

경북 청도분지의 선상지 지형발달*

황 상 일**

The Geomorphic Development of Alluvial Fans in *Cheongdo* Basin, *Gyeongsangbuk-do*(Province), South Korea

Sang-Il Hwang**

요약 : 경북 청도분지의 청도읍과 화양읍을 중심으로 선상지 분포와 지형발달을 조사하였다. 청도분지 남동쪽에 남산(840m)을 최고봉으로 하는 산지 전면에 동-서 방향으로 연속되어 나타나는 합류선상지는 하상비고가 다른 고위면, 중위면, 저위면의 세 지형면으로 구분된다. 선상지를 이루는 역층은 하천에 의해 운반, 퇴적되었으며, 오래된 것일수록 자갈의 풍화 정도가 심하였다. 합류선상지를 구성하는 각 선상지 지형면의 크기와 지형면을 형성하는 하천 유역분지 크기와의 관계, 즉, 규모에 있어서 선상지-유역분지 체계는 정(正)의 상관관계에 있다. 청도분지에는 단층선이 통과하지 않을 뿐 아니라 선상지를 형성한 하천 유역분지의 기반암이 풍화와 침식에 대한 저항력이 강한 안산암이지만, 반경 1 km 이상인 선상지가 분포한다. 이러한 현상으로 볼 때, 우리나라에서 선상지 형성에 가장 크게 영향을 미치는 요소는 빙기와 간빙기가 반복된 제4기 기후변화이다. 따라서 제4기 동안 거의 같은 정도로 기후변화의 영향을 받은 한반도에서 선상지는 단층선의 유무와 관계없이 보편적으로 형성될 수 있는 지형이다.

주요어 : 선상지, 청도분지, 선상지-유역분지 체계, 제4기 기후변화, 지형발달.

Abstract : We investigated the distribution and geomorphic development of alluvial fans at *Cheongdo*- and *Hwayang-eup*(town) in the *Cheongdo* Basin, *Gyeongsangbuk-do*(Province) of Korea. The alluvial fans of study area are formed confluent to the E-W direction at the northern slope of the Mt. *Namsan*(840 m). They are classified into Higher surface, Middle surface, and Lower surface according to a relative height to a river bed. And the older alluvial fan is, the deeper gravel in the stream deposits is weathered. The magnitude of each surface composing of confluent fans is related to that of the drainage basin. So called fan-basin system of magnitude on the study area is on the positive(+) relation in the study area. The large fans over 1km in radius are found on the basin of andesite rock which is resistant to the weathering and erosion. Moreover there is no tectonic movement in the basin. It means the most important element influenced on the fan formation is not tectonic movement, but the Quaternary climatic change, which is the periglacial climate alternating glacial and interglacial stages during the Quaternary. Therefore alluvial fans would distribute in Korea overall influenced by the Quaternary climatic change.

Key Words: alluvial fan, *Cheongdo* basin, Fan-Basin system, The Quaternary climatic change, geomorphic development.

1. 문제제기 및 연구목적

우리나라 산지의 산록에 형성되어 있는 사면경사가 완만한 지형면은 선상지 또는 pediment성 산

록완사면으로 상이하게 주장되어 왔다. 이는 동일한 지형면에 대하여 전자는 퇴적작용, 후자는 침식작용을 통하여 발달한 것으로 보기 때문이다. 장재훈(2002)은 최근 자신의 연구를 종합하여 발간한 저서에서 산록완사면에 대하여 상당히 모호한 논

* 이 논문은 2001년도 경북대학교의 연구비에 의하여 연구되었음.

** 경북대학교 사회과학대학 지리학과 조교수(Assistant Professor, Department of Geography, College of Social Sciences, Kyungpook National University), hayob@orgio.net

의를 전개하고 있어, 아직 이 문제에 대하여 많은 연구자들이 혼란을 겪고 있는 것이 현실이다. 심지어 우리나라에는 석왕사선상지를 제외하면 선상지는 없는 것으로 오해하는 이들이 있을 정도이다. 무엇보다 우리나라 선상지 퇴적층의 두께가 수 십 m에 이를 정도로 두껍지 못한 것이 선상지부정론의 큰 빌미가 된다. 그러나 한반도 특히 동해안이 전체적으로 융기하고 있다는 사실을 감안하면 극히 안정되거나 침강하는 지역과 같은 관점에서 퇴적층의 두께를 논의하는 것은 무리가 있다. 이와 같이 분류하기 모호한 지형면은 단순히 퇴적층의 두께로 판단할 것이 아니라, 지형면을 이루고 있는 퇴적물이 어떤 기구(agent)에 의해 어떤 지형형성 작용(process)을 통해 현재의 형태를 이루고 있는가를 논의하여야 할 것이다.

우리나라 선상지 연구는 박노식(1959)을 필두로 泗川·三千浦지역의 扇狀地에 대한 윤순옥의 보고(1984) 이후 약 15년의 공백기를 거쳐, 최근 한반도 남동부 경주~울산 사이의 불국사(울산)단층선, 양산~영해 사이의 양산단층선을 연하여 연구(曹華龍, 1997; 黃相一, 1998; 尹順玉·黃相一, 1999, 2004; 黃相一·尹順玉, 2001; Saito et al., 2004)가 집중적으로 이루어지고 있다. 이들 연구에서는 선상지 지형발달에 영향을 미치는 요인을 신생대 제 4기(新生代 第四紀) 기후변화와 지반융기, 기반암 특색, 단층운동으로 파악하였으며, 지형면경사와 규모 등에 대해서도 논의하였다.

선상지는 화산활동, 지각변동, 기후변화, 해면변동에 의해 형성된 지형이다(齊藤, 1988). 최근에 보고된 우리나라의 선상지연구는 대부분 구조운동에 의해 형성된 단층선이 통과하는 지역에서 이루어졌다. 미국 서부의 건조지역에 분포하는 선상지들은 거의 전부 단층애와 관련될 정도(권혁재, 1996)로 단층선이 통과하는 지역은 선상지가 발달하기에 좋은 조건이 된다. 단층선이 선상지 형성에 전제조건이라면 선상지 분포가 제한될 수밖에 없으므로, 단층선이 통과하지 않는 지역에서 선상지 존재를 확인할 필요가 있다.

본 연구는 청도읍과 화양읍 일대의 선상지 분포와 지형발달을 논의하였다. 이를 위하여 항공사진과 지형도 판독으로 지형면을 일차적으로 분류한 후, 현지조사에서 각 지형면의 퇴적물 특징과 지형

면들 간의 상호관계를 통하여 지형분류도를 수정·보완하였다. 완성된 지형분류도를 기초로 선상지의 공간분포와 특징을 밝히고, 지질도와 비교하여 기반암 분포가 선상지 형성에 미친 영향을 검토하였다. 선상지를 형성한 각 하천의 유역분지 특성과 선상지 지형면의 특징을 비교하여 이들 사이의 관계를 검토하고 화양읍 지역 선상지 노두의 퇴적상을 통하여 퇴적환경변화를 살펴보았다. 그리고 이와 같은 사실들을 종합하여 선상지 지형발달을 논의하였다. 아울러 단층선이 통과하지 않는 이 지역의 지형발달을 근거로 우리나라 선상지 분포에 대해 추론하였다.

2. 연구지역 개관

그림 1은 연구지역인 청도읍과 화양읍을 포함하는 청도분지의 지형을 나타낸 것이다. 이 분지는 분지저 해발고도가 100~150m이며 동-서 방향으로 다소 긴 형태를 취하고 있다. 밀양천의 상류부에 해당하는 청도천은 분지의 서쪽에서 발원하여 분지저를 동류하며 통과하고 청도읍에서 남류하여 분지를 빠져간다. 분지 내에서 청도천은 하상경사가 완만하여 하천의 양안에 자연제방이 발달한다.

