

# 洪川江 중·하류의 하안단구 지형 발달

윤순옥\* · 이광률\*\*

## Geomorphic Development of River Terraces at the Mid · Downstream of Hongchoen River

Soon-Ock Yoon\* · Gwang-Ryul Lee\*\*

**요약** : 북한강 지류 홍천강은 중류구간과 하류구간의 하천 형태가 대조적이다. 홍천강의 중류는 단층선을 따라 직선상으로 남서류하고, 하류는 감입곡류 구간으로 서류하여 북한강에 합류한다. 유역분지의 기반암은 중류구간의 서쪽과 하류구간은 편마암, 중류구간의 동쪽은 화강암이며, 상류구간은 변성암과 화강암이 혼재한다. 하안단구는 중류구간 유로의 양안에서 넓게 분포하며, 하류구간에서는 감입곡류의 활주사면에 좁게 나타난다. 이러한 특징은 지질구조선의 존재, 중류와 하류의 지질 특성과 이에 따른 유로 발달의 차이에 기인한다. 화계분지는 중류구간의 가장 하류쪽에 위치하는데, 분지 내에는 고도를 달리하는 여러 단의 하안단구가 분포한다. 즉, 화계분지에서는 과거 여러 번에 걸친 유로변경과 이로 인해 곡류절단이 이루어졌다. 이는 변성암으로 이루어진 홍천강 하류의 좁고 깊은 하곡이 국지적인 침식기준면으로 작용하여 중류에서 하류로의 곡류대 이동이 방해받았기 때문이다. 하안단구의 형성시기는 기존의 연구결과와 비교할 때, 저위 I 면과 저위 II 면이 각각 Early Würm 빙기와 Late Würm에 대비되는 marine oxygen isotope stage 4와 2 시기에, 중위면은 Late Riss에 해당하는 marine oxygen isotope stage 6에 형성된 것으로 추정된다.

**주요어** : 홍천강 중·하류, 하안단구, 第四紀, 감입곡류, 곡류대.

**Abstract** : Hongchoen River as branch of Bukhan River has contrasted channel formation between midstream and downstream. The midstream of Hongchoen River flows straight to southwest that connected to the lineament with the direction of NE-SW, and the downstream flows to west as incised meander, and joins Bukhan River. The bedrocks of drainage basin of the west side of the midstream and the downstream are composed of gneisses, the east side of the midstream is composed of granites, and the upstream is mixed with metamorphic rock and granites. River terraces along the midstream are widely distributed over both sides of valley, but those of downstream parts are narrowly distributed over the paleopointbar of incised meander. These characteristics are caused by geological difference between the drainage basin of the midstream and it of the downstream, difference of channel development, and existence of the lineament. Hwagye Basin is located on the lower part of the midstream of Hongcheon River, and the boundary to the downstream, and river terraces are distributed in Hwagye Basin with each level according to the many heights. The changes of the channel and meander cut-offs were repeated in the basin at many times. That is caused by obstruction of moving meander belt, because downstream parts composed of metamorphic rock take to temporary base level. The Lower surfaces I and II of the terraces of Hongcheon River are presumed to be formed in the stages of early Würm and Late Würm, marine oxygen isotope stage 4 and stage 2 respectively, compared with the study for the southern part of Korea. And the middle surfaces are compared with a glacial stage before Early Würm, marine oxygen isotope stage 6.

**Key Words** : mid- and downstream of Hongcheon river, fluvial terraces, Quaternary, incised meander, meander belt.

### 1. 서론

하안단구는 구하도의 하상이나 범람원의 고도를 나타내는 유물지형이며 국지적인 침식기준면

과 하천에너지의 변화를 반영한다.<sup>1)</sup> 하안단구는 그 형성과정에 지반운동, 기후변화를 포함한 다양한 요인들이 복합적으로 작용하므로, 지형면 분류 작업을 통하여 과거 하천의 유로 변화 및 특정 유

\* 경희대학교 문리과대학 지리학과 부교수(Associate Professor, Department of Geography, Kyung Hee University)

\*\* 경희대학교 문리과대학 지리학과 박사과정(Student, Graduate School of Kyung Hee University)

역의 제4기 자연환경 변화를 이해할 수 있는 많은 정보들을 제공한다. 또한 하안단구는 하천 범람의 위험에서 벗어날 수 있고, 하천 양안의 평탄한 지형이므로, 일찍부터 농경지, 취락, 교통로 등 인류의 생활터전이자 활동공간으로서 유용하게 이용되어 왔으며, 현재도 개발이 집중되고 있다. 따라서 하안단구 연구는 지형 형성과정을 밝히는 것뿐 아니라, 선사시대 이래 인간활동과 이에 영향을 미친 자연환경과의 관련성을 파악하는데도 중요하다.

그 일단으로 본 연구는 현재까지 연구가 거의 이루어지지 않은 北漢江 수계 중에서, 洪川江 중·하류에 분포하는 하안단구의 지형발달과정을 밝히고자 한다. 이를 위하여 하안단구면의 하상비고를 비롯한 지형 특성과 퇴적물의 특징을 종합적으로 고려하여 지형면을 분류하고, 그 분포 특징을 살펴 보았다. 이로써 홍천강 중·하류 유로의 변화과정 및 하안단구 지형면 형성시기를 포함한 하안단구의 발달과정을 논의하였다.

조사방법으로 먼저 1:5,000, 1:25,000 지형도 및 1:20,000 항공사진을 판독하고, 야외조사에서 얻은 각 지형면의 해발고도, 하상비고, 하안단구면의 경

사도, 원면보존율<sup>2)</sup>을 고려하여 하안단구면을 분류하고, 단구면 노두의 퇴적상을 확인하여 수정·보완하였다. 노두 관찰은 역층의 두께, 역의 입경, 풍화정도, 원마도, 분급, 층리, 적색화 정도 등을 조사하여, 이를 토대로 유로변경, 각 지형면 형성 시기의 선후 관계, 기후 변화 등 홍천강 유역의 제4기 자연환경을 검토하였다. 또한, 하곡의 양안에 분포하는 하안단구면의 종단면도 및 횡단면도를 작성하여 하곡의 특징과 하안단구면의 분포특징을 파악하였다. 그리고 하안단구에서 이루어지는 인간 활동을 이해하기 위하여 토지이용 현황을 조사하였다.

## 2. 지형 및 지질 개관

홍천강은 洪川郡 內面을 제외한 홍천군의 전 지역과 春川市 南面, 南山面 남부, 京畿道 楊平郡 丹月面 북부지역을 그 유역분지로 삼고 있으며, 유역면적 1,566.20km<sup>2</sup>로 북한강 수계의 지류하천 중 유역면적 2,886.60km<sup>2</sup>인 昭陽江 다음으로 두 번째 큰 하천이다. 홍천강의 지류로는 홍천군 斗村面을

