

# 石狩川の治水技術の展開を 위한 技術協力 可能性에 對하여

山口 甲\*

## 1. 開拓初期의 治水技術

北海道의 開拓은, 日本의 近代化社會의 形成에 寄與하고 또 北海道의 社會經濟의 自立을 圖謀하기爲해 1869年 「北海道開拓使」를 設置하여 計劃的인 開拓을 하였다. 當時의 北海道人口는 不過 六萬名 程度이고, 産業이라고 하면 海産物의 收穫뿐이었다. 이 北海道를 希望의 大地로 하기 爲해, 內陸의 開拓을 推進하는 많은 사람들에게 定住할 수 있는 開拓政策을 檢討하는 段階에서 北海道가운데에서도 제일 溫暖하고 擴大한 石狩濕原(約210,000ha)을 開拓할 것이 開拓政策의 中心課題로 되어 濕原의 農耕地化가 開拓의 成否를 決定지을 수 있는 重要한 Project였다.

그 石狩濕原에는 植物性 土壤인 泥炭層이 約 60,000ha分布하고 있어 이 地域은 濕潤하고 軟弱地盤地帶이다. 또 氾濫原의 幅은 河道幅의 約200倍에 達하는 地域도 있어, 地形勾配도 緩慢한 平坦地여서 每年의 洪水로 氾濫하고, 또 氾濫은 長期化(10日間)하기 때문에 入殖을 拒否한다는 烈惡한 土地條件에 있었다.

따라서, 石狩濕原의 開拓은 氾濫防止와 排水를 하여야만 開拓할 수 있는 狀況下에 있었다. 이 大地를 開拓可能한 土地로 하는 것이 石狩川의 治水技術이다. 그 技術을 볼때 日本의 他 河川에서는 볼 수 없는 獨創性인 것이 있었다.

그 技術이란 ① 自然河道主義에 基礎한 河道

計劃, ② 河道外 氾濫量의 分析技術, ③ 捷水路群의 活用등을 들수 있다. 이것들은 治水技術의 時代背景과 兼하여 생각하면 日本의 他 河川에 없는 獨創的인 治水技術이었다고 말할 수 있다.

(1) 自然河道의 水理條件을 温存하는 河道設計

開拓初期의 石狩川은 人跡未踏의 濕原을 흐르고 있으므로 社會的인 土地利用上의 制約도 없고 對策工法의 選擇의 面에서 自由度가 있는 工法을 생각할 수도 있었는데도 불구하고 石狩川治水의 祖師라고 불리는 岡崎文吉 博士는 人的으로 自由奔放한 工法이지 않고 石狩川의 改修에 自然河道主義를 따른 工法을 採用하고 있다.

岡崎氏는 많은 治水對策을 比較檢討하면서 原始河川時代에 形成된 河道는 自然의 營理를 부른 形狀을 維持하는 河道를 設計하였다.

石狩川治水計劃調查報告文<sup>1)</sup>(1909)에서 岡崎文吉氏는 다음과 같이 말하고 있다.

「...自然의 狀態는 良好한 河道斷面과 灣曲을 이루워 航路의 維持上될수 있는 한 現形은 變하지않고 오히려 이것을 이용하므로서 얻는 것은 勿論할 것이 없다...」라고하여 石狩川이 平野奧地에 唯一의 交通路이었던 時代의 治水對策으로서 洪水流만을 分流하는 放水路構想을 나타냈다. 그後 內陸地의 鐵道, 道路網의 整備에 따른 人貨의 輸送手段이 水運에서 鐵道, 道路로

\* 北海學園大學工學部教授, 工學博士, 建設部門 技術士

옮겨 變換것을 받아서 岡崎氏 스스로 放水路를 捷水路工事로 變更하여 實行에 옮긴것이 自然河道主義의 思想으로 貫通되어 있다.

捷水路工事は 連續하는 것이 아니고 Tappu (迂曲河道)만을 新水路로 通한것으로서 큰 蛇行河道 그 自體는 溫存하는 것으로서 또 捷水路의 橫斷形狀은 低水路部分에는 自然河道幅을 갖고, 將來의 氾濫防止에서 생기는 流量增加에 對하여 低水路의 兩側에 中水敷地를 設置하여 洪水位의 上嵩을 最小限으로 막는다는 複複斷面形狀을 採用하였다.

