

# 비양도의 지형·지질에 관한 연구

송 시 태

## 목 차

I. 서 언	V. 비양도의 화산활동사
II. 비양도(飛揚島)의 인문환경	VI. 기암(奇岩)의 성인 및 구조
III. 비양도의 자연환경	VII. 결 론
IV. 비양도의 지질과 형성사	

## I. 서 언

고려 목종 5년(1002년) 5월 "탐라의 산이 네 곳에 구멍이 열리어 붉은 색 물이 솟아 나오기를 5일만에 그쳤는데 그 물이 모두 와석이 되었다(耽羅山 開四孔 赤水湧出 五日而止 其水皆成瓦石)." 제주도에서의 화산분출을 기록한 최초의 문헌인 고려사절요에 나와있는 내용이다.

이어서 고려 목종 10년(1007년)에도 화산분출기록이 고려사와 고려사절요에 나오는데 "탐라에서 상서로운 산(瑞山)이 솟아났다."하므로 태학박사 전공지(田拱之)를 보내어 가서 보게 했다. 탐라사람들이 말하기를 "산이 처음 솟아 나올 때는 구름과 안개로 어두컴컴하고 땅이 진동하는데 우레 소리 같았고 무릇 7주야를 하더니 비로소 구름과 안개가 걷혔습니다. 산의 높이는 백여길이나 되고 주위는 40여리나 되었으며 초목은 없고 연기가 산 위에 덮여 있어 이를 바라보니 석류황(石硫黃)과 같으므로 사람들이 두려워하여 감히 가까이 갈 수 없었습니다."라 하였다. 전공지가 몸소 산밑에까지 이르러 그 모양새를 그려서 바쳤다"고 기록되어 있다.

제주도에서의 화산활동에 대한 기록이 남아있는 문헌은 고려사, 고려사절요 그리고 신증동국여지승람 등이 있는데 내용이 대동소이하지만 조선 중종 25년(1530년) 신증동국여지승람에는 약간의 차이가 있다. 먼저 1002년의 기록에서 탐라산(耽羅山)이 빠지고 대신 "바다에서 산이 솟아났다(山有湧海中)."고 표기되고 1007년의 기록에는 뒷부분에 서산의 위치가 나오는데 "지금의 대정현에 속한다(今屬大靜)."라고 되어 있다.

이후의 기록을 살펴보면, 김상헌은 1601년의 기록인 남사록에서 "고려 목종 16년 탐라의 해중에서 섬이 용출하였다고 하였는데 곧 비양도라고 한다."는 기록을 남겼지만 연대표기가 잘못

\* 제주대학교 교육과학연구소 특별연구원

되어 있다. 이어 1679년 대정현감으로 왔던 김성구는 남천록에서 1007년의 기록을 소개하고 있는데 서산(瑞山)을 소개하며 신증동국여지승람의 내용을 인용하고 있다.

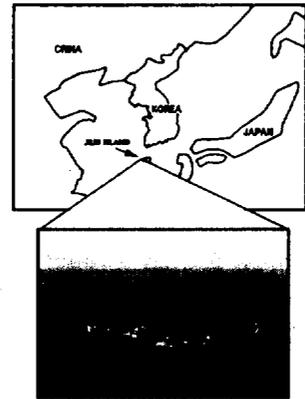
김성구 현감은 "1007년의 화산분출을 여지지에 지금의 대정현에 속한다."고 기록돼 있는 점을 들어 가파도(蓋波島)라 여겼다. 더 나아가 그 근거까지 제시하고 있는데 둘레가 40여리라는 섬의 면적을 감안하면 우도와 가파도 밖에 없고 대정현에 속한다면 당연히 가파도라는 것이다.

본 연구에서는 화산활동에 의하여 형성된 비양도에 분포하는 기암(송시태, 2003a)들의 성인 및 구조를 밝히고 비양도의 지질과 화산활동사를 밝히는데 그 목적이 있다.

