

韓國에 있어서 嵌入曲流 河川의 分布 特性

宋 彥 根·曹 華 龍
慶北大學校 地理教育科

The Distribution Characteristics of Incised Meander River in the Korean Peninsula

Song, Eon Geun and Jo, Wha Ryong
Department of Geography, Kyungpook University

要 約

1) 우리나라의 嵌入曲流의 分布는 太白山脈 西斜面과 小白山脈 北·西斜面에 집중 분포해 있고 東海斜面과 小白山脈 東·南斜面에는 상대적으로 嵌入曲流의 發生率이 낮다. 河川別로는 漢江, 錦江, 蟾津江, 洛東江 순으로 나타나고 특히 南漢江 상류에서 높게 나타난다.

2) 地質的으로 嵌入曲流의 發生率은 朝鮮系, 平安系, 大同系, 變成巖, 慶尙系, 花崗巖 순으로 높게 나타나고, 風化에 강한 巖石일수록, 層狀構造를 하고 있는 地質일수록, 地質配列이 流路와 直交할 수록, 地質 褶曲부에 위치할 수록 높게 나타났다.

3) 1/250,000 地形圖를 基圖로한 河川次數區分에서 嵌入曲流의 發生率은 5次, 4次, 6次數 河川에서는 높은 發生率을 보이고 이보다 次數가 높아지거나 낮아질수록 發生率이 급격히 낮아진다.

4) 嵌入曲流하는 河川의 현재 河床高度는 100~200m 高度에 높은 빈도를 보이고, 切峯面圖(7.5km 이하의 谷을 埋谷하여 作成)에서는 400~600m 高度에 높은 빈도를 보여 이 切峯面을 原面으로 가정할 때 300~400m의 下刻이 이루어진 것으로 볼 수 있다.

5) 嵌入曲流의 分布의 特性으로 미루어 볼 때 太白山脈 뿐만 아니라 小白山脈도 韓半島의 非對稱撓曲運動의 軸일 可能性이 큼을 시사하고 있다.

6) 假想 切峯面 상에서와 河川 次數別 嵌入曲流 分布 特性을 미루어 볼 때 현재 嵌入曲流하고 있는 流路는 과거 高位 및 中位 侵蝕面을 흐르던 先行曲流 河川에서 부터 유래한 것으로 보는 것이 해석에 유리하였다.

ABSTRACT

The distribution characteristics of incised meander river are analysed concerning topography, geology, stream order and altitude. Additionally geomorphological development of the Korean penninsular is considered with incised meander.

The main findings are as follows:

1. The incised meander is intensively distributed on the west and north slope of T'aebak and Sobaek mountain range, but sparsely distributed on the opposite slopes.
2. Geologically, the occurrence rate of incised meander is high orderly as follows: Joseon supergroup, Pyeongan supergroup, Daedong supergroup metamorphic rock, Gyeongsang supergroup, and granite. The incised meander is developed well on the following conditions: hard rocks against weathering, stratified structure, geologic arrange across the river channel and contacting zone of geological formations.
3. The higher stream orders are, the higher occurrence of incised meander is.
4. Comparing the altitude of present river bed with the summit level of restored map, it is supposed that the incised meander rivers have been dissected about 300-500m down ward.
5. Considering the distribution characteristic of incised meander, it is suggested that not only T'aebak mountain range but Sobaek mountain range is the axis of asymmetrical up-warping in the Korean peninsular.
6. Considering the distribution characteristic of incised meander on the restored map and the stream order, it seems that present incised meander channel was inherited from antecedent meander river that had flowed on High and Middle level erosion surface. But the channel pattern has been modified.

研究目的

曲流河川은 그 河川이 흘러내리는 주변지역 및 河床의 地形的 特性에 따라 自由曲流와 嵌入曲流로 구분된다. 즉 沖積平野 상을 제한을 받지않고 자유로이 曲流하는 것을 自由曲流라 하고 山地나 丘陵地에서 基盤巖을 下刻하면서 제한된 河谷을 따라 曲流하는 것을 嵌入曲流라 한다.

韓半島의 中·南部地域에는 대규모적이고 모식적인 自由曲流는 없고 단지 주요하천의 下流部나 이곳으로 合流하는 支流에서 국부적으로 나타날 뿐이다. 그러나 이것도 인위적인 直江工事に 의해 대부분이 없어졌다. 이에 비해서 漢江, 洛東江, 錦江 및 太白山

脈 東斜面으로 흐르는 三陟의 五十川, 蔚珍의 王避川등 주요하천의 中·상류유역에는 嵌入曲流가 발달해 있다. 또한 嵌入曲流의 주변에는 곳에따라 高位平坦面이 발달해 있어 이들 嵌入曲流의 형성은 韓半島의 地形發達과 밀접한 관련을 갖고 있는 것으로 판단된다.

외국에서는 嵌入曲流의 地形學的 연구가 19C말부터 활발히 이루어지고 있으나 우리나라에서는 현재까지 이에대한 연구가 부진하여 체계적인 발달과정이나 주변지형과 관련시킨 연구가 적다. 따라서 본 연구는 우리나라에 발달해 있는 嵌入曲流에 대하여 地形, 地質, 河川次數, 高度에 따른 分布의 特性을 밝히는데 주 목적을 두고 있으며, 부차적으로 이 嵌入曲流의 분포특성과 관련

하여 韓半島의 地形發達의 일면을 考察해 보려 한다.

研究方法

본 연구를 수행하기 위해 다음과 같은 방법을 적용하였다.

1) 河川의 曲率度는 流路의 길이를 曲流帶의 길이로 나눈 값으로써 본 연구에서는 1/50,000地形圖를 基圖로 기본적으로 10km 간격으로 曲率度를 구하였지만 곳에 따라서 지역적 특성을 고려하여 더 짧은 구간의 曲率度를 구하기도 하였다.

2) 1/50,000地形圖에서 曲率度 1.5이상이고 지형적으로 嵌入曲流를 하는 구간을 선정, 이를 토대로 우리나라 嵌入曲流 河川의 分布圖를 작성하고 地域的 分布 特性을 검토하였다.

3) 1/250,000 및 1/50,000 地形圖로 河川의 次數를 분류하고 각 次數別 河川의 길이와 嵌入曲流 길이를 구하여 次數別 嵌入曲流의 發生率을 조사하였다.

4) 1/250,000 地質圖 및 地形圖를 基圖로 하여 各 地質別 河川의 길이와 嵌入曲流의 길이를 구하여 地質에 따른 嵌入曲流의 發生率을 조사하였다.

5) 1/50,000 地形圖에서 嵌入曲流 구간의 高度를 구하여 高度別 分布率을 조사하였다.

6) 1/250,000 地形圖를 基圖로 埋谷法으로 谷幅 7.5km 이하의 谷을 埋谷하여 조사 지역의 切峯面圖를 작성하고 이 切峯面圖와 嵌入曲流 河川의 分포도를 대비하여 관계를 검토하였다.

既存研究

基盤巖을 下刻하면서 흐르는 嵌入曲流河川이 어떤 作用과 過程을 통해 발생하는가는 오랫동안 地形學者들의 주요 관심사이었

다. 또한 嵌入曲流 河川은 그 주변의 地形發達史를 규명할 수 있는 하나의 단서가 됨으로써 한 지역의 지형발달을 규명하기 위한 수단으로써도 많이 연구되어 왔었다.

嵌入曲流 河川의 발달 과정을 처음으로 논하였던 Davis(1893)는 과거 準平原상을 흐르던 自由曲流로 부터 地盤陸起나 侵蝕基準面의 低下로 廻春이 일어나고 이에따라 先行流路를 통해 基盤巖을 下刻하면서 嵌入曲流가 발생하며, 따라서 河川의 嵌入曲流는 二輪廻 侵蝕을 나타내는 지표라 했다.

Winslow(1893)는 Missouri주의 Osgang에 대한 연구에서 감입곡류 하천은 側方侵蝕과 동시에 下方侵蝕의 결과로 생겼으며, 侵蝕基準面의 상태는 이들의 발달을 설명하는데 중요하지 않다고 하였다. 따라서 嵌入曲流가 自由曲流를 반드시 계승한 것은 아니라고 하며 Davis와 다른 견해를 제시하였다.

Rich(1914)는 처음으로 生育曲流(Ingrown meander)라는 용어를 사용하였으며 掘削曲流(Intrenched meander)와 生育曲流가 先行河川에서 발생하였는지를 결정하는데는 隆起率이 가장 중요하다고 보았다. 즉 급속히 隆起할 때는 下方侵蝕이 側方侵蝕에 비해 빠르므로 流路 移動이 일어나지 않는다. 따라서 이 경우에는 掘削曲流가 발달할 것이다. 반면에 隆起率이 낮을 때는 側方侵蝕과 이에따른 流路 移動이 下刻作用과 더불어 빠른 속도로 진행되기 때문에 生育曲流가 생기기 쉽다고 보았다. 따라서 生育曲流가 반드시 自由曲流에서 유래한 것은 아니라고 보았다.

