

QUAL-II E 모델에 의한 萬頃江의 水質豫測

沈載環* · 崔文述**

Numerical Simulations of Water Quality in ManKyong River

Jae-Hwan Shim*, Moon-Sul Choi**

Abstract

The QUAL-II E Model was applied to predict the water quality of the Mankyong drainage System, and lead to following conclusion.

1. The difference between computed and measured BOD at the M-3 (Bakgeong) station was within 10%, indicating that the application of the QUAL-II E Model for the prediction of water quality was satisfactory thus far.
2. The application of the model states that the discharge of concentrated pollutants at the M-1 station on the Jeonju stream, located 41Km upstream from the estuary, causes the worst problems. The sluice which extends residence time and enlarges watery surface improves water quality by a Self-purification process at the M-3 station, 28km upstream from the estuary.
3. The accuracy of the model diminished when this model was applied on the estuary downstream of the sluice. Hence, the application of the model on the estuary needs to be used with caution.
4. Among the computed water quality parameters, BOD is the worst problem. At the M-3 station, BOD is computed to be 26.6 mg/l in 1996, 30.7 mg/l in 2,001, 33.0 mg/l in 2006, and 37.5 mg/l in 2011. When preventive measures against water pollution are not properly exercised, severe problems in irrigation and water resources are expected.

This study will be of used in the selection of irrigation water intake points, the criteria of effluent treatment, the management of water resources, and the establishment of water quality management policy.

* 農漁村振興公社 農漁村研究院 環境研究室

Environmental Research Laboratory, Rural Research Institute, Rural Development Corporation, Anyang, Korea

** 群山大學校 海洋開發學科

Department of Marine Development, Kumsan National University, Kumsan, Korea

I. 緒 論

急進的인 産業發達은 人口增加, 生活水準 向上, 都市集中 現象을 惹起하여 用水需要를 急増시켜 水資源의 絶對量이 不足한 實情에 이르고 있다. 또한 都市下水, 工場廢水, 畜産排水 等은 公共水域의 汚染은 물론 生態系를 파괴시키고 있다. 河川의 水質管理는 流入되는 汚染源을 正確하게 把握하여 統制하고 이들 汚染物質이 水域内에서 物理, 化學, 生物學的 變化를 일으키는 것을 糾明함으로써 可能할 것이다.

本 研究는 萬頃江의 現在水質을 把握하고 汚染物質 負荷量을 基礎資料로 하여 QUAL-IIIE Model에 依하여 將來水質을 豫測하였다. 豫測結果는 萬頃江 水域의 長期的인 用水計劃樹立時 有用한 資料가 될 것이다.

II. 實驗方法

1. 水域概要

萬頃江 水系는 全北 完州郡 東上面 遠登山에서 發源하여 高山川, 所陽川, 三川川, 全州川 等이 淡水域에 流入되고, 塔川이 瀛水域에 流入하여 西海로 흐른다. 流域内 行政區域은 1道, 3市, 4郡으로 構成되었으며, 流域面積은 1,601.7km², 流路延長은 98.5km이다.

同 水域의 水文特性을 把握하기 위하여 平均降雨量을 Thiessen 方法으로 算定하였다.

任意地點의 水質을 豫測하는데는 調査 地點別 流況을 알아야 하는데 同 水域에는 既存資料가 不足하여 比流量을 適用하였다.

表 2의 水位標地點別 流域面積과 流況을 利用하여 單位流域面積에 對한 流量 即 比流量을 決定하였으며 表 3과 같다.

Table 1. Average precipitation (1963~1986)

| Month | Jan. | Feb. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Total |
|--------------------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|---------|
| precipitation (mm) | 39.0 | 38.5 | 63.8 | 116.2 | 92.2 | 125.9 | 294.4 | 230.0 | 158.0 | 46.3 | 58.1 | 24.8 | 1,287.2 |

Table 2. Discharge by station

| Location | Catchment area (km ²) | Discharge (m ³ /sec) | | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------|--------|-------|
| | | Drought | Minimum | Normal | flood |
| Sam cheon Area | 148.5 | 0.37 | 0.65 | 1.02 | 2.5 |
| Jeon ju cheom (Inflow Sam cheon) | 103.8 | 0.26 | 0.45 | 0.71 | 1.75 |
| Sam cheon+Jeon ju cheon | 286.3 | 0.71 | 1.25 | 1.97 | 4.83 |
| Hari | 584.0 | 1.46 | 2.55 | 4.01 | 9.84 |
| Sam rye | 875.2 | 2.19 | 3.82 | 6.00 | 14.75 |
| Iri city | 83.2 | 0.21 | 0.36 | 0.57 | 1.40 |
| Kim Je | 1201.1 | 3.0 | 5.25 | 8.25 | 20.25 |
| estuary | 1602.0 | 4.0 | 7.00 | 11.0 | 27.0 |