## II. 비양도(飛揚島)의 인문환경

제주도 북제주군 한림읍 협재리에서 북쪽으로 약 1.5km, 한림항으로부터 북서쪽으로 약 5km 떨어진 비양도는 북위 33°24' 24", 동경 126°13' 47"의 해상에 위치해 있다. 비양도는 동서 및 남북의 길이가 1,020m와 1,130m 정도로 원형에 가까운 모양을 이룬 섬으로 해안선의 총 연장길이는 3.5km에 이른다(그림 1).

조선조 고종 13년(서기 1876년) 서(瑞)씨가 최초로 입도하여 거주하기 시작하면서 부터 사람이 살기 시작한 것으로 알려지고 있는데, 고려 말 해상방어를 위하여 망수(望守)를 배치하였다는 기록으로 보아 오래 전부터 사람이 살았다고 할 수 있다. 현재는 "압개"포구를 중심으로 취락이 형성되어 있으며 2003년 12월 31일 현재 62가구 169명(남자 : 82명, 여자 : 87명)의 주민들이 거주하고 있다.



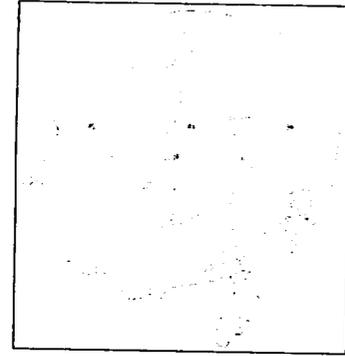
〈그림 1〉 비양도의 위치 및 전경

## III. 비양도의 자연환경

비양도는 해발 114.1m의 비양봉이 최고봉이며 북동쪽 사면이 남서쪽 사면 보다 가파른 경사를 이루고 있다. 비양도의 동서간의 길이는 약 1,020m, 남북간 길이는 약 1,130m이며 비양봉의 형태는 원추형의 분석구(cinder cone)이다(그림 2). 비양도 분석구의 정상에는 깔데기 모양의 오목한 두개의 크고 깊은 웅덩이가 있어 쌍분화구라 불리워지고 있는데, 제주도의 분석구 즉 오름 중에서 분화구가 두개인 것은 매우 드물다. 이 두 개의 깔데기형 웅덩이 중 산 정상 즉 외륜의 높이가 해발 70m이고 분화구의 바닥이 해발 24.3m인 분화구는 화산폭발에 의하여 형성된 분화구이고, 가장 높은 분화구에서 북서쪽으로 약 150m 떨어진 곳에 해발 38.5m이고 바닥이 16.5m인 웅덩이는 화산폭발에 의하여 형성된 것이 아니라 비양도 분석구가 만들어진 후 북

서측 산능선이 꺼져서 즉 합몰되어 형성된 합몰구이다.

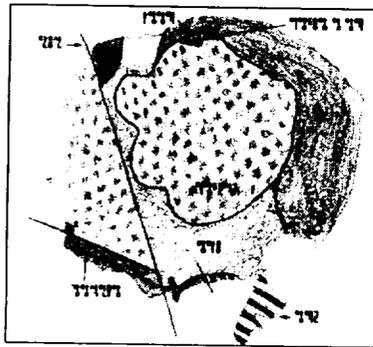
비양도의 북북서 해안에는 파식작용에 의하여 육지에서 분리된 바위섬을 일컫는 시스텍(sea-stack)들이 여러 곳에 발달되어 있다. 이 곳에 분포하는 시스텍은 다공질 스코리아 각력암과 치밀질의 현무암으로 구성되어 있으며 수직주상절리와 돌개구멍인 포트홀(pothole: 박병권·정대교, 1993)이 잘 발달되어 있어 비양도는 서건도 일대의 야외지질학습장(송시태, 2003b)에 이은 최적의 장소라 할만하다.



