

편마암과 한국의 지형발달

강 대 군

고려대학교 지리교육과

(2015년 2월 28일 접수, 2015년 3월 23일 수정, 2015년 3월 24일 승인)

Gneiss and landform processes in South Korea

Tay-Gyoon, KANG

Department of Geography Education, Korea University

(Manuscript Received 28 February 2015; Revised 23 March 2015; Accepted 24 March 2015)

Abstract : This study is to describe geomorphological landscapes of Southern Korea relating with it's environment based on gneiss field survey and literature synthesis. This work is to review the gneiss landforms studies by Korean geographers. It is verified that geomorphological characteristics of gneiss present landscapes characterized by 1) in case of mountains, are difficultly and regularly weathered, so as to develop earthy forms; 2) in case of stream valley that is massif highland, high relief with colluvium.

Korean peninsula have endured erodible geomorphological processes since Miocene when warping it up. Therefore many intermontane basins are located on the crossing tecto-lineament line areas which are surrounded by mountains composed of much less Precambrian gneiss complex. In fact, intermontane basin is mainly linear fault-line valley.

All these facts owing to generalized superficial weathering and soil forming attitudes, vegetation on gneiss mountains and hills is dense. These features are related to predominance of mass-movement(mainly creep) over irregular topsoil and play an important role in maintaining slope regularity and ecological stability. Landscapes are sum of landform relating with rock weathering mode and soil, climate, water, vegetation, human activity.

Key Words : gneiss, earthy forms, warping up, tecto-lineament line, stability

주요어 : 편마암, 흙산, 요곡용기, 구조선, 안정도

I. 서론

한반도에는 편마암이 넓게 분포한다. 전 국토의 약 70%가 산지인 한반도에서 편마암에 대한 이해는 필수적이다. 소위 백두대간의 중추를 이루는 오대산,

태백산, 소백산, 덕유산, 지리산 등지는 편마암으로 이루어졌다. 이들 편마암 산지는 암석경관이 수려한 화강암과 달리 흙산(土山)을 이루며 '사람을 살리는 산'이라 불린다. 한반도의 편마암 산지에는 다양한 지형경관이 발달하며 지형 및 지질 학습장으로 활용

될 수 있다. 특히 지리산은 탁월한 편마암을 기반으로 발달한 웅장한 산세를 자랑한다.

한반도의 기반암은 선캄브리아기의 변성퇴적암인 편마암이다. 중생대에 격심한 지각변동을 경험한 한반도는 신생대 제3기 마이오세 요곡용기에 의해 동고서저의 경동지형을 이루게 되었다. 경동지형은 구조선(lineament)을 따라 오늘날에 이르기까지 오랜 침식에 의해 하곡이 형성되고 그 사이는 산지로 남아 있다. 산지는 암석의 다양성에도 불구하고 봉우리 중심의 convex한 산정부(山頂部), 직선사면이 탁월한 산복부(山腹部), 구릉지로 이행되어 가는 concave한 산록부(山麓部)로 나눌 수 있다. 편마암 산지의 봉우리와 봉우리를 잇는 분수계는 거의 비슷한 높이(峰高同一性)로 이어진다. 분수계인 산정부에서 범람원까지 이어지는 능선도 22° 내외 경사로 직선상이다. 편마암 산지는 돌산(石山)이나 심층풍화층이 발달한 화강암과 달리 일부 봉우리를 제외한 전체 사면이 0.5-2m 두께 풍화층과 토양으로 덮여 있는 흙산(土山)이다. 풍화산물은 실트나 점토와 같은 미립물질이 상대적으로 많다.

편마암 산지의 노두에서는 절리밀도에 따라 기반암과 풍화층의 경계면이 뚜렷하게 구별되거나 기반암에서 작은 암석이 쪼개져 나오면서 양자가 서로 접이하는 것을 관찰할 수 있다. 기반암은 풍화층이 제거된 자리에 매우 단단한 상태로 드러난다. 참나무류가 우점하는 편마암 산지는 전체적으로 부드러운 인상을 풍긴다. 18세기 화가 김윤겸의 ‘지리전도(智異全圖)’는 편마암 산지의 포근함과 온화함, 부드러움을 겸재 정선과 같이 진경산수(眞景山水)로 그려낸 수작이다.

편마암 지대를 구성하고 있는 산지와 하곡, 구릉지, 사력퇴의 지형형성과정과 전반적 특성에 관한 연구는 1990년대 중반 이후 많아졌다. 이들 연구는 산지와 하곡, 구릉지의 노두관찰을 통해 기반암과 풍화층, 퇴적물의 특성을 고찰하고 이를 모재로 발달한 토양의 생성과정을 추적하는 내용이다.

본 연구는 문헌분석과 현지답사를 중심으로 진행되었다. 기존에 발간된 연구업적에 대한 검토와 편마

암 지대에 대한 현장답사는 2012년 9월부터 2015년 1월 사이에 실시되었다. 항공사진과 지형도를 이용하여 산지와 하곡, 구릉지, 사력퇴의 분포를 확인하고 지형 분류를 실시한 다음 현지조사를 수행하였다. 답사에서는 지형발달에 미친 지질의 영향을 파악하고 지형형성작용과 토양생성작용의 관계를 조사·분석하였다. 더불어 지형형성작용과 토양생성작용에 미친 기후와 식생의 영향을 살펴보았다. 문헌을 통해 파악하기 어려운 지형과 노두의 관찰, 인터뷰, 실측, 관찰 등도 병행하였다.

본 연구를 진행하는 데는 지형도와 항공사진도 많이 이용하였다. 축척과 발행연도를 달리하는 각종 지형도와 축척 1:25,000의 토지이용현황도, 정밀토양도 및 항공사진은 현지조사의 내용을 체계적으로 정리하는 과정에서 매우 유용하다. 1917년 측도된 1:50,000 지형도는 과거의 지형을 복원하는데 필요하다. 한국 지질자원연구원에서 발행한 1:250,000 지질도는 편마암의 암석학적 특성을 분석하여 지형발달에 끼친 영향을 파악하는 데 유용하였다.

편마암 지대에서는 지질과 지형, 토양, 수문, 식생 등 자연환경에 대한 연구를 수행할 때 산지 조사가 먼저 요구된다. 숲이 우거진 산지의 분포 면적이 구릉지와 평야보다 넓기 때문이다. 구릉지와 평야는 지역주민의 생활환경일 뿐만 아니라 농업적 토지이용의 주무대이다. 따라서 편마암과 지형발달의 관계를 밝히면 주민의 생활환경과 토지이용, 특히 농업과 임업적 토지이용을 오늘날의 변화하는 실정에 적합하게 활용할 방안을 마련하는 데이터베이스가 될 것이 분명하다.

