

한국 남동부 경주 및 울산시 불국사단층선 지역의 선상지 분포와 지형 발달

황상일* · 윤순옥**

The Distribution and Geomorphic Development of Alluvial Fans along the Bulguksa Fault System in Gyeongju and Ulsan City, Southeastern Korea

Sang-Il Hwang* · Soon-Ock Yoon**

요약 : 우리나라 지형학연구의 가장 중요한 쟁점 중 하나는 산록에 분포하는 사면경사가 완만한 지형면 형성과정 에 대한 논의이다. 경주 남쪽에서 울산에 이르는 불국사단층선을 따라 분포하는 전체 선상지의 지형면을 분류하여 선상지의 공간분포 특징을 밝히고 선상지 형성과정을 검토하였다. 불국사산맥의 서사면에 분포하는 선상지는 불국사 단층선곡을 따라 남-북 방향으로 연속되어 합류선상지를 이루고 있다. 울산반에 인접한 신천-효문지역의 선상지분포 는 第四紀 해면변동의 영향을 받았다. 연구지역에 발달된 선상지형상에 기여했을 다양한 요소들 중 중요한 네 가지는 동결과 융해가 반복되는 기간이 길어지는 빙기의 기후환경, 동해 쪽에서 내륙 쪽으로 향하는 황암력에 의해 형성 된 불국사산지 서사면의 급한 사면경사, 이 구조운동에 의해 형성된 불국사단층선곡에 발달된 복수의 지질구조선, 그 리고 침식에 대한 저항력이 약한 불국사화강암과 중생대 퇴적암으로 이루어진 이 지역의 기반암 등으로 정리된다.

주요어 : 불국사단층선, 합류선상지, 第四紀 海平面變動, 빙기의 기후환경, 기반암

Abstract : One of the most debatable issues on geomorphological study in Korea should be the discussion over the formation process of gentle slope surfaces on the piedmont area. In this study, the characteristics of spatial distribution and the formation process of geomorphic surfaces were investigated by classifying the alluvial fans as three geomorphic surfaces along the Bulguksa fault-line. The fan surfaces, distributed along the west side of Bulguksa Mts., consists the confluent alluvial fans continuously along the N-S direction. The surfaces of Sincheon-Hyomun district juxtaposed to the Ulsan Bay must be influenced by sea-level change during the Quaternary. Taken together, these observation suggests that the major four factors contributed to the fan formation: 1) rather longer freeze-and-thaw cycle during the Glacial period, 2) the steep mountain slope along the west side of Bulguksa Mts., which had been resulted from the horizontal stress of East Sea, 3) the tectolinar fault system developed by structural movement along the Bulguksa Fault-line valley, and 4) the erosion-labile characteristics of bedrock in this area which is consisted of the Bulguksa granite and the sedimentary rock formed in Cretaceous period.

Key Words : Bulguksa faultline, confluent fans, Quaternary sea-level change, climatic environment during the Glacial period, bedrock

1. 문제제기 및 연구목적

우리나라 산지 산록에 분포하는 사면경사가 완만한 지형면은 오랫동안 '산록완사면'이나 '페디먼트(pediment)성 산록완사면'으로, 또는 보다 완곡하게 지형면의 경사 자체를 지칭하는 의미로

'산록완사면'으로 명명되었으나, 다른 한편에서는 선상지로 분류되고 있다.

김상호(1966a, b) 장재훈(1966)으로 이어지는 초기 침식면 연구자들은 공히 우리나라의 산록완사면을 페디먼트에 대비하였다. 즉, 산록완사면은 第四紀 빙기의 건조 내지 아건조 기후환경에서

* 경북대학교 사회과학대학 지리학과 전임강사(Full-time Lecturer, Department of Geography, Kyungpook National University)

** 경북대학교 문리과대학 지리학과 부교수(Associate Professor, Department of Geography, Kyunghee University)

형성된 것이며, 그 형성 mechanism은 페디먼트화(pedimentation)라는 주장이다. 산록완사면이 페디먼트라는 주장이 1970년대까지 무비판적으로 이어져 왔다. 이후에도 김상호(1973)와 장재훈(1972, 1973)은 산록완사면이 페디먼트화에 의한 지형이라는 주장을 계속하면서, 침식면을 덮고 있는 퇴적물은 배후산지에서 布狀洪水로 공급된 것이라고 주장했다. 한편, 권순식(1977)은 산록완사면 형상에 주변하환경이 개입되었을 가능성을 검토하면서, 산록완사면을 덮고 있는 퇴적물이 포상홍수가 아니라 솔리플럭션에 의한 퇴적물이라는 의견을 조심스럽게 제기하였다. 그리고 장재훈(1977, 1978, 1980)도 자신의 견해를 일부 수정하여 산록완사면을 피복하고 있는 퇴적물이 솔리플럭션에 의한 주변하환경의 산물이라 주장하였다.(Son, 2000).

우리나라의 선상지지형은 박노식(1959) 이후, 고의장(1982), 위상복(1982) 등에 의해 연구되었으며, 尹順玉(1984)의 慶南 泗川扇狀地 研究 이후, 曹華龍(1997)에 의해 梁山斷層線을 연하여 시기를 달리하여 발달한 선상지 지형면이 第四紀 기후변화와 관련하여 단구화된 것으로 보고할 때까지 상당한 기간 동안 선상지에 관한 연구는 더 이상 진척되지 않았다. 이후 불국사단층선 북부의 선상지연구(황상일, 1998)가 발표되었으나, 아직 본격적인 연구는 이루어지지 못한 상황이다. 더욱이 일부에서는 산록부의 완만한 사면경사를 갖는 지형면 대부분이 페디먼트와 같은 과정을 거쳐 형성된 것으로 생각하거나, 선상지 형성 자체를 부인하는 경향마저 없지 않다. 이와 같은 견해들이 대학의 지형학 교육과 일부 교과서에 반영되었고, 석왕사선상지를 제외하면 한반도에 선상지 자체가 없는 것으로 오인하는 이들도 있어 혼선이 초래되고 있다.

한편 한반도 남동부지역은 최근 지형학 및 지질학자들에 의해 活斷層 연구로 주목받고 있으며, 불국사단층선을 따라 형성된 단층선곡에 분포하는 사면지형에도 관심이 모아지고 있다. 朴魯植(1959)은 이 지역의 지형면을 선상지로 보고한 바 있으며, 權赫在(1994, 130-131)는 불국사단층선을 따라 合流扇狀地가 형성되어 있다고 소개하였다. 岡田 등(1998)은 이 지역의 지형면을 河岸段丘面

로 분류하였으나, 黃相一(1998)과 윤순옥·황상일(1999)은 불국사단층선의 가장 북쪽에 해당하는 경주시 觀瀾 및 마동의 노두조사를 통해 新生代 第四紀 末期에 형성된 선상지들이 기후변화와 지반침하로 인해 단구화되었다고 보았다. 이와 같은 선상지 지형연구는 한반도 남동부 지역의 구조운동을 설명하는데 매우 중요한 단서들을 제공할 뿐 아니라, 산지와 평야가 만나는 경계부인 산록의 지형면 형성과정을 규명하기 위한 의미있는 자료가 될 것으로 생각한다.

