

<技術報文>

河川の維持用水量算定方法에 關한 研究

李 性 宰*

1. 序 言

1.1 研究의 背景

漢江, 洛東江, 錦江, 榮山江, 蟾津江은 規模로 보나 地域開發의 現況이나 條件으로 보아 우리나라의 核心의 水資源의 寶庫이다. 上記 5大江의 流域面積은 67, 913 km² 로서 全國土의 68%에 達하고 있는데 이 5大江 流域의 入口는 33, 916千名으로 우리나라 全體의 81%를 占有하고 있다. 이와 같은 統計資料만으로도 알 수 있는 바와 같이 5大江 流域은 우리의 生活터전으로 開發되어 왔고 앞으로도 開發되어야 하는 重要한 地域임을 再言할 必要가 없다.

流域의 開發에서 先行되어야 하는 것은 水資源開發이다. 우리나라는 1960年代初 國土建設計劃이 처음 樹立된 第1次 經濟開發計劃期間中 經濟指標로서 食糧의 自給自足, 産業構造의 近代化 및 工業의 高度化에 依한 輸出振興과 輸入代替産業의 育成等に 重點을 두었다. 이와 같은 目標을 達成하는데 있어서 물은 必須의인 基本資源으로서 그 需要가 急激히 增加하게 되었다. 增大되는 用水需要를 充足시키기 爲하여 政府는 1965年에 4大江 流域의 10年計劃을 樹立하게 되어 어느 程度 水資源의 量的確保의 기틀을 마련하기에 이르렀다. 그중안의 食糧増産計劃과 工業의 高度化計劃의 強力한 推進結果는 높이 評價되고 있지만 아직껏 各種 用水의 需要量은 供給量을 上廻하고 있는 實情이어서 水資源의 開發, 特히 河川의 水資源開發은 큰 關心事가 되고 있다.

水資源의 開發은 水量의 量的인 確保와 良好한 水質을 確保하는데 目標을 두어야 한다. 量的인 確保를 이룩할 수 있다 할지라도 良好한 水質을 確保하지 않으면 水資源開發의 目標達成은 이룩될 수 없다.

우리나라의 諸河川은 感潮河川으로서 潮水가 相當區間 上流로 逆流하게 되는데 이때에 鹽害를 同伴하게 된다. 即 上流로부터 流出되는 降水가 下流로 흐르지 않게 되면 逆流하는 潮水에 依한 鹽水가 增加하게 되어 鹽害를 입게 되어 우리나라에서는 鹽害防止에 必要한

最小限의 流量을 算出하여 河川維持用水로 決定 使用하여 왔다.

그러나 現在 本 5大江 流域은 産業의 中樞的 地域으로 發展되고 있기 때문에 都市의 肥大化, 産業構造의 大形化 및 土地利用의 擴大現象이 保進되고 있고, 이에 따라 用水의 不足現象과 汚染物質의 排出量이 急激히 增加되고 있다. 用水의 下足現象과 汚染物質의 排出量 增加는 河川의 流量을 減少시키고 河川에 流入되는 汚染負荷量을 增大시키는 結果를 招來하게 되기 때문에 5大江의 河川水質은 加速으로 惡化되고 있다.

都市와 그 隣近의 産業施設이 開發擴張됨에 따라 農村으로부터 移住하여오는 人口가 늘어나게 되었고, 이와 같은 移住人口의 增加는 더욱 많은 産業施設을 誘發하게 되었다. 産業體에서는 廢水放流의 費用을 切減시키는데 容易한 河川周邊에 産業施設을 設立하는 경우가 많게 되었고 高密度人口의 都市에서는 適切한 處理가 되지않은 下水를 河川으로 放流하여 왔다. 그러므로 大都市 또는 工業地帶인 高密度人口 地域의 周邊河川은 크게 汚染되어 있는 實情이다.

