

수질管理 模型에 의한 농촌 小河川의 수질豫測

Prediction of Water Quality in a Small Stream by Water Quality Management Model for Rural Areas

權 純 國* 張 正 烈**
Kwun, Soon-kuk Jang, Jeong-ryeol

Abstract

In this study, the Water Quality Management Model for Rural Areas(WQMMRA) has been developed by combining the Model for Pollutant Load Computation(MPLC) and the existing QUAL2E model.

The WQMMRA model was applied to evaluate its applicability for the representative watershed by predicting the water qualities of tributaries and the main stream under various amount of stream discharges using USDAHL-74/SNUA watershed model. The result of simulation was very satisfactory since annual fluctuation of observed water qualities were agreed well to the simulated ones.

However, if an evaluation of the model for the water quality improvement under different schemes of pollutant load reduction is accomplished and more exact runoff ratios considering effects of rainfall and the seasonal variation in the computation of pollutant mass discharges are obtained, the model developed in this study, WQMMRA, will be useful tool for the evaluation of water quality and the effectiveness of the countermeasures for water quality management in small rural streams.

I. 서 론

최근 농어촌의 생활형태 변화에 따른 生活下水量의 증가, 농업생산량 증대를 위한 과도한 비료와 농약의 사용, 축산시설의 증가, 농촌지역의 공장유치 및 각종 위락시설의 개발등으로 인하여 소규모 하

천의 汚染이 나날이 악화되어 가고 있음을 고려할 때 이들 소하천이 포함된 농촌유역에 대한 수질管理方案의 마련이 절실히 요망된다.

이러한 汚染源 형태의 변화가 水系의 수질汚染에 미치는 영향 및 負荷削減計劃에 의한 수질개선 효과등을 정량적으로 도출하기 위해서는 적절한 水質

* 서울대학교 농업생명과학대학
** 농어촌진흥공사 시설영농처

키워드 : 수질관리, 수질모형, 원단위, 유달을
유역수문모형, 하천수질예측

豫測技法이 필요하다. 지금까지 국내외에서 수질에 측기법들이 꾸준히 연구되고 있으나, 이들 기법들은 주로 대하천 유역이나 도시를 흐르는 하천유역에 대해서 사용되어 왔을 뿐 농촌지역의 소하천 유역에 대해서는 그 적용사례가 빈약한 실정이다.

水資源의 효율적인 수질管理를 위해서는 첫째, 오염원을 조사하여 汚染負荷量을 평가하고 둘째, 하도구간에서의 水理·水文 특성을 조사·분석하여 하도내에서의 흐름을 해석하여야 하며, 세제, 오염물질 排出이 河川水質에 미치는 영향을 數學的方法으로 해석하고 넷째, 대상하천 구간에서 수자원의 용도에 따른 적절한 水質目標 기준을 수립하며 다섯째, 목표하는 수질기준을 달성하기 위하여 주요 오염원 및 유입지천으로 부터의 오염농도를 효과적으로 규제하기 위한 최적의 수질관리 방안을 수립되어야 한다.

본 연구의 목적은 오염부하량 및 支川의 流達負荷量을 계산하는 汚染負荷計算模型(MPLC)을 개발하고 이를 하천분류에서의 오염물질의 거동을 묘사할 수 있는 QUAL2E 모형과 결합하여 농촌流域 수질管理를 위한 수질예측 기술을 개발함으로써 농촌유역의 수질管理計劃의 수립 및 효율성 등을 검토할 수 있는 방법론의 기초를 확립하는데 있다.

II. 모형의 개발

1. 수질管理模型의 構造

가. 模型의 구성

汚染源管理 시스템과 水質豫測模型을 결합하면 유역전체의 水質環境을 효율적으로 관리할 수 있는 수질管理模型이 될 수 있다. 본 연구에서는 오염부하계산모형(MPLC)과 QUAL2E모형을 결합하여 수질관리모형(Water Quality Management Model for Rural Areas; WQMMRA)을 구성하였으며 그 구조는 <Fig. 1>과 같다.