본 연구는 경주시 남쪽에서 울산만에 이르는 불국사단층선 주변 선상지에 대하여 항공사진과 지형도판독으로 지형면을 분류하고 현저소에서 각 지형면의 퇴적물 특성과 지형면 간의 상호관계를 통하여 지형분류도를 수정, 보완하여 선상지의 공간분포 특성을 밝혔다. 그리고 이 지역의 기반암 분포, 유역부지 사면경사 및 지질구조선의 분포 특성과 선상지 지형발달과의 관계를 검토하였다.

2. 연구지역 개관

불국사단층선은 경주시와 울산만을 연결하는 단층선으로, 한반도 남동부를 지나는 북서-남동 내지 북북서-남남동 주향의 지질구조선 가운데 선적인谷의 형태가 가장 뚜렷하다(그림 1, 2, 3). 경주시에서 동방동-도지동-조양동을 거쳐 구정동에 이르는 하곡은 북서-남동 주향 단층선의 영향을 받고 있으나, 불국사지역에서 울산만까지는 북북서-남남동 방향으로 연속된다. 동방동-도지동-조양동의 하곡은 윤순옥·황상일(1998)에 의해 밝혀진 하동-마동-진원동으로 이어지는 북서-남동 주향의 단층선과 평행한다(그림 1).

불국사단층선을 따라 형성된 하곡의 동쪽에는 불국사산맥이 단층선곡에 인접하여 거의 평행하게 달리며 분수계를 이루고 있다. 불국사산맥은 대체로 해발고도 400-750m인데, 북쪽산지는 토함산(745m)과 삼태봉(629m)으로 연결되어 약 700m 내외로 높고, 남쪽은 울산시 능소면에서 낮아지기 시작하여 旗峴(511.5m), 동대산(443.9m), 달령(347.1m), 무룡산(452.3m) 등으로 해발고도 400m 내외이다. 한편 하곡의 서쪽산지는 경주시 외동읍 모화리에서 치솔령(765m)을 중심으로 해발고도

표 1. 불국사단층선 서사면(서쪽산지 동사면)과 동사면(불국사산지 서사면)의 경사도분포 (단위: km²)

지 역 \ 경사도	0-5°	5-10°	10-15°	15-20°	20-25°	합계
서사면(서쪽산지 동사면)	20.71 (28.3%)	26.03 (35.6%)	15.33 (20.9%)	6.13 (8.4%)	5.00 (6.8%)	73.20 (100.0%)
동사면(불국사산지 서사면)	36.64 (33.6%)	22.57 (20.7%)	20.43 (18.7%)	21.64 (19.8%)	7.82 (7.2%)	109.10 (100.0%)

자료: 김주환(1983)에서 재구성

약 500m 이상에 이르러 동쪽의 불국사산지와 유사하지만, 금오산(494m), 마석산(451m)으로 연결되는 분수계는 해발고도 200-250m 정도인 남천 동쪽의 동방동-도지동-조양동지역의 동쪽 산지보다 훨씬 더 높다. 또한 울산시지역에서 상야산(225m), 함월산(200m) 등은 구릉성산지를 이루며 동천의 동쪽산지에 비해 크게 낮다.

동천의 서쪽산지 동사면과 불국사산지 서사면의 경사도를 비교하기 위하여, 김주환(1983)의 동천 유역분지 사면경사값을 정리한 것이 표 1이다. 산지의 사면경사도는 1:50,000 지형도에서 실제거리 2km의 방안으로 계산되어 정밀도가 낮지만 전체적인 경요를 파악할 수 있다.

사면경사가 5° 이하인 곳은 불국사단층선의 서사면에서 그 비율이 매우 높다. 이것은 산상지 지형면이 넓게 분포한데 기인한 것으로 볼 수 있다. 대체로 사면경사 15° 이상은 산지의 해발고도가 높은 지역에 나타나는데, 불국사산지 서사면에서는 분수계를 따라 연속되어 27.0%에 이른다. 그러나 서쪽산지 동사면에서는 15.2%로 분포면적이 좁고, 경주시 외동읍 치술령 부근에 국한된다. 한편 경사가 완만한 사면에 해당하는 5-15° 경사도 지역은 서쪽산지 동사면이 56.5%로서 불국사산지 서사면의 39.4%에 비해 분포면적이 훨씬 넓다.

불국사단층선을 따라서는 복수의 단층선이 단층계를 이루고, 단층선을 따라 형성된 주하곡에는 遡從河川(subsequent stream)인 남천과 동천이 흐르고 있다. 이들 하천과 불국사산맥 사이에는 선상지가 연속적으로 분포하고 있으며, 산지의 서사면에는 남천과 동천에 유입하는 再從河川(ressequent stream)이 높은 밀도로 분포한다. 남천은 토함산에서 발원하여 구정-조양지역을 지나 경주시까지 남서쪽으로 형성강에 합류하고, 동천

은 불국사산지에서 발원하여 남남동류하여 울산시에서 태화강 하류로 유입한다. 이 두하천의 지류들은 불국사단층선곡을 경계로 동쪽과 서쪽의 산지에서 유입한다. 서쪽 산지에서 발원하는 하천들은 유로가 길고 유역면적이 넓으며 4차수 하천도 있으나, 불국사산지에서 발원하는 하천들은 대부분 유로가 짧고 유역면적이 매우 좁으며 3차수 이하의 하천으로 하상경사가 대단히 급하고 하도의 형태가 거의 직선상이다. 따라서 하계망의 형태도 대조적이다. 서쪽산지의 하계망은 지질구조선의 영향을 받아 부분적으로 직선상의 유로도 있으나, 대체로 수직상 하계망을 이룬다. 불국사산지의 서사면은 1차수와 2차수 하천들의 경우, 대부분 사면의 경사방향으로 직선상으로 평행하게 흘러서 적종하천인 남천과 동천에 유입하므로, 단층선곡 및 습곡산지에 발달하는 격자상패턴(trellis pattern)에 오히려 유사하다.

한편 불국사단층선곡에서 분수계 사이의 거리는 경주시 외동읍 임실리 부근을 경계로 그보다 북쪽은 비슷하지만, 남쪽에서는 서쪽 산지의 분수계까지의 거리가 불국사산지의 경우에 비해 거의 2배에 달한다. 단층선곡과 분수계 사이의 거리와 분수계 해발고도와의 관계를 사면경사도로 비교하면 불국사산지 서사면이 훨씬 더 급하므로 재종하천의 하상경사도 급하다. 또한 적종하천인 남천과 동천의 유로는 하곡에서 서쪽 산지 쪽으로 치우쳐 있다. 이것은 하곡의 동쪽에서 연속적으로 발달한 함류선상지의 퇴적물 공급으로 인해 유로가 서쪽으로 밀렸기 때문이다.

岡田 등(1998)은 경주시 외동읍 말방리 노두조사에서, 불국사단층선은 이 단층선의 동쪽 지퍼가 동해쪽에서 오는 함류력에 의해 서쪽지퍼 위로 변위속도 0.1-0.08mm/년으로 밀고 올라가는 逆斷



그림 1. 한국 남동부 볼국사 단층선 주변 지형(등고선간격 50m)

層이며, 第四紀 퇴적층을 뚜렷하게 변위시킨 活斷層으로 보고하였다. 윤순옥·황상일(1999)은 경주시 불국사 북쪽 하동과 마동에서 외층을 발방리에 걸쳐 파쇄대 노두를 조사한 결과, 불국사단층선 북쪽 불국사지역에는 북서-남동 및 북-남 주향을 갖는 逆斷層운동이 인정되며, 동쪽지괴가 서쪽으로 변위속도 0.03-0.043cm/年로 제4기 선상지 역층을 변위시키는 活斷層이라고 주장하였다.