本 研究는 5大江 流域의 水質汚染程度와 特性을 把握하여 全水系에 對해서 設定된 水質基準을 維持시키고 水質惡化를 稀釋시키는 用水를 算定하는 것이다. 流域面積과 土地利用, 人口와 産業의 立地, 汚染物 處理等の 計劃과 檢討가 必要하며 河川의 流況과 汚染狀態를 把握하고 汚染負荷量을 算出하여 計劃目標年度의 狀況과 水質汚染을 豫測하고 이 豫測値와 河川의 水質目標을 檢討分析하여 水質目標을 維持할 수 있는 手段을 講究토록 하는 것이다.

1.2 研究의 目的과 範圍

1) 研究의 目的

過去 20年間 韓國經濟는 急激히 成長하였다. 이러한 成長은 水質의 惡化, 特히 大都市와 工業地區의 環境破壞를 隨伴하였다. 이들 地域에서 多量의 廢棄物이 河川 및 沿岸地域으로 排出되었다.

環境은 이러한 廢棄物을 淨化하는데에 限定된 能力을 가지고 있으며 各 流域內에 排出된 廢棄物의 量은

* 本 學會 總務理事 建設部 河川計劃課長

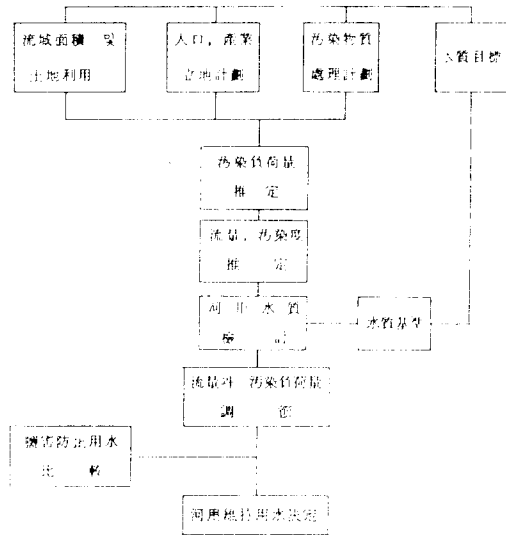


圖 1.1 流域의 河川維持用水 算定과 調査範圍

이 能力(自淨能力)을 超過하여 深刻한 汚染問題를 招來하였다. 本 5大江 流域은 우리나라의 主要産業을 包含하는 重要한 地域으로서 더 以上の 汚染으로부터 保護할 必要가 있다. 既存 河川維持用水는 鹽害防止用水만 反映하였으므로 都市化·工業化로 因한 河川水質問題가 深刻하므로 水質稀釋用水를 檢討反映하여 河川環境을 改善하는 데 있다.

2) 研究의 範圍

對象流域: 漢江, 洛東江, 錦江, 榮山江, 蟾津江

· 研究內容

- 既存資料의 蒐集分析 및 整理
- 人文事項 및 用水調査
- 都市人口, 産業別, 點源 및 非點源 汚染量 調査
- 下水處理施設現況 및 將來計劃調査

5大江流域의 研究範圍를 圖式化하면 圖 1-1과 같이 나타낼 수 있다.

2. 水質對策

2.1 水質調査

水質汚染이란 一般의으로 自然水에 廢棄物이 添加되는 것으로서 다음과 같이 分類된다.

- 1) 生物學的分解(L): 工業廢棄物 및 染水와 같은 有機性 酸素要求物質
- 2) 細菌(B): 傳染菌=Bacteria, Viruses, Parasites

等

- 3) 富營養化의 凝縮(E): 植物性營養物質, 窒素(N), 磷(P)
- 4) 殘留有害物(C): 持續性化學物質; 鹽水, 毒性金屬이온, 放射性物質 등과 같이 간단한 處理方法이나 河川의 自淨 作用으로 處理가 不可能한 것.
- 5) 熱(T): 冷却水排出量으로 放出되는 熱
- 6) 沈澱物(S): Sludge로 凝縮되는 廢棄性 浮遊物質 이러한 水質汚染物質의 分類는 通常의으로 生物學的의 分解程度로 分類된다.

