

都市河川の河床微地形變化에 관한 研究

- 春川市 太白川을 대상으로 -

金炅南¹⁾ · 全槿雨²⁾

Study on Changing of the Channelbed Microtopography of Urban River

- On Taebaek River of Chunchon city -

Kyoung-Nam Kim¹⁾ and Kun-Woo Chun²⁾

要 約

都市河川은 人間活動에 의해 주변 환경이 민감하게 변화하므로 지속적인 관찰이 필요하다. 이 연구에서는 人間活動이 都市河川에 미치는 영향을 파악하고자 春川市 太白川을 대상으로 1993년 6월 부터 1996년 6월까지, 4개년간 5회에 걸쳐 구간별 河床의 橫斷形狀, 變動量 및 偏倚도를 분석하였다.

연구결과, 1. 橫斷形狀 變化는 조사시기 별로는 1996년 6월이 가장 크게 나타났으며, 구간별로는 측선 19~20구간에서 最大 堆積量 1,247m³, 측선 6~7구간에서 最大 洗掘量 340m³가 각각 발생하였고, 2. 1993년 6월 河床面을 기준으로 하면 1996년 6월에는 河床이 전체적으로 상승하여 약 4,660m³이 堆積되었으며, 3. 流路偏倚도는 시기별로는 1996년, 측선별로는 6,7,15,16,17,18,19,20을 중심으로 발생하였다.

ABSTRACT

Urban river needs continuous observation for the river conservation because river surrounding environment sensitivly is changed by human activity.

In order to grasp the effect of human activity against Taebaek river in Chunchon city, this research analysed the channel shape change, fluctuation volume and bias degree over five times, for June, 1993 to June, 1996.

The results were as follows : 1. The change of channel shape on each surveying time mainly occurred in June, 1996 and maximum deposition, 1,247m³ occurred on 19~20 section, maximum scouring, 340m³ occurred on 6~7 section, 2. When comparing with June, 1993, increased deposition volume of channelbed was about 4,600m³ in June,

1) 江原大學校 大學院 林學科 : Dept. of Forestry, Graduate School, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea

2) 江原大學校 山林科學大學 林學科 : Dept. of Forestry, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea

1996. 3. The bias degree of channel mainly occurred in June, 1996 of surveying times and at 6,7,15,16,17,18,19,20 line of surveying lines.

Key word: channelbed microtopography, channel shape, cross area, bias degree, urban river

I. 序 論

都市河川은 山地溪流河川에 비해 입지특성상 주민들의 생활환경과 밀접한 관계를 맺고 있어 水量的의 側面은 물론 水質的의 側面과 水邊環境(景觀)側面에서 중요한 의의를 지니고 있다(鄭基成, 1989). 특히 최근의 都市河川은 空間的(위치적) 측면의 중요성이 대두되어 일반인들에게 環境保全의 필요성을 느끼게 하는 주요 대상으로서 水質에 대한 사회문제와 함께 河床安定과 水邊景觀 개선을 위한 체계적인 연구가 요구되고 있다(鄭季淳, 1996). 河床安定과 水邊景觀에 관한 문제는 都市河川의 保全側面에서 볼 때 河川管理를 위한 기초적 과제로서 이러한 보전노력이 곧 治水的의 側面의 災害豫防 노력에 직결된다고 할 수 있다. 國內의 경우 소규모 都市河川의 河床安定化와 水邊環境保全에 대한 사회의 인식부족으로 곳곳에서 水邊環境毀損과 河川災害에 따른 문제가 제기되고 있다.

국·내외의 都市河川에 대한 연구사례로는 都市河川을 通過하는 流出量 解析에 중점을 둔 水文學的 研究가 土木分野를 중심으로 이루어지고 있으며, 최근의 都市空間의 팽창과 함께 綠地空間 確保 및 都市河川 景觀保全에 중점을 둔 河川 景觀 研究(鄭基成, 1989; 鄭季淳, 1996)가 造景分野를 중심으로 활발히 진행되고 있다. 林學分野에서의 河川에 대한 연구는 주로 災害防止 側面에서 山地急流河川을 대상으로 진행되어 왔으며(全權雨, 1988, 1989; Araya, 1986) 이와 같은 연구성과를 바탕으로 새로이 중소규모의 하천에 대해 山地急流河川에서 얻어진 河川管理技法의 적용노력이 몇몇 연구자들을 중심으로 시도되고 있다(全權雨, 1992, 1993; 中村太士, 1989, 1990)