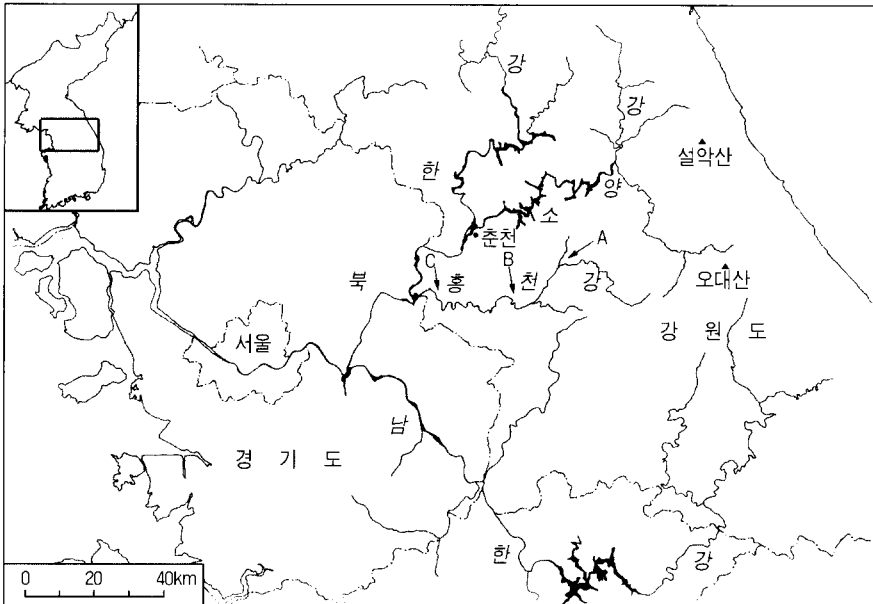


그림 1. 연구지역

주: A~B는 중류구간, B~C는 하류구간

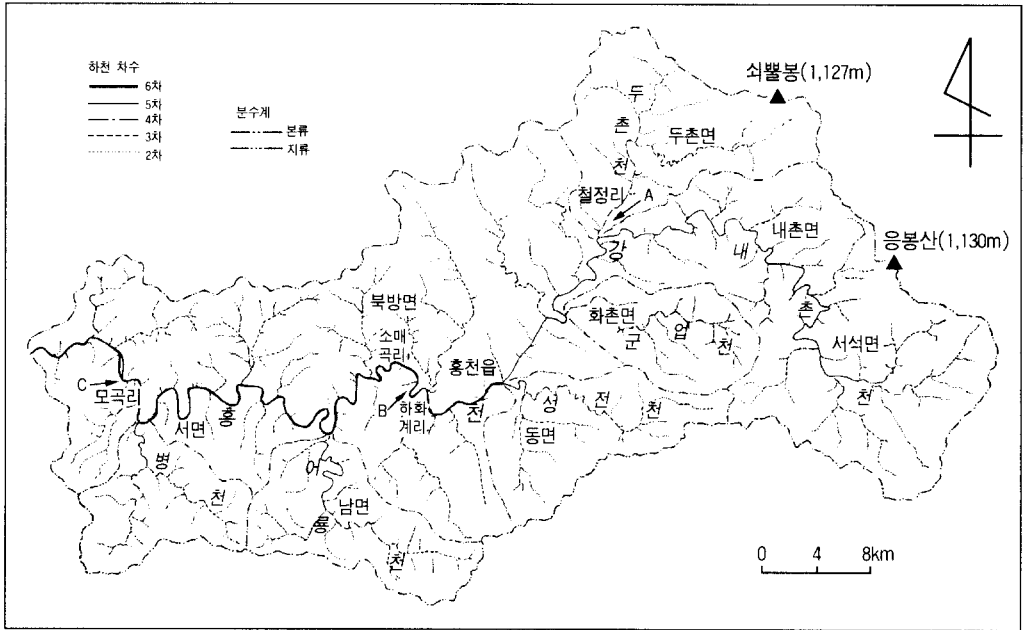


그림 2. 홍천강 하계망도

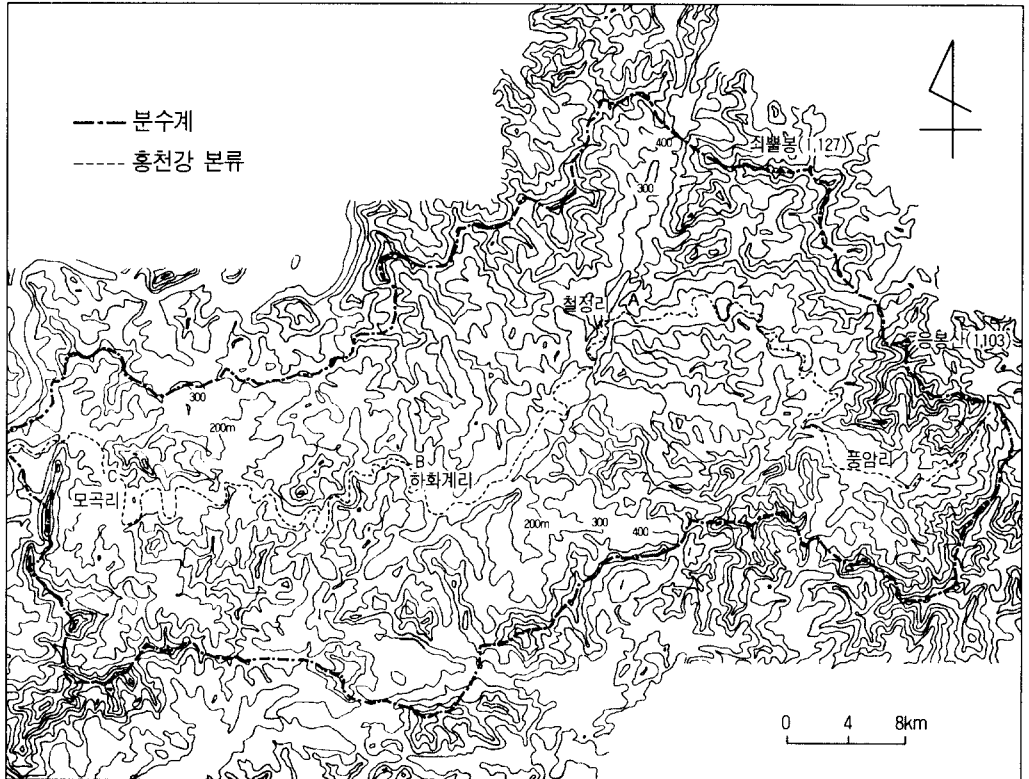


그림 3. 홍천강 유역분지 절봉면도

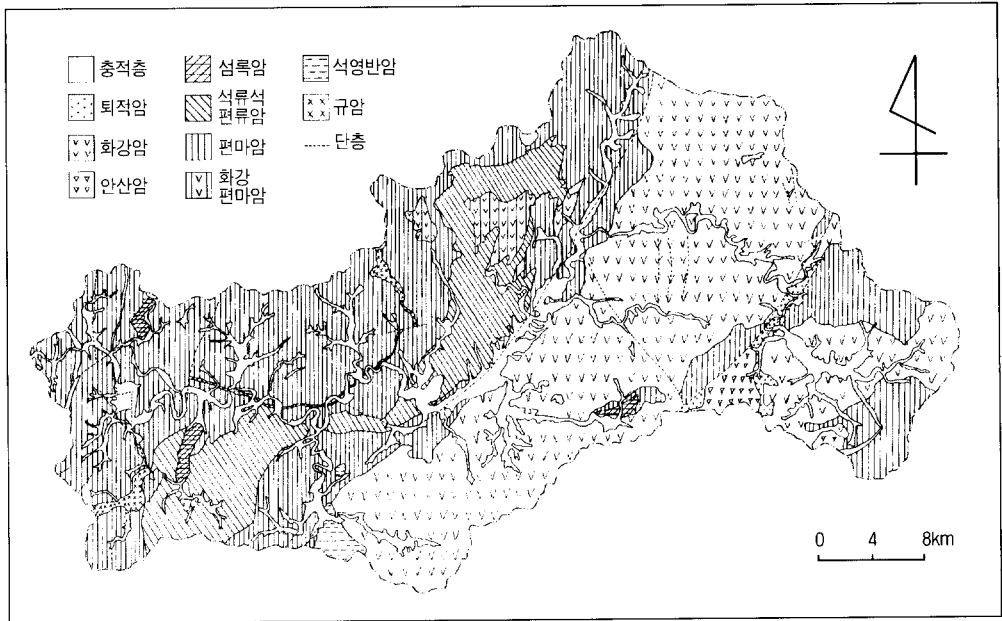


그림 4. 홍천강 유역분지 지질도

호르는 斗村川과 化村面의 君業川, 東面의 城前川, 南面의 魚龍川, 西面의 병천 등이 있다. 홍천강 유역분지는 동서로 길며, 하천이 발원하는 배후산지인 應峰山(1,103m), 쇠뿔봉(1,127m) 등은 동쪽에 치우쳐 있다(그림 2, 3).

홍천강은 중류구간과 하류구간의 하도 형태 및 하안단구의 공간분포가 대조적이므로, 이들 두 구간을 비교하여 하안단구 지형발달을 논의하였다. 그림 1과 2에서 A~B는 중류구간이며, 행정구역 상으로 홍천군 두촌면 杼亭里에서 北方面 下花溪里까지이고, B~C는 하류구간으로, 북방면 疎梅谷里에서 서면 牟谷里에 이르는 유역이다.

홍천강 본류는 중류구간에서 남서류하며 직선상의 유로를 취하고 있으나, 하류구간은 감입곡류하며 북한강과 합류한다. 홍천강의 양안에는 범람원, 하안단구, 선상지 등이 나타나는데, 이 지형면들은 경작지와 취락, 도로 등으로 이용되고 있다. 특히 주 단층선이 지나는 중류구간의 본류 양안에는 이들 충적지형이 1km 내외의 폭으로 넓게 분포하여 농업과 교통에 도움을 주고 있다.

홍천강 유역분지의 지질은 두 열의 북동-남서 방향의 단층선에 의해 크게 세 지역으로 구분된다.

가장 서쪽은 주로 선캄브리아기 용두리편마암복합체로 구성되어 있고, 중앙부는 백악기 초기에 관입한 화강암지역이다. 그리고 가장 동쪽의 乃村川 상류부는 선캄브리아기 변성암과 화강암이 혼재한다(그림 4). 홍천강 상류인 내촌천은 흑운모화강암지대를 주로 흐르면서 瑞石面 豊岩里 일대에서 넓은 충적지를 형성한 후 변성암과의 경계부를 따라 북쪽으로 사행한 다음, 다시 중앙부의 화강암지대를 곡류하면서 서류한다. 내촌천과 두촌천의 합류점인 철정리부터 하화계리까지는 홍천강 중류의 중심구간으로서 북서부의 변성암과 남동부의 화강암과의 지질경계선을 따라 흐른다. 이 지질경계선은 북동-남서 주향의 단층선과 일치하며, 이로 인해 유로의 형태는 직선에 가깝다. 그러나 하곡은 주로 화강암지질 위에 폭 넓게 분포한다. 하화계리보다 하류부는 편마암의 변성암 구간을 심하게 감입곡류하여 서류하면서 북한강에 유입한다.

### 3. 하안단구의 지형 특성

현재까지 한반도에서 이루어진 하안단구 연구

결과 분류된 지형면은 그 명칭이 통일된 기준에 의해서라기 보다 연구자들 각자가 정한 기준에 따랐다고 볼 수 있다. 이들 연구에서는 하안단구의 형성시기를 논의할 수 있는 절대연대자료가 충분하지 못하여 지형면의 편년에 편차가 크지만, 하상비고와 형성시기에 따라 고위면, 중위면, 저위면으로 구분하여, 서로 상당히 유사한 기준을 적용하고 있다(표 3). 본 연구에서도 지형면을 편년할 수 있는 절대연대를 얻지 못하였으므로, 공간적으로 떨어져 있는 남부지방의 반변천, 왕피천 하안단구 및 중부지방의 남한강 상류와 송천의

연구결과와 직접 대비하는 데는 어려움이 있다. 그러나 한반도의 지반운동이 지역에 따라 크게 다르지 않으며, 홍천강과 유사하게 기존 하안단구 연구지역도 대부분 태백산지에서 발원하는 하천이므로, 第四紀 기후환경 역시 연구지역과 대비될 수 있을 것이다. 따라서 연구지역의 하안단구를, 하상비고를 기준으로 기존 연구결과들과 조화롭게 설정해 두는 것이 앞으로의 하안단구 지형면 대비에 부리가 적을 것으로 판단된다. 이와 같은 견지에서, 홍천강의 하안단구는 하상비고와 지형면의 개석정도 및 퇴적상의 특성을 감안할 때, 대