3. 선상지분류 및 분포

연구지역에서 선상지 지형면은 크게 고위면, 중위면, 저위면 셋으로 세분된다. 분류기준으로는 불국사 일대 선상지 관련 기존연구(황상일, 1998; 윤순옥·황상일, 1999)에서 밝힌 지형면의 하상비고, 평면적 특징, 지형면들 사이의 상호관계, 노두 조사에서 확인된 퇴적물 특징(표 3) 등을 적용하였다.

선상지 분포의 평면적 특징을 파악하기 위하여 연구지역을 경주시 동방동, 도지동, 조양동에 이르는 동방-조양지역, 경주시 하동, 마동, 진현동, 신계동, 개곡동 일대의 불국사-개곡지역, 경주시 외동읍 임실리와 모화리, 경남 울산시 농소읍 중산리를 포함하는 임실-모화지역, 울산시 신천리, 송정리 연암리, 효문리에 이르는 신천-효문지역으로 나누어 기술하였다(그림 2, 3).

1) 동방-조양지역

경주시 보문동에서 동방동, 도지동, 조양동, 구정동에 이르는 선상지는 규모가 상당히 작다. 이것은 지형면을 형성한 하천들이 해발고도 200-250m의 낮은 배후산지에서 발원하여 퇴적물 공급량이 적었기 때문이다. 고위면은 선정부에서만 일부 확인되고 중위면은 상대적으로 넓게 분포한다. 그러나 조양동과 구정동 부근에는, 토함산에서 발원한 하천들을 함유한 남천이 상류부에서 운반한 퇴적물로 저위면을 비교적 넓게 형성하였다. 저위면은 현하상과 중위면 사이, 그리고 南川을 통하여 분포한다. 지형면은 개석을 거의 받지 않았으며, 지형면의 연속성도 매우 양호하다. 고위면은 하안단구 형태로 선정부에 좁고 길게 남아있으나,

중위면은 선상지의 형태를 확인할 수 있다. 저위면은 구정동에서는 남천의 하안단구 형태로 분포하지만, 전체적으로 선상지 모습이 나타난다. 토지이용은 취락지, 논, 밭 등이다. 합류선상지의 선정부는 전체적으로 북서-남동 방향을 취함으로써 동일 주향의 단층선에 영향을 받은 것으로 추정되지만, 보문동에서는 다시 북-남 방향이 인정된다.

2) 불국사-개곡지역

선상지는 토함산(745m)을 비롯한 배후산지에서 발원하는 하천의 경사변환점 부근에서 나타나기 시작한다. 고위면은 선정 부근에서 하천을 연하여 하안단구와 유사하게 분포하고, 지형면의 형태가 좁고 길다. 이것은 직선상의 짧은 하천들이 좁은 간격으로 흐르면서 고위면을 개석하였기 때문이다. 일반적으로 고위면은 배후산지의 능선을 따라 산기슭에 주로 분포한다. 형성된 지 때우 오래되었으므로 개석을 많이 받아, 원면이 부분적으로 남아 있으므로 선상지의 형태를 파악하기 쉽지 않다. 지형면은 산지에서 발원하는 짧은 하천에 의해 오랜 기간 개석되었으므로 서로 연결되지 못하여 하안단구의 형태를 취한다. 이를 통하여 하천 상류부의 하안단구와 선상지는 같은 시기에 거의 같은 과정을 거쳐 형성된 것으로 판단된다. 그러나 말방 남쪽 선상지에는 고위면이 대단히 넓게 남아 원래의 扇狀地 형태를 잘 반영한다. 고위면은 대체로 중위면의 선양 부근까지 확인되며, 선양에서 중위면 아래로 들어가는 형태를 취하고 있다. 구름지 쪽의 고위면은 소나무 숲으로 덮여 있으나, 나머지는 대체로 경지로 이용된다.

中位面도 산지에서 발원하는 많은 하천들과 지형면 자체에 형성된 개석곡에 의해 원면이 많이 파괴되었으나, 선상지의 형태가 가장 뚜렷하고, 규모도 가장 크다. 말방선상지는 거의 중위면으로 이루어져 고위면이 거의 없다. 고위면이 대단히 넓게 남아 있는 말방 남쪽 개곡선상지에는 고위면에서 연장된 규모가 큰 개석곡이 중위면에 연속되어, 중위면을 넓게 침식하였다. 末方里와 開谷里의 중위면은 다른 곳과 마찬가지로 개석되었으나 여전히 원면이 넓게 남아 있다. 이 두 지역의 선상지를 형성한 하천은 동천의 지류들 중 최대

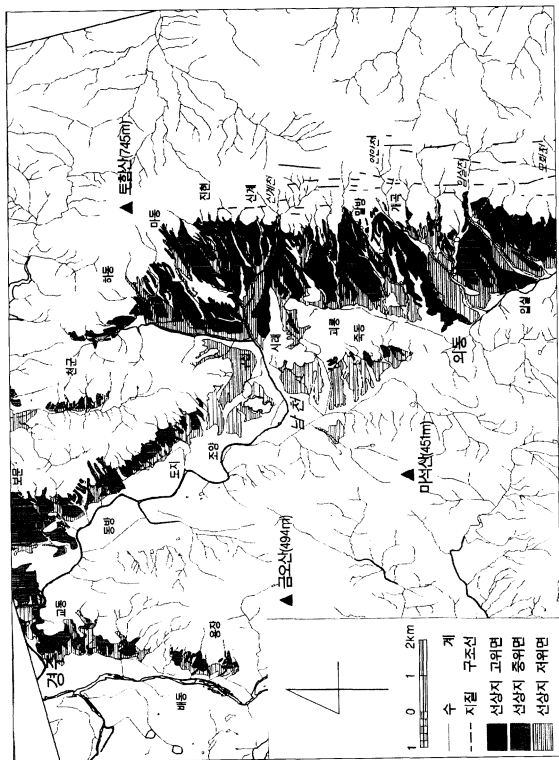


그림 2 해발 300m지의 북쪽과사-개곡지의 신상지 지형분류도

급이다. 일반적으로 중위면은 모두 취락지, 과수원, 밭, 논 등으로 토지이용이 가장 광범위하다. 농경에 필요한 용수가 부족하므로 관개수로 주변부터 논의 나타나기 시작하여 선단까지 분포한다. 중위면의 경우, 선정에서 선양까지 현 하상과 비교차가 10-5m에 이르므로, 관개수로가 없으면 논농사에 어려움이 많다. 또한 배후산지의 기반암이 화강암이어서 matrix물질이 거의 모래와 granule급의礫이므로 토양의 보수력에도 많은 문제점이 있다.

불국사지역의 선상지 고위면은 선정 부근에서는 현 하상과 비교차가 약 20-25m이지만, 중위면 선상으로 유수록 그 차이는 급격하게 줄어든다. 중위면과의 고도차도 선정부에서는 약 5-15m에 이르지만, 점차 줄어 선양부에서는 거의 고도차가 없다. 따라서 高位面은 中位面의 선양 부근에서 중위면 아래로 埋沒되는 형태를 취한다. 이와 같은 중단면의 형태는 중위면이 퇴적될 때, 산지에서 운반된 풍부한 퇴적물이 고위면 위를 덮었음을 의미한다(황상일, 1986).