이 연구에서 대상으로 하는 春川市 太白川은 기능적인 면에서 과거의 農用水 供給機能 보다 최근에는 生活下水 排出機能이 중요시되고 있으며, 河川管理法上 準用河川으로 하천주변부의 宅地造成 등의 土地利用構造의 변화로 말미암아 水質 및 水量面에서 극심한 변화를 겪고 있는 곳이므로 都市河川의 水邊環境變化의 관찰모델이 될 수 있는 하천이다. 특히 流域上流一帶(標高 150m ~ 250m)를 中央高速道路가 통과하여 도로개설에 따른 土砂移動이 예상되므로 1993년 6월 부터 1996년 6월까지의 定點測量 결과를 기초로 河川의 時系列的의 河床變化 특성을 파악하여 都市河川의 水邊環境 保全을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 材料 및 方法

1. 研究對象地 및 資料

연구대상지는 江原道 春川市 碩士洞에 위치한 孔之川의 2次流인 太白川으로 大龍山 서쪽斜面 일대의 山麓緩斜面과 背後急斜面을 포함하는 都市河川이다. 河川地形은 山麓緩斜面의 上端部에서는 소규모 溪流로 형성되어 있으나 下端部로 갈수록 河幅이 확대되어 평탄한 低位段丘面에 형성된 低地帶를 중심으로 河道가 발달되어 있고(崔弘奎, 1986), 河川長은 비교적 짧으며, 左·右岸에는 農耕地가 조성되어 있다. 특히 太白川은 이전부터 지속적으로 河床整備가 이루어져 河床이 안정되어 있었으나, 1992년 시작된 中央高速道路의 개설로 인해 불안정한 道路비탈면을 중심으로 여름철 강우시 土砂가 流出되고 있다(그림 1).

한편 조사지점으로부터 상류 3km의 地域은 斜面물매가 급하며, 中央高速公路는 海拔高 150m~250m구간을 통과하고 있다(그림 2). 平均 河床물매는 약 1.3%, 조사기간중(1993~1996)의 춘천지역의 最大 日降雨量은 1995년 8월 24일의 160.5mm 였으며, 地質은 河川 주변부와 河床面이 각각 혹은모화강암과 沖積層이다.

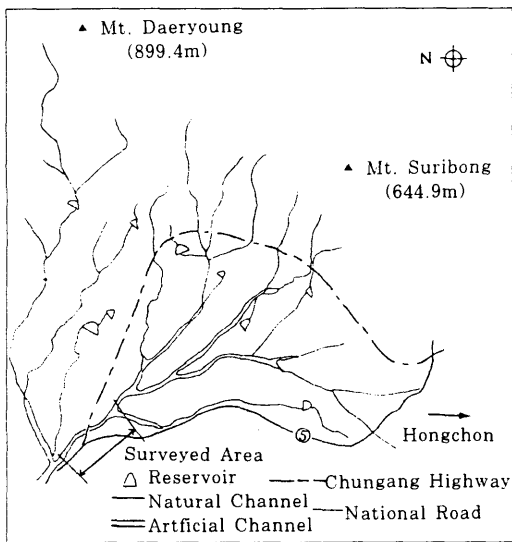


Fig. 1. The location map of Taebaek river in Chunchon, Kangwon-do.

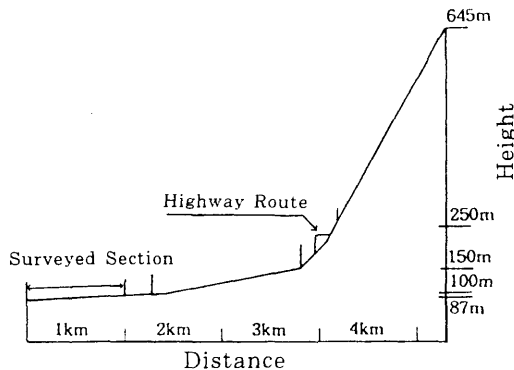


Fig. 2. The watershed relief of Taebaek river.