이 技術은 石狩川의 自然河道主義 思想에서 탄생한 것으로서 이것이 石狩川의 河道安定에 크게 貢獻하고있어 現在에도 約 100km區間の 河道에 採用되어 있다.

## (2) 氾濫量의 分析技術

石狩川의 治水計劃은 1904年 洪水의 氾濫을 分析한 結果를 갖고 改修工事を 하여왔다.

岡崎文吉氏는 本支川에 水位, 流量觀測所를 配置함과 氾濫原의 地形測量을 하였다.

1904年 洪水는 最大 約 7億 m<sup>3</sup>의 氾濫量이 있었는데 岡崎氏는 地形圖와 氾濫水位의 Hydrograph에서 그 氾濫量의 時間變化를 分析하고 있다.

그의 氾濫量과 河道內의 流下流量을 不定流로 하여 解析하며, 將來 堤防을 完成하여 氾濫이 防禦될 때의 河道內의 流量과 水位를 計算하여 改修工事의 基本流量 및 計劃水位로 하고 있다.

이 解析은 1909年에 完成하였는데, 이때 이미 治水計劃에 不定流의 思想이 反映되어 Hydrograph 가 計劃에 쓰여짐과 同時에 治水計劃完成 後의 洪水流量을 豫見하였던 것은 當時 日本의 他 河川에는 없는 先驅的인 技術이었다고 본다.

石狩川에 있어서는 現在에도 이 技術은 恒常 살려 가면서 事業이 이루어 졌다. 治水施設이 整備된 各 段階에 있어 洪水가 多發하였는데

그때마다 氾濫量을 調査하여 氾濫이 없었던 때의 河道流量과 河川水位를 計算하여 本支川의 氾濫防止對策의 施工箇所의 優先性이나 對策의 整備段階에 應한 水位豫測 System의 檢討를 하고있다. 또 河川改修의 進展에 따라 濕地였던 氾濫原의 開拓을 하여왔는데 農耕地整備나 河川水位低下, 排水路整備에 依한 地下水位低下에 따른 地盤變動이 생기고 있다. 그로인해 石狩川 氾濫原에서는 治水事業의 一環으로서 地形測量을 하여 0.5m Contour를 갖은 縮尺 1萬分の 1의 地形圖를 常備하여 治水對策에 쓰고 있다.

現在의 河川工學의 技術水準에서 보면 當然한 技術이라고 할 수 있으나, 石狩川에서는 本世紀初頭に 그 技術을 驅使하고 繼承하였던 것은 80年에 걸친 治水事業을 展開하는 過程에 있어서 合理的인 段階施工에 크게 貢獻하여왔다.

## (3) 捷水路群의 活用

石狩川은 元來 河道變遷이 심하고, 自然河道狀態에서 每年 44ha에 미치는 河岸欠壤面積을 가져 거기에서 發生하는 欠壤土量은 石狩川의 河床을 每年 14cm 上昇시켜왔다.

이 河道를 安定시켜 河岸欠壤에 起因하는 堤防의 破損을 막음과 同時에 土砂堆積을 輕減하기 위해 捷水路工事を 많이 活用하였다.

捷水路工事は 蛇行河道形狀을 살리면서 特別히 迂曲한 河道의 「Tappu」部에 새로운 水路를 開削하는 것으로서 河道延長을 58km 短縮하였다.

捷水路의 設置目的은 ① 灣曲河道凹岸部の 河岸欠壤에 依한 河道荒廢의 防止, ② 流下能力의 增加에 따른 河川水位의 低下를 期待하여 洪水氾濫의 防止 및 濕原開拓의 可能性에 있었다.

河川은 河床이 上昇할때 橫으로 水勢가 嵩하여 河道變化가 일어나 荒廢한다. 捷水路群은 全川의으로 河床을 低下시켜 河道는 安定된다. 또, 河道斷面積의 增加와 水面勾配가 크게되어

河川水位를 내리는 效果가 있다. 石狩川의 捷水路는 河口附近에서 順次上流側에 向하여 順序있게 開削하면서 全川에 걸쳐 工事を 計劃하였기 때문에 工事中의 弊害도 없이 最大의 事業效果를 올릴수가 있어 世界的으로 보아도 成功한 事例로 들 수 있다. 이렇게 成功으로 이끌어낸 理由로는 上記에 나타낸 施工順序에 있고, 또 1節에서도 記述한 바와 같이 流路幅을 適正히 Control한것을 들수있다.

