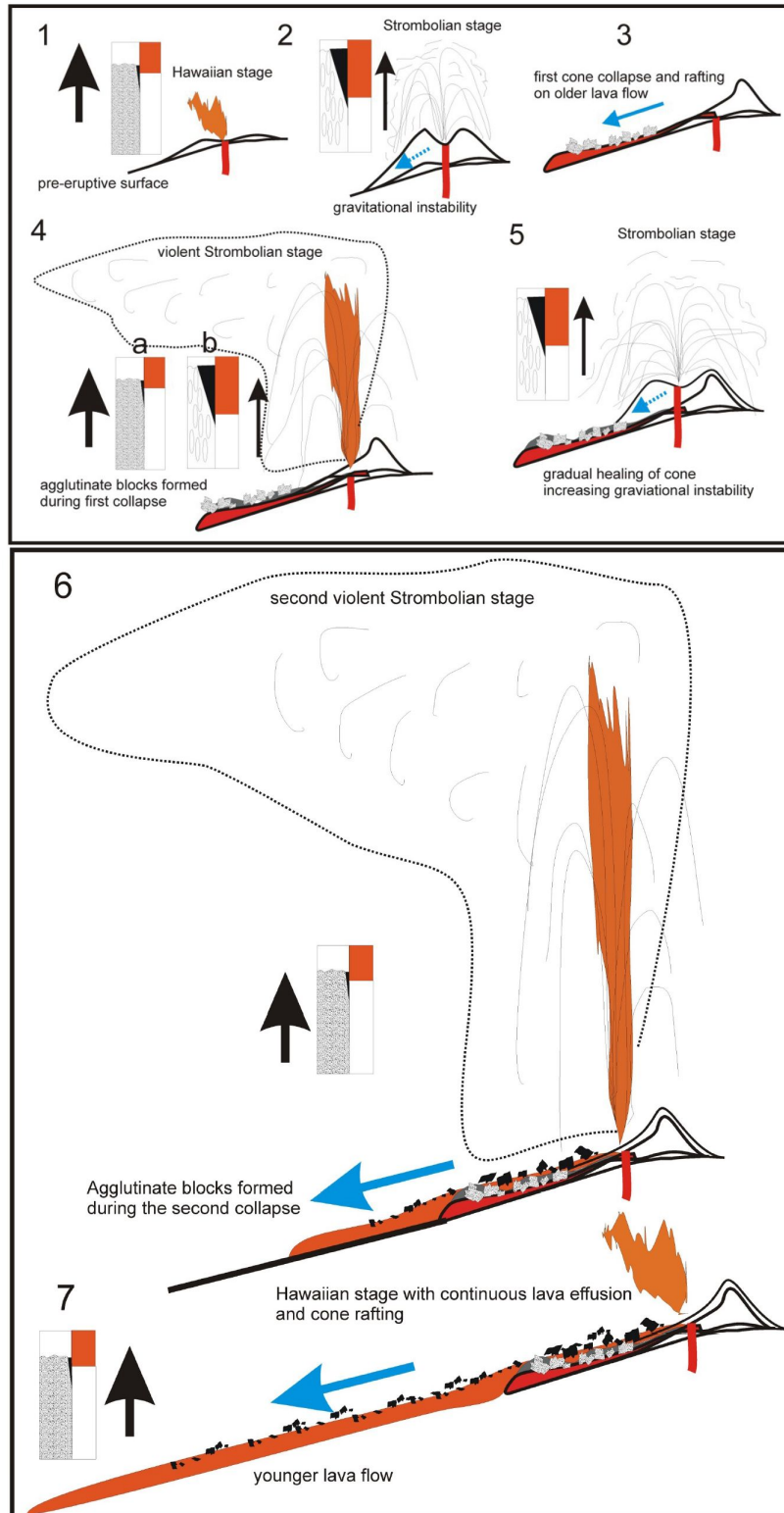


그림 24 scoria raft 형 화산성 암설구 형성과정 (Németh et al., 2011)

