

추가령 열곡 영평천 하류 단구지형의 형성과정

이민부* · 이광률** · 김남신**

Geomorphic Processes of the Terraces at Lower Reach of Yeongpyeong River in Chugaryeong Rift Valley, Central Korea

Min-Boo Lee* · Gwang-Ryul Lee** · Nam-Shin Kim**

요약 : 한탄강의 지류인 영평천 하류에는 T4면에서 T1면까지 4단의 단구 지형면이 확인된다. 이 일대에는 신생대 제4기에 영평천의 하구로부터 약 4.5km까지 용암류가 역류하여 용암담에 의한 고호소가 형성되었다. 본 논문은 성동리에서 궁평리까지의 영평천 하류에 분포하는 단구면의 퇴적층에 대한 층서 및 퇴적물 분석과 OSL 연대측정을 통하여 단구지형의 형성과정을 검토하였다. 가장 오래된 T4면은 용암대지 하부에 위치한 고호소 이전의 하성층이다. T3면과 T2면은 3~4m 이상의 두꺼운 모래층으로 이루어져 있고, 그 하부에는 역층이 존재하며, 상부 모래층은 내부에 수평의 점토층이 교호하고 있어, 용암담 고호소 상태에서 이루어진 호성단구로 파악된다. T1면은 하상 비고가 가장 낮고 퇴적물이 신선한 것으로 보아서 용암담 개석 이후에 형성된 하성층으로 보인다. T3면에서 실시된 OSL 연대측정의 결과, 퇴적층의 형성시기는 약 3~4만년 전으로 측정되어, 이 일대는 용암담 형성이후 3만년 전까지 호소 상태였던 것으로 추정된다.

주요어 : 용암담 고호소, 단구면 분류, 호성단구, 하성단구, 층서분석, OSL연대측정

Abstract : In the Yeongpyeong River, one of the branches of Hantan River, there 4 fluvial terraces are identified. During the Quaternary, lava flow from Hantan River had gone 4.5km into upstream part of the Yeongpyeong River and damed its entrance, and resultantly its lower basin had become a lava-damed paleolake. This study deals with fluvial terrace surface classification, stratigraphic analysis, deposits analysis, and OSL age dating in from Gungpyeongri to Seongdongri in lower reach of Yeongpyeong River, in order to identify geomorphological process of the terrace landforms relating to duration of lava-damed paleolake. Terrace surface T4, named Baekeuiri Formation, has been located under Jeongok lava layer to indicate pre-lava river bed. Terrace surfaces T3 and T2 are supposed to be formed during paleolake time, based on 3~4m thick sand deposits including pebble and cobble layers, and clay and silt layers intersected with sand ones in nearly horizontal bedding. Terrace T1 is estimated to be formed as post-lake fluvial terrace after dissection of lava dam, based on the more fresh phase of deposits and very low height from present riverbed. The results of the OSL age dating for the T3 deposit layers indicate approximately 30~40ka, and still lake phase at that time.

Key Words : lava-damed paleolake, terrace surface classification, lacustrine terrace, fluvial terrace, stratigraphic analysis, OSL age dating.

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

** 한국교원대 통일교육연구소 전임연구원(Researcher, Institute of Education for National Unification, Korea National University of Education)

1. 서론

서울에서 원산까지 이르는 추가령 열곡은 서울 - 동두천 - 철원, 의정부 - 포천 - 갈말, 진접 - 일동 - 이동 등 수 열의 단층대를 형성하고 있다. 이러한 단층대는 기반암 파쇄대로서 하곡의 형성이 용이하기 때문에, 단층대를 따라 차탄천, 신천, 포천천, 왕숙천 등의 하천들이 선형으로 발달하고 있다. 그러나 각 단층대를 가로질러 흐르는 하천들도 있는데, 영평천이 그 대표적인 예이다.

영평천은 경기도 포천시의 대부분 지역을 유역분지로 삼고 있는 하천으로 길이는 30.90km, 유역면적은 460.92km²이다. 포천시 이동면 광덕산(1,046m)에서 발원하여 단층선을 따라 남남서류하다가 수입리에서 단층선을 가로질러 서류하여 양문리에서 포천천과 합류하며, 계속 단층선을 가로질러 흘러서 연천군 청산면 궁평리에서 한탄강에 유입된다(그림 1).

영평천의 유역분지의 지질은 거의 대부분 중생대 쥐라기 대보화강암으로 이루어져 있다. 유역 분수계 부근의 최상류에는 선캄브리아대 편마암류가 분포하며, 가장 하류의 백의리와 궁평리 일대는 선캄브리아대 편

마암 및 편암, 중생대 백악기 퇴적암류, 신생대 제4기 현무암 등이 복합적으로 나타난다(그림 2).

하류부 백의리와 궁평리 일대의 하천 양안에는 10~20m 두께의 현무암 용암대지가 존재한다. 이는 한탄강을 따라 흘러내린 용암류가 한탄강의 지류인 영평천의 하류부를 매운 결과이며, 이 때문에 영평천은 일시적으로 넓은 호소를 이루게 되었다(양교석, 1982). 현재 영평천 하류에는 여러 단구로 이루어진 단구면들이 매우 넓은 면적으로 하천의 양안과 산록의 기저부에 연속적으로 분포하고 있다.

본 연구에서는 주로 화강암 침식분지로 이루어진 영평천의 상류로부터 꾸준히 공급된 모래와 자갈 등의 하천 퇴적물이 영평천 하구의 용암담에 의해 형성된 고호소 시기를 전후하여 다량으로 퇴적되면서, 차탄천의 경우(이민부 외, 2001; 이민부·이광률, 2003)와 같이 호안단구를 발달시켰을 가능성을 제시하고자 한다. 그리고 고호소와 관련한 영평천 하류의 지형 발달과정을 종합적으로 설명하기 위해, 영평천 하안의 단구지형을 분류하여, 고호소 형성을 전후로 한 하천의 고도 변화와 고호소의 범위를 분석하고, 퇴적층의 절대연대 측정을 통해, 고호소의 형성시기와 변화 과정을 설명하고자 한다.