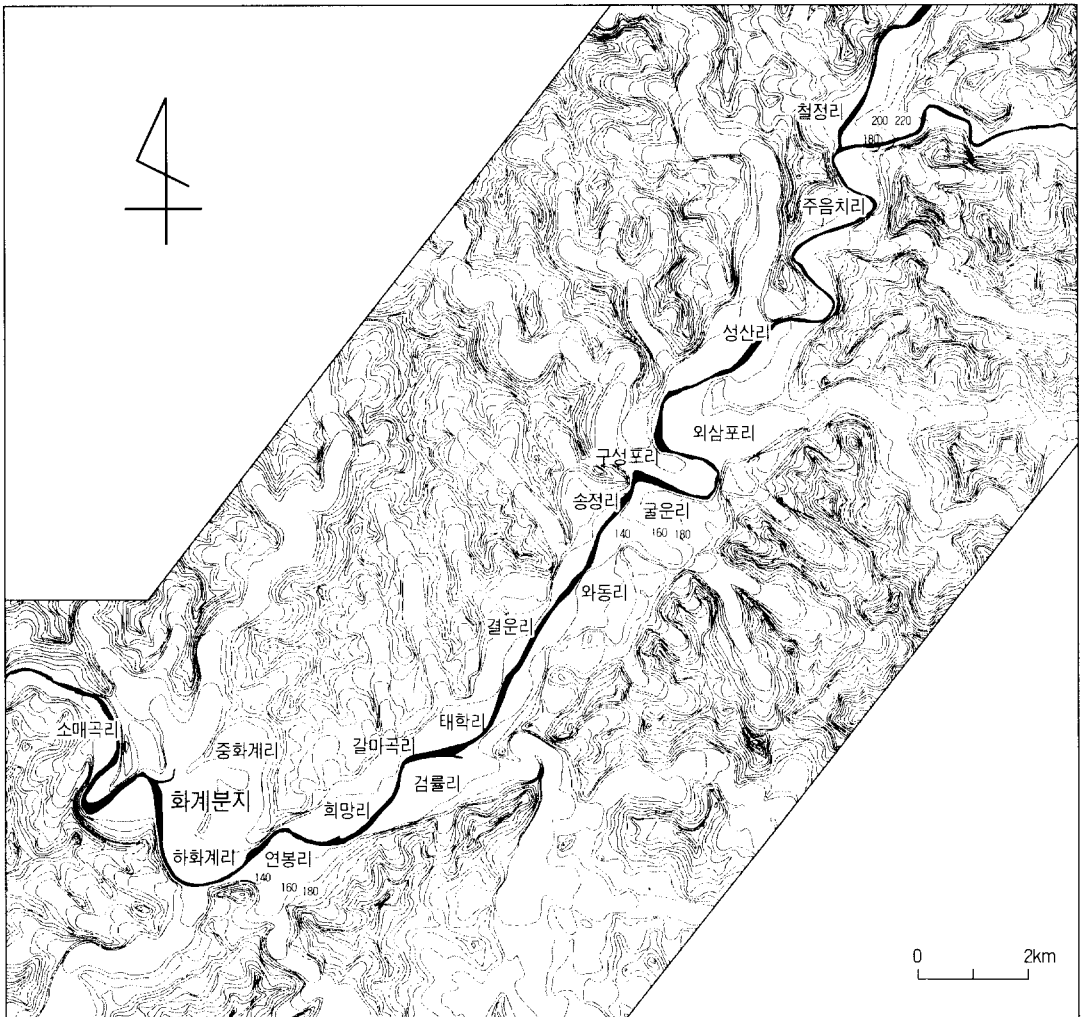


그림 5. 홍천강 중류구간 절봉면도

체로 다섯 개의 지형면으로 구분된다. 이 중 가장 높고 오래된 단구면을 홍천(HC) 고위 I면, 이하 하상비고와 형성시기의 순서에 따라 홍천(HC) 고위 II면, 홍천(HC) 중위면, 홍천(HC) 저위 I면, 홍천(HC) 저위 II면으로 구분하였다.

홍천강의 중, 하류는 하곡의 특징이 상이하여 하안단구의 지형발달 및 분포특색도 차이가 나타난다.

### 1) 중류구간

중류의 하천방향은 북동-남서 주향의 단층선과

일치하여 하곡은 거의 직선이지만, 하천의 규모에 비해 하상비고 30~40m 이하의 저지대가 하천을 따라 넓게 분포한다(그림 5). 중류구간은 하폭이 넓어서 하천 양안에 범람원이 넓을 뿐 아니라, 하안단구의 분포밀도가 높고 면적도 넓은 편이다(그림 6). 상류쪽의 철정리와 주음치리 간은 하천의 곡률도가 높으나 하안단구면은 협소하고 단편적으로 분포한다. 그러나, 그 하류의 직선상 구간을 포함한 전 구간에서 하안단구의 분포밀도가 높고 면적도 넓다. 직선상의 유로는 하화계리로 오면서 다시 곡률도가 커지고, 화계분지에는 다양한 고도의 지형면이 넓게 형성되어 있다.

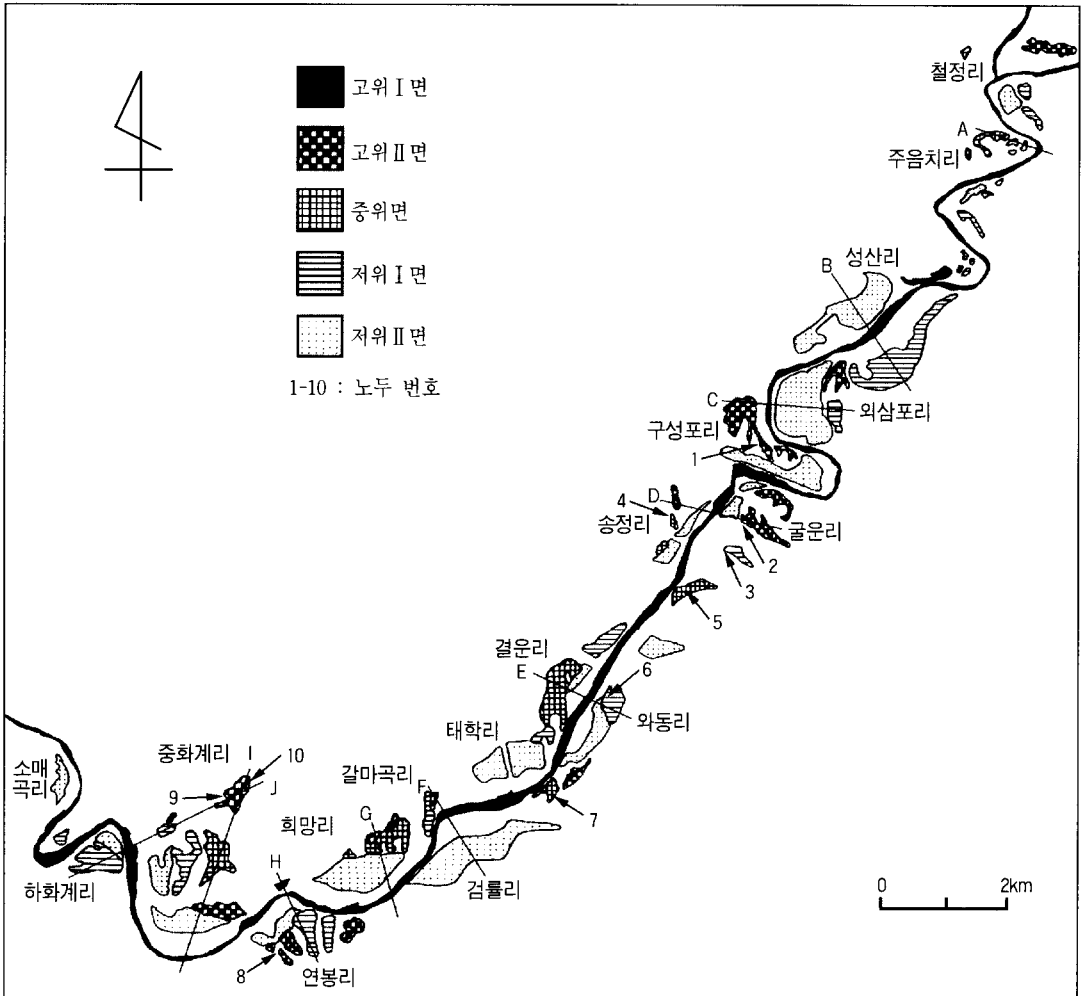


그림 6. 홍천강 중류구간 하안단구면 분류도

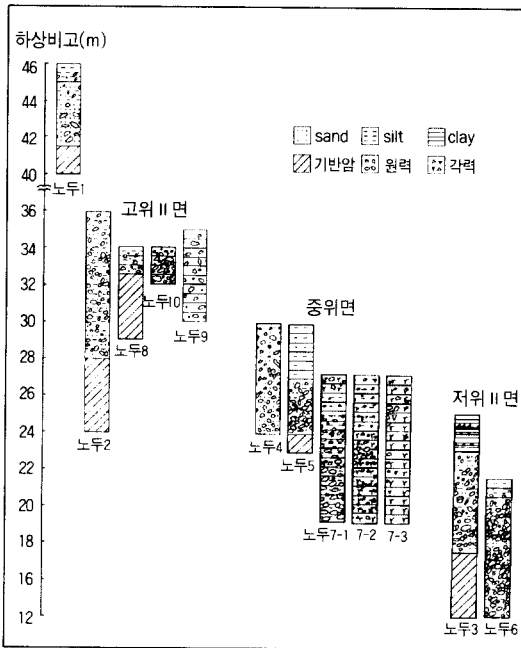


그림 7. 홍천강 중류구간 노두 주상도

하안단구 홍천 고위 I면은 성산리 북쪽과 회망리에 단편적으로 나타난다. 하상비고 47~78m에 분포하며, 원면보존율 약 50%로 고위면으로서 비교적 양호하게 남아 있으며, 단구면 경사 약 5.7°이다. 역층은 대체로 cobble급의 아원력으로, 역의 풍화단계는 지표에 노출되어 있는 경우 2~3단계<sup>1)</sup>이나, 심층력은 노두를 발견할 수 없어 조사가 불가능하였다. 하안단구면 상의 토지는 삼림과 군사지역으로 이용된다.

홍천 고위 II면은 철정리, 주음치리, 외삼포리, 구성포리, 굴운리, 와동리, 갈마곡리, 회망리, 연봉

리, 하화계리, 중화계리에 분포한다. 고위 I면과 함께 단편적으로 좁게 나타난다. 고위 II면은 중류의 상부구간과 하류의 화계리 일대에서 분포밀도가 다소 높아지지만 직선상 구간에서는 낮아진다. 이 지형면의 하상비고는 28~57m로서, 원면보존율은 약 49%, 하안단구면의 경사는 약 2.2°이다. 역층의 역은 대체로 cobble~pebble급의 아원력이며, 풍화 정도는 지표력이 2~3단계, 심층력이 4~5단계이다. 도로공사와 경작지 개간으로 인해 생긴 절개지의 노두에서 퇴적물을 관찰할 수 있었는데, 토양은 적색화가 매우 진전되었음을 확인할 수 있었다. 토지이용은 삼림이 30%, 밭이 22%, 군사지역이 19%, 시가지가 10%, 논이 7%, 묘지가 7%, 나지 또는 초지가 3%, 과수원 1%, 공업지대 1%이다.