이 분지의 북쪽분수계는 삼성산(663m), 용각산(692m)을 비롯하여 해발고도 400~500m의 산지로 되어 있다. 분수계의 남사면에는 선상구조(lineament)가 뚜렷하지 않으나, 구조운동을 받은 것으로 생각되는 북북서-남남동 방향의 하곡들을 따라 곡저평야가 발달하고 있다. 동쪽 분수계는 해발고도 500~700m인데, 북동-남서 방향의 단층선이 통과하고 있다. 분지의 서쪽에도 북북서-남남동 방향의 선상구조(lineament)가 분포한다. 한편 남쪽 분수계는 남산(840m)을 비롯한 높은 산지로 이루어져 있다. 남산의 남쪽에는 동-서 방향의 선상구조가 통과하고 있으나 이것이 단층선인지는 확인되지 않는다. 남쪽 분수계 전면의 각남면 일곡리와 화리, 화양읍, 청도읍에는 선상지가 발달하고, 이보다 서쪽은 곡저평야가 분포한다.

청도지역의 기반암은 충적층을 제외하면 대부분 중생대 백악기의 분출암과 관입암이다. 즉, 분지저는 함각력안산암질암이고, 분수계는 함각력안산암

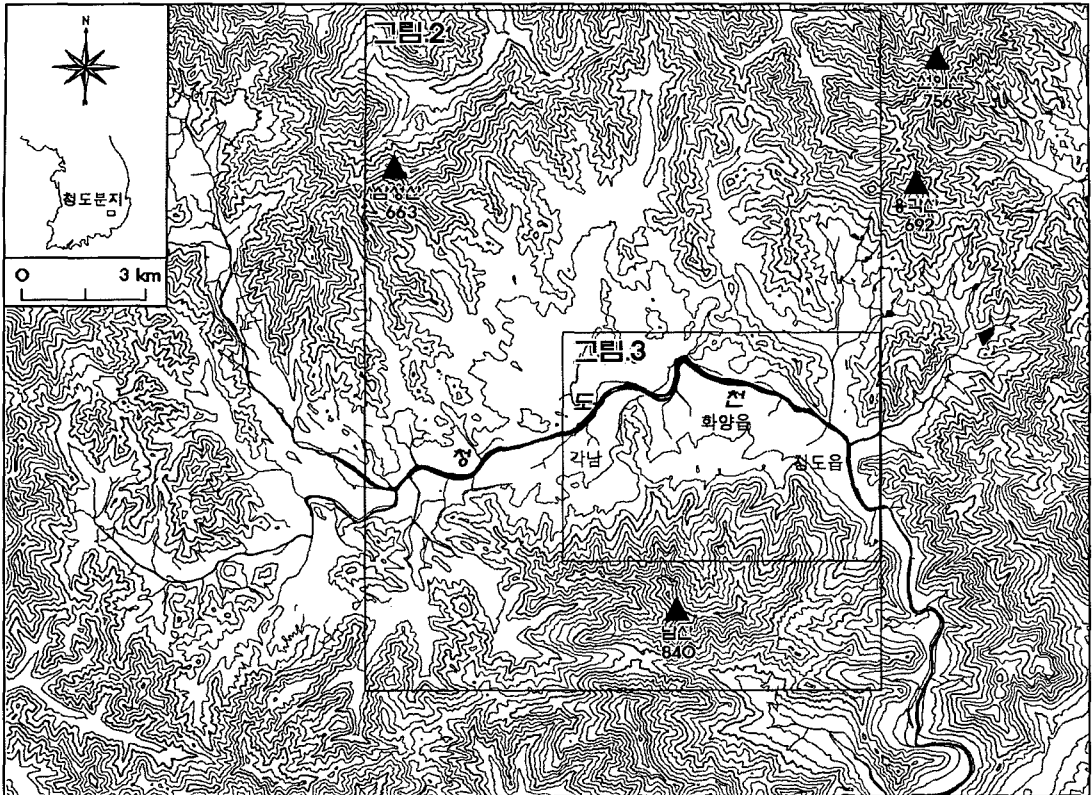


그림 1. 청도분지의 지형개관

질암, 주산안산암과 흑운모화강암으로 되어 있다. 특히 분수계가 함각력안산암질암인 녹명리 지역은 분수계 부근까지 하곡이 발달하여 곡저평야가 폭 넓게 나타나며, 선상지는 형성되지 않았다. 함각력안산암질암은 침식과 풍화에 대한 저항력이 상대적으로 약하며 절리가 잘 발달되어 있어 해발고도가 낮은 구릉지를 이룬다. 선상지를 형성한 하천 유역분지의 지질은 주산안산암과 흑운모화강암인데, 일류식분출로 형성된 주산안산암은 안산암, 조면암질안산암, 휘석안산암 등으로 구성된다. 흑운모화강암은 주산안산암 분출 이후에 관입한 것으로 수직절리가 발달하면서 주산안산암과의 경계부에서 해발고도가 높은 분수계가 나타난다(그림 2).

3. 지형면 분포

1:20,000 항공사진, 1:25,000 및 1:5,000 지형도를

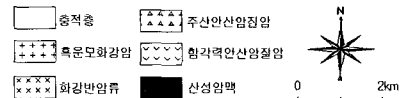
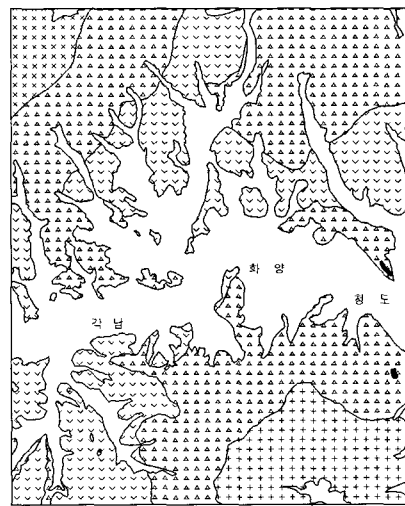


그림 2. 청도분지의 지질(국립지질조사소 1964)

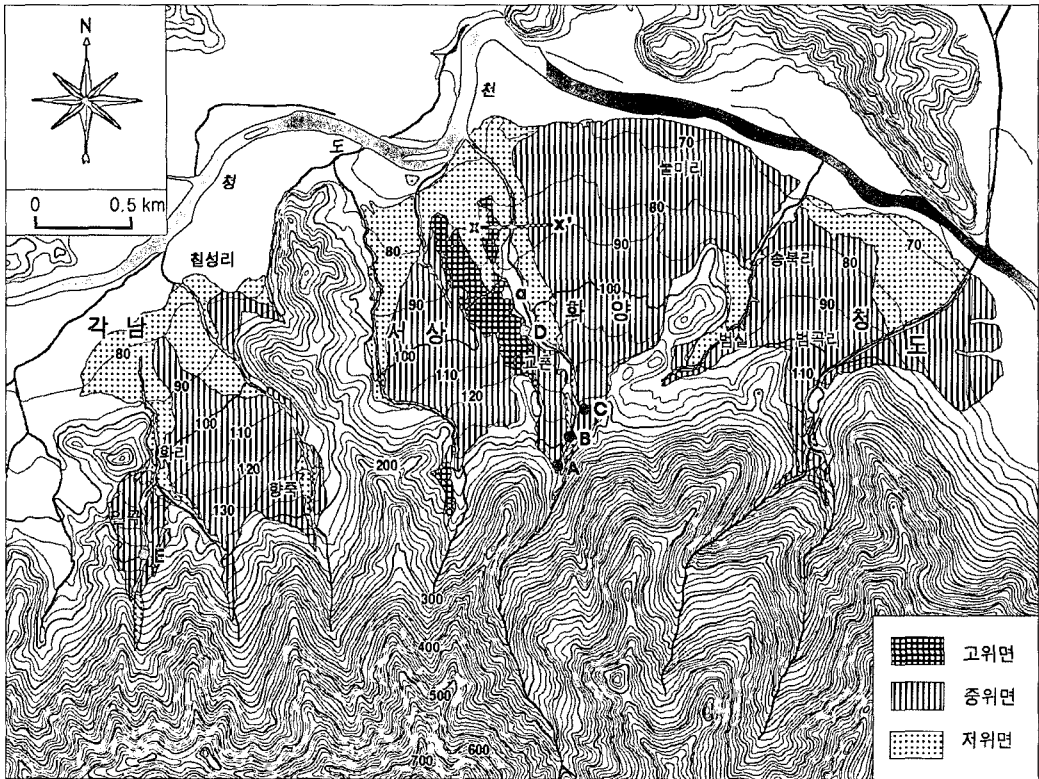


그림 3. 청도, 화양지역 선상지 지형면 분류

판독하여 지형면의 하상비교와 이들 사이의 상호 관계, 개석정도와 분포상태 등을 기준으로 지형면을 분류하고, 노두조사에서 확인된 퇴적물의 특성을 통하여 선상지 지형면을 고위면, 중위면, 저위면으로 세분하였다(그림 3).