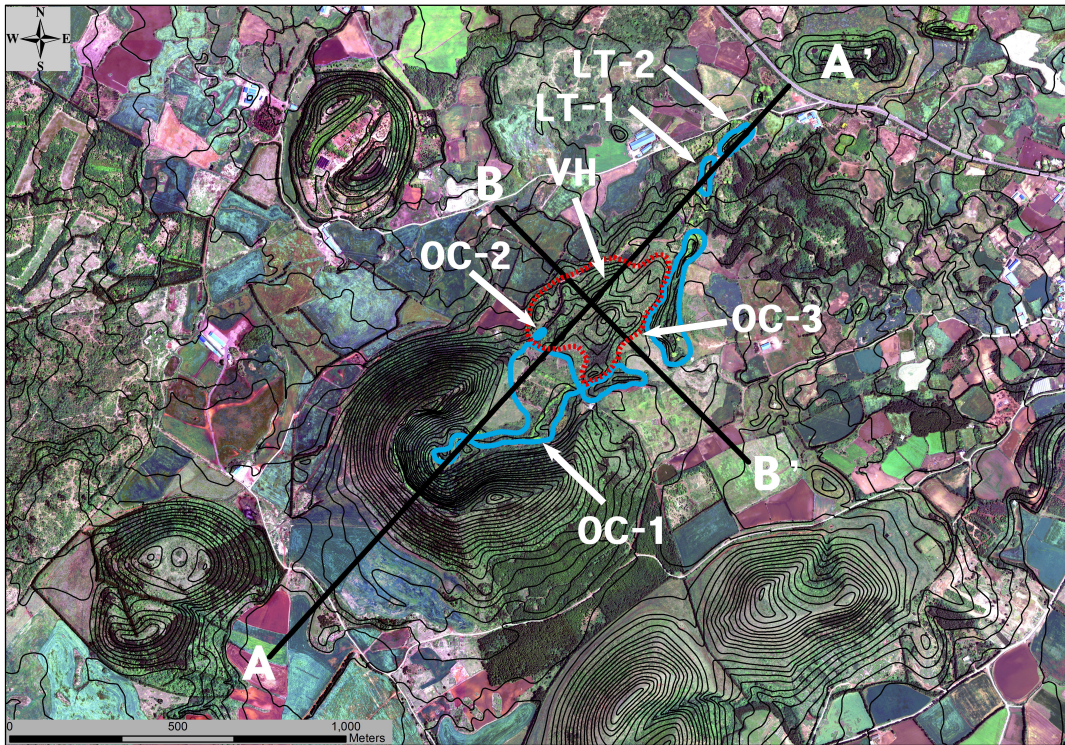


그림 25 체오름 화산성 암설구. OC : outcrop, VH: volcanic hummock, LT: lava tube

‘SR형’의 대표적인 예로 체오름이 있다. 체오름 분화구 중심부에서 분출된 pahoehoe 용암류가 1.5km 이상 북동쪽으로 이어지며 화산성 암설구 분포 지역 (VH), 용암동굴(LT-1, LT-2)을 형성하고 있다. 육안관찰에 의하면 pahoehoe 용암류는 20~50여 cm의 두께로 10여 매 이상 쌓여 있다(OC-1, 그림 27)

체오름 암설구를 이동시킨 pahoehoe 용암류는 체오름 분석구의 완성 단계에서 분출한 것으로 추정된다. pahoehoe 용암류가 흐르는 동안 스트롬볼리식 분화가 계속 진행되면 pahoehoe 용암류에 의해 생성된 용암 계곡이 스킨리아 등에 덮이고 원래의 형태를 되찾기 쉽기 때문이다. pahoehoe 용암류는 분석구의 기저에서 나와 경사도가 낮은 북동쪽으로 흐르며 산체의 북동쪽 측면을 붕괴시켰다.

pahoehoe 용암류에 의해 이동된 스킨리아의 일부는 용암류에 덮이고(OC-2, 그림 28). 일부는 분화구에서 북동쪽으로 약 200m 떨어진 지역으로 이동하여 가로 약 420m, 세로 약 210m, 최대 비고 약 45m인 산등성이형 암설구를 만들었다

(VH, 그림 29). 대부분 소나무, 억새 등의 초목으로 피복되어 단면 노두가 쉽게 관찰되지는 않으나 일부 노두(OC-3, 그림 30) 관찰에 의하면 화산성 암설구는 크기 1cm 내외의 스큐리아, 가로 30cm×세로 15cm 크기의 화산탄 등으로 구성되어 있으며 발견된 화산탄에서는 조각맞춤균열이 관찰되지 않는다.