Moore(1926)는 San Juan강과 Colorado 고원의 嵌入曲流河川을 연구한 후 다음과 같은 결론을 내렸다. 嵌入曲流河川의 형태 및 발생과정을 결정하는 요인은 하천이 운반하는 荷重의 양에 달려있다. 즉 硬巖地域으로 흐르는 하천은 under load가 되어 수직적으로 기반암을 깎는데 대해 軟巖地域에

서는 overload가 되므로 下方侵蝕과 동시에 側方侵蝕이 일어남으로써 流路의 이동이 일어나게 된다. 결론적으로 準平原 바로 아래에 硬巖이 있을 때는 원래의 流路 pattern이 유지될 수 있지만 軟巖이 있을 때는 流路의 側面이동으로 원래 pattern을 유지할 수 없게 된다고 보았다.

Hack과 Young(1959)은 流域의 地質 및 地形이 상이한 Virginia주의 North Fork Shenandoah강에 대해 조사한 결과 이 강은 Martinsburg층에서 현저한 掘削曲流를 하며 曲流의 長軸이 北西-南東方向으로 뻗어있는 節理面과 Prismatic 구조에 의해 통제를 받고 있다고 하였다. 또한 曲流區間에서 曲流波長이 自由曲流처럼 규칙성을 띠고 河床勾配와 流路의 橫斷面이 上流 혹은 支流로부터 流入하는 河床荷重을 운반하는데 필요한 만큼 유지되고 있으며 曲流區間에서는 다른 區間에 비해 河床荷重이 적어 荷重의 운반에 필요한 energy보다 基盤巖을 掘削하는데 더 많은 energy가 소모되고 있었다고 하였다. 위의 연구결과에서 Hack은 Shenandoah강의 掘削曲流는 先行河川의 廻春에 의해 형성되었다기 보다는 巖石의 공간적 배열과 이 암석에 대한 수리적 요인이 주요 요인이라고 했다.

Thonbury(1954)는 嵌入曲流河川을 河谷의 형태에 따라 두가지로 분류하였다. 즉 河谷의 橫斷面이 거의 대칭성을 띠고 있는 掘削曲流와 曲流의 바깥쪽 谷壁은 급경사의 攻擊斜面, 안쪽에는 완경사의 滑走斜面이 있어 河谷의 橫斷面이 비대칭적인 生育曲流가 있다고 했다. 또한 그는 生育曲流와 掘削曲流의 發生原因의 차이는 아직 명확히 밝혀지지 않았지만 嵌入曲流河川을 廻春의 주요 증거로 간주하는데도 주의해야 한다고 했다.

Foweraker(1963)는 Ozak강에 대한 연구에서 自由曲流와 嵌入曲流에 대하여 곡률반경이 적은 1次 meander arc와 1次 arc를

포함하는 더 큰 곡률반경을 갖는 2차 arc를 비교 조사하였다. 그는 1차 arc가 自由曲流에서 보다 嵌入曲流에서 더 많이 발견된 것을 근거로 嵌入曲流가 準平原상에서 흐르던 先行河川에서 유래한 것은 아니라고 하였다.

Blank(1970)는 Texas주 Mason County에서 발달해 있는 嵌入曲流에 대한 연구에서 이 지역의 嵌入曲流들은 석회암에서 현저하게 발달해 있고 모두 전형적인 生育曲流의 형태를 띠고 있다고 했다. 曲流의 형태는 angular mander로써 이는 소규모 斷層과 節理의 영향으로 발달한 것으로 보았다. 그는 嵌入曲流가 汎濫原상에서 발달했던 自由曲流에서 유래하였다는 古典의 개념에 이의를 제기했지만 아직까지 만족할만한 설명을 내리지 못하고 Mason County 연구에서도 어떤 결론을 내리기 보다는 더 많은 문제점이 제기되었다고 했다.

Sherpherd와 Schumm(1974)은 상이한 조건을 가진 4개의 실험유로를 통해 嵌入曲流河川에 대한 실험을 실시하였다. 그 결과 沖積層에서 曲流하는 실험유로에서 勾配를 증가시킨 결과 안정화된 bar를 제외한 bar들은 파괴되고 沖積河床이 제거되면서 基盤巖이 노출되었다. 河床에 대한 下刻은 안정화된 bar주위에 집중되면서 원 유로와 다른 불규칙적인 曲流 Pattern을 발달시켰다. 또한 基盤巖으로 된 曲流流路에서 侵蝕의 위치는 堆積物이 모두 운반되는 경우에는 band의 안쪽이 최대 침식지점이 되지만 堆積物이 堆積된 후에는 band의 바깥쪽으로 최대 침식지점이 이동하였다. 그는 이와 같은 실험결과로써 嵌入曲流河川이 隆起準平原에서 발생하였다는 가설은 받아들이기 어렵다고 했으며, 기반암에 대한 침식은 河川이 운반하는 荷重의 양에 의해 조절된다고 보았다. 그러나 이 실험은 流路의 크기에 비해 曲率半徑이 너무 좁은 것으로 자연상태의 법칙을 충분히 반영한 실험이었던지

에 대한 의문점이 많다.

유럽에서는 嵌入曲流의 발생 원인으로써 지질 구조를 중시하였다. Vacher(1909), Flohn(1935), Blache(1940) 등은 嵌入曲流를 잘 발생시키는 地層을 조사하여 밝혔으며 특히 Flohn은 巖石의 成層상태를 주목하여 水平成層이 잘 이루어진 곳에서는 生育曲流가 잘 발달하고 成層이 이루어져 있지 않고 等質로 된 곳에서는 掘削曲流가 발달한다고 보았다.

日本에서는 嵌入曲流河川은 地盤隆起 등에 의한 侵蝕基準面의 變化에 의해 발생하였다는 Davis적 관점에서 많이 연구되어가고 있다. 河內伸夫(1976)는 日本 中國山地의 穿入蛇行의 分布, 蛇行波長과 流域面積과의 관계, 穿入蛇行의 要因, 地質과의 관계를 검토하고 다음과 같은 결론을 내렸다.

1) 穿入蛇行에는 侵蝕平坦面 자체를 下刻하는 형태와 侵蝕平坦面의 境界 부근에서 발달하는 형태가 있다. 전자는 掘削蛇行 혹은 生育蛇行을 나타내며 侵蝕平坦面상에 있었던 先行河川의 自由蛇行에서 발달한 가능성이 높고, 後者は 生育蛇行을 나타내며 반드시 自由蛇行에서 발달한 것으로 생각할 필요는 없다.

2) 自由蛇行의 波長은 穿入蛇行의 값과 거의 같은 값을 나타내었다.

3) 古生層과 花崗巖 지역의 穿入蛇行을 비교하면 古生層에서 谷幅, 蛇行帶의 幅, 彎曲度는 적고 蛇行流路는 보다 규칙적이다. 그러나 穿入蛇行은 모든 종류의 암석을 切斷하면서 발달해서 特定 巖石에 선택적으로 나타나는 것은 아니다.

또한 河內伸夫(1979)는 小瀨川の 穿入蛇行에 관한 연구에서 다음과 같은 사실을 밝혔다.

1) 小瀨川은 彌榮을 경계로 그 상류 花崗巖 分布地域에서는 직선상의 깊은 狹谷이 형성되어 있으며, 彌榮 下流의 中·古生層 分布地域에서는 현저한 穿入蛇行이 발달해

있다.

2) 節理系의 走向은 流路 方向과 잘 일치하며 地質은 蛇行을 二次的으로 제약한다고 여겨진다.

3) 小瀨川の 穿入蛇行은 持峙面이라는 侵蝕面의 自由蛇行에서 유래하였으며, 海拔 약 100m 지점에 滑走斜面 段丘가 형성되어 있다는 등의 보고를 하고 있다.

이상의 제 외국의 연구 결과를 종합해보면 嵌入曲流가 先行曲流流路를 이어받아 嵌入曲流를 하는지, 下刻과정에서 曲流를 하게 된 것인지에 대한 논쟁은 아직 결론을 얻지 못했다. 그러나 掘削曲流는 先行河川의 流路를 유지하고, 生育曲流는 二次的으로 많은 수정이 가해진 것이라는 많은 의견이 집중되고 있다. 또한 地質은 流路의 유지 및 堆積物 생산, 構造線의 제약 등으로 嵌入曲流에 크게 영향을 주고 있다는 것이 많은 의견이다.

우리나라에서는 嵌入曲流에 대해 체계적으로 연구되어진 논문은 거의없고 단지 다른 주제의 논문에서 부분적으로 嵌入曲流에 대해 간략하게 언급하고 있을 뿐이다.