나. 模型의 入出力資料

오염부하계산모형에 필요한 입력자료는 크게 생활계, 축산계, 자연계, 산업계, 유량에 관련된 자료 등이 있으며, 출력은 오염원별 및 유역별의 오염부하량과 유달율 등이 출력된다. QUAL2E 모형의

입력자료는 하천의 지점별 수질, 유량, 구간별 반응계수 등이 필요하며 자세한 입·출력내용은 사용자 지침서에 수록되어 있다.⁹⁾

2. 오염부하계산모형

유역에서의 오염물질 移送課程에 관련된 중요 수질매개변수들은 <Fig. 2>와 같다. 이들 매개변수 중에서 流達率(β)은 유역내에서의 배출부하량과 유역의 최하류 기준점의 부하량과의 比로써 대상유역의 汚染流出特性을 나타내므로 수질管理 계획상 중요한 역할을 하는 간단한 파라메타이다.

오염발생량은 오염원에서 배출되어 대상수역에 유입하는 동안에 유역의 특성에 따라 변화되므로 이들 유역특성에 따른 오염물질의 流達特性을 쉽게 파악할 수 있는 수질매개변수인 유달율의 추정은 식(1)에서와 같은 多重回歸式을 이용하였다.

$$\beta_i = a_i X_1 + b_i X_2 + \dots + z_i \quad (1)$$

여기서, β_i = i 수질항목의 유달율(%), X_1, X_2, \dots = 유역특성매개변수 a_i, b_i, \dots, Z_i = i 수질항목의 유역상수

본 MPLC모형에서 산정하는 水質汚染 지표항목은 生物化學的酸素要求量(BOD)과 營養物質에 의한 오염정도를 나타내는 지표인 총질소(T-N), 총인(T-P)으로 하였으며, 오염부하량의 산정 방법은 원단위법을 이용하였다.

가. 生活系 汚染負荷

생활계에서 유래하는 오염부하는 생활잡배수와 분뇨로 구분하여 추정하였다.

나. 畜産系 汚染負荷

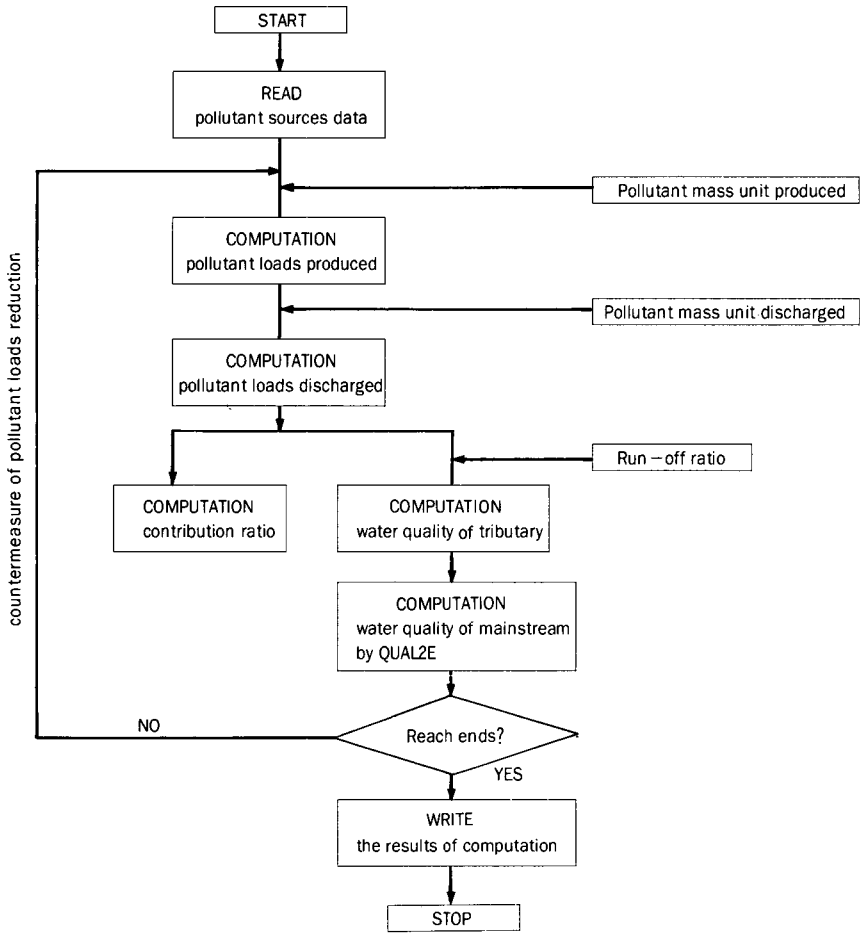
가축에 의해 배설되는 糞·尿와 畜舍廢水에 의한 것으로서, 가축의 종류를 肉牛, 乳牛, 돼지 닭으로 구분하여 발생부하량과 배출부하량을 추정하였다.