퇴적물을 공급한 하천 유역분지를 기준으로 청도, 화양, 서상, 각남 지역으로 구분하여 선상지의 특징을 검토하였다.

1) 청도선상지

청도읍 범곡리 해발고도 700~800m 부근에서 발원하여 대동골과 폭포골을 따라 대동천이 운반한 사력이 퇴적되어 형성된 선상지이다. 청도읍 서가지와 화양읍 범곡리와 송북리에 걸쳐 분포하며 선정부와 선단부 사이의 거리는 1km 정도이다. 지형면의 평면적 형태는 전체적으로 부채꼴을 이루고 있다.

고위면은 확인되지 않고, 중위면이 가장 넓게 발

달하였으며, 저위면도 소하천인 대동천 하류부 좌안에 비교적 넓게 분포한다. 대동천 우안의 중위면은 범람원과 만나는 선단부의 가장자리 윤곽이 돌출하여 호(弧)를 이루며 선단부에는 비교적 큰 개석곡이 2개 발달하고 있다. 대동천 좌안에도 중위면이 넓게 분포하고 있으나, 선단부에는 저위면이 형성되어 있다. 저위면의 선단부는 청도천을 북쪽으로 밀어내며 부채꼴의 형태를 나타낸다. 저위면의 선단부에는 개석곡이 확인되지 않는데, 청도천에 의해 측방침식을 받았을 가능성도 있다.

청도선상지 서쪽의 범실에도 중위면과 저위면이 나타나는데 지형면을 형성하는 소하천의 유역분지 규모가 매우 작으므로, 지형면의 하상비교가 작고 지형면의 규모도 대단히 작다. 중위면과 저위면 사이에는 작은 애면이 있다.

2) 화양선상지

청도분지에서 가장 규모가 큰 선상지로서 반경

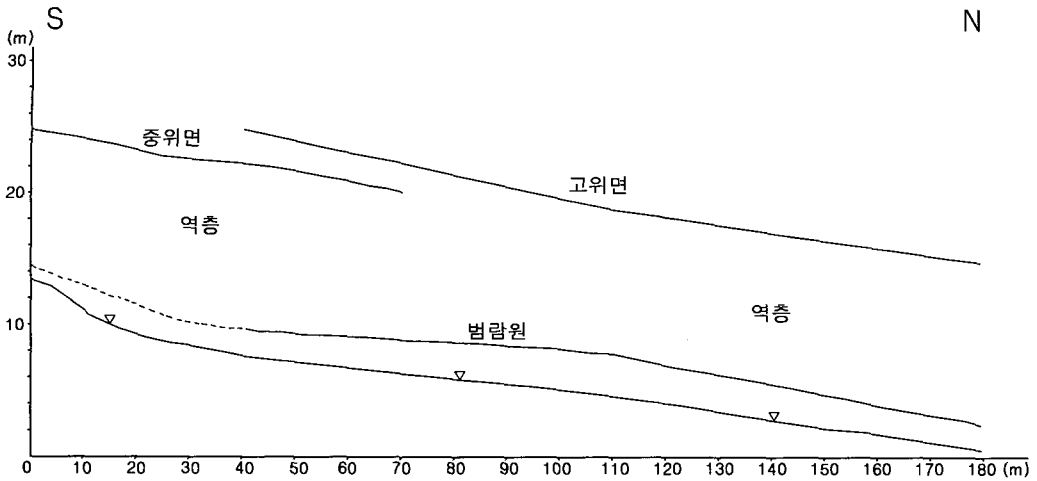


그림 4. 화양선상지 노두 D 고위면과 중위면의 관계

눌미리, 합천리, 동상리, 동천리, 교촌리 일대에 분포하며 고위면, 중위면, 저위면들이 모두 나타난다.

전체적으로 전형적인 선형(扇形)을 나타내며, 중위면이 가장 넓다. 특히 고위면의 규모는 청도분지의 합류선상지 가운데 가장 크다. 고위면은 서쪽에 북북서-남남동 방향으로 길게 분포하는데, 개석을 심하게 받아 지형면 가장자리 윤곽이 복잡하다. 고위면은 대단히 평탄하며 조선시대 화양읍성이 지형면을 포함하여 조성되었으며 현재 동쪽 성벽이 고위면 위에 남아 있다. 교촌리 부근에서는 산지 말단부가 북쪽으로 돌출하여 이 지형면이 개석되는 것을 막았다. 고위면의 서쪽은 서상선상지 중위면과 경계를 이루는데, 작은 개석곡이 2개 있다. 고위면은 선정부에서는 지형면 가장자리가 수직의 단애를 이루고 있으나, 선단부에서는 애면의 높이가 낮고 경사가 상대적으로 완만하다. 중위면은 남산천의 우안에 부채를 펼친 것 같은 전형적인 선형을 나타낸다. 선단부에는 규모가 매우 작으나 개석곡의 흔적이 있다. 동상리 남쪽 선정부에서 중위면과 고위면의 비고차는 2m 정도이다(그림 4). 저위면은 하천이 고위면과 중위면을 개석한 개석곡을 따라 하안단구의 형태로 나타난다. 저위면의 선단부 가장자리는 청도천의 측방침식을 받았다. 화양선상지 선단부 합천2리 부근(그림 3의 x-x')에서도 고위면, 중위면, 저위면이 확인된다.

3) 서상선상지

화양읍 신봉리 해발고도 700m 부근에서 발원하여 북류하는 소하천이 만든 선상지이다. 퇴적물 공급이 훨씬 많았던 화양선상지에 의해 부채꼴이 변형되어 선양부가 선단부보다 폭이 넓다. 아울러 지형면의 규모도 화양선상지에 비해 현저하게 작다.

고위면은 선정부에서 다소 넓게 분포한다. 중위면의 규모가 가장 크고 저위면은 하안단구 형태로 소하천을 연하여 분포하다가 선단부에서 넓게 펼쳐진다.

4) 각남선상지

청도군 각남면 화리와 일곡리 일대의 해발고도 800m에서 550m에 이르는 분수계에서 발원하여 북류하는 소하천들이 형성한 선상지이다. 화리와 향죽에는 두 개의 소하천이 평행하게 흐르면서 규모가 크고 하상비고가 높은 지형면을 형성하였다. 이와 대조적으로 일곡리 쪽으로 유입하는 소하천은 규모가 매우 작으므로 지형면도 규모가 작다. 이것은 화리와 향죽의 선상지가 사력이 퇴적될 수 있는 공간을 대부분 차지한 데 기인하는 것으로 생각된다.

고위면은 일곡리에 분포하는데, 지형면이 좁고 길다. 전체적으로 중위면의 규모가 가장 크고, 저위면은 선정부에서는 하안단구 형태를 취하지만

선단부에서는 선형을 이룬다. 중위면과 저위면 사이에는 비고차가 작은 애면이 형성되어 있으며 저위면과 범람원 사이에도 애면이 확인된다.

4. 퇴적상

연구지역에서 선상지의 내부구조를 파악할 수 있는 노두는 주로 화양선상지를 형성한 남산천을 연하여 발견되고, 각남선상지의 일곡리에서도 1개가 확인된다.

1) 화양선상지

(1) 고위면

합천교 서쪽에서 도로를 건설하면서 만든 인공 노두(a지점)에서 고위면 노두가 2개 확인된다. 두께 7m, 4m의 역층에서 자갈들은 완전히 풍화되어 단면은 호미로 긁으면 매끈하게 된다. 이 단면은 완전히 풍화된 자갈이 나타내는 다양한 색조의 조각들이 결합되어 모자이크무늬를 만든다. 다만 표층 부근에서 드물게 발견되는 거력들은 해머로 가볍게 가격하면 부서질 정도로 거의 완전하게 풍화되었으며, 자갈 표면은 풍화가 진행되어 오목한 구멍이 많이 파여 매우 거칠다. 매트릭스는 풍화된 역과 구분하기 어려울 정도이며, 토양은 적색화가 진전되었다. 매트릭스는 실트(silt)와 점토(clay)가 많이 포함되어 있다.