또한 이들 水質汚染物質들은 물속의 酸素로 生物學的의 酸素가 이루어 지거나 生物學的의 進行을 促進시키는 處理方法에 의하여 酸化된다.

本 研究에서는 河川水質管理를 目的으로 1981年, 1982年, 1983年에 걸쳐 環境廳 主管으로 各 流域에 對한 基礎調査事業을 年次的으로 施行하여 얻어진 資料를 綜合하고 體系의으로 分析 整理하여 河川維持用水 設定 方向에 有效하게 使用하였다.

2.2 河川水質 管理方案

河川本流의 主要區間에서 導出된 水質과 推定된 河川流出負荷量을 가지고 河川의 水質變化를 區間別로 河川의 水質基準를 維持시킬 수 있는 方法을 講究토록 하여야 한다.

本 研究에서는 5大江 本流에 沿한 主要地點에서 流下되는 流量과 汚染負荷量을 削減 또는 調節하여 各流域의 水質을 推定하고 推定된 水質과 河川水質基準를 檢討하여 上流部에서 調節되어야 할 流量을 設定하는 것이다. 이와 같은 河川水質의 基準를 維持시킬 수 있는 河川의 維持用水의 規模와 汚染負荷量을 削減하는 下水處理施設의 規模의 決定 等은 河川의 水資源 管理方向에 基本的으로 必要한 것이다.

따라서 우리나라의 下水處理施設은 아직 滿足할 만한 水準에 못미치는 實情이나 2001년까지 都市 및 工業都市의 下水處理場을 整備하고 新設하여 下水處理率을 '86現在 25%에서 65%로 提高함을 目標로 推進中에 있으며, 또한 現在 兪用水供給量 59億 m³ 規模의 既存 塘과 27個塘을 年次的으로 建設하여 河川維持用水의

表 2.1 水質環境基準(河川 및 湖沼)

區分	I	II	III	IV	V
BOD (mg/l)	1 以下	3 以下	6 以下	8 以下	10 以下
DO (mg/l)	7.5 以上	5 以上	5 以上	2 以上	2 以上

充分한 確保를 통하여 良好한 河川水質 稀釋用水 確保에 奇與코자 한다.

아래 表는 우리나라 河川 및 湖沼의 水質環境基準을 나타낸 것이다,

3. 基本理論

3.1 基本理論

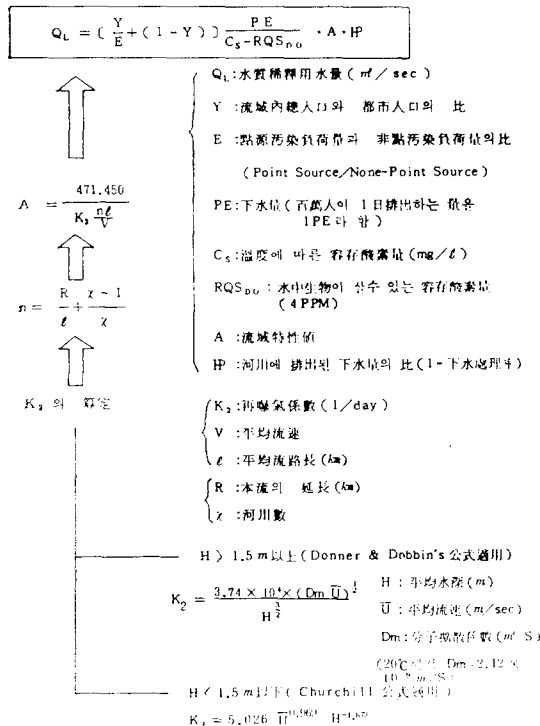
美國 水資源開發計劃을 爲하여 22個 河川流域에 對하여 1959年 美國 水資源委員會에 依하여 水質稀釋用水를 算定코져 開發된 河川水質模型으로서 生物學的 分解, 營養化 및 熱의 3個의 河川應答方程式(stream response equation)이 있다.