다. 自然系 汚染負荷

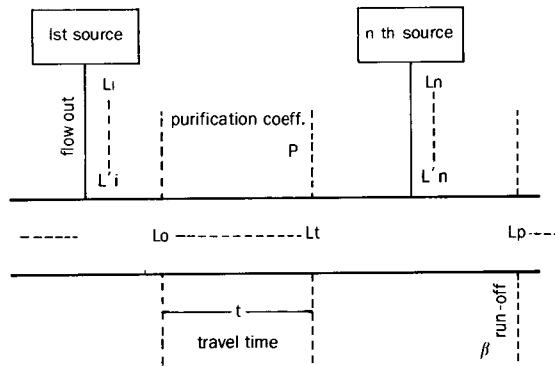
유역의 土地利用 형태를 산림, 논, 밭, 대지, 기타로 구분하여 토지이용 형태별 원단위를 이용하여 발생 및 배출부하량을 산정하였다.

라. 産業系 汚染負荷

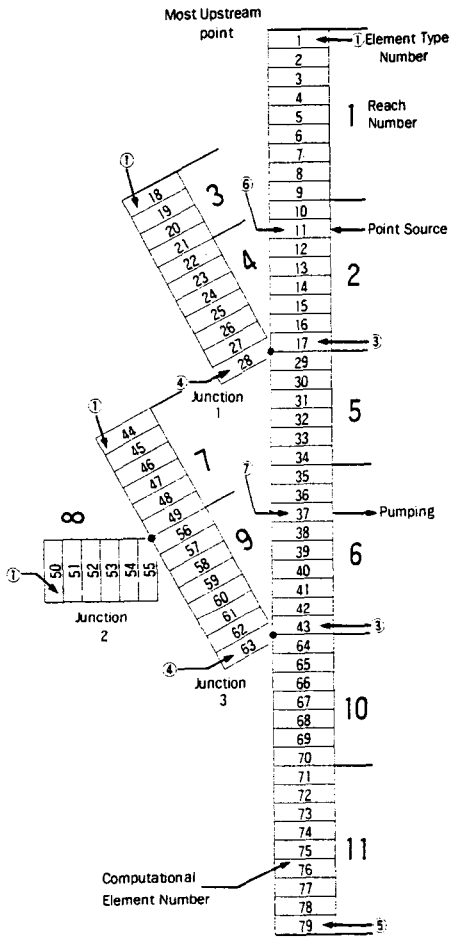
공장에서 발생하는 폐수량에 업종별 발생 및 배출원단위를 곱하여 계산하였다.



<Fig. 1> General structure of WQMMRA



<Fig. 2> Water quality parameters and process of mass transportation



<Fig. 3> Stream network of reaches, computational elements and their types

3. 河川수질 豫測模型 (QUAL2E)

QUAL2E모형은 1차원 이송확산 방정식의 해를 구하기 위하여 有限差分法을 사용한다. 또 이 모형은 等流에 대하여 적용할 수 있으며, 주어진 유량에 대한 평균유속과 수심의 산정에 있어서 流量係數 (Discharge coefficients) 法과 梯形斷面法 (Trapezoidal method)의 두가지 방법중 한가지를 선택하여 사용할 수 있다. 본 연구에서는 유량계 수법을 사용하였다.

QUAL2E 모형은 河川水系를 <Fig. 3>에서와 같이 水理學의 특성이 유사한 大區間(Reach)으로 나누고, 각 대구간은 계산이 실제로 이루어지는 小區間인 計算要素로 구성된다.

