

추가령 구조곡의 지역지형 연구

이민부*·이광률**

A Study of Regional Geomorphology in the Chugaryeong Tectonic Valley, Central Korea

Min-Boo Lee* · Gwang-Ryul Lee**

요약 : 본 연구는 한반도 지형 연구에서 가장 중요한 지역의 하나인 추가령 구조곡에 대한 지역지형학적 분석을 목적으로 한다. 추가령 구조곡은 열곡에 의한 단층선대로서 한반도의 지체 구조와 산맥론에서 중요한 역할을 하는 것으로 언급되나 이를 뒷받침하는 지형학 및 지질학적 논의는 계속되고 있다. 본 연구에서는 추가령 구조곡 전체를 하나의 지역으로 보면서, 구조 지형, 화산 지형, 하천 지형, 산지 지형, 단구 지형, 호소 지형, 퇴적물과 층서 등 다양한 지형 주제들을 통합하여 추가령 구조곡 지역의 지형을 파악한다. 이를 위해 그 동안의 연구 결과들을 종합하여, 추가령 구조곡의 명칭과 지형 및 지질 개관, 지형 연구사 등을 제시하고, 구조곡의 기원, 용암대지의 형성과정, 개석에 의한 하천의 구조, 용암대지 이전의 지형 복원, 지형 형성과정과 연대 등을 분석한다. 추가령 구조곡은 구조선을 바탕으로 구조 지형과 화산 지형을 중심으로 한 다양한 지형과 지형 형성과정을 보여주는 선형의 지역으로 파악된다.

주요어 : 지역지형학, 추가령 구조곡, 구조곡 명칭, 지형연구사, 구조 지형, 화산 지형

Abstract : This study aims to analyze the regional geomorphology of the Chugaryeong Tectonic Valley which has been one of the most important areas for Korean geomorphological research. Though the Chugaryeong Tectonic Valley has been thought important for the tectonic settings and orographic processes in Korea, geomorphological and geological discussions still are sustaining for finding out evidences of the settings. The Chugaryeong valley region has many geomorphic themes such as tectonic structure, volcanics, river, mountain, terrace, lake and sediment layers. The research of the valley focuses on the comprehensive analysis of the previous references mainly including geomorphic naming, geomorphology and geology, and history of the study for estimating the origin of tectonic valley, formation of the lava plateau, change of river structure by dissection, restoration of the landform before lava eruption, and the processes and age dating of the various landforms. Conclusively, the Chugaryeong Tectonic Valley may be recognized as the linear region of the tectonic and volcanic landforms with other various applied geomorphic settings.

Key Words : regional geomorphology, Chugaryeong tectonic valley, naming of tectonic valley, history of research on geomorphology, tectonic landform, volcanic landform

이 논문은 한국교육원대학교 2015학년도 연구년교수 학술지원비 지원을 받아 수행한 연구의 결과임.

* 한국교육원대학교 지리교육과 교수(Professor, Department of Geography Education, Korea National University of Education), minblee@knu.ac.kr

** 경북대학교 사범대학 지리교육과 부교수(Associate Professor, Department of Geography Education, Teachers College, Kyungpook National University), georiver@knu.ac.kr

1. 서론

1) 추가령 구조곡 개관

추가령 구조곡은 1945년 이후 한반도의 지체구조와 산맥론에 관한 논의에서 반드시 언급이 되어 왔지만 그에 관련된 지형 연구는 별로 많지 않았다. 그것은 국토 분단의 영향이 컸다고 본다. 한반도의 대표적인 구조곡인 추가령 구조곡은 내부에 있는 고개 추가령에서 그 이름을 따다. 추가령(楸哥嶺)은 북한의 강원도 고산군(구 안변군) 삼방리와 세포군(구 평강군) 세포리 사이에 위치한 해발고도 약 600m의 고개 이름이다(그림 1). 추가령을 경계로 남쪽은 570~610m 고도의 평탄하고 넓은 용암대지가 북쪽은 안변 남대천의 상류부 협곡이 형성되어 있다. 따라서 추가령 고개의 북사면은 급경사지만 고개 마루와 남사면은 매우 평탄한 비대칭적 단면을 가지기 때문에, 추가령 자체는 인접한 적목령이나 배등령과 같이 분수계 기능을 하는 고개가 아니라 개석곡의 경사급변점에 해당한다(이민부·전종한, 2005). 추가령에 인접한 분수계

는 추가령 남쪽의 비교적 평탄한 용암대지상의 얇은 구릉지이다. 한편, 1917년에 발간된 지형도에서 추가령과 인접한 지점의 표고가 585.6m로 표시되어 있어 추가령을 고도를 586m로 제시한 문헌들이 많지만, 지형도 상에서 실제 추가령 고개 마루의 높이는 600m 내외로 볼 수 있다. 실제로 현장 답사가 가능했던 것으로 판단되는 북한의 연구 자료(조선과학백과사전출판사 편, 2005)의 결과도 600m로 기록하고 있다.

추가령 구조곡(Chugaryeong tectonic valley)은 서울과 원산을 잇는 약 160km 길이의, 구조 운동에 의해 형성된 직선상의 골짜기이다(그림 2). 추가령 구조곡은 역사적으로 함경도로 통하는 길로 이용되어 왔으며, 구한말부터 서울과 원산을 연결하는 교통로를 개설하기 위하여 두 지역 간 최단 거리에 해당하는 좁은 직선형의 통곡에 대한 지형 구조에 관심을 가지면서, 추가령 일대의 지형 연구의 필요성에 따라 조사와 연구가 시작되었다. 그리하여 일제 강점기인 1914년에 추가령 구조곡을 따라 서울과 원산을 잇는 경원선 철도가 개통되었다. 현재 경원선 철도는 휴전선에 의해 남북 간에는 철로가 단절되었다. 최근 남쪽에서는 철

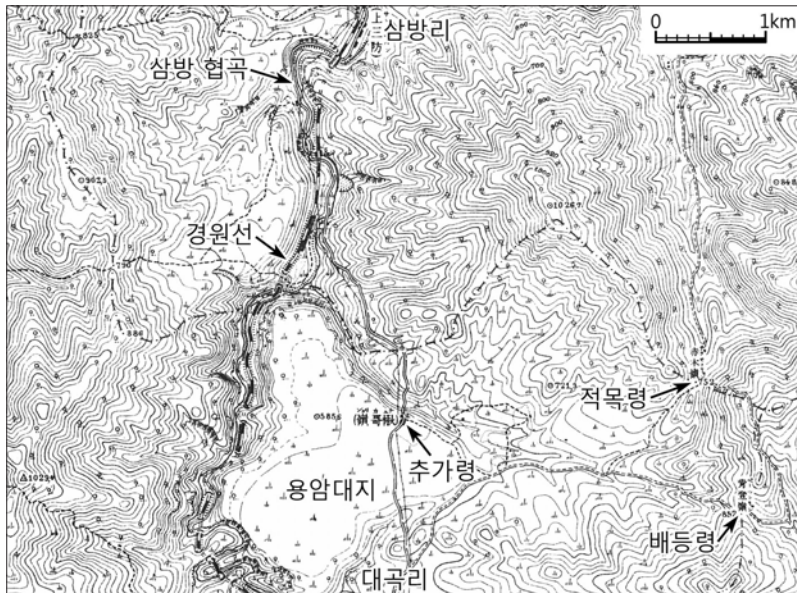


그림 1. 추가령 일대의 1917년 지형도

도 노선의 일부를 변경하여 2012년 휴전선에 인접한 백마고지역까지 노선을 연장하였고, 2017년에는 경원선의 남한 쪽 최북단인 월정리역까지 노선을 연장할 예정이다.

추가령 구조곡은 한국지리 교과서나 지리부도에서 많이 언급되는 지형이자 지역의 명칭이다. 추가령 구조곡에 대한 언급이 가장 많은 김주환 등(2003)의 고등학교 한국지리에서는 한국의 산맥 지도에서 추가령 구조곡을 표시하고 마식령산맥과 광주산맥 사이를 통과하는 열곡으로 표현하고 있다. 또한 본문에서 추가령 구조곡을 한반도 북부의 랴오둥 방향 산맥과 남부의 중국 방향 산맥을 가르는 위치에 있다고 설명하고 있다. 그리고 김종욱 등(2003), 박희두 등(2003), 이순용 등(2003)의 고등학교 한국지리에서도 우리나라의 산맥 지도에 추가령 구조곡이 표시되어 있다. 이렇게 한국지리 교과서나 지리부도에서 우리나라의 산지나 산맥을 설명할 때 추가령 구조곡이 소개되는 이유는 곡이 연속된 직선형의 계곡이면서 한반도의 남·북간 지체구조상의 특성을 달리하는 경계로 인식했기(박노식, 1970) 때문이다.

추가령이라는 용어는 일제 강점기에 들어 일본인 학자들에 의해 근대 지리학이 유입되는 과정에서 처음으로 언급되어 사용되었는데(권혁재, 2000), 그것은 일본 학자들이 지질 구조, 산맥 체계 등 한반도의 지체 구조에 대한 연구를 진행하면서 특징적인 선형성을 잘 보여주는 구조곡으로 추가령 일대를 인식했기 때문이다(양승영 역, 1996). 1945년에 발간된 독일 지리학자 라우텐자흐의 한국 지리지에서도 일본 학자들의 연구 결과를 참조하여 추가령 구조곡을 표시하고 있다(김종규 등 역, 2014). 그 동안 지형학계에서 추가령 구조곡은 대체로 한국의 산계 방향 구분에 있어, 소백산맥, 노령산맥, 차령산맥, 마식령산맥과 함께 중국 방향에 속하는 산지 체계로 인식하였다(박노식, 1947; 김우관, 1980). 또한 추가령 구조곡을 경계로 한반도의 지형 구조를 크게 추북과 추남 지형구로 구분하기도 하였다(박노식, 1970). 그리고, 지형형성과정에 대해서 정장호(1984)는 추가령 구조곡을 단층곡이나 차별 침식곡으로 보았고, 김상호(2016)는 추가령구조곡을 열곡으로 정의하여 용기에 의한 분

기 삭박에 의해 저하되는 곡으로 해석하였다.