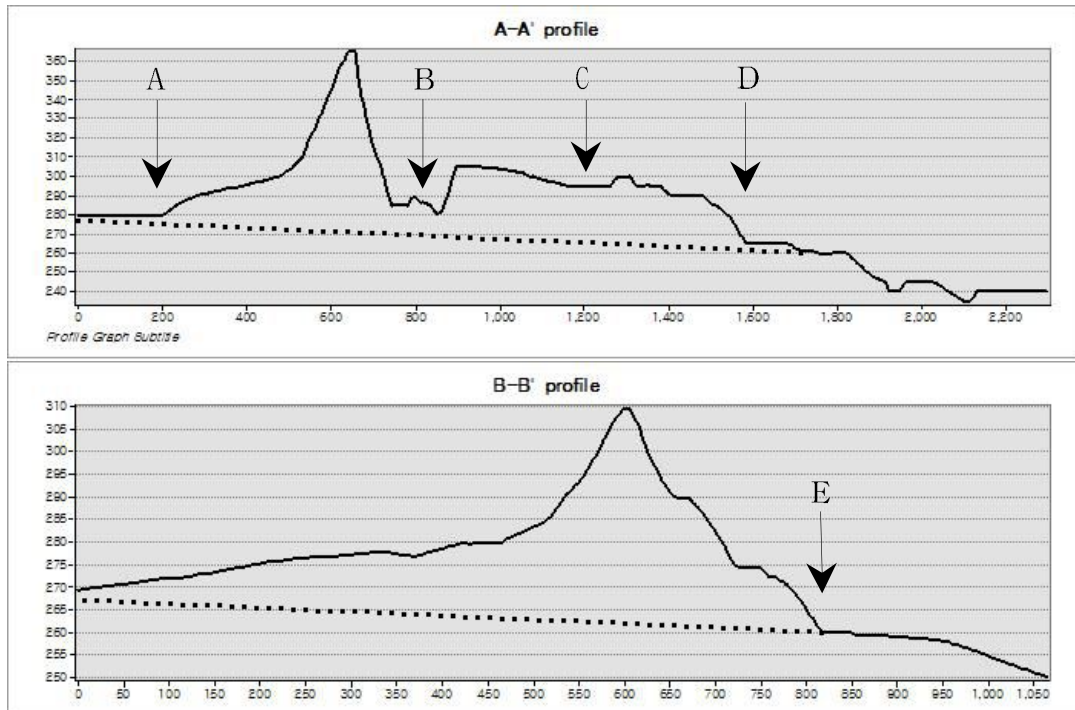


그림 26 체오름 분석구 및 화산성 암설구 단면도. A: 외륜, B: 화구 중심 C: 외륜 및 화산성 암설구 시작점, D: 화산성 암설구 종점, E: 화산성 암설구 급경사지형

단면도를 통해 본 체오름 화산성 암설구는 다음과 같다(그림 26). 화구 B를 중심으로 스트롬볼리식 분화가 일어나 비고 117m, 직경 약 1km의 체오름 분석구가 생성되었다. 이후 화구에서 분출된 pahoehoe 용암류는 경사가 낮은 체오름 분석구의 북동사면을 붕괴시키며 흘러나와 비고 약 20~30m의 용암 동굴을 만들었다. 분석구에서 무너져 내린 스큐리아는 용암류에 의해 이동되며 비고 약 40m의 화산성 암설구 분포 지역을 형성하였다. 분석구 외륜에서 총 이동거리는 약 400m이다.



그림 27 체오름 용암 동굴. 장소 : OC-1



그림 28 체오름 pahoehoe 용암류. 장소 : OC-2



그림 29 산등성이형으로 발달된 체오름 화산성 암설구. 장소 : VH



그림 30 체오름 화산성 암설구와 화산탄. 장소 : OC-3

3) volcanic debris avalanche형 (VDA형)

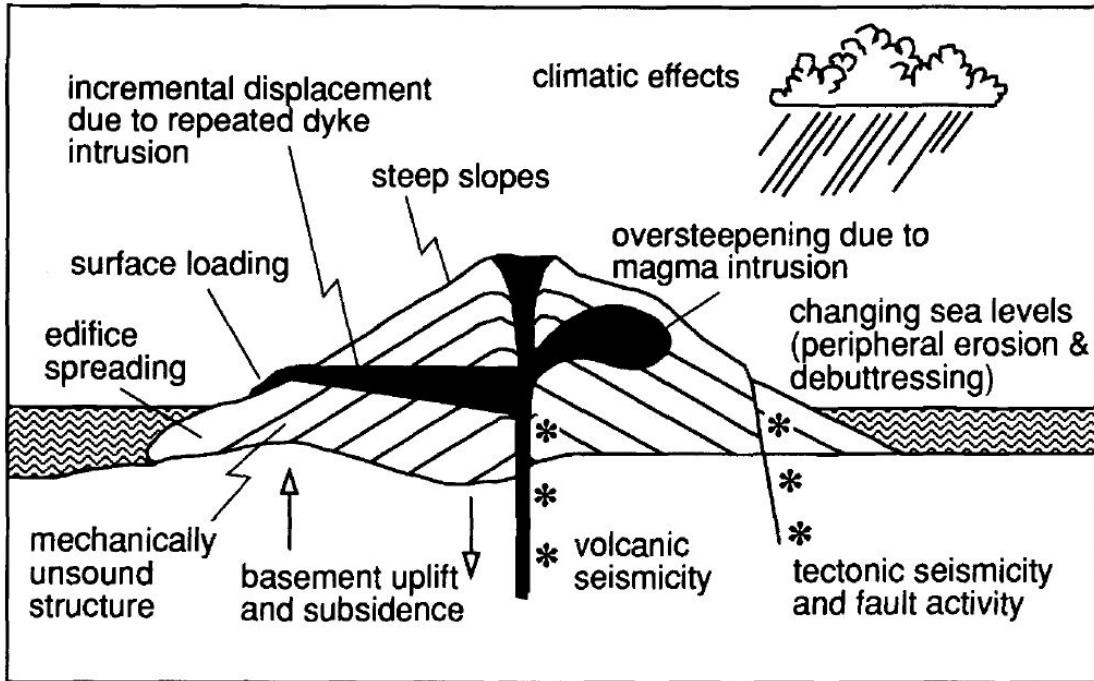


그림 31 화산체의 구조적 불안정성 요소 (McGuire, 1996)

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.