QUAL2E 모형에 의하여 계산가능한 수질항목은 溶存酸素(DO), 生物化學的酸素要求量(BOD), 水溫, Chlorophyll-a, 有機能窒素(NO₂-N), 아질산태질소(NO₃-N), 有機磷(Org-P), 용존성 인(Dissolved-P), 대장균, 임의의 비보존성 물질, 보존성 물질등 모두 15개 항목이다.

III. 模型의 補正 및 檢證

1. 對象流域의 概要

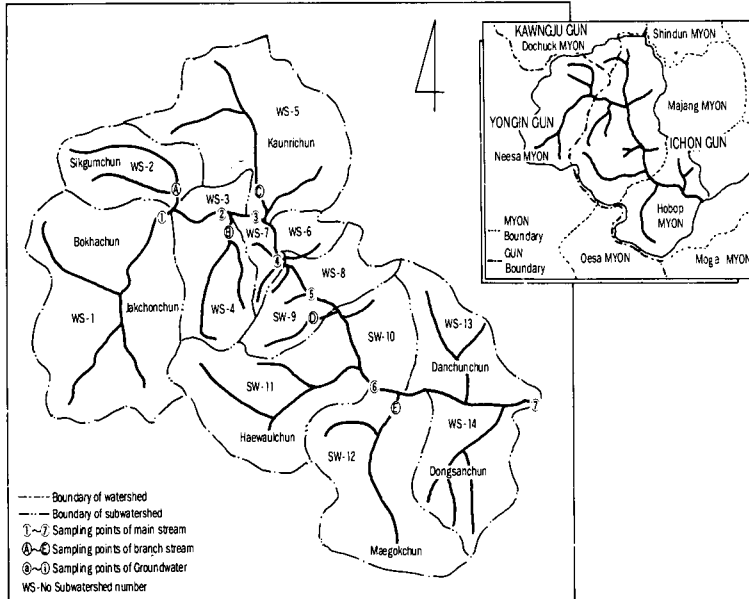
개발된 WQMMRA모형을 적용하기 위한 대표 시험유역은 京畿道 利川郡의 福河川 최상류 유역으로서 북하천 발원지에서부터 하류로 유로연장 17km, 유역면적 80km² 이며, 본 유역은 비교적 경사가 완만하고 단조로운 지형이므로 하천을 따라 농경지가 발달되어 있으며 유역 전반에 걸쳐 소규모 畜産農家가 산재해 있는 전형적인 농촌지역의 특성을 가지고 있다.⁶⁾

대표시험유역은 지천의 유입지점 및 수질측정 지점등을 고려하여 <Fig. 4>와 같이 14개의 소유역으로 구분하였다.

<Table. 1> Discharge for branchstreams

(unit : m³/ sec)

Discharge Branchstream	Drought	Minimum	Normal	Flood
①	0.084	0.158	0.253	0.52
A(Sickguem)	0.035	0.066	0.11	0.22
B(Jackchon)	0.026	0.490	0.79	1.61
C(Kwanri)	0.066	0.125	0.20	0.41
D(Deokpeong)	0.011	0.022	0.035	0.07
E(Maegok)	0.058	0.11	0.18	0.36



<Fig. 4> Dividing subwatershed and site number for water quality measurement

水域의 수질을 評價하기 위해서는 유출특성 把握이 선행되어야 한다. 본 연구에서는 USDAH-L-74/SNUA 유역수문모형과 18개년 동안의 강우 및 기상자료를 이용하여 대표시험유역에 대한 유출현상을 모의발생하므로써 유역말단 출구에서의 대표 流況曲線을 획득하였으며, 유황곡선으로부터 豐水量은 1.73m³/sec, 平水量 0.85m³/sec, 低水量 0.53m³/sec, 渴水量 0.045 m³/sec임을 알 수 있었다.

각 유입지천의 유량은 1993년 4회의 실측자료를 이용하여 본류의 출구지점에서의 모의발생 유출량을 비례 배분 하였는바, 평균적으로 유역출구 유출량에 대해 평창지점이 30%, 식금천 12.4%, 작촌천 9.3%, 관리천 23.7%, 덕평지천이 4.1%, 해월천이 20.8%를 나타내어 <Table. 1> 과 같이 산정 되었다.