圖上調査는 地形圖(1/5,000 및 1/25,000)와 地質圖 및 春川市 統計年譜를 사용하였으며, 縱·橫斷測量에 의한 河床微地形 變化計測, 平面圖 및 橫斷面圖를 작성하였다.

2. 研究方法

都市河川의 河床微地形 變化特性을 파악하기 위해 1993년 6월 부터 1996년 6월까지 총 5회에 걸쳐 실시한 定點測量 결과를 기초로 河床微地形 變化의 時系列의 분석을 시도하였다. 즉 총 20개 測點을 太白橋 부근의 하천 分流點으로부터 50m를 기본간격으로 설치하고 雨期前·後를 기준으로 河川測量을 실시하였다. 현지 측량의 주요 조사항목은 流路方向, 河道의 偏倚狀態, 河幅, 河床의 平面形狀, 하천 주변부의 土地利用現況, 河道內 砂防構造物 配置狀態와 植生現況 등이다. 특히 河道의 綜合의 特性을 파악하기 위해 하천의 縱·橫斷을 조사하였으며, 현장 스케치와 현장사진을 보조자료로 활용하였다.

구체적인 분석항목으로는 각 측정별 橫斷形狀 變化에 따른 堆積高 및 洗掘深 把握, 流路變動에 기초한 偏倚度등이며, 각 구간별로는 河床의 變動量을 파악하기 위해 1993년 6월의 河床面을 기준으로 兩端面 平均法을 이용하여 구간별 河床變動量을 산출하였다(그림 3).



Fig. 3. The flow chart for river surveying and grasping channelbed fluctuation against urban river.

Ⅲ. 結果 및 考察

1. 測線 및 區間別 河床變動量

太白川은 安定河川으로 조사구간은 河床縱斷 물매가 완만하여 상류에 비해 발달된 低位段丘面을 지니고 있기 때문에 토지를 高度로 이용할 목적으로 이전부터 지속적인 河道整備가 이루어져 왔다. 그러나 표 1에서 알 수 있듯이 최근에 들어 太白川에서의 河床變化는 1993년 이후 매년 발생하고 있으며, 일부구간의 河床變動(그림 5)은 1993년 6월 조사를 기준으로 最大 堆積量 1,247m³(측선:19~20, 1996년 6월), 最大 洗掘量 446m³(측선:15~16, 1995년 6월)에 이른다.

각 측선별, 시기별 河床橫斷面積 變化는 그림 4와 같이 1993년 6월 조사를 기준으로 하여 10m² 이상이 변화한 측선중 1996년 6월에는

측선 3,5,7,19,20에서 하상이 상승하였고, 4,6 측선에서는 河床이 低下하였다. 1995년 6월에는 측선 7,12,14,20에서 河床의 上昇이, 측선 16에서는 低下가 발생하였으며, 1994에는 11측선에서 河床이 低下하였다.

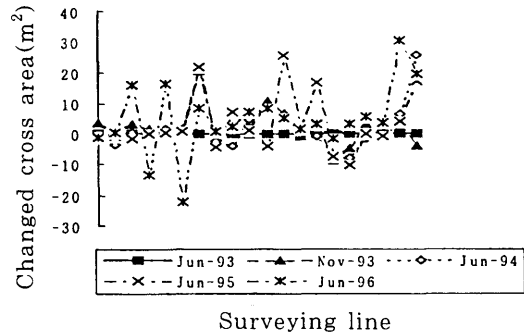


Fig. 4. The change of cross area(m²) of each surveying line in Taebaek river.

Table 1. Cross area(m²) and fluctuation amount(m³) in Taebaek river.