제주도에서는 가세오름, 동검은이오름, 당오름, 둔지오름, 따라비, 모지오름, 물오름, 민오름, 송악산, 좌보미 총 10개 지역이 해당된다.

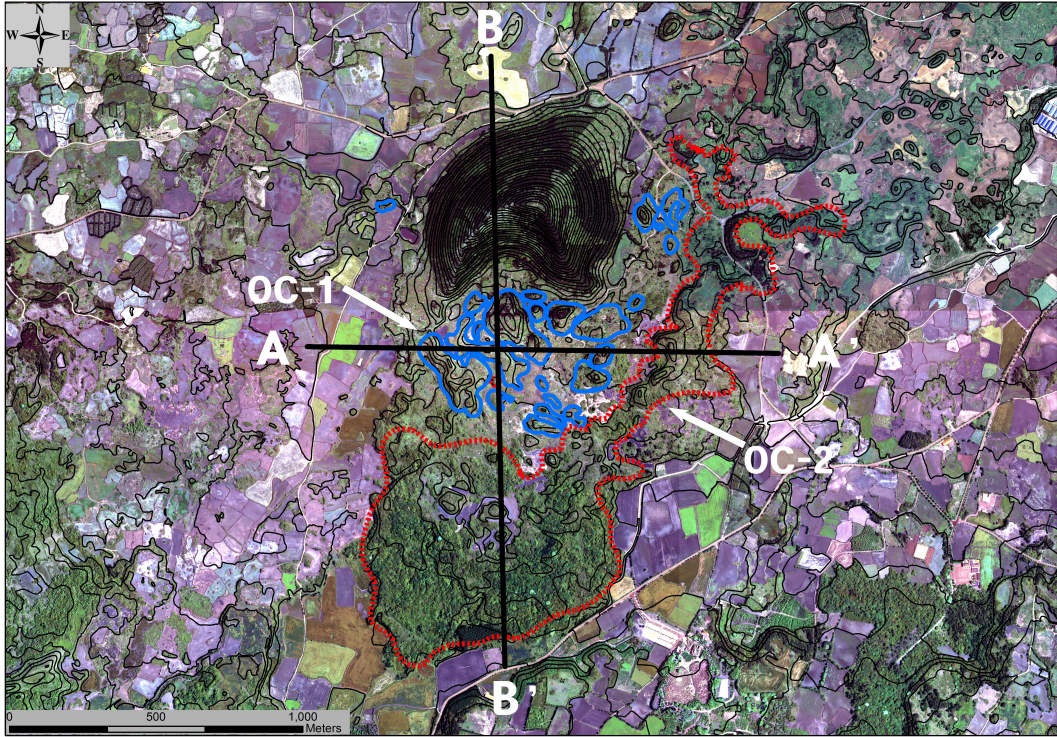


그림 32 둔지오름 화산성 암설구. OC : outcrop

둔지오름 화산성 암설구 분포 지역이 대표적인 예이다(그림 32). 둔지오름은 스트롬볼리식 분화로 형성된 분석구로 산체의 남사면이 붕괴되어 화산성 암설구 분포 지역을 형성하고 있다.

둔지오름 분석구의 산체 붕괴는 둔지오름 분석구의 완성 단계에서 진행된 것으로 추정된다. 산체가 붕괴 도중에 분석구를 만드는 스트롬볼리식 분화가 지속 되면 붕괴된 사면이 스코리아 등에 덮여 원래의 형태를 되찾기 때문이다. 분석구의 완성 시기를 전후하여 산체가 구조적으로 불안정한 상태일 때 일어난 사건이 둔지오름 분석구의 남사면을 붕괴시켰다.

남사면에서 떨어져 나온 스코리아는 분화구에서 남쪽으로 약 580여 m까지 이동하며 가로 약 0.75km, 세로 약 0.58km 지역에 화산성 암설구를 형성하고 있다(그림 34). 화산성 암설구의 최대 높이는 20여 m이며, 특히 서측 분화구 모서리 일대는 산등성이형의 형태를 띠며 남쪽으로 분산, 발달되고 있다. 최대 길이는 약 300m이다. 대부분 역세로 피복되어 단면 노두가 쉽게 관찰되지는 않으나 일

부 노두(OC-1, 그림 36) 관찰에 의하면 화산성 암설구는 1cm 내외의 스킨리아, 화산탄으로 구성되고 있으며 화산탄에서 조각맞춤균열이 관찰된다.