2. 모형의 補正

가. 汚染負荷 流達特性

농촌유역과 같이 물순환구조가 복잡한 경우에 數學的 模型을 이용하여 수질을 추정하기 위해서는 하천으로의 排出點을 일일이 조사하여야 하므로 많은 수의 수질샘플링이 필요하고 소지천의 水質反應

係數의 추정이 곤란하여 오염물질의 거동을 정확하게 파악하기가 어려우므로 본연구에서는 유입지천의 수질을 추정하기 위해서 流達率을 이용하였다.

연구대상 유역의 오염물질의 유달특성을 파악하기 위해 1992년 8월 22일, 10월 10일, 1993년 2월 16일, 5월 21일, 8월 28일, 10월 10일의 6회의 실 자료와 MPLC모형에 의해 추정된 배출부하량을 이용하여 본류의 ①, ③, ④, ⑥, ⑦번 지점과 식금천(A), 작촌천(B), 관리천(C), 매곡천(E) 등 모두 9개지점에 대한 유달율을 조사하였다.

관측값의 平均流達率은 BOD 14.2~4.7%, T-N 25.5~13.4%, T-P 335.8~154.1%이며, 관측값의 표준편차는 BOD 4.0~6.3%, T-N 12.4~23.8%, T-P가 100.9~232.2%로 BOD와 T-N의 유달율은 년중 변동폭이 적어 안정되어 보이나, T-P의 유달율은 년중 변동폭이 매우 크다는 것을 알 수 있다. 또한, 하류로 갈수록 유달율이 낮아짐을 알 수 있어 이는 流下하는 동안에 오염물질이 하천의 自淨作用에 의해 감쇄됨을 의미한다.

나. 유달율의 多重回歸式 構成

유달율은 유역의 諸般特性들과 函數關係가 있을 것으로 판단되는 바, 유달율을 從屬變數, 유역의 제

<Table. 2> Data used in multiple regression analysis

Variable Site No.	Area (km)	Population (Capita)	Farmland ratio (%)	Run-off ratio (%)		
				Average		Prediction
①	14.6	2300	24.0	BOD	14.2	14.2
				T-N	25.5	24.0
				T-P	335.8	335.7
③	26.3	3515	20.3	BOD	11.8	11.8
				T-N	24.0	20.3
				T-P	302.9	303.4
④	41.0	6054	24.4	BOD	7.8	7.4
				T-N	20.7	24.4
				T-P	199.8	195.4
⑥	58.3	7979	25.9	BOD	5.4	5.9
				T-N	17.3	25.9
				T-P	164.4	171.4
⑦	80.0	10284	27.3	BOD	4.7	4.4
				T-N	13.4	27.3
				T-P	154.1	151.1
A	5.5	166	11.9	BOD	18.2	16.0
				T-N	11.6	11.9
				T-P	555.0	413.9
B	5.1	853	18.1	BOD	6.9	14.9
				T-N	14.2	18.1
				T-P	422.3	365.4
C	11.2	1273	28.0	BOD	11.2	19.9
				T-N	7.4	28.0
				T-P	200.2	438.1
E	9.8	921	25.5	BOD	4.0	19.2
				T-N	11.9	25.5
				T-P	245.0	449.4

반특성을 獨立變數로 하여 回歸分析을 실시하였다. 單純回歸式으로는 流域의 특성을 정도 높게 반영하기 곤란하다고 판단되어 多重회귀식을 구성하였다. Stepwise method를 이용하여 선정된 독립변수는 流域面積과 人口數, 농경지비율이며 이들을 포함한 3개의 독립변수와 유달율과의 多重회귀식은 식(2)와 같다.

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= 0.399708 X_1 - 0.00465 X_2 \\
 &\quad + 0.374169 X_3 + 10.67 \\
 Y_2 &= -0.15736 X_1 - 0.00017 X_2 \\
 &\quad - 0.14932 X_3 + 31.77 \\
 Y_3 &= 10.82858 X_1 - 0.1141 X_2 \\
 &\quad + 5.517752 X_3 + 307.62
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

여기서, $Y_1, Y_2, Y_3 = \text{BOD}, \text{T-N}, \text{T-P}$ 의 유달율(%), $X_1, X_2, X_3 = \text{유역면적}(\text{km}^2), \text{인구수}(\text{人}), \text{농경지비율}(\%)$

다중회귀식 (2)의 결정계수는 BOD, T-N, T-P 모두가 0.99로서 다중회귀식의 적합성이 높다는 것을 알 수 있으며, 다중회귀분석에 이용한 무강우시의 6회 實測流達率의 平均値와 流域特性變數 및 다중회귀식(2)에 의해 추정된 平均유달율은 <Table. 2>와 같다.

