

강원도 영동·영서 하천의 하안단구 지형 발달* - 내린천, 연곡천, 골지천, 오십천을 사례로

윤순옥** · 황상일*** · 이광률****

Geomorphic Evolution of Fluvial Terraces at Yeongdong · Yeongseo Streams in Gangwon Province, Korea*

Soon-Ock Yoon**, Sangill Hwang***, Gwang-Ryul Lee****

요약 : 강원도의 내린천, 연곡천, 골지천, 오십천을 대상으로 영동 및 영서 하천의 하안단구 발달 과정을 지구조적인 측면에서 분석하였다. 하안단구 분포 패턴과 하천 하각 속도를 분석, 검토한 결과, 4개 하천 중 오십천 상류의 하안단구 4면, 5면, 6면에서는 태백산맥을 축으로 한 지반 융기의 영향이 뚜렷이 확인되었다. 태백산맥 분수계가 융기축이라면 영서하천 상류부 폭 30~40km 구간이 융기대에 해당된다. 융기대 내부에 위치하는 내린천의 중·상류와 골지천 유역 전체는 하천 전 구간에서 융기작용이 활발하여, 상·하류 간의 융기량에 따른 하상비고 차이는 나타나지 않는다. 하안단구 2면~1면 사이와 1면~현재까지의 하각 속도는 두 시기의 기후 조건 차이로, 각각 0.13~0.22m/ka, 0.17~0.27m/ka로 다르게 나타났다. 하안단구 1면 형성 이후부터 현재까지 영서 하천에 비해 영동 하천의 하각 속도가 다소 높다. 이는 하천 대부분 구간이 융기대에 포함되는 영서 하천에 비하여, 영동 하천은 하구가 최종적인 침식기준면인 해수면이므로 하각작용이 보다 활발했기 때문이다.

주요어 : 하안단구, 태백산맥, 융기대, 하각 속도, 하상비고, 하안단구 종단 분포

Abstract : This study interprets evolution of fluvial terraces along the four Yeongdong- and Yeongseo streams such as Naerin River, Yeongok River, Golji River and Osip River, in Gangwon Province based on the tectonics. The results from the analyses of the distribution pattern of fluvial terraces and incision rates of rivers show distinctively the evidence as the axis of uplift by Taebaek Mountains, especially on the 4th, 5th and 6th terraces in upper reach of Osip River among the four streams. The axis of uplift extends to the zone of 30~40km in width as well as the divide. The difference of uplift between upper and middle reaches of Naerin River and total reach of Golji River wasn't found from the height from riverbed by the active uplifting along all reaches, estimated to be set in inner area of uplift zone. Incision rate of period between formation age of 2nd terrace and 1st terrace is calculated 0.13~0.22m/ka, and incision rate of period between formation age of 1st terrace and present is diversely calculated 0.17~0.27m/ka by the climatic discrepancy between the two periods. The incision rate of Yeongdong streams whose mouths reach to the sea level

* 이 연구는 2003년도 경희대학교 개교 55주년 기념 학술진흥 특별연구비 지원 결과임.

** 경희대학교 지리학과 교수(Professor, Department of Geography, Kyung-Hee University), soyoon@khu.ac.kr

*** 경북대학교 지리학과 부교수(Associate Professor, Department of Geography, Kyungpook National University), hwangsi@knu.ac.kr

**** 경북대학교 지리교육과 전임강사(Full-time Lecturer, Department of Geography Education, Kyungpook National University), georiver@knu.ac.kr

eroded actively more than Yeongseo streams in the uplift zone. And Yeongdong streams between formation age of 1th terrace and present appears to much higher than that of Yeongseo streams, due to active down-cutting in order to balance against the sea level.

Key Words : fluvial terrace, Taebaek Mountains, uplift zone, incision rate, height from riverbed, longitudinal pattern of river terrace

1. 서론

하안단구(fluvial terrace)는 현재보다 고도가 높은 곳을 흐른 고하천(paleo-channel)에 의해 형성된 과거의 범람원이다(Ritter *et al.*, 1995). 따라서 하안단구는 하천의 침식 및 퇴적작용의 변화를 이끄는 지구조적인 활동, 기후 변화 그리고 기타 환경 변화에 대한 정보를 가지고 있다(Goudie, 2004).

우리나라에서 하안단구에 대한 연구는 1980년대 후반부터 남한강과 낙동강 상류를 시작으로 활발하게 진행되어 왔다. 하안단구를 주제로 한 박사 학위 논문들로, 임창주(1989)는 남한강 상류에서 하안단구가 지반의 용기로 감입곡류의 활주사면에 비대칭적으로 나타난다고 분포 특징을 밝혔고, 박희두(1989)는 남한강의 충주, 제천, 영월 분지의 상위 단구면의 하부 풍화 역층이 M/R 간빙기, 상부 퇴적층은 R/W 간빙기에 퇴적된 것으로 편년하였다. 손명원(1993)은 낙동강 상류에 분포하는 하안단구의 성인에 대해 태백산지의 지반운동과 제4기 기후변화가 복합적으로 작용하였다고 보았다. 송언근(1993)은 남한강과 낙동강 상류의 하안단구 H1면은 지반용기로, H2, M, L1, L2면은 빙기와 간빙기의 교대에 따른 하천의 침식·퇴적 양식의 차이에 의해 형성된 것으로 판단하고, 특히 C면은 곡류절단으로 발생한 천이점 이동으로 형성되었다고 보았다. 1990년대 후반에 와서, 이의한(1998)은 금강 하류의 충적단구는 최후 간빙기 중기에 해수면 변동에 의하여, 미호천 유역의 충적단구는 최후빙기 기후변화로 형성되었다고 하였다. 이광률(2003)은 북한강 유역분지에 분포하는 하안단구는 선행 유로를 계승한 생육곡류하천에 의한 것이며, 단층대와 비단층대 구간에서는 서로 다른 유로 변화의 과정을 거쳤다고 하였다.

최근 외국의 하안단구 연구는 주제 및 방법에 따라

몇 가지로 분류되는데, 먼저, 연대자료를 기초로 한 하안단구 퇴적층의 층서 및 제4기 기후변화와 관련한 유로 변화 과정에 대한 연구로서, Herget(2000)은 독일 Lippe강 하곡의 퇴적층 횡단면 자료의 시계열적 분석을 통해 유로 변화의 양상과 원인을 설명하였다. Chiverrell *et al.*(2001)은 영국 Man섬 북부의 4개 하천에서 하천 지형 분류와 연대측정 자료를 이용하여 유로 변화 과정을 설명하였다.

다음은 퇴적층의 암석 및 광물 분석을 토대로 한 하안단구 형성시기 및 발달과정에 대한 해석으로, Woodward *et al.*(1994)은 그리스 Voidomatis 분지의 하안단구에서 퇴적물의 입도, 탄산칼슘, 유기물, 대자율, 수산화철을 측정하였고, McIntosh and Whitton(1996)은 뉴질랜드 남섬의 Waimea 평원에서 퇴적물의 입도와 pH를 분석하여 퇴적층의 연대와 풍화 특성 사이의 관계를 설명하였다. Engel *et al.*(1996)은 미국의 Susquehanna강의 하안단구에서 토양 발달, 점토 함량, 토색, 원소 구성비 등을 분석하여, 하안단구의 형성 시기를 추정하였으며, Seidl *et al.*(1997)은 하와이 Kauai에서 우주기원 동위원소 분석을 통해 하천 하상의 변화과정을 추정하였다. Vidic and Lobnik(1997)은 슬로베니아 Ljubljana 분지의 빙하성 단구에서 시간과 토양 발달 사이의 관계를 분석하였다. Oguchi(2000, 2001)는 일본 중앙부의 Nasuno-ga-hara에서 테프라 연대 추정된 4단의 하안단구 역층의 안산암 자갈에 발달한 풍화테를 다양한 물리·화학적 방법을 통해 분석하여, 시간에 따른 풍화테의 발달과정을 밝혔다.

하안단구의 분포와 연대 추정을 통한 하천의 하각 및 지반 용기 등의 지구조 운동에 대한 연구로서, Righter(1997)는 멕시코 Atenguillo강에서 하안단구 퇴적물의 연대측정을 통하여, 하천의 하각 속도를 계산

하고 지구조 운동에 의한 하천의 발달과정에 대해 설명하였다. Benito *et al.*(1998)은 스페인의 Gállego강 단구의 발달을 기후변화, 하곡의 매적과 침강에 의한 과정으로 파악하였다. Zhang(1998)은 티벳 Tsangpo 강의 유로 및 하곡의 형태와 하안단구의 특성을 단층 작용과 관련하여 설명하였고, Holbrook and Schumm(1999)는 하천 종단면에서 구조운동에 의한 용기와 단층 작용이 유로에 미치는 영향을 밝혔다. Reneau(2000)는 뉴멕시코 Frijoles Canyon에서 하천의 하각과 단구의 형성과정과의 관련성을, Hsieh and Knuepfer(2001)는 대만 Erhjen강에서 기반암 하도의 하각 속도를 계산하고, 그 원인을 기후변화로 설명하였다.