홍천 중위면은 주음치리, 성산리, 외삼포리, 송정리, 와동리, 결운리, 회망리, 하화계리에 잘 나타나는데, 거의 전 구간에서 연속되게 분포한다. 이 지형면의 하상비고는 20~43m이며, 원면보존율은 약 56%, 단구면의 경사는 약 1.5°이다. 역층은 대체로 cobble 및 pebble급의 아원력으로 구성되어 있으며, 역의 풍화단계는 지표력이 2~3단계, 심층력이 3~4단계이다. 토양 적색화가 어느 정도 진전되어 있으나 고위 II면에 비해서는 미약하며, 노두에서 분급이나 층리 현상이 발견되는 곳도 있다. 토지이용은 논이 29%, 군사지역이 29%, 밭이 16%, 삼림이 12%, 시가지가 12%, 나지 또는 초지가 2%이다.

홍천 저위 I면은 철정리, 주음치리, 성산리, 외삼포리, 굴운리, 와동리, 결운리, 갈마곡리, 연봉리, 하화계리에서 넓게 분포한다. 거의 전 구간에서 하도 양안에 연속적으로 분포한다. 하안단구면의

표 1. 홍천강 중류 하안단구의 지형 특성<sup>2)</sup>

	하상비고 (m)	원면보존율 (%)	경사도 (°)	역의 크기	원마도	풍화단계		퇴적상의 특징	토지이용 (%)
						지표력	심층력		
고위 I면	47~78	50	5.7	cobble	아원력	2~3	-	-	임:50, 군:50
고위 II면	28~57	49	2.2	cobble, pebble	아원력 ~원력	2~3	4~5	적색화	임:30, 밭:22, 군:19, 시:10
중위면	20~43	56	1.5	cobble, pebble	아원력	2~3	3~4	적색화, 분급, 층리	논:29, 군:26, 밭:16, 임:12
저위 I면	11~30	56	1.9	cobble, pebble	아원력 ~원력	2	3	-	논:36, 밭:33, 시:12, 군:11
저위 II면	7~18	70	1.3	-	-	-	-	-	논:58, 군:17, 밭:15, 시:9

하상비고는 11~30m, 원면보존율은 약 56%로서 다소 낮다. 단구면의 경사는 약 1.9°이다. 단구면의 역층은 대체로 cobble 및 pebble급의 아원력이며, 역의 풍화단계는 지표력이 2단계, 심층력이 3단계로 신선하다. 토지이용은 논이 36%, 밭이 33%, 시가지가 12%, 군사지역이 11%, 공업지대가 5%, 학교 등 교육시설이 3%를 차지하고 있다.

홍천 저위Ⅱ면은 하천을 따라 가장 연속적이며 길게 분포한다. 곳에 따라 범람원과 수렵하므로 홍수기록에 따라 범람되지 않는 곳을 지형면으로 구분하였다. 하상비고는 7~17m, 원면보존율은 약 70%이고, 경사도 약 1.3°로 매우 평탄하다. 토지이용은 논이 58%, 군사지역이 17%, 밭이 15%, 시가지가 9%, 나지 또는 초지가 1%이다. 저위Ⅱ면은 노두를 발견할 수 없어 퇴적물의 구체적인 특성을 밝히기는 어렵다.

## 2) 하류구간

홍천강 하류부는 심하게 사행하는 감입곡류이다. 하곡은 깊고, 좁으며 하식애가 잘 발달되어 있다. 하천의 규모에 비해 하곡이 좁아 범람원이 매우 좁다(그림 8). 특히, 하안단구는 곡류의 활주사면에서 비교적 잘 나타나나, 중류구간에 비해 단구면의 면적이 좁고, 분포밀도도 낮다(그림 9).

하류구간의 홍천 고위Ⅰ면은 남노일리, 노일리, 팔봉리에 부분적으로 나타난다. 하상비고 51~66m에 분포하고, 원면보존율 40%이며, 면의 경사도는 2.5°이다. 토지이용은 삼림이 97%, 묘지가 3%로서 인위적인 토지이용이 거의 이루어지지 않고 있다.

홍천 고위Ⅱ면은 장항리, 남노일리, 노일리, 통곡리, 개야리, 한덕리, 모곡리 등 곡률도가 높은 감입곡류의 활주사면에 주로 분포한다. 이 하안단

구면은 대략 하상비고 34~52m에 있으며, 원면보존율은 41%, 경사도는 3.7°이다. 지형면 위의 토지이용은 삼림 86%, 묘지 8%, 밭 4%, 논이 2%로 이루어진다. 하류의 고위Ⅰ면에 비해 토지이용율이 높아졌으나, 중류구간의 고위Ⅱ면에 비해 경사가 급하고 지형면이 좁아 인위적인 이용율은 낮다.

하안단구 홍천 중위면은 남노일리, 노일리, 반곡리, 개야리, 한덕리, 모곡리에 주로 분포하며, 역시 대부분 감입곡류 활주사면에 나타난다. 이 지형면의 하상비고는 26~42m로서, 원면보존율이 44%로 중류구간에 비해 개석정도가 심해졌다. 지형면의 경사도는 3.4°로서 중류구간에 비해 높다. 토지이용은 논이 49%, 삼림이 32%, 밭이 19%로서, 홍천 고위Ⅰ·Ⅱ면에 비해 집약적이다. 중류구간에 비해 군부대가 없으므로 상대적으로 삼림과 논 비율이 높다.

홍천 저위Ⅰ면은 도사곡리, 남노일리, 노일리, 팔봉리, 반곡리, 통곡리, 개야리, 한덕리, 모곡리 등 대체로 곡류부에서 잘 나타난다. 하안단구면의 하상비고는 15~33m로서 9m 낮아지고, 원면보존율은 50%로 다소 높다. 지형면의 경사도는 3.6°, 토지이용은 밭 39%, 논 29%, 삼림 18%, 학교 12%, 묘지 2%로 거의 모든 지형면이 인위적으로 이용되고 있다.

홍천 저위Ⅱ면은 하류구간에 분포하는 단구면 중 분포 밀도가 가장 높고, 면적도 가장 넓다. 그리고 다른 단구면은 곡류부 활주사면에 집중되어 있는데 비해, 홍천 저위Ⅱ면은 활주사면에서 뿐 아니라, 하천을 따라 연속적으로 나타나며, 팔봉리에서는 곡류절단으로 인해 형성된 구하도로 나타난다. 홍천 저위Ⅱ면의 하상비고는 7~21m이고, 원면보존율은 74%로 매우 높다. 경사도는 2.7°, 토지이용은 밭 57%, 논 38%, 초지(나지) 2%, 과수원 2%, 삼림 1%으로서, 홍천 저위Ⅰ면과 함께 하안단구의 거의 전지역이 집약적으로 이용되고 있다.

전체적으로 홍천 고위Ⅰ면과 홍천 고위Ⅱ면에서는 삼림으로 보존되어 있는 면적이 넓은데 반해 홍천\* 중위면 이하에서는 논, 밭, 군부대, 시가지 등이 많아져, 하상비고가 낮은 면일수록 인간에 의한 토지이용이 높다. 특히 홍천강 중류는 단구면이 넓은데다가 군부대가 밀집해 있어, 거의 모든 단구면이 군사적 목적으로 이용되는 단구면이 많다.

표 2. 홍천강 하류 하안단구면의 지형 특성

	하상비고 (m)	원면보존율 (%)	경사도 (°)	토지이용 (%)
고위Ⅰ면	51~66	40	2.5	삼:97, 묘:3
고위Ⅱ면	34~52	41	3.7	삼:86, 묘:8, 밭:4, 논:2
중위면	26~42	44	3.4	논:49, 삼:32, 밭:19
저위Ⅰ면	15~33	50	3.6	밭:39, 논:29, 삼:18, 묘:12
저위Ⅱ면	7~21	74	2.7	밭:57, 논:38, 초:2, 과:2