화양선상지를 형성한 남산천 좌안의 노두 D는 길이 약 180m의 역층으로, 고위면과 중위면 퇴적상을 비교하여 관찰할 수 있다(그림 4). 고위면 노두는 식생으로 일부 피복되어 있어 전체 퇴적상을 파악하기 어려우나, 후술할 중위면 퇴적상으로 유추하면 범람원 위에 두께 11m 노두는 역층으로 이루어졌을 것으로 생각된다. 노두에서 신선한 역은 거의 찾기 어려우며, 거의 모든 자갈은 암석의 종류와 관계없이 완전히 풍화되어 호미로 긁으면 단면이 매끈하게 깎인다. 매트릭스가 적색(10R 5/8)을 띠는 표층부에는 역들이 완전히 풍화되고 토양 생성작용을 받아 자갈의 무늬를 확인할 수 없다. 특히 석빙고로부터 남쪽으로 150m 지점의 고위면 노두는 노출되어 있는데 가장 하단부에서 기반암이 확인되지 않고 역층으로 되어 있다. 그리고, 현

재 하상에 기반암이 확인되지 않는 것으로 보아 역층의 두께는 14m 이상인 것으로 판단된다. 노두 표면에 드러난 자갈들은 심하게 풍화되어 해머로 가볍게 쳐도 쉽게 부서진다. 아울러 이들 자갈의 표면은 풍화에 의해 변형되어 요철이 대단히 심하며 하상력인지 확인하기 어려울 정도이다.

(2) 중위면

화양선상지를 형성한 남산천 우안에는 중위면이 넓게 분포하는데 규모가 큰 노두들이 다수 확인된다. 그림 5는 중위면의 선정부 남산천 좌안 노두 A의 퇴적상이다. 역층 두께는 12~13m이며, 노두의 가장 하부에 기반암이 노출되어 있는데 그 표면은 다소 요철이 있다. 기반암 위의 역층은 bedding이 어느 정도 인정될 뿐 아니라 전체적으로 imbrication이 뚜렷하다. 기반암 바로 위에는 boulder가 2m 정도 퇴적되어 있다. 매트릭스는 홍수시 유수의 측방침식에 의해 제거되어 마치 자갈들만 퇴적되어 있는 것처럼 보이지만, 실제로는 sand가 포함된 granule과 pebble이 대단히 치밀하게 퇴적되어 있다. 매트릭스는 명적갈색(2.5YR 5/6-5/8)이다. boulder층 위에는 두께 2m 정도의 cobble과 pebble로 이루어진 층준이 나타난다. boulder는 아각력과 아원력이 다소 포함되어 있으나 각력이 우세하다. cobble과 pebble급은 아원력이 포함되어 있으나 아각력이 우세하다.

그림 6은 화양선상지 중위면 선정부에 해당하는

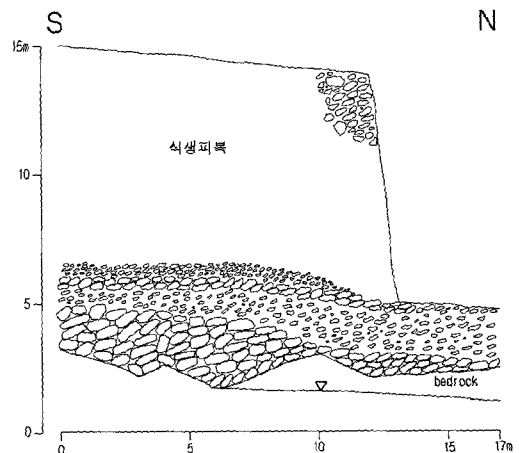


그림 5. 화양선상지 중위면 선정부 노두 A의 퇴적상

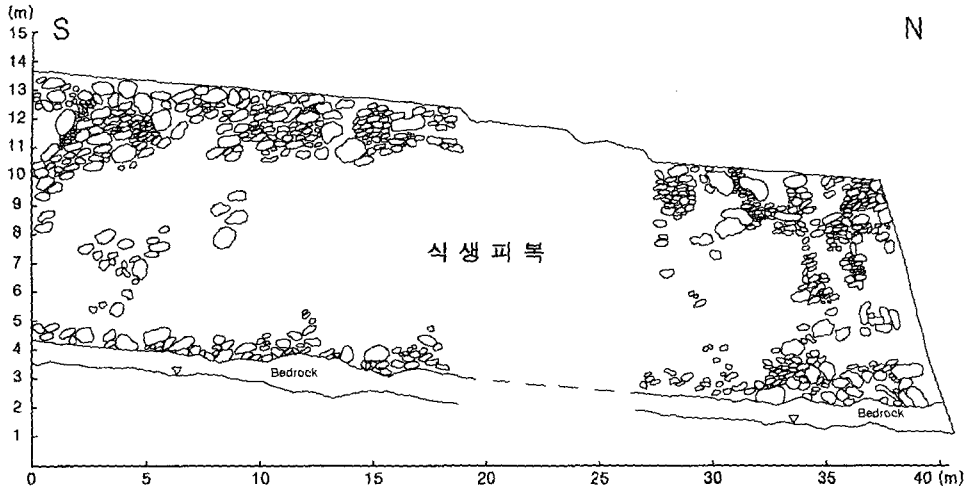


그림 6. 화양선상지 중위면 선정부 노두 B의 퇴적상

B지점의 노두이다. 남산천 좌안에서 확인되는 것으로 역층의 두께는 8~9m이고 하부에는 50cm 내외의 기반암이 노출되어 있다. 노두 전체에 걸쳐 cobble이 주를 이루며 boulder가 많이 포함되어 있는데 장경 1m 정도인 아각력이 드물게 관찰된다. 전체적으로 층리는 인정되나 그리 양호하지 않다. 다만 부분적으로 bedding이 있다. 역의 imbrication이 분명하여 하천 퇴적층임을 확인할 수 있다. boulder급은 풍화각이 두꺼우나 완전히 풍화되지 않았으며 cobble과 pebble급도 풍화각이 두꺼우나 원래의 형태를 유지하고 있다. 화강암력은 완전 풍화되었다. 매트릭스는 명적갈색(2.5YR 5/6-5/8)으로서 긴 시간 동안 산화작용을 받은 것으로 보이는데 granule을 포함하는 sand이다. 역들 사이에 매트릭스는 대단히 치밀하다.

그림 7은 화양선상지 중위면 퇴적상인데 하천 우안의 노두 C에서 관찰한 것이다. 노두의 하부에는 기반암이 2~4m 노출되어 있고, 그 위에 역층이 두께 3~7m 퇴적되었다. 기반암은 풍화가 진행되어 현재도 동결과 융해에 의해 쉽게 침식되는데 요철이 심한 편이다. 역층의 특징은 보다 상류부의 중위면인 노두 B와 거의 동일한데 매트릭스는 치밀하고 적갈색을 띤다. 다만 역의 원마도가 선정부의 경우보다 더 높아 boulder는 각력이 포함되어 있으나 아원력과 아각력이 주를 이루며, cobble과 pebble급은 아각력이 포함된 아원력과 원력으로 이루어져

있다. 역층에서 자갈의 imbrication이 뚜렷하다.

화양선상지의 노두 D(그림 4)에서도 중위면 역층이 확인된다. 하상비고 약 2m인 범람원 위에 노출된 역층은 두께 12~13m이다. 노두에서 기반암은 확인되지 않고 동쪽으로 40m 떨어져 있는 하상에도 기반암은 나타나지 않는다. 역층은 주로 cobble과 boulder로 이루어져 있는데 boulder는 장경 30~40cm가 중심이다. 이들 사이에 pebble도 많이 포함되어 있는데 매트릭스는 granule을 포함하는 모래이다. boulder는 주로 아원력과 아각력이고, cobble과 pebble은 아원력이 중심이며, 세립질일수록 원마도가 양호하다. bedding은 불량한 편이나 sorting이 양호한 층진이 협재해 있다. 전체적으로 자갈의 imbrication이 인정된다. 매트릭스는 명적갈색으로 매우 치밀하지만 고위면에 비해 산화가 덜 이루어 졌다.