한편, 북한 학계의 최근 연구결과를 종합하고 있는 문헌(조선과학백과사전출판사 편, 2005)에 따르면, 추가령 구조곡을 ‘추가령 지구대’로, 철원-평양 용암대지는 ‘평양철원 평원’으로 표현하고 있다. 또한 조선시대 이래 고개 이름으로 사용되고 있는 추가령도 여전히 해당 지역의 지명으로 사용하고 있다. 다만 북한에서는 추가령(楸哥嶺)을 한자로는 ‘楸家嶺’으로 사용하고 있다.

2) 연구 목적 및 방법

본 연구는 특징적인 지형적 조건을 가진 특정 지역에 대한 총체적인 지형 분석에 관한 지역지형학적 연구로서, 사례 지역은 추가령 구조곡이다(이민부 등, 2004a). 이와 같은 연구가 가능한 곳으로는 특정 도서, 대규모 평야나 분지, 고원, 화산체 지형, 단층대와 열곡대 등이 사례가 될 수 있을 것이다. 본 연구는 일반적으로 보편적으로 진행되어 온 지형 연구의 접근 방식인 주제 중심의 계통 지형학(system geomorphology)과는 대별되는 지역지형학(regional geomorphology)에 입각한 분석을 시도하고자 한다. 추가령 구조곡을 대상으로 한 지역지형학 연구로서, 본 연구의 목적은 다양한 선행 연구 자료를 토대로, 추가령 구조곡의 명칭, 지형 연구사, 구조곡의 지질과 구조곡에서 특징적으로 나타나는 구조 지형과 화산 지형의 특성을 규명하는 것이다. 추가령 구조곡은 단순히 특정 지형만 가진 것이 아니라, 다양한 구조 지형과 기후 지형적인 요소들이 결합되어 있는 지역으로 지역지형학 연구의 좋은 사례 지역으로 사료된다. 그러나 지역 지형의 종합적인 연구를 위해서는 개별적인 계통지형학의 연구가 당연히 그 바탕이 된다.

이를 위해 먼저 본 연구에서는 추가령 구조곡과 관련한 지형, 지리, 지질, 역사 분야의 각종 문헌과 논문을 분석하고 정리하여 지역지형학적 관점에서 특성을 파악하고자 한다. 또한 추가령 구조곡의 지형학적 특성에 대한 구체적이고 실증적인 분석과 확인을 위해서 다양한 지도와 위성영상 자료를 분석하고 지도화하여 제시하였다. 지도 자료는 추가령 구조곡

일대에 대한 일제강점기에 작성된 1:50,000 지형도, 1990년대에 제작된 1:50,000 지형도, 10m 해상도의 DEM 자료, Google Earth에서 제공하는 위성 영상 자료, 1:1,000,000과 1:250,000 지질도 등을 토대로 추가령 구조곡의 지형적 특징을 살펴보고, ArcGIS 프로그램과 Photoshop 프로그램을 이용하여 지형을 계측·분석하고 지도를 작성하였다.

2. 추가령 구조곡의 명칭과 연구

1) 추가령 구조곡의 명칭

추가령 일대에 발달한 선형의 곡에 대해서는 구조곡, 열곡, 지구대, 단층곡 등 다양한 명칭으로 불리고 있다. 이러한 명칭은 추가령 일대의 지형 형성 과정에 대한 지형 및 지질학적 해석을 반영하여 명명되는 것이라고 할 수 있다. 즉, 추가령 일대의 지형은 대체로 연구자의 관점이나 연구 주제에 맞추어, 추가령 지구대(*graben*; 小藤文次郎, 1903; 木野崎, 1937; 이지호·이영택, 1972; 김규한 등, 1984; 이기화·이영민, 1991; 송무영·신광수, 1998; 조선과학백과사전출판사 편, 2005), 추가령 구조곡(*tectonic valley*)(이형호 등, 1992; 이민부 등, 2001b; 이민부 등, 2001c; 이민부·김남신, 2002; 이민부·이광률, 2002; 이민부·최환성, 2003; 이민부·이광률, 2003b), 추가령 단층곡(또는 단층대, *fault valley*)(이기화·이전희, 1995; 이윤수 등, 2001), 추가령 열곡(*rift valley*)(김상호, 1964; 2016; 양교석, 1982; 이대성 등, 1983; 원종관 등, 1990; 김주환, 1997; 위수민, 1996; 이민부 등, 2001a; 손일 역, 2010) 등으로 다양하게 불려왔다(이민부·이광률, 2003b). 언급된 명칭을 나열해보면, 지구대, 열곡, 열곡대, 통곡, 단층대, 단층선곡, 구조곡 등으로 매우 다양하며, 단순히 추가령곡으로 통칭하기도 한다.

추가령 구조곡에서는 실제로 협곡, 풍화·침식곡, 넓은 용암대지와 내부의 개석곡 등 다양한 지형 기복 특성이 나타난다. 라우텐자흐(김종규 등 역, 2014)는

추가령 구조곡을 영어로 *Chugaryong Furrow*로 적고 있는데, 이는 일본인들이 사용한 표현인 지구대를 독일어로 번역한 것으로 보이며, 이는 또한 통곡으로서 의미가 전달되기도 한다. 열곡은 지구조 운동의 결과로서 판의 발산 경계에서 나타나는 지형이다. 세계적으로는 동부 아프리카(*Great Rift*), 바이칼(*Baikal*), 데스밸리(*Death Valley*), 사해(*Dead Sea*) 등이 대표적인 열곡으로 알려져 있다(Hunt, 1975; Niemi *et al.*, 1997; Quennell, 1982). 이대성 등(1983)은 추가령 구조곡을 *failed aulacogen*으로 구분하고 열곡의 형성과정이 지속되지 않고 멈춘 상태로 정의하고 있다.

구조적인 측면에서 보면, 추가령 구조곡에서는 연천 단층, 동두천 단층, 대광리 단층, 포천 단층 등 여러 단층대들이 평행하게 혹은 부분적으로 서로 연결되어 발달하고 있다. 이러한 단층대는 선형성을 가진 열곡 작용에 의한 것으로서, 풍화·침식에 대한 상대적인 연약대로서, 차별적인 풍화·침식에 의해 단층대를 따라 선형의 곡들이 잘 발달하고 있다. 이러한 곡들의 차별침식 유형을 살펴보면, (1) 연약대를 따라 발생한 풍화작용으로 인한 차별침식, (2) 하곡이 형성되면서 집중적인 하식에 의한 차별침식, (3) 암석의 상대적 경연차에 따른 차별 침식 등으로 다양하다. 그리고 추가령 구조곡에서는 이러한 차별침식 유형들이 혼재하거나 결합하여 나타난다고 볼 수 있다. 이동영(1999)은 위의 연약대 차별 침식과 하곡 침식의 결합으로서, 단층선을 따라 발달한 침식 계곡으로 파악했다.

고토분지로 등 초기의 일본인 학자들은 추가령 일대의 지형에 대해 지구대라는 명칭을 사용하였다(양승영 역, 1996). 그러나 서울-원산간의 선형 곡은 일부 구간에서만 정단층에 의해 함몰된 선형의 곡지인 지구(*graben*)와 유사한 형태의 지형 구조가 나타나며, 대체로 많은 구간에서 단층곡이나 차별 침식곡 등의 성격이 나타나고 있다. 또한 만약 지구대가 *graben*이 아니라 *rift valley*를 의미한다고 하더라도, 판의 발산 경계에서 나타나는 *rift valley*는 한글로 번역할 때 지구대라는 용어보다는 열곡 또는 열곡대라는 용어가 적합하기 때문에, 추가령 지구대라는 표현은 적절하지 않은 것으로 보인다.