3) 입실-모화지역

그림 3의 북쪽이 입실-모화지역의 지형면 분류도이다. 입실천과 모화천이 만든 중위면 선상지가 평면적으로 거의 같은 형태를 취하고 있으며, 이들 각 하천의 좌안과 우안의 지형면 특징이 대조적이어서 주목을 끈다. 즉, 입실천에 의해 형성된 우안의 선상지와 좌안의 선상지는 지형면의 형태, 경사도, 규모에서 현격한 차이를 보인다. 입실천 우안에는 부채를 형태가 뚜렷하며 규모가 큰 단 일선상지가 나타나고, 좌안에는 지형면 경사가 급하고 규모가 작은 선상지들이 합류선상지를 이루고 있다. 입실천의 남쪽 산록부에 연속적으로 분포하는 선상지들은 지류면 폭은 1, 2차수 하천이 형성한 것으로 지형면의 중단경사가 급하여 선상수에 가깝다. 우안의 분류성 선상지와 좌안의 지류성 선상지의 크기를 비교하면, 선상지의 크기는 배후산지에서 산록의 완사면으로 유입하는 하천 길이 및 유역분지 규모와 비례한다. 한편 입실천 좌안 선상지에는 개석곡의 두부침식으로 兩谷이 생성되어 약지가 분포한다. 박경석(1989)은

이곳의 우곡을 channel형 우곡으로 분류하고 현재는 거의 성장이 중지되었다고 보았다.

모화리에는 동천으로 유입하는 제종하천 중 규모가 큰 모화천이 우안에 단일선상지를 형성하였고, 해발고도 600m 萬里城 부근에서 발달한 제종하천이 모화천 좌안에도 부채를 모양을 갖춘 규모가 큰 합류선상지를 만들었다. 입실천 좌안의 입실천 지류들이 형성한 합류선상지와 마찬가지로 모화천 좌안의 합류선상지도 선상수에 가깝고 지형면 경사가 급하다. 이와 같은 선상지의 지형적 특색은 모화천으로 유입하는 하천 역시 유역분지가 작고, 1, 2차수에 불과하여 하천의 길이가 짧기 때문이다. 모화천 일대 선상지에도 고위면은 대단히 단편적으로 분포한다. 中位面은 선상지 형태가 가장 뚜렷하고 지형면의 규모도 가장 넓다. 그러나 산지에서 발원하는 하천밀도가 높고, 지형면 자체에 형성된 개석곡의 폭도 넓다. 현재 이 지형면은 취락지, 과수원, 밭, 논 등으로 이용되고 있다. 低位面은 모화천과 東川을 따라 좁게 분포한다. 개석을 받은 흔적이 없으며, 지형면도 연속적이다.

4) 신천-효문지역

그림 3의 남쪽 부분은 신천-효문지역의 선상지 지형면 분류도이다. 이곳은 다음과 같은 점에서 상술한 지역과 차별된다. 첫째, 연암동과 효문동에서는 선상지 저위면 말단부가 총격주 아래로 들어가는 형태를 취한다. 둘째, 중위면은 대단히 심하게 개석되어 개석곡의 밀도가 높다. 특히 말단부에서 더욱 심하다. 셋째, 효문동과 연암동 일대에서는 고위면이 중위면보다 더 넓다. 넷째, 효문동에서는 지형면 자체가 대단히 좁게 남아 있다.

고위면은 다른 지역과 마찬가지로 심하게 개석되어 선정 부근에 단편적으로 남아 있으나, 효문리 부근에는 선상지 형태를 확인할 수 있을 정도로 넓다. 중위면은 전체적으로 선상지 형태를 취하고 있다. 토지이용은 취락지, 논, 밭으로 이용된다. 저위면은 산지에서 흘러 동천에 합류하는 하천 주변에 분포한다. 개석을 받은 흔적이 없으며, 지형면이 다른 지역에 비해 넓고 연속성도 매우 양호하다.

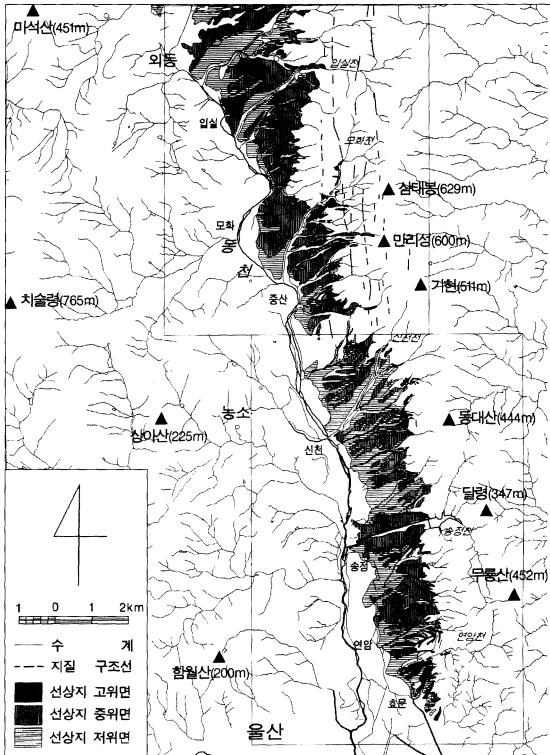


그림 3. 입실-모화지역 및 신천-효윤지역 선상지 지형분류도

이와 같은 선상지의 공간분포특색은 해안에 인접해 있어 빙기에 크게 낮아진 해면과 간빙기에 높아진 해면에 의해 직접 영향을 받은 결과임을 반영한다. 즉, 연암동과 효문동에 선상지가 좁게 분포하는 것은 빙기의 낮은 해면고도에 대응하여 형성된 지형면이 간빙기의 높은 해면시에는 매적되었기 때문일 것이다. 그리고 중위면의 발달이 심하게 개석된 것은 저위면을 형성한 최종빙기의 낮은 침식기준면에 기인한 것이다. 특히 효문동에 중위면이 매우 좁은 것은 고위면의 전면에서 빙기의 저해면에 대응하여 형성되었던 중위면이 이후 간빙기에 상승한 해수준으로 충격층에 매몰되고 저위면을 형성한 최종빙기의 낮은 침식기준면으로 인해 거듭 개석되었기 때문이다.

4. 토론

1) 선상지의 분포 특징

불국사산맥의 서사면에 분포하는 선상지는 경사가 매우 급한데 이는 하곡을 흐르는 하천특색과 관련된다. 김주환(1983)에 의해 계산된 동천의 하계밀도는 불국사산지 서사면의 경우 유역 면적 109.1km²에 하천총길이 265.98km로 2.44인데 비해, 서쪽산지의 동사면은 유역면적 73.2km²에 하천총길이 126.2km로 하계밀도가 1.72이다. 그러므로 불국사산지 서사면에는 독자적인 선상지를 형성하는 하천들 사이의 공간이 좁아 부채꼴의 형태를 취할 수 없어 입실천, 모화천, 신천천의 분류성 선상지를 제외하면 동-서 방향으로 하천의 상류에서 하류 쪽으로 선상지들이 길게 형성되었고, 이들 선상지들은 불국사단층선곡을 따라 남-북 방향으로 연속되어 합류선상지를 이루고 있다.