하안단구의 형성과정은 용기, 침강, 단층 등의 구조 운동과 신생대 제4기 동안 빙기와 간빙기의 반복에 의한 기후 변화에 기인한다. 일반적으로, 우리나라 대하천의 중·상류에 해당하는 산간 지역 하안단구 퇴적층은 산지의 식생 피복이 불량하고 기계적 풍화가 활발하여, 하곡으로의 암설 공급이 충분한 빙기에 형성되었고, 대하천 하류부의 총적평야에 발달한 하안단구 퇴적층은 간빙기의 해수면 상승에 따라 침식기준면의 상승으로 퇴적된 것으로 해석하고 있다(조화룡, 1987; 권혁재, 2001; 장 호 외, 2001). 즉, 우리나라의 하안단구는 주로 기후 변화에 의한 영향이 지배적인 기후단구로서 해석되어 왔으며, 지구조적 활동에 따른 구조단구로서의 하안단구 형성과정에 대한 해석은 드물다.

본 연구에서는 지구조적인 측면에서 하안단구의 특성을 분석하였다. 기반암의 차이, 단층선의 유무, 용기 축으로 언급되는 태백산맥과의 관계 등을 중심으로 하안단구의 분포 유형과 특성을 살펴보았다. 그리고 하안단구의 하상비고 차이를 이용하여 하각 속도를 계산하여, 현재와 하안단구 형성 시에 각 하천의 하각 속도와 태백산맥의 용기량과의 관계를 종합적으로 검토하였다. 결과적으로, 지구조적인 측면에서 하안단구의 발달 과정을 조사하여 영동 및 영서하천간의 차이를 밝히고자 한다.

이를 위해 본 연구 목적에 적합한 강원도 지역의 4개 하천을 선정하였다. 1:37,500 축척의 항공사진과 1:25,000, 1:5,000 지형도를 판독하고, 야외조사를 통

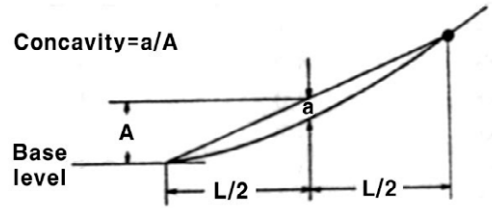


그림 1. 하도 종단면의 요형도 측정

해 하안단구면을 분류하였으며, 이를 수치지도상에 도화하여, 평면적인 하안단구 분포도를 작성하였다. 그리고 4개 하천의 하상 종단 경사와 그림 1과 같이 요형도(concavity)를 계산하여, 하천 종단면의 형태를 파악하였다. 동일 단구면 내에서 가장 높은 고도인 각 하안단구면의 해발고도와 하천의 하상 고도를 지형도상에서 측정하고 각 단구면의 고도차를 계산하여, 각 하천의 종단면을 따라 하안단구 고도 분포도와 하상비고 분포도를 작성하였다. 하천의 하각 속도는 아래와 같은 식으로 계산하였으며, 가장 최근에 형성된 하안단구 1면 이후 현재까지의 하천 하각 속도는 현 하천의 수위가 가장 높이 상승할 때 형성된 범람원의 높이를 이후 시기 하안단구의 높이로 판단하였다. 본 연구 지역과 같은 산지 하천의 하안단구는 일반적으로 빙기에 형성되는 것으로 추정되고 있으므로, 하안단구의 형성 시기는 빙기에 해당하는 MIS(Marine Isotope Oxygen Stage)의 말기 시점을 적용하였다.

$$\text{하각 속도} = (T2h - T1h) / (T2t - T1t)$$

(T2: 윗단(이전 시기)의 단구, T1: 아랫단(이후 시기)의 단구, h: 높이(m), t: 시간(ka))

2. 지역 개관

우리나라 중부지방의 하천은 태백산맥을 분수계로 하여 동쪽과 서쪽으로 흐르는 영동하천과 영서하천으로 구분된다. 본 연구의 대상 하천은 태백산맥을 분수계로 삼으면서 동서로 각각 흐르며, 서로 대칭에 가까운 형상을 띠는 영동 및 영서 하천인, 연곡천과 내린천

상류 그리고 오십천과 골지천이다(그림 2).

연구지역의 태백산맥 분수계에는 북에서 남으로 점봉산(1,424m), 응복산(1,360m), 노인봉(1,338m), 황병산(1,407m), 고루포기산(1,238m), 청옥산(1,403m), 두타산(1,353m), 옥백산(1,234m)으로 높은 고도의 산지 봉우리들이 직선상으로 이어지고 있다. 이 분수계는 일반적으로 손명원(1996)에 의해 태백산맥의 용기축으로 언급된 바 있으나, 이와 유사하게 태백산맥 일대 산정부 고위평탄면의 하한에 해당되는 약 1,200m 이상의 고도를 이루는 태백 산지 동·서쪽의 봉우리들을 남북으로 연결해보면, 태백산맥 분수계 뿐 아니라 서

쪽으로 30~40km의 폭을 가지고 넓게 대상으로 펼쳐진다(그림 2).

내린천과 연곡천은 응복산, 두루봉, 오대산, 노인봉, 황병산 일대의 오대산 산지를 분수계로 하여 태백산맥의 서쪽과 동쪽 산록에 위치하고 있다. 내린천은 전체 길이 72,988m로, 강원도 홍천군 내면의 명개리에서 발원하여 서류 및 북서류하여 흐르다가 인제군 인제읍 함강리에서 소양강에 합류된다. 연구 대상 구간은 내린천에서도 태백산맥에서 멀어지며 서류하는 구간인 상류의 명개리에서 미산리까지이다. 연곡천은 강릉시 연곡면 삼산리 진고개에서 발원하여 북동류 및 동류하