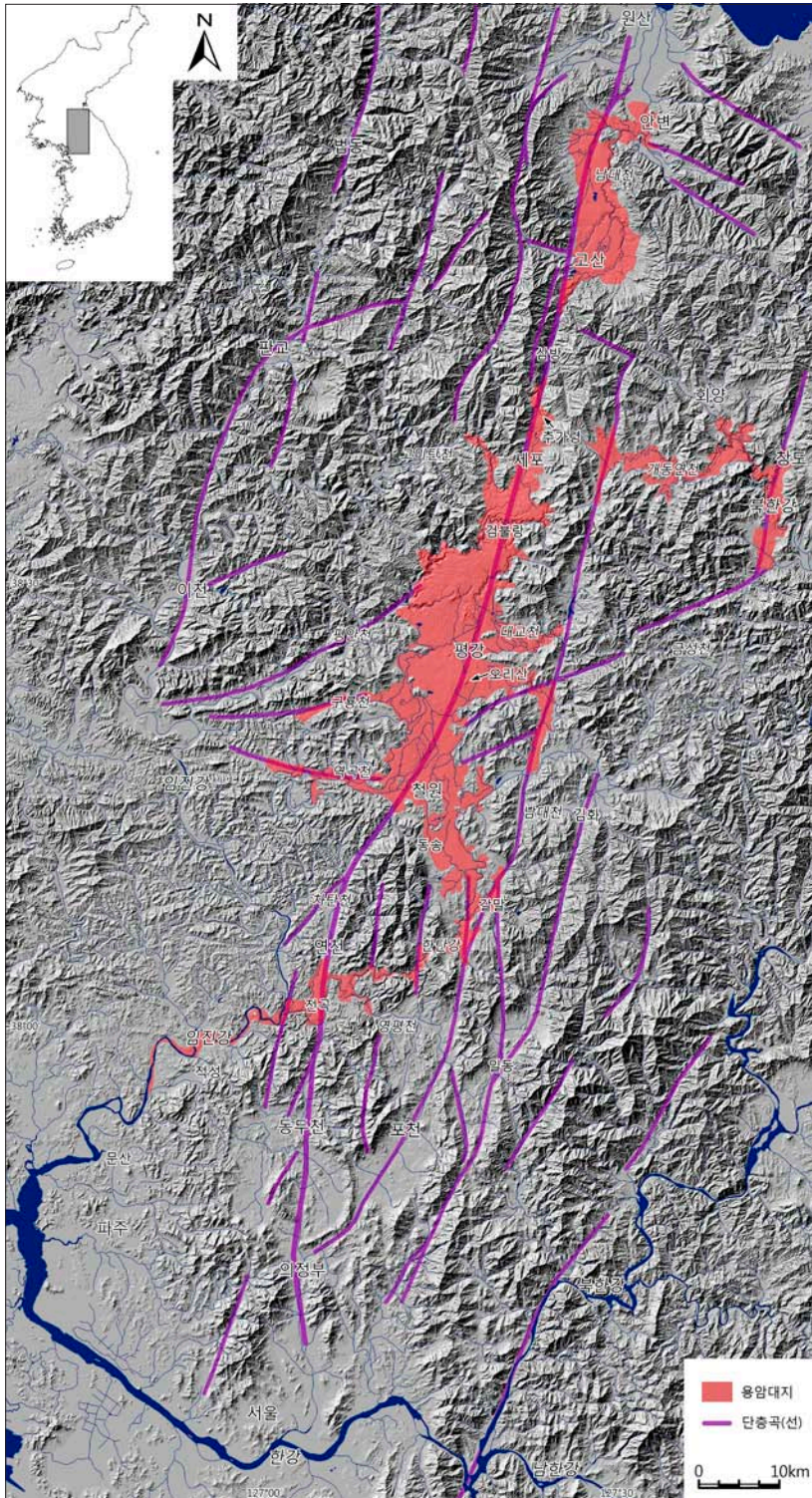


그림 2. 추가령 구조곡 일대의 지형 기복과 단층곡, 용암대지 분포

최근의 경향을 보면, 지형학자들은 ‘추가령 구조곡’이라는 명칭을 가장 선호하고 있고, 지질학자들은 대체로 ‘구조곡’과 ‘열곡’이라는 명칭을 연구 주제에 따라 모두 사용하고 있다. 추가령 구조곡에서는 부분 지역별 및 구간별로, 차별침식곡, 열곡, 지구대, 단층곡, 단층선곡, 연약대 등의 다양한 지형 형태가 구조곡 자체에서 모두 나타난다. 따라서 연구 주제의 특성에 따라 명칭이 달라질 수가 있지만, 각각의 용어는 모두 지체 구조적 또는 지형 형성적으로 의미를 가진다고 볼 수 있다. 다만, 지구대와 연약대, 차별침식대 등 지형 명칭은 부분적으로는 적용이 가능하나 추가령 전체에 적용하기에는 무리가 있어 보인다.

결국, 서울-원산 사이의 선형 곡에 대한 명칭으로서, 구체적인 지형 형성과정을 언급하지 않는 경우에는 곡이라는 표현이, 지질 구조와 차별 침식에 의한 지형 형성과정을 강조할 경우에는 구조곡이라는 표현이, 지구조 작용과 화산 활동을 강조하고자 하는 경우에는 열곡이라는 표현을 사용하는 것이 적절하다고 판단된다. 따라서 지형학적으로는 구조곡이나 열곡의 명칭이 가장 적합한 것으로 보이는데, 구조곡은 지체구조상으로 보다 포괄적인 의미를 가지며, 열곡은 형성과정을 상대적으로 보다 명확히 지시하는 의미라고 할 수 있다.

2) 추가령 구조곡의 지형학 연구사

1945년부터 1980년대까지, 추가령 구조곡에 대한 우리나라 지형학자들의 초기 연구에서 김상호(1964; 2016)는 추가령 구조곡에 대한 명칭과 지형 형성과정의 관계를 설명하고, 철원용암대지의 열하분출과 구조선에 의한 구조지형인 컨콜(kerncol, 케른콜)과 컨버트(kernbut, 케른바트)의 가능성을 제시했다. 김도정(1973)은 철원 현무암 대지 하부의 원지형인 습지 지형에 대한 간단한 언급이 있었다. 1990년대 들어서, 이형호 등(1992)은 구조곡의 전반적인 지질과 지형을 개관하여 설명하였고, 김두일 등(1993)은 추가령 구조곡에 대한 군사학적 연구에서 지형 및 인문 환경의 설명과 함께 군사적인 지형 이용의 가능성을 제시하고 있다. 오경섭·김남신(1994)은 기후지형적인

연구로 전국 용암대지 상부에서 풍성 퇴적층의 존재 가능성을 제기하고, 김주환(1997)은 물리 탐사를 통해 추가령 구조곡 남부에서 단층 지형 구조의 확인을 시도하였다. 이렇듯이 2000년대 이전에도 추가령 구조곡에 대한 지형학적 관심과 명칭 사용이 빈번했지만, 추가령 구조곡 자체의 지형학적 특성을 실증적으로 분석한 연구는 상대적으로 적은 편이었다. 아마도 이것은 국토의 분단으로 인해 추가령 구조곡 일대에 대한 자료 취득과 야외 조사가 거의 불가능했다는 점을 가장 큰 이유로 들 수 있다.

2000년대 들어서, 위성영상, 수치지도, DEM 자료가 지형 연구에 상용화되고 민통선 지역의 접근이 상대적으로 용이해지면서, 추가령 구조곡 자체에 대한 구조 지형학적 접근과 연구가 본격적으로 이루어지고 있다. 이러한 연구로, 추가령 구조곡의 선형성에 대한 연구(이민부 등, 2001a; 이민부·김남신, 2002), 구조곡에 발달한 단층 지형에 대한 연구(Lee *et al.*, 2000; 이민부 등, 2001c), 구조 작용과 관련된 구조곡 내부의 하천 지형에 대한 연구(이민부 등, 2001d; 2005a; 이민부·이광률, 2002; 2003a; 정광욱, 2005) 등이 있다.

또한 추가령 구조곡에 발달한 용암대지와 이와 직접적으로 관련된 다양한 지형에 대해서도 연구가 시작되었다. 이와 관련한 연구로, 철원, 연천, 포천 등 남한의 용암대지 지역을 대상으로 용암대지가 형성되기 이전의 지형 구조(pre-lava landform)에 대한 연구(이민부 등, 2001d; 2005b; 2012; 이민부·이광률, 2003b), 용암대지 형성에 따른 하계망 변화에 대한 연구(이민부 등, 2004b; 김정혁, 2016), 용암담에 의한 호소의 형성과 하곡의 지형 변화에 대한 연구(이민부 등, 2001d; 2006; 2007), 용암대지 현무암과 하부층의 풍화 특성에 대한 연구(이민부·이광률, 2004; 2013) 등이 있다. 특히, 이들 연구는 제4기 지형학적 측면에서 현무암 용암대지 하부 퇴적층에 대한 절대연대 측정을 통한 용암대지 형성시기에 대한 추정과 함께, 퇴적층과 풍화 물질에 대한 다양한 지화학분석을 실시하여 현무암 용암대지와의 시공간적 관계를 해석하고 있다.

3) 추가령 구조곡의 지질

추가령 구조곡 일대에는 선캠브리아기 퇴적변성암류부터 신생대 제4기 층적층까지 오랜 기간에 걸친 다양한 지질이 분포하고 있다(그림 3). 구조곡의 북쪽부터 원산에서 세포까지는 대체로 중생대 쥐라기 화강암의 분포가 우세하고 선캠브리아기 퇴적변성암류가 국지적으로 분포하고 있으며, 안변에서 고산까지의 지역에서는 용암대지 지형인 신생대 제4기 화산암과 지표면에 층적층이 분포하고 있다. 철원-평강 용암대지에 해당하는 세포에서 철원까지 구간에서도 현무암으로 이루어진 신생대 제4기 화산암과 현무암 용암대지 표면에 상당한 두께의 층적층이 분포하고 있다. 철원에서 연천까지의 구간에서는 구조곡을 경계로 서쪽에는 편암에 해당하는 원생대 퇴적변성암이 분포하며, 동쪽에는 중생대 백악기에 화산 분출로 형성된 화산암이 분포하고 있다. 연천에서 동두천까지의 구간에서는 원생대 퇴적변성암과 중생대 전기의 퇴적암이 분포하며, 동두천에서 서울까지는 중생대 쥐라기에 관입한 화강암이 넓게 분포하고 있다.

크게 보면, 추가령 구조곡 일대의 지질 분포는 선캠브리아기 변성암, 중생대 화강암과 화산암, 신생대 현무암과 층적층으로 구분된다. 주로 편마암과 편암으로 이루어진 선캠브리아기 변성암류는 상대적으로 복잡한 지질 구조를 가지고 있어서 경기변성암복합체와 연천층군으로 불리는 지질이다. 이들 지질은 추가령 구조곡에서 가장 광역적이며 기본적인 기반암 체계를 이룬다. 특히, 풍화·침식에 약한 연암으로 분류되는 연천층군의 편암은 구조곡 내 철원과 연천의 경계 지역에서 풍화 작용을 강하게 받아 거의 점토와 같은 물리적 성질을 가지는 풍화층으로 발달해 있는데, 이러한 편암의 풍화물인 청회색 점토를 이 지역에서는 청갈매라고 부른다(이민부·이광률, 2002). 청갈매층은 불투수층을 형성하면서 벼농사를 위한 표층의 농경수가 지하로 잘 스며들지 않아 농업에 종사하는 지역 주민들이 중요시 여기는 토양이다.