捷水路 效果의 一例로 河川水位의 低下狀況을 나타냄.<sup>2)</sup> 每年 일어나는 洪水를 年最大水位로 나타내면 그해 最大水位는 堤防完成에 依한

氾濫防止가 피하여지는 河川水位는 上昇함에도 불구하고 순조롭게 低下하고있다. 이것은 流下能力의 增加에 起因하고 있다. 日常의 河川水位를 年平均水位로 나타내 經年變化를 나타냄. 石狩川에서도 約 3.5cm程度 내려져있으나 이것은 주로 河床低下에 起因한 것으로서 이 水位低下가 石狩川 本川에 流入하는 支川 및 排水路의 水位低下를 誘發하면서 濕地를 말리고 良好한 農耕地와 都市施設의 整備를 可能케 하였다. 그 濕原의 土地利用의 變化를 比較하기 爲해 例로서 圖-1,2에 나타내고 있다.<sup>2)</sup>

石狩川土地利用圖(明治29年・1896)

凡 例	
河川	—
濕地	▨
農耕地	〃
堤防線	—
捷水路	—
	▨

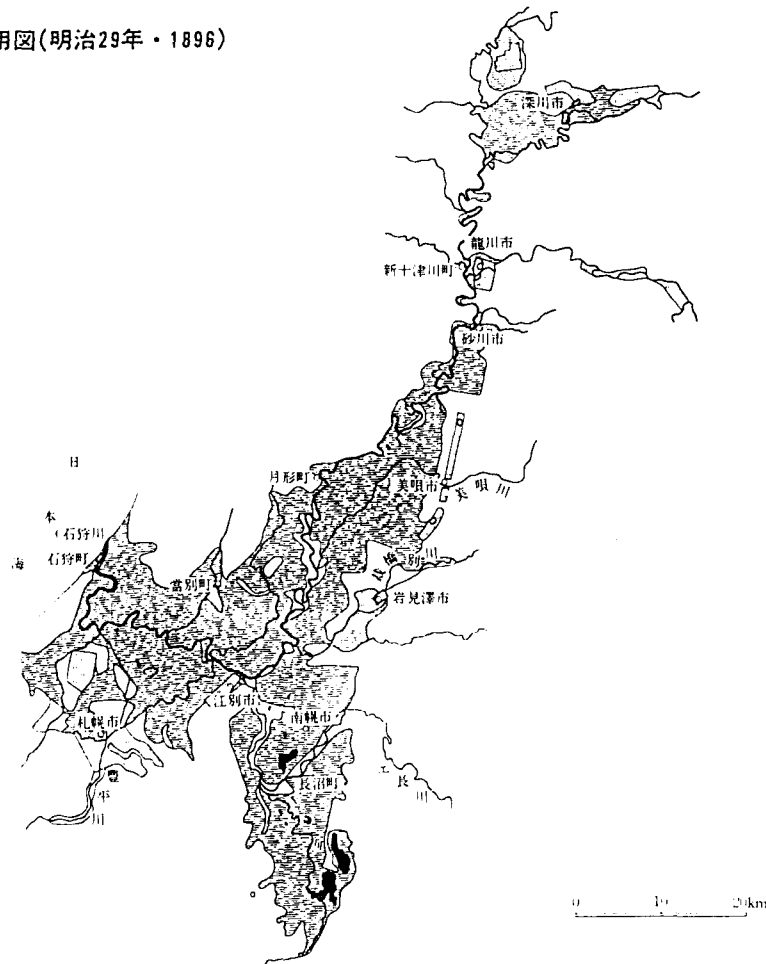








그림 1. 石狩川土地利用圖(1986年)

石狩川土地利用図(昭和60年・1985)  
河川改修図(昭和60年・1985)