둔지오름 화산성 암설구의 분포가 끝나는 지점부터 암괴동산이 발달해 있다. 암괴동산은 분석구의 동측 약 250m 지점 일대에서부터 남측 약 600m 지점까지 이어지며 둔지오름 화산성 암설구 분포 지역을 둘러싸고 있다. 암괴동산은 대부분 1m×1m 크기의 암괴들로 구성되어 있으며 최대 비고는 약 20m이다. 스킨리아는 관찰되지 않으며 각 암괴들에는 균열(crack)이 발달되어 있다(OC-2, 그림 37). 암괴동산의 형태, 산등성이형 암설구(OC-1, 그림 35)의 방향성, A-A'의 경사도 등에 의할 때 암괴동산을 형성한 용암류는 둔지오름 분석구가 아닌 다른 지역으로 추정된다.

지형도 및 음영기복도 상의 둔지오름 화산성 암설구 분포 지역은 가로 약 1km, 세로 약 1.4km로 추정되었으나 항공사진 및 야외조사에 의하면 둔지오름의 화산성 암설구 분포지역은 가로 약 0.75km, 세로 약 0.58km 지역에 불과하며 그 외 지역은 암괴동산에 해당된다.

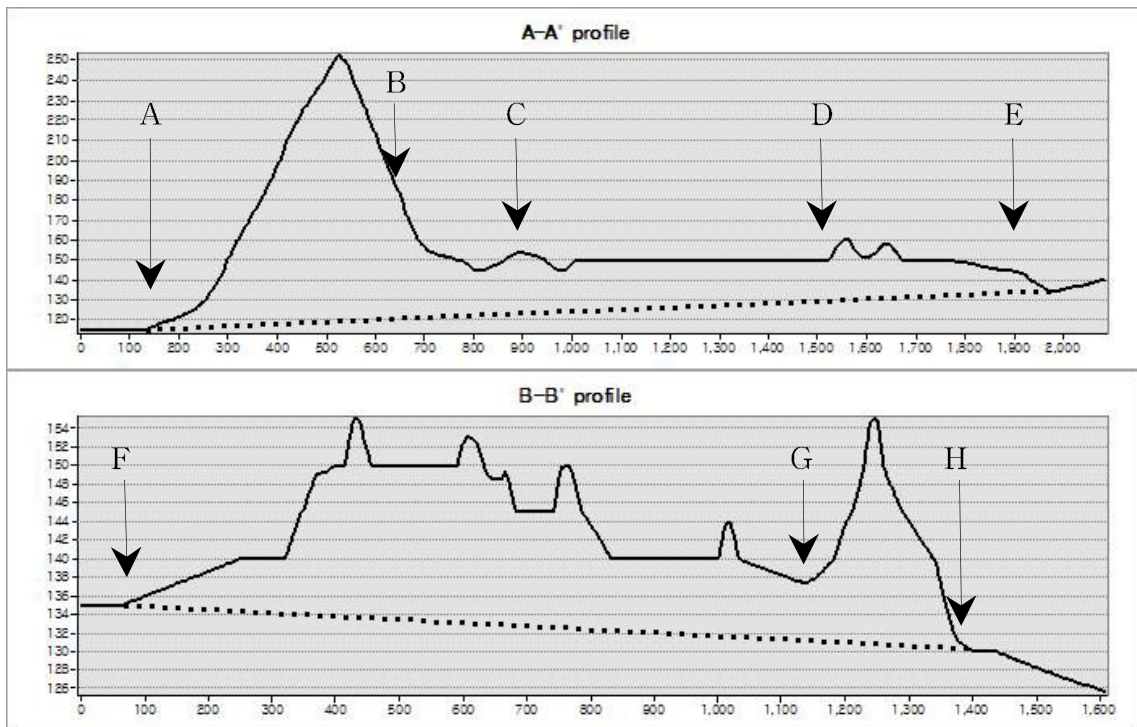


그림 33 분석구 및 화산성 암설구 단면도. A: 외륜, B: 화구, C: 화산성 암설구 D: 암괴동산, E: 암괴동산 종점, F: 화산성 암설구 시작점, G: 암괴동산 시작점, H: 암괴동산 종점

단면도를 통해 본 둔지오름 화산성 암설구는 다음과 같다(그림 33). 화구 B를 중심으로 스트롬볼리식 분화가 일어나 비고 152m, 직경 약 800m의 둔지오름 분석구가 생성되었다. 분석구가 구조적으로 불안정한 시기에 일어난 2차적인 사건에 의해 붕괴된 분석구의 스크리아는 경사면을 따라 남쪽으로 올라가며 비고 약 20m의 화산성 암설구 분포 지역을 형성하였다. 분석구에서 총 이동거리는 약 600m이다. 한편 둔지오름의 동부지역~남부지역에 위치한 암괴동산은 둔지오름 분석구 붕괴에 영향을 미친 2차적인 사건의 증거자료라 사료된다.