다. QUAL2E 모형의 보정

하천분류의 수질을 예측하기 위한 QUAL2E모형의 유량계수는 실측자료를 이용하여 <Table. 3>과 같이 구하였다.

<Table. 3> Comparison of reactor coefficients between this study and other domestic studies

Studies	Reactors	Range (day ⁻¹)
Reference 1*	K_d	0.02~0.35
	K_2	0.05~1.83
	K_3	8.0
Reference 2*	K_d	0.05~0.25
	K_2	0.10~4.27
	K_3	0.20~0.80
This study	K_d	0.23~1.0
	K_2	2.8~12.0
	K_3	0.2~2.0

NOTE : *1=Project report of environmental conservation for Han-River Basin(1983)¹⁾
 2=Project report of environmental conservation for Youngsan-River Basin (1983)²⁾

본 연구대상 하천에 대해서는 실측한 再曝氣係數가 없으므로 대상하천의 특성에 맞는 식을 선택하기 위해 9가지의 재폭기계수를 산출식을 이용하여 대상하천에 가장 적합한 계산식인 Thacstone식을 선정하였다.

반응계수의 추정을 위해서는 먼저 반응계수에 대한 敏感度分析(Sensitivity Analysis)을 실시하여 우선적으로 반응계수의 범위를 설정하려고 하나, 이들 반응계수에 대한 민감도 분석은 국내에서

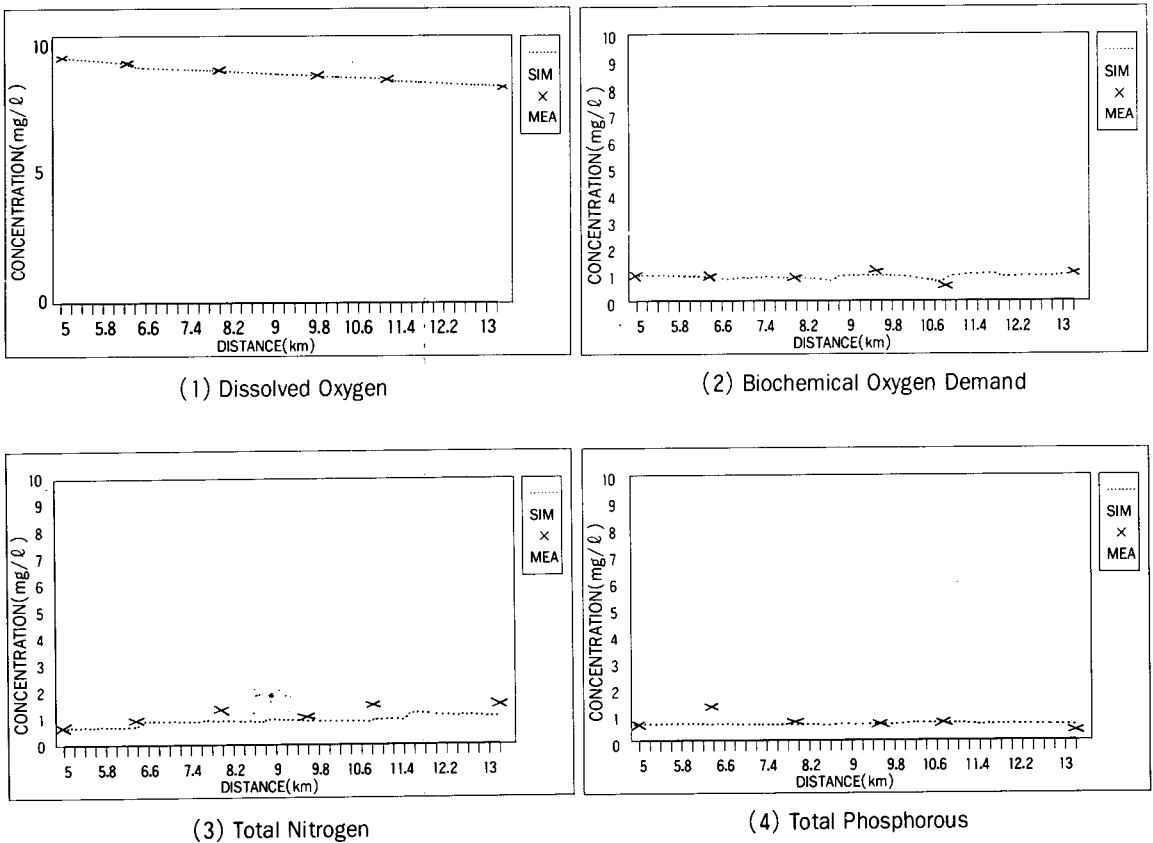
도 여러차례 수행된 바 있으므로 이들 연구결과와 QUAL2E 모형에 내장된 범위를 고려하여 脫酸素係數(K_1), 沈澱係數(K_3), 河床物質酸素消耗係數(K_4), 窒素循環反應係數($\beta_1, \beta_2, \beta_3$), 磷循環反應係數(α_2, β_4)를 중심으로 보정하였으며 탈산소계수, 침전계수, 하상물질 산소소모계수를 국내연구 결과⁸⁾와 비교하면 <Table. 3>과 같다.