한국의 지형학은 근대 지리학이 도입된 이후 다른 지리 분야와 함께 많은 성과를 이루어냈다. 지형학계가 이룩한 20세기의 주요 업적은 지형학 개론서에 정리되어 실렸다. 2000년 이후 논저는 NDSL, 즉 국가과학기술정보센터 사이트를 통해 검색하고 주요 학회지와 석, 박사 학위논문에서 발췌하였다(Oh, 1996; Son, 2000; Park, 2012). 본 연구의 목적은 편마암 지대의 암석과 지형, 즉 산지와 구릉지, 하곡, 사력퇴 발달의 관계와 분포 양상, 토양과 식생에 대하여 고찰하

는 것이다. 연구결과가 중등학교 교육과정 개발에 활용되는 부수적 효과도 거둘 수 있다.

II. 한반도 지체구조와 편마암

지형경관은 개괄적으로 구조지형학적 관점에서 이해하는 안목이 필요하다. 한반도 지체구조의 전반적인 특징의 하나는 크고 작은 산지와 골짜기가 북동-남서 방향으로 배열되어 있다는 점이다. 북동-남서 방향의 산지는 이와 다른 방향의 단층과 절리, 구조선에 의해 끊기는 경우도 많지만 완전히 해체되지 않은 채 방향성을 유지하면서 지형의 전체적인 윤곽을 그려나간다.



Figure 1. Geological map of Korea.

Korea consists of various rocks, which are Archaean-Proterozoic metamorphic to Cenozoic basalt. Precambrian massifs are composed of unclassified gneiss complexes. Citation for The National Atlas of Korea(2009) and author's adaptation.

고기습곡산지의 가장자리에 위치한 한반도는 역사적으로 화산활동이 활발하지 않고 지진의 피해도 적었다. 이는 지반이 비교적 안정하다는 의미이다. 분포하는 암석의 거의 절반이 고생대 이전의 선캄브리아기에 속한 변성암인 점도 그러하다. 이들 변성암은 퇴적암 기원의 것이 많으며 여러 육괴를 구성한다. 육괴(陸塊; massif)는 약 6억 년 전에 시작된 고생대 이후 계속 육지로 노출되어 오랜 기간 퇴적물이 쌓이지 않고 풍화와 침식만 받아온 한반도 지각의 골격이다.

한반도는 지체구조상 낭림육괴, 평안분지, 경기육괴, 옥천대, 영남육괴, 경상분지로 이루어졌다. 낭림육괴와 영남육괴는 북중국판과 함께 적도 부근에서, 경기육괴는 남중국판과 함께 남반구에서 북상하다가 서로 충돌하여 라오둥 방향과 중국 방향 구조선이 만들어졌다. 이때 낭림육괴와 영남육괴 사이로 경기육괴가 끼어드는 과정에서 해저 퇴적분지(평안분지, 태백산분지)가 노출되고 습곡대(임진강대, 옥천대)가 형성됨으로써 한반도의 대체적 윤곽이 완성되었다(Geological Society of Korea, 1998).

한반도에서 산지와 하곡(河谷; river valley)은 연속적으로 일정한 방향성을 보이는 경향이 있다. 현재의 지형은 구조적 틀 위에서 발달한다. 이러한 구조지형을 경기도와 충청남도에서도 위성영상과 실생활을 통해 쉽게 관찰하고 접할 수 있다. 경기도와 충청남도에서는 북동-남서 방향으로 발달한 산줄기가 해안까지 이어진 모습이며 북동-남서 방향의 구조선과 북서-남동 방향의 구조선이 직각으로 교차하여 단열망(fracture grid)을 형성하였다. 21세기 들어 고속도로와 4차선 국도가 대규모 터널과 엄청난 위용의 교각을 가진 다리로 연결되어 국토계획 주관자가 마음먹은 대로 산지건 골짜기를 가로지르고 있다. 구조지형의 큰 틀을 벗어나기 위한 시도는 국가 재정을 좀먹는다. 비슷한 시기에 준공된 도로 공사 비용을 비교해보면 지형을 거스르며 시행되는 토목사업의 병폐를 금세 알 수 있다.

소위 침식분지와 구릉지의 경관에서도 구조적인 방향성, 즉 주향(strike)의 특성이 드러난다. 이러한 경

향은 암석의 분포와 무관하며 때로 지질경계선과 상관없이 진행된다. 이는 지각변동으로 생성된 단층이나 지질구조선이 지표면에 반영된 결과이다. 지각변동은 지표면에 여러 방향의 갈라진 틈(斷裂; fracture)을 만들어 풍화작용을 일으키는 수분이 드나들 수 있도록 유도한다. 지표로 드러난 지각의 주요 틈인 단열을 총칭하여 ‘지질구조선’ 또는 ‘구조선’이라 부른다. 구조선은 라오퐁 방향의 구조선, 중국 방향의 구조선과 같은 대규모 단층과 주절리를 한데 묶어 가리키기도 하고 확실한 증거를 제시하기는 어려워도 여러 가지 지형적 특징을 고려할 때 단층이 거의 확실시되는 추정 단열을 가리키기도 한다. 구조선이 가리키는 방향은 지각변동이 작용한 힘의 방향과 강도이다. 특정한 방향과 다른 방향의 힘이 가해지면 새로운 단열이 만들어지기도 하고 특정한 방향의 횡압력(compression)은 기존의 다른 방향의 단열에 장력(tension)으로 작용해서 잠재적으로 내재되어 있던 암석 내부의 균열(crack)이 가시화한다. 이러한 구조선은 외적 작용에 의해 변형되지 않을수록 예리하고 선명하다(Tricart, 1974).

송림변동, 대보조산운동과 같은 중생대의 격심한 지각변동 이후 침식을 받아 평탄화한 한반도는 신생대 제3기 마이오세(약 2,500만 년 전)에 동해 분지가 확대되고 요곡용기한 결과 동고서저의 경동지형을 이루게 되었다. 이때 작용한 침강-용기의 패턴은 한반도에 국한되지 않고 중국 동북부와 러시아 남부까지 걸친 광역적 지반운동이다(Shin and Hwang, 2014). 이러한 경동지형의 용기축, 즉 낭림산맥과 태백산맥이 가리키는 방향이 한국 방향의 구조선과 일치한다(Park and Son, 2005). 지형발달과 구조선의 관계는 여러 사례 연구를 통해서 밝혀졌다(Kim, 2005; Yang, 2007; Park and Son, 2008; Cho, 2009). 구조선은 산지와 골짜기의 방향성과 하천의 유로 형성, 변동 심지어 용식(溶蝕; corrosion)이 주요 발달 원인이라고 알려져 돌리네, 우발라와 같은 카르스트 지형의 발달을 유도하고 있다(Park, 2011).

