

<Short Note>

제주도 꽃자왈 지대의 지질학적 분류체계 제안과 의미

전용문[‡] · 김대신 · 기진석 · 고정균
제주특별자치도 세계유산·하라산연구원

요 약

꽃자왈은 제주도의 독특한 화산지형의 하나로 생태 및 문화적 측면에서도 중요한 가치를 지니고 있다. 그러나 꽃자왈의 분포범위에 대해서는 아직 명확한 기준설정이 이루어지지 못한 상황이다. 이는 꽃자왈의 짧은 정의에 다양한 분야별 가치를 모두 포함할 수 없기 때문이다. 따라서 본 연구는 꽃자왈의 구체적인 범위설정을 위해 꽃자왈 지대를 용암의 종류 및 형성과정에 따라 4종류로 구분하고, 이를 생태 및 역사·문화적 요소와 결합한 분류를 시도하였다. 이와 같은 꽃자왈 지대의 기재 및 분류체계는 다양한 가치를 지닌 꽃자왈을 구체적으로 구분하고 범위를 설정하는데 있어 중요한 기준이 될 것이다.

주요어: 꽃자왈, 제주도, 용암, 분류체계

Yong Mun Jeon, Dae Shin Kim, Jin Seok Ki and Jung Goon Koh, 2015, A proposal for geological classification of Gotjawal terrain in Jeju Island and its meaning. Journal of the Geological Society of Korea. v. 51, no. 2, p. 235-241

ABSTRACT: The Gotjawal is a unique volcanic terrain in Jeju Island, which has important values in geological, ecological, and cultural aspects. However, there haven't been well-established criteria that can be used to define the areal ranges of the Gotjawal terrain. That is because the previous definitions of Gotjawal failed to include all the values of Gotjawal in diverse aspects. This study proposes a new scheme to classify the Gotjawal terrain into four categories according to the types of lava and the processes of formation to establish more specifically the range of the Gotjawal terrain. This study also attempts to make ecological, historical and cultural classifications of Gotjawal based on geologic classification of the Gotjawal terrain. This geologic classification can be used as a basis not only to define the areal extent of the Gotjawal terrain but also to assess the values of the terrain.

Key words: Gotjawal, Jeju Island, lava, classification

(Yong Mun Jeon, Dae Shin Kim, Jin Seok Ki and Jung Goon Koh, World Heritage and Mt. Hallasan Research Institute, Jeju Special Self-Governing Provincial Government, Jeju 690-700, Republic of Korea)

1. 서 론

꽃자왈은 제주도 말로 숲을 뜻하는 '꽃'과 돌과 자갈들이 흩어진 땅을 뜻하는 '자왈'의 합성어로서, 제주어사전에 따르면 나무와 덩굴 따위가 마구 형클어져 수풀같이 어수선하게 된 곳으로 정의되어 있다 (Jeju Special Self-Government Province, 2009). 과거 쓸모없는 땅으로 여겨지던 꽃자왈은 최근들어 독특한 화산지형일 뿐만 아니라 보존가치가 높은 난대/온대림의 생태계 네트워크로서의 역할, 그리고 제

주 도민들의 삶과 역사를 지닌 공간으로 인식되고 있다(Yang *et al.*, 2013). 이처럼 꽃자왈의 소중함에 대한 인식은 점차 높아지고 있지만 어떻게 꽃자왈을 정의하고 범위를 어디까지로 설정할 것인가에 대한 문제는 여전히 남아 있다. 특히, 꽃자왈 면적의 경우 제주도에 공식적으로 사용하는 면적과 일반적으로 통용되는 면적에 큰 차이가 있다(그림 1). 따라서 꽃자왈 지대의 보호와 관리를 위해서는 범위설정의 기준이 마련되어야 하는데 먼저 지질, 생태, 역사·문화적 요소에 따른 세부적 분류체계를 정립할 필요가

[‡] Corresponding author: +82-64-710-6027, E-mail: ymjeon74@korea.kr

있다. 따라서 본 논문은 꽃자왈의 지질학적 정의를 살펴보고 꽃자왈 지대의 범위설정을 위한 지질학적 분류를 제안하였다. 그리고 지질 분류체계를 바탕으로 생태 및 역사·문화적 분류체계를 접목하여 꽃자왈의 새로운 분류체계가 적용 가능한지를 살펴보았다. 현재로서는 이 분류체계가 실제 꽃자왈의 경계 설정에 기준 역할을 할 수 있을지는 불확실하다. 그러나 지금까지의 추상적인 정의만으로는 꽃자왈의 범위설정이 어려운 상황에서 지질학적 분류의 제안과 생태 및 역사·문화의 분류체계를 결합한 사례는 꽃자왈 지대의 범위설정에 있어 새로운 시도가 될 수 있을 것이다.