朴東源·吳慶燮(1978)은 臨溪地域의 自然地理 調査에서 骨只川과 臨溪川은 河谷의 형태가 대체로 대칭에 가깝기 때문에 地盤隆起作用에 의해 형성되었을 것으로 보았고, 이 두河川의 合流點 以西의 南漢江에서는 河谷이 비대칭성을 띠고 있어 地盤隆起 因子의 작용에 비해 氣候變動因子의 작용이 상대적으로 강화된 결과로 보았다.

金相昊(1983)는 錦江 본류의 曲流는 에치 平原(etch plain)과정에서 風化層을 매개로 해서 河川의 蛇行이 이루어졌다고 했다.

崔秉權(1983)은 平昌江의 연구에서 曲流 band의 형태는 simple symmetrica 형과 simple asymmetrica 형이 가장 많이 나타났고, 침식의 형태로는 아직까지 下方侵蝕이 우세하게 일어나고 있어 掘削曲流의 형태를 띠고 있다고 보았다. 曲流 band의 특성은

그 지역의 지질적 통제를 받으며, 流路의 이동은 거의 없고, 流路의 방향은 構造線의 방향을 반영하지만 節理의 走向과는 거의 관계가 없는 것으로 보았다.

李旼熙·張載勳(1984)은 韓半島 中部以南 地域에 있는 主要 河川에 대해 曲流와 地質과의 관계를 검토한 결과, 우리나라에 分布해 있는 嵌入曲流는 대부분이 生育曲流의 형태를 띠고 있으며 漢江, 洛東江 上류의 일부 河川에서는 掘削曲流와 유사한 형태를 띠고 있다고 하였다. 嵌入曲流는 片麻巖, 堆積巖類 地域에서 탁월하게 발달해 있고, 花崗巖 地域에서는 發生率이 극히 저조하며 특히 大寶花崗巖 地域에서는 嵌入曲流에서 自由曲流로 변해가는 과정에 있다고 했다.

尹仁赫(1988)은 乃城川과 渭川 流域盆地 연구에서 嵌入曲流는 대체로 6次내지 7次 河川과 같은 高次數區間에서 나타나며, 片麻巖과 堆積巖 地域에서는 嵌入曲流가 잘 보존되어 있지만 花崗巖 地域에서는 보존되어 있지 않는데 이는 硬巖인 경우 巖石의 저항으로 인해 先行流路의 보존이 쉬운데 비해 軟巖 地域에서는 先行流路가 쉽게 수정되어 버렸기 때문으로 결과된 것이라 했다.

嵌入曲流의 曲流頸部の 切斷과 관련한 연구로는 朴鍾瑄(1984), 文昇斗(1983), 宋彥根(1988), 徐華律(1988) 등의 연구가 있다.

嵌入曲流의 地域的 分布

우리나라의 嵌入曲流 河川 分布는 地域的으로 또한 河川流域별로 그 分布密度가 다르다. 따라서 本節에서는 嵌入曲流의 地域的 分布特性을 특히 우리나라의 大地形과 관련하여 검토해보기로 한다.

Fig.1은 曲率度 1.5이상이고 지형적으로 嵌入曲流를 하고 있는 河川의 분포를 나타낸 것이다. 河系網은 1/250,000地形圖를 基圖로 했을때 二次數 이상의 河系網을 나타낸 것이다. 曲率度는 1/50,000 地形圖를 基

圖로 계산하여 1/250,000 地形圖에 옮긴 것이다.

漢江 水系에서 南漢江은 忠州市보다 上류부가 심한 嵌入曲流를 하고 있다. 支流別로는 朝陽江, 平昌江, 達川에서 發生率이 높으며 本流區間도 대부분이 嵌入曲流를 하고 있다. 그러나 忠州市보다 하류쪽은 支流 蟾江을 제외하고는 發生率이 매우 낮다.

北韓江은 洪川江, 沼陽江등 지류와 春川市 북쪽의 本流에서 높은 發生率을 보이고 있다. 전체적으로 漢江 水系에서 嵌入曲流의 發生率이 높게 나타나는 지역은 太白山脈 分水嶺과 忠州-驪川-陽平을 잇는 선 사이에 드는 소위 嶺西高原地域이며, 支流 達川의 경우는 小白山脈 西斜面에 해당하는 地域이다.

錦江은 發源地 鎭安高原에서 부터 山地를 벗어나는 지점인 新灘津 부근까지 특히 本流區間이 심한 嵌入曲流를 하고 있으며 支流 松川, 南大川, 伐谷川, 柳等川등에서도 높은 發生率을 보인다. 新灘津보다 下流쪽 本流구간에는 그 發生率이 아주 낮으며 車嶺山脈의 南東斜面을 흐르는 짧은 支流에서 부분적으로 나타나고 있다. 전체적으로 볼 때 錦江流域에서는 小白山脈의 西斜面과 車嶺山脈의 南東斜面을 흐르는 本流 및 支流 구간에서 높은 發生率을 보이며 특히 本流 구간에서 많은 曲流를 하고 있는 것이 특색이다.

蟾津江 流域은 本流에서는 淳昌보다 上류구간에서 심한 嵌入曲流를 하고 있는데 이 지역은 地形的으로 蘆嶺山脈의 南·東斜面에 해당된다. 支流 寶城江에서 또한 높은 發生率을 보인다.

洛東江은 광대한 流域面積에 비하여 嵌入曲流의 發生率은 낮다. 그러나 安東市 주변에서 부터 上流쪽 本流구간과 半邊川에는 아주 높은 發生率을 보인다. 安東市 서쪽의 北部 慶北지방에는 부분적으로 나타나며, 소위 大邱盆地라고 하는 琴湖江 流域盆地에

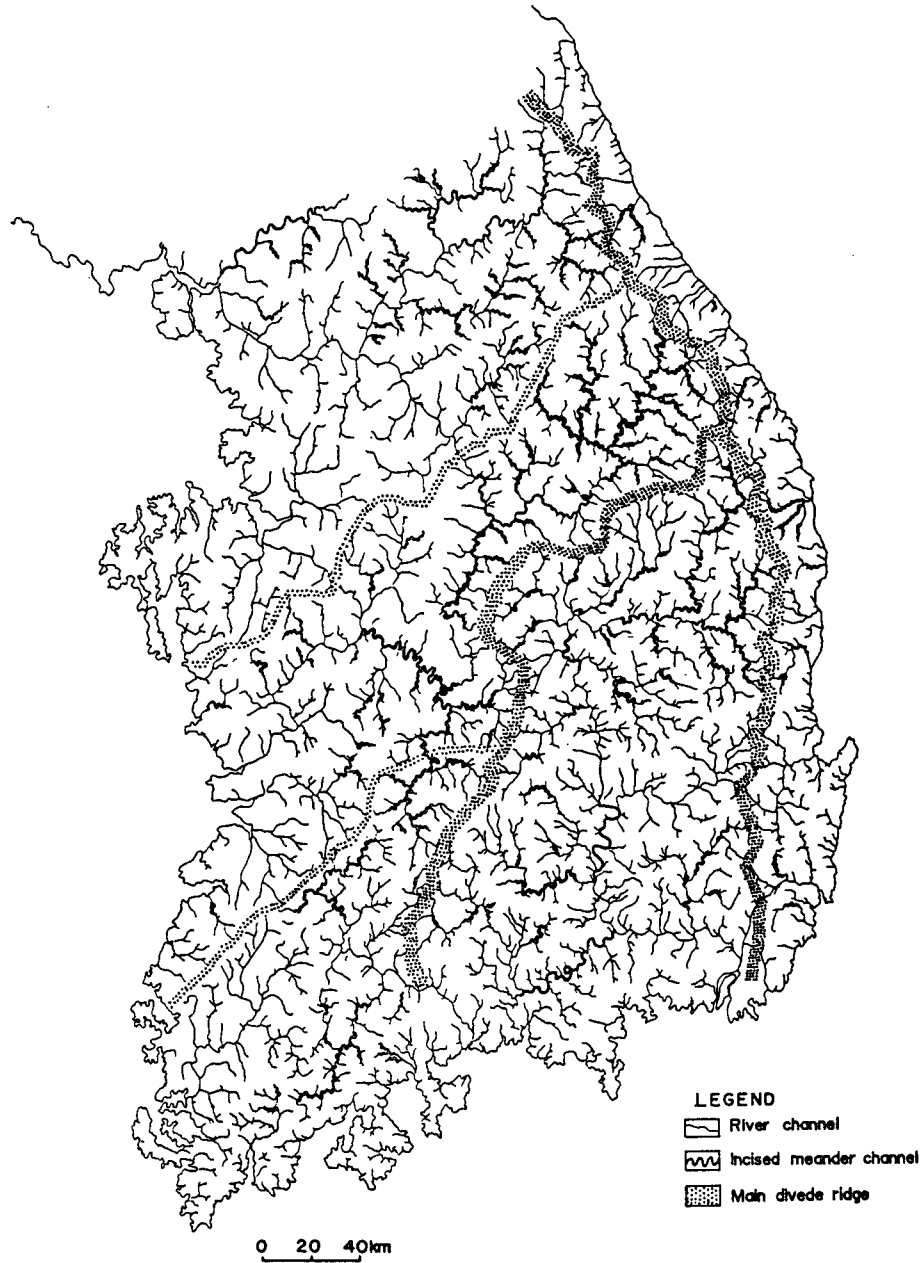


Fig. 1. Distribution of Incised Meander.