중생대와 신생대에 형성된 암석들은 추가령 구조곡과 유사한 형태의 선형성을 가지는 분포가 나타나기 시작한다. 이러한 점에서 볼 때, 추가령 구조곡의

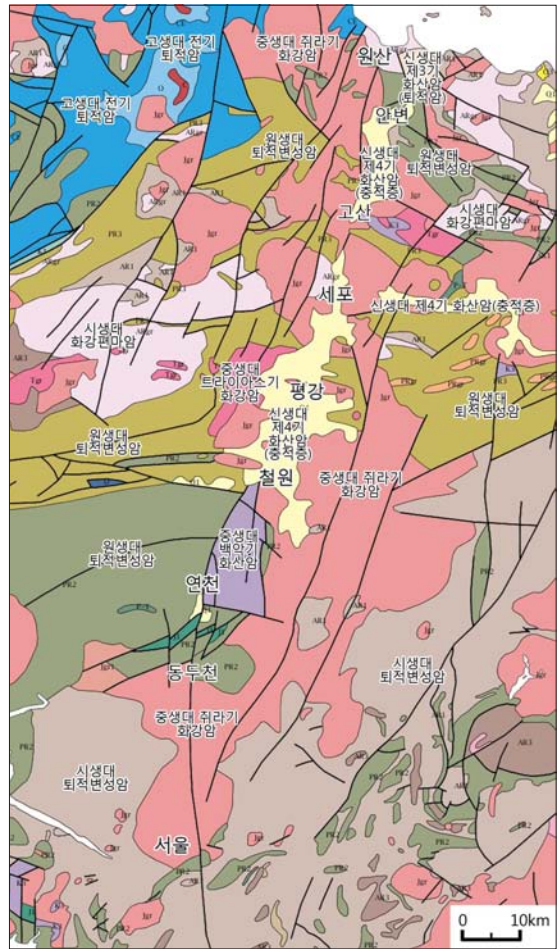


그림 3. 추가령 구조곡 일대의 지질

선형성은 중생대 쥐라기 또는 백악기부터 만들어진 지질 구조에 유래하여 현재에 이르는 것으로 보인다. 추가령 구조곡 중·남부에 넓게 분포하는 중생대 쥐라기 화강암은 대체로 추가령 구조곡의 방향과 일치하는 북북동-남남서 또는 북동-남서 방향의 분포 경향을 나타내고 있어, 구조곡의 형성과 직·간접적인 관련성을 예상할 수 있다. 특히, 추가령 구조곡의 남부에 위치한 화강암 분포 지역에서는 차별적인 풍화·침식에 의해 형성된 넓은 침식 분지와 하곡이 발달해 있다. 연천과 철원의 사이 지역에는 상대적으로 높은 산지가 발달하는 중생대 백악기의 화산암 지역이 분포하는데, 이곳은 산지 중앙에 위치한 봉우리의 이름을

따서 지장봉 화산암체라고도 불린다. 추가령 구조곡의 동쪽 지괴에 해당하는 이 지역은 응회암, 각력암, 안산암 등으로 이루어진 화산암이며, 대체로 구조곡의 방향인 남-북 또는 북북동-남남서 방향을 따라 분포하고 있다.

용암대지 지형을 이루고 있는 신생대 제4기 현무암 분포 지역은 추가령 구조곡과 거의 일치하는 선형성을 나타내고 있다. 이 현무암을 형성한 용암은 추가령 구조곡의 중심에 해당하는 검불랑에서 오리산을 연결하는 선상에서 열하 분출하여 철원-평강 지역에 용암대지를 형성하였고, 북쪽으로는 안변 남대천을 따라 안변까지, 남쪽으로는 한탄강과 임진강을 따라 하곡을 매우면서 연천 전곡을 지나 파주 파평 부근까지 흘러내렸다. 이에 따라 한탄강과 임진강의 하곡에는 용암 분출 이전에 곡저에 퇴적된 모래와 자갈로 이루어진 고하성층의 상부에 두꺼운 현무암층이 발달하게 되었다.

현무암질 용암이 한탄강을 따라 흘러내리면서 한탄강의 하곡은 두꺼운 용암층으로 메워졌다. 이로 인해 한탄강에 유입하는 지류 하천인 차탄천이나 영평천의 하구가 용암층에 의해 막히는 용암댐(lava dam)이 형성되어, 지류 하천의 중·하류부 하곡에 유수가 차면서 용암댐이 뚫릴 때까지 일시적으로 고호소가 존재하기도 하였다(이민부 등, 2005b; 2007). 이러한 고호소의 형성 초기에는 홍수 시에 고호소를 넘친 유수가 용암대지의 표면을 넓게 덮으면서 흘러내리거나 고이면서 퇴적물을 쌓아 또 다시 하성층이나 호소층을 형성하였을 것으로 본다. 한편, 현무암 용암대지의 최상부에는 점토와 실트로 이루어진 미립 퇴적층이 존재한다. 이 미립 물질에 대해서는 현무암 자체가 풍화된 풍화층(이민부·이광률 2013)이거나 용암대지 표면에서 거의 정체된 상태로 발달한 하천에 의한 퇴적층(이민부 등, 2007)이라는 견해와, 지난 빙기에 황해의 건륙화 시절에 이동된 풍성층(오경섭·김남신, 1994)이거나 중국 대륙 내부에서 황사의 형태로 이동한 풍성층(문화재관리국, 1983)으로 보는 견해가 있다. 이동영(1999)이 전곡리 구석기유적 출토지에서 표층 미립물질에 대한 해석 결과를 보면, 현무암의 풍화토의 가능성은 희박하고 인접한 지역의 사

면 붕적물 혹은 이러한 물질들의 재이동에 의한 하천운적으로 보고 있어서 풍성층으로서의 가능성을 배제하고 있다. 이러한 이동성 표층 외에도 전곡의 한탄강 층서에서는 표층 현무암의 풍화에 의한 미립질 표토도 발견되었다(이민부·이광률, 2013).

결론적으로 추가령 구조곡의 지질과 층서의 구조는 선캠브리아기의 경기편마암복합체, 중생대 쥐라기의 대보 화강암, 중생대 백악기의 지장봉 화산암체, 그리고 4기의 현무암과 풍화 및 침식에 의한 표층 퇴적물로 이루어져 있다(이동영, 1999; 이민부·이광률, 2013).

3. 추가령 구조곡의 선형 구조와 구조 지형

1) 추가령 구조곡의 선형 구조

추가령 구조곡은 직선상으로 좁고 길게 발달한 연속된 골짜기로 지표에 뚜렷한 선형 구조를 나타내고 있다(그림 2). 이러한 선형의 곡은 지구조 운동의 결과를 반영한 지형으로, 추가령 일대는 오랜 기간 지속적으로 구조 운동의 영향을 받고 있는 것으로 사료된다. 구조 운동에 영향을 미친 작용으로는 열곡 작용, 단층 작용 등이 있고, 그 결과로 추가령 구조곡에서는 선형 구조, 차별침식곡, 단층곡, 단층선곡, 지구대와 같은 특징적인 구조 지형이 다양하게 나타나는 것으로 보인다(이민부 등, 2001c). 추가령 구조곡 일대에서 나타나는 화강암의 관입, 중생대 백악기의 화산분출, 신생대 현무암의 분출과 유동, 단층선곡의 발달, 하계망의 발달은 이러한 선형 구조에 의존하여 나타나는 결과라고 볼 수 있다(이민부 등, 2001a; 2001c; 이민부·김남신, 2002; 이민부·이광률, 2003b).

구조곡을 따라서 나타나는 암석의 분포, 차별풍화·침식, 하계망의 발달 등은 구조곡의 선형성을 지속시키거나 강화하기도 한다. 만약, 이러한 선형 구조의 강화 요인들이 처음 조건 그대로 아무런 변화가 없다면, 시간이 갈수록 풍화·침식에 의해 지표 기복이 단

순화되는 과정을 통해서 지형의 선형성이 약화되는 방향으로 변화할 것이다. 그렇지만, 단층 작용, 기반암의 강한 저항성, 지반 용기와 이로 인한 하천의 하각 작용 등이 지속적으로 발생하면서, 지구조 운동의 원인과 요소가 지속적으로 유발된다면 곡의 선형성은 오랜 시간이 지나도 비교적 잘 유지될 수 있을 것이다.

추가령 구조곡은 서울 노원구-의정부-양주-동두천-전곡-연천-철원-평강-세포-고산-안변-원산을 잇는 길이 약 160km에 달하는 직선상의 곡으로 대표된다(그림 2). 또한 추가령 구조곡 일대에는 서울-원산간의 선형곡과 나란하게 포천, 갈말, 김화 등을 지나는 여러 개의 선형곡이 발달하고 있으며, 이들 또한 추가령 구조곡과 성인을 같이 하는 것으로 추정된다. 추가령 구조곡은 대체로 북북동-남남서 방향을 이루며, 북쪽의 낭림산맥과 남쪽의 태백산맥을 절단하는 형태를 띠고 있다. 추가령 구조곡과 같은 북동-남서 또는 북북동-남남서 방향의 선형 곡은 한반도의 다른 지역에서 쉽게 확인할 수 있으며, 대표적으로 경기·강원 지역과 영남 동부 지역에서 잘 나타나고 있다. 추가령 구조곡을 중심으로 북부의 라오동 방향 산맥과 남부의 중국 방향 산맥으로 한반도 산지의 방향 체계를 구분하는 견해도 있으나(박노식, 1970; 손일 역, 2010), 이러한 산지 방향성 구분에서 추가령 구조곡의 성인과 영향에 대해서는 명확히 밝혀진 바가 없다. 추가령 구조곡을 한반도 산지 체계의 중심으로 판단하는 이유로, 추가령 구조곡의 지질 구조와 지체 구조가 서로 다른 지질 구조를 가진 평남반지, 임진강충돌대, 경기지괴를 관통하고 있다는 점과 서울-원산간의 구조선이 좌수향 이동 단층대로서 남쪽으로는 홍성과 서천으로 연계되고 북쪽으로는 길주-명천 지구대와도 연계된다는 주장(대한지질학회, 1999) 등이 다양하게 제시되고 있다.