Table 3. Specific flow in Mankeong River

| Specific flow | | | |
|---------------|---------|-------------|------------|
| Drought flow | Minimum | Normal flow | flood flow |
| 0.00250 | 0.00437 | 0.00687 | 0.01685 |

2. 汚染源 分布

統計資料에 의한 流域內 汚染源 分布를 살펴보면, 人口는 961,036名인바 이中 都市人口는 691,641名으로 71.97%를 차지하고 있다. 土地利用狀況은 農耕地인 畚과 田이 各各 44,452.9ha와 13,615.6 ha로서 全體面積의 37.2%에 該當한다. 家畜飼育 頭數는 소가 32,352頭, 돼지가 118,006頭이다.

한편 工業團地는 全州工團과 裡里工團이 있으며 造成完了된 面積은 168.8萬坪이나 앞으로 造成計劃中인 面積은 460萬坪으로 既造成된 面積의 約 3 倍에 該當하는 새로운 工業團地가 생기게 될 것이다.

將來 汚染源 分布推移는 回歸分析 等의 統計處理에 依하여 實施하였다.

Table 4. Pollutants distribution

| Population (capite) | Land use (ha) | | | | | | livestocks (capita) | |
|---------------------|----------------------|----------------------|-------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|---------|
| | paddy | Upland | Industry | forest | Others | Sub total | cow | pig |
| 961,036 | 44,452. ⁹ | 13,615. ⁶ | 280. ⁴ | 62,514. ¹ | 34,826. ⁴ | 155,689. ⁴ | 32,352 | 118,006 |

Table 5. Industrial estate

| Classification | | Area (10,000 peoung) | Remarks |
|----------------|----------------|----------------------|----------------|
| Geonju | I estate | 51.8 | existed |
| | II estate | 21.0 | |
| | III, IV estate | 200.0 | Under planning |
| Iri | I estate | 43.0 | existed |
| | II estate | 40.0 | |
| | Jewary estate | 10.0 | Under planning |
| | III, IV estate | 260.0 | |
| Tatal | | 625.8 | |

3. 調査試驗方法 및 水質豫測

가. 水質調査

現場調査 및 室內試驗은 環境汚染公定試驗法(水質)에 準하여 分析하였다.

調査期間은 1990.4月~10月까지 月別로 調査하였다.

調査項目은 pH, Salinity, SS, DO, BOD, COD 등 11個 項目이다.

Figure 1에 調査地點位置 및 流域境界를 나타냈다.

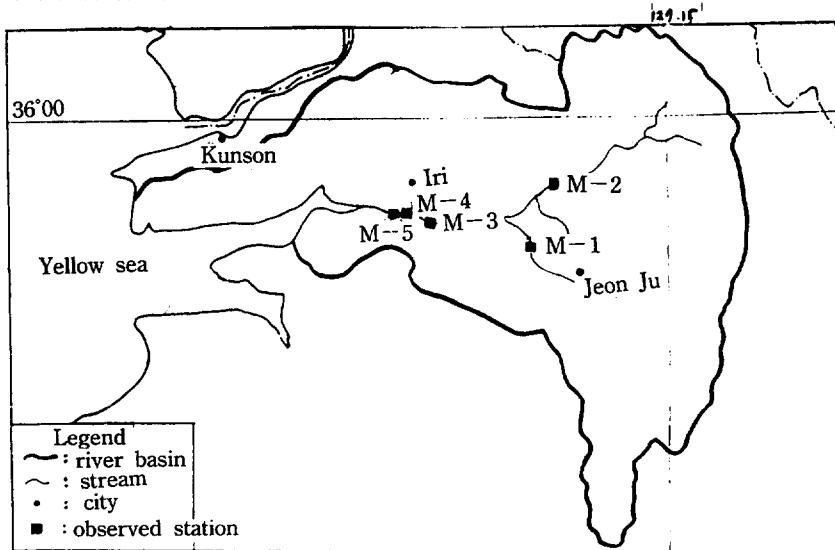


Figure 1. Map of Catchment area and observed station

나. Model의 構造 및 基本式

(1) Model의 選定 및 構造

自然現象을 어느 程度 符合되게 數式化 하는나에 따라 Model의 正確度가 評價되며, 數式化된 Model의 數值解釋技法에 따라 有用性이 나타난다. 따라서 Model 選定時 對象水域의 物理, 化學 및 生物學的 諸現象을 時間 및 空間에 對하여 適切하게 表現할 수 있어야 한다.