그림 1. 연구 지역 개관

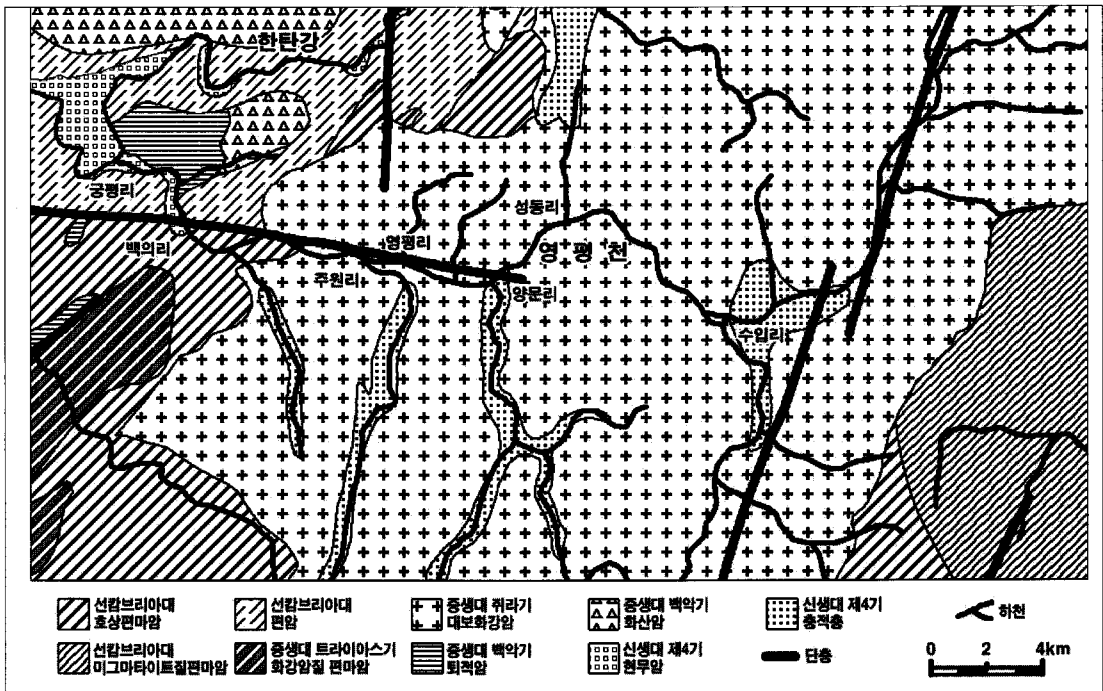


그림 2 영평천 유역 분지의 지질

이를 위해 본 연구에서는 1989년 촬영한 1:20,000 축척의 항공사진을 판독하여 단구 및 선상지 지형면을 분류하였으며, 1:5,000 지형도 판독과 야외조사를 통해 영평천 하류의 지형 분류도를 작성하였다. 본 연구 지역은 주거지, 농경지, 축사, 공장, 창고 등 인위적인 토지 이용이 오랜 기간 동안 진행되어왔고, 군사 지역이 많아 자연 상태로 잘 보존된 대규모 노두를 발견하기 어려운 편이지만, 총 7회의 야외조사를 통해 발견된 총 11개 지점의 퇴적층 노두에서 퇴적물의 층서적 특성을 관찰하고, 퇴적물 시료를 채취하여, 입도 분석, 작열감량 분석, 토색 및 pH 측정을 실시하였다.

입도분석에서 sand 및 granule급 입자는 체(sieve)를 이용하였으며, mud 입자는 Stokes 법칙에 따른 침강법을 이용하여 측정하였다. 입도의 통계적 처리는 ϕ 척도로 Folk and Ward 방식에 의해 계산하였다. 고호소의 형성과 관련된 퇴적물 내 유기물의 함량을 살펴보기 위해, 경희대학교 지리학과 지형학실험실에 의뢰하여 잠열감량 분석을 실시하였다. 작열감량은 100℃에서 24시간 이상 완전히 건조시킨 상태의 시료 무게

와 이를 550℃의 오븐에서 4시간 동안 연소시킨 후의 시료 무게를 측정하여 계산하였다. 토색 판정은 Munsell 토색척을 이용하였으며, pH는 시료와 중성수를 1:5의 비율로 잘 혼합한 후 PHC-200 pH 측정기를 사용하여 측정하였다.

잔류자기를 측정하는 대자율(magnetic susceptibility)은 퇴적물 내의 자성체 함량 또는 지표 노출의 정도를 확인해주기 때문에, 최근 4기 지질학 분야에서 층서 특성을 설명하는 요소로 사용되고 있다(신재봉 외, 2004; 2005). 본 연구에서도 퇴적층이 상대적으로 두껍고 층서적 특징이 뚜렷한 몇 개의 노두에서는 ZH사의 SM30을 이용하여 대자율을 측정하였다. 마지막으로, 퇴적층의 형성시기를 파악하기 위해, 한국기초과학지원연구원에 의뢰하여 OSL(Optically Stimulated Luminescence) 절대연대 측정을 실시하였고, 이를 검증하기 위한 보조 수단으로 퇴적층 내 자갈의 풍화각 두께를 측정하여, 선행 연구와 연대를 대비하였다.

2. 영평천 하구의 용암 및 하성층 연구동향

김규한 외(1984)에 따르면 장탄리, 통현리와 함께 백의리에서도 원기반암인 연천계 변성퇴적암의 상부를 부정합적으로 적색사암, 세일, 역암이 순서대로 퇴적되어 있다고 하였다. 백의리층으로 불리는 백의리의 역암층은 고기하성층으로서 역들은 주변의 고기 암석들로 이루어져 있으며, 원마도는 비교적 높고, 사질 및 점토질 물질을 매트릭스로 하고 있는 미고결 퇴적암으로 보았다(전용목, 1979).

백의리층은 전곡현무암 바로 아래에 발달하는 고화되지 않은 고기층적층으로서(이대성 외, 1983), 이 층의 역의 기원은 주로 경기편마암복합체인 편마암, 편암, 규암과 화강섬록암으로, 비교적 원마도가 높고, 응회암 또는 고기 현무암 역도 드물게 포함하고 있는데, 이는 통현리 현무암과 같은 신생대 초기의 고기 현무암이 상당히 침식을 받은 후에 백의리층이 퇴적되었기 때문으로 보았다(임만빈, 1983).

궁평리 부근의 영평천 합류부에서는 베개(pillow) 구조가 나타나는데, 이는 한탄강을 따라 흐르던 용암류가 영평천으로 역류하면서 그 선단부가 댐의 역할을 할 때 수중에서 냉각, 고결된 것으로 보았다(전용목, 1979; 원종관, 1983). 라우텐자흐(1945, 김종규 외 역, 1998)도 차탄천과 영평천의 하류부가 용암류에 의해서 용암댐으로 막히게 되면서 호소화되어 퇴적단구(Aufschotterung)가 형성되었다고 하였다. 다만 차탄천 호소성 단구 퇴적물은 점토 기질의 연천계 퇴적변성암의 풍화물로 이루어져 점토층이 잘 발달하고(이민부 외, 2001) 있는 반면, 영평천은 퇴적물의 기원이 주로 대보화강암지대로서 모래와 자갈층이 우세하며, 이러한 퇴적물은 상류 산지와의 경사급변점에서 대규모 선상지를 형성시켰다(이민부 외, 2005).