는 거의 나타나지 않으며, 慶南地域에서는 黃江, 南江, 密陽江 지역에서 부분적으로 나타난다. 지형적으로 安東市 보다 상류쪽 本流와 支流 半邊川 유역은 太白山脈의 西斜面에 해당되고, 南江 本流, 및 蟾津江 支

流 寶城江 流域은 일부 학자가 주장하는 소위 韓山山地에 해당된다. 小白山脈의 東·南斜面에는 嵌入曲流의 발생률이 아주 낮은 것이 특색이다.

東海斜面에는 嵌入曲流의 발생률이 낮다.

그러나 東草 南大川, 三陟 五十川, 麻邑川, 蔚珍 王遊川, 平海 南大川, 盈德 五十川, 蔚山 부근의 三政川, 回夜江 등에서 嵌入曲流를 보이고 있다.

이상의 것을 종합해보면 우리 나라의 嵌入曲流 河川은 太白山脈의 西斜面과 小白山脈의 北·西斜面에 집중 분포해 있고 南海岸을 沿하여 달리고 있는 韓山山地에도 부분적으로 분포하고 있다. 그러나 太白山脈의 東斜面과 小白山脈의 東·南斜面에는 嵌入曲流의 發生率이 매우 낮게 나타나는데 이는 花崗巖 開析盆地의 발달(小白山脈의 東·南斜面), 河川의 길이가 짧은(太白山脈 東斜面) 것 등의 이유로도 부분적인 설명이 가능하나 근본적으로는 韓半島 地形을 형성한 地盤運動의 軸의 方向 및 그 성질등과도 관련이 있는것을 암시하고 있다.

Table 1은 1/250,000 지형도상에 나타난 全流路의 길이와 嵌入曲流하는 구간의 길이를 河川別로 나타낸 것이다. 北漢江은 휴전선 남쪽 부분만 계측했다. 嵌入曲流의 發生率은 漢江, 錦江, 蟾津江, 洛東江 순으로 나타나고 특히 南漢江은 가장 높은 發生率을 보인다. 이에 대하여 落東江과 太白山脈의 東斜面을 흐르는 河川들에는 낮은 發生率을 보이고, 榮山江, 東津江, 萬頃江, 插橋川, 安城川 등 저지를 흐르는 河川에서는 嵌入曲流가 거의 나타나지 않는다.

Table 1. The Occurrence Rate of Incised Meander in Each River (%)

Han-gang	15.9
Küm-gang	14.5
Sömjin-gang	12.4
Nakdong-gang	8.4
East slope of T'aebak Mts.	5.5
The other	0.8
Average	9.2

嵌入曲流와 地質과의 관계

嵌入曲流 分布圖와 地質圖를 대비시켜 본 결과 地質的 特性이 嵌入曲流의 發生率에 영향을 주고 있는 것으로 보였다. Fig.2~4는 變成巖, 堆積巖, 花崗巖 分布地域별로 嵌入曲流의 分布를 나타낸 것이고, Table 2는 각 지질별로 하천의 총길기와 嵌入曲流의 길이를 구하여 그 發生率을 나타낸 것이다.

우리나라의 지질 분포를 개관해보면 Pre-Cambrian紀에 형성된 變成巖은 變成堆積巖과 花崗片麻巖으로 구성되어 있고 京畿·小白山 陸塊에 분포해 있다. 花崗巖은 中生代 侏羅기에 貫入한 大寶花崗巖이 대부분을 차지하며 이들은 주로 中部와 西·南部 지역에서 支那方向으로 帶狀分布해 있다. 中生代 白堊紀에 貫入한 佛國寺 花崗巖은 慶尙盆地 地域에 소규모로 분산, 노출되어 있다. 堆積巖은 慶尙盆地에 있는 中生代層인 慶尙系가 대부분을 차지하며, 南漢江 中·上流 流域에는 古生層인 平安, 朝鮮系가 복잡한 地層配列로 分布해 있다.

大分類 巖質別로 볼 때 堆積巖과 變成巖의 경우 각각 그 發生率이 14.3%, 13.8%로 비슷하지만 花崗巖 지역에서는 이의 반에 못미치는 6.2%의 發生率을 보인다. 이

Table 2. The Occurrence Rate of Incised Meander by Geology (%)

SEDIMENTARY ROCK	14.3
Gyeongsang supergroup	10.9
Daedong supergroup	17.8
Pyeongang supergroup	23.0
Joseon supergroup	28.9
METAMORPHIC ROCK	13.8
GRANITE	6.2
Daebo granite	6.8
Bulguksa granite	6.0

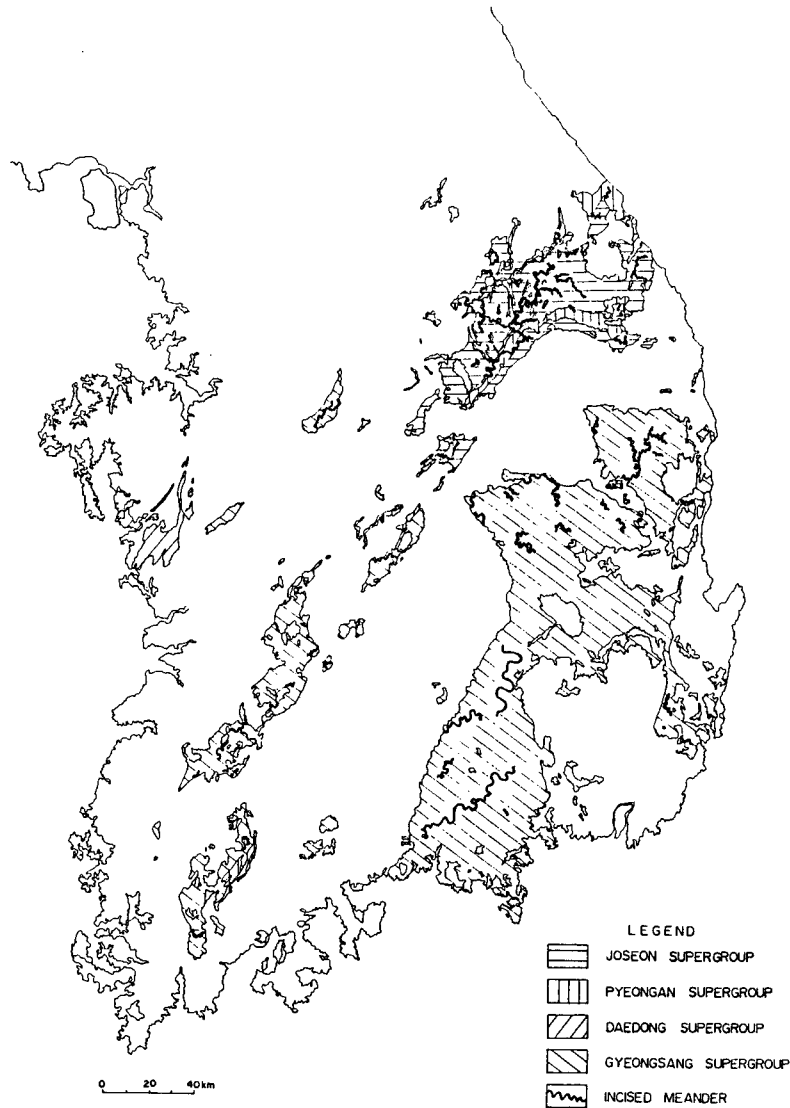


Fig. 2. Distribution of Incised Meander in Sedimentary rock.

와같은 지질별 발생율의 차이는 先行流路가 曲流流路이었던지, 혹은 下刻하면서 曲流를 하였던지 간에 기존의 流路를 유지하는데는 風化에 강한 巖質이 유리하고, 또한 層狀構造를 갖고 있는 巖質일수록 谷壁이 잘 유지되기 때문에 유리하다는 가정하에서 볼 때 變成巖과 堆積巖은 보다 風化에 강하고 또한 堆積巖은 層狀構造를 가지고 있기 때문

에 風化에 아주 약한 花崗巖 지역에서 보다 嵌入曲流가 잘 보존되어 있는 결과를 나타내었다고 해석할 수 있다. 그러나 花崗巖 分布地域에서도 地形的 위치에 따라 상당히 높은 發生率을 나타내는 곳도 있다. 즉 漢江 中·上流流域 즉 嶺西高原 지역에서는 花崗巖 지역에서도 10.3%의 發生率을 보인다.