河川에 適用하는 Model은 QUAL-IIE, WQRRS, USGS, MIT/NIT, 2DFEM 모델 등이 있으나 本研究에서는 環境管理目的으로 廣範圍하게 利用되는 QUAL-IIE 모델을 標準모델로 選定하였다.

同모델로 河川水質을 豫測하는 先行段階로 HEC-2 모델을 利用하여 水系의 水理學的 特性을 파악하고, 汚染物質 負荷量을 算出하여 QUAL-IIE 모델에 입력시켜 시뮬레이션하였으며 構造는 Figure-2와 같다.

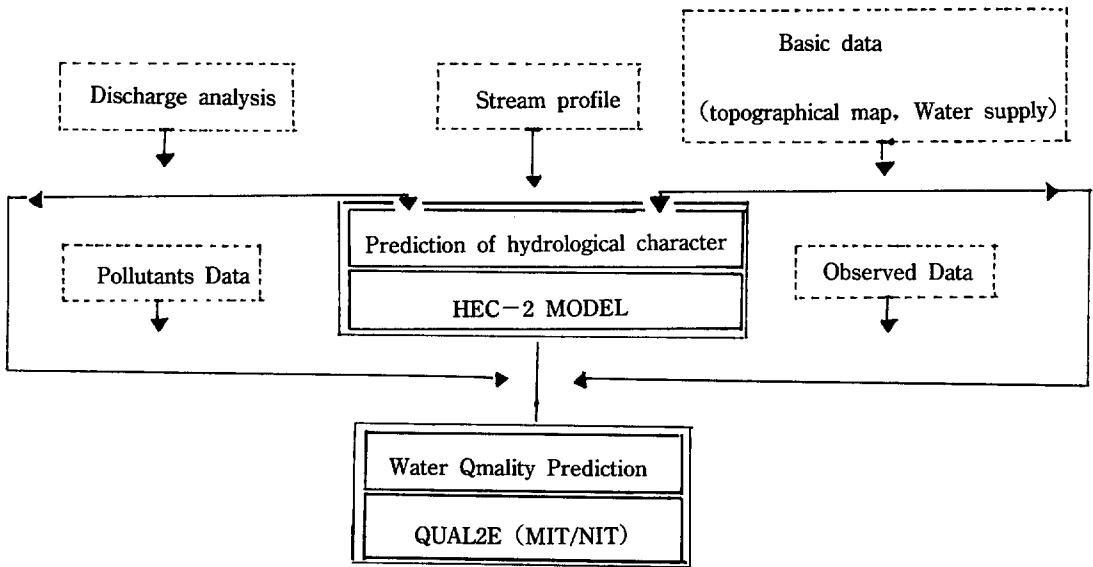


Figure 2. The structure of water Quality modeling

(2) 基本式

河川에서의 物質移動을 表現하는 式은 어느 物質의 濃度가 擴散, 流體의 흐름, 稀釋, 水質成分의 反應·生成 및 分解, 汚染物質의 流入과 流出 등으로 다음과 같은 微分方程式으로 나타낼 수 있다.

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial(Ax \cdot D_L \cdot \partial C / \partial X)}{Ax \cdot X} - \frac{(Ax \cdot \mu \cdot C)}{Ax \cdot \partial x} + \frac{dc}{dt} + \frac{S}{v}$$

여기서

C : 物質의 濃度 (ML⁻³)

X : 距離 (L)

Ax : 斷面積 (L²)

D_L : 擴散係數 (L²T⁻¹)

μ : 平均流速 (LT⁻¹)

S : 外部로부터 流入 또는 流出되는 汚染物質 (MT⁻¹)

v : 流量 (L³)

위 식은 各各 分散, 對流, 成分의 變化, 橫流入量 또는 流出 및 稀釋을 意味한다.

III. 實驗結果

1. 水質調查結果

河川水質豫測 모델에 使用하기 위하여 水質項目別로 考察하였으며 자세한 內譯은 表-6과 같다.

水溫의 경우 全調查期間을 통하여 14.4°C~28.3°C의 範圍였으며 熱廢水의 影響은 없었다.

pH는 瀛水域에서는 대체적으로 높았으며 체류시간이 길어지는 調查地點에서는 藻類의 光合成에 依한 pH의 增加가 確認되었다. 即 調查地點 M-1과 M-3에서 流量이 比較的 적은 5月과 10月에 8.03~8.92로 높았다.

鹽分度는 瀛水域에서는 높았으나 淡水域인 M-1地點에서 4, 5, 10月에 0.3, 0.4, 0.5%로 나타났다.

浮游物質은 調查地點別, 時期別로 不規則하였다.