No	1993.6		1993.11		1994.6		1995.6		1996.6	
	Area (m ²)	Amount (m ³)	Area (m ²)	Amount (m ³)	Area (m ²)	Amount (m ³)	Area (m ²)	Amount (m ³)	Area (m ²)	Amount (m ³)
1	88.42	4,191.63	84.93	4,094.17	89.60	4,311.11	89.31	4,233.43	89.69	4,212.65
2	79.25	4,100.16	78.84	4,009.49	82.85	4,182.54	80.03	4,157.25	78.82	3,696.47
3	84.76	4,139.30	81.54	4,014.55	84.45	4,148.21	86.26	4,177.61	69.04	4,081.97
4	80.82	4,077.40	79.04	4,008.94	81.47	4,051.45	80.84	4,063.23	94.24	4,005.35
5	82.28	3,834.84	81.31	3,767.55	80.58	3,780.92	81.69	3,795.00	65.97	3,975.80
6	71.11	3,991.64	69.39	3,431.34	70.65	3,423.32	70.11	3,423.32	93.06	4,331.51
7	88.55	4,034.21	67.87	3,583.79	67.34	3,557.12	66.82	3,600.27	80.20	3,805.50
8	72.82	3,618.41	75.49	3,642.65	74.95	3,766.06	77.19	3,551.22	72.02	3,533.78
9	71.92	3,866.85	70.22	3,771.81	75.70	3,842.30	64.86	3,654.53	69.33	3,619.66
10	82.75	4,080.91	80.65	3,757.43	77.99	3,761.88	81.32	4,143.04	75.45	3,687.47
11	80.48	4,263.01	69.65	3,818.44	72.48	3,899.24	84.40	3,717.89	72.05	3,918.47
12	90.04	4,891.35	83.09	4,668.28	83.49	4,749.79	64.32	3,827.04	84.69	4,677.61
13	109.34	5,373.91	109.97	5,340.25	107.80	5,357.46	107.80	4,914.01	107.80	5,255.22
14	105.62	4,995.95	103.64	5,160.08	106.50	5,228.90	88.76	4,760.18	102.41	4,953.04
15	94.22	4,597.61	102.76	4,931.89	102.65	5,006.89	101.64	5,043.19	95.71	4,549.55
16	89.68	4,236.91	94.51	4,274.30	97.62	4,473.33	100.09	4,492.49	86.27	4,016.46
17	79.79	4,491.96	76.46	4,450.79	81.31	4,546.45	79.61	4,505.16	74.39	4,267.68
18	99.89	6,918.83	101.57	6,907.95	100.55	6,777.03	100.59	6,832.66	96.32	6,065.07
19	176.87	6,678.61	174.75	6,722.14	170.53	5,873.21	172.71	6,148.31	146.28	5,431.29
20	90.28		94.14		64.39		73.22		70.97	

또한 각 구간별, 시기별 河床微地形 變化量은 그림 5와 같이 1993년 6월을 기준으로 1996년 6월 조사에서는 측선 19~20구간에서 最大 堆積量 1,247m³, 측선 6~7구간에서 最大 洗掘量 340m³이 각각 발생하였고, 1995년 6월에는 측선 12~13구간에서 最大 堆積量 1064m³, 측선 15~16구간에서 最大 洗掘量 446m³이 각각 발생하였다. 또한 1994년 6월에는 측선 19~20구간에서 最大 堆積量 805m³, 측선 15~16구간에서 最大 洗掘量 409m³이 발생하였다.

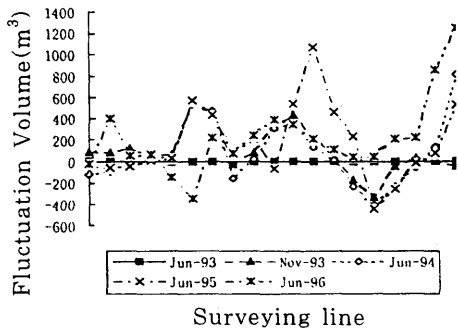


Fig. 5. Fluctuation volume(m³) of each surveying line in Taebaek river.

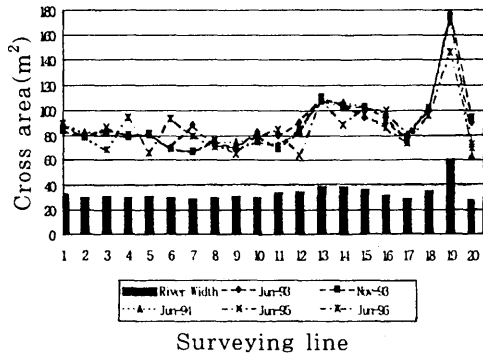


Fig. 6. The relation between the river width and the change of channel shape at each surveying line.