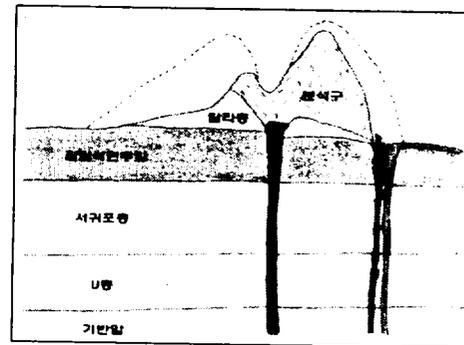
<그림 2> 비양도의 지형도

#### IV. 비양도의 지질과 형성사<sup>1)</sup>

비양도는 층서적으로 하위로부터 상위의 순서로 감람석현무암, 탐라층, 현무암질 암맥군, 비양도 분석구층, 비양도현무암과 수형암맥의 지질분포를 나타낸다(그림 3).



<그림 3> 비양도의 지질도



<그림 4> 비양도 형성 모식도

##### 1. 감람석현무암

지표상에 나타난 지질분포로 볼 때, 가장 먼저 비양도 남서측 해안에 분포하고 있는 파호이호이 용암인 감람석현무암이 열극분출(fissure eruption)하여 용암대지를 형성하였다(그림 3 및 4)

이 파호이호이 용암인 감람석현무암으로 구성된 용암대지는 비양도에서 제주도 본토에 걸쳐 넓게 형성되어 있었다. 이러한 용암대지의 암반이 노출된 넓은 들을 제주도에서는 "빌레왓"이

1) 자료제공 : 농업기반공사 제주도본부

라 불러왔다. 특히 만장굴이 있는 김녕리 일대에 넓게 분포하고 있어 이 파호이호이 용암의 특성을 나타내는 감람석현무암을 “김녕리현무암(박기화 외 10인, 1998)” 또는 “빌레용암(송시태, 2003c)”이라고 한다.

## 2. 탐라층

열극분출에 의한 용암대지가 형성된 후 이 용암대지 위에 하천이 흘러 역암과 역질사암이 퇴적되었다(그림 3 및 4). 이 퇴적층을 탐라층(윤선 외, 2002)이라 부른다. 그 후 이 탐라층에 현무암질 암맥이 관입하였는데, 비양도 포구 서측해안에서 이 암맥들을 볼 수 있다.

## 3. 비양도 분석구

탐라층이 퇴적된 후 화산폭발이 일어나 분석(cinder)과 화산탄들이 쌓여 비양도 분석구를 형성하였다. 분석구(cinder cone)를 이루는 다공질 현무암 암괴의 분석들을 제주도에서는 “송이”라 부르고 있다(송시태, 2003a). 분석구를 형성시키는 화산폭발을 스트롬볼리안 분화라고 한다(그림 3 및 4).

비양도 분석구의 정상에는 깔데기 모양의 오목한 두개의 크고 깊은 웅덩이가 있어 쌍분화구라 불리워지고 있다. 제주도의 분석구 즉 오름 중에서 분화구가 두개인 것은 매우 드물다. 이 두 개의 깔데기형 웅덩이는 각각 형성과정이 다르다. 산 정상 즉 등대가 있는 곳의 웅덩이는 화산폭발에 의하여 형성된 분화구이고, 또 하나는 화산폭발에 의하여 형성된 것이 아니라 비양도 분석구가 만들어진 후 북서측 산능선이 꺼져서 즉 함몰하여 형성된 것이 아니라 비양도 분석구가 만들어진 후 북서측 산능선이 꺼져서 즉 함몰하여 형성된 함몰구이다. 이러한 함몰은 화산폭발을 일으킨 지하의 마그마가 다른 곳으로 이동함으로써 생긴 지하의 빈 공간이 상부의 하중을 이기지 못하고 붕락됨에 따라 일어나게 된다.

## 4. 비양도현무암

비양도 북동쪽 해안에 분포하는 감람석현무암은 비양도 분석구의 저변에서 측방으로 분출한 것이다(그림 3 및 4). 측방분출된 현무암을 비양도현무암이라 한다. 이 측방분화는 비양도 분석구의 저변에 따라 형성된 환상열극(annular or circular fissure)에서 일어났으며, 이 분출이 끝난 후 환상열극의 남쪽부분의 일부가 약간 함몰된 곳에 물이 채워져 만들어진 것이 “펼랑호”이다. 아마도 이 측방분출을 일으킨 마그마의 지하 이동이 쌍분화구의 하나인 함몰구를 만들었을 가능성이 있다.