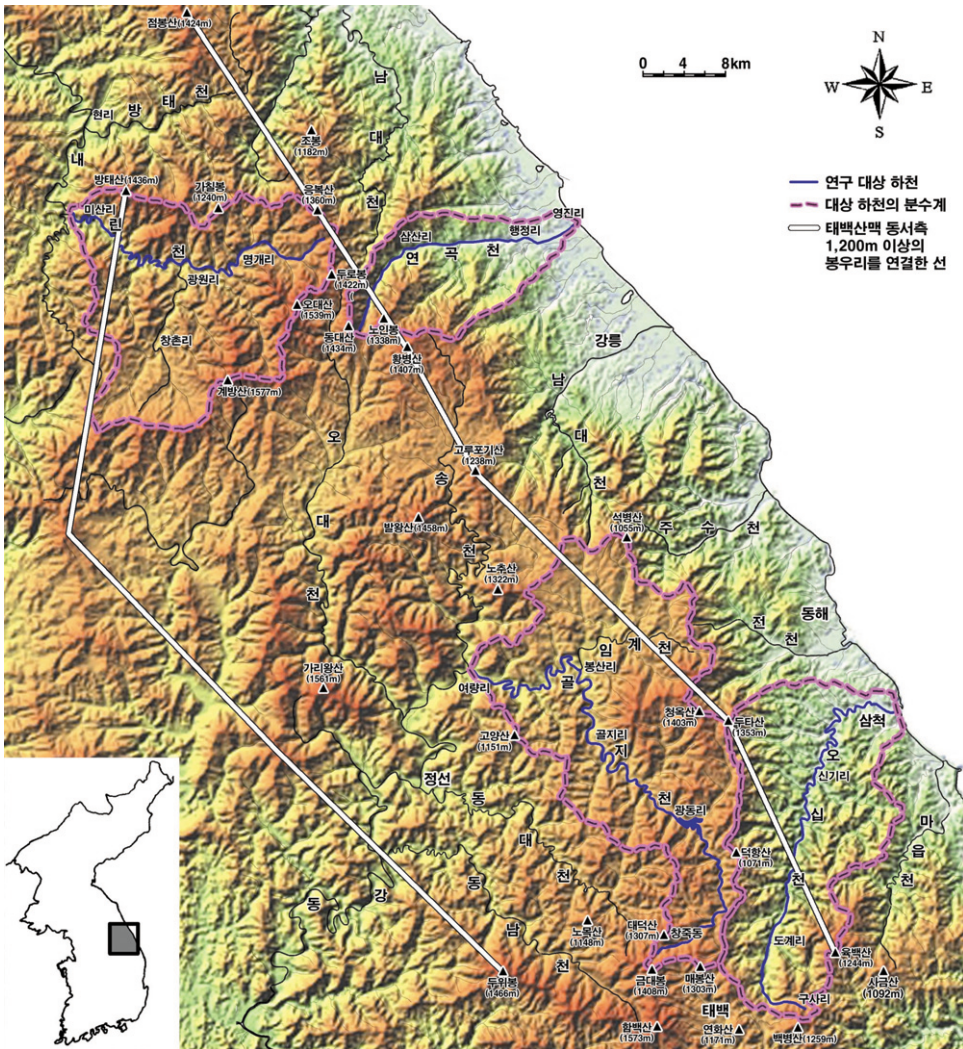


그림 2. 연구 지역의 지형

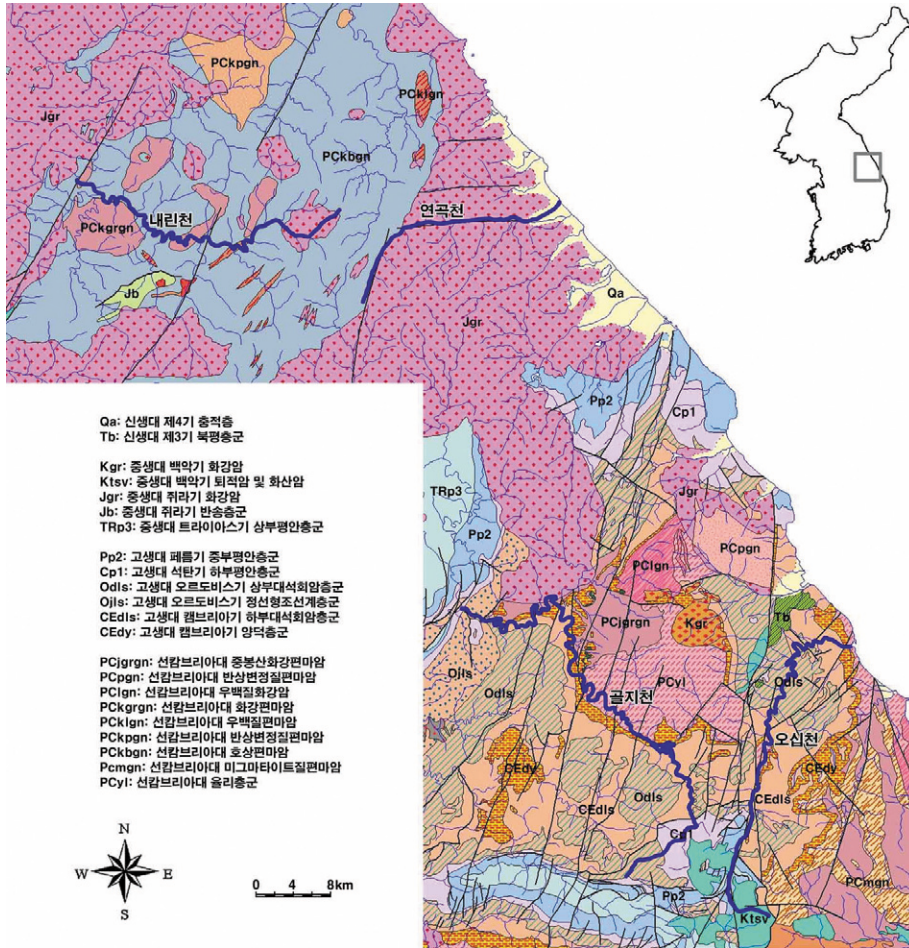


그림 3. 연구 지역의 지질 (한국자원연구원 1:250,000 지질도 편집)

여 흐르다가 영진리에서 동해에 유입된다.

골지천과 오십천은 금대봉, 매봉산, 덕향산, 두타산 등 태백시 일대의 산지를 분수계로 하여 각각 북서, 북동 방향으로 흐르며 태백산맥을 기준으로 거의 대칭을 이루고 있다. 골지천은 한강의 발원지로 언급되는 태백시 창죽동 검룡소 부근에서 발원하여 북류, 북서류, 서류하여 정선군 북면 여량리에서 송천과 합류하여 동강으로 명명된다. 오십천은 삼척시 도계읍 구사리에서 발원하여 북북동류 및 동류하여 오분동에서 동해에 유입된다.

따라서 영서하천인 내린천과 골지천은 영동하천인 연곡천과 오십천에 비해 상대적으로 유로의 길이가 길고 유역면적도 넓다. 또한 내린천은 북한강의 최상류

이고, 골지천은 남한강의 최상류라는 점에서, 하구가 바다와 접한 영동하천과는 구별된다. 즉, 본 연구 대상이 되는 내린천 상류의 하상은 해발고도 300~700m, 골지천의 하상은 350~750m로서, 높은 해발고도에 분포하는 대하천 상류의 산지하천이지만, 연곡천과 오십천은 해발고도 0~400m에 위치하고 있다.

내린천은 대보화강암으로 이루어진 명개리 일대의 최상류를 제외하면, 대부분의 구간은 선캄브리아대 호상편마암과 화강편마암 지역을 흐르고 있다(그림 3). 내린천 유역분지에는 북동-남서 방향의 단층선들이 지나는데, 연구 지역에서 내린천은 곡류를 심하게 하며 단층선을 가로질러 흐르고 있어, 하도의 발달에 단층선이 미치는 영향은 거의 없는 것으로 판단된다.

연곡천은 상류에서 선캄브리아대 호상편마암과 중생대 대보화강암의 경계를 이루는 북북동-남남서 방향의 단층선을 따라 흐르다가 중류부터는 대보화강암의 내부에 존재하는 동-서 방향의 단층선을 따라 흐른다. 연곡천은 오십천과 함께 단층선의 영향이 지배적이지만, 오십천과는 달리, 곡류의 정도는 가장 미약하다.

골지천의 상류는 대체로 고생대 석회암으로 이루어져 있으며, 중류는 주로 편암으로 이루어진 선캄브리아대 울리층군과 세일로 이루어진 고생대 양덕층군이 반복적으로 나타나며, 하류에서는 선캄브리아대 화강편마암, 고생대 퇴적암과 석회암, 중생대 대보화강암 지역이 매우 복잡하게 분포하고 있다. 골지천 유역분지에는 몇 열의 북북동-남남서 방향의 단층선이 지나고 있으나, 하천의 하도는 내린천과 마찬가지로 곡류를 심하게 하며 단층선을 가로질러 흐르고 있다.

오십천은 상류에서 고생대 및 중생대의 퇴적암 및 화산암류로 이루어진 지역을 지나고, 중류와 하류에서는 고생대 석회암 및 퇴적암 지역을 흐른다. 상류와 중류 구간에서는 북북동-남남서 방향의 단층선을 따라 흐르지만, 하도의 형태는 상대적으로 곡류가 심한 편이다.

구조선과의 관계에서 볼 때 영동하천들이 대체로 단층선을 따라 흐르는 적중하천인데 비해 영서하천들은 단층선을 횡단하는 경향이 있다.

3. 하천 및 하안단구의 분포 특징

1) 하천의 특징

하안단구의 분포 및 하천의 발달과정을 설명하기 위해, 먼저 각 하천의 길이, 유역면적, 경사, 요형도 등을 분석하였다. 내린천은 길이 43.996km, 유역 면적 401.03km²이다. 평균 하상 경사는 0.475°로서, 동일한 영서하천인 골지천에 비해 다소 급하지만, 영동하천인 연곡천, 오십천 등과 비교하면 매우 완만하다(표 1). 요형도는 0.117로 4개 하천 중 가장 낮아, 하천 종단면이 가장 직선에 가깝다. 이는 53km 지점의 경사급변점에 의한 결과로 볼 수 있다(그림 4).

내린천의 하상은 선캄브리아대 호상편마암과 화강편마암이 반복적으로 나타나고 있기 때문에, 53km의 경사급변점은 암석의 저항력 차이에 의해 형성된 것으로 보기 어려우며, 하류의 하천 수리적인 영향이나 곡류절단 등에 의한 변화로 인해 낮아진 하상고도가 상류 쪽의 하상 고도에도 영향을 미치면서 두부침식의 과정을 통해 형성된 것으로 판단된다.

골지천은 길이 75.751km, 유역 면적은 542.94km²로서 조사 대상 하천 중 규모가 가장 큰 하천이다. 평균 하상 경사는 0.303°로서, 4개 하천 중 경사가 가장 완만하며, 요형도는 0.188로, 내린천보다는 다소 높지만, 영동하천에 비해서는 매우 낮은 편이다(표 1). 내린천과 같은 경사급변점이 존재하지 않기 때문에, 골지천의 하상 종단면은 매우 완만하며 굴곡이 없는 직선에 가까운 형태를 나타낸다(그림 4). 골지천은 하구부 27~40km인 일부 구간에서 구조선을 따라 적중하천으로 흐르기도 하지만 내린천과 유사하게 북북동-남남서 주향의 단층선을 횡단하며 대체로 북서류한다.

영동 하천인 연곡천은 길이 27,575m, 유역 면적 173.59km²이다. 태백산맥에서 발원하여 동해로 유입되기 때문에, 하상 경사가 1,008°로, 영서 하천에 비해 상당히 급하다. 하천의 상류는 경사가 특히 급하지만, 하류로 갈수록 완만해져서, 요형도는 0.723으로 4개 하천 중 가장 높다(표 1).

오십천은 길이 48,819m, 유역 면적 390.77km²이다. 하상 경사가 1.287°로 4개 하천 중 가장 급하며, 요형도는 0.693으로 매우 높은 편이다(표 1). 또한 오십천은 연곡천보다 하상 종단면이 보다 매끄럽다는 점에서, 4개 하천 중 평형 상태에 가장 가까운 하천으로 볼 수 있다. 오십천은 대체로 단층선을 따라 흐르지만, 하류로 갈수록 곡류가 심해지면서 곡류작용에 의한 측방침식으로 활주사면이 넓게 나타나며, 곡류절단에 의한 단구면의 형성도 활발하다.

2) 하안단구의 분포 특징

하천의 유로에서 나타나는 하안단구의 평면적 분포와 각 하안단구의 하상비고를 기준으로 한 종단면 분포 특성은 다음과 같다.