경주시 불국사지역에서 울산시 중구 효문동에 이르는 불국사단층은 전체적으로 북북서-남남동 주향이다. 이 단층선을 연하여 나타나는 선상지 분포도 역시 전체적으로 북북서-남남동 방향이지만, 세부적으로 살펴보면 북-남 방향이 타월하다. 특히 선상지 선정부의 배열에서 확인되는데, 불국사지역의 진현동, 신계동, 개곡동으로 연결되는 합류선상지와 입실-모화지역의 선정부들이 남-북 방향을 취한다. 신천-효문지역에서는 신천동, 송정

동, 효문동에서 각각 이와 같은 경향을 찾아 볼 수 있다. 북-남 방향은 불국사산맥의 분수계 뿐 아니라, 불국사지역에서 농소면 중산리까지 확인되는 단층선으로 추정되는 지질구조선과 일치한다(그림 4).

불국사단층선을 따라 연속적으로 나타나는 합류선상지는 불국사산지의 서사면을 흐르는 재종하천에 의해 하곡의 동쪽에만 형성되었다. 이것은 재종하천이 발원하는 배후산지는 높고, 사면경사가 급하며 분수계인 불국사산지의 능선이 단층선과 평행하게 연속적으로 하곡의 동쪽에서 이어지기 때문이다. 선상지를 형성하는 하천의 경사급변점이 하곡의 동쪽에만 주로 분포한다는 사실은 후술하게 될 불국사단층의 역단층운동의 특징과 또한 계사기 환단층운동에서 그 원인을 찾을 수 있다.

2) 扇狀地 형성에 기여한 要因

불국사산지 서사면에 분포하는 선상지 형성에 기여한 요소들 중 가장 중요한 것은 한반도 Pleistocene의 기후변화, 한국 남동부지역의 단층운동, 그리고 유역분지를 이루는 산지의 특색으로 요약된다. 이들 요소에 대해 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

(1) 한반도 남부 第四紀 기후변화

선상지를 형성하는 가장 중요한 요인은 유역분지에서 충분한 암석이 공급되어, 하천이 일시적으로 많은 퇴적물을 산지전면으로 운반해 오는 능력이다. 扇狀地는 건조지역의 단층에 아래에서 가장 잘 발달하는데, 이런 지역에는 식생피복이 불량하고 강우의 형태도 일시적인 폭우이므로, 사면의 풍화산물들이 일시에 하곡을 통해 제거, 운반, 퇴적되어 산지전면에 용이하게 형성된다. 그러나 온대지역인 우리나라의 間水期에는 식생피복이 양호하므로, 선상지가 만들어지기 어렵다. 그럼에도 불구하고 우리나라에서도 지질, 지형, 단층운동 선상지 형성에 유리한 제반 자연환경이 조성된 곳에서는 제4기에 반복적으로 나타난 한랭한 빙기 동안 선상지를 충분히 형성할 수 있었다. 즉, 빙기에는 식생이 빈약해지고, 기온이 하강하여 동

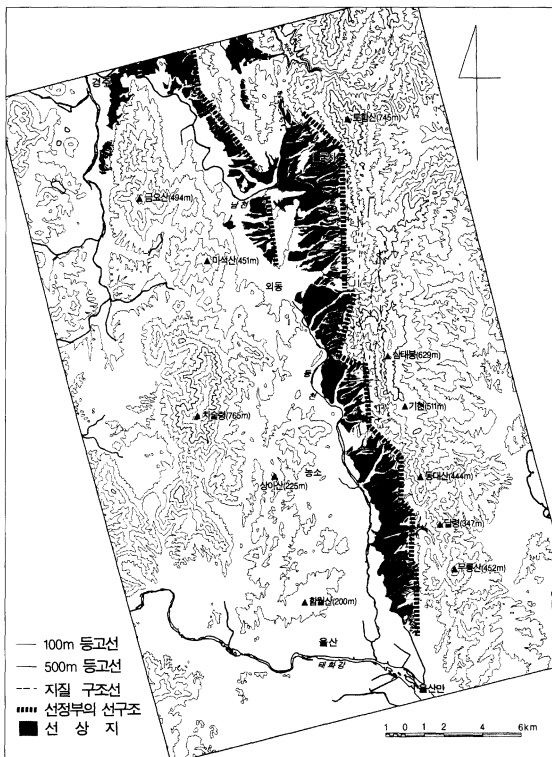


그림 4. 불국사산지 서사면의 지질구조선과 선상지 선정부의 선구조

표 2 경북 영양의 최종빙기 이후 토단층 화분분석결과(尹順玉·曹華龍, 1996)

해발고도 a.s.l. (m)	YY1 지점				YY2 지점								
	퇴적상	화분대	우점수목	형성시기 (y. BP)	퇴적상	화분대	우점수목	형성시기 (y. BP)					
280.0	경지도				경지도								
279.0									실트	V	심유질 풍부한 섬트질토단	c	소나무 -참나무
278.0											b		
277.0									(부정합)				15,000
276.0	III	d	자작나무 -가문비나무	유기질 모래	IV	b	참나무						
275.0		c	자작나무 -가문비나무	15,000	a	피나무							
274.0		b	소나무		d	가문비나무 -자작나무							
273.0	a	자작나무	43,000	III	c	자작나무 -가문비나무							
272.0	II	참나무			b	소나무							
271.0	I	자작나무	60,000	역질모래	a	자작나무	43,000						
270.0					역질모래								

결되는 기간이 늘어나 기계적 풍화작용이 활발해지고 하부를 통해 동결과 융해가 반복되는 기간이 길어져 암석이 풍부하게 공급되므로 규경사의 배후산지 전면면 규모가 큰 전형적인 선상지가 형성될 수 있다. 또한 우리나라 강우형태가 6-9월 사이에 60%, 특히 장마철인 7월에 전체 강수량의 30%가 집중되며, 일강수량 100mm 이상의 집중호우도 빈발한다. 아울러 8월을 중심으로 7-9월 사이에 오는 태풍도 집중호우를 동반한다. 다만 빙

기에 한반도의 강우와 태풍의 강도와 빈도가 현재와 어느 정도 유사했는지에 대한 구체적인 연구가 없으므로 상세한 논의는 유보해야 할 것이나, 강우가 여름에 집중하는 대륙 동안의 계절풍기후 특징은 유지했을 것으로 추정된다.

우리나라에서 빙기의 자연환경은 Yoon(1994)과 尹順玉·曹華龍(1996)에 의해 경북 영양에서 조사된 바 있다. 慶北 英陽郡 英陽邑에서 花粉分析으로 얻은 最終水期 중 60,000~15,000년 BP의 식생

특징은 목본에 비해 초본이 약 2배에 이르며, 현재 고위도지방에서 분포하는 가문비나무(*Picea*), 자작나무속(*Betula*), 5엽송의 비율이 높은 소나무속(*Pinus*)이 우점하여 현재와는 크게 달랐다(표 2). 또한, 가문비나무(*Picea*)와 자작나무속(*Betula*)의 최적생육조건은 7월 평균기온 15°C 이므로 (Bartlein et al., 1986), 이와 같은 식생의 특징에 따라 최종빙기 최성기의 한반도 중남부 산간 지역의 7월평균기온은 현재보다 약 10°C 더 낮았을 것으로 추정되었다.