## 5. 관입암맥

측방분출이 일어난 이후에 환상열극의 북쪽 부분에서 현무암질 암맥이 탐라층과 비양도 분석구층을 관입하였다(그림 3 및 4). 이 암맥들은 모두 이십여개가 환상으로 정렬되어 있으며, 그 하나 하나의 모양새가 가지친 나무의 모습을 담고 있어 '수형암맥(樹形岩脈 : 송시태, 2003a)'이라고 명명하였다.

비양도 분석구의 서측 일부가 단층에 의하여 내려앉았는데, 이 단층이 일어났던 시기는 아직 알 수 없다.

## V. 비양도의 화산활동사

비양도의 지질과 지질구조를 검토해 본 결과, 비양도는 해저에서 일어난 화산폭발로 형성된 섬이 아니고 제주도에 분포하는 360여개 분석구 오름과 같이 육상환경에서 형성되었으며, 형성 당시 제주도 본토에 연결되어 있었다. 그 후 바닷물에 의하여 침수되어 섬으로 고립되었는데, 바닷물에 의한 침수는 비양도가 바다에 가라앉아 일어난 것이 아니고 해수면의 상승에 의하여 일어났다. 후빙기(일만년전현재까지의 시기)에 들어와서 전 세계적인 해수면의 상승이 일어나게 되어 현재의 해수면에 도달하게 되었는데, 한반도 남해안의 연구결과에 의하면 일만년 이전에는 현재보다 해수면이 최소 100m 정도 낮았었으며, 현재의 해수면에 도달한 시점은 7,500년 내지 8,000년 전이었던 것으로 추정되고 있다. 따라서 비양도 분석구의 형성은 일만년 이전이고 섬으로 고립된 시점은 7,500년전 경이다.

## VI. 기암(寄岩)의 성인 및 구조

비양도에 분포하고 있는 기암은 여러 가지가 있는데, 그 중 쉽게 찾아 볼 수 있는 기암의 성인 및 구조에 대하여 설명(송시태, 2003a)된 것을 살펴보면

### 1. 수형암맥(樹形岩脈, lava tree dyke)

비양도의 기반을 이루는 서귀포층, 감람석현무암 그리고 탐라층을 뚫고 나온 기암들은 모두 가지친 나무의 모습을 담은 수형암맥이다(그림 5)

수형암맥은 동심원상의 내부구조를 가지고 있으며, 또한 그 내부에 빈 공간이 있는 것들이 있는데 이는 암맥내부에 생겼던 큰 규모의 기공(氣孔)이다. 이 수형암맥들은 탐라층과 분석구층내에 있었던 것이 이 두 지층이 바닷물에 의하



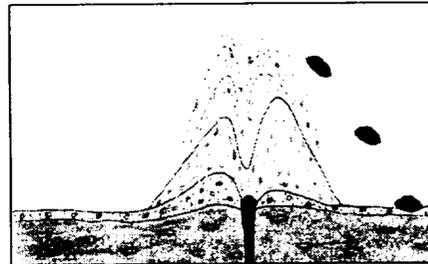
〈그림 5〉 비양도 북쪽 해안가에 분포하고 있는 수형암맥의 모습

여 침식됨으로써 드러나게 되었다.

“에기업은 바위”는 그 중의 하나로서 가장 규모가 크며 수형암맥의 모습이 잘 갖춰져 있어 지질학적으로나 경관으로서 매우 귀중한 것이다. 그러므로 에기업은 바위는 잘 보존되어야 할 것이다.

## 2. 화산탄(volcanic bomb)

비양도의 북서해안에는 돌고래형, 거북형, 배개형, 리본형, 원추형, 소동형, 타원형 및 꽃양배추형 등의 화산탄(volcanic bomb)이 분포하고 있다.