선형 구조의 형태적인 특성으로는 방향성(directionality), 직선성(straightness), 분별성(sharpness), 연결성(connectivity) 등의 요소를 생각할 수 있다(Lee et al., 2000). 추가령 구조곡과 같은 선형 지형은 시간이 지남에 따라 구조곡을 가로질러 나타나는 풍화·침식에 의한 분지의 형성과 곡의 지형 분절(geomorphic seg-

mentation), 그리고 부분적인 구조곡의 함몰 등에 의해 선형성이 약해진다. 그러나 어떤 곳에서는 풍화·침식된 곡저 내부에 곡중 분수계가 형성되면서 하천쟁탈이 하곡 내부에서 일어나게 되어 선형성이 잘 유지되기도 한다. 대표적으로 한강의 지류인 중랑천과 임진강의 지류인 신천의 상류가 만나는 양주시 샘내 곡저가 그 사례이다. 또한 구조곡의 북쪽에서는 동해안으로 흐르는 안변 남대천이 용암대지 상에서 임진강 수계 하천과의 하간지에서 하천쟁탈을 진행하는 과정이 지형적으로 잘 드러난다.

2) 추가령 구조곡의 구조 지형

추가령 구조곡의 구조 운동 및 구조 지형과 관련하여, 김옥준(1980)은 추가령 구조곡이 백악기 말에서 제3기까지의 변형에 의해 형성된 북북동-남남서와 동북동-서남서 방향의 단층대라고 했다. 이대성 등(1983)은 추가령 구조곡에서 단층이나 단열대를 따르는 열극 분출이 중생대 중엽부터 활발히 발생하였고 설명하였다. 김규한 등(1984)은 추가령 구조곡을 백악기 혹은 제3기초에 생성된 북북동-남남서 구조선의 우수향 주향이동 단층과 그 후에 구조선이 회생된 단층선곡이라고 했다. 이기화·이전희(1995)는 추가령 구조곡을 세 구역으로 나누고 그 중 철원에서 서울에 이르는 구역은 평균 이동률이 약 0.21mm/년으로 판 경계 주변의 판 내부 활성 단층에 해당한다고 주장하였다.

서울의 동부 중랑천 하류에서부터 철원 일대까지의 추가령 구조곡 남부에서 나타나는 선형적 지형 구조는 크게 6가지로 확인된다(Lee et al., 2000). (1) 남북 또는 북북동-남남서 방향의 파쇄대와 절리 구조, (2) 선형적인 주하곡과 지류 등의 하계망, (3) 삼각말 단면, 완사면, 단애, 선상지 등 하곡 양측의 사면 형태, (4) 침식 단구와 구조 단구, (5) 풍화 및 침식 작용에 의한 유역의 형태, (6) 용암대지, 용암절벽 등의 화산 지형 등이다. 파쇄대와 절리 구조는 중생대 화강암과 화산암 지역과 신생대 제4기 현무암 지역에서 관입과 차별 침식의 정도에 따라 다양한 폭을 보이면서 방향성을 띠고 있다. 하계망은 구조곡의 방향성을 잘

반영하는데, 특히 3차에서 6차에 이르는 고차수 하천의 하계망은 남-북 또는 북북동-남남서의 구조선 방향과 대체로 일치하고 있다(이민부 등, 2001a). 단층곡에서 관찰되는 지형인 삼각말단면(spur facet, triangular facet)을 비롯한 단층 선형 외지인 킨콜, 단층 잔류 구릉인 킨버트, 선상지(alluvial fan), 굴절 하도(offset stream) 등도 선형의 단층곡 내부와 측면을 따라 연속성을 가지고 분포하는 경향을 보여주고 있다(이민부 등, 2001c). 하안단구의 발달은 대체로 미약한 편이나 좁은 하곡 내에서 연속적인 종단면을 떠면서 2~3단 정도가 나타난다(이민부·이광률, 2003a). 신생대 제4기에 선형성을 떠면서 열하 분출된 현무암 용암류는 기존의 하곡과 하계망을 거의 메우게 되었고, 이로 인해 추가령 구조곡 일대는 하계망의 혼란과 재편성이 발생하였으며, 이러한 현상은 현재에도 계속 진행되고 있다(이민부 등, 2004b).

추가령 구조곡의 남부 지역에서는 연천 또는 대광리 단층선, 동두천 단층선, 포천 단층선, 김화 단층선 등 구간별로 4개의 단층선이 뚜렷하게 나타나는데(김규한 등, 1984; 원종관 등, 1987), 이 중 지형학적으로는 대광리 단층선이 가장 뚜렷한 선형의 지형 구조를 가지고 있다(이민부 등, 2001c). 철원군 철원읍 울리리와 연천군 신서면 도신리 사이의 대광리 단층선 일대에서는 북북동-남남서 방향의 좁고 깊은 하곡을 따라 차탄천이 흐르고 있고, 하곡 내부와 주변 산지에는 단층 작용에 의한 구조 지형으로 추정되는 삼각말단면, 선상지, 킨버트, 킨콜, 굴절하도, 벤치(bench) 등의 지형이 열을 이루면서 연속적으로 분포하고 있다(그림 4). 결국, 추가령 구조곡의 남부에는 북북동-남남서 또는 남북 방향의 선 구조, 하곡의 선형성, 하곡 양측과 사면에 발달한 삼각말단면, 완경사면 또는 평탄면, 선상지 지형의 연속성과 선형성이 상대적으로 뚜렷하다고 할 수 있다. 최근 지진대책을 위한 활성단층대에 관한 한국지질자원연구원(2012)의 연구 결과에서는 추가령 단층대를 한국의 대표적인 활성단층대로 보고 있다.

추가령 구조곡에서 화강암 관입도 거의 구조곡의 방향성과 유사하게 나타난다. 대보화강암으로 알려진 철원의 화강암은 쥐라기에 형성되어 현재 다양한

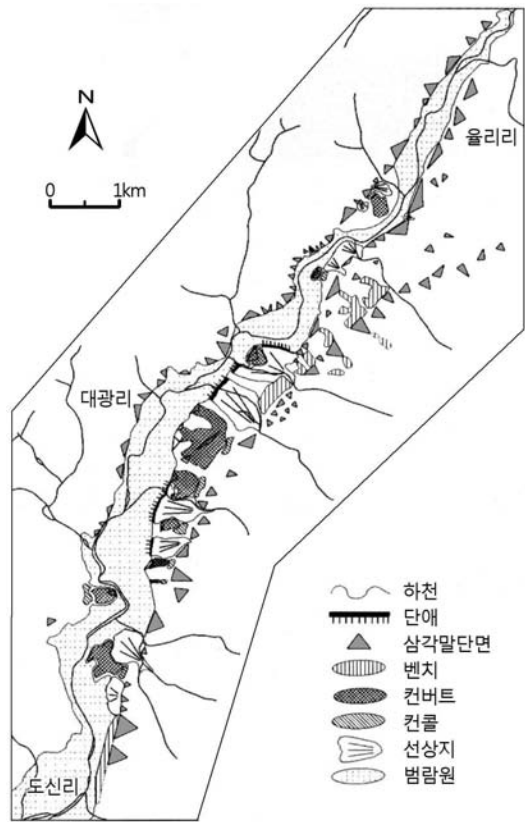


그림 4. 대광리 단층곡의 구조 지형 분포 (이민부 등(2001c) 수정)

형태의 전형적인 화강암 풍화·침식 지형을 나타내고 있다.

4. 추가령 구조곡의 화산 활동과 지형

1) 추가령 구조곡의 용암 분출

우리나라에서 신생대 제4기에 형성된 대규모 화산체 또는 화산 지역으로는 백두산 화산체, 한라산 화산체, 울릉도·독도 화산체와 함께 철원·평강 용암대지, 신계·곡산 용암대지 등 5곳의 화산암 지대가 대표적이다. 이들은 판 경계부에서의 화산 활동이라기보다는 판 내부에서 열점(hot spot)의 형식으로 화산 작용

이 발생한 것으로 해석된다. 추가령 구조곡의 지구조적 연약대를 따라 열하 분출한 용암은 철원-평강 용암대지로 불리는 대규모 화산 지형을 형성하였다. 철원-평강 용암대지는 인접한 신계-곡산 용암대지와 함께 한반도 중부의 특징적인 신생대 화산 활동 지역으로 꼽힌다.

추가령 구조곡에서 신생대 제4기 현무암 분출은 대체로 구조곡의 주 방향(이민부·김남신, 2002; 이민부 등, 2001a)을 따라 열하 분출의 형태로 이루어졌다(양교석, 1982; 원종관, 1983). 유동성이 높은 현무암질 용암의 분출은 주로 평강의 오리산(鴨山, 453m)과 검불량 북쪽 인근 680m 봉우리를 잇는 선을 중심으로 이루어 졌으며, 이들 봉우리들은 열하 분출 말기에 중심성이 현저해지면서 중심 분출성 분화구를 가진 화산이 되었다(이민부 등, 2004b). 철원-평강 용암대지의 용암 분출이 기존의 추가령 구조곡의 지체 구조적 특성을 정확하게 반영하고 있는지는 좀 더 살펴볼 여지가 있지만, 오리산에서 검불량을 잇는 열하 분출선(fissure eruption lineament)은 추가령 구조곡의 선구조와 일치한다고 볼 수 있다. 따라서 추가령 구조선의 연약대가 열하 분출에 선형적으로 기여했을 가능성이 높다.

화산 분출에 의한 현무암 용암대지 형성은 추가령 구조곡이 신생대 제4기까지 활단층 지대였음을 보여주는 것이다. 용암대지와 분화구 등에 대한 연대 측정이 연구마다 다양하게 제시되지만, 초기의 분출은 최소 57만 년 전에서 27만 년 전에 있었던 것으로 보인다(이동영, 1999). 추가령 구조곡의 용암대지는 평강, 안변 일대에서 20~140m의 두께로 4~10번의 분출이 있었으며, 회양, 창도 일대에서는 두께가 102~200m에 달하고 최대 10매의 분출을 보여준다(진명식, 1998). 추가령 구조곡의 제4기 화산 활동은 알칼리 현무암으로만 구성된 열하 분출한 용암류에 의한 것이다(원종관 등, 1990). 용암류는 이 지역의 많은 하곡과 저지를 메우면서 일부는 한탄강과 임진강을 따라 흘러내려, 연천군 전곡읍 일대를 지나 파주시 파평면 울곡리 부근에 이르렀고, 일부는 북쪽으로 흘러 안변 남대천을 따라 고산을 지나 안변까지 흘러내렸다. 철원-평강 용암대지는 한탄강과 임진강을 중심으로 길

이 약 95km, 면적 약 125km²이며, 용암 분출은 한탄강 상류인 철원 화지리에서 최고 11매, 상월리에서 6매, 전곡 고문리에서 4매, 파주 동파리에서 1매로 하류로 갈수록 줄어들고 있다(김태호, 2000).