한반도 중남부의 변성암류는 광주산맥, 차령산맥과 관련된 경기변성암복합체와 소백산맥을 구성하

는 소백산변성암복합체, 지리산변성암복합체로 나눌 수 있다. 형성시기가 오래된 이들 복합체는 화강암화작용과 여러 번의 변성작용을 받아 암상의 변화가 대단히 심하고 형성과정도 불분명한 점이 많다(Na, 1979). 그래서 지층의 추적과 세분이 어려워 한데 묶어서 ‘복합체(complex)’라고 부르게 되었다. 경기변성암복합체는 호상편마암이 가장 많고 반상변질질 편마암·미그마타이트질 편마암 등이 우세하며 흑운모흑니석편암·결정질석회암·규암이 협재하는 경우가 있다. 특히 흑운모호상편마암은 석영과 정장석, 미사장석, 사장석으로 구성된 명대(leucosome)와 흑운모와 석류석, 규선석, 각섬석, 흑연, 불투명광물이 많은 암대(melasome)로 뚜렷이 구별되어 식별이 용이하다. 그러나 노두를 찾아보기가 어렵다. 지표에 드러난 노두가 장구한 세월동안 풍화와 침식에 의하여 제거되었기 때문이다. 다만 아파트단지과 대형 건물의 조경에 많이 활용되어 관찰하기는 쉽다. 편마암 가운데는 화강암화작용을 많이 받아 오히려 화강암과 같은 풍화성향을 보이는 것도 있다.

이와 같이 편마암은 구성광물, 이론적인 형성과정, 화학조성, 원물질에 근거해 다양하게 분류할 수 있다. 정편마암은 화성암이 변성작용 받은 것이고 준편마암은 퇴적암의 변성작용에 의해 형성된 것이다. 안구상편마암은 암석 내에 산포된, 짧고 도톰한 눈(eye; 독일어 Augen) 모양을 닮은 장석과 석영을 함유하고 있다. 편마암은 점성이 크고 부분적으로 결정화한 마그마의 유동에 의해 형성되기도 한다. 일부 편마암은 화성 기원의 화강암 특성을 지닌 화강암질암으로 점이된다. 이것이 지표에 이상하리만큼 광범위하게 분포하는 화강암체가 화강암화 작용을 받은 것이라고 생각하는 주요 요인이다.

III. 편마암의 풍화특성, 표층풍화

구조지형학적인 관점의 산지 형상과 배열을 인식한 바탕에서 유수에 의한 일반적 지형 연구 관점을 부가하여 살펴보기 위해서는 풍화작용을 알아야 한

다. 지각변동에 의해 발달한 지질구조선이 지형발달을 주도하면 이제 암석의 풍화 성향과 유수와 같은 외적 작용은 지역성을 부각시키거나 경관을 다듬어 나가고 순화시켜 나아간다. 지형발달에서 암석에 따른 차별침식은 풍화와 관련되어 있다. 지형은 암석을 기반으로 진행되는 절리와 단층의 밀도, 풍화의 양상, 지형형성기구의 개입 등이 이루어지면서 변화한다.

풍화는 지표의 암석이 제자리에서 물리, 화학적 변화를 겪어 쇄설물로 쪼개지는 과정이다(Ollier, 1965). 지하 깊은 곳 고온, 고압의 환경 하에서 생성된 암석은 지표 환경에 적응하는 과정에서 지각변동, 암석의 특성, 기후 환경을 반영하는 양상이 다르기 때문에 장소마다 각기 다른 풍화층과 토양이 발달한다. 기온이 높고 강수량이 많으면 화학적 풍화가 우세하다. 함철규암을 가지고 있는 편암류는 Mg, Fe 성분에서 산화철이 생성되어 풍화층과 토양을 적색으로 물들인다. 한편 물리적 작용으로 인한 풍화가 활발하면 엽상구조가 나타나는 암석을 쉽게 볼 수 있다. 겨울에 눈이 쌓이고 북서계절풍이 지나가는 자리는 눈이 얼음으로 변하고 해동기에도 천천히 녹기 때문에 식생과 토양이 없더라도 습포효과를 발휘할 수가 있다. 이로 인해 암석의 틈새에서 수분의 결빙·융해가 반복되므로 엽상구조가 생성된다.

암석은 풍화와 침식에 대한 저항력이 다르다. 이러한 풍화 성향 차이는 암석별로 다양한 지형발달을 유도한다. 변성암인 편마암은 지표에 노출되더라도 화강암과 달리 판상절리와 박리가 발달하지 않고 풍화층의 깊이가 0.5-2m 범위로 얕은데다가 미지형이 발달하지 않는 특징을 보인다. 뿐만 아니라 입상붕괴가 일어나지 않고 세일에서 기원하므로 풍화산물에 점토 비율이 높아 이질토가 발달한다. 사면에서 빗물에 의한 지표유출(overland flow)이 편마암 유역에서 화강암 유역보다 더 낮고 유수에 의한 직접유출량이 더 적은 것도 이러한 특성 때문이다.

화강암은 지표의 기복에 따라 풍화층의 두께가 심한 차이를 보이는 반면에 편마암은 구릉지에서 1-5m, 산지에서 0.5-3m 등 일정한 두께까지 풍화가 빨리 진행되는 것이 보통이다(Kim, 2005). 그리고 풍화

전선이 뚜렷한 화강암과 달리 편마암은 풍화전선이라 할 만한 선이나 면의 설정이 곤란하므로 풍화전선대(weathering front zone)로 이해하는 것이 더 타당하다(Thomas, 1994). 화강암질 편마암도 암석학적 분류에서 변성암에 속하지만 풍화 양상과 지형경관이 화강암의 특성을 지닌다(Cho, 2002).