持續性이 있는 化學物質, 沈澱物, Bacteria 는 抑制되거나 最小化되도록 해야 된다.

各 處理程度(TLi)에 따른 低流量增加 Qi(low flow augmentation)는 Q_L, Q_N, Q_P, Q_T 로 될 것이며, 이것이 對象流의 最終流量(百萬 m³/day : terminal basin flow)으로 된다.

TLi에서 i는 BOD, N, P 等の 特定基準值(specific criteria)에 關聯된 것이다.

Biodegradable Model (L)



本 研究에서는 河川維持用水의 算定 Model로써 Biodegradable Model (L)을 適用하여 우리나라 特性에 맞도록 水質稀釋用水를 設定코져 한다.

Biodegradable Model의 開發에 있어서 廢水消去容量은 各 河川에 있어서 最大廢水量에 根據를 두고 있다. 그 Model은 基準值에 適合하도록 하기 爲한 여러 가지의 繼續的인 作用에 依하여 연어지며 河川에 따른 流域의 負荷量은 Population Equivalent의 排出期間中の 總負荷量과 各 處理後에 測定된 負荷量과의 係數로 表示된다.

K₂ (reoxxygenation coefficient)의 값은 最惡의 溫度條件에 適用된 最適評價值이다.

$Q_L \times \frac{n}{3} \times \frac{L}{V}$ 은 Reoxxygenation 過程에서 使用된 물의 量으로 나타나는 바, 이 量은 피라미트形으로써 最上部 項點은 支流 및 本流의 發源地 - 河川平均延長에 該當하는 높이를 가진 - 를 나타낸다.

이 式의 基本은 Terminal Flow (Q_L: 百萬m³/日)을 速度(V; m/日)로 나타나는 것이다.

Reoxxygenation Volums의 數나 또는 各 支流의 Aeration 容量 n은 上記式과 같이 計算되며 ℓ을 計算하기 爲해 使用된 各個 支流의 數는 x로 나타나며, 計算에 依해 決定된 x의 값은 n의 最終值를 確立하는데 判斷資料로써 使用되어야 한다.

最大酸素不足量은 適正溫度에서 最大 DO 吸水程度와 標準值에서 要求되는 最小 DO 水準에 따라 左右된다. 이는 各 支流에서 決定되는 變數가 아닌 常數(一定數)로써 한개의 값(A)로 된다.

實際적으로 實際 BOD 量이 河川의 最大吸水能力值를 얻기에 必要한 만큼 江을 따라 完璧히 擴散되는 것은 不可能하므로 Model이 負荷量의 不均等으로도 說明될 수 있도록 擴張되어야 한다.

生物學的 分解 汚染量은 한 地域의 人口와 直接的으로 關聯되기 때문에 人口의 都市集中은 流域에 있어 河川負荷量의 不均等性을 보여주게 되는 것이다.

이때 Model은 2個 Part로 이루어지며, 卽

- ① Y - 人口中心點으로 부터의 負荷量 (各流域에 居住하는 全體人口의 比로 나타내지는 點負荷: Point Loads)
- ② 流域全般에 걸쳐: 一定分配된다고 假定했을 때의 ①以外的 部分 等이다.

點負荷(Point Loads)가 河川上에서 表現될 때 全體負荷(Total-Loads)는 RQS 값 以下로 DO (Dissolved Oxygen)의 低下를 막기 爲해 減少되어야만 한다. 이는 河川에 있어 全體吸水能力이 減少되어 진다는 것이다. 連續負荷能力에 對한 點負荷量의 比(ε)는 河川

이 附加된 負荷量으로부터 回復하는데 必要한 時間에 따라 左右된다.