그림 34 둔지오름 화산성 암설구 전경



그림 35 둔지오름의 산등성이형 화산성 암설구



그림 36 둔지오름 화산성 암설구와 조각맞춤균열. 장소 : OC-1



그림 37 둔지오름 남동측의 암괴 동산(가로 50m, 높이 10m). 장소 : OC-2

4) 제주도 화산성 암설구 유형 특징

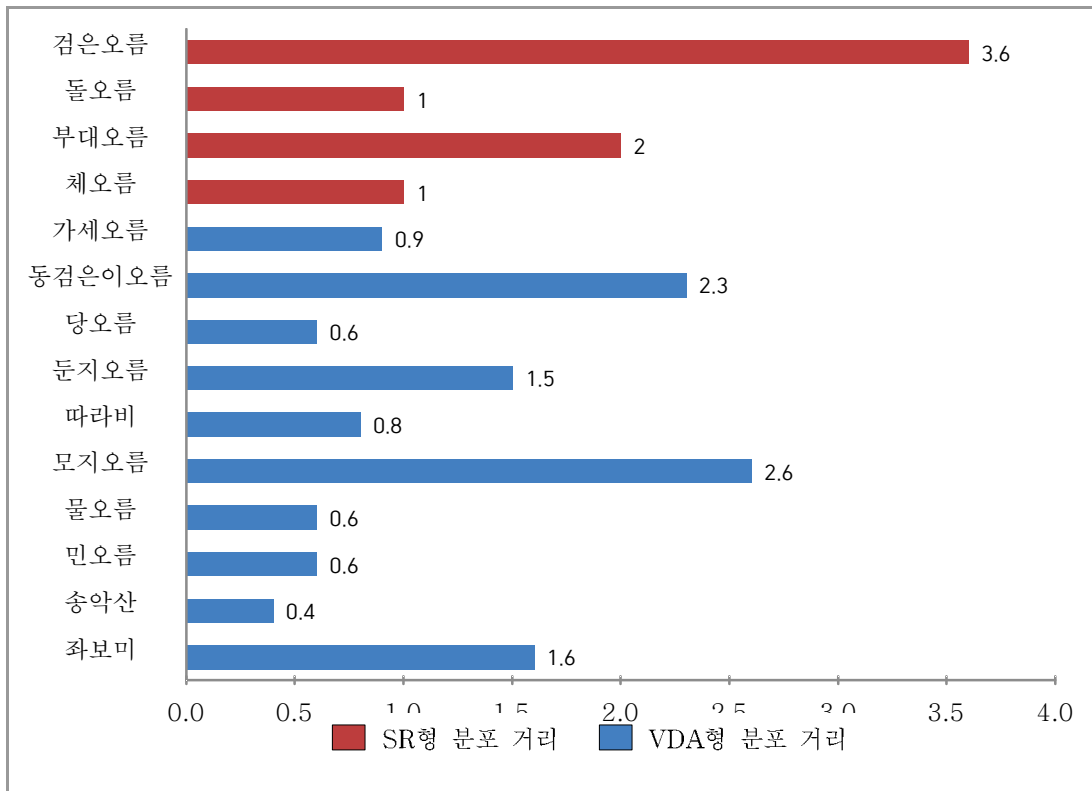


그림 38 유형별 화산성 암설구 분포 거리 (단위 : km)

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 실제 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.

IV. 결론 및 제언

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

첫째, 화산성 암설구는 화산체의 불안정한 측면이 마그마의 관입이나 지진 등에 의해 붕괴되어 지표로 이동하면서 형성된 수 개~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, 부대오름, 송악산, 용눈이오름, 원당봉, 좌보미, 지미봉, 채오름), 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 화산성 암설구의 분포 데이터와 실제 현장 조사로 얻어낸 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 분류함으로써 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.

참 고 문 헌

<단행본>

- 국립기상연구소(2010) 「기후변화 이해하기 VI」, 2010, 동진문화사.
- 김종욱, 이민부, 공우석, 김태호, 강철성, 박경, 박병익, 박희두, 성효현, 손명원, 양혜근, 이승호, 최영은(2008), 「한국의 자연지리」, 서울대학교출판부.
- 윤선, 정차연, 송시대, 현원학 (2006), 「제주도의 지질」, 한국농촌공사 제주도본부.
- 제주도(1997), 「제주의 오름」, 제주도.
- 제주도·한라산생태문화연구소(2006), 「한라산의 지형·지질」, 도서출판 각.
- 지광훈, 김태호, 장동호, 이성순(2010), 「위성에서 본 한국의 화산지형」, 한국지질자원연구원.
- Sigurdsson, Haraldur, Houghton, Bruce F., McNutt, Stephen R., Rymer Hazel, Stix John(1999), 「Encyclopedia of Volcanoes」, AcademicPress.