표 1. 연구 하천의 종단면 특성과 구간별 하안단구의 하상비고

		영서 하천			영동 하천	
하천명		내린천			연곡천	
하천 길이(km)		44.00			27.58	
유역 면적(km ²)		401.03			173.59	
하상 경사(°)		0.475			1.008	
요형도		0.117			0.723	
하안단구면의 개수		7단 (1~7면)			3단 (1~3면)	
하안단구 최고고도 하상비고의 중간값 (범위) (m)	구간 (거리)	상류 (75km)	중류 (60km)	하류 (45km)	상류 (22km)	중류 (12km)
	1면	9.5 (9~11)	11 (10~12)	13 (12~13)	14 (11~14)	12 (8~13)
	2면	16 (15~16)	17 (15~19)	19 (18~20)	19 (19~20)	19.5 (19~20)
	3면	23	25	28	28	28
	4면	40	38	-	-	-
하천명		골지천			오십천	
하천 길이(km)		75.75			48.82	
유역 면적(km ²)		542.94			390.77	
하상 경사(°)		0.303			1.287	
요형도		0.188			0.693	
하안단구면의 개수		11단 (1~10면, 15면)			8단 (1~6, 8, 9면)	
하안단구 최고고도 하상비고의 중간값 (범위) (m)	구간 (거리)	상류 (50km)	중류 (30km)	하류 (10km)	상류 (40km)	중류 (20km)
	1면	8 (7~10)	11 (9~15)	14 (12~16)	10 (9~12)	12 (11~13)
	2면	15 (13~16)	18 (17~19)	20	20 (18~23)	23
	3면	23	23	28	-	29
	4면	33	34	-	55	39

내린천에서는 가장 최근에 형성되어 하상비고가 낮은 하안단구 1면(T1)부터, 가장 오래된 하안단구 7면(T7)까지 총 7단의 하안단구가 확인되었다(그림 4, 6). 내린천은 감입곡류를 하고 있으며, 곡류부 활주사면을 중심으로 하안단구 1면이 잘 발달되어 있다(그림 6). 하안단구 1면을 제외한 다른 단구면들은 분포 밀도와 상류에서 하류로의 분포 연속성이 매우 낮고, 규모도 작은 편이다. 내린천 하안단구 최고고도 지점들의 하상비고는 상류에서 하류로 가면서 점차 증가하는데,

하구로부터 75km 지점 부근인 상류구간은 1면이 9~11m 범위에서 나타나며, 중간값은 9.5m이고, 2면은 15~16m 범위이며, 중간값은 16m, 3면은 23m, 4면은 40m의 하상비고를 가진다.

내린천에서는 하구로부터 42~46km 구간과 중·상류인 57~76km 구간에서 하안단구의 분포 밀도가 상대적으로 높아 대체로 2면 이상이 분포하고 있다. 한편, 48~57km 구간에서는 1면 1곳과 7~8면 사이의 곡류절단면 1곳에서만 하안단구면이 분포하고 있어 분포

밀도가 매우 낮은 편이다.

골지천에서는 모두 11면 이상 조사되어, 현재 우리나라에서 보고된 하천 중 가장 많은 단의 하안단구가 나타난다(그림 4, 7). 골지천은 곡류가 매우 심하며, 하곡은 깊지만 곡저부는 내린천에 비해 상대적으로 넓고 평탄하다. 이러한 곡류부 활주사면의 곡저에는 범람원이나 하안단구 1면이 넓게 발달되어 있다. 특히 골지천은 76개의 하안단구면 중 7개가 곡류절단에 의한 구유로로서, 곡류가 매우 활발하였음을 입증한다.

골지천 하안단구의 하상비고는 내린천과 마찬가지로 상류에서 하류로 갈수록 점차 증가하는 경향을 갖는다. 1면은 상류 구간인 하구로부터 50km 부근에서 7~10m의 범위에 중간값 8m로 나타나며, 중류 구간인 30km 부근에서는 9~15m 범위에 중간값 11m로, 하류 구간인 10km 부근에서는 12~16m 범위에 중간값 14m로 나타난다. 2면 역시, 중간값이 상류 15m, 중류 18m, 하류 20m로 점차 높아지며, 3면도 23m, 23m, 28m로 같은 경향을 보인다.

골지천은 전 구간에서 하안단구의 분포가 고른 편이지만, 광동댐이 위치한 56km부터 70km 사이의 최상류 구간에서는 1, 2면 등의 낮은 단구면들이 거의 발견되지 않는다. 반면, 곡류가 매우 활발하고 하곡의 폭이 어느 정도 넓은 10km, 30km, 50km 부근에서는 상대적으로 여러 단의 하안단구가 조밀하게 나타난다.

연곡천에는 1면에서 3면까지 총 3단의 하안단구가 나타난다(그림 5, 8). 연곡천은 단층선을 따라 흐르는 적중하천이기 때문에, 곡류가 심하지 않으며, 따라서 다른 하천에서처럼, 하안단구의 분포가 곡류부에 집중되어 나타나는 경향은 없다. 또한 연곡천에 직각으로 유입되는 산지 소하천들은 연곡천의 하곡과 하안단구면 상에 경사가 급한 소규모의 선상지를 다수 형성하고 있어, 하안단구의 면 분류와 고도 동정이 쉽지 않다. 하안단구는 상류로부터 연속성을 이루며 분포하지만, 하구로부터 9km 지점부터는 하안단구 없이 넓은 범람원만 발달되어 있으며, 8~5km 구간에서 42m(그림 8의 M3)와 25m(그림 8의 M2) 내외의 고도를 갖는 단구면들이 연속적으로 나타난다. 유등리, 행정리, 송림리 일대에 분포하는 이들 단구면들은 위치와 분포 특성으로 볼 때, 하천이 아닌 해수면과 파랑의 영향이

더 컸을 것으로 판단되어, 서로 다른 간빙기에 고해수면의 영향을 받아 형성된 해면변동단구이거나 해안단구일 가능성이 높다.

연곡천의 하안단구 하상비고의 중간값은 1면이 13m, 2면이 19m, 3면이 28m로서, 영서 하천에 비해 2~3m 정도 높게 나타난다. 하안단구는 1면은 상류 구간에서 11~14m 범위에 중간값이 14m로 나타나지만, 중류 구간은 8~13m 범위에서 중간값이 12m로, 상류에서 하류로 가면서 다소 낮아지는 경향이 있다. 그러나 2면은 상·하류 모두 19~20m 범위에 나타나고 있어 거의 차이가 없다.

오십천 대부분 지역은 석회암을 기반암으로 돌리네가 잘 발달하여, 규모가 큰 돌리네성 하안단구도 상당수 나타난다. 오십천의 하류부에서는 7단의 해면변동단구가 분포하고 있는데(윤순옥 외, 2002), 해면변동단구는 본 연구 대상으로 부적합하므로, 이를 제외하기 위해 최상류에서 하구로부터 16km 지점까지만 하안단구를 분류하여 해석하였다. 오십천의 상류와 중류에서는 1면에서 6면, 8면, 9면의 총 8단의 하안단구가 분류되었으며, 전체 56개의 하안단구면 중 곡류절단면이 5개, 돌리네성 단구가 10개이다.

오십천의 최상류인 마교리에서 흥전리까지의 구간에는 하천을 따라 하도 양안에 하안단구가 좁고 길게 연속적으로 분포하고 있으나, 그 보다 하류에서는 하안단구의 분포 밀도와 연속성이 매우 낮다가, 하정리부터 곡류부 활주사면과 산록 하단부를 중심으로 하안단구가 넓은 규모로 발달하고 있다(그림 5, 9). 하구로부터 거리 36~30km 지점인 마차리 일대는 하안단구의 분포가 매우 빈약하다.

오십천 하안단구 1면의 하상비고는 상류 구간이 9~12m의 범위에서 중간값은 10m로 나타나며, 중류 구간에서는 11~13m의 범위에서 중간값은 12m로서, 상류에서 하류쪽으로 갈수록 하상비고가 다소 높아지고 있다. 2면의 하상비고 중간값도 상류에서 20m, 중류에서 23m로, 중류에서 다소 높게 나타난다. 그러나 4면, 5면, 6면은 상류에서 중류로 가면서 하상비고가 급격하게 감소하는 것으로 확인된다(그림 5). 이는 최근에 형성된 하안단구보다는 오래된 단구일수록 태백산맥을 중심으로 한 지반용기의 영향이 보다 뚜렷하게 나