調查地點別 容存酸素(DO) 測定結果는 Figure 3. 과 같다. M-1地點에서 4, 5月에 0.21, 1.13mg/l를 나타낸것이 6月에 5.70mg/l로 回復되었으나 M-4地點은 5月에 2.37mg/l, 6, 7月에 0.85, 1.45mg/l, 9, 10月에는 公히 0.0mg/l를 나타내어 심각한 汚染狀態를 나타냈으며 同 地點에는 持續的인 汚染物資流入이 있음을 確認할 수 있었다.

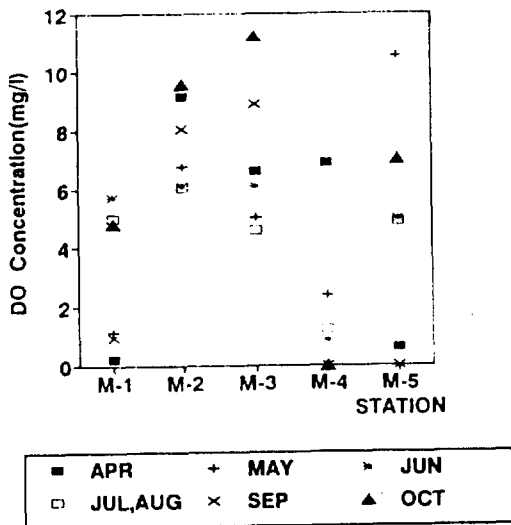


Figure 3. Dissolved Oxygen

BOD (Fig. 4)의 경우에는 M-4, 5地點에서 10月에 57.9mg/l, 65.89mg/l를 나타내어 調查地點中 最高置를 나타냈다. M-1에서는 5月과 10月에 34.57mg/l, 47.01mg/l였으며 이로부터 約 10km 下流인 M-3에서는 特別한 汚染源이 없어 5月 12.91mg/l에서 7月에는 3.24mg/l로 상당히 낮아졌다. 이는 체류시간의 增加와 水表面積이 넓어져 分解, 稀釋, 擴散, 沈澱 등의 物理化學的 自淨作用인 것으로 推定할 수 있다.

窒素 및 磷의 경우 (Table. 6)에는 BOD와 類似한 傾向을 나타냈다.

一般的인 水質狀況은 6, 7, 8月에 낮은 汚染濃度를 나타내었으며 10月에 가장 높고 安定된 水質을 나타내어 10月的 測定置가 水質豫測에 有用하게 利用되었다.

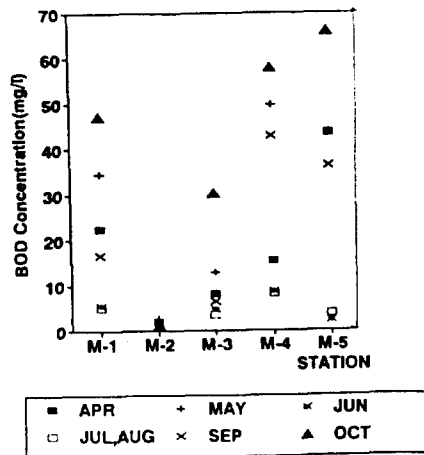


Figure 4. Biochemical Oxygen Demand

2. Model의 檢證

水質 Modeling에 利用되는 變數中 河川水質의 指標로 表現되는 BOD, DO에 關係되는 項目에 주안점을 두고 補正을 實施하였다. 모델의 變數補正은 河川의 흐름이 比較的 安定的인 때인 低水量時의 水質 測定資料를 利用하여 實施하였다.

M-3(백구정) 地點에서 實測BOD와 DO 濃度の modeling에 依한 計算濃度는 다음 表와 같으며 1990年 10月的 DO測定置를 除外하고는 誤差範圍가 10% 以內로서 同 Model은 만족스럽다고 볼 수 있다.

Table 6. The Water Quality Data.