편마암은 평행하고 약간 불규칙한 띠를 갖는다. 편마암의 띠로 표현되는 편마구조는 광물이 서로 다른 비율로 존재하기 때문에 생긴다. 유색(어두운 색)과 무색(밝은 색) 광물이 변성작용을 받아 서로 분리되어 있기 때문에 밝고 어두운 색의 띠가 서로 교호하며 나타나고 그 편마구조를 따라 잘 쪼개지지 않는 경향이 있다.

광물조성은 원암의 화학조성, 변성작용의 온도와 압력, 화학성분의 첨가와 손실 등의 복잡한 상호작용의 결과이다. 편마암의 띠는 지표면에 거의 평행하게 배열되거나 지표면과 어긋나 경사진 상태로 나타나기도 한다. 이러한 배열은 암석이 형성되는 동안 작용한 지배적인 응력에 의한 것이라고 해석되지만 암석이 변성작용을 받기 전에 원래 있던 것일 수도 있다. 이에 반해서 편암은 평행하거나 거의 평행한 기하학적 방향으로 배열된 판상광물들로 구성되어 있어 띠를 따라 잘 쪼개지는 암석으로 띠가 뚜렷하지 않다.

일반적으로 편마암은 여러 방향의 지질구조선이 지나가더라도 기반암의 풍화가 깊게 진행되지 못하여 거대한 산지를 이루며 산지의 해체도 빨리 진전되지 않는 특성을 보인다. 편마암 산지의 사면은 두께 0.5-2m 정도의 풍화물 및 토양이 덮여 있으나 그 이상의 깊이로는 풍화가 진전되지 않는 경향을 보인다. 이는 편마암이 지표의 지화학적 풍화 작용에 약한 염기성 광물의 함량 및 수평층리와 연계된 절리 밀도가 높은 편이어서 쉽게 풍화되지만 구성광물 입자 대부분이 지표면과 평행하게 배열되어 중력 방향으로 수분 침투가 어렵기 때문이다.

석영질(felsic)과 유색물질(mafic)이 교대되는 편마암은 풍화에 강한 석영질이 장방형 암편(flake)이나 암설로, 풍화에 약한 유색광물은 미립물질로 부수어

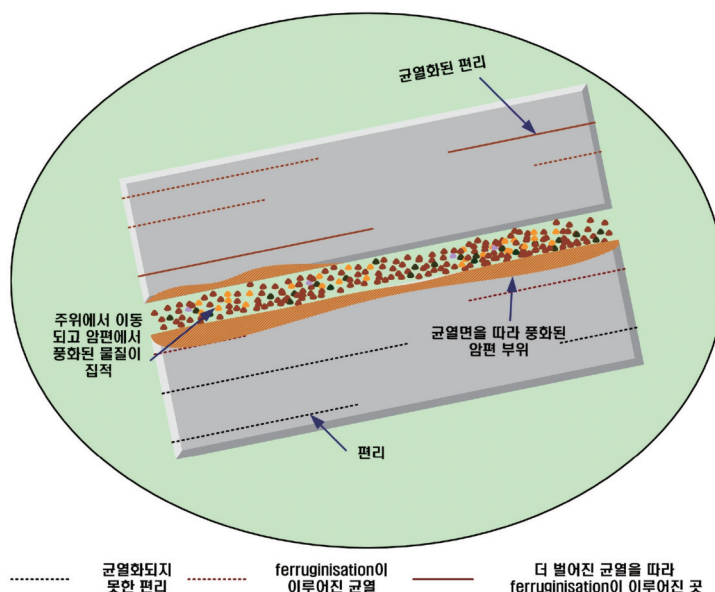


Figure 2. Weathering process of gneiss.

Weathering is progressing at ferruginised cracks which accumulate decomposed products derived minerals. Citation for Kim, Y.R.(2005)

진다(Kim, 2005). 편마암에서 석영질은 띠 모양의 암편 배열로 남아 있으며, 풍화에 약한 편리들은 변해간다. 화강암과 달리 석영과 정장석이 입상붕괴 패턴을 나타내지 않는다. 이러한 특성으로 인해 편마암 풍화층은 실트 및 세사로 이루어진 미립물질에 암편이 끼어 있는 양상을 보인다. 편마구조가 풍화 방향과 평행할 경우 암석의 풍화가 빠르게, 수직이면 풍화가 더디게 진행된다(Oh, 1989).

편마암에는 유색광물의 풍화산물이 쌓인 균열이 육안으로 관찰되기도 한다. 균열이 발달되지 않는 화강암 유역의 유출이 $0.2l/s/km^2$ 인 반면 편마암 유역에서 $4\sim 10l/s/km^2$ 의 유출이 풍화층 하부의 미립물질을 부유하중 및 용해하중으로 이동시키는 원인이다(Tanaka *et al.*, 2003). 그러나 편마암의 풍화층 상부에서는 미립물질과 조립물질이 뒤섞여 있어 균열을 따라 이루어지는 물질이동이 원활하지 못하여 풍화층이 깊어질 수 없다. 이 점이 편마암 유역의 파이핑(piping; 伏流) 현상과 표층풍화가 일어나는 배경이다. 열대 지방의 염기성 암석(mafic rock)은 점토광물 함량이 60%에 달하지만 화강암은 10% 미만이다(Thomas, 1994).

IV. 편마암 지대의 지형경관

한반도 남부의 태백산맥과 소백산맥 주능선에 인접한 대하천의 중·상류 구간에는 소위 ‘침식분지’라 소개되는 지형이 널리 나타난다. 화강암의 침식분지를 예워싼 주변 산지는 편마암으로 이루어졌다고 중등학교 교과서에 곧잘 소개된다. 대표적으로 춘천, 원주, 제천, 충주, 예산, 가조(거창군) 등지는 주변 산지가 편마암으로 이루어졌다. 침식분지는 위성영상에서 구조선을 따라 방향성을 지닌 채 마치 원형탈모증이 걸린 환자의 두피처럼 밝게 드러난다. 이들은 편마암 지대에 관입한 화강암 암주(stock)가 차별침식으로 일찍 낮아진 지형이다. 이러한 지형은 대체로 주변산지가 변성암이나 퇴적암으로 구성되었고 산지로 둘러싸인 평지는 심층풍화를 받은 화강암이다. 화강암이 기반암 내부에 관입한 다음 지표에 드러나는 과정에서 풍화와 침식을 일찍 받아 낮아진 것이다. 차별침식은 화강암과 변성퇴적암류의 풍화와 침식에 대한 상대적인 저항력에 의해 일어난다.