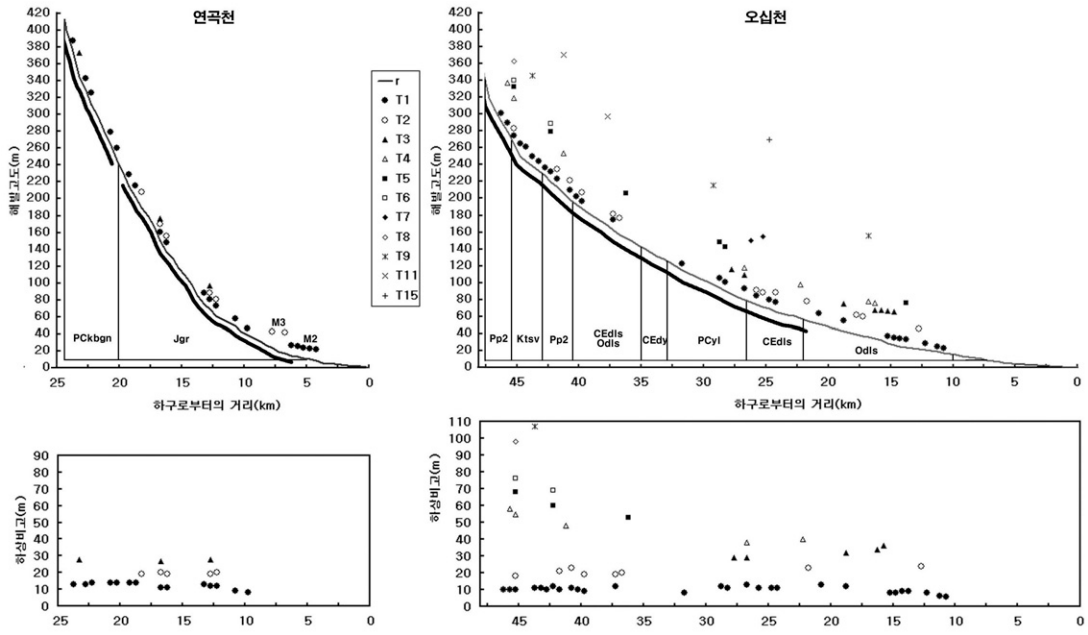


그림 5. 영동 하천의 하안단구 종단면과 하상비교

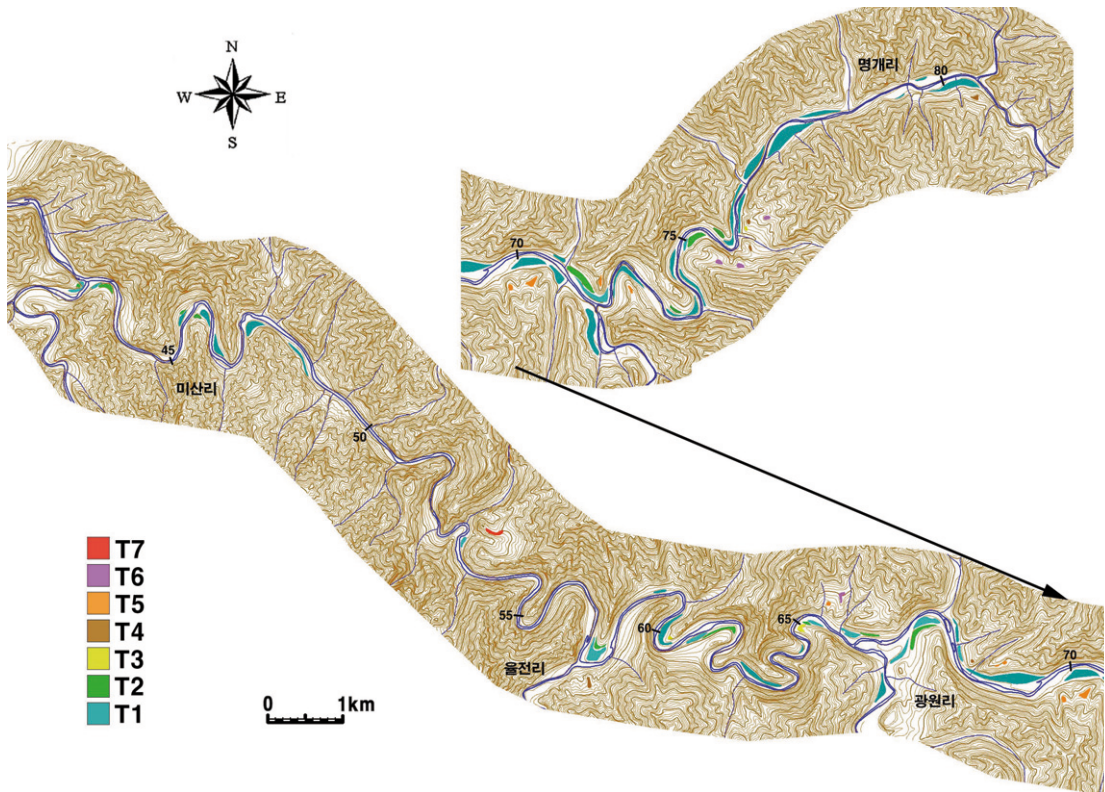


그림 6. 내린천의 하안단구 지형 분류도

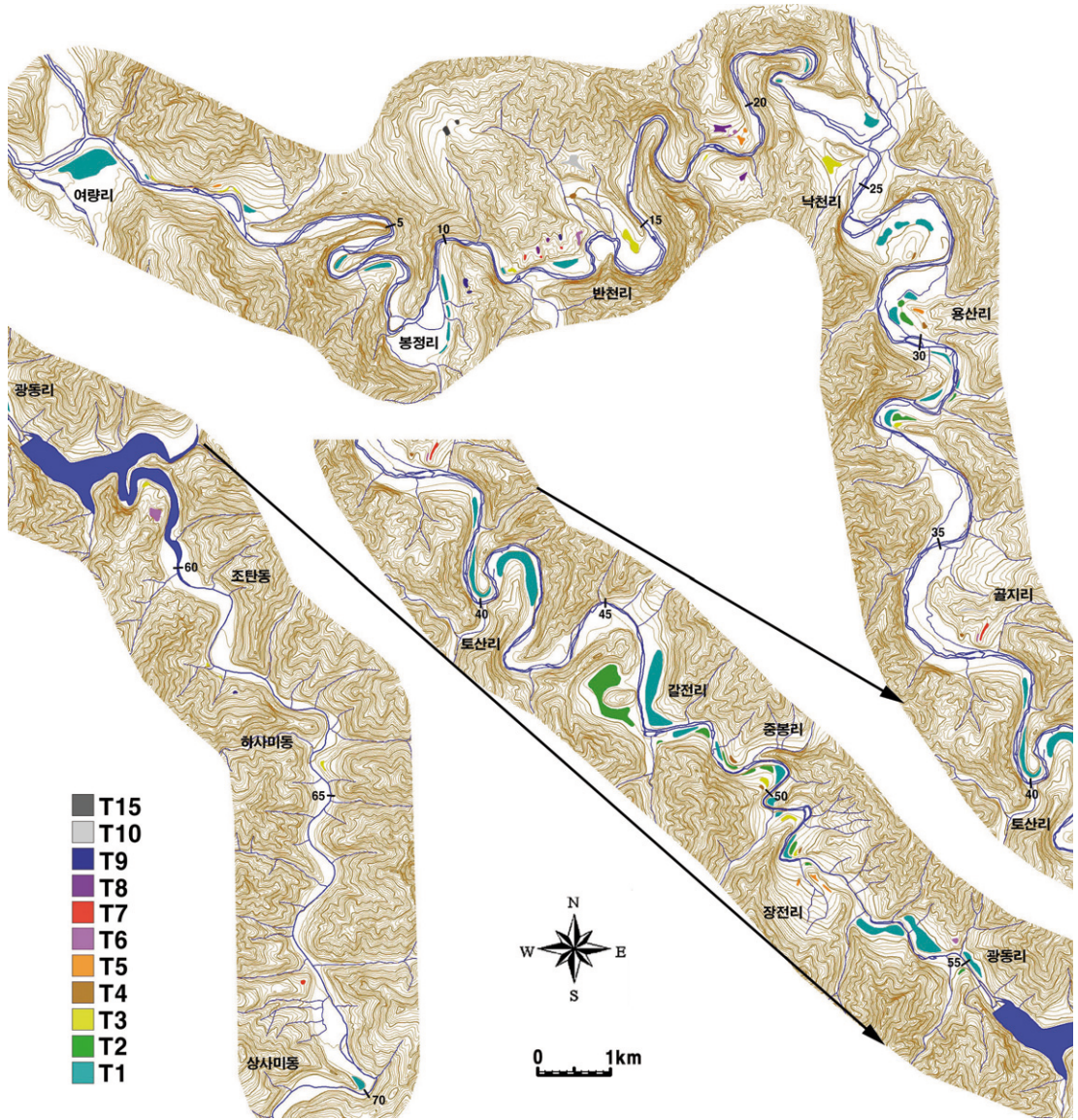


그림 7. 골지천의 하안단구 지형 분류도

타나고 있음을 의미한다. 즉, 오십천의 상류에서는 태백산지의 고위단구는 용기량이 큰 지반운동의 영향으로 형성되었으나, 저위단구는 요곡용기의 영향을 거의 받지 않았다는 손명원(1996)의 연구 결과와 부합되는 것이다.