전용목(1979)에 따르면, 한탄강 지류의 하류부에 용암류댐이 형성되면서 지류의 상류에서는 국지적인 침식기준면 상승에 의해 적평형작용(aggradation)이 일어났으며, 영평천 하류에서는 현무암 용암대지의 개석작용으로 삭평형적 지형이 형성되었다. 영평천에서는 국지적인 침식기준면이 40m 이상 상승하였으며, 그 결과 상당한 거리의 상류까지 퇴적작용이 급속하게 발생

하였을 것이라고 하였다. 개석에 따라 침식기준면이 낮아지고 하각작용이 활발히 진행되면서 단구상의 지형을 형성하였으며, 이는 호소성 퇴적단구(lacustrine terrace)라고 볼 수 있다고 하였다. 그는 또한 한탄강의 하각량이 현재 약 40m이므로 침식량과 퇴적물 등을 고려하면, 용암대지의 분출은 연대가 훨씬 후대로 내려올 것으로 보이며, 하각율을 1mm/년으로 본다면 약 4만년 정도의 연대가 나온다고 하였다. 가장 두꺼운 퇴적층은 하상에서 14m의 사력층으로서 역들의 크기는 4~25cm 정도이며 급격한 퇴적작용의 결과로 분급이 매우 불량하다. 특히 포천천과의 합류지역인 양문리, 성동리 일대에 가장 넓은 퇴적지형이 형성되었는데, 이 지역에서 퇴적작용이 가장 활발하게 발생한 것은 상대적으로 넓은 유역분지와 하곡을 지니고 있기 때문으로 설명하고 있다.

원종관(1983)에 따르면, 용암대지를 개석한 후 한탄강의 하곡에서는 약 3단의 퇴적단구가 나타나는데, 한탄강을 따라 흘러내린 현무암의 형성 연대는 0.27ma(최무장, 1982)인 것으로 보이며, 이 시기 동안에 30~40m 정도의 개석이 일어났다고 하였다. 전곡리 일대 현무암의 연대에 대해서는 연구자와 측정 방법에 따라 약간의 차이가 있다. 최근의 연대측정 결과로서, 전곡리 근처 현무암에서 K-Ar 방법으로 500,000년 전의 연대가 제시된 연구(신재봉 외, 2004)가 있으며, 이선복(2005)은 지금까지의 연구 자료들을 종합하여 약 150,000년 전으로 추정하고 있다.

전용목(1979)은 용암대지 상층의 퇴적물(점토층과 토양층)의 형성과정을 유추하면서, 용암대지 형성 이후에 하천은 뚜렷한 유로를 가지지 못하고 불규칙하게 용암대지의 표면을 흘렀고, 홍수시에는 용암대지 상에 넓은 범람원을 형성하였을 것으로 보았다. 동시에 성속도가 낮은 토양을 형성하기도 했으며, 원 지형의 형태는 현재 거의 사라졌다고 보았다. 또한 현 하상에서 현무암 표면의 높이까지 발달하고 있는 퇴적단구들은 3단으로서 하상에서 약 5m, 9.5m, 16m의 높이에서 나타난다고 보고하였다.

Wetzel(2001)은 물막음(damming)에 의한 호소 형성의 유형을, 1) 단층, 지구대 등 지구조운동, 2) 화산의 화구 또는 칼데라 및 용암류, 3) 산사태 퇴적물의 공

급, 4) 빙하 및 빙퇴석, 5) 용식작용, 6) 하천의 퇴적작용, 7) 풍성사구, 8) 해안의 퇴적작용 등으로 구분하고 있다. 이 중에서 영평천 고호소는 용암류에 의한 물막음(damming)으로 인해 형성된 것이다. 호소의 형성과 그에 따른 호안지형의 변화와 관련한 국외의 연구 사례는 다음과 같다.

Davis(1933)는 용암류에 의해 하곡이 막혀 여러 개의 호소가 동시에 형성될 수 있다고 처음으로 제시하였다. Starkel(1991)은 폴란드 Vistula 강의 종류에서 지난 빙기에 빙하의 물막음에 의한 고호소가 발달했다고 설명하고 있다. Pederson(2000)은 미국 콜로라도강의 지류에서 홀로세 기간 중에 풍성사구에 의한 물막음으로 고호수가 형성되었다고 밝히면서, 호소가 형성된 이후 호안을 따라 선상지와 삼각주가 발달하였던 퇴적환경을 분석하였다. 미국 캘리포니아주 Lassen 국립공원에 있는 Snag 호수와 Butte 호수는 1851년 인근 화산으로부터 분출한 용암류가 하천의 집수구를 막아 형성된 것이다(Harris *et al.*, 2004).

대규모 호수의 경우에는 호수위의 승강에 따른 침식 혹은 퇴적작용으로 호안단구 지형이 형성되며, 대표적인 사례가 미국 서부의 유타, 네바다, 아이다호 주에 걸쳐 있었던 고호수인 본느빌 호수(Lake Bonneville)이다(Gilbert, 1890; Currey, 1980; Burr and Currey, 1992). 그 동안의 연구를 종합하면(Stratford, 1999), 미국의 최종 빙기인 위스컨신 빙기까지 북미 지역의 최대 다우호(pluvial lake)였던 본느빌호는 현재의 고온 건조한 기후에 비해 보다 저온·습윤 상태에서 강수량의 증가로 약 30,000년 전부터 호수의 수위가 지속적으로 상승하여 16,500년 전에는 최고 수위에 도달하여, 깊이 305m, 호수의 면적은 최고 51,800km²에 달하였다. 이때 호수가에는 본느빌(Bonneville)로 명명된 많은 단구면들이 형성되었다. 그 뒤 수위의 소규모의 오르내림이 있다가 호수 주위의 약한 부분(Red Rock Pass, Idaho)이 터지면서 15,000~14,500년 전 동안에 약 101m 정도 수위가 낮아져서 프로보(Provo) 단구면이 형성되었다. 최대 수위의 가장 높은 본느빌 단구 이전에는 스탠스버리(Stansbury) 단구가 있었고, 프로보 단구는 증발에 의해 다시 낮아져 길버트 단구를 형성했다가 더욱 낮아져 현재 4,600km² 면적의 염

호인 그레이트솔트호(Great Salt Lake)를 남기고 있다.

3. 영평천 하류의 단구 분포

본 연구에서는 영평천에서도 용암댐에 의한 고호소의 형성이 발생한 성동리 일대부터 한탄강 유입지점까지의 영평천 하류부에 나타나는 단구 지형을 분석하였다.