추가령 구조곡의 화산 활동 시기에 대해 원종관 등(1990)은 전곡 부근 최상부 현무암을 대상으로 한 K-Ar 연대측정을 통해서 0.10~0.27Ma로 추정하였다. 일부 K-Ar 연구에 따르면, 전곡리 근처 현무암의 연대는 0.5Ma까지 올라간다(신재봉 등, 2004). 이선복(2005)은 선행 연구 자료를 종합하여 약 0.15Ma로 추정했다. 최근 방사성 탄소동위원소(¹⁴C), 루미네선스(luminescence), 우주기원 동위원소(cosmogenic isotope) 등 절대 연대측정 기법이 다양화 및 상용화되면서 용암대지의 형성 시기를 추정할 수 있는 자료가 풍부해지고 있다. 철원 울리의 현무암층 하부의 점토층의 방사성 탄소동위원소 연대측정 결과는 최대 약 4만 년 전이 제시되었다(이민부·최한성, 2003). 영평천 하류에 형성된 것으로 추정되는 고희수는 퇴적층의 OSL(optical simulated luminescence) 연대측정 결과로 볼 때, 용암암은 최소한 3만 년 전까지 존속된 것으로 보인다(이민부 등, 2005b). 한편, 성영배(2007)는 전곡리와 백의리의 고희성층을 대상으로 한 우주기원 동위원소 분석을 통해 약 48만 년 전에 전곡 현무암에 의해 한탄강이 덮였다고 주장하였다. 이선복(2010)은 전곡 용암층에 포획된 탄화목에 대한 탄소연대 측정 결과가 약 4만년 전후로 나타나서, 전곡 용암대지는 종래 생각했던 것보다 훨씬 후대에 만들어졌을 가능성이 있다고 주장하였다. 또한 이민부·이광률(2013)의 연구에서도 전곡 현무암층 하부의 점토 및 모래층에 대한 OSL 연대가 40~59ka로서, 전곡리 일대에서는 약 4만 년 전까지 한탄강에 의한 하성 퇴적작용이 진행되었고, 이후 용암이 흘러들어 현무암층의 용암대지가 형성된 것으로 판단하였다. 따라서 최근의 연구 결과들을 종합해보면, 추가령 구조곡 남부에서 용암대지를 형성한 현무암질 용암의 최종 분출 시기가 대략 4만 년 전 무렵으로 측정된 연구들이 대부분이어서, 추가령 구조곡에서 마지막으로 용암이 분출한 시기는 수만 년 전 내외로 훨씬 최근일 가능성이 높아 보인다.

2) 추가령 구조곡 일대의 화산 지형

추가령 구조곡의 열곡을 따라 발생한 열하 분출에 의해 형성된 현무암 용암대지(lava plateau)는 철원, 평강, 세포 지역에서 가장 대규모로 나타나며, 구조곡의 북쪽으로는 안변 남대천의 하곡을 따라 고산군을 지나 안변군 비산리 부근까지 이르렀고, 남쪽으로는 한탄강과 임진강의 하곡을 따라 갈말, 전곡, 적성을 지나 파주시 파평면 울곡리(진동면 동파리) 부근까지 도달하였다(그림 2). 따라서 추가령 구조곡의 용암대지는 평강 지역을 중심으로 북쪽으로는 안변에서 남쪽으로는 파주까지 분포하고 있다. 그러나 하천이 매우 좁고 깊은 협곡을 이루는 세포와 고산 사이의 남대천 구간과 연천군 부곡리와 포천시 운산리 경계부의 한탄강 하곡 구간에서는 좁은 용암대지 지형면이 하천의 침식에 의해 대부분 사라져서, 용암대지가 상류 쪽과 연결되지 못하고 단절된 형태로 나타난다. 이에 따라 추가령 구조곡의 용암대지는 화산 분출의 중심부인 철원-평강 지역, 그리고 하곡을 따라 흐른 용암류에 의해 형성된 북쪽의 고산-안변 지역과 남쪽의 연천-파주 지역으로 구분할 수 있다.

한편, 라우텐자흐가 작성한 지도와 10m 해상도의 DEM 자료를 토대로 할 때, 추가령 구조곡의 동쪽에 위치한 회양, 창도 지역에서도 용암대지가 형성되어 있는 것으로 추정된다(그림 2). 회양-창도 지역의 용암대지는 추가령 구조곡과 분수계를 접하고 있는 개동연천의 상류인 신평리 일대의 사면에서 분출한 용암이 개동연천의 하곡을 따라 동쪽으로 흘러 회양군 전향리를 지나고 북한강 분류 하곡에 유입하여 창도군 성도리 부근까지 흘러내리면서 북한강 상류의 하

곡을 메운 용암대지를 형성한 것으로 추정된다.

격자 크기 10m의 DEM을 토대로 추가령 구조곡 일대에 분포하는 용암대지를 4개 지역으로 구분하여 분류하고 지형 기복 특성을 분석한 결과는 표 1과 같다. 추가령 구조곡 일대에 발달한 용암대지의 총 면적은 약 825,84km²로서, 서울특별시 면적의 약 1.4배이며 전국의 시군 중에서는 경기도 포천시(827km²)의 면적과 거의 같다. 추가령 구조곡의 용암대지 중에서도 중심부인 철원-평강 지역의 면적은 약 546km²로, 전체의 약 66%를 차지하고 있다. 고산-안변 지역의 용암대지가 약 135km²로 다음으로 큰 면적을 차지하며, 회양-창도 지역은 약 91km²이고, 연천-파주 지역은 약 54km²로서 4개 지역의 용암대지 중 가장 좁은 면적으로 이루고 있다. 반면, 연천-파주 지역의 용암대지는 면적에 비해 둘레가 매우 큰데, 이는 한탄강과 임진강의 좁은 하곡을 따라 용암대지 지형이 형성되어 있기 때문이다.

추가령 구조곡 용암대지의 최저 고도는 안변과 파주에서 약 10m로 나타나며, 최고 고도는 구조곡 내부의 경우, 세포군 검불량에서 북동쪽으로 약 3km 떨어진 성산리 동쪽 사면 부근에서 702m, 구조곡 외부의 회양-창도 지역에서는 회양군 신평리 서쪽 사면 부근에서 746m 고도까지 용암대지가 분포하는 것으로 추정된다. 용암대지 전체의 평균 해발고도는 239m로, 철원-평강 용암대지는 평균 고도가 329m이며, 회양-창도 지역이 454m로서 가장 높고, 연천-파주 지역은 46m에 불과하다. 고도의 표준편차 값인 기복량은 철원-평강 용암대지가 128m로서 가장 크고, 연천-파주 지역이 22m로 가장 낮다. 평균 경사도는 추가령 구조곡에 위치한 철원-평강, 연천-파주, 고

표 1. 추가령 구조곡 용암대지의 지형 기복 특성

지역	면적(km ²)	둘레(km)	최고 고도(m)	최저 고도(m)	평균 고도(m)	기복량(m)	평균 경사(°)	
1	철원-평강 지역	546.18	508.3	702	60	329	128	3.1
2	연천-파주 지역	54.04	117.3	128	10	46	22	3.3
3	고산-안변 지역	135.06	99.2	334	10	127	57	3.2
4	회양-창도 지역	90.56	153.8	746	300	454	104	4.5
계(평균)		825.84	219.6	478	95	239	77.8	3.5

산-안변의 3개 지역은 모두 3.1~3.3°의 범위에서 유사하게 나타나고 있다. 그러나 회양-창도 지역의 평균 경사도는 4.5°로서 상대적으로 높아서, 추가령 구조곡 내부의 용암대지와는 다른 지형 특성을 보이고 있어, 분출한 용암류의 지화학적 성질과 물리성에 차이가 있었을 가능성을 제시하고 있다.

북한에서 용암대지에 대한 정리된 연구 결과를 보면(조선과학백과사전출판사 편, 2003), 현무암덕(현무암 용암대지)의 평강철원고원(철원-평강 용암대지)은 남북 방향의 면적 600km², 평균 높이 320m의 규모를 가진다고 한다. 그리고 용암 분출이 발생한 분화구로, 이미 알려진 평강의 오리산 분화구(38°23'25" N, 127°16'01"E; 453m; 그림 5)와 함께 검불랑 북동쪽의 세포군 성산리의 성산 분화구(38°35'16"N, 127°21'04"E; 673m; 그림 6)도 언급하고 있다. 또한 북한 강수계 지역에서는 회양의 현리 분화구(38°38'55"N, 127°28'58"E; 625m; 그림 7) 등을 중심 분출구로 하여 지역적으로 열하 분출을 이루었다고 한다. 그리고 하천 침식에 의한 용암대지 협곡의 단애는 50~100m에 이르며 검불랑에서 남쪽으로 갈수록 용암대지의 두께가 줄어든다는 것을 밝히고 있다.

주요 화산 지형은 용암대지를 비롯하여 현무암

협곡의 단애면에서 나타나는 주상 절리(columnar joint), 베개 용암(pillow lava) 등이 대표적이다. 또한 용암대지 이전의 원 지형이 용암대지 상에 고립된 봉우리로 남아있는 스텝토(step)와, 원 지형의 지표 피복물과 현무암층 사이의 다양한 부정합면과 클링커(clinker), 용암대지 형성 이후의 현무암 풍화층(이민부·이광률, 2013), 용암대에 의한 고호수 퇴적물 등이 추가령 용암대지 지역에서 관찰되는 화산 관련 지형이라고 할 수 있다.