4. 하천과 하안단구의 지형 발달

내린천에서는 연구대상 하천 구간인 하구로부터 40~84km 가운데 약 53km 지점에 암석 하상으로 이루어진 뚜렷한 경사급변점이 나타난다. 이 부근에는 곡류절단으로 형성된 하안단구 7~8면 사이 곡류절단면과 1면 이외에 다른 하안단구면은 전혀 분포하지 않는다. 이 지점을 중심으로 울전리에서 미산리 사이 하곡

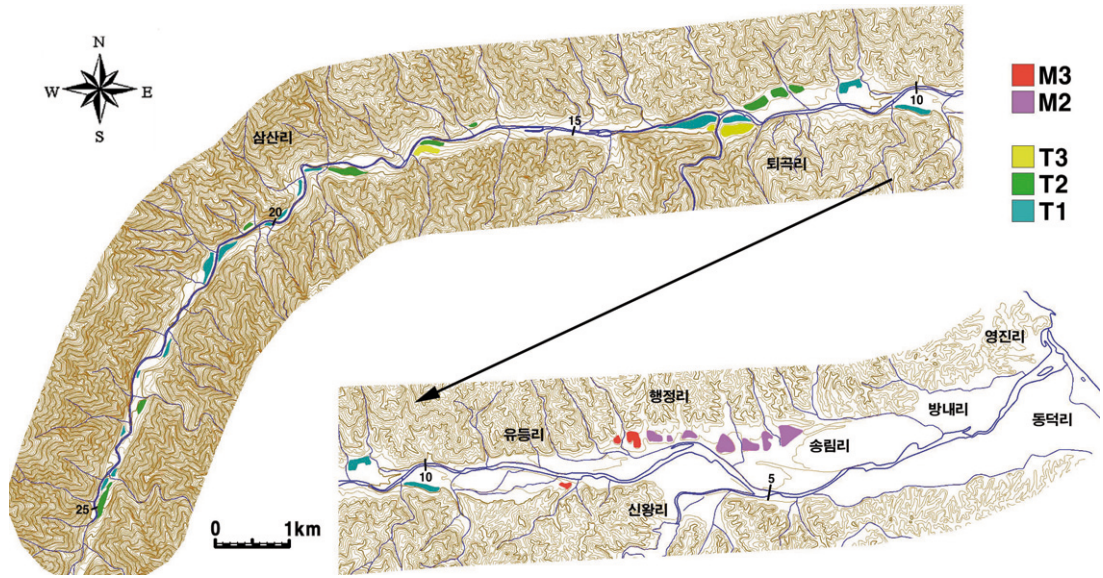


그림 8. 연곡천의 하안단구 지형 분류도

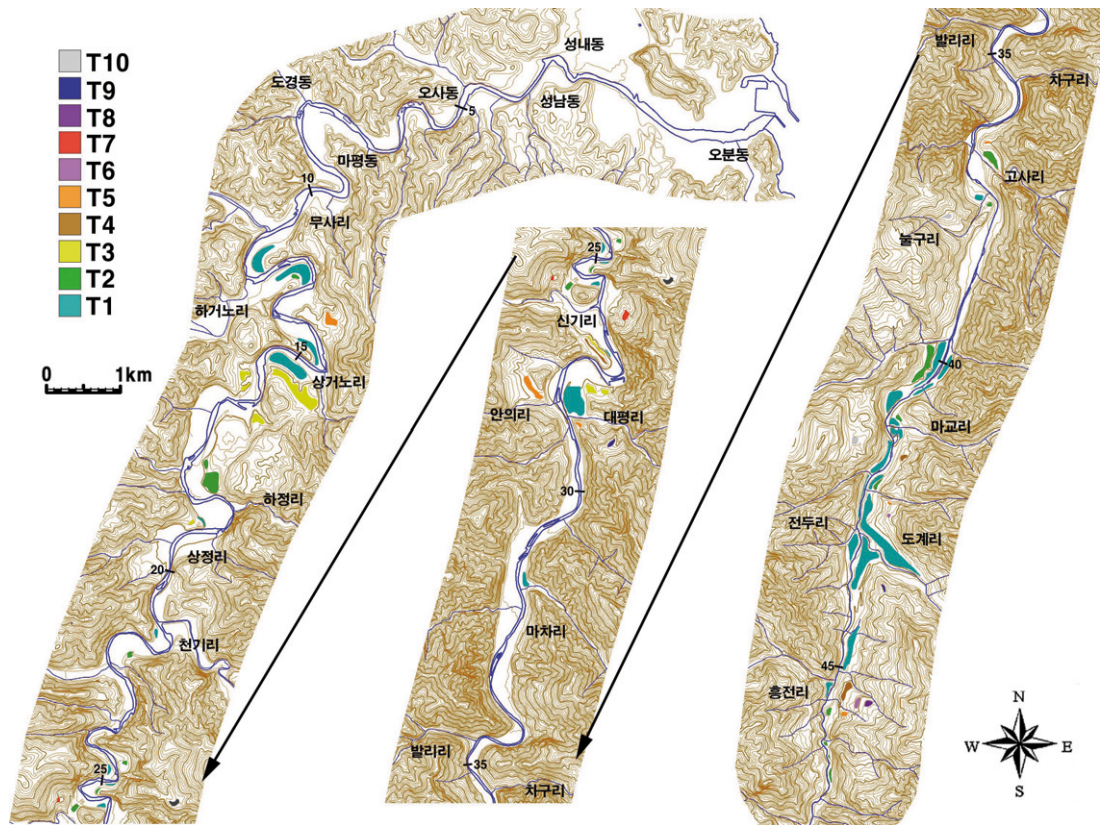


그림 9. 오십천의 하안단구 지형 분류도

은 내린천 중·상류에서도 하폭이 가장 좁고 하곡의 사면 경사가 매우 급하여 하안단구의 형성 뿐 아니라 기존의 하안단구조차 잔존하기 어려운 지형 조건을 가진다.

태백산맥의 분수계를 지반 용기가 가장 큰 용기축이라고 전제한다면 각 하안단구의 하상비고 차이는 분수계에 근접할수록 점차 커져야 한다. 즉, 태백산맥 부근에서는 큰 용기량으로 인해 각 하안단구 사이의 고도차가 커지고, 태백산맥에서 멀어질수록 용기량이 작아서 그 차이도 작아지게 된다. 한편, 하천 상·하류의 용기량이 일정하고, 하곡의 폭이 거의 일정하게 유지되는 하천이라면, 상류보다는 하류에서 유량이 많으므로 수위가 상승하고, 하천에너지가 증가하여 측·하방 침식이 보다 활발해짐으로써 하상의 고도가 낮아지게 되므로, 상대적으로 하안단구의 하상비고차가 커질 수 있다.

내린천 하안단구에서 종단면상의 연속성이 가장 좋은 1면은 상류에서 하류로 가면서 9.5m, 11m, 13m로 하상비고가 점차 커진다. 또한 2면도 약간의 변동을 이루지만, 16m, 17m, 19m로, 하류로 갈수록 하상비고가 대체로 커지는 경향을 보인다. 따라서 상·하류 간 하안단구 비교차 변화로 볼 때, 내린천 상류에서 용기축의 설정은 곤란하다.

한편, 그림 2에서 태백산맥의 영동, 영서하천 분수계를 이루는 산지와 그 서쪽 가장자리에 위치한 1,200m 이상의 봉우리를 연결한 선을 살펴보면, 본 연구 대상 지역인 내린천의 상류가 거의 대부분 포함된다. 특히, 서쪽의 선은 경사급변점이 위치하며, 하안단구의 분포 밀도가 매우 낮았던 53km 지점을 지나고 있다. 따라서 태백산맥 분수계와 그 서쪽 1,200m 봉우리 선의 내부의 산지를 지반 용기가 전체적으로 고르게 활발하게 발생하는 태백산맥의 용기대라고 한다면, 내린천에서 하구로부터 53km 이상의 상류 구간 전체가 태백산맥의 용기대에 포함된다고 볼 수 있다. 이 용기대는 동서 약 30~40km 폭을 가진다. 따라서 단순히 영동·영서하천이 분리되는 분수계를 태백산맥의 중심 용기축으로 간주하기보다 용기대의 관점에서 지반 운동과 관련한 하천지형발달을 검토하여야 할 것이다.

골지천은 하구부에서 하류와 중류인 여량리에서 골

지리 사이 구간에서는 상대적으로 범람원이 넓으며, 하안단구 1면은 범람원 주변에 소규모로 분포하고 있다. 상류인 토산리에서 광동리 사이는 범람원보다 하안단구 1면의 면적이 넓게 나타나다가, 최상류인 광동리에서 상사미동까지 하안단구가 거의 분포하지 않는다. 이러한 특성으로 보아, 최상류는 아직 하방침식이 부활되지 않은 상태이며, 상류는 하방침식이 부활되어 하각을 진행하는 중이기 때문에, 하안단구면이 깊게 파여 하도를 발달시키고 있으며, 중류와 하류는 하방침식 뿐 아니라, 측방 침식과 퇴적을 진행하여, 하안단구는 상당 부분 제거되고, 하도 양안에 범람원이 넓게 발달한 것으로 볼 수 있다.

골지천의 하안단구는 총 75.75km 구간 가운데 하구로부터 12~14km 지점, 19km 지점, 28~33km 지점, 48~55km 지점에서 상대적으로 분포 밀도가 높다. 이 지점들은 특정 기반암의 중심부이거나 이질적인 기반암 간의 경계부도 아니기 때문에, 기반암의 차이에 의한 하천 작용의 변화에 따른 하안단구의 발달을 설명하기는 어렵다.

골지천 하안단구 1면과 2면의 종단 하상비고는 상류에서 각각 8m와 15m, 중류에서 11m와 18m, 하류에서 14m와 20m로, 내린천과 마찬가지로, 상류에서 하류로 갈수록 하상비고가 높아지는 경향이 있다. 즉, 골지천도 내린천과 마찬가지로 하안단구 종단면에서 태백산맥 분수계를 축으로 한 지반 용기의 증가를 찾기 어렵다. 그러나 그림 2에서 확인할 수 있듯이, 골지천은 태백산맥의 동서측 1,200m 봉우리 선의 내부에 위치하고 있다. 따라서 골지천 유역분지 전체가 태백산맥의 용기대에 속한다면, 골지천의 하천 종단면 상에 용기와 관련된 특징이 나타나지 않는 것이 오히려 타당하다. 이러한 용기대의 존재 가능성은 태백산지가 요곡축을 중심으로 폭 30km 부분에서 급격하게 용기하였다는 손명원(1996)의 주장과 유사한 결과라고 할 수 있다.