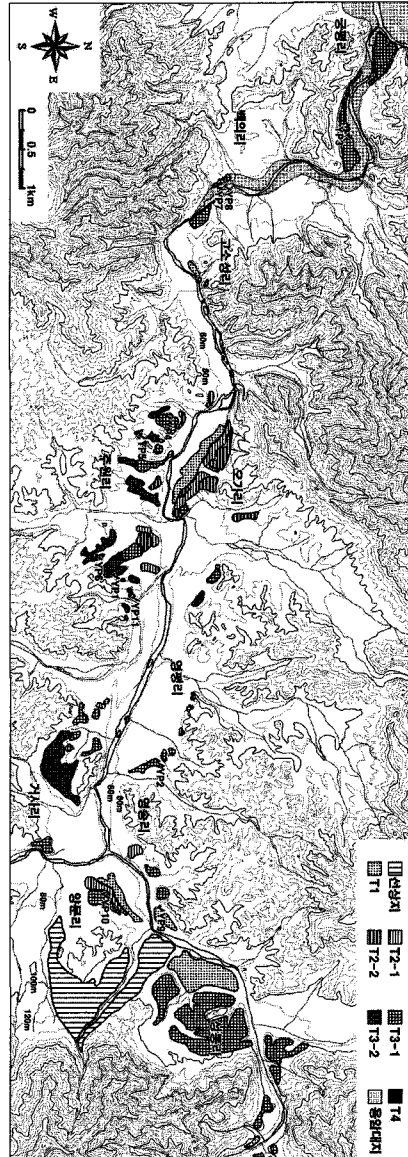


그림 3. 영평천 하류의 단구 지형 분류도

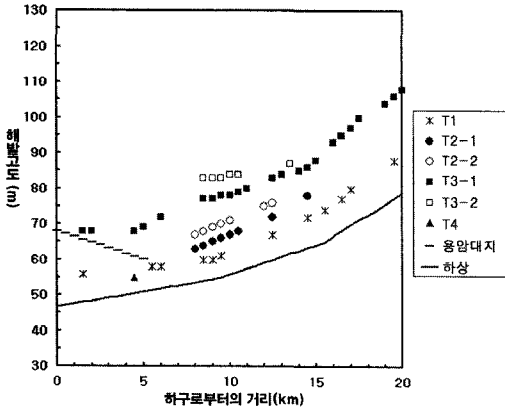


그림 4. 영평천 하류의 하천지형 종단면도

다. 영평천의 하류는 경기도 지역의 산지 하천에서는 매우 드물게 넓은 면적의 단구면들이 매우 연속적이고 조밀하게 현 하천의 양안과 산록의 기저부를 따라 발달하고 있다(그림 3, 4).

단구면은 가장 최근에 형성된 T1면부터 가장 오래 전에 형성된 T4면까지, 총 4단으로 분류된다. T4면은 백의리의 용암대지 하부에 존재하는 미고결 하성층인 백의리층(하구에서 거리 4.5km 지점)으로 해발고도 약 55m, 현 하상비고 약 4.5m에 위치하는, 용암대지 형성 이전의 시기에 퇴적된 하성층이다. T3면부터 T1면 사이의 관계는 일반적인 하안단구의 분포 유형과 마찬가지로, 오래된 T3면이 하상비고가 가장 높고, 최근에 형성된 T1면이 가장 낮다. 그러나 백의리층으로 불리는 T4면은 용암대지의 하부층으로서, 하상비고가 가장 낮다. 이는 T4면과 T3면 형성시기 사이에 용암대지 및

용암담의 형성에 의해서 하천의 유로와 하상의 고도 및 형태가 크게 변화하였음을 의미한다.

호소 상태에서 형성되어 호안단구로 추정되는 T3면은 하구로부터 약 14km 이내의 거리에서 두 단으로 세분되는데, 하상비고 18~23m의 범위의 T3-1면과 25~28m인 T3-2면으로 구분된다. T3-1면과 T3-2면은 개석을 많이 받았고, 단구면의 지형 기복이 대체로 복잡하며, 매우 점이적으로 접하고 있어, 그 경계가 확연하게 구분되지 않지만, 두 면 사이의 고도차는 대체로 5m 내외로 나타난다. 야외조사를 통해 확인할 때, T3-1면의 지표에는 화강암 풍화토 기원의 sand로 이루어진 matrix에 pebble 및 cobble급의 아원~완원석이 매우 조밀하게 분포한다. 반면에, T3-2면의 지표 및 노두에서는 수평의 층구조를 가지는 다양한 크기의 sand로 이루어진 사질성의 퇴적층이 우세하며, 얇은 두께의 silt층이 사질 퇴적층 내부에 간간히 분포하고 있다.

T2면도 퇴적상으로 볼 때 호안단구로 판단되며, 역시 두 단으로 나뉘는데, 하상비고 10~12m의 T2-1면과, 13~16m의 T2-2면으로 세분되며, 하구로부터 거리가 약 14km 이상 떨어진 지점에서는 1단의 면으로만 나타난다. 가장 최근에 형성된 T1면은 하상비고 6~10m에 분포하고 있으며, 이보다 낮은 하상비고에서는 현 하천의 유량에 영향을 받는 범람원들이 분포한다.

그림 5에서 하안단구 T4면인 백의리층은 현무암층의 하부에 존재하며, 용암대지 상부에 취락이 위치한 지형면은 T3-1 단구면이다.



그림 5. 백의리 일대 영평천 하곡의 횡단면과 경관.

4. 영평천 하류 단구의 퇴적층 분석

영평천 하류에서 11개 지점(YP1~YP11, 그림 3)의 단구 퇴적층을 대상으로 입도, 작열감량, pH, 대자율, 토색 등을 분석하였다(표 1). 용암대지 형성 이전의 퇴적층인 백의리층의 YP8은 현무암 용암대지의 최하부와 접하는 백의리층의 최상부에서 채취한 시료이며, 주로 세립 모래로 이루어진 하성층이다.

T3-2면에 해당하는 YP1은 2.2m 깊이의 노두로서 기반암이 발견되지 않으며, 아래로부터 모래층과 점토층이 4회 반복되어 나타나고, 표층부에는 점토층이 두께 1m 정도로 두껍게 쌓여 있다(표 1, 그림 6, 8). 작열감량은 모래층에서는 1% 내외로 대체로 낮지만, 점토층에서는 유기물의 영향으로 2~5%의 상대적으로 높은 비율로 측정되었다. 대자율은 전반적으로 낮은 값을 이루는 것으로 보아, 석영을 비롯한 반자성체의 함량이 상대적으로 높으며, 자성 광물의 함량이 적은 것으로 확인된다. 또한 점토층 바로 위에 위치

한 모래층에서 상대적으로 높은 대자율 수치를 나타내고 있다는 점은 아래의 점토층과 위의 모래층이 하나의 퇴적 이벤트를 이루고 있을 가능성을 생각해 볼 수 있다.

T3-2면인 노두 YP5에서도 역시 기반암은 확인되지 않는다. 깊이 1.5~2.0m까지는 granule급의 자갈과 모래 및 점토가 무질서하게 혼합된 층이 나타나며, 1.1~1.5m에서는 점토가 우세한 층이, 1.1m~지표까지는 점토와 모래가 유사한 비율로 혼합된 층을 이루고 있다. 1.1~1.5m의 점토층에서는 부식되지 않은 밤나무의 잎과 열매가 관찰되기도 하였다. 작열감량은 유기물이 많은 점토층에서 가장 높게 나타나며, 대자율 수치는 지표에 가까울수록 점차 높아져 정상적인 패턴을 보여준다.