(3) 저위면

그림 8은 화양선상지 선단부 x-x'의 횡단면이다. 고위면과 중위면의 비교차는 약 3m, 중위면과 저위면은 2m이다. 저위면의 하상비고는 1m에 지나지 않는다. 그림에도 불구하고 저위면에는 합천2리 취락이 입지한다. 이곳은 1957년 사라호 태풍에도 피해를 입지 않았으며, 현재의 하폭은 과거에 비해 1/3 정도에 불과하지만, 2003년 태풍 매미의 집중호우에도 하천은 평수시에 비해 50cm 정도 상

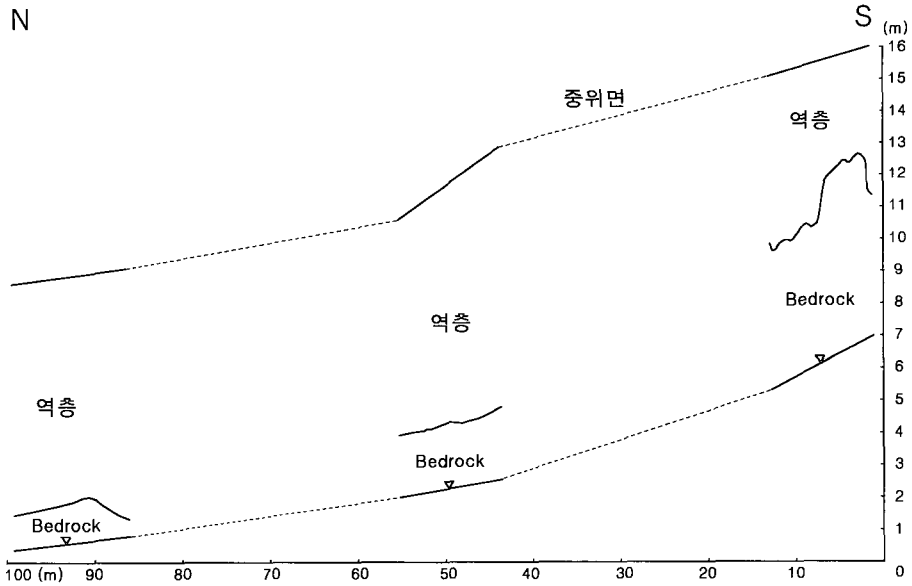


그림 7. 화양선상지 중위면 선정부 노두C의 기반암과 역층과의 관계

승하는데 그쳤다¹⁾.

합천2리가 입지한 곳은 지하수위가 거의 지표면에 있어 우물이 얕고 용천이 있으므로 용수를 구하기 용이하다. 이 용천은 현재 마을 빨래터로 이용되고 있다.

2) 각남선상지

그림 9는 각남선상지 중위면에 해당하는 노두 E의 퇴적상이다. 기반암 위에 두께 5~7m의 역층이 퇴적되어 있다. 기반암은 하상 위에 3.5~1.7m 노출되어 있는데, 기복이 있고 심하게 풍화되었다. 퇴

적상에서 역층은 크게 두 층준으로 구분된다. 기반암 위에 두께 2m 정도의 하부역층이 있다. 아각력, 각력의 boulder가 드물게 포함되어 있는데 각력이 우세하다. 그리고 아각력, 각력의 cobble 및 pebble들이 다소 많이 포함되어 있다. 매트릭스는 명적갈색(5YR 5/6-5/8)의 점토가 포함된 실트로서 대단히 compact하다. 매트릭스에 미립물질이 많이 포함된 것은 자갈을 포함하는 원래 매트릭스 물질들이 화학적 풍화작용을 대단히 심하게 받아 점토광물로 변한데 기인한 것으로 판단된다. 기반암이 불투수층이어서 이 층준에 수분이 충분히 공급되므



그림 8. 화양선상지 선단부 횡단면

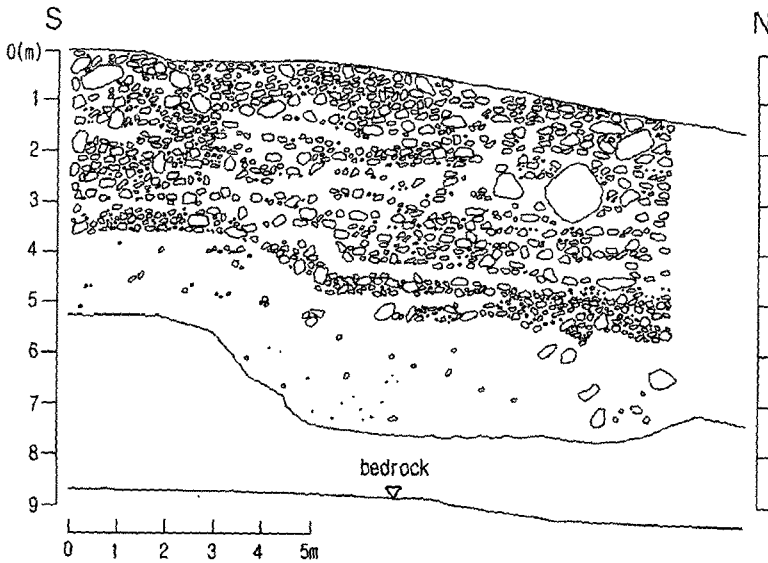


그림 9. 각남선상지 중위면 노두 E의 퇴적상

로 후술하는 상부 역층에 비해 화학적 풍화작용을 크게 받았다.

상부역층은 하부역층에 비해 자갈이 신선하다. 역층을 구성하는 자갈은 각력이 우수하지만 마석을 충분히 받아 표면이 매끈하고, 입경은 현재 하상력과 유사하며, 거력일수록 각력에 가깝고, 세립일수록 원마도가 좋다. 이 층준 내에서도 표층으로 갈수록 역은 풍화를 적게 받아 상대적으로 신선하다. 그러나 pebble급 이하는 완전히 풍화되었다. 전체적으로 분급은 양호하지 않으나, 상부역층의 하부는 bedding이 인정되며, boulder급 역층들 사이에 아원력의 pebble 및 cobble급 역층이 협재되어 있다.

5. 토론

1) 청도분지 선상지 지형 특색

(1) 공간 분포

청도선상지, 화양선상지, 서상선상지는 횡적으로 연결되어 합류선상지를 이루며, 주변의 구릉지와 경관상 뚜렷하게 구분된다. 구릉지는 중력에 의해 사면을 따라 운반된 토양이 얇게 피복된 기반암으로서 기복이 심한데 비해, 선상지는 하상경사가 완

만해지는 곡구 부근부터 나타나며 지형면이 평탄하고 경사가 완만한 부채꼴을 이루고 있다. 선상지를 이루는 퇴적물은 선정에서는 아각력과 아원력이 우수하지만, 선단부로 갈수록 원마도가 양호하다. 노두에서 자갈의 imbrication이 뚜렷하고 bedding과 sorting도 인정된다. 이러한 퇴적상의 특징은 이들 역층이 하천에 의해 운반되어 퇴적되었음을 시사하는데, 중위면 노두에서 가장 용이하게 확인된다.

일반적으로 선상지를 형성하는데 가장 중요한 지형적 조건들 중 하나는 단층운동이다. 연구지역에서 선정부들을 연결하는 동북동-서남서 방향으로 선상구조(lineament)가 통과할 가능성도 배제할 수 없으나 뚜렷한 구조운동의 증거가 없음에도 불구하고 산지 전면의 곡구를 선정으로 하여 선상지가 발달하였다. 전체적으로 합류선상지를 형성하고 있으므로 서상선상지와 각남선상지는 선정에서 선단까지 폭이 거의 같은 모습으로 변형되어 있으나, 청도선상지와 화양선상지의 평면 형태는 부채꼴로 전형적인 선상지에 가깝다. 이 지역의 합류선상지의 분포 특징은 대다수 지형면의 폭이 하안단구로 간주될 정도로 좁은 경주시~울산만 지역(황상일·윤순옥, 2002)의 경우와 다르다. 그것은 청도, 화양지역에서 선상지를 형성한 하천들의 유역분지를 구성하는 기반암이 풍화와 침식에 대한 저항력

이 강한 주산안산암이므로 하천의 밀도가 낮아 선정들 사이의 간격이 넓은데 기인한다고 생각된다.