河幅과 河床微地形 變化의 관계는 그림 6에서 알 수 있듯이 河幅에 비례하여 橫斷形狀이 變化하고 있으며, 특히 支流와의 合流部인 19측선의 경우 1993년 6월조사의 176.87m²에서 1996년 6월에는 146.28m²로 나타나 上流 人工裸地로부

터 유출된 土砂가 1차적으로 퇴적하는 것으로 파악되었다.

이상의 결과에 의하면 1996년 6월의 河床狀態가 4개년간 5회에 걸친 조사결과 중에서 변동이 가장 크게 나타났으며, 또한 全調查區間에 걸쳐서 고속도로비탈면으로부터 土砂가 유입된 것으로 사료된다. 河道內 不安定 土砂는 防災의 側面에서 볼 때 雨期の 集中降雨時 下流地域 河床上昇 및 流路變化을 유발하고 水邊環境의 측면에서는 河床材料 流出로 인한 河床의 裸地化가 가속될 것으로 사료된다.

2. 時期別 河床變化 推移

太白川에서의 1993년 6월 조사자료를 기준으로 할 경우 각 측정시기별, 각 측선별 河床變動은 河幅과 비례하고 있으며, 調查區間에 있어서 河道內 土砂의 移動推移를 시기별로 나타내면 최초 조사시점인 1993년 6월의 河床橫斷面 形狀을 기준으로 했을 경우 그림 7과 같이 河床內 堆積土砂量은 매년 증가하여 1996년 6월에는 약 4,660m³ 가량의 土砂가 流入·堆積하고 있는 것으로 나타났다.

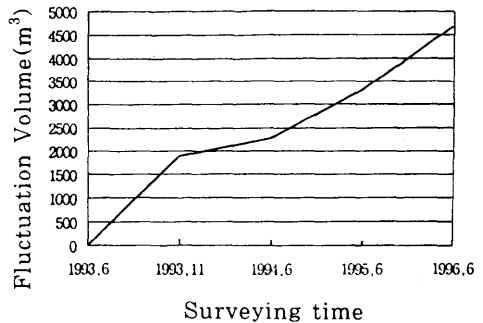


Fig. 7. The annual trend of fluctuation volume(m³) in Taebaek river.

즉 太白川의 河床變動은 上流로부터의 지속적인 土砂의 流入과 下流로의 流出이 전구간에서 발생하고 있는 것으로 사료되며, 이러한 河床變動은 流路變化에 크게 좌우되는 것으로 사료된다.

또한 5회에 걸친 河川測量 結果에서 季節的으로 는 여름철에 집중되는 것으로 사료된다. 즉 1993년 6월의 河床面을 기준으로 할 경우 1993년 11월에는 河道內 堆積土砂量이 약 $1,890\text{m}^3$, 1994년 6월에는 $2,270\text{m}^3$, 1995년 6월에는 $3,310\text{m}^3$, 및 1996년 6월은 $4,660\text{m}^3$ 으로 증가하여 上流에 형성된 人爲的인 裸地로부터 流出되는 土砂는 여름철 降雨時 집중적으로 流出되어 調査區域內에 일시적으로 滯留하는 것으로 추정된다.

3. 각 測線의 偏倚度 變化

河川微地形 중, 橫斷面 形狀은 防災的 側面에서 縱斷形狀보다 중요하게 인식되고 있으므로 각 측선별로 5회에 걸친 현지 조사자료를 기초로 하여 그림 8과 같이 橫斷面圖를 작성하였다.