莫陽에서 약 100km 남쪽에 있는 경주지역의 빙기 식생과 기후에 대한 자료가 없어 당시 식생을 확인할 수 없으나, 영양의 자료로 유추하면 현재보다 여름기온이 약 10°C 더 낮았고 초본의 비율이 목본보다 훨씬 높았으며 전체적으로 식생피복이 현재보다 불량했을 것이다. 그리고 기계적 풍화작용을 크게 촉진시키는 동결과 융해가 반복되는 기간이 길어 현재보다 훨씬 더 많은 양의 암석을 생산했다고 볼 수 있다. 따라서 경주지역의 선상지를 형성한 퇴적물은 氷期 동안 불국사산지에서부터 재증하천들에 의해 운반된 것이다.

(2) 불국사단층선

한반도 남동부에서 가장 탁월하게 발달한 양산 단층선과 경주 부근에서 여각으로 만나는 佛國寺斷層線을 형성한 힘은 최근의 연구를 통해 확인되고 있다. 양산단층선은 그 동쪽지리가 第四紀에도 용기를 계속하고 있는 活斷層이다. 이 단층선보다 동쪽에 있는 불국사단층선도 단층면의 동쪽지리가 동해 쪽에서 오는 횡압력에 의해서 서쪽지리 위로 밀고 올라가고, 북동쪽에서 남서쪽 지리 위를 밀어 올리는 역단층이며 活斷層이다. 이 두 단층선의 운동양상을 유추할 때, 한반도 남동부에는 동해 쪽으로부터 오는 압축력이 작용하였으며, 이 지반운동은 불국사산맥의 斜面傾斜에 크게 영향을 미친 것으로 볼 수 있다. 그리고 본 수계를 경계로 단층선에 의한 서사면의 경사가 동사면에 비해 매우 급하다. 이것은 역단층운동을 하는 단층선들이 선상지지형만 뿐 아니라 배후산지 사면에도 통과하고 있으므로 오랫동안 선상지형상에 유리한 급경사를 유지하였음을 알 수 있다. 아울러 산지사면을 지나는 복수의 평행한 단

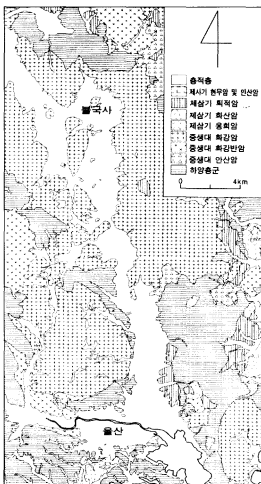


그림 5. 불국사단층선 주변 지질도

층선들이 기반암의 파쇄를 촉진시켜 암석의 공극을 왕성하게 했을 것이다.

(3) 기반암과 산지 사면의 특성

蔚山과 慶州 사이의 불국사단층선 주변 연구지역의 지질은 중생대 백악기 말부터 신생대 초에 걸쳐 관입된 靑雲母花崗岩과 백악기에 형성된 퇴적암이다(그림 5). 영남지방에서 백악기에 관입한 佛國寺花崗岩은 주라기에 관입한 대보화강암에 비해 생성시기가 상대적으로 늦고, 이들이 관입하면서 주변의 퇴적암은 침식에 강한 변성퇴적암이 되어 불국사화강암지역을 보호하고 있으므로, 산지는 아직 충분히 개척되지 못하여 해발고도가 크게 낮아지지 않은 다소 높은 산지를 이루고 있

다. 화강암은 심성암이므로 지표에 노출되면 높은 압력에서 벗어나 절리가 발생하고, 절리를 따라 수분침투에 따른 조임광물들 간에 차별적 풍화작용 및 침출풍화로 인하여 암설을 많이 생산할 수 있다. 그리고 중생대 백악기에 퇴적된 퇴적암은 울산시 농소면 중산리보다 남쪽에 분포하는데, 이 암석도 침식에 대한 저항력이 크지 않아서 영남 분지에서는 분포고도가 낮고 평균기부량도 적어 대부분 지역이 낮은 구릉성 경관을 나타낸다(이금삼·조화룡, 1998). 퇴적암이 침식에 대한 저항력이 약한 것은 이암의 경우 층리에 평행한 조개 집현상이 잘 나타나고(유강민·우경식, 1997), 암석형성기와 그 이후에 심하게 지반운동을 받아 기반암에 절리가 발달했기 때문이다. 이와 같이 연구지역을 구성하는 기반암이 풍화와 침식작용에 대한 저항력이 약하여 빙기의 기후환경에서 암설을 풍부하게 공급하였던 것으로 볼 수 있다.

불국사산지의 분수계와 선상지 사이의 산지사면 경사는 상당히 급하므로, 산지 서사면에는 식생피복이 불량하여 집중호우시에 사면붕괴가 자주 발생했다. 이와 같은 현상은 三國史記의 기록'에서도 발견된다. 불국사산지 서사면의 급한 사면경사는 하양층군으로 이루어진 울산시지역 특히, 분수계의 해발고도가 낮은 신천-효문지역에서도 확인된다. 따라서 사면경사가 급한 것은 기반암의 특징에도 다소 영향을 받았으나 근본적으로 역단층을 이룬 橫懸力과 단층선을 따라 나타나는 다수의 파쇄대에 의해 형성된 것으로 볼 수 있다.

3) 선상지 지형발달과 불국사단층선의 구조운동

(1) 지형발달

한반도에서는 산지와 충적지 사이에 형성된 완만한 사면지형을 두고, 퇴적지형인 선상지로 또는 기반암의 기복을 반영하는 페디먼트식 산록환사면으로 규정할 것인지를 오랫동안 논의해 왔다. 최근 들어 하천 상류부의 하안단구 발달과정이 밝혀지고, 第四紀 기후변화에 대한 자료가 축적되어 빙기의 기복과 식생에 대한 복원이 가능해지면서, 이들 완사면을 이루는 퇴적물의 기원과 지형발달을 보다 구체적으로 논의할 수 있게 되었

다. 즉, 중위도에 위치하는 우리나라의 하천 상류부에 분포하는 數段의 河岸段丘는 빙기에 형성된 것(Chang, 1986; 송인근, 1993; 윤순옥·이광률, 2000)으로, 이 지형면을 이루는 퇴적물은 빙기에 기원이 하강하고 산지 식생피복이 빈약하여, 풍화작용이 활발하게 되면서 고준한 하천퇴적물이 상류부 하상으로 운반되어 졌다. 이를 뒷받침하는 빙기의 기후 및 식생환경은 화분분석에 의해 확인되고 있다. 선상지도 複數의 段으로 구분되며, 빙기의 왕성한 풍화작용의 결과 공급된 퇴적물이 형성하였으므로 하천 상류부에 형성된 하안단구와 유사한 과정을 거쳤음을 알 수 있다. 연구지역의 선상지들은 고위면, 중위면, 저위면으로 구분되었고, 불국사단층선 지역에서 고위면의 형성시기를 파악하려면 양산단층선 지역과 고위면 역시 같은 시기에 형성되었는지 논의해야 할 것이다. 이들 양 지역에서 고위면의 평면적인 분포특징은 매우 유사하다. 모두 稜線 형태로 지형면이 좁게 분포하며, 공통적으로 두 지역에서 현재까지 가장 높은 하상고도에서 확인된다. 따라서 이 두 지역의 고위면은 같은 시기에 형성된 것으로 보는 것이 타당하다. 또한, 양 지역의 중위면도 지형면 상의 개색과 분포특징, 종단면 상에서 저위면과의 관계 등으로 미루어 볼 때, 무리없이 대비된다. 황상일(1998)과 윤순옥·황상일(1999)에 의하면, 고위면과 중위면의 관계, 고위면의 하상비고, 고위면의 규모 등에서 볼 때, 고위면의 형성시기를 중위면 형성기인 Late Riss 水期보다 한단계 앞선 한랭기인 Drenthe 亞水期(30-25만년 BP, Early Riss, Early Illinoian, marine oxygen isotope stage 8)에 대비하는 것이 보다 설득력이 있으며, 이 시기는 북미의 Early Illinoian 水期에 해당하고, Scandinavia반도를 비롯한 북유럽의 Drenthe期, Northern Alps에서 Early Riss 水期에 대비된다. 중위면은 20-14만년 BP에 해당하는 Late Riss 水期에 대비되며, 저위면은 최중빙기에 퇴적되었다(표 3).