YP6은 최근 토지 소유주에 의해 굴삭 작업이 이루어진 곳인데(그림 10), 이 지역 주민(이항표, 42세)의 증언에 따르면, YP6 지점 일대는 약 1.2m 두께의 토양화 된 황갈색의 점토가 표층을 이루며, 그 아래에는 약

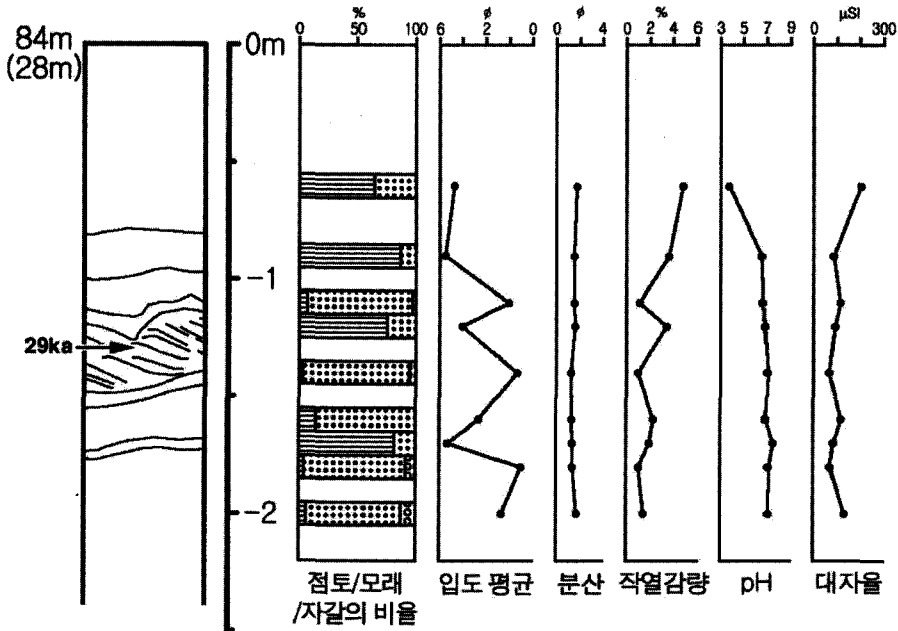


그림 6. 노두 YP1의 수직 퇴적상과 퇴적물 특성

주 : 주상도 좌상단의 숫자는 해발고도와 하상비고(괄호안)를 의미하며, 주상도 중앙부의 화살표는 OSL 연대측정 시료의 채취 지점과 그 연대를 표현하고 있다.

표 1. 영평천 하류 단구 퇴적층 노두의 퇴적물 특성

단구	노두 (해발고도/ 하상비고)	깊이	입도(%) 자갈	모래	점토	입도 평균 (ϕ)	토성1	최빈값	작열 감량 (%)	pH	대자율 (μ SI)	토색2 (dry)
T4	YP8 (54/4.5m)	0.2	26.8	43.8	29.3	3.32	GMS	Bi	2.70	-	-	lyb
T3-2	YP1 (84/27m)	0.6	0.2	35.8	64.0	4.67	SGSM	Bi	4.84	3.64	204.0	lyb
		0.9	0.0	12.8	87.2	5.75	SM	Uni	3.64	6.55	86.1	lyb
		1.1	2.5	90.3	7.2	1.03	SGS	Uni	1.06	6.59	122.0	lyb
		1.2	0.5	24.0	75.5	5.01	SGSM	Uni	3.36	6.80	95.3	lgyb
		1.4	5.3	91.5	3.2	0.72	GS	Uni	0.90	7.02	68.6	lyb
		1.6	0.0	85.6	14.4	2.63	MS	Uni	2.30	6.92	126.0	poy
		1.7	0.1	17.7	82.2	5.29	GGSM	Uni	1.94	7.50	87.1	gy
		1.8	8.0	88.0	4.0	0.53	GS	Uni	0.98	7.12	68.9	lyb
		2.0	12.4	80.9	6.7	1.72	GS	Uni	1.38	7.16	131.0	lb
	YP5 (82/28m)	0.3	13.6	33.6	52.8	3.03	GM	Bi	4.18	4.98	92.2	gy
		0.6	14.4	38.5	47.0	2.69	GM	Bi	2.70	5.42	291.5	yg
		1.0	13.9	40.2	45.9	2.99	GM	Bi	1.08	6.25	101.0	poy
		1.2	10.5	22.7	66.8	3.80	GM	Bi	3.34	6.18	68.2	yg
		1.4	0.4	12.0	87.6	5.44	SGSM	Uni	4.52	6.5	241.7	yg
		1.6	33.2	46.1	20.7	1.08	MSG	Tri	1.52	6.65	13.0	yg
1.8		17.6	28.5	53.8	3.44	GM	Tri	3.04	4.71	34.4	gy	
YP6 (84/27m)	1.0	18.1	77.9	4.0	1.73	GS	Uni	-	-	-	lyb	
T3-1	YP2 (83/22m)	0.5	25.1	62.7	12.1	0.65	GMS	Tri	-	-	-	lyb
		1.0	15.2	76.1	8.8	0.71	GMS	Uni	-	-	-	lyb
		1.5	9.9	82.2	8.0	0.58	GS	Uni	-	-	-	lyb
YP3 (67/19m)	3.0	29.3	67.0	3.7	-0.30	GS	Uni	-	-	-	lyb	
YP4 (73/19m)	0.3	12.5	53.0	34.5	3.20	GMS	Bi	-	-	-	lyb	
YP7 (66/15.5m)	0.3	17.9	39.2	42.9	3.42	GM	Tri	-	-	-	lyb	
YP10 (86/22m)	0.3	2.4	69.6	28.1	2.82	SGMS	Bi	5.08	5.02	774.5	lyb	
	1.5	11.5	76.5	12.0	0.77	GMS	Uni	1.80	7.06	86.0	lyb	
	2.2	18.9	76.5	4.7	-0.01	GS	Uni	1.00	7.04	173.5	lb	
T2-1 (68/11m)	YP11	0.4	8.3	26.0	65.7	4.98	GM	Tri	7.60	5.74	68.0	lyb
		0.7	0.0	0.5	99.5	7.77	M	Bi	6.16	6.22	54.4	yg
		1.2	15.6	55.8	28.6	2.30	GMS	Poly	3.12	6.18	35.4	gy
T1	YP9 (75/10m)	0.3	30.4	55.5	14.2	0.64	MSG	Uni	3.76	5.74	822.0	lgyb

Note 1. SGSM: Slightly Gravelly Sand Mud, SGS: Slightly Gravelly Sand, SM: Sandy Mud, GS: Gravelly Sand, GMS: Gravelly Muddy Sand, MS: muddy Sand, M: mud

2. lyb: light yellowish brown, lgyb: light grayish yellowish brown, lb: light brown, poy: pale orange yellow, gy: grayish yellow, yg: yellowish gray