3.2 基本資料一覽

本 Biodegradable Model 은 여러 가지 下水處理水準別 容存酸素條件下에 RQS 를 維持하는데 必要한 稀釋用水의 量을 決定하는 것으로서 本 研究에 適用된 모든 資料는 環境廳에서 '81~'83 調査한 實測水質資料와 將來 下水處理計劃에 當部에서 그동안 調査된 모든 資料를 考慮하여 計算하였다.

다음 表들은 本 研究에 使用한 資料들이다.

表 3.1 Biodegradable Model 의 河川特性(1)

流域別	Y	ϵ	備 考
漢 江	0.76	0.99	Y : 各流域內에 居住하는 總人口中 都市에 居住하는 人口의 比
洛 東 江	0.58	0.99	
錦 江	0.42	0.99	ϵ : 特定值의 負荷 全平均 負荷
榮 山 江	0.56	0.97	
蟾 津 江	0.19	0.99	

表 3.2 Biodegradable Model PE 推計值

流域別	'86	'91	2001	備 考
漢 江	13,829	14,987	16,839	生活用水와 工業用水만 適用
洛 東 江	12,814	14,568	18,590	
錦 江	3,849	5,284	7,896	
榮 山 江	1,996	2,743	4,198	
蟾 津 江	1,736	2,524	4,233	

表 3.3 Biodegradable Model CS 推計值

流域別	平均水溫(°C)	DO(mg/ℓ)	備 考
漢 江	19	9.0	
洛 東 江	23	8.4	
錦 江	22	8.5	
榮 山 江	24	8.3	
蟾 津 江	23	8.4	

表 3.4 再曝氣係數(K_2)의 값

流域別	平均流量(m ³ /sec)	平均水深(m)	平均流速(m/sec)	K_2 (20°C)
漢 江	634	2.0	0.3	0.33
洛 東 江	384	2.0	0.4	0.39
錦 江	169	2.0	0.5	0.43
榮 山 江	53	1.5	0.4	0.59
蟾 津 江	98	1.7	0.7	0.65

表 3.5 流域別 流路特性

流域別	流路延長(km)	主流延長(km)	河川數(x)	平均(km)	流域面積(km ²)
漢 江	1,219	405	13	94	26,219
洛 東 江	1,022	420	12	85	23,860
錦 江	736	358	12	61	9,886
榮 山 江	220	95	5	44	2,798
蟾 津 江	238	148	3	79	4,897

4. 比較考察

河川의 水質을 保全하고 管理하기 위해서는 河川의 自淨能力을 올바르게 把握하여 河川에서의 水質이 許容基準值을 招過하지 않도록 하여야 한다.

河川의 自淨作用은 河川의 흐름狀態, 流下時間, 水溫, 再曝氣 等の 여러 가지 因子와 깊은 關係가 있으며 河川의 水質管理를 위한 B I O模型 設定은 核心的인 事項이다.

河川水質評價에 있어서 매우 重要한 指標인 DO는 여러 가지 發生源과 消滅源을 가지고 있으며, 이러한 여러 因子들은 河川에서의 DO의 變動과 河川의 DO에 影響을 미치는 要因들의 分析과 解析을 위한 B I D模型化에 있어서 核心的인 媒介變數가 되는 것이다.

DO의 發生源은 再曝氣와 水中植物, 特別 藻類의 光合成等을 들 수 있으며, 消滅源으로서는 炭素化合物의 生化學的 酸素要求量, 卽 CBOD와 NBOD, 藻類의 呼吸河床의 有機堆積物의 分解로 인한 脫酸素, 그리고 水中의 還元物質의 酸化等이다.

河川의 B I O模型은 이러한 因子들을 數式化하여 Mass Balance 理論을 適用함으로써 河川의 DO의 總적인 分布의 豫測을 可能하게 한다.

이와 같은 河川의 B I O模型은 결국 어떠한 因子들을 選擇하는 가에 따라서 變化하게 되는 것이다.