같은 암석이라도 절리밀도와 공극률, 광물 조성,

기후 조건에 따라 풍화 양상이 달라져 지형과 사면 발달 정도에 차이를 나타낸다(Sparks, 1975). 서울-원산 간 추가령구조곡을 따라 분포하는 화강암 저반에는 돛과 같은 암석산지가 발달하였다. 반면에 저반 양쪽에는 편마암 구릉지가 폭넓게 분포한다(Choi, 2006). 앞에서 언급한 침식분지와 비교하면 기복이 역전된 지형경관이다.

서울 서북부 고양시는 경기변성암복합체로 불리는 편마암류가 북한산, 도봉산, 수락산 등지 화강암 산지에 비해서 훨씬 낮은 기복의 구릉지를 이루고 있다. 화강암과 편마암으로 이루어진 지대의 일반적인 지형 경관과 상반되는 기복의 역전이 나타나 흥미롭다. 화강암 지대에서는 북한산이 최고 800m가 넘는 산체를 이루고 편마암 지대는 100m 내외의 구릉지가 폭넓게 발달하였다. 화강암의 암봉과 암괴로 이루어진 북한산에 대하여 편마암 구릉지가 5-7m의 비교적 두터운 풍화층을 이루고 있는 것이다. 표층풍화보다 다소 깊은 심층풍화가 편마암 지대에서 매우 이례적으로 일어난 것은 한반도 서부가 오랜 기간 약한 강도의 지진이 빈발하였기 때문으로 보인다. 편마암이 지표에 노출되기 이전에 지하에서 구조선을 따라 올라온 지열수 작용을 받은 것으로 해석하였다(Choi, 2006). 또한 1차광물 점토가 화학적 풍화로 생성되는 2차광물 점토보다 높은 비중을 차지하는 점으로 보아 빙기를 거치면서 동결·융해작용에 의한 서릿발 작용도 겪었다. 이곳은 중국 방향 구조선 사이에 남아 있는 광주산맥 말단으로서 암석별로 지형발달 양상도 서로 달라서 화강암 산체는 북북동-남남서 방향으로 뻗어 있고 편마암 구릉지는 북동-남서, 남-북, 동-서 방향의 골짜기를 따라 개석되었다.

경기도 고양시 대자동 벽제지하차도 근처 세원산 남서쪽 구릉지 해발고도 약 40m인 노두의 단면은 표층, 풍화층, 흑운모 편마암으로 이루어져 있다. 표층은 약 2m의 토양이고 풍화층은 절리 밀도가 높고 반쯤 파쇄된 암석이 2~3m의 두께로 나타난다(Choi, 2006). 풍화전선의 깊이가 일정하게 지표와 평행을 유지하고 있음을 알 수 있다. 이는 사면 발달과 풍화 작용이 거의 비슷한 속도로 이루어지기 때문이다. 풍

화층의 생성과 삭박에 의한 제거가 서로 동적 평형을 이루고 있는 셈이다.

편마암은 풍화층이 두껍게 발달하지 않고 표면에 얇고 고르게 토양층이 덮여 있어서 산지와 구릉지의 사면이 대체로 22°의 각도를 이루는 산정에서 산록까지 직선상의 사면을 형성한다. 그래서 풍화산물이 사면 경사를 따라 중력방향으로 이동하는 매스무브먼트가 활발하며 이에 의한 퇴적층인 녹설층(麓層; colluvium)도 곳곳에서 관찰된다. 서울 강남구 우면산에서 2011년 7월 발생한 산사태는 지표유출에 의한 우세(rain wash), 토양수 포화로 인한 단위면적당 토양 중량의 증가 등이 원인이었다. 우면산의 기반암인 호상편마암과 같은 편마암류는 일단 산사태가 발생하게 되면 피해가 증가한다. 물론 산사태 발생 3일 전부터 강우가 시작되었고 1일 전 누적 강우량은 208.5mm, 산사태 유출 기간(7월 27일 06:00-09:00) 동안의 우량이 14.0-49.5mm/hr여서 최대 강우강도를 보인 시간과 산사태 발생 시기가 일치한 점도 작용하였다.

화강암 암주를 이어주는 하천은 상대적으로 넓고 흰하게 트인 분지바닥(basin floor)에 쌓인 층적층을 흐를 때 느리지만 분지와 분지 사이의 좁고 가파르며 구불구불한 골짜기를 지날 때는 유속이 빠르다. 상, 하류 분지 사이의 고도차가 상당하기 때문이다(Son, 2008). 하천이 편마암 골짜기를 구불거리며 흐르는 것은 격자망 구조선을 따라 유도되었기 때문이다. 현지에서 답사를 하다보면 자동차도로도 골짜기를 따라 굽이친다.

침식분지로 소개되는 곳은 대부분 지질구조선이 교차하는 골짜기여서 하천이 합류하거나 관류하고 따라서 자동차도로도 사방으로 나 있다. 그러므로 관공서와 가게가 입지하고 도시로서 중심지 구실을 수행한다. 폐쇄적이고 고립적 어감을 지닌 '분지'는 이러한 지형을 설명하는 학술용어로 적합하지 않다(Kang, 2011). 도시는 분지가 아니라 흰하게 트인 골짜기에 자리하고 도로는 구조선을 따라 유도된 하천을 끼고 건설된다. 하천이 흐르는 골짜기인 하곡은 산지나 구릉지의 사면, 산록이나 산각(spur) 또는 곡

벽(valley wall), 하상과 범람원, 하도, 하안단구 등 여러 하부 지형의 조합으로 이루어졌다.

강원도 양구의 해안분지(punch bowl)와 함께 전형적인 분지는 경상남도 초계·적중분지이다. 초계·적중분지는 동서 방향 지름이 8km, 남북 방향 지름이 5km인 타원형의 거대하고 오목한 접시를 닮았다. 주변산지의 최고점은 해발 662m이고 최저점은 유역 분지 물이 배수되는 산내천과 24번 국도가 만나는 적중교로서 약 100m이다. 이곳은 주변산지와 분지바닥이 모두 경상누층군의 퇴적암으로 구성되었고 암밀도 조사와 중력탐사의 결과 파쇄대가 600m 깊이까지 광범하게 관측되어 운석 충돌의 가능성을 시사한다(Son, 2011).