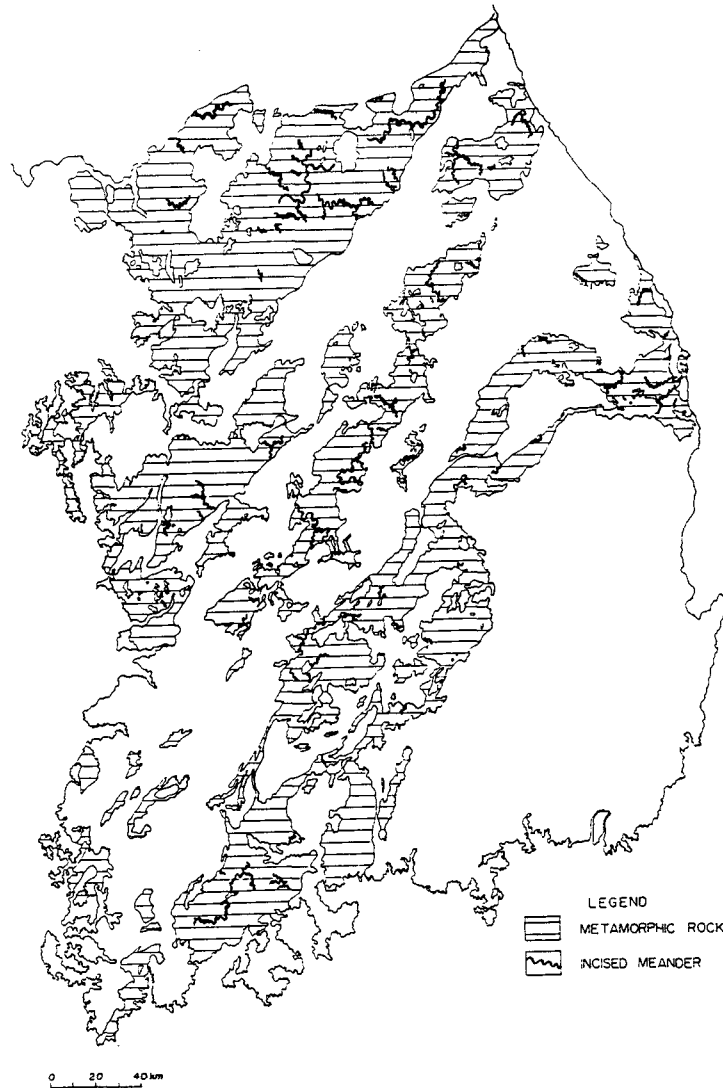


Fig. 3. Distribution of Incised Meander in Metamorphic rock

한편 變成巖과 堆積巖에서는 細分된 巖質別로 發生率에 있어서 많은 차이를 보인다.

堆積巖 중에서는 朝鮮系가 28.9%, 平安系가 23.0%로 매우 높고, 大同系가 17.8%로 비교적 높으며 慶南系는 10.9%로 堆積巖 중에서는 가장 낮은 發生率을 보인다. 이와같이 堆積巖에서는 오래된 地質일수록 發生率이 높게 나타나고 있는데 이것은 오래된 堆積巖일수록 硬度가 더욱 높아진다는

점으로 해석이 가능하다. 그러나 2차적으로 이들 地質의 地形的 分布 위치와도 부분적으로 관련이 있는 것으로 보인다. 즉 朝鮮系와 平安系는 지형적으로 隆起軸에 가까운 위치인 嶺西高原 지역에 대부분이 분포하고 있는데 대하여 慶尙系는 대부분이 상대적으로 高度가 낮은 慶尙盆地에 分布하고 있어서 地形的 位置가 朝鮮系와 平安系에 發生率을 더욱 높여준 쪽으로 작용하였고 慶尙

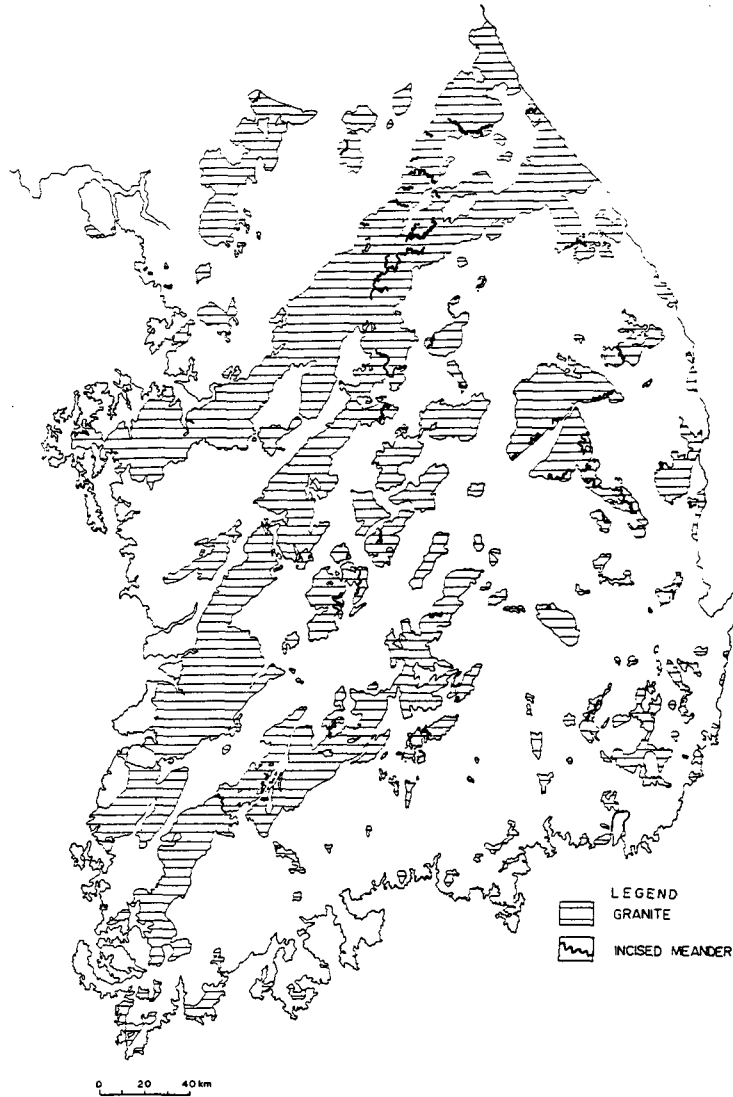


Fig. 4. Distribution of Incised Meander in Granite

系는 發生率을 낮게하는 쪽으로 작용하였다는 것이 고려된다.

이밖에도 영월 부근의 南漢江 본류 및 朝陽江과 그 주변 支流들에서와 같이 地質配列이 河川의 流路와 직교하는 곳에서 높게 나타나며, 花崗巖 지역의 경우 變成巖이나 堆積巖과 접촉하는 경계부에서 높은 發生率을 보인다. 이와같은 예는 乃城川, 吉安川, 東沙川, 興亭川 安東以北의 洛東江 本流등

에서 찾아볼 수 있다.

이상을 종합하여 嵌入曲流의 發生率과 地質과의 관계를 요약하면 다음과 같다.

1) 嵌入曲流의 發生率은 朝鮮系, 平安系, 大同系, 變成巖, 慶尙系, 花崗巖의 순으로 높게 나타났다.

2) 嵌入曲流의 發生率은 風化에 강한 巖石일수록, 層上構造를 가지고 있을수록, 地質配列이 流路와 직교할수록, 他巖質과의

접촉부에 위치할 수록 높게 나타난다는 것을 알 수 있었다.

嵌入曲流와 河川 次數와의 關係

嵌入曲流를 발생시키는 河川의 규모를 파악하기 위하여 1/250,000 지형도를 基圖로 조사지역의 河系網의 次數를 분류하고 次數別 嵌入曲流의 發生率을 조사하였다.

Table 3에서 1/50,000 地形圖를 基圖로 했을때의 河川 次數는 실제 지형도를 기초로 次數를 구한것이 아니고 洛東江流域盆地의 경우를 참고하여 추산치를 수록한 것이다. 즉 1/250,000지형도를 기도로 하였을 때 洛東江 本流는 6次數 河川이 되고(金又寬, 1978), 1/50,000 지형도를 기도로 하였을 때 本流가 8次數 河川으로 분류되어(UNDP, 1968) 전체적으로 2次數 정도의 차를 나타내었다.