太白川에서의 偏倚度는 1번 측선은 流路가 점진적으로 左岸으로, 2,3,4번 측선은 流路가 완전히 左岸으로 偏倚되었으며, 특히 3,4번 측선에서는 1996년 6월 조사에 의하면 각각 堆積과 洗掘이 가장 크게 발생한 것으로 나타났다. 한편 5번 측선에서는 左岸을 중심으로 발생한 流路가 1996년 6월에는 河床의 中心部를 중심으로 縱浸蝕이 발생하였고, 左·右岸에는 상류로부터 이동한 土砂가 堆積하고 있다. 6번 측선에서는 1993~1995년까지는 河床變動이 발생하지 않았으나 1996년 6월에는 洗掘이 발생하여 조사기간중 最低 河床高를 나타내고 있다. 측선 7에서는 河床이 점진적으로 상승하고 있으나 매년 지속적인 河床變動이 現流路를 중심으로 발생하고 있었다. 측선 8, 9에서는 1993~1995까지는 右岸에 偏倚하였으나 1996년에는 左岸으로 偏倚하였다. 측선 8, 9와 같은 급격한 河床變動은 防災的 側面에서 볼 때 不安定 土砂가 2차浸食에 의해 河床變動이 발생되기 쉬우므로 砂防構造物에 의한 河道固定이 필요하다. 측선 10은 비교적 河床變動량이 적은 測線으로 河床의 縱·橫浸蝕을 방지하기 위해 主流路의 발달을 유도할 필요가 있다. 측선 11, 13에서는 1994년 이후 流路變化가 발생하여 1996년에는 中央部에 主流路를 형성하여

左·右岸에 비교적 소규모의 河床堆積地를 형성하고 있으며, 측선 12에서는 점진적인 洗掘에 의해 中央部에 流路를 형성하고 있다. 측선 14는 1994년까지 流路가 左岸에 偏倚하였으나 시간이 경과함에 따라 上流에서 이동되어온 土砂에 의해 河床面의 상승과 함께 主流路가 변화되어 流路幅이 확대되었다. 측선 15는 1996년에는 河床面 中央部에 형성된 河床堆積地를 중심으로 流路가 발달하여 전형적인 좌우비대칭형의 河床面을 나타내고 있으며, 특히 右岸에 새로이 형성된 流路는 右岸上部에 퇴적되었던 土砂가 流送된 것으로 사료된다. 측선 16은 1993년에 비해 河床面이 소규모이지만 점진적으로 상승하고 있으며, 측선 17은 河床面의 高低差가 적었으나 1996년에는 流路變化에 의해 左岸을 중심으로 다량의 土砂가 堆積하였다. 측선 18은 右岸에 넓게 형성된 流路에 土砂가 堆積되어 流路를 左岸으로 偏倚시켰다. 측선 19는 調査測線중 河幅이 가장 넓은 측선으로 1995년에 右岸을 중심으로 다량의 土砂가 堆積됨으로서 流路가 中央部로 變化하였으며, 특히 1996년에는 河床面이 현저하게 상승하였다. 측선 20에서는 左岸에 上流로부터 移動되어온 土砂가 堆積되어 流路가 右岸으로 偏倚되었다.

都市河川은 입지여건상 하천주변부의 土地利用이 비교적 집약적으로 이루어져, 과거부터 災害防止策의 일환으로 直江工事, 河床整備作業 등이 시행되고 있다. 이와같은 水邊環境을 보호하기 위한 노력은 都市河川 河床을 安定化시키는 하나 河道內에서의 流水의 蛇行作用으로 인해 河床의 洗掘과 堆積은 항상 발생하고 있다. 流水의 蛇行에 의한 土砂移動은 水邊環境에 급격한 영향을 미치지 않으나, 하천 주변부의 대규모 土木工事は 土砂發生源으로 작용하기 때문에 적극적인 河床安定化 노력이 필요하며, 太白川의 경우 다음과 같은 현상이 발생하고 있는 것으로 조사되었다.