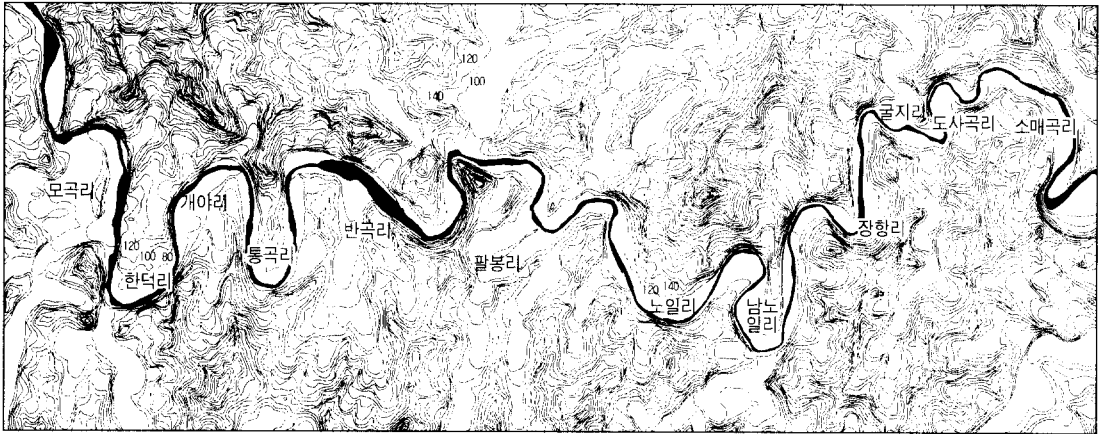


그림 8. 홍천강 하류구간 절봉면도

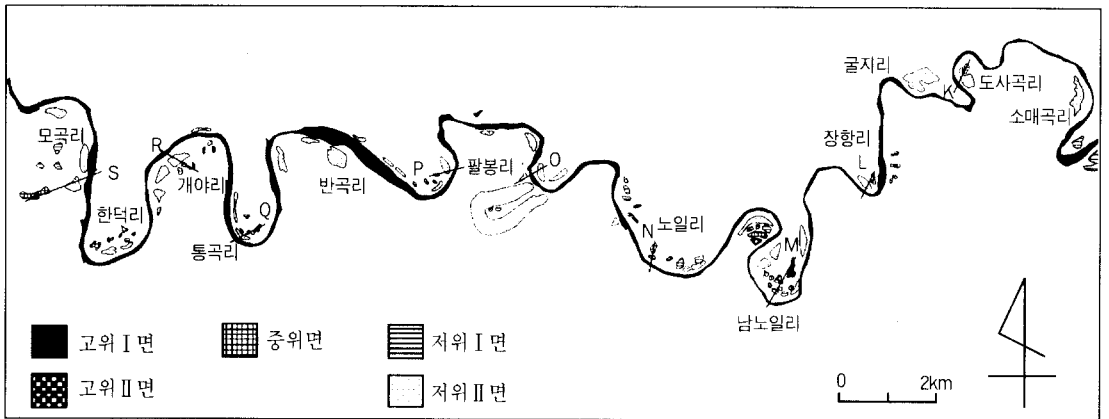


그림 9. 홍천강 하류구간 하안단구면 분류도

## 4. 하안단구 지형 발달

### 1) 하안단구의 분포 특성

그림 10은 홍천강 중·하류의 하천중단면과 하안단구의 중단분포를 나타낸 것이다. 가장 아래의 하상을 포함하여, 다섯 개의 단구면은 실선으로 표현하였고, 단구면 사이의 파선은 2km 거리의 이동평균을 나타내는 하안단구의 추세선이다. 홍천강이 북한강에 합류하는 지점에서 상류쪽으로 54km 지점에는 하상경사가 급변하는 천이점이 있다. 이 천이점은 소매곡리와 도사곡리 사이에 위치하며, 주변에는 하안단구의 분포가 극히 희박하

다. 이 지점은 홍천강 중·하류구간의 경계부로서, 홍천강 중류구간의 침식기준면이 되어, 중·하류 하안단구의 분포특성에도 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 또한, 지질적으로도 하류유역의 편마암이 상대적 경암이므로, 주로 화강암과 편마암의 경계이자 단층선에 접한 중류구간의 침식기준면으로 작용했을 것이다.

중류구간 하안단구의 분포 특성을 그림 6의 하안단구면 분류도와 그림 10의 중단 분포도를 통해 검토하면, 중류구간 상류쪽의 철정리에서 주음치리 사이와 하류쪽의 회망리에서 하화계리 사이에서는 현 하천 곡류부의 활주사면에 하안단구가 분포한다. 또한, 이 두 지역은 모두 편마암으로 이

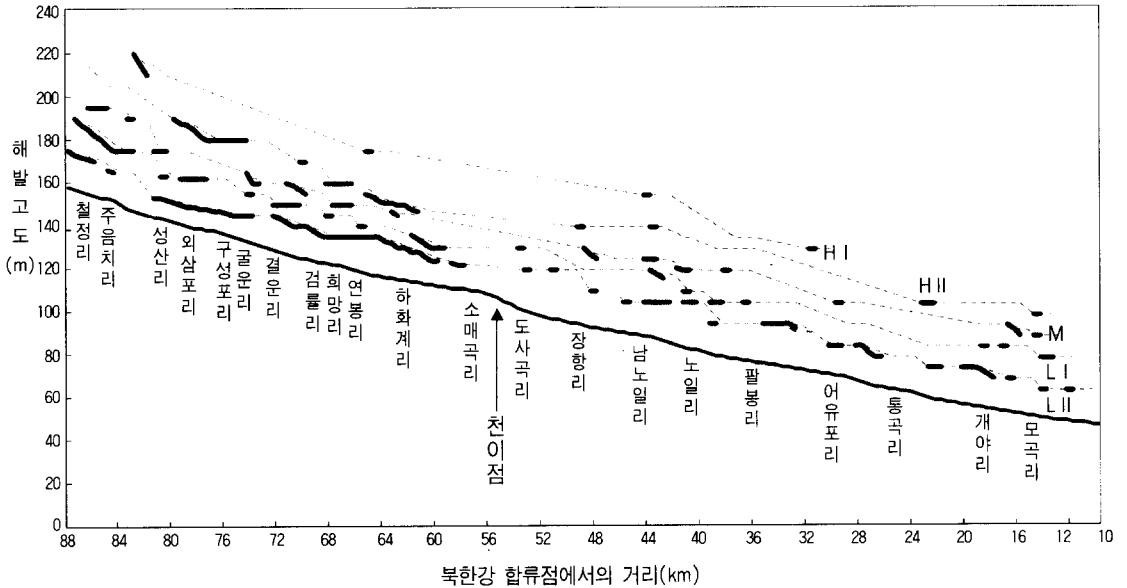


그림 10. 홍천강 중·하류 하안단구 종단 분포도

루어져 있으며, 감입곡류에 가까운 유로 형태를 취한다.

철정리와 주음치리 사이는 중류구간의 잠정적인 침식기준면이 되는 하류부로부터 상당히 멀리 떨어져 있고, 곡류대의 폭이 좁고 하안단구면의 규모가 상대적으로 작다. 이 구간 곡류대의 폭은 다른 중류구간의 절반 정도에 지나지 않는데 비해, 중류부와 하류부의 경계에 있는 하화계리에서는 곡류대의 곡률반경이 다른 중류구간에 비해 매우 크다. 이와 같은 곡류대 폭의 차이는 곡류대의 이동과 중·하류구간의 지질 분포 특성이 복합적으로 작용한 결과 나타난 것으로 생각된다. 침식에 대한 저항력이 강한 편암암으로 된 하화계리에서 도사곡리 사이의 하상은 화강암으로 구성된 홍천강 중류부의 잠정적 침식기준면으로 볼 수 있다. 따라서 중류구간의 상류쪽에서부터 하류쪽으로 이동해 오는 곡류대가 하화계리에서 이동이 저지되므로, 경암인 하류쪽의 곡류대 이동속도를 증가하면서 생긴 것으로 볼 수 있다. 즉 곡류대가 화강암지역을 통과할 때와 같은 속도로 이동되지 못하고, 하천에너지는 측방침식에 집중적으로 소모된다. 이와 같은 과정을 통해 하화계리

일대에서 곡류대가 확대되고 곡류절단이 복잡하게 발생하여 화계분지가 형성된 것으로 생각된다.

그 결과 여러 단의 하안단구면이 폭넓게 남게 되었으며, 특히 기반암은 침식에 강하므로 고위면이 내륙쪽까지 뚜렷이 남아 있다. 직선상의 하도를 하고 있는 중류구간의 성산리에서 검물리까지는 하천 양측에 하안단구가 잘 발달되어 있다. 그리고 가장 오래된 HC 고위 I 면에서 최근에 형성된 HC 저위 II 면으로 올수록, 단구면의 종단 분포가 하천을 따라 연속적이다.

HC 고위 I 면은 현재 성산리와 희망리에만 남아있는데, 단구면과 하상 사이에는 40m 이상의 단애가 형성되어 있다. HC 고위 II 면은 외삼포리에서 송정리 사이에 폭넓게 분포하고, 연봉리 및 화계분지 안에 나타난다. 중류구간의 HC 고위 II 면은 직선상 유로의 이전과 이후 구간에 주로 분포한다. 송정리에서 갈마곡리 사이의 직류하도 구간에서는 중위면 이하의 지형면이 형성될 때 하도의 유로 변경이 크지 않았고 하방침식이 활발하여, 고위 II 면이 하식에 의해 제거된 것으로 추정된다. HC 중위면은 고위 II 면과 달리 일부 구간의 유로에 집중하여 분포하지 않으며, 하천을 따

라 비교적 연속적이다. HC 저위 I 면은 중위면에 비해서 더 연속적이지만, HC 저위 II 면이 단구면 중 연속성이 가장 좋다.

횡단면도를 검토하면, 홍천강 중류부에서는 거의 대부분 구간에서 유로의 양안에 하안단구가 분포하고, 단구면에 나타나는 노두를 통해 확인한 결과, 대체로 역층의 두께가 수 m 이상으로 두껍다. 또한 중류구간 하곡은 대체로 폭이 매우 넓고, 하화계리와 도사곡리 사이에 지질적인 특징으로 협착부가 형성되어 있는 사실 등으로 판단할 때, 중류부는 하안단구면 상의 퇴적층 양상이 후술하는 하류부와 뚜렷하게 구분된다(그림 11, 12).

홍천강 하류의 하안단구는 대체로 유로의 한쪽에만 분포한다. 이러한 하안단구는 분류상 비대칭 단구에 속하며, 매우 느린 측방침식과 하방침식이 동시에 진행되는 하천에서 형성되므로 침식단구로 분류된다.<sup>20</sup> 홍천강 하류 대부분의 하안단구면은 곡류부 활주사면에 집중적으로 분포하는데, 이는 생육곡류 하천의 특징이다. 하류구간의 지질은 풍화와 침식에 저항력이 강한 변성암이고, 하방침식을 주로 하여, 좁고 깊은 하곡에서 하천의 작용이 이루어졌기 때문에, 하안단구가 활주사면에서만 매우 협소하게 나타나는 것으로 생각된다.

그림 10에서 중류구간에 분포하는 하안단구면은 하류쪽으로 갈수록 하상과 각 단구면 사이의 비고차가 작아진다. 이렇게 하안단구면의 종단 분포 곡선이 하류쪽으로 갈수록 수렴되는 이유는 기후단구의 일반적인 특징일 뿐 아니라, 중류와 하류의 지질 특성에 의한 유로 발달의 차이로 판단된다. 즉, 상류부 하안단구는 빙기에 하상퇴적이 주로 일어나 단구면을 형성하고, 간빙기에 형성된 지형면을 개석하게 된다. 이렇게 형성된 하안단구면은 일반적으로 하류부의 해면변동단구와 달리 상류쪽의 하상비고가 크고 하류쪽으로 가면서 하상 아래로 매몰되는 형태를 취한다.