전체 평균을 볼때 4次, 5次 하천에서 嵌入曲流 發生率이 가장 높게 나타나 54.8%,

55.2%를 차지하고 6次 하천에서 41.1%, 3次 하천에서 24.8%의 發生率을 보였다. 2次 하천 이하의 低次數 하천에서는 2次 하천의 5.6%, 1次 河川의 0.4%로 급격히 낮아진다.

1/250,000 地形圖에서 1次河川이란 1/50,000地形圖에서 3次河川이 됨으로 1/50,000 地形圖를 기준해서 3次河川 이하의 低次數 河川에서는 嵌入曲流가 발생하지 않는다는 것을 뜻한다. 일반적으로 高次數河川은 그 流路가 형성된지 오래된 것이며 低次數河川은 보다 최근에 형성되었고 현재에도 형성되고 또한 그 流路를 확장하고 있는 것이라 할 수 있다. 이렇게 볼 때 현재 山地에서 형성되고 있는 流路는 嵌入曲流를 하지 않으며 오래된 큰 규모의 流路에서만 嵌入曲流의 높은 발생률을 보이는 것을 알 수 있다. 높은 발생률을 보이는 4, 5, 6次數 河川은 대부분이 本流이거나 一次 大支流에 해당한다. 6次나 7次的 高次數 河川에서 4, 5次數 河川에서 보다 발생률이 상대

Table 3. The Occurrence Rate of Incised Meander by Stream Order.

Order River	Occurrence Rate by Stream Order (%)						
	First (Third)	Second (Fourth)	Third (Fifth)	Fourth (Sixth)	Fifth (Seventh)	Sixth (Eighth)	Seventh (Ninth)
Han-gang	0.8	14.4	35.7	80.0	90.2	47.1	0.0
Kūm-gang	1.2	10.1	34.9	45.8	97.3	52.6	
Sōmjīn-gang	0.0	7.7	34.1	63.3	52.6	0.0	
Nakdong-gang	0.3	2.3	18.6	54.1	43.9	32.7	
East Slope of T'aebak Mts.	0.3	5.7	33.2	27.5			
The Other	0.1	1.3	3.9	0.0			
Average	0.4	5.6	24.8	54.8	55.2	41.1	0.0

* The Stream Orders are Classified by using 1/250,000 Topographical Map.

* The Stream Orders of Blank are Inferred in 1/50,000 Topographical Map.

적으로 낮아지는 것은 이 次數에 해당하는 구간은 大河川의 下流部에 해당하며 지형적으로 侵蝕基準面에 가까운 低山性 丘陵地나 沖積平野지대를 흐르는 구간이므로 嵌入曲流를 계속 유지하기 어렵기 때문인 것으로 해석된다.

河川 流域別로 볼 때 洛東江과 蟾津江 流域은 平均値와 유사한 결과를 보인다. 그러나 漢江의 경우 5次數 河川이 90.2%, 4次數 河川이 80.0%를 차지하며, 錦江은 5次數 河川이 97.3%, 6次數 河川이 52.6%로 높은 발생률을 보이고 있다. 이와 같은 현상은 이들 河川의 이 次數에 해당되는 區間이 太白山脈 西斜面 및 小白山脈 北·西斜面에 주로 形成되어 있기 때문으로 판단된다. 太白山脈 東斜面은 河川의 규모가 작아서 最大 次數가 3次 및 4次 河川으로 이 4次와 3次 河川에서 높은 발생률을 보이고 있다.

嵌入曲流의 分布 高度

嵌入曲流 區間の 현재 河床高度를 1/50,000 地形圖를 基圖로 조사하였다. 또한 현 嵌入曲流河川이 下刻을 시작할 당시의 地形 原面을 검토해보기 위해서 1/250,000 地形圖를 基圖로 谷幅 7.5km 이하의 谷을 埋谷하여 調査地域의 埋谷切峯面圖를 작성하고 이 切峯面圖 상에서 嵌入曲流의 高度 分布를 조사하였다. 여기서 埋谷할 谷幅을 7.5km 이하로 한 것은 高度生長曲線을 作成하여 결정하였다.

이와같이 조사된 高度分布를 流域別로 나타낸 것이 Fig. 5-1~5-5이고 이를 종합하여 高度別 頻度分布를 나타낸 것이 Fig 6이다.

嵌入曲流區間の 현재 河床高度는 10~800 m 범위에 걸쳐서 넓게 분포해 있다. 그러나 가장 높은 빈도를 보이는 것은 100~200 m 高度이다. 地域別로는 太白山脈 서사면

을 흐르는 河川에서 높은 高度를 보여 300 m 이상의 高度를 나타내는 것이 45%에 이르지만 그 밖의 지역에서는 상대적으로 낮은 고도를 보인다.

切峯面圖 상에서 嵌入曲流區間の 分布는 100~1200m까지 나타나지만 400~700m에 집중 분포하고 있다. 특히 太白山脈 서사면의 漢江 上流地域에서는 400~1,100m에 걸쳐서 높은 빈도를 보이는데 이와 같은 高度는 이 지역의 高位平坦面의 高度와 대략 일치한다고 할 수 있다.

各 嵌入曲流 區간에 대하여 切峯面 상에서의 중간고도와 현 하상에서의 중간 고도를 구하고 전자에서 후자를 뺀 값의 평균을 계산해 본 결과 太白山脈 西斜面의 漢江流域에서는 약 400m이고 그밖의 지역은 약 300m의 高度差가 나타났다. 따라서 切峯面을 嵌入曲流가 시작된 地形 原面이라고 가정할 때 太白山脈의 西斜面에서는 평균 400 m, 기타 지역에서는 약 300m 下刻이 이루어진 것으로 볼 수 있다.

切峯面 상에서 嵌入曲流 區간의 高度가 中流部가 上流部 보다 더 높은 경우(圖中の 점선 화살표지 한 부분)가 다수 나타나는데 이것은 山稜線을 河川이 橫斷하면서 橫谷을 형성하는 경우가 대부분이며, 따라서 이 河川은 이 山稜線의 形成(差別侵蝕의 결과로 形成된 것이 대부분인 것으로 판단된다)보다 먼저 形成된 先行河川이란 것을 알 수 있다. 이와 같은 예는 內麟川의 洪川郡 內面에서 麟蹄郡 麟蹄面 구간, 芳台川의 鎭東~縣里 구간, 洪川江의 洪川과 春城郡 南面 구간, 穎江의 聞慶~點村 구간등에서 찾아 볼 수 있다.

嵌入曲流와 관련한 韓半島의 地形 發達

韓半島 中部 地方은 新生代 中期 이후 太白山脈을 軸으로 한 非對稱褶曲運動(小林貞一, 1931), 혹은 傾動地塊運動(多田文男,

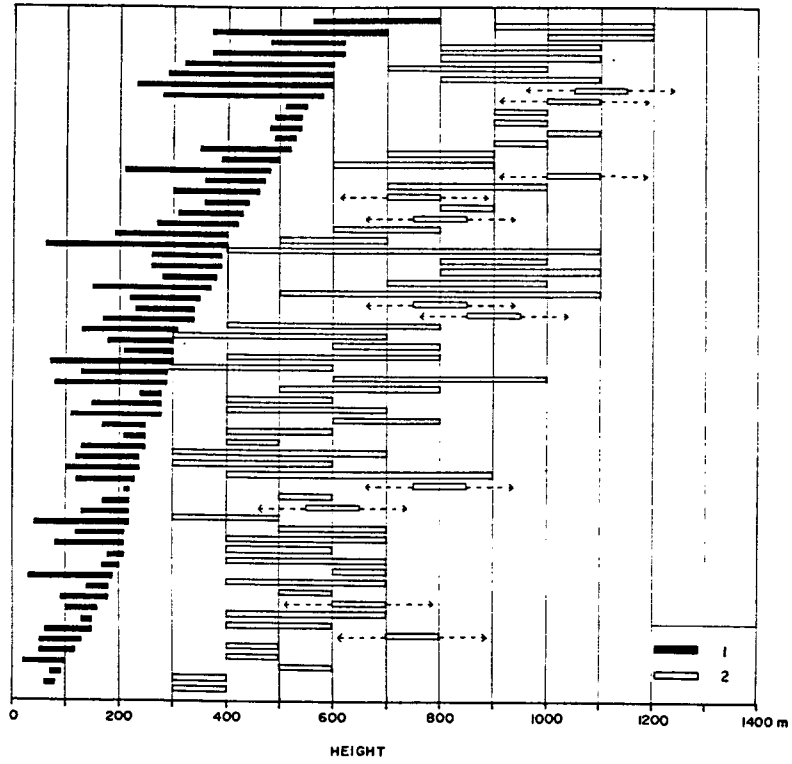


Fig. 5-1. Distribution Height of Incised Meander River Bed in Han-gang.

- 1: Present River Bed.
- 2: River Bed on the Restored Map.