〈그림 6〉 화산탄의 형성과정 모식도

화산탄이란 일부분이 녹은 상태의 초생물질(juvenile material)이 폭발중인 화구로부터 방출되어 대기중을 비행하는 동안 또는 지면에 떨어진 이후 최단시간내에 굳어진 것을 일컫는다. 화산탄의 모양은 공중을 날아다니는 동안 만들어지지만 완전히 고화되지 않은 물질이 지면에 떨어질 때의 충격으로 형태가 변형되기도 하며, 또 어떠한 것은 지면에 떨어진 후에 내부에 있는 가스가 외부로 방출되면서 표면에 뽕겉질과 같은 균열이 만들어지게 된다〈그림 6〉.

## 3. 용암발끝(lava toe)

용암발끝의 모양은 주로 球根狀 혹은 舌狀이 있다.

용암발끝이란 파호이호이 용암이 유동하는 선단부가 어느 정도 고화된 후 용암의 끝 외각이 깨어져 내부에 채 굳어지지 않은 용암이 돌출되어 발가락 끝 처럼 돌기된 형태를 일컫는다〈그림 7〉. 베게용암의 성인과 유사하나 베게용암은 수중에서 용암이 흘러나올 때 형성되지만 용암발끝은 지표면에서 용암이 흘러나올 때 형성된다.

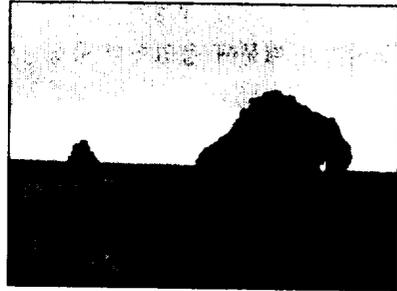
## 4. 시스텍(Sea Stack)

기반암이 바다에 노출되어 있는 암석해안에서는 암석의 굳기와 지질구조를 반영하는 각종 형태의 침식지형이 나타난다. 해식애가 후퇴할 때 차별침식의 결과로 암석이 단단한 부분은 작은 헤드랜드로서 바다로 돌출하거나 해안선 가까이의 얕은 바다에 작은 바위섬으로 떨어져 남는데, 이와 같이 육지에서 분리된 바위섬을 시스텍이라고 한다(양승영과 강필중, 1992: 그림 8).

헤드랜드가 파도에 의해 분리되어 남은 일부가 고립된 촛대와 같은 모양을 하게 된 것으로서 외돌괴, 촛대바위, 등대바위 등으로 불리는 것은 대부분 시스텍에 해당된다고 할 수 있다.



〈그림 7〉 용암발끝의 모습

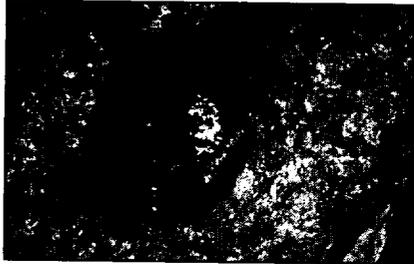


〈그림 8〉 비양도에 발달한 시스텍의 모습

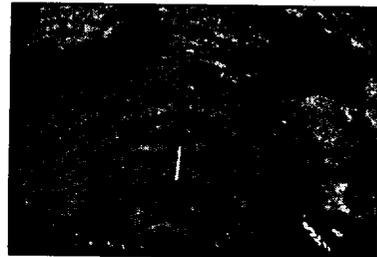
## 5. 포트홀(Pothole)

하천의 침식작용 중 마식(磨蝕)작용에 의해 하상(河床)의 기반암에 형성된 와지(窪地) 모양의 지형을 포트홀이라 한다. 마식은 하천이 운반하는 자갈이나 모래 같은 도구가 기반암에 충격을 가해 이를 서서히 연마하는 작용이다.