청도, 화양, 서상, 각남선상지들은 선정 사이의 간격이 넓으므로, 선상지들 사이의 경계가 비교적 명확하다. 그러므로 선상지를 형성한 각 하천들이 만든 지형면의 규모를 파악할 수 있는데, 이것은 각 하천의 유역분지 특성을 반영한다. 즉, 각 유역분지에서 공급된 사력들이 산지 전면에 퇴적되어 선상지들을 형성하였음을 의미한다. 이와 같은 평면적 특징은 선상지와 청도천의 관계에서도 확인할 수 있다. 규모가 가장 큰 화양선상지와 청도선상지는 퇴적물공급이 많아 지형면이 북쪽으로 최대한 확장되었고, 이에 따라 선단부 전면에서 청도천은 북쪽으로 치우쳐 흐르고 있다. 각남과 서상선

상지에서 청도천은 이들 선상지에 의해 유로가 거의 제한을 받지 않고 있다.

선상지를 구성하는 지형면 중 고위면은 화양선상지의 서쪽과 서상선상지의 선정부에 좁게 남아 있다. 이와 같은 경향은 경주~울산만지역의 경우와 같다. 다만 화양선상지에서 고위면은 지형면의 평탄한 모양이 대단히 잘 보존되어 있다. 중위면은 전체적으로 가장 넓게 분포하고 있으며, 화양선상지와 대동천 우안의 청도선상지는 형성 당시 선상지 가장자리의 윤곽이 현재와 거의 같았던 것으로 추정된다. 저위면은 대체로 선단부에 소규모 부채꼴 형태를 취하고 있다.

산지로부터 퇴적물 공급이 거의 없고, 유량이 매우 풍부하여 하천에너지가 컸던 시기에는 하천이

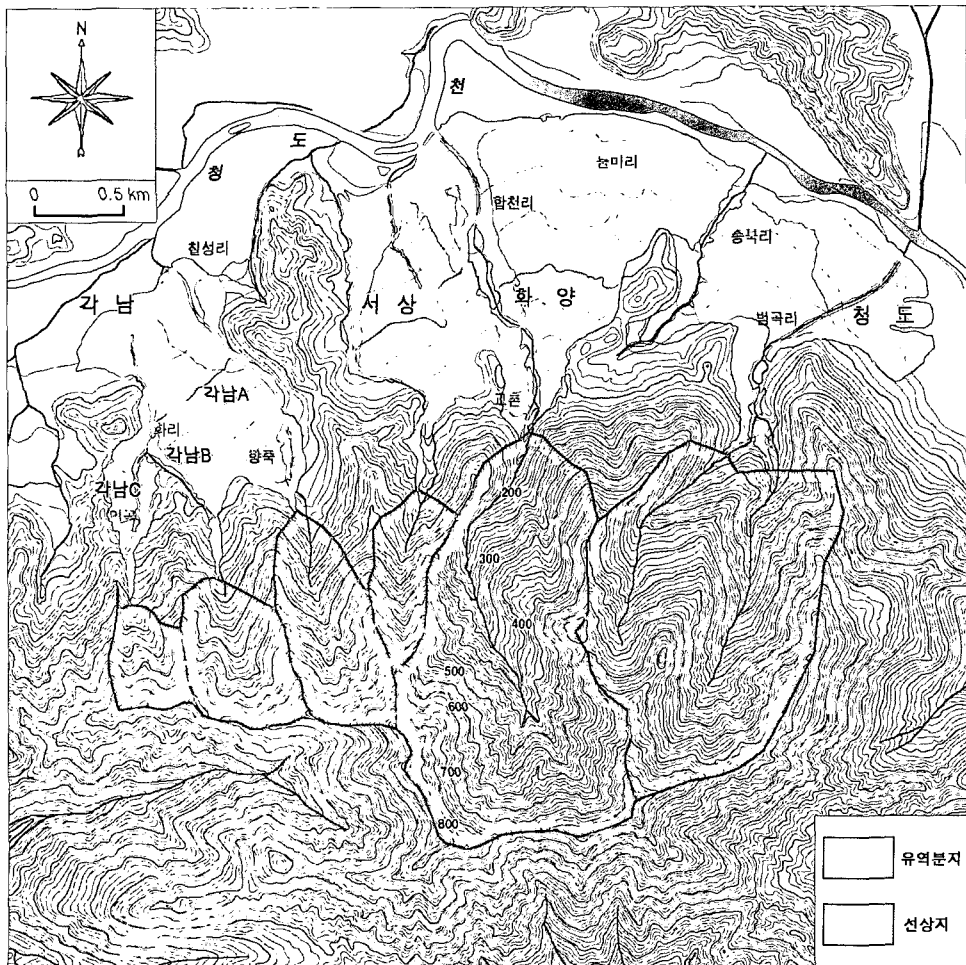


그림 10. 청도분지 남동부 선상지 - 유역분지 체계

지형면을 개척하였고, 유량에 비해 퇴적물 공급이 대단히 많았던 시기에는 사력이 퇴적되어 지형면이 형성되었던 것으로 생각된다.

(2) 선상지-유역분지 체계의 특성

선상지를 이루는 퇴적물은 모두 하천에 의해 유역분지로부터 운반되어 온 것이다. 청도, 화양, 서상, 각남지역에서는 유역분지 규모가 다른 각각의 하천에 의해 형성된 6개 선상지가 합류선상지를 이루고 있다(그림 10). 표 1은 청도분지에서 각 하천들이 만든 선상지 지형면의 규모와 유역분지의 특징을 정리한 것이다.

선상지는 유역분지에서 운반되는 퇴적물 공급량에 영향을 받으므로, 지형면의 규모는 유역분지 특색과 상관관계가 크다. 선상지를 형성한 하천의 유역분지 특색은 평면적 규모 뿐 아니라 각 하천 유역분지를 이루는 분수계의 해발고도와 관계된 기복량을 검토할 필요가 있다. 그림 11은 기복량비²⁾와 유역분지면적과의 관계를 나타낸 것으로 부(負)의 상관관계가 있다. 유역분지면적이 클수록

기복량비가 작다. 이것은 유역분지 넓이 측정이 3차원지도에서 모든 지표면의 넓이를 계산한 것이 아니라 지형도 상에서 평면적으로 계산하므로 약간의 차이는 인정되지만, 실제 지형에서 특수한 경우를 제외하면, 유역분지가 큰 경우 그의 장경이 분수계 기복보다 훨씬 더 크므로 기복량비는 작아진다.

선상지 면적과 유역분지면적과의 관계는 대체로 $Af = a \cdot Ad^b$ ($Af =$ 선상지면적, $Ad =$ 유역분지면적)으로 나타낸다. 자료가 충분하지 못한 면이 있으나, 선상지를 형성한 하천의 유역분지 기반암이 등질적이므로 선상지-유역분지 체계를 계량화하여 관계식을 추출하였다(그림 12). 선상지의 면적은 그것을 만드는 하천의 유역분지면적과 정(正)의 상관관계가 있다.