- 1) 상류의 14~20 측선을 중심으로 河床이 지속적으로 상승하여 하천의 기능이 충분히 발휘

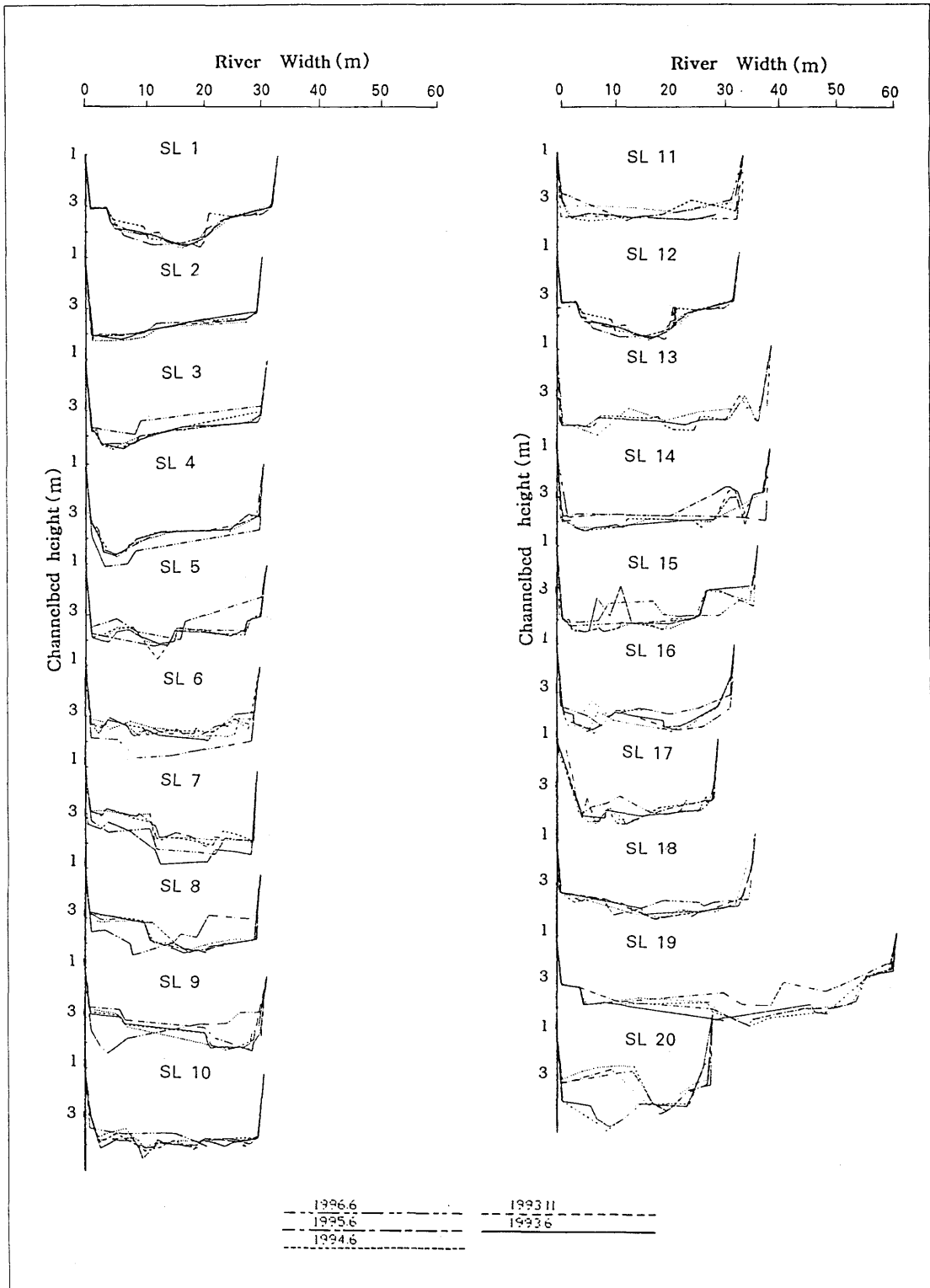


Fig. 8. The biased channel shape at each surveying line of Taebaek river.

되지 못하고 있으며,

- 2) 하류 1~11 측선을 중심으로 洗掘로 인한 流送土砂가 발생되고, 부수적 현상으로 河床의 荒廢化가 초래되고 있으며,
- 3) 이상과 같은 土砂의 堆積·洗掘作用은 流路의 斷切 및 分岐를 초래함으로 하천 주변부에서 발생된 汚·廢水가 정체되어 水質汚染을 가중시키고 있으며,
- 4) 河床의 荒廢化와 河道內 汚·廢水의 정체는 生活環境空間으로서의 水邊機能을 저하시키는 것으로 사료된다.