하천은 하류로 갈수록 유량이 증가하기 때문에, 유량이 증가하는 만큼 측방침식에 의한 하곡의 증가가 이루어지지 않는다면, 하류로 갈수록 수위는 높아지게 된다. 내린천과 마찬가지로, 골지천은 좁고 깊은 하곡을 형성하며 감입곡류하는 대표적인 하천으로, 하류부

에서도 하곡과 하폭은 대체로 좁은 편이다. 따라서 하류로 갈수록 유량이 많아져, 하상은 낮고 하천 수위는 높아지므로, 현 하상으로부터 각 단구면의 최고 고도 지점의 높이 차이로 계산되는 하상비고도 하류로 갈수록 커질 수밖에 없다.

즉, 골지천은 유역분지 전체가 태백산맥 용기대에 포함되어 있기 때문에, 상·하류 간에 지반용기의 차이에 의한 하안단구 종단면의 특징이 나타나지 않으며, 단지, 하류로 갈수록 하천 유량 증가로 인한 하상비고의 증가가 나타나는 것으로 판단된다.

연곡천은 전체 구간이 상대적으로 침식이 용이한 단층선을 따라 흐르기 때문에, 하도가 보다 안정된 상태를 유지할 것으로 추정되지만, 종단면을 자세히 관찰해보면, 하구로부터 11km, 12km, 16km, 18km 지점 등에 경사급변점이 불규칙적으로 분포하고 있어, 요형도는 높지만, 아직 평형상태에 이르지 못한 하천으로 보인다.

연곡천의 하안단구 1면은 상류에서는 약 14m에 위치하지만, 중류에서는 약 12m로, 태백산맥에서 멀어져 해안에 가까워질수록 하상비고가 낮아지고 있어, 분포 밀도가 높은 1면의 경우, 태백산맥에 가까운 상류에서 용기의 영향이 더 컸을 가능성도 있다. 그러나 2면은 상·하류 모두 약 19m에 분포하고 있으며, 3면도 상·하류 모두에서 약 28m를 이루고 있는데, 연곡천의 하안단구 2면과 3면은 각각 세 곳에서 밖에 발견되지 않고 있기 때문에, 자료가 부족하여 하안단구의 종단면 변화를 통한 태백산맥과의 관계를 설명하기 곤란하다.

오십천에서 하구로부터 거리 30~35km 지점인 마차리 일대는 하안단구의 분포가 매우 빈약하다. 이 지역의 지질은 선캄브리아대 울리층군(Pcyl)의 일부와 고생대 캄브리아기 퇴적암과 석회암으로 이루어진 양덕층군(CEdy)으로 구성되어 있으나, 골지천에서 이 두 지층은 하안단구의 분포 밀도가 대체로 높게 나타났다. 따라서 하안단구의 분포와 암석과의 관련성을 언급하기에는 무리가 있다.

마차리 일대의 하안단구 미발달은 두 가지 측면에서 해석될 수 있다. 먼저, 이곳은 하곡의 사면 경사가 다른 지역에 비해 상대적으로 급하고, 곡류의 정도가 심

하지 않다. 따라서 좁은 하곡 내에서 하방침식을 중심으로 하천의 작용이 발생하였기 때문에 하안단구의 발달이 미약할 수 있다. 다음으로, 그림 2에서 태백산맥 동측의 1,200m 봉우리 선이 오십천에서 마차리 일대를 지나고 있는 점이다. 즉, 내린천 53km 지점과 마찬가지로, 오십천의 약 34km 지점 부근은 태백산맥 용기대의 경계부에 해당하는 곳으로, 그보다 상류쪽은 용기가 활발하고 하류쪽은 용기가 상대적으로 미약하므로 상·하류 용기량 간에 평형 상태에 도달하기 위한, 하천 작용의 점이지대에 해당한다. 따라서 경사급변점이 발생하고 침식 및 퇴적작용의 불균형으로 인해 하안단구의 발달 또는 보존이 미약했던 것으로도 생각할 수 있다.

5. 하천의 하각 속도와 지반 용기

산지 하천의 하안단구 퇴적층은 일반적으로 빙기 후반에 퇴적되었을 가능성이 높기 때문에, 하안단구 1면은 지난 빙기인 MIS 2시기 후반(약 15ka), 2면은 MIS 4시기 후반(약 60ka)으로 추정하여 각 하천의 상·하류 지점별 하각 속도를 계산하였다(표 2). 그 결과, 4개 하천에서 하안단구 2면 형성 이후부터 1면 형성시기까지 보다 1면 형성이 이후부터 현재까지의 하각 속도가 모두 높게 나타났다. 이는 두 시기 간의 기후 차이에 따른 결과로 판단된다. 간빙기와 빙기를 모두 경험한 2면~1면 사이에 하곡은 간빙기인 MIS 3시기에 유량이 증가하여 침식 작용을 충분히 받으며 활발하게 하각작용이 진행되었지만, 빙기인 MIS 2시기를 거치면서 침식 보다는 퇴적 작용이 보다 활발하였으므로 하각 속도가 급격히 둔화되었을 것으로 예상된다. 그러나 간빙기의 일부분인 후빙기를 거친 1면~현재까지의 하곡은 유량의 증가로 침식 작용이 활발한 상태만을 경험하였기 때문에 상대적으로 하각 속도가 높게 나타날 수 있을 것이다.

하안단구 1면 형성 이후부터 현재까지의 영서 하천의 하각 속도는 평균 0.20m/ka 내외의 값을 가지지만, 영동 하천에서는 0.27m/ka 내외로 보다 높은 값을 가진다. 즉, 영서 하천에 비해 영동 하천의 하각 속도가

표 2. 연구 하천의 각 지점별 하각 속도

구간		영서 하천			영동 하천	
		상류	중류	하류	상류	중류
하천		내린천			연곡천	
지점(km)		75	60	45	22	12
하상비고 (m)	2면	16	17	19	-	-
	1면	9.5	11	13	14	12
	범람원	7	8	9	10	9
하각 속도 (m/ka)	T2~T1	0.14	0.13	0.13	-	-
	T1~현재	0.17	0.20	0.27	0.27	0.20
하천		골지천			오십천	
지점(km)		50	30	10	40	20
하상비고 (m)	T2	15	18	20	20	22
	T1	8	11	14	10	12
	범람원	5	8	10	6	8
하각 속도 (m/ka)	T2~T1	0.16	0.16	0.13	0.22	0.22
	T1~현재	0.20	0.20	0.27	0.27	0.27

다소 높게 나타나고 있다. 영동 하천은 해발고도가 급하게 낮아지며 하구부가 바다와 닿아있다. 따라서 영동하천은 비교적 짧은 구간의 전체 유로 종단면 내에서 최종적인 침식기준면이 작용하므로 영서 하천에 비해 하각 속도가 더 커진다. 또한 영서 하천과는 달리, 영동 하천인 연곡천과 오십천은 하천의 거의 전 구간이 단층선을 따라 흐르기 때문에, 침식에 약한 지질 구조로 인해 하각 속도가 더욱 높았을 가능성이 있다.

또한 영서 하천인 골지천은 유역분지 전체가 태백산맥의 용기대에 속하므로, 연구대상 하천 종단면 전체에서 활발하게 용기작용이 일어나지만 하천 종단면 상에서는 균형이 유지되므로 하각 속도가 다소 낮게 나타났을 것이다. 반면, 영동 하천은 상류부만이 태백산맥의 용기대에 속해 있어 용기가 활발하게 발생하는 상류부는 하류부와 평형을 이루기 위해서 하각작용이 더욱 활발해질 수 있다.

한편, 영서 하천에서는 한 번의 간빙기와 빙기를 거치는 기간인 하안단구 2면~1면 형성시기 동안 하천의 하류보다 상류에서 하각 속도가 보다 높았다. 이것은 기후와 유량 변화보다는 지반 용기로 인한 하각 속도가 크게 영향을 미친 결과로 볼 수 있다. 즉, 하천이 속한 용기대내에서도 상류 쪽은 용기량이 보다 큰 용기

축에 해당되기 때문에 하각 속도가 높지만, 하류로 갈수록 미약하나마 용기율이 작아져 그 만큼 하각 속도도 낮은 것으로 볼 수 있다.

그러나 후빙기만을 경험한 1면 형성 이후부터 현재까지의 기간에는 태백산맥 일대인 상류보다 용기축에서 멀어진 하류부의 하각 속도가 더 높게 나타났다. 이것은 앞선 하안단구 형성시기와는 상반되는 결과이다. 즉, 후빙기는 상대적으로 짧은 기간이지만 기후 및 유량 변화에 의한 하각 속도가 지반 용기에 의한 것보다 더 커서, 하류로 가면서 증가하는 유량에 따른 하천 침식에너지가 하안단구 1면의 하상비고 차이에 보다 직접적으로 반영되었을 것이다.