여기에서 청도선상지와 서상선상지는 전체적인 경향에서 약간 벗어나 있다. 청도선상지는 선단부가 청도천의 측방침식에 의해 제거되어 지형면의 면적이 축소되었을 가능성이 매우 높다. 청도선상지와 송북리 북동쪽 청도천 대안의 산지 사이에

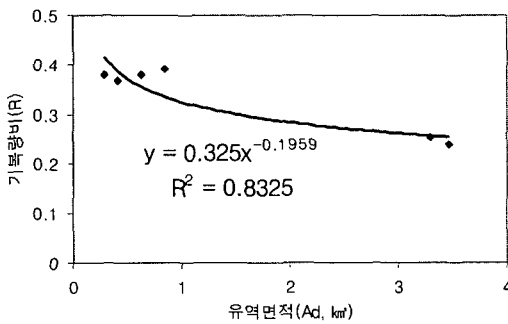


그림 11. 기복량비와 유역분지 면적과의 관계

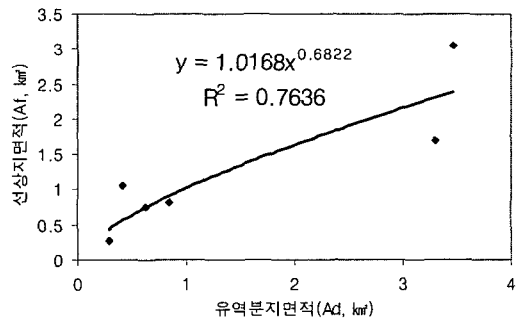


그림 12. 선상지면적과 유역분지 면적과의 관계

표 1. 청도, 화양지역 선상지를 형성한 하천 유역분지의 지형적 특성

| 유역분지 | 선정부보다 상류의 유역분지 (Ad, km ²) | 선상지 지형면 넓이 (Af, km ²) | 유역분지의 최고해발고도 (HM, m) | 선정부의 해발고도 (Hm, m) | 유역분지 장축길이 (L, m) | 기복량 비율 (R=(HM-Hm)/L) | 유역분지 지질 |
|------|---------------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-------------------|------------------|----------------------|-----------------|
| 청도 | 3,302 | 1,700 | 804 | 165 | 2,525 | 0.253 | 주산안산암 흑운모화강암 |
| 화양 | 3,471 | 3,045 | 869 | 153 | 3,000 | 0.239 | 주산안산암 |
| 서상 | 0,417 | 1,054 | 700 | 185 | 1,400 | 0.368 | 주산안산암 |
| 각남A | 0,850 | 0,820 | 800 | 165 | 1,625 | 0.391 | 주산안산암 |
| 각남B | 0,634 | 0,746 | 660 | 215 | 1,175 | 0.379 | 주산안산암 |
| 각남C | 0,291 | 0,272 | 562 | 260 | 800 | 0.378 | 주산안산암 |

협착부가 형성되어 지형면이 지속적으로 침식되어 제거되었을 것이다.

서상선상지는 다른 선상지들에 비해 지형면의 하상비고가 매우 낮다. 각 선상지의 하부구조를 명확히 하기 어려우므로 선상지를 형성한 퇴적물의 총량을 밝히기는 어렵지만, 서상선상지의 퇴적물 총량은 화양과 청도선상지에 비해 크게 적을 것이다.

2) 선상지 지형발달

현재까지 한반도에서 선상지가 가장 광범위하게 분포하는 곳은 경주, 울산지역이다. 이 지역의 지형학적 연구결과는 단층운동, 선상지를 형성하는 하천의 유역분지를 이루는 산지 및 산지사면의 특색, 유역분지 기반암의 특성, 한반도 Pleistocene의 기후변화를 선상지 형성에 기여한 요소들로 보고하고 있다(황상일·윤순옥, 2001). 한편 현재까지 한반도 선상지연구는 대부분 단층운동이 활발한 지역에서 이루어졌고, 단층선과의 관련성을 논의하지 않은 것은 경남 사천·삼천포선상지(윤순옥, 1984) 정도이다.

지질조사보고서에 의하면, 청도분지 남쪽에 해당하는 연구지역에는 단층선이 통과하지 않는다. 이것은 한반도 남부지방에서 단층선의 통과가 선상지 발달의 전제조건이 아님을 의미한다. 청도분지에서 선상지를 형성한 하천의 유역분지는 중생대 백악기 화산암인 주산안산암질암이다. 이것은 풍화와 침식에 대한 저항력이 강하여 해발고도가 높은 산지를 이루며, 사면경사가 매우 급하므로, 이 산지에서 발원하는 하천의 하상경사도 상당히 급하다.

선상지는 일반적으로 건조기후의 단층선 전면에 전형적으로 발달하는 것으로 알려져 있다. 따라서 한반도와 같은 습윤기후지역에서의 선상지 형성은 상당히 희의적이었다. 그러나 최근 최종빙기 한반도의 기후환경에 대한 보고가 나오면서 빙기의 기온과 강수량이 현재와 상당히 달랐음이 확인되고 있다. 동북아시아에서 최종빙기 최성기에 한대전선은 하계에 일본의 세토나이카이, 대마도, 제주도 남쪽 바다를 북동-남서 방향으로 연결하는 선에 걸쳐 있었으며, 한반도는 연중 한랭건조한 시베리아고기압의 영향권에 있었다(Yoon, S.O. and Hwang, S.I., 2003). 최종빙기에는 쓰시마해류가 동해로 거의 유

입하지 않아 동해는 거대한 호수환경이었고, 수온은 현재보다 7~8°C 낮아 8~12°C 정도였던 것으로 보고되었다. 윤순옥·조화룡(1996)에 의하면 20,000년 BP를 전후로 한 최종빙기 최성기 영양지역의 7월평균기온이 현재보다 약 10°C 낮았으며, 초본이 광범위하게 분포하는 가운데 *Betula*(자작나무), *Picea*(가문비나무), *Abies*(전나무), *Larix*(낙엽송) 등 한대성수목들이 분포한 환경이었다. 이와 같은 빙기의 기후적 특성은 동결과 용해의 반복에 의한 기계적 풍화작용을 왕성하게 하였을 것이다. 즉, 이 지형면들을 이루는 퇴적물은 빙기에 기온이 하강하고 산지 식생피복이 빈약하여, 풍화작용이 활발하게 되면서 유역분지로부터 많은 암설이 하천으로 공급되고, 유수에 의해 운반되었다. Pleistocene 중빙기의 한반도 기후특성을 고려하면, 선상지는 우리나라 전역에서 형성되었을 것으로 생각된다.

청도분지에 발달한 선상지들도 불국사단층선 및 양산단층선 지역과 마찬가지로 고위면, 중위면, 저위면으로 구분되었다. 이렇게 하상비고가 서로 다른 여러 개의 선상지 지형면으로 구성되는 합성선상지(composite fans)는 빙기와 간빙기의 반복과 더불어 지반의 지속적 용기에 기인하는 것으로 볼 수 있다. 황상일·윤순옥·박한산(2003)의 해안단구 연구결과에 의하면, 우리나라 동해안은 70만년 이래 약 0.23mm/y의 속도로 지반이 용기하였던 것으로 추정되었다. 연구지역에 인접한 불국사-울산만의 선상지 고위면, 중위면, 저위면 사이의 관계, 각 지형면들의 하상비고, 지형면들의 규모 등(황상일, 1998; 윤순옥·황상일, 1999)과 비교할 때, 고위면의 형성시기를 중위면 형성기인 Late Riss 氷期(20-14만년 BP, MIS 6)보다 한 단계 앞선 한랭기인 Drenthe 亞氷期(30-25만년 BP, MIS 8)에 대비할 수 있으며, 이 시기는 북미의 Early Illinoian 氷期에 해당하고, Northern Alps에서 Early Riss 氷期에 대비된다. 저위면은 최종빙기에 퇴적되었다.

3) 선상지 토지이용

토지이용의 형태는 지형면의 특징을 반영한다. 특히 양수기나 대규모 관개시설과 같은 인위적인 장치를 통해 토지이용 가능성을 급격하게 변화시키기 이전에는 지형면이 가지고 있는 여러 가지 특징이 토지이용에 잘 반영되어 있다. 측량된 지형

도에 기록된 청도분지 선상지의 토지이용에 대한 가장 오래된 기록은 조선총독부에서 발행한 지도에 나타나 있는데, 모든 지형면이 논으로 이용된 서상선상지를 제외하면, 선정부와 선양부는 대체로 밭이나 취락으로 이용되었다. 취락은 선정과 선단뿐 아니라 선측에도 입지하고 있었으며, 화양선상지에서는 경부가도가 지나가는 선양에 화양읍치가 조성되었다. 현재는 화양선상지 고위면과 선단부, 청도선상지, 서상선상지를 제외한 모든 지형면들은 복숭아 과수원으로 이용되고 있다. 20세기 초와 비교하여 청도선상지 선양부를 제외하면 토지이용에 큰 변화를 보이지 않는다.