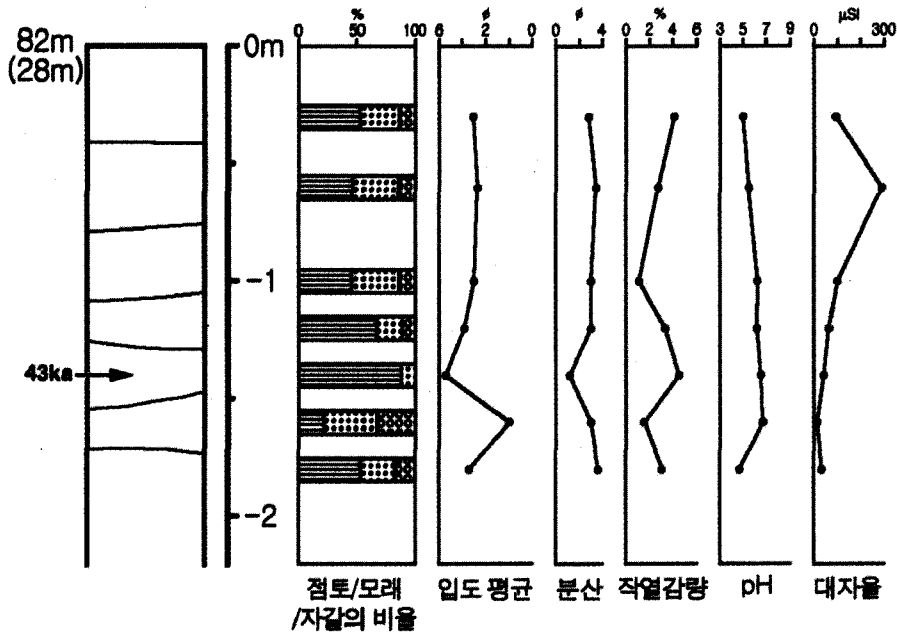


그림 7. 노두 YP5의 수직 퇴적상과 퇴적물 특성

1.5~3.0m의 모래층이, 최하부는 0.5~1m 두께의 청회색의 점토층이 나타난다고 한다. 주민의 증언과 노두 조사를 종합해보면, 영평천 하류의 T3-2 단구면은 3~4m 이상의 두께를 가지며, 점토층과 모래층이 수회 반복되는 형태의 층리 구조를 가지는 것으로 파악된다.

T3-1면인 YP2는 기반암은 확인되지 않으며, 두께 3~4m 이상의 하성 역층 및 모래층이 하부를 이루고 있고, 상부의 약 2m는 granule급의 역을 포함한 모래층으로 이루어져 있다. YP2 노두 부근은 현재 구릉의 형태를 띠는 단구면을 상당 부분 절개하여 공장과 농경지가 입지하고 있어, 하성층의 노두가 잘 드러나 있다(그림 11).

연구 지역에서도 상대적으로 상류인 양문리에 위치한 노두 YP10에서도 기반암은 확인되지 않으며, 하부 약 2m는 모래를 기질로 하는 cobble급의 하성 역층이 나타나며, 상부의 0.5m는 상대적으로 점토의 함량이 높은 모래층이 발달되어 있다(그림 9).

T3-1면은 대부분 3~4m 이상의 두께를 가지는 모래를 기질로 하는 역층으로 이루어져 있어, 점토층과 모

래층이 교호하는 T3-2면과 대비된다. 하상비교로 판단할 때, T3-2면은 지형면의 개석이 진행되기 이전 T3-1면의 상부층에 해당될 가능성이 높다는 점에서, 영평천 하류의 T3면 퇴적층은 본래, 하부 3~4m 부분에는 상당한 유속에 의해 운반된 하성 모래 및 역층이, 상부 3~4m에는 유량이 증가할 때 운반·퇴적된 모래층과 흐름이 정체된 호소 시기에 퇴적된 점토층이 교호하는 층서 구조로 판단된다.

T2면은 대부분 농경지, 취락 등 인위적인 토지 이용이 많아 원지형 및 퇴적층 노두를 확인하기가 매우 어렵다. 주원리의 서쪽에 위치한 YP11 노두에서는 농경지 상태의 표층 아래에 약 1.5m 두께의 퇴적층이 드러나 있는데, 깊이 0.9~1.5m 층은 소량의 점토와 역을 포함한 모래층이며, 깊이 0.6~0.9m 층에는 점토의 비율이 99.5%이며, 6 ϕ 이상의 세립 silt와 clay가 약 91% 이상을 차지하는 미립질의 점토층으로 이루어져 있으며, 이보다 상부인 깊이 0.3~0.6m에서도 점토의 비율이 65.7%로 매우 높게 나타나고 있다. 그리고 퇴적층 노두를 발견하지 못했지만, 오가리 일대 T2면의

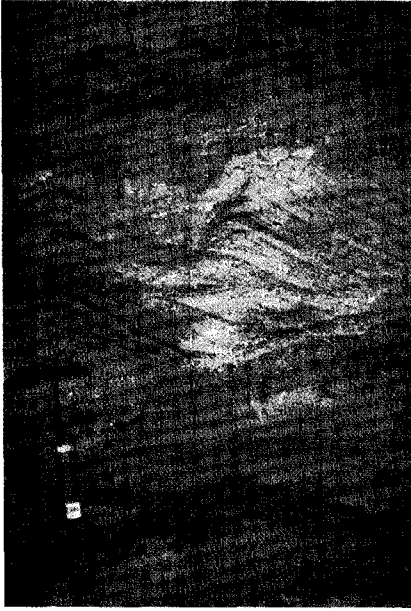


그림 8. 노두 YP1의 깊이 0.8~1.9m 사이의 호소성 퇴적층
 주 : 모래층과 점토층이 교호하며, 중앙의 모래층은 사층리가 매우 잘 발달되어 있다.



그림 9. 노두 YP10의 퇴적층
 주 : 약 2m 이상의 두께로 모래를 매트릭스로 한 하성 역층이 분포하며, 최상부 0.5m에는 점토질 모래층이 나타난다.



그림 10. YP6의 모래층 노두

주 : 구릉상에 발달한 화강암풍화토와 유사해 보이나, 자세히 관찰하면 수평의 퇴적구조가 잘 발달한 모래층이다.



그림 11. YP2 지점 부근의 퇴적층 노두

주 : 공장 건설에 의한 절개지로, 4m 이상 두께의 모래 및 자갈로 이루어진 퇴적층이 나타난다.

지표면에서는 pebble 및 cobble급의 원력이 발견되며, 단구면의 하단부에서는 지표 부근에서 기반암이 나타난다.

T1면 노두인 YP9는 약 1m의 충후를 갖는 cobble급

의 원력층이다. YP9는 T3 및 T2면 노두의 퇴적층과는 달리, 역이 매우 신선하며, 토색이 상대적으로 갈색에 가깝고, 대자율 값이 상대적으로 매우 높다.

표 2. OSL 연대측정 결과

Sample numbers	Dose Rate (Gy/ka) (3.88±0.09)	Equivalent dose (Gy) 145.36±7.75	Water content (%) (31.232)	Aliquots used (n) 15	OSL age (ka) (37.5±2.2)
YP1	5.02±0.16 (3.88±0.09)	145.36±7.75	4.659 (31.232)	15	29±1.7 (37.5±2.2)
YP2	5.39±0.12 (5.16±0.12)	151.87±14.74	18.093 (22.774)	15	28.2±2.8 (29.5±2.9)
YP5	4.09±0.09 (3.99±0.09)	173.94±10.2	28.022 (30.851)	15	42.6±2.7 (43.6±2.7)

주 : 괄호안의 값은 포화 함수비를 기초로 하여 계산된 값임

5. 고호소와 단구의 형성과정

표 2는 단구 T3면에 해당되는 YP1, 2, 5의 퇴적층에서 채취한 시료에 대한 OSL 연대측정을 측정 결과이다. YP1의 깊이 1.3m에 해당되는 모래층은 29ka의 연대가 측정되었으며, YP2 노두에서 깊이 약 4m에 해당되는 모래층에서는 28ka의 연대가, YP5의 깊이 1.4m에 해당되는 점토층에서는 43ka의 연대가 측정되었다. 이 연대는 이선복(2005)이 제시한 양문리 일대 고호소 퇴적층의 연대인 45,400(±5,000)년 전과 거의 일치한다. 이를 종합하면, T3면 퇴적층의 형성시기는 3~4만 년 전에 해당되는 것으로 판단된다.