(2) 구조운동

단층운동에 대한 증거들은 단층파쇄대의 노두조사가 이루어진 불국사, 말방지역에서 주로 확인되었다. 따라서 울산 부근에서는 단정짓기 어려우나 선상지 지형면의 분포 및 산지사면의 특색 등으

표 3. 한반도 남동부 지역의 선상지 및 하천 상류부 하안단구의 형성시기와 퇴적물 특징

	內陸의 河岸段丘 高位面 (曹華龍, 1997; 岡田 等, 1994)	末方 지역의 高位面 (岡田 等, 1998)	海岸段丘 침보산면 (黃相一·尹順玉, 1996)	廣州市 蠶湖- 진티마을 高位面 (尹順玉· 黃相一, 1999)	內陸의 河岸段丘 高位面 (曹華龍 1997; 岡田 等, 1994)	末方지역의 中位面 (岡田 等, 1998)	海岸段丘 금곡면 (黃相一· 尹順玉, 1996)	廣州市 蠶湖- 진티마을 中位面 (尹順玉·黃 相一, 1999)
형성 시기	Mindel/ Riss 間水期 혹은 그 以前 (50-25萬年BP)	Riss 水期 (30-14萬 年 BP)	Mindel/Riss 間水期	Early Riss 水期 (Marine oxygen isotope stage 8, 30-25 萬年 BP)	Riss 水期(20-14 萬年 BP) (曹華龍, 1997)	Early Würm 水期(5-6萬年 BP)	Riss/Würm 間水期 (13-7萬年 BP)	Late Riss 水期 (Marine oxygen isotope stage 6, 20-14 萬年BP)
구정선 고 도			해발고도 35-40m				해발고도 19-24m	
변위량 및 변위속도	12m 0.024-0.048 mm/y	15m 0.08mm/y		10m 0.03-0.042mm/y	5-7m 0.05-0.07mm/y	5m 0.1mm/y		6m 0.03-0.043 mm/y
matrix 토양색	棕色(2.5YR 6/6) 暗赤褐色(2.5 YR 5/6) 赤褐色(5YR 4/8)		暗赤褐色(5YR 5/8) 暗褐色(7.5YR 5/8)	黃棕色(7.5YR 7/8) 棕色(7.5YR 6/8) 暗赤褐色(2.5Y 7/8) 暗赤褐色(5YR 5/8 3YR 5/8)	黃棕色 (7.5YR 8/8), 黃褐色 (7.5YR 7/8), 棕色 (7.5YR 7/6)		暗黃褐色 (10YR 6/8)	
礫의 풍화도	호미로 규 질 정도로 완전히 풍화	호미로 규 질 정 도로 완 전히 풍화	호미로 모사이 크무늬를 만들 정도로 완전 풍화,礫의 약 1/2이 완전풍화	대부분 礫은 완전 풍화 되었으나, 풍화도가 있고, 는 변질암도 포함됨.	礫은 粘土皮 膜과 氯化鐵 이 대부분 형 성되어 있고, 가끔 완전 풍 화礫 포함		礫은 粘土皮 膜과 氯化鐵 이 대부분 형 성되어 있고, 가끔 완전 풍 화礫 포함	
비고	虎頭紋 외벽색 용 담층		虎頭紋, 외벽 색 용담층의 면적이 微細	虎頭紋, 외벽색 용담층이 두껍게 형성, bedding과 sorting이 양호함.			虎頭紋, 외벽색 용담층이 두껍게 형성	

로 볼 때, 불국사지역에서 울산만까지 거의 같은 양식의 단층운동이 작용한 것으로 판단된다. 불국사단층선에는 북-남 및 북서-남동 주향으로 구성되지만, 북-남 주향의 단층선이 더욱 뚜렷하다(그림 4). 북-남 주향의 단층선은 말방리와 개곡리에서는 예각의 역단층으로 확인되며, 입실리에서는 피복물로 덮혀 정확하게 확인되지 않지만 파쇄대의 경사가 거의 수직인 역단층이 확인된다. 불국사단층계를 구성하는 수 열의 지질구조선은 서로 평행하게 분포하며, 불국사지역과 입실-모화지역에서는 향공사전편동결과 일련의 kernool(단층안부)과 kembu(분리구름)으로 구성되는 이들의 선적구조가 확인된다. 즉 직선상으로 개석곡을 이루는 kernool과 이것에 의해 산지에서 분리된 독립구름인 kembu이 북-남 방향에서 용이하게 관찰된

다(그림 4). 또한 하천이 배후산지에서 단층선곡이 형성된 하곡으로 나오는 곡구에서도 선상지의 선정부들이 북-남 방향으로 선구조를 이룬다. 이것은 단층선에 의해 선정부에 경사급변점이 형성되고, 이로 인해 하천의 운반물질이 퇴적되어 선상지를 이루게 되는 堆積場이 단층선을 따라 북-남 방향으로 연속되기 때문이다. 이와 같이 북-남 주향으로 경사급변점을 만든 흠은 동쪽에서 서쪽으로 작용한 압축력이다.

북서-남동 주향의 단층선은 연구지역의 가장 북쪽에 해당하는 통방동, 도지동, 조양동에 이르는 선상지의 선정부를 연결한 방향, 불국사지역 북쪽의 선상지 선정부를 연결한 방향, 하동, 마동, 진티마을의 역단층 파쇄대의 방향, 그리고 중산리와 모화리의 북-남 방향으로 분포하는 선정부를 연

결한 선들 사이에서 나타나는 일련의 방향성과 일치한다. 그러나 이 방향은 북-남 주향의 단층선과 지질구조선에 비해 규모가 작고, 뚜렷하지 못하다. 이 단층선을 형성한 힘은 양산단층선의 동쪽지괴를 남쪽으로 이동시켜 우수주향이동단층을 만든 압축력으로 추정된다.