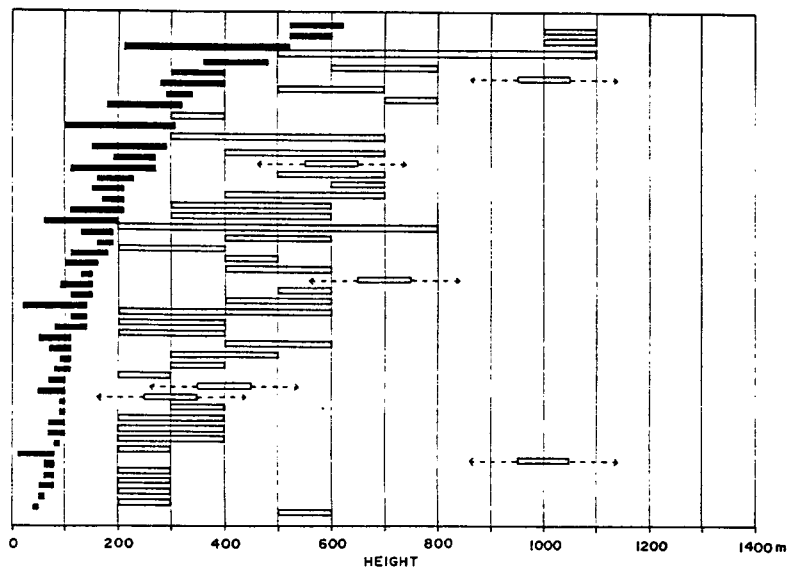


Fig. 5-2. Distribution Height of Incised Meander River Bed in Nakdong-gang.

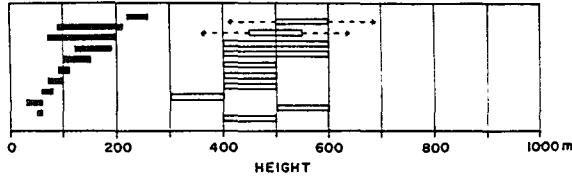


Fig. 5-3. Distribution Height of Incised Meander River Bed in Somjin-gang.

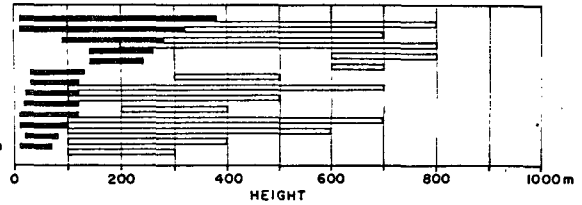


Fig. 5-4. Distribution Height of Incised Meander River Bed in East Slope of T'aebak Mts.

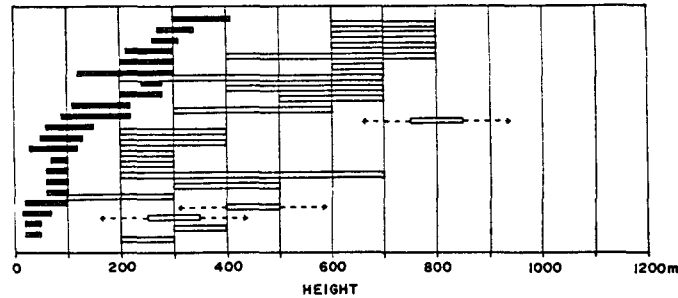


Fig. 5-5. Distribution Height of Incised Meander River Bed in Kum-gang.

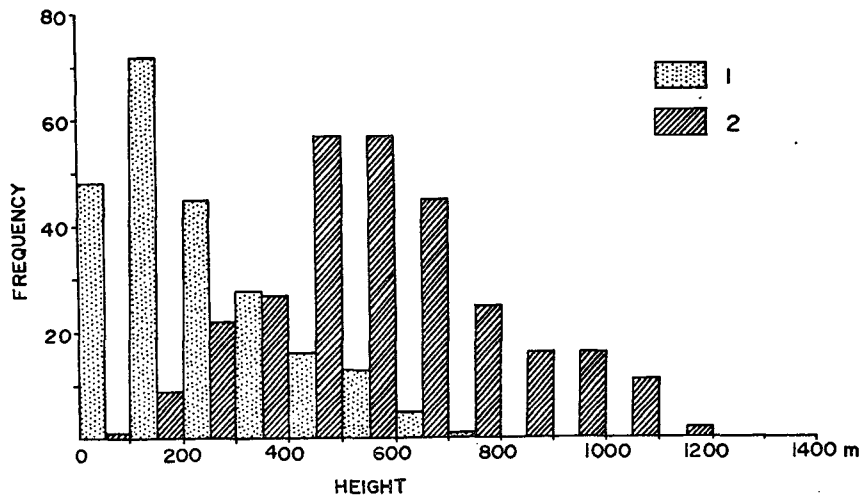


Fig. 6. The Occurrence Frequency of Incised Meander by Altitude.
 1: Present River Bed.
 2: River Bed on The Restored Map.

1941)을 하고 있다고 주장되어 왔다. 이와 같은 주장은 본 연구에서 밝혀진 嵌入曲流河川의 分布가 太白山脈 西斜面에 집중 분포하고 있는 것으로 그 가능성이 더욱 높아졌다. 그러나 여기서 한가지 더 주목되는 사실은 小白山脈에 있어서도 北·西斜面에는 嵌入曲流가 높은 밀도로 分布하고 있는

데 대하여 南·東斜面에서는 嵌入曲流의 發生率이 낮아서 太白山脈의 東·西斜面이 대조적인 것과 유사한 결과를 나타낸다는 점이다. 切峯面圖(Fig.7 참조)를 검토해보아도 太白山脈 東斜面과 小白山脈의 東·南斜面은 等高線 間격이 密接해 있는 傾斜變換點을 보이고 있으나 이의 反對쪽 斜面은 뚜

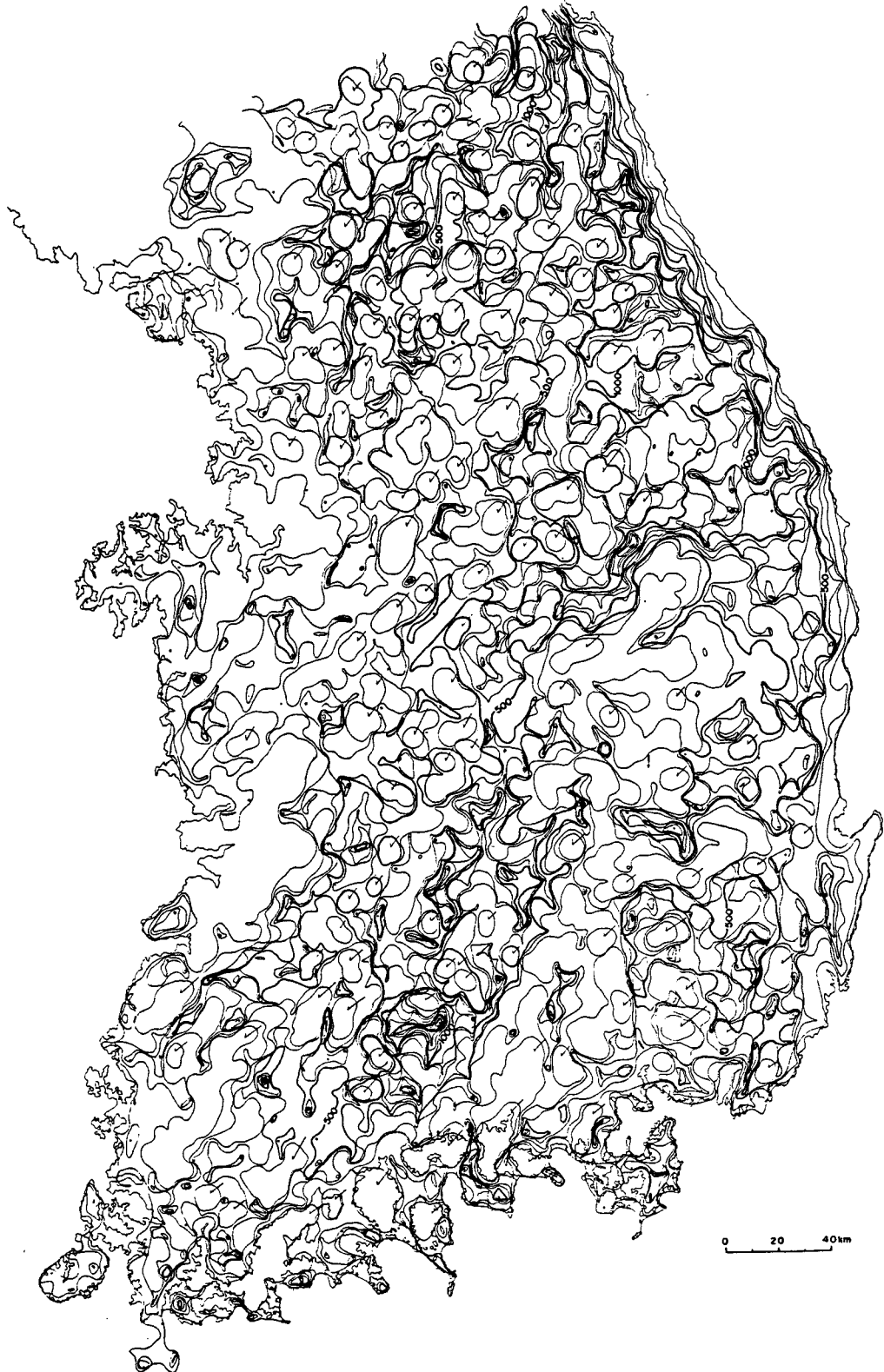


Fig. 7. Restored Map in The Study Area. (contour interval:100m, eliminated less than 7.5km valley.)