서상선상지는 지형면 전체가 논으로 이용된다. 서쪽에 산지가 있고 동쪽의 화양선상지에 비하여 해발고도가 크게 낮으므로 지하수위가 상대적으로 높아 쉽게 논을 조성할 수 있었을 것이다. 아울러 선정부에 화강지라는 큰 저수지를 축조하여 관개수를 충분히 확보하였다. 경주선상지도 지형면 전체가 논으로 이용되고 있는데, 역층은 두껍지만 지하수위가 높은 것과 관계있는 것으로 파악되었다(윤순옥·황상일, 2004). 청도선상지 선양부는 선정에 규모가 큰 저수지인 대동지가 있어 관개가 가능하므로 논으로 이용되고 있다. 청도분지 남동쪽의 합류선상지들 중 대형저수지가 축조되거나 지형면의 해발고도가 상대적으로 크게 낮은 청도선상지와 서상선상지를 제외하면 다른 지형면들 대부분 밭으로 이용된다. 이와 같은 토지이용의 특색으로 볼 때 청도분지의 선상지를 이루는 역층은 상당히 두꺼울 것으로 짐작된다.

6. 요약 및 결론

1. 청도, 화양 지역의 선상지는 단층선과 관계되는 불국사~울산만의 선상지들과 다른 메카니즘에 의해 형성되었다. 풍화와 침식에 대한 저항력에 차이가 있는 기반암 경계부의 경사변환점을 중심으로 제4기 기후변화에 의해 지형면이 형성, 또는 개석되었다.

2. 청도분지의 남동부에는 동-서 방향으로 이어지는 합류선상지(confluent fan)가 분포하고, 선상지가 발달하지 않은 하곡에는 곡저평야가 형성되

어 있다. 선상지를 만든 하천은 풍화와 침식에 대한 저항력이 큰 안산암질의 기반암을 통과하는데 비해 후자의 경우 하천은 저항력이 약한 안산암질 응회암 지역에서 폭이 넓은 하곡을 형성하였다.

3. 선상지 역층의 imbrication(瓦狀構造)은 명확하게 확인되며, 입도조성은 선정에 가까울수록 조립질이며, 원마도가 불량하다. 확인된 역층의 두께는 선정부에서는 7~10m 정도이며, 선양부에서는 12m 이상이다. 선정부에서는 역층 아래에 기반암이 나타나는데, 그의 윤곽은 지형면과 평행하지 않고凹凸의 불규칙한 형태를 나타낸다.

4. 합류선상지를 구성하는 각 선상지의 규모는 퇴적물을 공급한 하천의 유역분지 규모와 비례한다. 유역분지의 규모는 유역분지면적과 기복량비로 표현되는데, 유역분지 면적과 기복량비는 부(負)의 상관관계가 있고, 선상지 면적은 유역분지면적과 정(正)의 상관관계에 있다.

5. 서상선상지는 유역분지의 규모에 비해 지형면이 넓다. 그러나 지형면의 하상비고가 상대적으로 크게 낮아 지형면 전체에 지하수위가 상대적으로 높을 뿐 아니라, 선정부에 규모가 큰 저수지가 축조되어 지형면은 대부분 논으로 이용되고 있다.

6. 청도, 화양지역의 선상지는 하상비고가 다른 합성선상지(composite fan)로서 고위면, 중위면, 저위면으로 세분된다. 고위면은 화양선상지에서 넓게 남아 있을 뿐 나머지 지역에서는 규모가 작은 지형면이 산발적으로 분포한다. 중위면이 가장 넓게 분포하고, 저위면은 하천을 따라 하안단구상으로 나타나며 선단부에서 선상지의 형태를 취한다. 고위면을 구성하는 역층은 전체적으로 역이 거의 완전히 풍화되었으며, 중위면은 풍화가 상당히 진행되었으나 고위면에 비해 신선한 편이나 기반암과의 경계부인 역층의 하부에서는 모든 자갈은 완전히 풍화되었다.

7. 합성선상지가 형성된 것은 이 지역이 전체적으로 용기작용의 영향 아래 있음을 시사한다.

경주-울산만 지역과 달리 단층선이 통과하지 않는 청도, 화양지역에서 선상지는 배후산지의 유역분지에서 기후변화에 따른 공급된 퇴적물의 변화와 강수량의 변화에 의해 지형면이 형성되거나 개석되면서 형성되었다. 이것은 우리나라에 단층선의 존재와 관계없이 제4기 기후변화를 통하여 선상지가

발달하였을 가능성을 강하게 시사한다고 판단된다.

8. 측량된 토지이용에 대한 가장 오래된 기록인 조선총독부에서 발행한 지도에서 선정부와 선양부는 대체로 밭이나 취락으로 이용되는데 비해 선단부는 논으로 이용되고 있다. 이것은 선상지에서의 일반적인 토지이용 형태를 반영한 것이다. 청도, 화양, 각남지역에서 취락은 선정, 선단, 선측에 분포한다. 다만 화양읍의 시가지는 조선시대 경부가로를 연하여 입지하고 있다. 현재의 토지이용은 80년 전과 거의 같다. 다만 과거의 밭들이 현재 대부분 복숭아과수원으로 바뀌었다.

註

- 1) 합천2리 주민과의 인터뷰에서 얻은 자료임.
- 2) 기복량비(Relief Ratio)는 '(유역분지의 최고해발고도 - 선정부의 해발고도)/유역분지 장축 길이'로 표현되며, Schumm(1956)에 의해 정의되었다.

文 獻

국립지질조사소, 1964, 1:50,000 지질도, 청도도폭.

權赫在, 1996, 地形學(제3판), 法文社, 502 p., 서울.

朴魯植, 1959, "韓國扇狀地研究," 慶熙大學校論文集, 2, 1-28.

尹順玉, 1984, "泗川·三千浦일대의 扇狀地에 대한 研究," 지리학총, 21·22, 41-60.

尹順玉·曹華龍, 1996, "第四紀 後期 英陽盆地的 自然環境變化," 대한지리학회지, 31(3), 447-468.

尹順玉·黃相一, 1999, "한국 동해안 경주시 불국사 단층선 북부의 活斷층지형," 대한지리학회지, 34(3), 231-246.

尹順玉·黃相一, 2004, "경주 및 천북지역의 선상지 지형발달," 대한지리학회지, 39(1), 56-69.

장재훈, 2002, 한국의 화강암 침식지형, 성신여자대학교출판부, 서울.

曹華龍, 1997, "梁山斷層 周邊의 地形分析," 대한지리학회지, 32(1), 1-14.

黃相一, 1998, "慶州市 鰐洞 周邊의 扇狀地 地形發達과 構造運動," 한국지형학회지, 5(2), 189-200.

黃相一·尹順玉, 2001, "한국 남동부 경주 및 울산 시 불국사단층선 지역의 선상지 분포와 지형발달," 대한지리학회지, 36(3), 217-232.

황상일·윤순옥·박한산, 2003, "한국 남동해안 경주-울산 경계지역 지경리 일대 해안단구 지형발달," 대한지리학회지, 38(4), 490-504.

關西自然史研究所, 1980, ウルム水期以降の生物地理に關する總合研究.

齊藤享治, 1998, 日本の扇狀地, 古今書院, 東京.

齊藤享治, 2003, "河道形態·礫徑分析による扇狀地の開析過程のモデル化," 日本學術振興會基礎研究(C)(2)研究成果報告書.

鈴木隆介, 1997, 地形圖讀本入門, 第2巻, 低地, 554 p.

Bull, W. B., 1964, Geomorphology of segmented alluvial fans in western Fresno county, California, *United States Geological Survey Professional Paper*, 352E, 89-129.

Howell, D. G., 1993, *Tectonics of suspect Terranes: Mountain Building and Continental Growth*, Chapman & Hall, London.

Oguchi, T., 1994, Late Quaternary development of mountain river basin based on landform classification: the Kitakami Region, Northeast Japan, *Bulletin of the Department of Geography University of Tokyo*, 26, 15-32.

Saito, K., Yoon, S. O. and Hwang, S. I., 2004, The geomorphological significance of gyeongju alluvial fan and fans in Korean peninsula, 2004 대한지리학회 춘계학술대회 발표집, 40.

Schumm, S. A., 1956, Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey, *Geological Society of America Bulletin*, 67, 597-646.

Yoon, S. O. and Hwang, S. I., 2003, The natural environment during the last glacial maximum age around Korea and adjacent area, *The Korean Journal of Quaternary Research*, 17(2), 33-38.

최초투고일 04. 07. 02
최종접수일 04. 09. 06