凡 例	
河川	
氾 濫 地	
農 耕 地	
堤防線	
捷水路	
市界線	

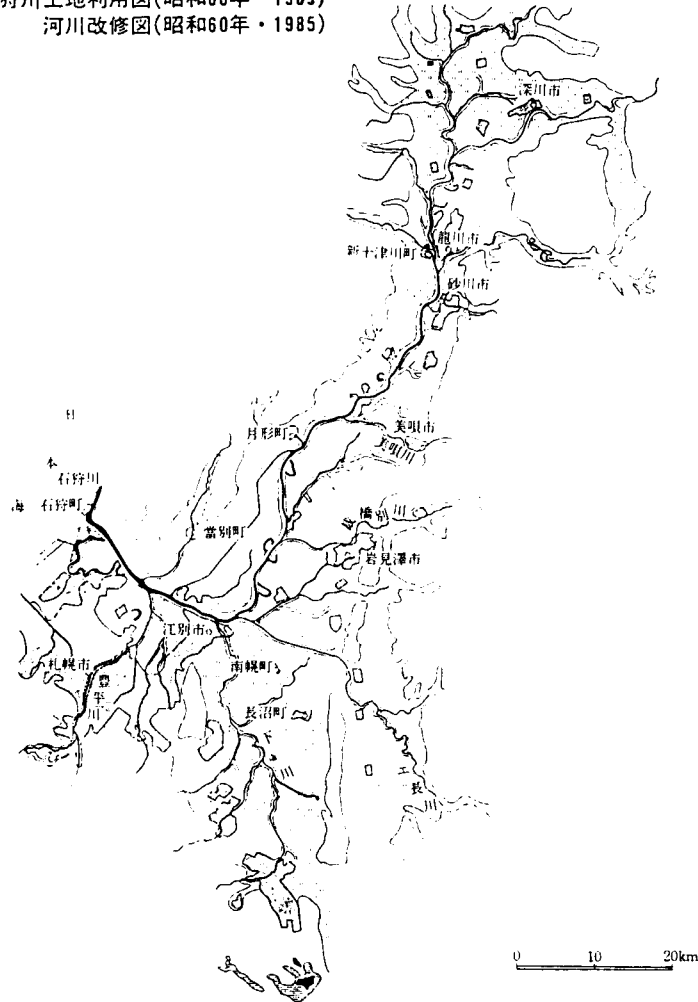


그림 2. 石狩川土地利用圖(1985年), 河川改修圖(1985년)

이것등의 捷水路工事와 連續堤防에 依해 石狩 濕原의 土地利用은 飛躍的으로 增大하여 지금은 北海道의 社會經濟文化의 中心의인 役割을 하기에 이르렀다.

## 2. 新治水技術의 擡頭

### (1) 土地利用과 洪水流의 増加

石狩平野의 開拓은 石狩川의 治水技術에 달 려있어 洪水氾濫에 對한 安全性의 向上 및 濕

地의 解消에 따른 都市 農耕地로서의 土地利 用이 進行되어 北海道의 社會經濟活動의 中心地 로서 發展하여 왔다. 이 開發의 進度는 石狩平 野에 限한 것이 아니고 더 上流域의 上川盆地 나 富良野盆地의 發展을 誘發시킨것 등, 그 效 果는 헤아릴 수 없다. 그리하여 그 土地利 用面 積은 全流域面積 14,400km<sup>2</sup>의 約28%인 4,100km<sup>2</sup> 까지 擴大되고 있다.

이 土地利用의 擴大는 石狩川 本川의 洪水流 量을 크게함과 동시에 새로운 課題를 石狩川에

걸고 있다. 이러한 現象을 石狩川 本川 및 支川의 流域에 對하여 1時間에 1mm의 降雨量(有效降雨量)이 있었을때에 河川에 到達하는 流量을 單位 (Unit Graph)로 나타내 그것을 土地利用率의 變化와의 關係로 생각한다.

圖-3은 洪水의 單位圖의 比較를 한것으로서<sup>3)</sup> 1904年 洪水에 對하여 1975年, 1981年 洪水에서는 最大流量이 크게되어, 빨리 發生하고 있는것을 알 수 있다. 이런것은 石狩川의 防災 對策에 새로운 展開를 한것이어서 말하자면 治

水對策의 次世代對策의 領域에 到達한 것을 나타내고 있다.