| Comp. | MON. | M-1 | M-2 | M-3 | M-4 | M-5 | Comp. | MON. | M-1 | M-2 | M-3 | M-4 | M-5 |
|-------------|------|-------|------|-------|-------|-------|--|------|--------|-------|--------|--------|--------|
| W.T °C | APR | 18.8 | 16.3 | 16.2 | 16.3 | 16.7 | COD mg/l | APR | 26.18 | 2.88 | 7.37 | 18.29 | 21.83 |
| | MAY | 20.5 | 20.1 | 21.1 | 20.4 | 20.4 | | MAY | 40.24 | 3.52 | 10.84 | 43.27 | 40.24 |
| | JUN | 21.6 | 21.0 | 23.5 | 23.5 | 22.9 | | JUN | 5.36 | 3.98 | 5.24 | 8.68 | 4.71 |
| | JUL | 27.5 | 26.8 | 27.9 | 26.7 | 26.7 | | JUL | 6.34 | 3.15 | 4.52 | 15.21 | 12.47 |
| | AUG | 27.5 | 26.5 | 25.7 | 28.3 | 26.0 | | AUG | 5.80 | 4.02 | 5.60 | 7.97 | 4.74 |
| | SEP | 16.2 | 23.0 | 24.1 | 28.3 | 27.0 | | SEP | 18.67 | 7.26 | 12.77 | 49.74 | 40.56 |
| | OCT | 20.0 | 16.9 | 17.0 | 22.3 | 19.8 | | OCT | 23.70 | 3.54 | 28.69 | 57.85 | 47.63 |
| pH | APR | 7.26 | 7.01 | 7.71 | 7.69 | 7.24 | NH ₄ ⁺ -N mg/l | APR | 1.925 | 0.207 | 0.122 | 1.470 | 0.972 |
| | MAY | 8.92 | 7.43 | 8.76 | 7.43 | 7.35 | | MAY | 3.850 | 0.092 | 0.198 | 2.240 | 2.340 |
| | JUN | 7.84 | 7.76 | 7.21 | 7.31 | 7.41 | | JUN | 4.150 | 0.055 | 0.072 | 3.850 | 2.023 |
| | JUL | 7.62 | 7.50 | 7.92 | 7.34 | 7.50 | | JUL | 3.481 | 0.060 | 0.125 | 3.923 | 1.190 |
| | AUG | 7.45 | 7.28 | 7.21 | 7.19 | 7.23 | | AUG | 0.462 | 0.092 | 0.260 | 1.383 | 0.630 |
| | SEP | 7.77 | 7.99 | 7.97 | 7.14 | 7.39 | | SEP | 2.245 | 0.102 | 2.438 | 5.430 | 5.625 |
| | OCT | 8.03 | 7.78 | 8.23 | 7.23 | 7.61 | | OCT | 4.700 | 0.240 | 2.700 | 4.464 | 4.165 |
| Sal. ‰ | APR | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | NO ₂ -N mg/l | APR | 0.012 | 0.003 | 0.094 | 0.150 | 0.174 |
| | MAY | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.8 | | MAY | 0.026 | 0.007 | 0.104 | 0.342 | 0.245 |
| | JUN | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | | JUN | 0.009 | 0.065 | 0.094 | 0.022 | 0.018 |
| | JUL | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | | JUL | 0.045 | 0.053 | 0.108 | 0.027 | 0.035 |
| | AUG | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | AUG | 0.074 | 0.020 | 0.047 | 0.056 | 0.045 |
| | SEP | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | SEP | 0.365 | 0.008 | 0.230 | 0.012 | 0.265 |
| | OCT | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | | OCT | 0.408 | 0.008 | 0.054 | 0.039 | 0.139 |
| SS mg/l | APR | 14.5 | 10.4 | 4.5 | 752.0 | 57.0 | NO ₃ -N mg/l | APR | 1.236 | 0.267 | 0.156 | 1.098 | 1.173 |
| | MAY | 21.6 | 10.2 | 19.8 | 62.4 | 163.3 | | MAY | 0.344 | 0.072 | 0.258 | 1.425 | 5.317 |
| | JUN | 31.5 | 7.0 | 10.8 | 50.0 | 124.7 | | JUN | 1.920 | 0.060 | 0.012 | 2.220 | 0.590 |
| | JUL | 11.2 | 6.4 | 8.8 | 106.7 | 112.4 | | JUL | 2.036 | 0.062 | 0.143 | 1.853 | 1.327 |
| | AUG | 21.6 | 4.0 | 62.0 | 27.6 | 128.4 | | AUG | 2.250 | 0.398 | 0.461 | 0.872 | 4.120 |
| | SEP | 12.5 | 6.0 | 24.5 | 114.5 | 58.5 | | SEP | 5.375 | 1.200 | 2.400 | 2.260 | 5.750 |
| | OCT | 460.8 | 24.0 | 819.0 | 464.0 | 132.0 | | OCT | 6.100 | 2.550 | 1.575 | 4.372 | 5.560 |
| DO mg/l | APR | 0.21 | 9.19 | 6.63 | 6.90 | 0.59 | PO ₄ ³⁻ -P mg/l | APR | 0.236 | 0.015 | 0.070 | 0.372 | 0.260 |
| | MAY | 1.13 | 6.78 | 5.02 | 2.37 | 10.54 | | MAY | 0.748 | 0.017 | 0.092 | 0.434 | 0.378 |
| | JUN | 5.70 | 6.11 | 6.11 | 0.85 | 4.94 | | JUN | 0.087 | 0.004 | 0.025 | 0.147 | 0.241 |
| | JUL | 4.88 | 6.08 | 4.60 | 1.45 | 5.15 | | JUL | 0.145 | 0.012 | 0.073 | 0.295 | 0.536 |
| | AUG | 5.10 | 6.02 | 4.55 | 1.00 | 4.55 | | AUG | 0.173 | 0.049 | 0.148 | 0.135 | 0.158 |
| | SEP | 0.94 | 8.07 | 8.91 | 0.00 | 0.00 | | SEP | 0.167 | 0.010 | 0.050 | 0.458 | 0.325 |
| | OCT | 4.80 | 9.59 | 11.25 | 0.00 | 7.01 | | OCT | 0.173 | 0.040 | 0.043 | 0.380 | 0.260 |
| BOD mg/l | APR | 22.48 | 1.74 | 8.08 | 15.51 | 43.52 | SiO ₂ -Si mg/l | APR | 6.650 | 1.920 | 5.206 | 6.330 | 6.990 |
| | MAY | 34.57 | 2.52 | 12.91 | 49.54 | 43.62 | | MAY | 8.542 | 2.759 | 4.201 | 11.342 | 8.776 |
| | JUN | 5.44 | 0.31 | 4.72 | 8.52 | 2.24 | | JUN | 12.689 | 2.590 | 11.014 | 9.812 | 10.413 |
| | JUL | 4.97 | 1.42 | 3.24 | 8.49 | 3.37 | | JUL | 10.286 | 2.528 | 3.999 | 10.725 | 10.002 |
| | AUG | 12.8 | 1.08 | 3.50 | 7.77 | 3.87 | | AUG | 11.270 | 7.573 | 8.164 | 8.917 | 8.014 |
| | SEP | 16.78 | 1.06 | 6.39 | 42.74 | 36.26 | | SEP | 18.100 | 3.800 | 10.740 | 18.250 | 14.510 |
| | OCT | 47.01 | 1.09 | 30.29 | 57.90 | 65.89 | | OCT | 13.780 | 4.130 | 10.100 | 18.180 | 12.940 |