2. 꽃자왈의 지질분야 연구결과

Song (2000)과 Song and Yun (2002)은 용암의 상하부에 크고 작은 클링커가 발달한 압괴상 아아 용암류를 ‘꽃자왈 용암류’로 명명하고, 주로 제주도의 동쪽과 서쪽을 중심으로 분포한다고 보고한 바 있다. 그러나 Park *et al.* (2000a, 2000b)은 제주도 지

표 및 지하 용암류에 대해 경사가 완만한 동쪽과 서쪽에 파호이호이 용암류가 분포하고, 경사가 급한 북쪽과 남쪽에 아아 용암류가 우세하게 분포함을 보고하면서 꽃자왈 지대가 아아 용암 분포지대에 국한되지 않을 수 있음을 시사한바 있다. 그리고 Jeon *et al.* (2012)은 꽃자왈 지대가 아아 용암 분포지 뿐만 아니라 파호이호이 용암 분포지에도 형성되어 있고, 이차적인 동결파쇄 작용에 의해서도 꽃자왈 지대가 확장될 수 있음을 보고하였다. 또한 Park *et al.* (2014)은 하나의 꽃자왈 지대를 이루는 용암류의 표면적 특징이 아아 용암, 파호이호이 용암, 전이 용암류들로 구성되며 이들이 섞여있는 형태로 존재하고 있으며 그 구체적인 비율을 보고하였다. 그리고 최근 Ahn *et al.* (2015)은 꽃자왈 지대는 용암의 종류에 상관없이 만년 이내의 젊은 용암 지대에 형성되며 토양화 작용 등을 거치지 않아 경작 및 개발에서 배제되면서 원지형이 잘 보존된 것으로 보고하였다.