산지가 평지로 낮아지는 과정인 것으로 보이는 산록대는 가조분지와 운봉목장의 경우처럼 완사면을 이루기도 하지만 구릉지를 형성하는 것이 보통이다. 이는 구조선에 의해 유도된 지표유출과 하천의 침식작용이 영향을 미친 결과이다. 산록부에 발달한 구릉지의 배열이 산지 및 골짜기의 발달 방향과 일치한다는 것은 이를 입증한다. 이러한 경향은 분류 하곡에서도 마찬가지이다. 다만 차수가 낮은 지류 하곡에서는 사면의 향(orientation)이 구조선보다 구릉지 형성에 더 중요하다. 구릉지는 산지가 지표유출과 하천의 침식작용에 의하여 단순하게 낮아지는 과정에 놓인 지형이 아니라 구조선이 유도하는 대로 산지가 해체되어 가는 도중의 지형임이 분명하다. 구릉지는 여러 방향의 지각변동에 의한 단열이 진행된 산물이기 때문이다. 단열작용은 일정한 패턴의 선구조, 하천쟁탈, 지열수 간섭, 빠른 풍화환경 제공, 암맥의 관입 등을 불러와 파랑상의 저기복을 보이는 구릉지의 발달을 유도한다(Kim, 2007).

편마암 유역에서는 곡류하는 산지하천의 특징을 보이는 사례와 단층선을 따라 발달한 직선상의 하천이 대비된다. 이들은 모두 하곡이 좁다. 이러한 협곡에서는 유수의 간섭을 직접적으로 받는 하도 인근에 절리를 따라 굴식반은 기반암의 절벽이 관찰된다. 하천이 산지를 바로 통과하기 때문에 하상퇴적물은 공급지와 거리가 가까워 입도가 큰 조립질이 많다. 각

력의 cobble 내지 pebble급 자갈이 절리밀도가 높은 편마암에서 기계적 풍화작용에 의해 활발하게 측방 공급물로 제공된 것이다. 편마암 산지를 관류하는 하천 연변에 사면에서 공급된 암괴와 암설이 사력퇴를 형성시켜 하천의 유로를 굽이치게 만드는 요인으로 작용한다(Cho, 2009). 이러한 사력퇴가 발달한 곳은 유속이 감소하는 포인트바(point bar)이며 경관이 수려하면 유원지로도 이용된다.

V. 편마암과 산림, 토지이용

편마암 산지와 구릉지는 풍화토이지만 염기가 풍부한 미립물질이 많아 토질이 비옥하고 수분이 안정된 환경이므로 낙엽활엽수림의 비중이 높다. 낙엽수림은 영양염이 풍부하고 습도가 안정된 장소에서 잘 자란다. 편마암 지대가 녹색담의 효과를 발휘하는 것은 이 때문이다. 편마암 지대를 흐르는 하천은 풍화층과 토양으로부터 안정적으로 물을 공급받아 전체 유량에 대한 평균 유량이 많으므로 이를 활용한 호수와 저수지, 소류지의 개수와 밀도가 화강암 지대에 비하여 우세하다. 집중호우시 물을 저장하고 있다가 평소에는 흘려보내는 편마암 지대가 수원인 한강은 대하천으로서는 드물게 하굿둑을 가지고 있지 않다. 이미 상류에 소양강댐과 충주댐을 건설하여 수자원을 넉넉하게 확보하였기 때문에 2천만 수도권 주민에게 안정적으로 생활용수를 공급하고 있다.

신갈나무, 떡갈나무, 상수리나무, 굴참나무 등의 활엽수를 참나무(Quercus, 즉 '진짜 나무', '정말 좋은 나무'라 부르는 것은 이들이 도토리를 열매로 맺기 때문이다. 구석기인은 채집, 어로, 수렵을 통해 식량을 조달하였는데 채집의 주요 대상이 도토리였다. 가을에 도토리를 얼마나 확보하느냐는 그 해 겨울을 날 수 있는가의 바로미터였다. 심지어 달나라를 오가고 줄기세포를 연구하는 21세기에도 우리는 '묵'을 쑤어 먹는다. 참나무는 재질이 단단하고 잘 썩지 않기 때문에 수레바퀴 제작에 이용되었고 코르크를 제공하며 숯을 생산하는 주요 대상이었다. 참나무는 세계적

으로 6속 600여 종이 분포하는 참나무과(Fagaceae)에 속하는 상록 또는 낙엽교목(관목도 있음)이다. 그 중에서 한국의 산림에 분포하는 주요 우점종은 졸참나무, 갈참나무 등 6종으로 임목축적량의 약 27%를 차지하고 있다. 또한 심근성으로 환경 적응력이 뛰어나고 낙엽은 임지의 비옥화에 크게 기여하는 경제적이고 환경적인 가치가 높은 수종이다(Cho, 2014).

편마암 구릉지의 토지이용은 그 크기와 평면형태, 주변산지의 규모, 주변산지에서 발원하여 곡저(谷底; valley floor)로 흘러드는 지표유출 또는 하천의 영향, 선상지와 완사면의 크기, 충적지 발달 정도와 시대에 따라 변화하였다. 경기도 의왕시 백운산에서 백운저수지를 향하여 뻗어 있는 골짜기에는 산록부에 기복이 비교적 작은 완사면이 형성되었다(Kang, 2005). 이 완사면은 배후산지가 개석되면서 마련된 골짜기에 유수가 비교적 안정적으로 토사를 공급하여 퇴적층을 발달시킴으로써 형성된 것이다. 백운산의 서사면에 해당하는 이곳은 퇴적층 주변에 기반암인 편마암이 일정 깊이까지 토양층을 발달시키는 경향도 보인다. 이러한 퇴적층과 점토질이 풍부하게 함유된 토양은 보수력이 높다. 따라서 생태조건이 매우 안정된 까닭에 농경지로 개간되지 않은 곳에서는 능선부까지 낙엽활엽수가 밀도 높게 서식하고 있다. 생태적인 안정성은 소위 녹색담과 같은 효과를 보일 수 있다. 주변에서 집수된 지표수를 여과해 주는 필터의 기능을 수행하게 되면 이곳을 통해 흘러나가는 물이 맑고 깨끗하게 유지될 것이다. 그러므로 이러한 지형이 발달한 곳에서는 개발을 제한시켜 맑은 물의 보존과 자연환경의 안정성을 유지시켜야 한다.