화산암층과의 부정합면은 다양한 형태로 나타난다. 차탄천 하류에서 나타나는 화산암층의 하부에서는 기반암층, 봉적층, 하천 자갈 및 모래층과 부정합을 이루기도 하며(이민부·이광률, 2003b; 2013), 상부 용암층의 절리나 파쇄층을 통해 유입되는 수분에 용해되거나 부유된 미립질이 하부층으로 이동하기도 한다(이민부·이광률, 2004). 또한 부정합면에서는 클링커나 베개용암이 발달하기도 한다. 승일교나 순담 계곡에서는 하부 기반암층인 화강암 기반암과도 부정합을 이룬다(이민부 등, 2012). 화산암층 상부에서는 운적토나 풍성토와 부정합을 이루기도 하고(오경섭·김남신, 1994; 이민부 등, 2007), 용암대지 형성 이후에 그 상층에서 이루어진 단구지형면과도 부



그림 5. 추가령 구조곡의 오리산 분화구 일대의 지형



그림 6. 추가령 구조곡의 성산 분화구 일대의 지형



그림 7. 추가령 구조곡의 현리 분화구 일대의 지형

정합을 이루기도 한다(이민부 등, 2005b). 이러한 부정합면은 화산의 분출 시기, 현무암층 하부의 원 지형의 구조와 연대를 지시하며, 화산암층 상부의 부정합면은 화산 분출 이후의 지형 형성과정과 기후 변화 등을 지시할 수 있다.

표층의 풍화물은 하천 운반작용에 의한 운적층(이동영, 1999; 이민부 등, 2007), 풍성층(박동원, 1983; 오경섭·김남신, 1994), 현무암 풍화층(이민부·이광률, 2013), 사면 붕적층(이동영, 1999; 이민부 등, 2001d; 이민부 등, 2007) 등 기원지에 대한 다양한 논의가 있어왔다. 가장 큰 논의는 풍성층에 대한 것으로 풍성층 존재 자체의 대한 것과 풍성 물질의 기원지에 대한 것이다.

철원-평강 용암대지를 형성한 후 남쪽으로 진행한 용암류는 좁은 한탄강 하곡을 완전히 메우면서 흘러내려, 한탄강의 곡저에는 30~40m 높이의 두꺼운 현무암층이 형성되었다. 이로 인해 한탄강에 합류하는 지류 하천의 하구에는 수십m에 달하는 용암담이 형성된 결과를 초래하였고, 이러한 용암담에 의해 지류 하천의 중·하류부 하곡에는 용암담에 막혀 본류로 흘러내리지 못한 유수가 정체되면서 거대한 호소가 형성되었다. 한탄강의 지류 하천 중 대표적으로 차탄천(이민부·이광률, 2003b; 이민부 등, 2001c)과 영평천

(양교석, 1982; 원종관, 1983; 이민부 등, 2005b)에서 용암담 형성 후에 일시적으로 고호소가 형성되었다. 이러한 고호소의 형성 초기에는 홍수 시에 고호소를 넘친 유수가 용암대지의 표면을 따라 넓게 흘러내리거나 와지에 정체되어 고이면서 용암대지 표면에 세립 및 미립질 퇴적물을 쌓아 또 다시 하성층이나 호소층을 형성하였을 것이다. 그리고 용암대지의 말단부에서 하천에 의한 개석이 발생하여 침식곡이 깊어지고 상류 쪽으로 두부침식이 진행된 결과, 현재와 같이 용암대지의 내부에 협곡을 이루면서 한탄강과 임진강의 유로는 과거와 유사한 형태로 다시 열리게 되었던 것으로 추정된다.

주변 산지에서 발원한 지류 하천의 유수가 용암대지의 표면으로 유입되는 과정에서 대규모 선상지가 형성되기도 하였다. 우리나라의 가장 대표적인 선상지인 안변(현 고산군) 석왕사 선상지는 고산-안변 용암대지의 상부에 발달한 층적 지형이다. 석왕사 선상지는 고산군 일대 추가령 구조곡 주 단층선의 서측에 위치한 높은 산지에서 좁은 협곡을 이루며 흘러내리던 소하천이 유로 변화가 자유로운 넓은 용암대지 표면으로 유입되는 과정에서 망류와 복류로 인한 하도 유량 감소에 따른 하천 에너지의 감소로 퇴적 작용이 진행되어 형성된 지형이다.

용암대지를 중심으로 한 화산지형은 주로 하천의 작용으로 개석되고 있다(이민부·이광률, 2003b; 정광욱, 2005; 김정혁 2016). 용암이 기존의 유로를 따라 흐르는 것이 가장 자연스러운 과정이므로 용암대지가 형성되기 전의 하천과 습지 지형이 다시 복원되기도 하지만 새로운 유로의 개석곡과 개석 하천이 만들어지기도 한다. 따라서 용암대지 이후에는 기존의 하천 유역과 분수계는 혼란을 겪고 결국 재편성의 과정을 현재까지 보여주고 있다. 화산 분출의 중심인 철원-평강 용암대지에서 열하 분출의 시작점이자 고도가 가장 높은 세포군 검불랑과 성산리 일대는 새로운 하천이 발원하는 분수계 및 분수점의 기능을 수행하면서, 이 일대를 중심으로 복잡한 하계망을 구성하고 있다. 특히, 임진강 수계로서 서쪽으로 흐르는 평안천 유역은 남쪽으로 향하는 한탄강 유역과 북쪽으로 흐르는 남대천 유역을 썩기 모양으로 분리하고 있다. 현재도 성산리를 일대를 중심으로 한 세포에서 평강 사이의 지역은 여전히 분수계가 모호한 주인 없는 유역이 다수 존재하며, 이러한 곳에서는 하천 쟁탈이 진행되면서 유역 재편성이 발생하고 있다(이민부 등, 2004b). 그리고 하천이 용암대지를 개석 및 하각하여 하도의 위치가 이동하고 낮아지는 과정에서 용암대지의 표면과 측면에 존재하였던 하각 이전의 과거 하도가 일부 남겨질 수 있다. 이렇게 개석된 용암대지의 표면과 협곡의 내부에는 현 하천보다 높은 고도에 구 하천 충적층이 계단상으로 남겨진 하안단구 지형이 발달하기도 한다. 이러한 하안단구 지형은 포천시, 연천군, 파주시 일대의 한탄강 하류부와 임진강 하류부, 그리고 이들 하천에 유입하는 지류 하천의 하류부에서 잘 나타난다.

5. 결론

추가령 구조곡의 지역지형적인 특성은 형성과정상의 열곡 현상, 다양한 기반암 특성, 선형곡의 특성, 용암 분출에 의한 하곡의 변형과 개석, 충적 표층의 특성 등으로 나타난다. 추가령 구조곡은 판구조론 상

으로 열곡적인 지구조 운동의 여부가 여전히 논의되고 있는 상황이며, 한국의 대표적인 신생대 내륙 화산암 지대를 이루고 있다.

이러한 지구적인 선행 조건에 따라서 추가령 구조곡은 단층과 열곡 등의 구조 지형, 하천 지형, 단구 및 선상지 지형, 용암대지 지형, 화강암 지형, 호소 지형 등 다양한 유형의 지형이 집약적으로 나타나는 대표적인 사례 지역이다. 본 구조곡의 대규모 선형 곡의 내부에 잘 발달하는 다양한 지형 요소들은 우리나라의 대표적인 구조 및 화산 지형의 사례라고 할 수 있다. 이러한 관점으로 추후에도 한국의 대표적인 지형의 특성을 보여주는 대규모 산지, 대지, 분지, 유역, 곡 등을 대상으로 지역지형적인 연구가 이루어져서 한국의 지형 구조가 지역 단위로 구분되고, 그 특징이 다각적이며 종합적으로 연구되길 바란다. 추가령 구조곡에 대한 연구는 이를 위한 작은 사례가 될 것으로 본다.

추가령 지역의 지형은 앞으로도 계속해서 보다 분석적이고 심도 있는 연구가 이루어져야 함은 당연하다. 특히, 추가령 구조곡은 현재 휴전선에 의해 단절되어 연구 지역의 접근 자체가 불가능한 지역이 절반 이상에 이른다. 출입이 드문 비무장지대 자체는 용암대지를 비롯한 추가령 구조곡의 지형을 어느 정도 유지시켜주고 있을 것이다. 추가령 구조곡 지역은 원지형에 대한 보존과 더불어 군사적 긴장 완화를 통해 지역 출입이 보다 자유로워져서 활발한 연구가 이루어질 수 있도록 기대해본다. 앞으로 한반도의 분단과 군사적 대치 상황이 개선되면, 평강 용암대지, 오리산과 검불랑 지역, 회양-창도 용암대지, 안변 용암대지와 석왕사 선상지, 세포와 삼방 일대의 직선형 협곡 등에 대한 지형학적 연구가 우선적으로 진행되어야 할 것이다. 또한 추가령 구조곡의 다양한 구조 지형과 철원-평강의 제4기 현무암 대지에 대한 자세하고 구체적인 현지 조사와 분석을 통한 정밀한 지형 분포도가 작성되어야 할 것으로 본다.

참고문헌

권혁재, 2000, “한국의 산맥,” 대한지리학회지, 35(3), 389-400.

김규한·김옥준·민경덕·이운수, 1984, “추가령지구대의 지질구조, 고지자기 및 암석학적 연구,” 광산지질 17(3), 215-230.

김도정, 1973, “한국의 화산지형,” 지리학회보, 7, 1-9.

김두일·이형호·한 욱, 1993, “서울-철원간 추가령곡의 군사지리적 분석,” 육군사관학교 화랑대연구소.

김상호, 1964, “추가령 열곡에 대한 고찰,” 서울대 사대학보, 6(1), 156-161.

김상호, 2016, 한반도 지형의 형성, 두솔.

김옥준, 1980, 한반도의 지진지체 구조 분석에 관한 연구, 과학기술처.