지금까지의 지질학적 연구결과를 정리하면 제주도 꽃자왈 지대는 비교적 최근(만년 이내)에 화산 분출시 화구(오름)로부터 흘러나와 굳어진 용암의 크

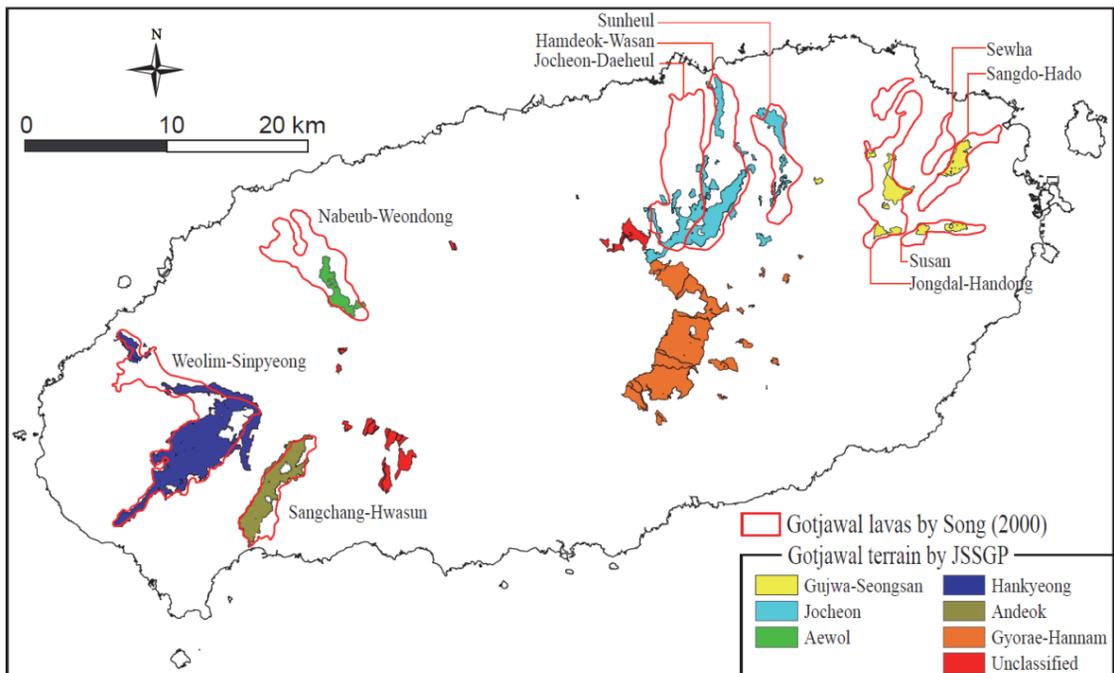


Fig. 1. Distribution of Gotjawal terrains on Jeju Island. Areas outlined by red lines show the Gotjawal areas defined and named by Song (2000). Gotjawal terrains designated by the Jeju Special Self-Governing Province (1997) are represented by colored areas, and are classified after Park *et al.* (2014) and Ahn *et al.* (2015).

Table 1. Geological type and classification of Jeju Gotjawal terrian.

Lava type and Code	Characteristics of lava flow	Gotjawal Terrian
Pahoehoe lava P	- Relatively thin (1-3 m thick), composition of lava lobes, and the surface is smooth and ropy in texture. - Lava plateau, lava tube, collapsed trench, tumulus	Seonhul, Susan
Aa lava A	- Relatively thick (3-20 m) compared to pahoehoe lava, broken lava blocks and clinker on both the upper and lower surfaces - angular clinkers, lava ball, steep slope	Andeok, Aewol
Transition lava T	- Transition from pahoehoe lava to aa lava - A series of small lobes has a flow top composed of broken pieces of crustal slabs. - spiny pahoehoe or toothpaste lava	Gyoraе, Hankyeong
Secondary movement of block S	- Secondary movement of lava blocks by gravity - Movement of lava blocks by freezing-melting effect - Talus, aa rubble lava plateau	Seonhul, Susan

고 작은 암괴가 요철지형을 이루며, 토양의 발달이 빈약한 곳으로 정리할 수 있다(Song and Yun, 2002; Jeon *et al.*, 2012; Park *et al.*, 2014; Ahn *et al.*, 2015).

3. 꽃자왈의 분포범위

현재 제주도에서 공식적으로 사용하고 있는 꽃자왈 도면은 1997년 중산간지대 종합조사의 일환으로 광역 수리지질도, 항공사진, 인공위성사진, 토지이용현황도와 습곡, 꽃자왈 등 투수성 지질구조를 분석하여 작성한 토지이용등급도(1:5,000 축척)이다(Jeju Province, 1997). 토지이용등급도상의 꽃자왈 지대는 총 5개로 구분되며 총면적은 113.3 km²로 제주도 전체면적의 6.1%를 차지한다(Jeju Special Self-Government Province, 2011; 그림 1). 한편, Song (2000)은 암괴상 아아 용암류 분포지를 꽃자왈 영역으로 인식하고, 총 4개 권역 10개 지대로 구분하였다. 그러나 이 자료는 1:25,000 축척의 지형도를 이용하여 만들어진 꽃자왈용암 분포도로서 지질도와 일치하지 않고 소속적 지도를 사용함으로써 분포경계가 실제 지형과 차이를 보인다. 또한 토지이용등급도상의 꽃자왈 지대와 Song (2000)의 꽃자왈용암 분포도의 면적을 비교해보면, 토지이용등급도상의 꽃자왈 지대가 약 20%에서 90%정도의 작은 범위로 지정되어 있다

(Park *et al.*, 2014). 따라서 꽃자왈 지대의 범위에 대해서는 아직 공식적인 정리가 이루어지지 못한 상황이며, 현재 꽃자왈 지대의 범위와 관련한 자료는 토지이용등급도보다 꽃자왈용암 분포도(Song, 2000; 그림 1 붉은 실선)가 주로 인용되고 있다. 이런 문제에 대해 Park *et al.* (2014)은 제주도민들의 관습적인 판단과 함께 과학적 기준에 근거하여 꽃자왈 분포지와 그 경계에 대해 전면적인 조사가 필요함을 제안한바 있다. 따라서 본 논문은 전면적인 재조사와 범위설정에서 꽃자왈의 분류체계를 먼저 정립할 필요가 있으며, 이에 대한 지질학적 분류체계를 제안하였다.