또한, 하안단구 퇴적층 자갈에서 풍화각 두께를 측정한 결과(표 3), T3-1면은 총 70개의 화강암 자갈에서 풍화각 두께의 중앙값은 3.4mm로 측정되었으며, 39개의 편마암에서는 2.8mm로 측정되었다. 이 지역

편마암 자갈의 경우, 자갈의 단면에서 풍화각의 구분 이 모호하며, 지점에 따라 풍화각의 두께가 다양하여, 풍화각 두께를 통한 지형 형성시기의 추정이 어렵다. 그러나 화강암 자갈은 상대적으로 풍화각의 발달이 뚜렷하며, T3-1면의 풍화각 두께 중앙값도 거의 유사하게 나타나고 있다. T4면인 백의리층 내부의 자갈은 풍화각의 두께가 T3면보다 얇게 나타나는데, 그것은 백의리층이 약 10m가 넘는 현무암층의 아래에 매몰되어 있기 때문에, 퇴적층의 표면이 대기에 노출되어 내부로 물과 공기의 침투가 유리한 다른 퇴적층에 비해 풍화 조건이 매우 불량하기 때문으로 추정된다.

자갈의 풍화각 두께의 특성을 분석한 선행연구(이광률·윤순옥, 2003; 이광률·박충선, 2005)에 따르면, 간빙기(또는 아간빙기)를 거친 화강암 역은 10mm 이상의 두께로 내부까지 풍화가 진전되지만, 간빙기를 거치지 않은 화강암 자갈은 1mm 내외의 매우 미약한 풍화각 두께를 가지는 것으로 보고되고 있다. 따라서 화강암 역의 풍화각 두께로 볼 때, 영평천 하류의 하안단구 T3-1면의 화강암 자갈은 간빙기를 거치지 않은 것으로 추정되며, 이는 OSL 연대측정 결과와도 일치된다.

중단면상의 연속성이 가장 양호한 T3-1면은 백의리와 궁평리에서 용암대지의 바로 상부에 퇴적층을 형성하고 있다. 이는 곧, 용암대지 형성 이후 하천이 용암대지의 표면을 흘렀을 때 형성된 단구면임을 증명하는 것으로서, T3, T2, T1면의 형성시기가 용암대에 의해 고호소가 형성된 이후부터 현재까지라는 것을 의미한다.

T3면은 하천 중단면상에서의 위치, 역을 포함하지

표 3. 단구 퇴적층 자갈의 풍화각 두께

하안 단구	노두	해발고도	풍화각 두께의 중앙값(mm)	
			화강암(개수)	편마암(개수)
	YP3	약 66m	3.3(16)	28.1(8)
T3-1	YP7	약 66m	3.3(16)	28.1(8)
	YP4	약 66m	3.3(16)	28.1(8)
	YP2	약 66m	3.3(16)	28.1(8)
	평균		3.4(70)	2.8(39)
T4	YP8	약 55m	2.8(15)	2.0(13)



그림 12. 영평천 하류 단구 생성시기별 고호소의 범위

주 : Landsat ETM 위성영상을 배경으로 중첩하여 작성하였다.

않는 화강암 기원의 두꺼운 모래층을 포함하여 이와 여러 차례에 교호하여 나타나는 점토층의 존재로 볼 때, 선행 연구자(라우텐자흐, 1945; 전용목, 1979; 양교석, 1982)들의 주장과 같이, 영평천의 고호소 퇴적층으로 파악된다(그림 12). 즉, 영평천의 하구가 용암담에 의해 막히면서, 영평천 하류에서부터 하도의 호소화가 진행되었고, 이 과정에서 유량이 많을 때와 적을 때, 또한 유속의 증감에 따라 각각 모래층과 점토층이 교호하면서 형성된 것으로 판단된다. OSL 연대 측정 결과, 이러한 호소 시기는 용암담 형성 이후부터 약 3~4만년 전까지 지속되었던 것으로 추정된다.

T2면은 전체적으로 기반암의 상부에 두껍지 않은 역층이나 점토층을 이루고 있는 것으로 파악된다. 또한 T2면은 T3면에 비해 단구면의 규모가 작고, 분포 밀도도 낮으며, 오가리 일대를 제외하면, 대부분 T3면과 현재의 영평천 하도 사이에 위치하고 있다. 이러한 퇴적물의 특성 및 두께, 단구면의 위치, 기반암의 고도, T3면과 T2면 사이의 지형 기복의 변화 등을 종합하여 추정할 때, T2면 퇴적층은 T3면 퇴적층과 거의 동일한 것으로 판단된다. 즉, 영평천 하구의 용암담이 개석되어, 이 일대가 호소보다는 하천에 가까운 상태로 변하면서, 하방 및 측방 침식의 부활 및 지류 하천의 개석 작용으로 퇴적층이 해체되는 과정에서 남겨진 지형면으로 파악된다. T2면의 분포 위치로 볼 때, T2면 형성 시기의 영평천의 고호소는 이전의 T3면 시기

보다 그 폭이 상당히 축소되었을 것으로 추정된다(그림 12).

T1면 퇴적층은 T3 및 T2면과 상이한 특성을 가진다는 점에서, T1면의 형성시기는 고호소 시기를 지나, 영평천의 정상적인 하천 발달과정에서 형성된 퇴적층으로 추정된다.

6. 결론

신생대 4기말 한탄강의 상류로부터 흘러내린 용암류는 그 지류인 영평천의 하도를 따라 4.5km 역류하면서 하구를 막아 용암담에 의한 고호수를 만들었다. 고호수의 추정 범위는 하구에서부터 성동리까지로 추정되며, 이 구간에서 호안단구 및 하안단구 지형면은 T1부터 T4까지의 총 4단으로 분류된다.

가장 고도가 낮은 T4면은 용암대지 하부의 하성층인 백의리층으로서, 하상비고 4.5m로 용암담 이전에 형성된 원력층이며, 용암대지가 분포하는 백의리 일대에만 존재한다. 가장 고도가 높은 T3면은 18~23m, 25~28m의 두 단으로 분리되며, 사실상 매트릭스에 아원~완원력의 자갈이 포함되어 있으며, 층의 상부에는 모래층과 실트층이 교호하여 나타난다. T2면은 10~12m, 13~16m의 두 단으로 이루어져 있으며, 주로 모래로 이루어져 있고, 소량의 점토와 역을 포함한

다. T1면은 T1면은 하상비고 6~10m로, 거의 풍화되지 않은 사력층이 발달되어 있다.