편마암 지대의 토지 생산성은 이중환의 택리지에서도 읽을 수 있다. ‘나라 안에서 가장 기름진 땅은 전라도의 남원, 구례와 경상도 성주, 진주 등지 몇 곳이다. 경상 좌도는 땅이 메마르고 백성이 가난하나 경상 우도와 전라 좌도에 해당하는 지리산 자락은 모두 기름지다.’고 하였다. 특히 지리산은 난리 통에 ‘사람을 살리는 산’이었다. 품이 넉넉하고 비옥한데다가 남녘이어서 따뜻하고 강수량도 풍부하였다. 이순신 장군의 버팀목이었고 빨치산의 무대였다. 백두에서

시작된 지기가 응축된 보화이자 명당인 것이다. 오늘날에도 산 사나이들은 말한다. ‘산은 지리산이다.’

VI. 요약 및 결론

편마암 지대에서는 산지라 하더라도 암괴의 노출이 드물고 풍화층이 전 사면에 걸쳐 일정 두께로 발달하는 특징을 보인다. 층리와 절리면을 따라 땅속에서 쉽게 풍화가 이루어지는 한편 풍화가 일정한 깊이까지 진전되면 이때 생성된 많은 미립물질이 토양수의 침투를 막기 때문에 심층풍화는 일어나지 않는다. 지표 인근에만 풍화층이 발달하고 그 하부에는 기반암이 남아 있는 것이다. 이러한 편마암의 특성으로 인해 산지나 구릉지는 흙산(土山)의 모습을 나타낸다.

편마암 유역에서는 곡류하는 산지하천의 특징을 보이는 사례와 단층선을 따라 발달한 직선상의 하천이 대비된다. 이들은 지류는 물론 본류 하곡도 넓지 않아 화강암 유역의 하천 연변이 골짜기가 넓고 평평한 것과 대조적이다. 이러한 협곡에서는 유수의 간섭을 직접적으로 받는 하도 인근에 절리를 따라 굴식반은 기반암의 절벽이 관찰된다. 하천이 산지를 바로 통과하기 때문에 하상퇴적물은 사면과 지류로부터 공급된 대체로 어두운 계열의 다양한 암설과 미립물질이 섞여 있다. 공급지와 거리가 가까워 입도가 크고 각력의 cobble 내지 pebble급 자갈로 이루어진 사력퇴가 발달하는 것이다.

편마암 골짜기는 화강암의 그것에 비해 상대적으로 좁으며 표층풍화로 생성된 크고 작은 암설과 미립물질이 많은 범람원이 형성된다. 이러한 유역은 높은 녹색담 효과로 인해 홍수의 피해를 덜 입는다. 공업화, 도시화 과정에서 하천 유역의 범람원과 하도 인근까지 매우 밀집된 시가지가 들어서는 것이 최근의 현실이다. 넓은 범람원과 미기복의 구릉지가 발달하는 화강암 지대와 달리 상대적으로 좁은 골짜기와 불연속적 범람원이 나타나는 편마암 유역의 시가지 규모는 짧고 불연속적인 경향을 보인다.

서울의 기반암은 편마암과 화강암이다. 한강 이북

의 외곽은 편마암, 내부는 화강암으로 이루어졌다. 이 두 암석의 지질경계선은 대체로 한남동, 남산 북사면, 서소문, 북아현동을 지난다. 도봉산-인왕산 산체와 수락산-아차산 산체가 화강암으로 이루어졌다. 이 화강암을 제외한 한강 이북의 서대문구, 은평구 일대 넓은 구릉지는 모두 경기변성암복합체에 형성된 지형이다. 한강 이남은 관악산을 제외하고 모두 편마암 지대이다. 우면산, 청계산, 검단산, 광교산 등지는 경기변성암복합체의 산지이다.

편마암의 구릉지는 배후산지가 본류 하곡(river valley)에 의해 잘린 경사변환점을 중심으로 지류가 본류로 유입하는 구역을 따라 나타난다. 이러한 구릉지는 산지에서 분리된 convex형 독립 구릉을 이루며 그 장축이 하곡 방향과 나란하다. 배후산지와 마찬가지로 토산의 모습이나 그보다 매스무브먼트와 지표 유출(overland flow)의 영향을 덜 받은 풍화층이 두껍게 나타난다. 구릉지의 발달양상과 하상비고의 차이가 본류의 상류에서 하류까지 크지 않다. 이와 달리 화강암의 구릉지는 산록부의 완사면이 우곡(gully)과 연결되는 건곡(dry brook)에 의해 분리, 해체되어 가는 파랑상의 지형이다.

사 사

이 논문은 2012년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2012S1A5B5A07035300).

References

- Bates, R. L. and J. A. Jacson, 1987, *Glossary of Geology*, American Geological institute, Alexandria, Virginia.
- Chang, H., 1986, *Geomorphic Development of Intermontane Basins in Korea*, Unpublished Ph.D. thesis, University of Tsukuba, Tsukuba.
- Cho H., 2002, *Geomorphological Development of Akyang Basin in Southern Mts Giri (in Korean Peninsula)*, Unpublished master thesis, Korea National University of Education (in Korean).
- Cho, H., 2009, *Sand-gravel bars of mountainous rivers and their genetic association with geomorphological traits of drainage basin - Case study of some major rivers in South Korea -*, Unpublished Ph.D. thesis, Korea National University of Education (in Korean).
- Cho, K. T., 2014, *Effects of Elevated CO₂ Concentration and Temperature on the Growth and Ecological Niche of Three Oaks Species of Korea*, Unpublished Ph.D. thesis, the Kongju National University (in Korean).
- Choi, M. L., 2006, *Geomorphological investigation of the gneissic hilly area in north-western part of Seoul*, Unpublished master thesis, Korea National University of Education (in Korean).
- Geological Society of Korea, 1998, *Geology of Korea*, Sigma Press (in Korean).
- Godard, A., 1977, *Pays et Paysages du Granite: introduction a une geographie des domaines granitiques*, Presses Universitaires de France, Paris.
- Kang, S. Y., 1998, *Mountain Landforms of Mt. Chiri*, Unpublished master thesis, Korea National University of Education (in Korean).
- Kang, T. G., 2011, The studies of the granite landforms in South Korea, *Journal of the Korean Geomorphological Association*, 18(4), 1-15 (in Korean).
- Kang, T. G., 2005, The geology, landform, climate and environments on the Uiwang municipal city in the Central Gyeong-Gi Province, *Journal of the Korean Geomorphological Association*, 12(4), 1-11 (in Korean).
- Kim, J. Y. and C. H. Kim, 2012, A study on the bedrock erosional forms at Dutayeon, Yanggu, *Journal of the Korean geomorphological association*, 19(2), 31-49 (in Korean).
- Kim, M. K., 2008, An analysis of the Natural Ecological States of the Floor of Stream Valley in Otter Habitat Ecosystem and Landscape Conservation