4. 꽃자왈 지대의 지질 분류

제주도 꽃자왈 지대를 구성하는 용암은 외형적 특징에 따라 파호이호이, 아아, 전이용암 등으로 구분된다(Park *et al.*, 2014; Ahn *et al.*, 2015). 그러나 특정 꽃자왈 지대에 특정한 용암류만 분포하는 것이 아니라 여러 용암류가 함께 나타나거나 상류에서 하류로 가면서 용암의 특징이 변해가는 양상을 보이기도 한다. 따라서 본 연구에서는 하나의 꽃자왈 지대 내에서 다양한 특징을 보이는 용암류를 간단하게 분류할 수 있는 분류체계를 제안하였다(표 1).

먼저 파호이호이 용암은 점성이 낮은 용암이 지

표를 흐르면서 평탄한 용암대지 또는 작고 완만한 언덕들을 만드는데, 특히 용암 표면에는 밧줄구조가 잘 발달한 특징을 보인다(Hon *et al.*, 1994; Self *et al.*, 1998). 이와 같이 꽃자왈 지대에서 용암대지 또는 작고 완만한 용암언덕을 형성하고 표면에 밧줄구조가 발달한 얇은 두께의 파호이호이 용암류를 P (Pahoehoe Lava) 타입으로 구분하였다. 특히 P 타입의 꽃자왈 지대에서는 용암동굴 및 동굴 함몰지(붕괴도랑 및 함몰구) 등이 발달하며 소규모 습지도 분포하고 있다. 이와 같이 P 타입의 파호이호이 용암류로 이루어진 꽃자왈 지대는 선홍꽃자왈과 수산꽃자왈이 대표적이다(Jeon *et al.*, 2012; Park *et al.*, 2014).

한편 아아 용암은 점성이 높아 느리게 흐르면서 두꺼운 용암층을 형성하는데, 흐르는 과정에서 용암의 표면은 굳고 내부는 계속 흐르려는 성질로 인해 표면이 깨지는 자가파쇄작용(*autobrecciation*)이 발생하여 용암 표면에 불규칙한 형태의 용암편들이 만들어진다. 클링커(*clinker*)라 불리는 이 불규칙한 용암편들은 아아 용암류가 계속 전진함에 따라 상부 표면과 전면부에 집적된 후 용암류의 바닥으로 떨어져 집적되면서 용암의 상부뿐만 아니라 하부에도 클링커층이 형성된다(Cas and Wright, 1987). 꽃자왈 지대의 지표면에는 다공질이며, 찢겨지거나 깨진 형태의 불규칙한 아아 용암의 클링커성 암괴들이 분포하는 곳들이 많은데 이런 지역을 A (Aa lava) 타입으로 구분하였다. A 타입의 꽃자왈 지대는 주로 잔자갈-거력 크기의 클링커들이 높은 언덕을 이루는 용암지대를 덮고 있는 형태를 보이며, 언덕과 애월꽃자왈 지대가 대표적이다(Park *et al.*, 2014; Ahn *et al.*, 2015).

한편 하나의 공급지에서 유래한 용암류도 화구에서 멀어짐에 따라 온도가 낮아지고 점성이 증가하거나 전단변형이 발생하여 파호이호이에서 아아 용암으로 변해가는 양상을 보이는데, 이와 같은 용암을 전이용암이라 한다(Cashman *et al.*, 1999; Raymond *et al.*, 2003). 전이용암은 주로 파호이호이 용암이 온도가 낮아지거나 점성이 증가함에 따라 용암의 표면이 판상 또는 침상, 각상으로 깨지는 현상이 발생하여 암괴들로 이루어진 표면구조를 가지고 있는 것이 특징이며, 주로 파호이호이 용암의 말단부에 국부적으로 나타나는 경우가 많다. 이와 같이 꽃자왈 지대에서도 상류에서 하류로 가면서 파호이호이 용암의 특징을 보이다가 점차 전이용암으로 변해가는 용암을

T (Transitional lava) 타입으로 구분하였다(표 1). 그러나 꽃자왈 지대에서 전이용암으로 판단할 경우에는 전체적이고 연속적인 용암의 흐름을 이해하는 바탕위에 타입을 구분할 필요가 있다. 예를들어 용암의 형태가 파호이호이 용암으로 보기에는 표면에 불규칙한 암괴들이 많고, 아아 용암으로 보기에는 두께가 얇고 상하부에 두꺼운 클링커층이 발달하지 않은 경우에 전이용암으로 판단할 수 있지만, 전체적이고 연속적인 용암의 변화과정속에서 판단이 이루어져야 할 것이다. T타입의 전이용암으로 구성된 꽃자왈 지대는 교래, 구좌-성산, 한경꽃자왈 지대가 대표적이고 파호이호이 용암 분포지의 말단부에서도 일부 관찰된다(Park *et al.*, 2014; Ahn *et al.*, 2015).