補正과 檢證后 適用될 QUAL-II model에 얼마나 敏感하게 反應하는지의 여부를 살펴보기 위하여 M-3 地點에서 BOD와 DO의 感應度分析(Table. 8과 9)을 實施하였다.

BOD와 DO의 경우 萬頃江水系에 가장 크게 影響을 미치는 것은 上流 全州川의 流入負荷量이다.

3. 萬頃江의 將來水質豫測

萬頃江의 將來水質豫測은 1991, 1996, 2001, 2006, 2011년까지 BOD와 DO에 對하여 實施하였다. (Fig. 5와 6) 豫測結果 河口로부터 約 41km 地點에서 汚染된 全州川의 高濃度汚水가 流入됨으로서 汚染度를 加重시키고 있다.

下流로 流下하면서 自淨作用에 依하여 汚染度는 輕減하는 傾向을 나타낸다.

특히 河口로부터 約 28km 地點인 M-3은 制水門의 影響으로 滯留時間이 길어지고 水表面積이 넓어지면서 상당히 水質이 回復되었으나 M-3 地點下流에서는 裡里市의 高濃度廢水가 流入되어 다시 惡化되는 傾向을 보인다.

豫測項目別 將來水質을 要約하면 BOD는 全區間에서 높은 置를 나타냈으며 M-3 地點은 다른 地點보다 다소 낮은 濃度를 나타냈으나 이곳의 濃度도 높은 汚染狀態로서 1996年, 2001年, 2006年, 2011年에 各各 26.6mg/l, 30.7mg/l, 33.0mg/l, 37.5 mg/l이었다.

DO의 경우에도 年次的으로 汚染度가 심해져서 1996~2011년에 各各 2.91mg/l, 1.80mg/l, 0.94 mg/l, 0.01mg/l으로 크게 惡化되고 있다.

이러한 結果로 볼때 特別한 汚染防止對策이 遂行되지 않는한 높은 汚染度를 招來할것으로 豫測되었다.

Table 7. Verification of the model

| Date | Observed Concentration | | Computed Concentration | |
|------------------|------------------------|------|------------------------|-----|
| | BOD | DO | BOD | DO |
| 1990. May. (M-3) | 12.9 | 6.3 | 14.0 | 7.1 |
| 1990 Oct. (M-3) | 30.3 | 11.2 | 27.8 | 5.5 |

(mg/l)

Table 8. Biochemical Oxygen Demand Responsibility in M-3

| Parameters | | | Computed concent | Responsibility |
|------------|----------------|------|------------------|----------------|
| BOD | Loading | +50% | 20.53 mg/l | +46.1% |
| | K ₁ | -50% | 14.48 mg/l | + 3.1% |
| | K ₃ | -50% | 14.27 mg/l | + 1.6% |
| Basic BOD | | | 14.05 mg/l | |
| | K ₃ | +50% | 13.84 mg/l | - 1.5% |
| | K ₁ | +50% | 13.65 mg/l | - 2.8% |
| BOD | Loading | -50% | 7.58 mg/l | -46.0% |