3. 모형의 검증

보정이 완료된 QUAL2E모형을 1993년 2월 16일, 5월 21일의 실측자료로써 검증하였다. 모형검증의 신뢰성 評價를 위해서 일반적으로 많이 이용하는 실측값과 모의발생 값과의 상관계수(R)를 살펴보면, DO 0.93, BOD 0.86, T-N 0.98, T-P 0.98로서 매우 높은 正相關을 보이며 相對誤差는 DO 0.2%~18.1%, BOD 2.5%~49%, T-N 0.

2%~54.2% 및 T-P가 0.0~83.5%를 각각 나타내었고, 최대상대오차를 나타낸 지점의 실측값과 예측값의 농도차이는 DO 2.63 mg / l, BOD 0.93 mg / l, T-N 0.32 mg / l, T-P가 0.273 mg / l를 나타내었다.

<Fig. 5>에서와 같이 DO, T-N, T-P는 예측값이 실측값과 일치함을 알 수 있으며, BOD의 경우는 실측값보다 다소 낮게 예측되었다. 이는 검정에 이용한 2월 16일자로는 冬期로서 하천의 수온이 2°C~8°C의 범위로 매우 낮아 미생물활동이 활발하지 못하여 자정작용이 잘 이루어지지 않지만, 이러한 영향을 모형에 반영하기는 곤란하다는 점과 수질샘플링시에 수질측정지점의 그때의 현지상황에 따라 큰 변화가 있을 수 있다는 것을 감안하면 모형의 신뢰성에는 큰 영향이 없을 것으로 판단된다.



<Fig. 5> Comparison of observed and simulated water quality constituents

IV. 모형의 適用

1. 汚染 排出負荷量의 算定

오염배출부하량의 산정을 위해서 생활하수의 경우, 생활잡배수는 처리시설이 존재하지 않는 것으로 가정하여 발생량 全量이 하천으로 직접 배출되는 것으로 하였으며, 분뇨는 현지조사에 의해 처리 형태를 수거식, 정화조사용, 부속탱크, 농지환원으로 분류하여 정화조 사용인구는 가정용 단독정화조의 일반적인 부하제거율로 BOD 65%, T-N 7%, T-P 15%를 적용하였으며 외부로 수거되는 양은 배출부하계산에서 제외시켰다. 또한 대상유역 내에는 분뇨처리장이 없으므로 타유역으로 부터의 유입, 유출은 0으로 하였다.

축산시설은 그 규모에 따라 법규제를 받고 있으며, 이를 기준으로 환경보전법의 적용을 받는 농가를 A형, 汚水·糞尿 및 畜産廢水處理에 관한 法律의 규제를 받는 농가를 B형, 그외는 비규제 대상농가로서 C형으로 분류하였다 <Table. 4>.