이들 중 T3면과 T2면은, 층서적 특성이 비교적 유사하며, 상부에 약 1~2m의 비교적 두꺼운 모래층과 이와 교호하는 점토층, 하부에는 두께 3~4m의 하성역을 포함하는 모래층의 성격으로 보아서, 용암담에 의한 호소 상태에서 형성된 호소성 단구(lacustrine terrace, lake terrace)로 파악된다. 유역의 지질이 퇴적변성암 및 응회암으로 구성된 차탄천 용암담의 고호소(이민부 외, 2001; 이민부 · 이광률, 2003)와는 달리, 화강암 풍화층이 우세한 영평천의 유역 분지에서는 상류로부터 다량의 모래 및 자갈의 퇴적물들이 공급되었을 것이고, 용암담 호소의 형성으로 하도에 공급된 모래와 자갈들은 짧은 기간 동안 하도의 급격한 매적작용을 진행시킨 것으로 파악된다. T1면은 가장 비고가 낮고, 역의 상태가 매우 신선한 것으로 보아 하류의 용암담이 개석되어 영평천이 하천으로 복원된 후에 형성된 하성 단구로 파악된다.

OSL연대 측정의 결과, T3면의 퇴적 시기는 약 3~4만년 전으로 측정되었다. T3-1면이 백의리층의 상부에 위치한 현무암층을 덮고 있는 것으로 보아, 이때까지도 여전히 호소상태로 있으면서 용암대지 위를 흘러 넘치면서 퇴적된 것으로 파악된다. 이를 보아서 영평천 하류의 용암담 고호소는 최소한 3만년 전까지도 존속된 것으로 보이며, 결과적으로 용암분출의 시기는 27만년 전(최무장, 1982), 혹은 50만년 전(신재봉 외, 2004) 보다는 후대일 것으로 추정할 수 있다. 차후로 더 많은 층서에서의 시료채취와 연대측정이 이루어진다면 용암분출 시기에 대한 보다 나은 연대 추정이 가능할 것으로 본다.

文 獻

- 김규한 · 김옥준 · 민경덕 · 이운수, 1984, "추가령 지구대의 지질구조, 고지자기 및 암석학적 연구," 광산지질, 17(3), 215-230.
- 라우텐자흐, 1945(김종규 외 역, 1998), 코레아, 민음사.
- 신재봉 · 유강민 · Toshiro Naruse · Akira Hayashida, 2004, "전곡리 구석기 유적 발굴지인 E55S20-IV 지점의 미고결 퇴적층에 대한 퇴스-고토양 층서에 관한 고찰," 지질학회지, 40(4), 369-381.
- 신재봉 · Toshiro Naruse · 유강민, 2005, "퇴스-고토양 퇴적층을 이용한 홍천강 중류에 발달한 하안단구의 형성시기," 지질학회지, 41(3), 323-333.
- 양교석, 1982, "추가령열곡대 내 한탄강 하류 지역에 분포하는 화산암류에 관한 연구," 한국지구과학회지, 3, 13-25.
- 원종관, 1983, "한반도에서의 제4계 화산활동에 관한 연구-추가령 열곡대내에서-, " 지질학회지, 19(3), 159-168.
- 이광률 · 박충선, 2005, "자갈 및 암설의 풍화각 두께와 풍화 시간 사이의 관계," 한국지형학회지, 12(3), 13-27.
- 이광률 · 윤순옥, 2003, "홍천강 하안단구의 형성시기별 역풍화 특성," 지질학회지, 39(4), 431-444.
- 이대성 · 유기주 · 김광호, 1983, "추가령곡의 지구조적 해석," 지질학회지, 19(1), 19-38.
- 이민부 · 이광률, 2003, "추가령 구조곡 차탄천 상류와 독서당천의 고지형 분석," 한국지형학회지, 10(3), 345-358.
- 이민부 · 이광률 · 김남신, 2005, "추가령 열곡 내 포천 이동 선상지의 지형 형태 분석," 한국지형학회지, 12(2), 1~10.
- 이민부 · 이광률 · 윤순옥 · 황상일 · 최한성, 2001, "추가령 구조곡 연천 단층대에 분포하는 합류 선상지의 퇴적 환경 분석," 지질학회지, 37(3), 345-364.
- 이선복, 2005, "임진강 유역 용암대지의 형성에 대한 신자료," 한국지형학회지, 12(3), 29~48.
- 임만빈, 1984, 한탄강 유역의 화산암류에 대한 지질공학적 연구, 고려대학교 석사학위논문.
- 전용목, 1979, 한탄강 연안의 지형발달에 관한 연구, 건국대학교 석사학위논문.
- 최무장, 1982, "Report of The Third Excavation in Cheon-Kok Paleolithic Site," 건국대학교, 인문과학논총, 14, 207-238.
- Burr, T. and Currey, D. R., 1992, Hydrographic Modelling at the Stockton Bar, in Wilson, J. R.,

- (ed.), *Field Guide to Geologic Excursion in Utah and Adjacent Areas of Nevada, Idaho and Wyoming: The Geological Society of America*, Utah Geological Survey, Miscellaneous Publication, 92(3), 207-219.
- Currey, D. R., 1980, Coastal Geomorphology of Great Salt Lake and Vicinity, in Gwynn, J. W. (ed.), *Great Salt Lake: A Scientific, Historical and Economic Overview*, Utah Geological and Mineral Survey Bulletin, 116, 69-82.
- Davis, W. M. 1933, The Lake of California, *Calif. J. Mines Geology*, 29, 175-236, In Wetzel, R. G. (ed.), 2001, *Limnology: Lake and River Ecosystems*, Academic Press, p.25.
- Gilbert, G. K., 1890, *Lake Bonneville*, U.S. Geological Survey Monograph 1, Washington, D. C., Government Printing Office.
- Harris, A. G., Tuttle, E. and Tuttle, S. D., 2004, *Geology of National Parks*, Kendall/Hunt Publishing Company.
- Pederson, J. L., 2000, Holocene paleolakes of Lake Canyon, Colorado Plateau: Paleoclimate and Landscape Response from Sedimentology and Allostratigraphy, *Geographical Society of America Bulletin*, 112(1), 147-158.
- Staratford, V. C., 1999, Coastal Landforms and Relict Features of Lake Bonneville - A Literature Review, in *Geology of Northern Utah and Vicinity, Utah Geological Association Publication* 27, 367-278.
- Starkel, L., 1991, The Vistula River Valley: A Case Study for Central Europe, In Starkel, L., Gregory, K. J. and Thornes, J. B.(eds.), 1991, *Temperate Paleohydrology*, John Wiley & Sons, 171-188
- Wetzel, R. G., 2001, *Limnology: Lake and River Ecosystems*, Academic Press.
- 교신: 이민부, 363-791 충북 청원군 강내면 한국교원대학교 제2대학지리교육과(이메일: minblee@knue.ac.kr, 전화 : 043-230-3630)
- Correspondence: Min-Boo Lee, Professor, Department of Geography Education, Korea National University of Education, cheongwon-Gun Chungbuk 363-791 Korea (e-mail: minblee@knue.ac.kr, phone: 043-230-3630)

최초투고일 05. 11. 1

최종접수일 05. 12. 6