Table 9. Dissolved Oxygen Responsibility in M-3

| Parameters | | | Computed concent | Responsibility |
|------------|----------------|------|------------------|----------------|
| BOD | Loading | -50% | 7.87 mg/l | +11.3% |
| | K ₁ | -50% | 7.46 mg/l | + 5.5% |
| | K ₃ | +50% | 7.08 mg/l | + 0.1% |
| Basic BOD | | | 7.07 mg/l | |
| | K ₃ | -50% | 7.07 mg/l | - 0.0% |
| | K ₁ | +50% | 6.70 mg/l | - 5.2% |
| BOD | Loading | +50% | 6.27 mg/l | -11.3% |

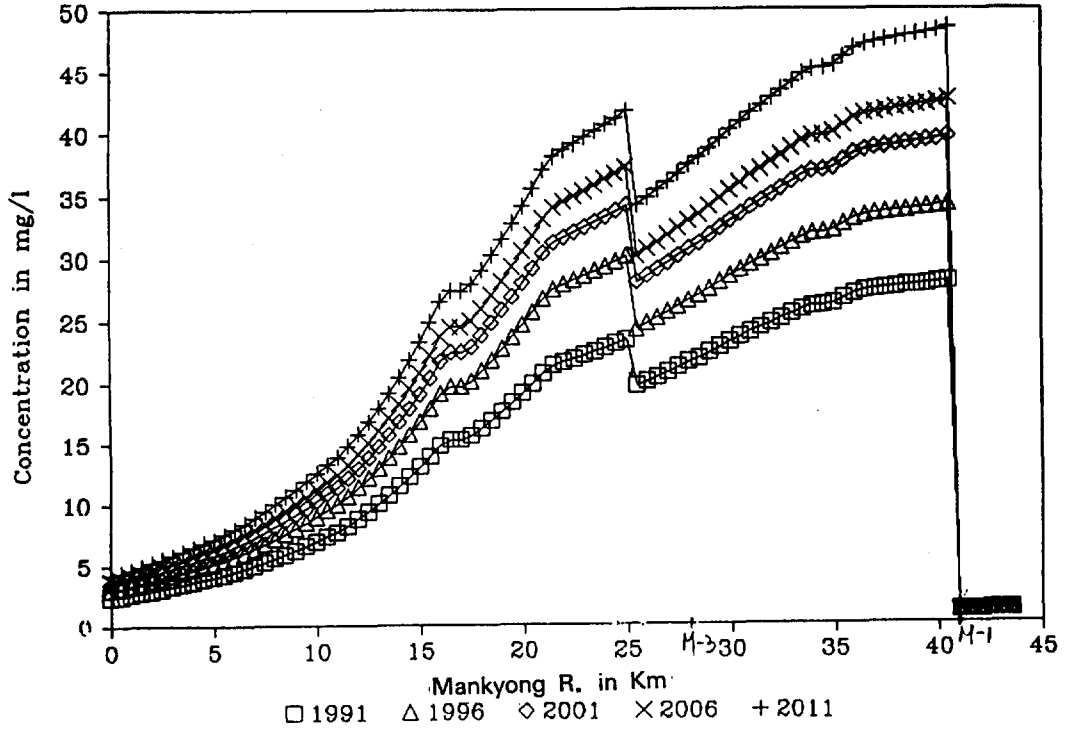


Figure 5. Biochemical Oxygen Demand prediction

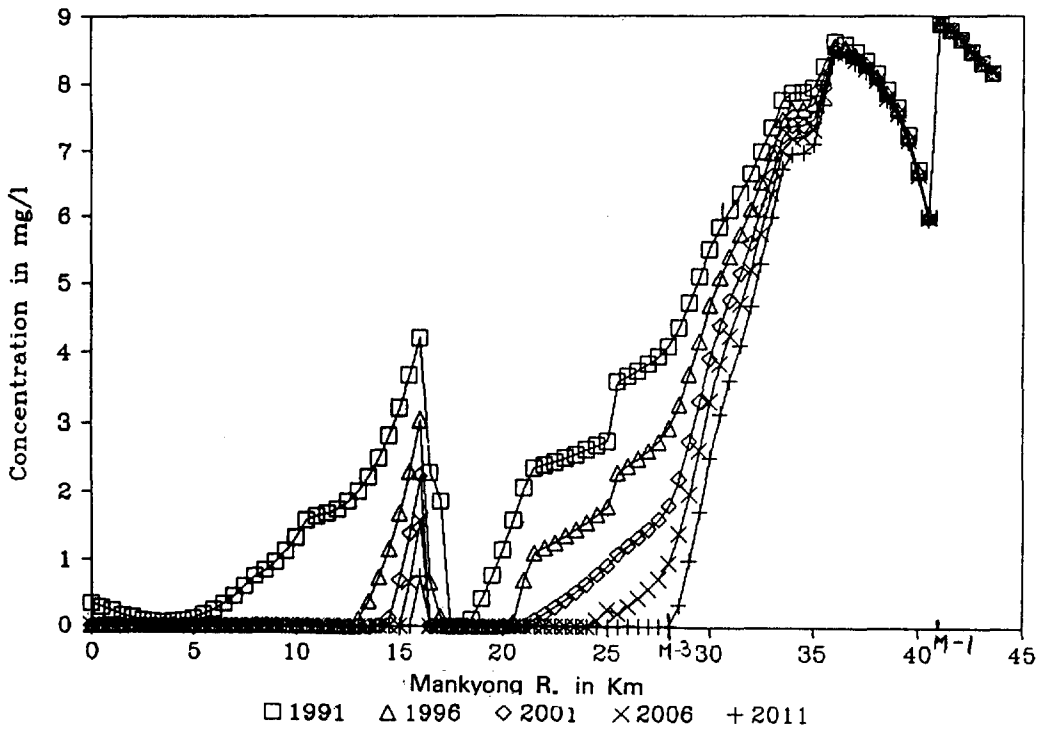


Figure 6. Dissolved Oxygen Prediction

IV. 要 約

本 研究는 萬頃江 水系에 QUAL-II E Model을 適用하여 將來水質豫測을 實施한것으로 얻은 結論을 要約하면 다음과 같다.

1. M-3 (백구정) 地點에서 實測 BOD와 計算 BOD의 誤差範圍는 10% 以內로서 適用모델은 만족스럽다. 同地點에서 感應度分析結果 萬頃江 水系汚染에 影響을 미치는 가장 큰 因子는 全州川의 流入負荷量이다.
2. 豫測結果 河口로부터 約 41km 地點 (M-1)에서 全州川의 高濃度 汚染水가 流入되므로서 甚한 汚染狀態를 나타내며, 또한 河口로부터 約 28km 地點 (M-3)에서는 制水門의 影響으로 滯留時間이 길어지고 水表面積이 넓어지면서 自淨效果가 크게 向上되어 水質改善이 이루어졌다.
3. 制水門 以下 下流에서는 感潮區間으로 同 Model의 計算結果의 信賴性이 떨어지므로 感潮區間에서 同 Model의 適用은 困難하다.