<논 문>

- 권혁춘(2009), “Landsat영상과 GIS를 이용한 제주도 산사태 취약성 분석”, 제주대학교 대학원 박사학위 논문.
- 김태호(1997), “제주도의 해안지형”, 탐라문화 18, pp. 381-397.
- _____ (2011), “한국의 화산지형”, 한국지형학회지, 제18권 제4호, pp. 79-96.
- 박승필(1986), “제주도 기생화산에 관한 연구 : 지형과 분포를 중심으로”, 제주도 연구, 제 3집, pp. 374-378.
- 윤선, 정차연, 현원학, 송시대(2009), “제주도 구조운동사”, 2009 추계지질과학연합 학술발표회 초록집, pp. 31.

- 이문원(1994), “제주도의 형성사와 지질구조”, 한국지하수토양환경학회, pp. 54-74.
- 황상구. (2000), “제주도 송악산 응회환·분석구 복합체의 화산형태”, 지질학회지, 145, pp. 473-486.
- 현경희(2000), “제주도 스킨리아콘의 사면 형태와 발달”, 제주대학교 교육대학원 지리교육전공 석사학위논문.

< 국외분헌 >

- Capra, L., Macias, J. L., Scott, K. M., Abrams, M., & Garduño-Monroy, V. H. (2002), “Debris avalanches and debris flows transformed from collapses in the Trans-Mexican Volcanic Belt, Mexico - behavior, and implications for hazard assessment”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 113(1), pp. 81-110.
- Dufresne, A., Salinas, S., & Siebe, C. (2010), “Substrate deformation associated with the Jocotitlán edifice collapse and debris avalanche deposit, Central México”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 197(1), pp. 133-148.
- Dufresne, A., & Davies, T. R. (2009), “Longitudinal ridges in mass movement deposits”, *Geomorphology*, 105(3), pp. 171-181.
- 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.
- Paguican, E. M. R., de Vries, B. V. W., & Lagmay, A. M. F. (2012),

- “Hummocks: how they form and how they evolve in rockslide-debris avalanches”, *Landslides*, pp. 1-14.
- 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.
- Siebert, L., Glicken, H., & Ui, T. (1987), “Volcanic hazards from Bezymianny-and Bandai-type eruptions”, *Bulletin of Volcanology*, 49(1), pp. 435-459.
- Tibaldi, A. (2003), “Influence of cone morphology on dykes, Stromboli, Italy”, *Journal of volcanology and geothermal research*, 126(1), pp. 79-95.
- Thouret, J., Németh, K.(2012), “Special issue on volcano geomorphology ‘Landforms, processes and hazards’: Introduction”, *Geomorphology*, 136(1), pp. 1-5.
- Ui, T. (1983), “Volcanic dry avalanche deposits – identification and comparison with nonvolcanic debris stream deposits”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 18(1), pp. 135-150.
- Vidal, N., & Merle, O. (2000), “Reactivation of basement faults beneath volcanoes: a new model of flank collapse”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 99(1), pp. 9-26.
- Voight, B., Glicken, H., Janda, R. J., & Douglass, P. M. (1981), “Catastrophic rockslide avalanche of May 18”, *US Geol. Surv. Prof. Pap*, 1250, pp. 347-378.

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.

<기타 자료>

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), 「모슬포한림도폭 지질보고서」, 한국자원연구소.
윤선(2012), 「제주도 지질이야기」.

제주특별자치도(2012), 「환경생태체험 프로그램 기반 구축을 위한 오름의 D/B 구축 및 올레코스 내 오름 정밀조사 보고서」.

< Abstract >

Volcanic hummocky topography in Jeju Island
: Distribution and type

Seung-IL Kang

Geography Education Major
Graduate School of Education, Jeju National University

Supervised by professor Tae-Ho Kim

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. Due to its destructive influence on the surrounding areas, many studies have been conducted worldwide.

This study aims to investigate the sites of volcanic hummock in cinder cones distributed in Jeju Island and reveal the characteristics of each site, consider the formation processes, and then utilize the data obtained from the process as the basic data for studying the volcanic hummock in Jeju Island.

The sites of study are around the cinder cones where volcanic hummocks were developed: a total of 295 cinder cones, cinder cone · tuff cones, and cinder cone · lava domes distributed in Jeju Island. The volcanic debris avalanche formed around and in front of cinder cones and volcanic hummocks were investigated and then the topographic characteristics of each volcanic

hummock by region were analyzed.