- Area in Seomjin River in Korea, *Journal of the Korean geomorphological association*, 15(3), 61-76 (in Korean).
- Kim, M. S., J. K. Kim, D. Y. Yang, K. S. Jung, 2007, Application of Process-based Erosion Model in a Natural Small Watershed: A Case Study underlain by Gneiss, *Journal of the Korean geomorphological association*, 14(4), 107-116 (in Korean).
- Kim, Y. R., 2007, Properties of Local Loess of Small Basin in Charyong Ranges - Iljuk, Anseong City, Central Korea, *Journal of the Korean geomorphological association*, 14(2), 67-81 (in Korean).
- Kim, Y. R., 2005, *Weathering Characteristics of Granitic and Gneissic Rocks in Southern Korean Peninsula*, Unpublished Ph.D. thesis, Korea National University of Education (in Korean).
- Lee, G. R., 2014, Characteristics and classification of landform relieves on mountains and valleys with bedrock types, *Journal of the Korean Geomorphological Association*, 21(4), 1-17 (in Korean).
- Lee, G. R. and S. O. Yoon, 2004, Distribution Characteristics of the Incised Meander Cutoff in Gyeonggi and Gangwon Provinces, Central Korea, *Journal of the Korean Geographical Society*, 39(6), 845-862 (in Korean).
- Lim, H. T., 2010, Characteristics of Coastal Geomorphology of Whasung Peninsula (Middle-western Korean Peninsula), Unpublished master thesis, Korea National University of Education (in Korean).
- Lee, M. B. and N. S. Kim, 2007, A Study on the Correlation of the Lineament and Stream Networks in Miwon and Sokni, Chungbuk Province, Central Korea, *Journal of the Korean geomorphological association*, 14(1), 41-51 (in Korean).
- Na, K. C., 1979, Regional metamorphism in Gyeonggi massif with comparative studies between Yeoncheon and Okcheon metamorphic belts (II), *Journal of Geological Society of Korea*, 15, 67-88.
- Oh, G. S., G. D. Gi and H. J. Kim, 2002, Geomorphological Linear anomalies in the Eastern slope of Mts. Taebaek and costal zone of Yangyang-Sokcho Region, *Journal of the Korean Geomorphological Association*, 9(1), 61-69 (in Korean).
- Oh, G. S., 1996, Reflection and perspective of the geomorphology in Korea, *Journal of the Korean Geographical Society*, 31(2), 106-127 (in Korean).
- Oh, G. S., 1989, Origin of Banded Horizons in Sandy Deposits, *The Korean journal of quaternary research*, 3(1), 35-45 (in Korean).
- Ollier, C. D., 1965, Some features of granite weathering in Australia, *Zeit fur Geomorph.*, 9, 285-304.
- Park, C. W., 2006, A Critical Review of Arguments on Mountain Ranges in the Korean Peninsular, *Journal of the Korean geomorphological association*, 13(1), 35-58 (in Korean).
- Park, K., 2012, Development in Geomorphology and Soil Geography: Focusing on the Journal of the Korean Geomorphological Association, *Journal of the Korean Geographical Society*, 47(4), 474-489 (in Korean).
- Park, K. and C. H. Kim, 2012, A study on basin structures in Yanggu and Hwacheon and their application to Geotourism purposes, *Journal of the Korean geomorphological association*, 19(4), 97-108 (in Korean).
- Park, S. J. and I. Son, 2008, Discussions on the Distribution and Genesis of Mountain Ranges in the Korean Peninsular (III): Proposing a New Mountain Range Map, *Journal of the Korean Geographical Society*, 43(3), 276-295 (in Korean).
- Park, S. Y., 2011, Karst Studies in the Korean Geographical Society: Achievements for the

- Past Fifty Years, *Journal of the Korean Geomorphological Association*, 18(4), 127-140 (in Korean).
- Seo, J. C. and C. H. Kim, 2012, Geomorphological characteristics and its value of Gokungugok in Hwacheon, *Journal of the Korean geomorphological association*, 19(4), 1-12 (in Korean).
- Shin, J. Y. and S. I. Hwang, 2014, A Critical Review on Setting up the Concept, Timing and Mechanism of Tertiary Tilted Flexural Mode of the Korean Peninsula: A new hypothesis derived from plate tectonics, *Journal of the Korean Geographical Society*, 49(2), 200-220 (in Korean).
- Son, I., 2011, *Geography in Angle*, Purungil (in Korean).
- Son, I., 2008, A Study on the Morphometric Characteristics of Intermontane Basins in the Southern Part of Korean Peninsular, *Journal of the Korean geomorphological association*, 15(4), 17-28 (in Korean).
- Sparks, B. W., 1972, *Rocks and Relief*, Longman, London.
- Tak, H. M., S. H. Kim and I. Son, 2013, A Study on Distributions and Spatial Properties of Geomorphological Mountain Area, *Journal of the Korean Geographical Society*, 48(1), 1-18 (in Korean).
- Tanaka, Y., T. H. Kim and Y. Matsukura, 2000, Runoff characteristics in small mountains basins with granite and gneiss bedrocks, *Journal of the Korean Geographical Society*, 35(4), 641-647 (in Korean).
- Thomas, M. F., 1994, *Geomorphology in the Tropics*, John Wiley & Sons.
- Tricart, J., 1972, *Introduction to Climatic Geomorphology*, Lodon, Longman.
- Tricart, J., 1974, *Structural Geomorphology*, New York, Longman.
- Yang, J. H., 2007, *Morpho-tectonic Traits and Coastal Processes of Southern Coast in Korean Peninsula*, Unpublished Ph.D. thesis, Korea National University of Education (in Korean).
- Yeon, M. H., M. H. Suh, K. C. Yang, S. K. Choi and J. K. Shim, 2006, Distribution of Plant Communities of Mt. Jiri with its Geomorphological Variation, *Journal of the Korean geomorphological association*, 13(4), 57-67 (in Korean).
- Yim, Y. J. and T. Kira, 1975. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean peninsula(I), Distribution of some indices of thermal climate, *Japanese Journal of Ecology*, 25, 77-88 (in Korean).
- Yoon, S. O., M. J. Kim and S. I. Hwang, 2013, Pollen analysis of alpine wetlands on Mt. Jeombong in Gangwon-do, South Korea and climate change during the late Holocene, *Journal of the Korean geomorphological association*, 20(4), 101-115 (in Korean).