4. BOD의 경우에는 全區間이 甚한 汚染狀態를 나타내며 M-3 地點에서 그 濃度가 1996年 26.6mg/l, 2001年 30.7mg/l, 2006年 33mg/l 그리고 2011年 37.5mg/l로서 水質汚染防止對策이 樹立되지 않으면 用水管理에 있어서 많은 問題點이 惹起될 것이다.

끝으로 本 研究結果는 用水의 取水地點의 選定, 放流水의 處理基準 等 水資源의 合理的 利用과 管理, 環境管理에 많은 도움이 될것이다.

REFERENCES

1. Church, T. M. 1986. Biogeochemical factors influencing the residence time of microconstituents in a large tidal Estuary, Delaware Bay. *Mar. Chem.* 18 : 393~406.
2. Head, P. C. 1976. Organic Process in Estuaries, p. 53~91. In J. D. Burton and P. S. Liss [eds], *Estuarine Chemistry*. Academic.
3. Helder, W., R. T. P. De Vries, and M. M. Rutgers, van der Loeff. 1983. Behavior of Nitrogen nutrients and silica in the Ems-Dollard Estuary. *Can. J. Fis. Aq. Sci.* 40(suppl. 1) : 188~200.
4. 기준학, 1987, 금강하구에서의 영양염류 순환에 관한 연구, 서울대학교 석사 학위논문.
5. 환경보전법 시행규칙 제45조, 환경오염 공정시험법, 1977, 東和技術.
6. APHA, AWWA, WPCF, 1985, *Standard Methods for the Examination of water and waste water*, 16th ed. APHA, N. Y.
7. 日本 分析 化學會 北海道 支部, 1986, 水의 分析, 化學同人.
8. 安榮根, 1973, 河川水質 (萬頃江)의 汚染과 底棲生物에 관한 研究, 韓國陸水誌, 6(3~4), 7~20.
9. 金益秀, 金煥起, 1975, 全州川의 水質汚濁과 魚類群集의 變化에 관한 研究 *ibid.* 8(3~4), 7~14.
10. 金煥起, 1977, 全州川 水質汚濁이 萬頃江 本流에 미치는 影響. *ibid.* 10(3~4), 45~54.