또한 홍천강은 중류 대부분 구간에서 단층선이 지나가는 화강암과 편마암 지질의 경계부를 흐르고 있으나, 중류의 가장 하류부인 하화계리 일대는 편마암 지질이며 단층선에서도 벗어나 있다. 이러한 차이에 의해 곡류대의 이동이 상대적으로 연암 지역인 중류구간을 따라 하류쪽으로 활발하게 진행되었으나, 이후 하류구간은 변성암의 경암

부이므로 하화계리 일대에 이르면 더 이상 곡류대가 하류쪽으로 원활하게 이동하지 못하고 제약을 받게 되면서, 상대적으로 곡류대를 넓히는 측방침식이 활발해졌던 것이다. 따라서 곡류 경부가 좁아지고, 점차 곡류 절단 과정을 겪게 되었다. 그 결과, 하화계리 일대에는 저위면에서 고위면에 이르기 까지 다양한 지형면이 하안에서 내륙쪽까지 분포하는 넓은 분지인 화계분지가 형성될 수 있었다. 이러한 과정이 결국 중류구간의 하류부에서 이루어짐으로써, 화계분지 이하 하류부의 경암이 중류부 전체의 침식기준면으로 작용하였고, 중류구간은 하류쪽으로 갈수록 하안단구의 하상비고차가 작아진 것으로 추정된다.

## 2) 하안단구 형성 시기

홍천강 중 · 하류는 북한강의 상류에 해당하므로, 제4기 빙기와 간빙기의 변화에 따른 해면변동의 영향은 직접 받지 않는다. 따라서 이 지역의 하안단구는 제4기 기후변동에 의한 하천 퇴적물 공급량의 영향을 받으므로, 식생 피복이 불량하고 기계적 풍화작용이 활발하여 퇴적물이 많이 공급되는 빙기에 하안단구면이 형성되었다고 볼 수 있다. 이러한 형성과정을 이해하기 위해서는 한반도 제4기 동안 빙기의 기후 및 식생변화를 검토하여야 한다.

우리나라 제4기 빙기의 기후 및 식생환경에 대해서는 Hwang(Yoon)(1994)과 윤순옥 · 조화룡(1996)의 경북 영양군 영양읍 삼지리의 화분분석 결과를 통한 연구가 유일하다. 그림 13은 최종빙기와 Holocene 식생을 대비하기 위하여 제시하였다. 이에 의하면 최종빙기의 식생은 참나무(*Quercus*)屬과 이엽송 소나무(*Pinus*)屬이 우점종인 현재 식생과 크게 다르다. 즉, 목본보다 초본이 훨씬 우세하며 한랭수목인 가문비나무(*Picea*)屬, 자작나무(*Betula*)屬 및 오염송을 포함하는 소나무(*Pinus*)屬 등이 우점종으로 나타난다. 특히 가문비나무(*Picea*)屬은 참나무屬에 비해 습윤한 환경을 싫어하여, 최적 성장환경은 7월 평균기온 12~15°C, 연강수량 800~1,200mm로 1,500mm를 넘지 않아야 한다. 이 시기에도 1,500mm 정도의 많은 연강수량과 7월 평균기온 15°C를 적정환경으로 하는 자작나무(*Betula*)屬이 우점하는 시기도

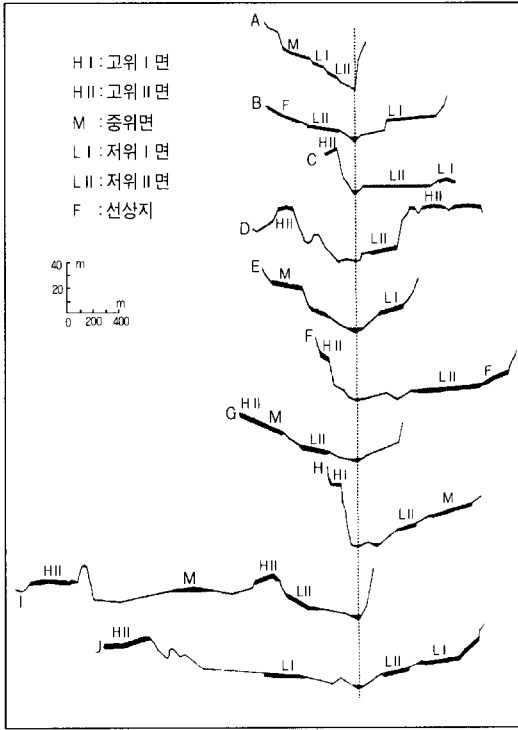


그림 11. 홍천강 중류 하류 횡단면도

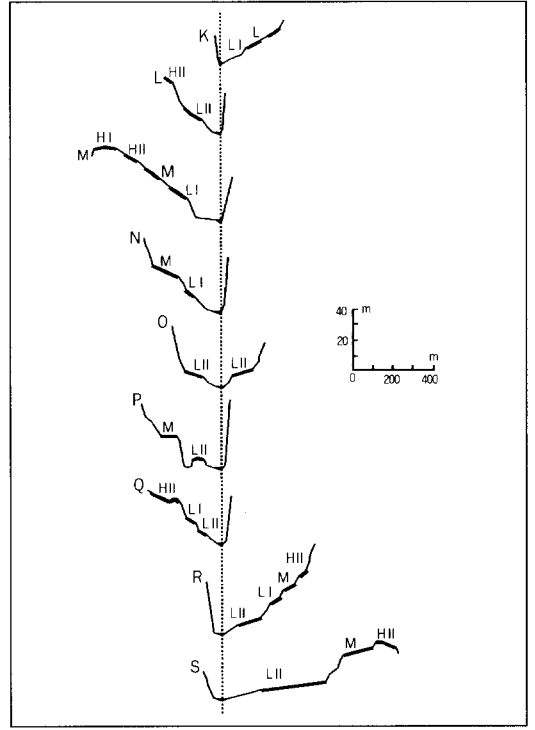


그림 12. 홍천강 하류 하곡 횡단면도

나타나므로 전체적으로 현재보다 한랭하고 강수량이 적었으나, 기온의 저하로 상대습도는 현재보다 높았을 가능성이 있다. 이 연구결과에 의하면 최종빙기 최성기 7월 평균기온은 현재보다 약 10°C 낮았다고 보였다.

태백산맥 중 해발고도 1,000m 내외의 산지로 둘러싸인 영양읍은 연구지역인 홍천보다 위도 1° 정도 낮으나 해발고도는 영양이 200~240m, 홍천강이 60~180m로, 영양지역의 빙기 식생 및 기후환경을 연구지역에 적용하여도 큰 무리는 없을 것으로 판단된다.

한편, 우리 나라와 가까운 일본의 연구결과를 검토해 보면 최종빙기에 동해가 현재보다 7~8°C 낮았으므로 증발량이 대단히 적어서 북일본지역은 동계에 강설량이 적었으며, 춥고 건조한 날씨였던 것으로 보고하고 있다. 그리고 현재 홋카이도 이북에 위치하는 여름의 한대전선대가 세도나 이카이 부근까지 쳐져 있었고, 현재는 겨울에 극전선이 통과하지 않으나 최종빙기에는 홋카이도 북부에 걸쳐 있었을 가능성이 있었다. 따라서 일

본은 전국적으로 매우 한랭한 기후로 홋카이도와 태평양쪽은 겨울에 눈이 매우 적었으며, 동해쪽은 현재보다 강설량이 적어 일년 내내 건조했다고 보고하고 있다.<sup>4)</sup>

빙기 동안 홍천강 유역은 현재보다 겨울이 훨씬 더 길며 한랭하고, 강수량이 적어 건조했으므로, 목본은 현재보다 훨씬 빈약했으며 초본이 광범위하게 분포하는 침엽수림과 steppe 경관이 혼재된 환경이었을 것이다. 목본은 지하수위가 높고 습도가 높은 산지 사이의 하곡에 비교적 높은 밀도로 분포했으나, 산지의 사면이나 고지대에는 매우 빈약했을 가능성이 높다. 화분분석결과로 강수량에 대해 추정하는 것이 한계가 있으나, 당시 기단분포에 대해서는 일본의 연구결과로 추정하면, 최종빙기의 여름에 열대해양성기단인 북태평양기단과 한대기단이 만나 이루는 장마전선의 북한계는 우리나라 남해안 지방이었을 것이다. 한편 이때 황해가 육지였으므로, 겨울의 강설량은 현재보다 더욱 적어 겨울이 더욱 한랭하고 건조했을 것으로 생각된다.

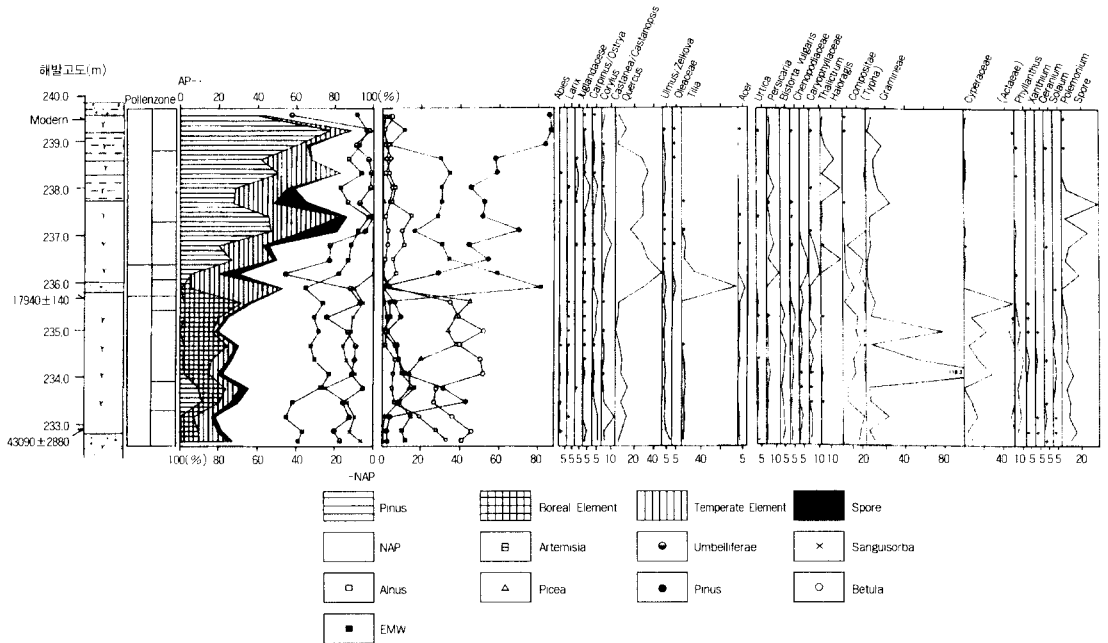


그림 13. 영양지역 화분분석결과(Yoon, 1994)

이런 사실들을 종합하면, 빙기에 산지에서의 기계적 풍화작용은 대단히 활발했으며, 이때 생산된 암석들은 사면을 따라 운반되고, 이들은 하계에는 집중호우에 의해 하천을 따라 상류에서 하류쪽으로 운반되었을 것이다. 이 시기에는 강수량에 비하여 하천의 하중이 많았으므로 하천은 이들을 멀리까지 운반하지 못하여 하곡은 이들 사력으로 매워졌고, 이후 간빙기에 단구면을 이루었다고 생각된다.