單位의 銳突化現象을 土地利用의 關係로 생각하면 豪雨가 河川에 흘러오는 Process는 斜面上을 流下하여 그 斜面流를 모으면서 河道를 流下하여 觀測地點에 到達하고 있다고 생각하여도 좋다. 그 斜面이 森林에서 市街地나 農耕地로 變하여, 또 河道域에서는 氾濫防止가 可能하여지면, 어느것이나 흐름은 빨라지고 또한 流量이 크게되는 現象이 일어난다. 이 現象을 河川工學에서 流速을 支配하는 粗度值가 적게되는 것을 意味한다. 거기에서 土地利用이 殆半全無이었던 1904年 洪水時의 粗度를 基準值로 하여 各各의 流域에서 發生한 큰 洪水時의 粗度を 土地利用面積率과의 關係를 나타낸것이 圖-4이다.<sup>3)</sup>

面的으로 넓은 土地利用의 展開는 斜面의 相當粗度を 적게, 現在에는 1904年 洪水時의 약 50%程度로 되어 各流域과 같은 値를 나타내고 있다.

河道粗度は 氾濫原의 크기에따라 틀린 値를 나타내고 있다. 氾濫原이 比較的으로 적은 流域에서는 河道 및 排水路等의 整備에 起因한다고 생각되는 度粗의 減少傾向을 볼 수 있다. 그 値는 從前의 약70%의 値를 나타내고 있다. 한편, 氾濫原이 큰 流域에서는 洪水氾濫防止의 恩惠를 遊水機能이 減少하는 것을 意味하고있어 從前의 약50%까지 減少하고있고, 總體적으로 보아서 氾濫防止는 河道粗度值에 있어 從前의 약20%에 相當하는 値의 減少로서 나타내고 있다.

이것등의 流域全體의 地域利用과 治水對策과의 關聯性에 對하여 流域管理라고 하는 概念에 서서 今後 한층의 技術開發을 하여야할 重要한 治水技術인것을 Model로 解析을 통하여 強調하고싶다.