결국, 영서 하천의 1면 이전의 하안단구에서는 미약하나마, 지반용기가 하천의 하각 속도에 영향을 미치지 않지만, 기간이 짧은 1면 형성기부터 현재까지는 기후 및 유량의 차이가 하각 속도에 더 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

6. 결론

강원도에 위치한 영서 하천으로서 북한강의 최상류

인 내린천 및 남한강의 최상류인 골지천, 그리고 이와 태백산맥을 분수계로 유역분지를 마주하고 있는 영동 하천인 연곡천 및 오십천을 대상으로, 지구조적인 측면에서 하안단구의 분포 특성과 태백산맥 일대의 분수계를 기준으로 한 지반 용기 및 하천의 하각 속도를 분석한 결과는 다음과 같다.

1) 4개 하천 중 태백산맥을 축으로 한 지반 용기의 영향으로, 하류쪽으로 갈수록 하상비고가 급격히 감소하는 구조단구로서의 이상적인 종단면은 오십천 상류의 하안단구 4면, 5면, 6면에서만 뚜렷하게 확인되었다.

2) 내린천의 약 53km 지점과 오십천의 약 34km 지점 부근은 하안단구의 분포가 매우 불량한데, 이 두 지점은 각각 태백산맥에서 가장 서쪽과 동쪽에 위치한 1,200m 봉우리를 연결한 선이 지나는 곳이다. 동·서 측 선의 내부를 태백산맥의 용기대로 가정할 때, 그보다 상류쪽은 용기가 활발하고, 하류쪽은 용기가 상대적으로 미약하다. 따라서, 용기대의 경계부에서는 상·하류 간의 용기량 차이로 인한, 하천 침식작용의 점이지대로서 경사급변점이 발생하여 하안단구의 발달이 불량했던 것으로 판단된다.

3) 영서 하천인 내린천과 골지천은 상류에서 하류로 가면서 각 하안단구의 하상비고가 증가하여, 상·하류 간에 지반용기의 차이에 의한 하안단구 종단면의 특징이 나타나지 않는다. 이는 내린천의 중·상류 구간(하구로부터 53km 이상)과 골지천의 전체 구간이 태백산맥의 용기대에 포함되기 때문이다. 즉, 유역분지 또는 하천종단면 전체에서 고르고 활발하게 용기 작용이 발생하여, 연구 대상 하천의 상·하류 간 지반 용기에 따른 하상비고의 차이는 거의 없으며, 단지, 하류로 갈수록 하천 유량 증가로 인해 하천 침식에너지가 커지면서 하상비고가 증가한 것으로 판단된다.

4) 4개 하천의 하각 속도는 하안단구 2면 형성 이후부터 1면 형성시기까지의 하각 속도 0.13~0.22m/ka보다 1면 형성 이후부터 현재까지의 하각 속도가 0.17~0.27m/ka로 더 높게 나타났다. 이는 두 시기간의 기후 차이에 따른 것으로, 산지하천에서 침식이 활발한 간빙기와 퇴적이 활발한 빙기를 모두 경험한 2면~1면의 기간보다는 침식이 활발한 간빙기만을 경험한 1면~현재까지의 기간이 상대적으로 더 높은 하각 속

도를 보였다.

5) 하안단구 1면 형성 이후부터 현재까지는 영서 하천의 하각 속도 약 0.20m/ka에 비해 영동 하천의 하각 속도가 약 0.27m/ka로 높게 나타나는데, 이는 하천의 대부분 구간이 용기대에 포함되는 영서 하천에 비하여, 영동 하천은 하구가 최종적인 침식기준면인 해수면이므로, 이에 대응하기 위하여 보다 하각작용이 활발했을 가능성이 있다.

6) 영서 하천에서는 하안단구 2면~1면 형성시기 동안에, 하류보다 상류에서 하각 속도가 높게 나타나는데, 이는 용기대 내에서도 용기축에 가까운 상류에서 용기율이 보다 높았기 때문이다. 반면, 간빙기만을 경험한 하안단구 1면 형성 이후부터 현재까지는 상류보다 하류에서 하각 속도가 더 높다. 이는 짧은 시간 동안에 발생하는 용기율의 차이보다는 기후 및 유량의 차이가 하각 속도에 더 크게 영향을 미쳤던 것으로 판단된다.

文獻

- 권혁재, 2001, 지형학, 법문사.
- 박희두, 1989, 남한강 중·상류 분지의 지형 연구: 퇴적물 분석을 중심으로, 동국대학교 대학원 박사학위논문.
- 손명원, 1993, 낙동강 상류와 왕피천의 하안단구, 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
- 손명원, 1996, "하안단구와 태백산지의 지반운동 유형," 한국지형학회지, 3(1), 45-53.
- 송언근, 1993, 한반도 중·남부 지역의 감입곡류 지형발달, 경북대학교 대학원 박사학위 논문.
- 이광률, 2003, 북한강 유역분지 하안단구의 퇴적물 특성과 지형 발달, 경희대학교 대학원 박사학위 논문.
- 이의한, 1998, 금강 하류와 미호천 유역의 충적단구, 고려대학교 대학원 박사학위 논문.
- 임창주, 1989, 남한강의 하안단구에 관한 연구, 동국대학교 대학원 박사학위 논문.
- 장호 외, 2001, 한국의 제4기 환경, 서울대학교 출판부.
- 조화룡, 1987, 한국의 충적평야, 교학연구사.
- 윤순옥·황상일·정석교, 2002, "삼척 오십천 중·하류부

- 의 하안단구 지형발달,” 대한지리학회지, 37(3), 222-236.
- Benito, G., Perez-Gonzalez, A. F., Gutierrez, F., and Machado, M. J., 1998, River response to Quaternary subsidence due to evaporite solution(Gallego River, Ebro Basin, Spain), *Geomorphology*, 22, 243-263.
- Chiverrell, R.C., Thomas, G.S.P., and Harvey, A.M., 2001, Late Devensian and Holocene landscape change in the uplands of the Isle of Man, *Geomorphology*, 40, 219-236.
- Engel, S. A., Gardner, T. W., and Ciolkosz, E. J., 1996, Quaternary soil chronosequences on terraces of the Susquehanna River, Pennsylvania, *Geomorphology*, 17, 273-294.
- Goudie, A. S., 2004, *Encyclopedia of Geomorphology*, Routledge, London.
- Herget, J., 2000, Holocene development of the River Lippe valley, Germany: a case study of anthropogenic influence, *Earth Surface Processes and Landforms*, 25, 293-305.
- Holbrook, J. and Schumm, S. A., 1999, Geomorphic and sedimentary response of rivers to tectonic deformation: a brief review and critique of a tool for recognizing subtle epeirogenic deformation in modern and ancient settings, *Tectonophysics*, 305, 287-306.
- Hsieh, M. and Knuepfer, P. L. K., 2001, Middle-late Holocene river terraces in the Erhjen River Basin, southwestern Taiwan-implications of river response to climate change and active tectonic uplift, *Geomorphology*, 38, 337-372.
- McIntosh, P. D. and Whitton, J. S., 1996, Weathering trends in terrace deposits up to 350,000 years old in northeast Southland, New Zealand, *CATENA*, 26, 1-2, 49-70.
- Oguchi, C. T., 2000, Rate of rock property changes with weathering: Andesite gravel in fluvial terrace deposits in Nasuno-ga-hara, Japan, *Science Report*, Institute of geoscience, University of Tsukuba, 21, 59-88.
- Oguchi, C. T., 2001, Formation of weathering rinds on andesite, *Earth Surface Processes and Landforms*, 26, 847-858.
- Reneau, S. L., 2000, Stream incision and terrace development in Frijoles Canyon, Bandelier National Monument, New Mexico, and the influence of lithology and climate, *Geomorphology*, 32, 171-193.
- Righter, K. 1997, High bedrock incision rates in the Atenguillo River valley, Jalisco, Western Mexico, *Earth Surface Processes and Landforms*, 22, 337-343.
- Ritter, D. F., Craig Kochel, R., and Miller, J. R., 1995, *Process Geomorphology*, Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, IA.
- Seidl, M. A., Finkel, R. C., Caffee, M. W., Hudson, G. B., and Dietrich, W. E., 1997, Cosmogenic isotope analyses applied to river longitudinal profile evolution: Problems and interpretations, *Earth Surface Processes and Landforms*, 22, 195-209.
- Vidic, N. J. and Lobnik, F., 1997, Rate of soil development of the chronosequence in the Ljubljana Basin, Slovenia, *Geoderma*, 76, 35-64.
- Zhang, D. D., 1998, Geomorphological problems of the middle reaches of the Tsangpo River, Tibet, *Earth Surface Processes and Landforms*, 23, 889-903.
- 교신: 윤순옥, 130-701, 서울시 동대문구 회기동 1번지, 경희대학교 이과대학 지리학과(이메일: soyoon@khu.ac.kr, 전화: 02-961-0862, 팩스: 02-961-0251)
- Correspondence: Soon-Ock Yoon, Department of Geography, College of Sciences, Kyung-Hee University, 1 Hoegi-Dong, Dongdaemun-Gu, Seoul, 130-701, Korea(e-mail: soyoon@khu.ac.kr, phone: 82-2-961-0862, fax: 82-2-961-0251)
- 최초투고일 07. 05. 22.
최종접수일 07. 06. 19.