홍천강 중·하류에 나타나는 하안단구의 형성 시기를 논의할 수 있는 직접적인 절대연대 자료는 없다. 그러나 상술한 바와 같이 연구지역이 한반도 중부와 남부지방에서 현재까지 논의된 하안단구 연구지역의 환경과 크게 다르지 않으므로 이들 연구에서 추정된 형성시기를 통해 간접적인 편년 추정은 가능하다고 생각된다. 연구지역의 하안단구면은 분류체계와 하상비고에 있어서 송연근(1993)의 연구결과와 가장 잘 대비된다(표 3).

하상비고로 볼 때, 연구지역의 HC 고위 I 면 하상비고는 송천의 고위 I 면에 비해 상당히 낮지만, 반변천의 고위 I 면은 110~130m에 나타나 연구지역과 50m 정도 차이난다. 반변천과 왕피천의 고

위 II 면은 각각 52~78m, 42~90m에 분포하므로 홍천강에 비해 20m 정도 높으나, 홍천강 중·하류의 중위면 이하의 지형면 하상비고는 반변천과 왕피천의 경우와 잘 조화된다. 이는 반변천과 왕피천은 태백산맥에서 발원하여 용기량의 직접적인 영향을 받았으나, 홍천강 중·하류는 용기축에서 떨어져 있고, 태백산지에서 가까운 상류구간이 연구지역에서 제외된 데 기인할 것이다.

따라서 하안단구면의 형성 시기와 관련한 송연근(1993)의 연구 결과를 참고할 때, 본 연구지역에서 가장 최근에 형성된 HC 저위 I 면과 HC 저위 II 면은 각각 Early Würm 빙기인 marine oxygen isotope stage 4와 Late Würm 빙기인 marine oxygen isotope stage 2에 형성된 것으로 볼 수 있다. 이와 같은 맥락에서 HC 중위면은 Late Riss 빙기인 marine oxygen isotope stage 6, HC 고위 I 면과 II 면은 Riss 빙기 이전의 어느 빙기로 marine oxygen isotope stage 8과 10에 형성된 것으로 추정된다.

### 3) 홍천강 중·하류의 구 유로 변천

그림 14는 중류구간에서 분류된 하안단구면을

표 3. 하안단구 하상비고 대비

		고위 I면	고위 II면	중위면	저위 I면	저위 II면
남한강 상류 (입창주, 1989)		20~170m		10~80m	5~40m	
낙동강 상류, 반변천, 왕피천 (손명원, 1993)		30~90m		15~40m	3~20m	
송천, 반변천, 왕피천 (송언근, 1993)		80~250m	42~100m	26~50m	13~24m	7~13m
홍천강		HC 고위 I면	HC 고위 II면	HC 중위면	HC 저위 I면	HC 저위 II면
	중류	47~78m	28~57m	20~43m	11~30m	7~18m
	하류	51~66m	34~52m	26~42m	15~33m	7~21m

이용하여 구유로를 복원한 것이다. HC 고위 I면 형성시 하천의 유로는 성산리 북쪽의 활주사면을 흘렀고, 회망리에서 중화계리 사이의 능선 안부를 지나 중화계리와 하화계리 중앙부 사이를 통과하였을 가능성이 높다.

HC 고위 II면 형성시 유로는 외삼포리에서 굴운리 사이와 회망리에서 하화계리 사이에서 현재 유로와는 다른 형태의 곡류를 하였던 것으로 추정된다. 특히, 연봉리에서 크게 곡류한 홍천강은 하화계리 동쪽을 지나, 남쪽에서 A지점으로 연결되는 구릉을 돌아 중화계리 남서사면을 따라 곡류하여 하화계리 도둔지역으로 흘러나간 것으로 추정된다.

HC 중위면 형성시 유로는 HC 고위 II면에 비해 곡류대가 전체적으로 하류로 이동하였다. 특히, 하화계리 남쪽에서도 곡류대의 이동에 따라 공격사면에 대한 측방침식이 진전되어, 하화계리 남쪽 유로의 곡류과장이 감소하고, 곡류경부가 좁아지기 시작했다. 그러므로 하화계리 내측으로 유입한 하천은 HC 고위 II면의 곡류 중심이었던 중화계리 구릉(그림 14의 A)을 넘지 못하고, 이미 이전에 곡류 절단된, 중화계리 구릉과 하화계리 구릉(그림 14의 B) 사이를 통과하여 도둔으로 흘러나간 것으로 추정된다.

HC 저위 I면 형성시 유로는 철정리에서 구성포리까지는 측방침식에 의해 곡류대가 되었지만, 구성포리에서 하화계리까지는 곡류대가 하류로 빠르게 이동하면서 전체적으로 곡류도가 완화되었다. 즉, 구성포리 상류구간에서는 변성암지질을 흐르다가 구성포리에서 하화계리 상류까지는 화강암지대를 흐르면서 곡류대가 빠르게 이동되어 간 것이

다. 하화계리의 하류구간에서는 중위면 형성 이후 간빙기 때 일어난 곡류절단으로 현 유로와 유사한 형태를 취하게 되었다. HC 저위 II면 형성시 유로는 HC 저위 I면 형성 시기에 이어, 철정리에서 구성포리까지는 곡류대가 이동하였고, 구성포리보다 하류에서는 곡류의 사행이 매우 완화되어 현재와 거의 비슷한 형태의 유로를 취하게 되었다.

하안단구의 분포는 단층선을 따라 직선상의 유로를 취하는 중류 구간에서 보다 넓게 나타난다. 중류에서도 가장 상류쪽인 철정리에서 구성포리 사이는 변성암지역을 흐르므로 하곡의 폭이 좁고 단구면의 규모도 작다. 구성포리에서 연봉리까지는 화강암지대로서 곡류대의 이동이 용이하였을 뿐 아니라, 현재 직선상의 유로를 취하지만, 하천을 연하여 단구면을 폭넓게 남겨 놓았다. 이에 비해 곡류대의 이동이 침식에 강한 기반암에 의해 저지되는 화계분지에서는 측방침식에 의한 유로 변동이 커서, 하곡의 폭이 넓고 지형면의 규모가 크다.

그림 15는 하류구간 구유로 변화과정을 복원한 것이다. HC 고위 I면 형성시 홍천강은 남노일리 남쪽에서와 같이 매우 완만하게 곡류하였던 것으로 추정된다. HC 고위 II면 형성시 유로는 남노일리에서 보여지는 바와 같이 곡류도가 증가하는 동시에 곡류대도 하류로 미약하게 이동하는 경향을 보인다. HC 중위면과 HC 저위 I면 형성시 유로는 HC 고위 II면 형성시와 마찬가지로 계속해서 곡류도가 미약하게 증가한다. HC 저위 II면 형성시 유로는 대체로 현재와 유사한 형태를 취하며, 특히 팔봉리에서는 곡류경부가 공격사면이 되어 침식을 받아 좁아졌고, 팔봉리 구유로는 HC저위