러한 傾斜變換點을 찾을수 없을만큼 점차로 변하고 있다. 韓半島 中·南部 地方의 山脈 中 太白山脈과 小白山脈은 山脈勢가 뚜렷하여 主分水嶺을 이루며, 단지 差別侵蝕의 결과로 형성된 것으로 보이는 蘆嶺·車嶺山脈과는 구분된다. 이와같은 점들을 고려하여 볼 때 小白山脈도 太白山脈과 같이 北·西 斜面이 緩傾斜하고 東·南斜面이 急傾斜하는 非對稱 地盤運動의 또 하나의 軸일 가능성이 밝혀졌다.

太白山脈의 西斜面에서 嵌入曲流하는 河川의 현재 河床高度는 주로 100~600m 高度에 分布하고 이를 切峯面圖에 투영하여 조사한 高度分布는 400~1100m 高度에 주로 분포하는 것이 밝혀졌다. 이렇게 볼 때 이들 嵌入曲流河川은 假想의 切峯面을 약 300~500m 下刻한 것이 된다. 또한 嶺西地方에서 高度 400~1100m의 假想 切峯面의 高度는 吉川虎雄의 五台山面(900~1000m), 大關嶺面(570m), 下珍富面(380m)과 金相昊(1973)의 高位面과 中位面에 해당하는 侵蝕面이다. 따라서 우리나라 嵌入曲流 河川의 출발은 현재 400~1100m 高度에 있는 侵蝕面이 과거 侵蝕基準面에 가까운 고도에 있을 때 自由曲流하던 先行河川에서 부터이며, 그 뒤 太白山脈과 小白山脈을 軸으로한 非對稱撓曲運動과 더불어 下刻하기 시작하여 현재에 이른 것으로 볼 수 있다. 그러나 현재의 嵌入曲流의 流路가 완전히 과거의 先行流路를 그대로 유지하고 있다고는 할 수 없으며 嵌入曲流를 하는 과정에서 生育曲流를 하면서 曲流의 幅을 넓히기도 하고 더러는 meander core를 切斷하기도 하면서 현재에 이른 것으로 판단된다.

우리나라의 嵌入曲流가 先行流路를 그대로 유지하지는 않지만 先行流路에서 출발하였다는 것은 嵌入曲流의 次數別 分布로서도 설명되어질 수 있다. 즉 우리나라 嵌入曲流는 本流 및 大支流에 해당되는 高次數 河川에 집중 분포하고 있으며 1/50,000地形圖를

기준으로한 3次數 이하의 低次數 河川에서는 전혀 나타나지 않는다는 점이다. 高次數 河川일수록 그 流路의 形成시기가 低次數 河川보다 오래된 것이므로 高次數 流路가 지반 융기가 시작되기 이전에 형성된 것이라는 확실한 증거는 없어도 저차수 하천에 비하여 지반융기가 시작되기 전에 있었던 先行河川일 가능성은 높다고 할 수 있다. 또한 현재 山地중에서 발생되고 있는 低次數 河川은 嵌入曲流를 하고 있는 河川이 없다는 사실은 지금과 같은 傾斜地에서는 曲流하던 先行流路를 답습하지 않고는 嵌入曲流가 이루어질 수 없다는 論理도 성립된다.

地質적으로 花崗巖 分布地域에서 嵌入曲流 流路가 적은것은 花崗巖 지역을 흘렀던 先行流路가 曲流를 하지 않았다는 관점으로 보기보다는 曲流하던 流路가 地盤隆起와 더불어 嵌入하는 과정에서 風化에 약한 花崗巖의 谷壁이 쉽게 무너지기 때문에 曲流하던 先行流路를 유지하기 어려워 점차 直流 河川으로 수정된 것으로 보는 것이 오히려 타당할 것으로 생각된다.

지금까지 검토된 결과를 종합해보면 嵌入曲流와 관련한 韓半島의 地形發達은 일반적으로 新生代 中期 이전으로 보고 있는 時期에 侵蝕基準面에 가까운 高度로 형성된 準平原面을 흐르던 自由曲流河川이 新生代 中期 이후부터 太白山脈과 小白山脈을 軸으로 하는 非對稱撓曲運動이 일어남에 따라 河川은 下刻을 시작하여 현재 약 300~400m의 깊이로 下刻하여 嵌入曲流를 形成하고 河川間에 남아 있는 原面은 高位平坦面이 된 것으로 해석할 수 있다. 그러나 이와같은 관점은 많은 가정을 기초로 한 것이므로 앞으로 더욱 검토되어야 할 것임을 부언하여 둔다.

參 考 文 獻

金相昊, 1961, 韓國 中部 地方의 地形發達 : 서

- 울대학교 論文集(理工系), 第10輯, pp. 111~123.
- _____, 1973, 中部 地方의 侵蝕面 地形 研究: 서울대학교 論文集(理工系), 第21輯, pp. 85~115.
- _____, 1977, 韓國의 山脈論: 自然保護, 第19號, pp. 1~4.
- 金又寬, 1979, 洛東盆地의 傾斜分析과 그 分布: 慶北大學校 文科大學, 文理學叢, 第4卷, pp. 95~116.
- 朴東源·吳慶燮, 1978, 臨溪地域의 自然地理: 韓國自然保存協會 調查報告書, 第13號, pp. 41~57.
- 朴鍾權, 1984, 舊河道의 成因과 形成過程에 관한 研究: 장안지리, Vol. 1, No. 1, pp. 61~75.
- 文昇斗, 1983, 韓半島 中南部에 分布하는 舊河道의 類型分類에 관한 研究: 建國大學校 大學院 碩士 論文.
- 宋彥根, 1988, 王避川 切斷曲流의 地形發達, 慶北大學校 大學院 碩士 論文.
- 徐華津, 1988, 嵌入曲流의 舊河道 形成過程에 관한 研究: 서울대학교 教育大學院 碩士 論文.
- 尹仁赫, 1988, 基盤巖의 相異에 따른 流域盆地의 地形特性: 慶北大學校 大學院 博士 論文.
- 元學喜, 1966, 韓國 中部와 南部 地方의 地形 面 對比: 慶熙大學校 大學院 碩士 論文.
- 李旼熙·張載勳, 1984, 侵蝕盆地의 形成과 河川과의 關係: 조동규교수 회갑논문집, pp. 605~620.
- 崔秉權, 1983: 平昌江의 Meandering에 관한 研究: 東國大 大學院 碩士 論文.
- UNDP Naktong River Basin Survey Team, 1968, Water Resources Planning in the Naktong River Basin Vol. III.
- 高山茂美, 1975, 河川 地形: 東京, 共立出版社.
- 河內伸夫, 1976, 中國山地의 穿入蛇行: 地理學 評論, Vol.49-1 pp. 43~53.
- _____, 1979, 小瀨川의 穿入蛇行: 彌榮山來의 自然(綜合學術 調查 研究報告)別刷. pp. 221~225.
- Gregory, K.J., 1977. River channel change: New York, John Wiley & Sons, Inc.
- Horace, R.B., 1970, Incised Meanders in Mason County, Texas: Geol. Soc. Am. Bull. Vol. 81, pp. 3135-3140.
- John, T.H. & Robert, S.Y., 1959. Intrenched Meanders of The North Fork of The Shenandoah River, Virginia: Geological Survey Professional Paper 354-A, pp. 1-10.
- Schumm, S.A. 1972, River Morphology: Pennsylvania, Dowden, Hutchinson & Ross, Inc.
- Schumm, S.A. & Shepherd, R.G., 1974, Experimental study of River Incision: Geol. Soc. Am. Bull. Vol. 85, pp. 257-268.
- Thornbury, W.D., 1985. Principles of Geomorphology; New York, John Wiley & Sons. Inc.

(Revised and Accepted: October 6, 1989)