IV. 結 論

이 연구에서는 土木工事が 시작되기 이전에 대한 조사가 시행되지 않아 土木工事 전·후의 河床變化 실태를 파악할 수 없으나 1993년 이후의 時系列的 河川調査를 통해 上流로부터의 不安定土砂의 이동으로 인해 조사구간내에 土砂가 堆積·洗掘되고 있는 것을 알 수 있었다.

특히 하천주변부에서 土木工事が 시행될 경우 인접하고 있는 중소규모의 準用河川에는 不安定土砂의 이동에 따른 河床變動이 즉시 영향을 받으므로 水邊環境의 安定化를 위한 적극적인 노력이 필요할 것으로 사료된다.

太白川의 경우에는 조사구간(1,000m)내의 縱斷물매(1.3%)가 비교적 완만하므로 上流로부터 이동되어온 不安定土砂가 집중적으로 퇴적되고 있는 것으로 파악되며, 이러한 일시적 滯留現狀은 여름철의 집중호우에 의해 堆積土砂가 下流로 일시에 流出될 염려가 있으므로 砂防施設物의 배치가 필요하다. 특히 移動可能 土砂의 堆積促進을 위해 측선 19와 같은 擴幅部구간은 堆積促進空間으로 적극 활용하여 有害土砂에 대한 緩衝機能을 갖도록 砂防施設物을 배치하는 것이 필요하며, 또한 河道內 砂防施設物은 현재 河床變動이 중점적으로 발생하는 구간에 배치하여 河道安定을 유도하여야 한다.

引用 文 獻

1. 全權雨. 1988. 荒廢溪流의 微地形判讀と河道整備に關する砂防學的研究. 北大農演研報 45(2) : 529-586.
2. 全權雨. 1989. 荒廢溪流의 堆積形狀과 堆積空間. 森林科學研報 5 : 8-17.
3. 全權雨. 1990. 1990년 6,9월의 集中豪雨에 의한 洪川郡 北方地域의 斜面崩壞와 土砂流出, 江原大演研報 10 : 17-26.
4. 全權雨. 1992. 樹木指標에 의한 河床堆積地의 年代學的 研究. 韓國林學會誌 81(3) : 263-272.
5. 全權雨·車斗松·金旻南. 1993. 航空寫眞을 이용한 河床變動에 관한 研究. 江原大演究報13 : 35-45.
6. 全裕燦. 1983. 都市河川の 流出計數와 流出指標로서의 水位起立時의 流量 -釜山市를 中心으로-. 東亞大學校 大學院 碩士學位論文. 9-11.
7. 鄭基成. 1989. 中小都市內 河川沿邊 土地利用에 관한 研究 -都市施設을 中心으로-. 弘益大學校 大學院 碩士學位論文. 83p.
8. 鄭季淳. 1996. 都市河川の 流軸景에 대한 評價構造 分析. 慶北大學校 大學院 碩士學位論文. 34p.
9. 崔弘奎. 1986. 春川盆地의 地形學的 研究. 江原地理 4 : 73-87.
10. 東三郎·新谷融·小野寺弘道·笹賀一郎. 1979. 斜面變化および溪床變動と砂防效果に關する調査. 1978年有珠山泥流災害調査: 20-40.
11. 馬場仁志·中村太士·新谷融. 1983. 富良野川上流域における堆積域の分布特性と土石移動規模. 新砂防 36(1) : 8-16.
12. 中村太士. 1989. 野外科學におけるスケール論-時空間問題の整理. 北大 演究報 46(2) : 287-313.
13. 中村太士. 1990. 河床堆積地の時間的·空間的分布に關する考察. 日林誌 72(2): 99-108.

14. Araya, T. 1986. A Method to Investigate Basin Characteristics on Debris Movement by Using Indicators of Plants and Riverbed Topography in the Torrential Rivers of Hokkaido, Japan. *Shin-Sabo* 39(2) : 5-14.
15. Nakamura. F · Araya. T · Higashi.S. 1985. Retardation of Debris Movement in Wider of River Channel. International Symposium on Erosion, Debris Flow and Disaster Prevetion. September : 3-5.
16. Nakamura. F. 1986. Analysis of Storage and Transport Processes Based Age Distribution of Sediment. *Transactions, Japanese Geomorphological Union* 7-3 : 165-184.