우리나라에서는 各 河川의 基準水位維持와 臨水侵入防止用水를 위하여 河川維持用水로서 漢江에서 35.5 CMS, 洛東江에서 40 CMS, 蟾津江에서 4.7 CMS의 河川維持用水를 設定하였다. 本 研究에서는 用水供給에 따른 再回收可能물의 量을 計上하여 表 4.1에 提示된 바와 같이 多少 높게 나타났다.

우리나라의 河川은 流路延長이 比較的 짧고 河川水路의 傾斜가 急한 편이기 때문에 上流로부터 河口까지의 流達時間이 짧은 편이다.

그러므로 洪水時의 非點源 汚染負荷로 惹起되는 河川 流路內에서의 水質汚染現象의 持續은 短期的으로

表 4.1 河川維持用水 比較量(目標年度:2001年)
單位:CMS

流域別	'86		'91		2001	
	當初	今回	當初	今回	當初	今回
漢江	35.5	166	35.5	136	35.5	150
洛東江	40.0	96	40.0	77	40.0	80
錦江	17.3	28	17.3	38	17.3	40
榮山江	2.1	33	2.1	25	2.1	30
蟾津江	4.7	8	4.7	5	4.7	5

생각할 수 있기 때문에 河川의 水質狀態가 惡化되어도 크게 憂慮할 處지는 아닌 것으로 본다. 따라서 우리나라 河川의 條件으로 생각할 때 渴水時의 河川水質에 重點을 두어 水質管理를 하는 것이 바람직한 것으로 判斷되기 때문에 河川維持用水를 平水量까지 考慮하여 一定量만큼 河川流量을 增加시켜 水質汚染에 對한 稀釋用水를 決定한 것이다.

5. 結 論

河川維持用水 調節量은 該當 河川區間의 始發點上流에서 이루어지는 全般的인 調節量을 意味하는 것이 아니라 댐의 水門操作이나 유수지의 調節 等 여러 가지 方法으로 試圖될 수 있다.

流量의 調節, 特히 渴水期의 流量調節은 河川의 用水條件에 따라 制約을 받기 때문에 複雜한 樣相을 內包하고 있다. 河川水質을 向上시키기 爲하여 流量을 增加시키는 경우에 用水供給에 큰 問題點이 發生할 수 있는 것은 하나의 重要的 例이다. 이와 같이 流量의

調節에 問題가 發生하는 경우에는 河川汚染負荷量을 減少시키는 方向으로 負荷量을 調節하여야 한다. 本研究은 都市下水 또는 工場廢水의 處理方法을 選擇하여 處理量을 提示하려는 것이 아니라 주어진 河川流量條件에서 水質基準을 維持시킬 수 있는 河川의 水質稀釋用水를 提示한 것이다.

本 研究에서 該當年度의 推定된 河川維持用水量에 對하여 다음과 같은 結論을 提示한다.

表 5.1 5大江流域 河川維持用水量(CMS)

流域別	'86	'91	2001
漢江	125	135	150
洛東江	96	80	80
錦江	30	40	40
榮山江	20	25	30
蟾津江	5	5	5

※ 維持用水 調達基準 原則

BIO 模型에 依하여 算定된 維持用水를 다음 基準에 依據 調整 適用한다.

가. 1981年度는 流域內 下水處理率의 低調와 用水供給 源 不足으로 因하여 BIO 模型에 依한 維持用水計算 值에 20~40%를 水系別로 適用한다.(但, 蟾津江 流域은 計算值 適用)

나. 1986年度는 水系別 多目的댐 開發로 因한 用水源 確保 等を 考慮하여 調整한다.

다. 1991, 2001年度는 流域內 下水處理率의 促進과 多 目的댐 開發 等으로 因한 用水源 確保로 BIO 模型에 依한 計算值 全量을 反映하여 河川水質 環境改善을 圖謀한다.