포트홀은 하천에 의해 운반되던 자갈 등이 오목한 하상의 기반암에 들어가 소용돌이와 함께 회전하면서 기반암을 마모시켜 발달한다(그림 9). 포트홀은 사암이나 화강암같은 등질성(等質性)의 단단한 암석에 잘 파이며, 큰 것은 지름과 깊이가 수 미터에 달하여 지름에 비해 깊이가 깊은 항아리 모양을 이룬다. 해안에서 파랑(波浪)의 작용으로 만들어지는 것을 마린 포트홀(marine pothole)이라 한다.



〈그림 9〉 시스텍내에 발달한 포트홀의 모습



〈그림 10〉 새끼줄 구조(ropy structure)

## 6. 새끼줄구조(ropy structure)

규산염이 녹아있는 형태인 마그마가 지표로 분출하면 1,000℃ 전후의 온도를 지닌 액체로 흐르면서 용암류를 이룬다. 용암류의 흐르는 양식과 형태는 용암의 화학 조성 및 온도와 밀접한 관계가 있다. 용암류는 형태에 따라 파호이호이(pahoehoe) 용암과 아아(aa)으로 구분한다. 점성이 낮은 현무암질 조성의 파호이호이 용암은 0.3수m의 두께를 보이며 빠른 속도로 흐른다.

용암류의 표면은 주름 모양의 구조인 새끼줄구조(ropy structure)가 마치 활과 같은 호를 이루면서 굳어지기 때문에 용암류의 유동방향을 알아낼 수 있다(그림 10).

## Ⅵ. 결 론

비양도는 해발 114.1m의 비양봉이 최고봉이며 북동쪽 사면이 남서쪽 사면 보다 가파른 경사를 이루고 있다. 비양도의 동서간의 길이는 약 1,020m, 남북간 길이는 약 1,130m이며 비양봉의 형태는 원추형의 분석구(cinder cone)이다. 비양도 분석구의 정상에 위치한 쌍분화구 중 산 정상 즉 외륜의 높이가 해발 70m이고 분화구의 바닥이 해발 24.3m인 분화구는 화산폭발에 의하여 형성된 분화구이고, 가장 높은 분화구에서 북서쪽으로 약 150m 떨어진 곳에 위치한 분화구는 화산폭발에 의하여 형성된 것이 아니라 비양도 분석구가 만들어진 후 북서측 산능선이 꺼져서 즉 함몰되어 형성된 함몰구이다.

비양도는 층서적으로 하위로부터 상위의 순서로 감람석현무암, 탐라층, 현무암질 암맥군, 비양도 분석구층, 비양도현무암과 수형암맥의 지질분포를 나타낸다.

화산활동에 의하여 형성된 비양도에는 수형암맥, 화산탄, 시스텍, 새끼줄구조와 같은 다양한 기암들이 많이 분포하고 있어 화산활동을 이해할 수 있는 최적의 장소이다.

## 참 고 문 헌

- 강상배, 1991. 제주도 주변 유인도의 지형지질, 제주유인도학술조사보고서.
- 박기화, 이병주, 조동룡, 김정찬, 이승렬, 최현일, 황재하, 송교영, 최범영, 조병욱, 김유봉, 1998. 제주·애월도폭 지질보고서, 제주도.
- 박병권, 정대교, 1993. 쇠설성퇴적암. 도서출판 춘광.
- 송시대, 2003a. 비양도는 어떻 밍그라진 섬일까?. 성민출판사.
- 송시대, 2003b. 서건도 일대의 야외지질학습장 개발, 제주대학교 사범대학 교육과학연구소 백록 논총 5(1).
- 송시대, 2003c. 제주도 꽃자왈지대의 용암 No. 3. 도너리꽃자왈용암, 제주대학교 기초과학연구소 기초과학연구 16(1).
- 양승영, 강필중, 1992. 야외지질학. 형설출판사.
- 윤선, 정차연, 송시대, 현원학, 2002. 제주도 형성사에 있어서 탐라층의 의의. 한국고생물학회 제 18차 학술발표회 요약집.