5. 결론

- 1) 불국사산맥의 서사면에 분포하는 선상지는 대부분 하계밀도가 높고, 길이가 매우 짧으며, 하상경사가 대단히 급한 하천들이 운반한 퇴적물로 형성되었다. 입실천, 모화천, 신천천과 같이 상대적으로 규모가 큰 하천들의 분유성 선상지는 부채꼴을 취하고 있으나, 이를 제외하면 하천의 상류에서 하류 쪽으로 동-서 방향으로 길게 하안단구와 유사한 형태를 취하는 선상지들이 불국사단층선곡을 따라 남-북 방향으로 연속되어 합류선상지를 이루고 있다.
- 2) 울산만에 인접한 신천-효본지역의 선상지분포는 제4기 해면변동에 의해 영향을 받았다. 특히 울산만에 근접한 불국사단층선 가장 남쪽에서는 고위면의 경우 선상지의 형태를 취하고 있으나 중위면과 저위면이 전체적으로 좁게 남아 있거나 소멸되었다. 그리고 저위면이 충적층의 아래로 들어가는데, 최종빙기의 저해면에 대응하여 형성된 선상지 저위면이 Holocene 해진극상기 이후에 퇴적된 충적층에 의해 매몰되었기 때문이다.
- 3) 경주시 불국사지역에서 울산시 중구 효문동에 이르는 불국사단층의 주향은 전체적으로 북북서-남남동 방향을 취하고 있으나, 북-남 주향과 북서-남동 주향이 결합된 것으로 파악되었다. 특히 선상지 선정부의 배열, 불국사산맥의 분수계 방향, 단층선으로 예상되는 지질구조선들의 방향으로 볼 때 북-남 주향이 탁월하다. 또한 불국사지역과 입실-모화지역에서는 kerncal과 kernbut으로 이루어진 수 열의 선적 구조가 직선상의 개석곡과 구릉의 형태로 북-남 방향으로 나란하게 분포한다.
- 4) 불국사단층선을 따라 합류선상지를 이루는 불국사선상지는 불국사산지 서사면 산록부에만

연속적으로 분포한다. 이것은 동해 쪽에서 오는 압축력에 의해 동쪽지괴가 서쪽지괴 위를 밀고 올라와 역단층을 만드는 구조운동이 산지 서사면을 대단히 급하게 만들면서 선상지 발달을 촉진시켰기 때문이다.

- 5) 불국사선상지를 형성한 요소 중 가장 중요한 것은 동결과 용해가 반복되는 기간이 길어지는 빙기의 기후환경, 동해 쪽에서 내륙 쪽으로 향하는 횡압력에 의해 형성된 불국사산지 서사면의 급한 사면경사, 이 구조운동에 의해 형성된 불국사단층선곡에 발달한 복수의 지질구조선, 그리고 침식에 대한 저항력이 약한 불국사화강암과 중생대 퇴적암으로 이루어진 기반암의 특징을 들 수 있다.
- 6) 불국사단층선을 연하여 분포하는 선상지들은 고위면, 중위면, 저위면으로 구분되는데, 이것은 하천 상류부에 발달한 河岸段丘와 같이 빙기에 형성된 것으로, 고위면의 형성시기는 Drenthe 亞水期(30-25만년 BP, Early Riss, Early Illinoian, marine oxygen isotope stage 8), 중위면은 Late Riss(stage 6)인 20~14만년 BP, 그리고 저위면은 최종빙기에 대비된다.
- 7) 선상지 지형면의 분포와 사면의 특색 등으로 볼 때, 불국사지역에서 울산단까지 거의 같은 양식의 단층운동이 작용한 것으로 판단된다. 북-남 주향의 단층선 및 지질구조선을 형성한 힘은 동쪽에서 서쪽으로 작용한 압축력으로서 연구지역에서 가장 탁월하다. 북서-남동 주향의 단층선은 양산단층선의 동쪽지괴를 남쪽으로 이동시켜 우수주향이동단층을 만든 북동쪽에서 남서쪽으로 미는 압축력으로 추정된다.

註

- 1) 新羅本紀 第2, 伐休尼師今 9年
新羅本紀 第2, 訖解尼師今 41年
新羅本紀 第3, 奈勿尼師今 11年
新羅本紀 第3, 實聖尼師今 15年
新羅本紀 第3, 慈悲麻立 于 8年
新羅本紀 第8, 聖德王 19年
新羅本紀 第10, 元聖王 13年

文獻

- 고의강, 1982, "지리산 화염사 선상지에 관한 분석적 연구" 지리학총, 10, 18-29.
- 權赫在, 1994, 地形學(제3판), 法文社, 서울.
- 金周煥, 1983, 韓國 南東地帶의 地質構造와 地形發達 과의 關係, 연세대학교 대학원 박사학위논문.
- 朴敬錫, 1989, 韓國의 雨谷地形研究, 경북대학교 교육 대학원 석사학위논문.
- 朴魯植, 1959, "韓國扇狀地研究" 慶熙大學校論文集, 2, 1-28.
- 宋彥根, 1993, 韓半島 中·南部地域의 嵌入曲流 地形 發達, 慶北大學校 大學院 博士學位論文.
- 禹柄榮, 1984, 梁山斷層의 地形學的 研究, 慶北大學校 大學院 碩士學位論文.
- 위상복, 1982, 건천지역의 선상지 지형발달, 경북대학교 대학원 석사학위논문.
- 유강민 · 우경식, 1997, 퇴적암석학, 민음사, 서울.
- 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 활단층지형" 대한지리학회지, 34(3), 231-246.
- 윤순옥 · 이광률, 2000, "홍천강 중·하류의 하안단구 지형발달" 대한지리학회지, 35(2), 189-206.
- 이금삼 · 조화룡, 1998, "경상도 지역에 있어서 지질 별 지형 특성 분석" 한국지형학회지, 5(1), 1-20.
- 曹華龍, 1997, "梁山斷層 周邊의 地形分析" 대한지리학회지, 32(1), 1-14.
- 韓國資源研究所, 1997, 활성단층 조사평가 연구, 한국 자원연구소 연구보고서, KR-97(C)-5.
- 黃相一 · 尹順玉, 1996, "韓國 東海岸 金谷地域 海岸

段丘의 堆積物 特性和 地形發達" 한국지형학회지, 3(2), 99-114.

- 黃相一, 1998, "慶州市 蝦洞 周邊의 扇狀地 地形發達와 構造運動" 한국지형학회지, 5(2), 189-200.
- 岡田篤正, 渡邊滿久, 佐藤北呂志 · 全明純 · 曹華龍 · 金性均 · 田正秀 · 池憲哲 · 尾池和夫, 1994, "梁山斷層(韓國南東部)中央部の活斷層地形とトレンチ調査" 地學雜誌, 103(2), 111-126.
- 岡田篤正 · 渡邊滿久 · 鈴木康弘 · 慶在福 · 曹華龍 · 金性均 · 尾池和夫 · 中村俊夫, 1998, "蔚山斷層系(韓國南東部)中央部の活斷層地形と斷層露頭" 地學雜誌, 107(5), 644-658.
- 吳建煥, 1977, "韓半島南東海岸의 地形發達" 地理學評論, 50, 689-699.
- Bartlein, P. J., Prentice I. C. and Webb π , T., 1986, Climate response surfaces from pollen data for some eastern North American taxa, *Journal of Biogeography*, 13, 35-57.
- Chang, Ho., 1986, *Geomorphic development of Intermontane Basins in Korea*, Dissertation, Univ. of Tsukuba.
- Son, Ill, 2000, Physical Geography, in The Organizing Committee of the 29th International Geographical Congress(eds), *Korean Geography and Geographers*, Hanul Academy, Seoul, 95-157.
- Yoon, S. O., 1994, *Untersuchungen zur jungquartären Vegetationsentwicklung in den Fluß-gebieten des Gauwaji-, Dodaecheon-, Youngyang-, Ulsan- und Jumunjin-Gebietes Südkoreas*, Dissertation, Universität Freiburg.

(2001년 8월 2일 접수)