그리고 일차적인 용암분출에 의해 형성된 지형은 아니지만 이차적인 풍화작용에 의해 용암의 암괴들이 분리되고 중력에 의해 이동 집적되어 꽃자왈 지대가 형성되거나 확장되는 경우도 있다. 예를들어 지형적으로 볼록하게 솟은 용암언덕(*tumulus*)의 표면에 발달한 절리를 따라 동결 파쇄작용이 발생하여 암괴들이 떨어져 나와 집적되는 경우, 용암동굴 천장이 붕괴되어 암괴들이 집적되는 경우, 그리고 사면을 따라 테일러스 형태로 암괴들이 이동되어 집적되는 과정을 통해서도 꽃자왈 지대가 형성 또는 확장될 수 있다. 따라서 이런 과정을 통해 형성된 꽃자왈의 경우는 S (Secondary) 타입으로 구분하였다(표 1). 또한 S 타입은 암괴들이 특정 꽃자왈 지대 전체에 걸쳐 분포하지 않고 경사면이나 지형적으로 오목한 저지대에 국부적으로 분포하는 경우가 많은데, 선홍꽃자왈, 수산꽃자왈 등에서 일부 관찰된다(Jeon *et al.*, 2012).

5. 꽃자왈의 지질학적 및 생태적 분류체계 제안과 의미

제주특별자치도는 꽃자왈 지대를 보호 관리하기 위해 2014년 꽃자왈보전관리조례를 제정하였다. 이 조례에 따르면 꽃자왈의 보호기준 지정요소는 크게 생태적, 지질적, 역사·문화적 요소로 구분하였으며, 주로 생태적인 요소가 가장 큰 비중을 차지하고 있다(표 2). 그러나 관리조례에 포함된 지질적 요소인 동굴, 습굴, 용암함몰지, 튜물러스, 습지 분포지대 등은 대부분 파호이호이 용암지대에서 볼 수 있는 지

Table 2. Gotjawal conservation components of Gotjawal terrian (Gotjawal Ordinance in Jeju Special Self-Government Province, 2014).

Ecological element	Geological element	Historical element
<ul style="list-style-type: none"> • Endangered wild plants community • Protected wild plants community • Natural monument community • Rare and endemic plants community • Natural forest • Dense forest areas • Endangered wild animals habitat • Natural monument habitat • Distribution area of bird watching destination 	<ul style="list-style-type: none"> • Cave • Sumgol (Air vent) • Collapsed trench • Tumulus • Unusual topography such as wetland, and etc. • Geological landform 	<ul style="list-style-type: none"> • Agriculture • Hunting • Living • Historical and cultural resources such as faith and etc.

Table 3. Classification codes of Gotjawal terrian based on geological, ecological, and cultural criteria.

Geological code	Ecological code	Cultural and historical code
<ul style="list-style-type: none"> • P (Paehoehoe lava) • A (Aa lava) • T (Transitional lava) • S (Secondary movement of block) 	<ul style="list-style-type: none"> • N (Natural forest) • S (Secondary forest) • Rp (Rare and endemic plant) • Lp (Limited distribution plant) • Nm (Natural Monument) • Rw (Ramsar wetland) 	<ul style="list-style-type: none"> • A (Agriculture) • L (Living and Hunting) • H (Historical resources such as refuge in April 3) • C (Cultural resources such as faith and etc.)

형적인 특징이다. 따라서 꽃자왈 조례상의 지질적 요소만으로는 꽃자왈의 지질학적 특성을 온전히 반영할 수 없는 실정이다. 또한 생태학적 요소의 경우에도 자연림과 이차림의 구분없이 멸종위기종이나 희귀종 등의 서식여부만이 조례에 포함되어 있다. 따라서 이번 연구는 꽃자왈 지대의 특성을 보다 구체화시키기 위해 지질학적 분류체계를 바탕으로 꽃자왈 조례(표 2)에서 제시한 생태, 역사·문화적 요소들을 추가적으로 정리하여 표 3과 같이 제안한다. 특히, 표 3의 분류체계에 포함된 꽃자왈의 생태 분류 요소들을 간략히 설명하면 큰 범주에서 자연림(Natural forest: N)과 이차림(Secondary forest: S)으로 구분되며, 세부적으로 희귀·특산식물 Rp (Rare and endemic plant), 한정분포식물 Lp (Limited distribution plant), 천연기념물 Nm (Natural Mounment), 람사르습지 Rw (Ramsar wetland) 등의 요소들이 포함될 수 있다. 또한 역사·문화적 요소로 농경유적 A (Agriculture), 생활 및 수렵 유적 L (Living and Hunting), 역사유적 H (Historical resources), 문화유적 C (Cultural resources)등도 꽃자왈을 구성하는 중요한 요소로 포함될 수 있다.