## (2) 洪水分散計劃

前節에서 土地利用의 進展과 單位의 銳突化 現象만을 나타냈는데 그것외에도 큰 洪水流가

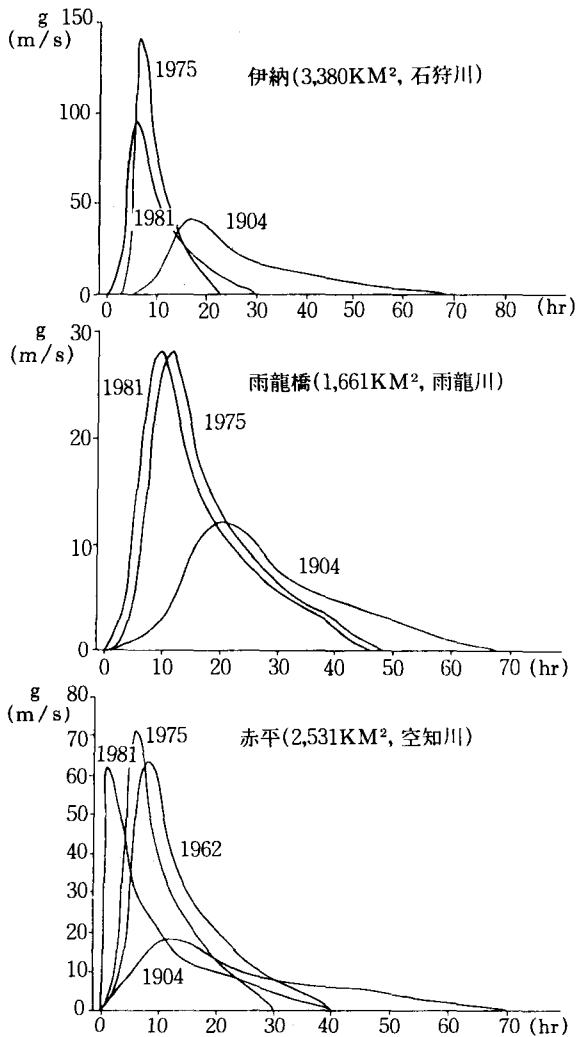


그림 3. Unit Graph의 變化

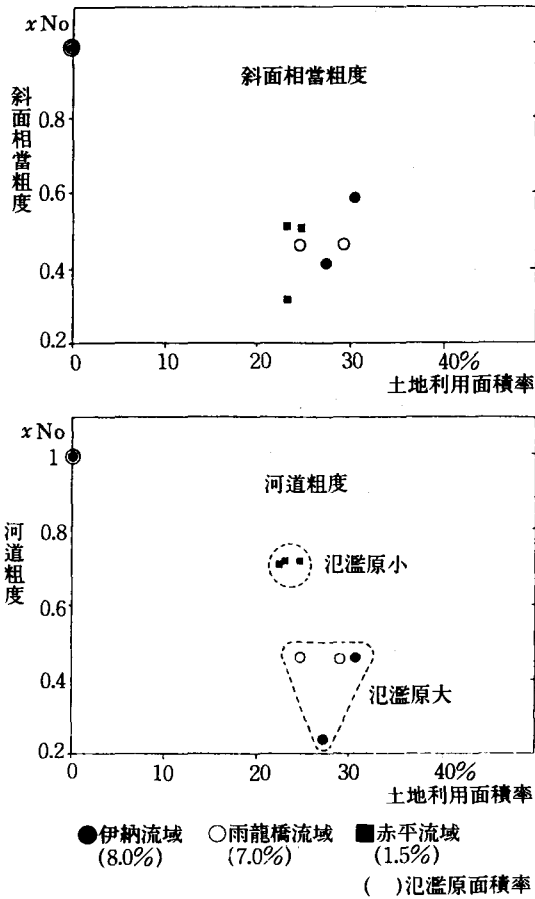


그림 4. 石狩川流域의 粗度 · 土地利用面積率의 關係

發生하는 原因을 볼 수 있다. 그것은 土地利用이 高度化하는 것으로서 降雨滲透量이 減少하여 有效雨量이 增加하는 傾向을 볼 수 있다. 또 開拓의 歷史를 더하는 가운데 既往最大를 넘는 豪雨量의 발생이 있다. 1981年 洪水時의 總雨量은 觀測記錄을 上廻하는 史上最大豪雨로 된 例이다. 이것등의 降雨現象이나 流出現象의 變化를 綜合的으로 網羅하여 洪水流出을 解명한 谷清氏<sup>9)</sup>는 石狩川의 次世代의 治水對策으로서 「洪水分散」을 提唱하였다. (1990年) 이 治水思想은 洪水流의 增加現象에 對處하여 適性한 河道斷面을 保持하기 爲해 限度를 넘는 洪水流를 流域全體로 抑制하는것으로서 河道에 關하여

治水對策 初期에 貫徹한 自然河道主義가 살아나고있다. 洪水分散을 具體的으로 나타내면 다음과 같은 主要사항으로 올릴 수가 있다.

- 1) 水源池 河川에서는 流出을 抑制하여 洪水流를 分散시켜 또한 水資源의 貯水機能을 擴充한다.
- 2) 中流部에서는 旧河道인 Oxbow를 活用하여 遊水機能을 回復시켜 流量增加를 抑制한다.
- 3) 下流部에서 石狩川의 背水를 받은 低地河川에서는 放水路를 設置하여 石狩川의 影響을 分離하여 低地河川對策의 向上을 圖護함과 같이 石狩川에서의 洪水流의 集中을 抑制한다.

이 洪水分散思想을 具現化하려면 流域全體를 網羅하는 洪水流出現象 解明, DAM: 遊水池, 放水路 등의 洪水分散機能의 解明, 河川環境保全對策等 새로운 技術의 開發이 期待되고 있다. 洪水流出問題는 土地利用의 高度化에 따라 流出解明에 있다. 石狩川 流域에서는 現在 全流域의 30%에 該當하는 面積이 農耕地나 都市域으로서 活用되어 雨水排水機能이 擴充되고있다. 이 土地利用의 利用形態는 점점 高度로 되기때문에 그에 따라 生기는 새로운 洪水流出에 對한 研究,防災計劃에의 反映이 今後의 課題이다.

DAM의 建設은 流域全體의 土砂輸送量의 變化를 하여온 下流河川에서는 貴한 土砂資源의 減少, 河床低下, 海域의 養淸機能의 變化등에 念慮된다. 따라서 流域全體의 土砂生産의 Mechanism의 解明, DAM貯水池에서의 土砂調節機能의 解明에 對하여 研究가 되고있다.

특히 21世紀의 國土形成은 豊饒함을 實感케 하는 地域만들기가 점점 重要하게 되고있다. 河川域에 있어서도 河川의 自然性, 親水機能의 保全, 回復이 重要視되고 있어 多自然型 河川만들기를 하는것등 河川環境管理 方針에 새로운 技術을 開發하여 그 實現에 向하여 많은 연구개발이 시작되고 있다.<參考文獻 생략>