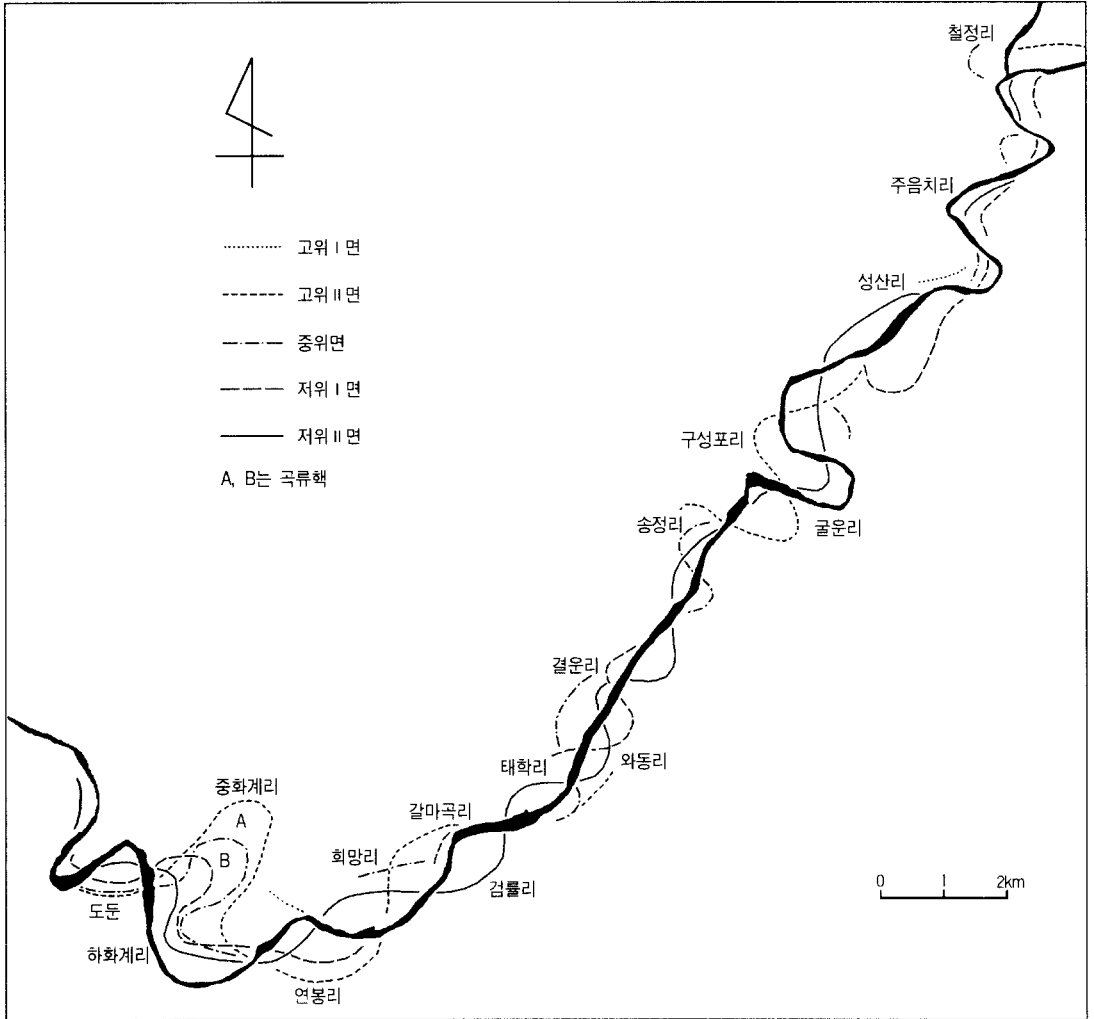


그림 14. 홍천강 중류구간 구 유로 변화 과정

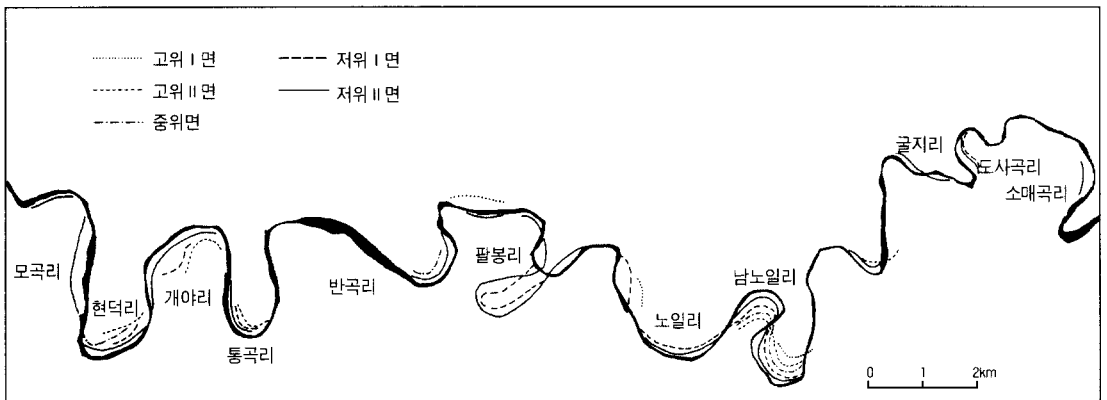


그림 15. 홍천강 하류구간 구 유로 변화 과정

II면을 형성하였던 시기 이후에 곡류경부가 절단되어 현재와 같은 유로를 이루게 되었다. 하류부에서 유로의 곡률도는 시간이 흐르면서 조금씩 커졌으나, 그 속도는 중류부에 비해 매우 느리다. 곡류대의 하류쪽으로 이동되는 속도도 거의 없다시피 할 정도로 매우 느렸다. 이와 같은 현상은 편마암으로 이루어진 하류부에서 하천에너지가 대부분 측방침식보다 하방침식에 소모되는데 기인하는 것으로 생각된다.

### 5. 결론

본 연구는 지금까지 하안단구에 대한 연구가 거의 이루어지지 않았던 북한강 수계 중에서, 홍천강 중·하류에 분포하는 하안단구의 지형발달과 분포특징을 밝히고자 하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 홍천강 유역분지의 지질은 크게 세 지역으로 구분되는데, 중류구간의 서쪽과 하류구간은 편마암, 중류구간의 동쪽은 화강암, 상류구간은 변성암과 화강암이 혼재되어 있다. 하안단구의 분포는 화강암과 편마암 지질의 경계이자 단층선을 따라 직선상의 유로를 취하는 중류구간에서, 대체로 유로의 양측에 단구면이 넓게 분포하고, 하천을 따라 연속적이다. 중류에서도 가장 상류쪽인 철정리에서 주읍치리 사이는 하곡의 폭이 좁고 단구면의 규모도 작으나, 같은 변성암지역인 화계분지에서는 지형면을 넓게 남겼다. 이후 편마암 기반 위를 흐르는 하류는 감입곡류의 활주사면에 하안단구가 주로 분포하지만 면적이 좁다. 이러한 분포특징은 중류와 하류의 지질 및 유로발달의 차이로 판단된다.

2) 중류에서도 구성포리에서 연봉리까지는 화강암지대로서 단층선을 따라 곡류대가 하류쪽으로 용이하게 이동하였으나, 침식에 강한 기반암에 의해 곡류대의 이동이 저지되는 화계분지에서는 여러번의 곡류절단이 일어났다. 즉, 화계분지에서는 측방침식에 의한 유로변동이 커서, 넓은 분지를 형성하였으며 고위면에서 저위면에 이르기까지 다양한 지형면을 폭넓게 남겼다. 즉, 곡류경부가 좁아지면서 고위II면이 형성된 이후와 중위면

이 형성된 이후의 간빙기에 곡류절단이 두 번에 걸쳐 있었다.

3) 홍천강 중·하류의 하안단구는 하상비고와 형성시기에 따라 HC 고위 I면, HC 고위 II면, HC 중위면, HC 저위 I면, HC 저위 II면 등 5개의 면으로 구분된다. 중류구간에 분포하는 하안단구면의 하상비고는 HC 고위 I면이 47~78m, HC 고위 II면은 28~57m, HC 중위면은 20~43m, HC 저위 I면은 11~30m, HC 저위 II면은 7~18m이다. 하류구간의 하안단구면 하상비고는 HC 고위 I면이 51~66m, HC 고위 II면은 34~52M, HC 중위면은 26~42m, HC 저위 I면은 15~33m, HC 저위 II면은 7~21m이다.

4) 하안단구면의 형성 시기는 HC 저위 I면과 저위 II면은 각각 Early Würm 빙기인 marine oxygen isotope stage 4와 Late Würm 빙기인 marine oxygen isotope stage 2에 형성된 것으로 볼 수 있다. 이와 같은 맥락에서 HC 중위면은 Late Riss 빙기인 marine oxygen isotope stage 6, HC 고위면은 Riss 빙기 이전의 어느 빙기로 marine oxygen isotope stage 8에 형성된 것으로 추정된다.

5) 중류구간에서의 하천의 유로는 주로 측방침식이 이루어져 하곡내에서 유로 변동이 활발하였고, 이로 인해 넓은 하곡 위에 규모가 큰 단구면들이 분포한다. 그리고 하류구간에서의 유로는 침식에 강한 기반암으로 인해 기존의 유로를 유지하면서 주로 하방침식으로 이루어진 깊은 하곡 위에 측방침식과 곡류대 이동도 매우 미약하게 이루어졌다.

### 註

\*)이하 HC로 약칭했음.

- 1) Howard, A. D. et al., 1968, *Encyclopedia of Geomorphology*, 1117-1124.
- 2) 원면보존율은 단구면의 표층 및 노두조사와 경사도를 고려해, 지류에 의해 개석받기 이전의 단구 원면의 추정치와, 현재 분류된 단구면 사이의 면적비로 계산하였다.
- 3) 토지이용에서 '임'은 삼림지, '군'은 군사지역, '시'는 시가지, '묘'는 묘지, '교'는 교육시설,



'초'는 초지 및 나지, '과'는 과수원을 의미함.

- 4) 원력의 풍화정도를 구분하는 등급의 기준 (Geological Society Engineering Group Working Party, 1977; 손명원, 1993에서 재인용)

구분	특징	분류
신선	미풍화 내지 탈색	1단계
약한 풍화	탈색, 신선한 상태보다 약하다	2단계
중간정도의 풍화	암편의 절반 이하가 분해·붕괴 신선한 암편은 불연속	3단계
고도의 풍화	암편의 절반 이상이 분해·붕괴 신선한 암편은 불연속	4단계
완전한 풍화	원암석 구조는 남아 있으나, 모든 암편이 분해·붕괴	5단계
잔적토	모든 암편이 토양화되고 암석구조나 부피도 변화	6단계

- 5) Ritter, F. D., 1981, *Process Geomorphology*, W. M. C. Brown, 269-270.  
6) 배기동, 1992, 168-178에서 요약했음.

## 文 獻

권혁재, 1990, 지형학, 법문사, 서울.  
배기동, 1992, 일본인의 기원, 학연문화사, 서울(植原和郎編, 日本人の起源をよび周邊民族との關係をめぐって).  
손명원, 1993, 낙동강 상류와 왕피천의 하안단구, 서울대학교 대학원 박사학위논문.  
송언근, 1993, 한반도 중·남부 지역의 감입곡류 지형발달, 경북대학교 대학원 박사학위논문.  
윤순옥·조화룡, 1996, "제4기 후기 영양분지의 자연환경변화," 대한지리학회지, 31(3), 447-468.

윤순옥·황상일, 1999, "한국 남동부 경주시 불국사단층선 북부의 활단층지형," 대한지리학회지, 34(3), 231-246.  
임창주, 1989, 남한강의 하안단구에 관한 연구, 동국대학교 대학원 박사학위논문.  
조화룡, 1997, "양산단층 주변의 지형분석," 대한지리학회지, 32(1), 1-14.  
황상일, 1998, "경주시 하동 주변의 선상지 지형발달과 구조운동," 한국지형학회지, 5(2), 189-200.  
町田貞, 1982, 河岸段丘, 古今書院, 東京.  
Bloom, L. A., 1998, *Geomorphology*, Prentice Hall.  
Alabyan, M. A., et al., 1998, Types of river channel patterns and their natural controls, *Earth Surface Processes and Landforms*, 23, 467-474.  
Chang, H., 1986, *Geomorphic Development of Intermontane Basins in Korea*, Dissertation, Univ. of Tsukuba.  
Ritter, F. D., 1981, *Process Geomorphology*, W. M. C. Brown.  
Gay, R. G., Gay, H. H., Gay, H. W., Martinson, A. H., Meade, H.R. and Moody, A. J., 1998, Evolution of cutoffs across meander necks in Powder River, Montana, USA, *Earth Surface Processes and Landforms*, 23, 651-662.  
Hwang(Yoon), Soon-Ock, 1994, *Untersuchungen zur Jungquartaeren Vegetationsentwicklung in den Flussgebieten des Garwaji-, Dodaecheon-, Youngyang-, Unsan- und Jumunjin-Gebietes Suedkoreas*, Dissertation der Univ. Freiburg.  
Butzer, W. K., 1976, *Geomorphology from the Earth*, Harper & Row, Chicago.