지금까지 언급한 분류법을 선출 동백동산 꽃자왈 지역에 적용할 경우, ‘파호이호이 용암 분포지에 자연림이 발달하고 특산식물이 자생하고 있으며, 4.3 유적이 있는 곳이다’라는 특징을 지질코드 P, 생태코드 NRp, 그리고 역사·문화코드 H를 조합하여 P·NRp·H 타입의 꽃자왈이라고 정리할 수 있게 된다. 또한 동백동산 내에도 이차적으로 이동된 암괴들이 분포하며 람사르습지가 있고 생활유적이 있는 경우에는 S·Rw·L 타입의 꽃자왈로 정의할 수 있게 된다. 이 분류체계는 일견 분야별로 단순하게 꽃자왈의 특성을 나열한 것처럼 보이지만, 지금까지 꽃자왈의 정의만으로 세부적인 특징을 모두 반영할 수 없는 상황에서 하나의 꽃자왈 지대 내에서도 다양한 꽃자왈의 특징을 간단하게 코드화 할 수 있다는 장점이 있다. 그리고 추가적으로 각 분야별 구체적인 기준들이 정립되어 체계가 갖추어지게 되면 꽃자왈의 범위설정에 있어 중요한 기준역할을 할 수 있게 된다. 따라서 이번 꽃자왈 지대의 지질학적 분류체계의 제안은 지금까지 추상적으로 정의되어온 꽃자왈에 대해 세부적으로 구분하고 기준을 나누는데 있어 그 시작이 되는 역할을 할 수 있을 것이다.

6. 토의 및 결론

꽃자왈은 오래전부터 제주인의 삶과 관련되어 지질, 생태 및 역사·문화적 측면에서 중요한 가치를 지닌 공간이다. 과거 쓸모없는 땅으로 여겨졌던 꽃자왈이 지금은 보존가치가 높은 제주도 생태계의 보고로 인식되고 있다. 그러나 높아진 관심과 달리 꽃자왈의 정의는 몇 차례 논란을 거쳐 최근에서야 '화산암괴들이 불규칙하게 널려있는 지대에 형성된 숲이며, 다양한 동식물이 공존하면서 독특한 생태계가 유지되는 공간'으로 정의되었다. 그러나 현재 꽃자왈의 정의는 다소 추상적이며 제주도에 존재하는 꽃자왈 모든 세부적인 특성을 다 반영하지 못하고 있다. 이는 꽃자왈이 매우 다양한 지질, 생태, 역사·문화적 특성들로 구성되어 있어 짧은 꽃자왈의 정의안에 모든 내용을 다 담을 수 없기 때문이다. 따라서 본 연구는 꽃자왈의 큰 정의는 그대로 두고 꽃자왈을 보다 구체적으로 분류하기 위해 먼저 지질학적 분류를 시도하였다. 지질학적 분류체계는 용암의 특징에 따라 파호이호이용암, 아아 용암, 전이 용암으로 각각 구분하고, 이차적으로 암괴들이 운반된 경우도 추가하여 분류하고 코드를 부여하였다. 그리고 꽃자왈보전조례에 언급된 생태 및 역사·문화 요소를 일부 반영하여 지질분류체계와 결합한 분류표를 작성하였다. 이와같은 꽃자왈 분류체계는 하나의 꽃자왈 지대는 하나의 지질 및 생태 특성으로 대표된다는 인식을 넘어 다양한 꽃자왈 특성을 간단한 기호체계로 표시할 수 있다는 점에서 의미가 있다. 또한 앞으로 생태 및 역사·문화적인 세부 내용들이 추가되어 분류체계가 정립된다면 추상적인 꽃자왈의 개념을 구체화하고 구역을 설정하는데 있어 하나의 기준이 될 수 있을 것이다.