It is found that there are 286 cinder cones, 8 cinder cone-tuff cones, and 1 cinder cone-lava dome in Jeju Island: 295 sites in total(175 in eastern part and 120 in western part). It is also found that the volcanic hummocks are developed from a total of 18 sites: Gaseorum, Gwaorum, Geomunorum, Donggeomuniorum, Dangorum, Dolorum, Dunjiorum, Tarabi, Mojiorum, Mulorum, Minorum, Budaeorum, Songaksan, Yongnuniorum, Wondangbong, 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. It is presumed that the intensive distribution of volcanic hummocks is associated with the fault lines that formed Bukchon-Pyosun Line.

The volcanic hummocks having distinctive structural relation between cinder cones and volcanic hummocks are distributed in a total of 14 sites such as Gaseorum, Geomunorum, Dangorum, Dolorum, Donggeomuniorum, Dunjiorum, Tarabi, Mojiorum, Mulorum, Minorum, Budaeorum, Songaksan, Gwabomi and Cheorum. It is also considered that the volcanic hummocks having relatively weaker structural relation are distributed in a total of 4 sites such as Gwaorum, Yongnuniorum, Wondangbong, and Jimibong.

14 sites of volcanic hummocks having distinctive structure are divided into 'scoria raft(SR type)' and 'volcanic debris avalanche(VDA type)' depending on the formation process. SR-type volcanic hummocks are distributed in a total of 4 sites such as Geomunorum, Dolorum, Budaeorum, and Cheorum(about 28.6%) and VDA-type volcanic hummocks are distributed in a total of 10 sites such as Gaseorum, Donggeomuniorum, Dangorum, Dunjiorum, Tarabi, Mojiorum, Mulorum, Minorum, Songaksan, and Gwabomi (about 71.4%). It is supposed that the formation of volcanic hummocks in Jeju Island is greatly influenced by the magma intrusion or earthquake that destabilizes the

mountain body.

The SR-types are distributed on the lava region in straight lines and especially concentrated on the distal cliff of the volcanic debris avalanche. The average moving distance is 1.9km. The VDA-types are strongly distributed in radial form especially in the entire region of the volcanic debris avalanche. The average moving distance is 1.2km. The distribution pattern of SR-type and VDA-type and the moving distance are influenced by the presence of lava flow.

This study is a result of studying the volcanic hummocks distributed in Jeju Island depending on the research method and contents. So this study is significant in that it tries to find out the distribution area and the characteristics of each area and stereotypes the formation process. Thus, this study is expected to be utilized as the basic data for studying the volcanic hummocks in Jeju Island in the future.

Key words : volcanic hummock, volcanic debris avalanche deposit, cinder cone, scoria raft type, volcanic debris avalanche type, Jeju Island

감사의 글

숨 가쁘게 달려오다 보니 어느덧 이 시간이 되었습니다. 그동안의 기억들이 주마간산처럼 지나갑니다. 학위논문을 낸다는 기쁨에 뿌듯하면서도 웬지 눈시울이 붉어지는 건 막을 수가 없습니다. 이 모든 것들은 모두 선생님들의 도움이 있었기에 가능한 일이었습니다.

대학원의 시작부터 끝까지 깊은 관심과 정성으로 지도해주신 김태호 교수님께 진심으로 감사를 드립니다. 교수님의 격려가 있었기에 지금 이 순간을 맞이하게 되었습니다. 앞으로도 학문을 위해 열심히 노력하겠습니다. 언제나 부드럽게 맞이해주시고 지리교육의 방향을 알려주신 손명철 교수님, 이번 논문에 가장 많이 활용된 GIS 분야를 알게 해주시고 미진한 논문을 처음부터 끝까지 살펴봐주신 최광용 교수님께 정말 감사의 인사를 올립니다. 그리고 많은 가르침을 주신 오상학 교수님, 권상철 교수님께도 감사드립니다.

대학원 생활 내내 도움을 준 이승욱님께 고마움의 인사를 드립니다. 마지막까지 수업을 같이한 이용규, 변유철 선생님께도 같은 인사를 올립니다.

대학원과정을 시작하게 해주시고 언제나 응원해주시는 현원학 선생님께 진심으로 고마움과 존경의 인사를 올립니다. 앞으로도 많은 사랑과 질책을 부탁드립니다. 그리고 자연생물연구센터의 고평열 대표님과 여러 선생님들께도 감사드립니다.

이 논문을 쓰는 동안 마음껏 연구할 수 있도록 지원을 아끼지 않으신 부모님께 커다란 사랑과 고마움을 올립니다.

비록 감사의 글에 이름을 올리지는 못하였지만 저를 사랑해주시고 관심을 가져주신 많은 선생님들께 진심으로 감사의 인사를 올립니다. 지난 어렵고도 힘들었던 시간에 선생님들이 계셨기에 지금이 제가 있고, 이 논문을 쓸 수 있었습니다. 앞으로 더욱 노력하겠습니다. 감사합니다.

2013년 7월

강 승 일 올림