김우관, 1980, 한국지지 총론, Ⅲ 자연환경(지형), (2) 산지지형, 1) 산과 산맥, 건설부·국립지리원.

김정혁, 2016, “임진강 용암대지의 분포와 지형발달,” 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.

김종규·강경원·손명원 역, 헤르만 라우텐자흐 저, 2014, 코레아; 일제 강점기의 한국지리, 푸른길.

김종욱·주경식·엄정훈·강진우·이종식·서민철·심승희·김학희·신동화, 2003, 고등학교 한국지리, 교학사.

김주환, 1997, “추가령 열곡내 의정부-동두천간에 발달한 단층구조의 구조지형적 해석,” 지리학연구, 31, 19-26.

김주환·홍철철·신현종·김진수, 2003, 고등학교 한국지리, 교학사.

김태호·한국자연지리연구회 편, 2000, 화산지형, 자연환경과 인간, 한울.

대한지질학회, 1999, 한국의 지질, 시그마프레스.

문화재관리국, 1983, 전곡리 유적발굴조사보고서, 문화재관리국 문화재연구소.

박노식, 1947, 신조선지리, 동지사.

박노식, 1970, “한국지형구,” 지리학, 6, 1-23.

박동원, 1983, “한국의 지형연구에 있어서의 문제점과 전망,” 지리학논총, 10, 27-40.

박희두·박철웅·황의호·도정훈·채기병·김재기·조성호·이강준, 2003, 고등학교 한국지리, 천재교육.

성영배, 2007, “복수의 방사성 우주기원 동위원소를 이용한 매몰 연대측정의 가능성 탐구: 전곡현무암과 백의리층을 사례로,” 한국지형학회지, 14(2),

101-107.

손일 역, 고토 분지로 저, 2010, 朝鮮기행록, 푸른길.

송무영·신광수, 1998, “철원 부근 추가령 지구대의 지질구조 및 지표환경 해석을 위한 인공위성 영상자료 분석연구,” 한국지구과학회지, 19(6), 675-683.

신재봉·유강민, 2004, “전곡리 구석기 유적 발굴지인 E55S20-IV 지점의 미고결 퇴적층에 대한 피스-고토양 층서에 관한 고찰,” 지질학회지, 40(4), 369-381.

양교석, 1982, “추가령 열곡대 내 한탄강 하류 지역에 분포하는 화산암류에 관한 연구,” 한국지구과학회지, 3, 13-25.

양승영 역, 다테이와 이와오 저, 1996, 한반도 지질학의 초기연구사, 경북대학교 출판부.

오경섭·김남신, 1994, “전곡리 용암대지 피복물의 형성과 변화과정,” 제4기학회지, 8, 43-68.

원종관, 1983, “한반도에서의 제4계 화산활동에 관한 연구-추가령 열곡내에서-,” 지질학회지, 26(1), 70-81.

원종관·김윤규·이문원, 1990, “추가령 알카리 현무암에 대한 지구화학적 연구,” 지질학회지, 26, 70-81.

원종관·이문기·이준기, 1987, “추가령 구조대의 지형발달과 화산 활동-민통선 부근을 중심으로 휴전선 일대의 자연 연구,” 강원대출판부, 11-45.

위수민, 1996, “추가령 열곡대에 분포하는 전곡현무암의 지화학적 특성,” 자원환경지질, 29, 171-182.

이기화·이영민, 1991, “추가령 지구대의 중력연구(1),” 지질학회지, 27(3), 309-318.

이기화·이전희, 1995, “추가령 단층대의 구역화: 경기육괴 주요 단층대의 지구물리학적 연구,” 지질학회지, 31(2), 116-124.

이대성·류기주·김광호, 1983, “추가령곡의 지구구조해석,” 지질학회지, 19(1), 19-38.

이동영, 1999, “한탄강 일대의 지질과 구석기 유적지의 지층 특성,” 한국의 제4기학 연구, 452-453, 고이동영박사추모집간행위원회.

이민부·김남신, 2002, “Hough 변환과 음영기복을 이용한 추가령 구조곡의 선형구조 분석,” 지질학회지, 38(4), 457-469.

이민부·김남신·양철수, 한 욱, 2001a, “추가령 구조곡의 하계망의 방향성과 프랙탈 차원 해석,” 지질학회지, 37(4), 597-609.

- 이민부·김남신·한균형, 2001b, "GIS Database 구축을 위한 지형요소의 지도화," *대한지리학회지*, 36(2), 81-92.
- 이민부·박지훈·이광률, 2006, "추가령 열곡 연천 고호소 퇴적물 분석: 화분 분석을 중심으로," *한국지형학회지*, 13(2), 13-22.
- 이민부·이광률, 2002, "추가령 구조곡의 하안단구 노두 분석: 철원 울리리 독서당천을 중심으로," *한국지형학회지*, 9(2), 83-93.
- 이민부·이광률, 2003a, "추가령 구조곡의 하안단구 지형 분석," *한국지형학회지*, 10(2), 157-173.
- 이민부·이광률, 2003b, "추가령 구조곡 차탄천 상류와 독서당천의 고지형 분석," *한국지형학회지*, 10(3), 345-358.
- 이민부·이광률, 2004, "추가령 구조곡 차탄천 하류 현무암층 하부 점토층 분석," *한국지형학회지*, 11(3), 97-111.
- 이민부·이광률, 2013, "추가령 열곡 내 전곡 현무암층 하부 고하성층 노두 층서 분석," *한국지형학회지*, 20(3), 55-63.
- 이민부·이광률·김남신, 2004a, "추가령 구조곡의 지역지형학," *한국지역지리학회 하계학술대회 발표집*, 22-23.
- 이민부·이광률·김남신, 2004b, "추가령 열곡의 철원-평강 용암대지 형성에 따른 하계망 혼란과 재편성," *대한지리학회지*, 39(6), 833-844.
- 이민부·이광률·김남신, 2005a, "추가령 열곡 내 포천 이동 선상지의 지형 형태 분석," *한국지형학회지*, 12(2), 1-10.
- 이민부·이광률·김남신, 2005b, "추가령 열곡 영평천 하류 단구지형의 형성과정," *대한지리학회지*, 40(6), 716-729.
- 이민부·이광률·김남신, 2007, "추가령 열곡 연천 고호소층의 퇴적물 기원지 분석," *대한지리학회지*, 42(1), 15-26.
- 이민부·이광률·윤순옥·한주엽, 2001c, "추가령 열곡 대광리 단층대의 구조 운동과 지형 발달," *지질학회지*, 37(2), 257-268.
- 이민부·이광률·윤순옥·황상일·최한성, 2001d, "추가령 열곡 대광리 단층대에 분포하는 합류 선상지의 퇴적환경 분석," *지질학회지*, 37(3), 345-364.
- 이민부·전중환, 2005, "楸哥嶺 지명에 관한 지형학 및 역사지리적 해석," *문화역사지리*, 17(1), 47-65.
- 이민부·최한성, 2003, "추가령 구조곡의 철원 울리리 퇴적층 분석," *한국지형학회지*, 10(1), 19-32.
- 이민부·한주엽·김창환, 2012, "철원군 승일교 인근의 화강암 지형 경관," *한국지형학회지*, 19(4), 27-37.
- 이선복, 2005, "임진강 유역 용암대지의 형성에 대한 신자료," *한국지형학회지*, 12(3), 29-48.
- 이선복, 2010, "임진강 유역 용암대지의 방사성탄소연대와 구석기 연구의 문제," *한국구석기학보*, 22, 3-20.
- 이순용·김훈기·강용진·서원명·최부현·최유진·이태규, 2003, *고등학교 한국지리, 법문사*.
- 이운수·민경덕·황재하, 2001, "고지자기학적 관점에서 본 추가령단층곡의 생성과 진화," *자원환경지질*, 34(6), 555-571.
- 이지호·이영택, 1972, *국토와 지도, 보진재*.
- 이형호·한 옥·김동진·김두일, 1992, "철원일대 추가령 구조곡의 지질 및 지형분석," *한국지구과학회지*, 13(2), 136-144.
- 정장호, 1984, *한국지지 지방편 II, 강원(자연환경과 자연재해, 지형편), 건설부·국립지리원*.
- 정광욱, 2005, "용암대지 개석곡 형태 분석-차탄천을 사례로," *한국교원대학교 대학원 석사학위논문*.
- 조선과학백과사전출판사, 2003, *조선향토백과, 11권 강원편, 평화문제연구소*.
- 한국지질자원연구원 편, 2012, *활성단층지도 및 지진위험 지도 제작, 소방방재청*.
- Hunt, C.B., 1975, *Death Valley: Geology, Ecology, Archaeology*, University of California Press.
- Lee, M.B, Han, U., Yang, C.S., Kin, N.S., and Han, J.Y., 2000, "Geomorphologic Responses to the Tectonic Activity in the Chugaryung Rift Valley, Central Korea," *Geosciences Journal*, 4(special ed.), 93-96.
- Niemi, T.M., Ben-Avraham, Z., and Gat J.R., 1997, *The Dead Sea: the Lake and Its Setting*, Oxford University Press.
- Quennell, A.M. ed., 1982, *Rift Valleys: Afro-Arabian*, Huchinson Ross Company.
- 木野崎, 1937, "조선의 제4기 화산에 관하여," *조선박물관회지*, 22, 3-8.
- 小藤文次郎, 1903, "An Orographic Sketch of Korea," *Jour. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo*, 19, Art. 1.

이민부 · 이광률

교신: 이광률, 41566, 대구광역시 북구 대학로 80, 경북대학교 사범대학 지리교육과(이메일: georiver@knu.ac.kr)
Correspondence: Gwang-Ryul Lee, Department of Geography Education, Teachers College, Kyungpook National University, 80 Daehakro, Buk-gu, Daegu, 41566, Korea (e-mail: georiver@knu.ac.kr)

최초투고일 2016. 7. 26

수정일 2016. 8. 18

최종접수일 2016. 8. 21