사 사

제주도 꽃자왈은 우리가 지켜나가야 할 소중한 생태계의 보고입니다. 이 연구를 수행하는데 도움을 준 제주특별자치도 세계유산·한라산 연구원 양영환 원장님과 직원들께 감사드립니다. 그리고 꽃자왈 보호를 위해 노력하는 '꽃자왈 사람들'과 '꽃자왈 공유회 재단'의 노력에 감사드리며, 본 논문에 많은 조언을 주신 박준범 박사님, 최돈원 박사님, 안웅산 박사님께 감사를 드립니다.

REFERENCES

- Ahn, U.S., Sohn, Y.K., Kang, S.S., Jeon, Y.M. and Choi H.S., 2015, The major causes of Gotjawal formation in Jeju Island. *Journal of the Geological Society of Korea*, 51, 1-19 (in Korean with English abstract).
- Cas, R.A.F. and Wright, J.V., 1987, *Volcanic Successions: Modern and Ancient*. Allen and Unwin, London, 528 p.
- Cashman, K.V., Thornber, C. and Kauahikaua, J.P., 1999, Cooling and crystallization of lava in open channels, and the transition of Pahoehoe Lava to Aa. *Bull Volcanol*, 61, 306-323.
- Hon, K., Kauahikaua, J.P., Denlinger, R. and Mackay, K., 1994, Emplacement and inflation of pahoehoe sheet flows: observations and measurements of active lava flows on Kilauea Volcano, Hawaii. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 106, 351-370.
- Jeju Province, 1997, *General Investigation Report on Mid-mountain Area of Jeju Island*, 344 p (in Korean).
- Jeju Special Self-Government Province, 2009, *Jeju Dialect Dictionary*, 730 p (in Korean).
- Jeju Special Self-Governing Province, 2011, *A Survey on the Hydrogeological Characteristics of the Gotjawal, Gujwa Seongsan Areas*, 11 p (in Korean with English abstract).
- Jeon, Y.M., Ahn, U.S., Ryu, C.G., Kang, S.S. and Song, S.T., 2012, A review of geological characteristics of Gotjawal terrain in Jeju Island: Preliminary Study. *Journal of the Geological Society of Korea*, 48, 425-434 (in Korean with English abstract).
- Park, J.P., Kang, B.R., Koh, G.W. and Kim, G.P., 2014, Geological characteristics of Gotjawal terrain in Jeju Island. *Journal of the Geological Society of Korea*, 50, 431-440 (in Korean with English abstract).
- Park, K.H., Cho, D.L. and Kim, J.C., 2000a, Geologic report of the Mosulpo-Hanrim Sheet (1:50,000). *Korea Institute Geology, Mining and Materials, Taejon*, 56 p (in Korean with English abstract).
- Park, K.H., Cho, D.L., Kim, Y.B., Kim, J.-C., Cho, B.-W., Jang, Y.N., Lee, B.-J., Lee, S.-R., Son, B.K., Cheon, H.Y., Lee, H.Y. and Kim, Y.U., 2000b, Geologic report of the Seogwipo-Hahyori Sheet (1:50,000). *Jeju Provincial Government*, 163 p (in Korean with English abstract).
- Raymond, A.D., Gauri, D. and Ninad, B., 2003, Slabby pahoehoe from the western Deccan Volcanic Province: evidence for incipient pahoehoe-aa transitions. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 121, 195-217
- Self, S., Keszthelyi, L. and Thordarson, T., 1998, The importance of pahoehoe. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 26, 81-110.

Song, S.T., 2000, Distribution and Lithology of the Aa Rubble Flows in Cheju Island, Korea. Ph.D. thesis, Pusan National University, 118 p (in Korean with English abstract).

Song, S.T. and Yun, S., 2002, Lavas in Gotjawal Terrain, Jeju Island, Korea: No. 1. Jocheon-Hamdeok Gotjawal Terrain. Journal of the Geological Society of Korea, 3, 377-398 (in Korean with English abstract).

Yang, Y.H., Kim, C.J., Kang, I.B., Song, S.T., Oh, J.K., Lee, Y.D., Kim, W.B., Jeong, S.H., Kim, D.S., Kim, S.K., Koh,

S.H. and Yang, S.H., 2013, Gotjawal Environmental Resources Survey. Jeju Special Self-Government Province, Hallasan Research Institute, 223 p (in Korean, title translated).

Received : February 25, 2015
 Revised : March 23, 2015
 Accepted : March 24, 2015