<Table. 4> Unit of pollutant mass discharged from livestock yard (unit: kg/ day)

Constituent	A			B			C			
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	
Cow	Korean	1.65	38.3	0.88	49.5	35.9	1.08	95.7	47.9	1.1
	Beef	1.65	38.3	0.88	49.5	35.9	1.08	95.7	47.9	1.1
	Milk	2.0	46.5	1.04	60.0	43.5	1.28	11.6	58.1	1.3
Pig	.62	9.7	0.12	18.6	9.1	0.59	31.1	12.2	0.6	

배출부하량 계산시에 퇴비로 이용되는 가축분은 농지에서의 溶脫率과 流出率을 고려하였으며 외부로 수거되는 양은 배출부하계산에서 제외시켰다.

토지이용에 따른 배출부하는 실제로는 논이나 밭, 산림지 등은 자연정화능력이 있는 것으로 보고 되고 있으나⁷⁾, 국내의 연구결과가 부족하여 본 연구에서는 자연정화능력이 없는 것으로 가정하여 발생부하량 全量이 배출되는 것으로 하였다.

공장폐수에 의한 배출부하원단위는 업종별로 BOD농도는 식품제조업 20.0g/m³/day, 섬유제조업 21.5g/m³/day, 기타 20.0g/m³/day, T-N은 식품제조업 15.86g/m³/day, 섬유제

조업 5.69g/m³/day, 기타 35.4g/m³/day를 적용하였으며, T-P는 식품제조업 7.34g/m³/day, 섬유제조업 3.45g/m³/day, 기타 11.47g/m³/day를 적용하였다.

유역전체적으로 살펴보면, BOD 1,303.93 kg/day, T-N 938.13 kg/day, T-P 71.8 kg/day가 배출되며 오염원별로는 BOD의 경우, 가축이 전체배출부하량의 60.6%인 789.7 kg/day로 가장 많이 배출하며, 토지이용에 의한 배출량이 304.3 kg/day로 전체 배출부하량의 23.3%로 축산폐수와 자연계부하가 유역전체 배출부하량의 80% 이상을 차지하였다. T-N은 자연계부하가 전체 배출부하량의 49.3%인 464.9kg/day, 가축에 의한 부하가 42.3%인 396.8kg/day로 유역전체의 91.6%를 차지하였으며, T-P도 T-N과 비슷한 경향을 보이고 있어 본 유역에서는 영양염류의 주 배출원이 축산폐수와 자연계부하임을 알 수 있다.

2. 河川수질의 豫測

가. 支川

WQMMRA모형에 의해 계산된 지천의 수질을 살펴보면, 湧水量시의 유입지천별 농도분포는 BOD 2.5~13.15 mg/l, T-N 3.668~25.082 mg/l, T-P 0.086~43.57 mg/l을 나타내고 있으며, 低水量시에는 BOD 0.5~7.2 mg/l, T-N 0.8~13.3 mg/l, T-P 0.045~23.10 mg/l, 平水量시에는 BOD 0.29~4.4mg/l, T-N 0.505~8.313 mg/l, T-P 0.028~14.4 mg/l, 豐水量시에는 BOD 0.14~2.1 mg/l, T-N 0.246~4.04 mg/l, T-P 0.014~7.033 mg/l의 범위를 나타내는 것으로 예측되었다.

유입지천의 수질을 유출량 분석기준에 적용하면, 갈수량시는 연중 10일 동안, 저수량시는 90일 동안, 평수량시는 180일 동안, 풍수량시는 270일 동안 이 기준 유량조건시의 수질보다 惡化된 상태를 나타내는 것으로 볼 수 있으므로, 예측된 지천의 수질을 권 등(1992)⁵⁾이 제안한 농업용수 수질기준과 비교해 보면 연중 180일 이상의 T-N 농도가 농업용수 수질기준 1mg/l을 초과하는 것으로 나타났

고 T-P의 농도도 비교적 높은 수치를 나타내고 있어 본 연구대상 유역의 소규모 지천들이 영양물질에 의한 오염이 심각함을 알 수 있었다.

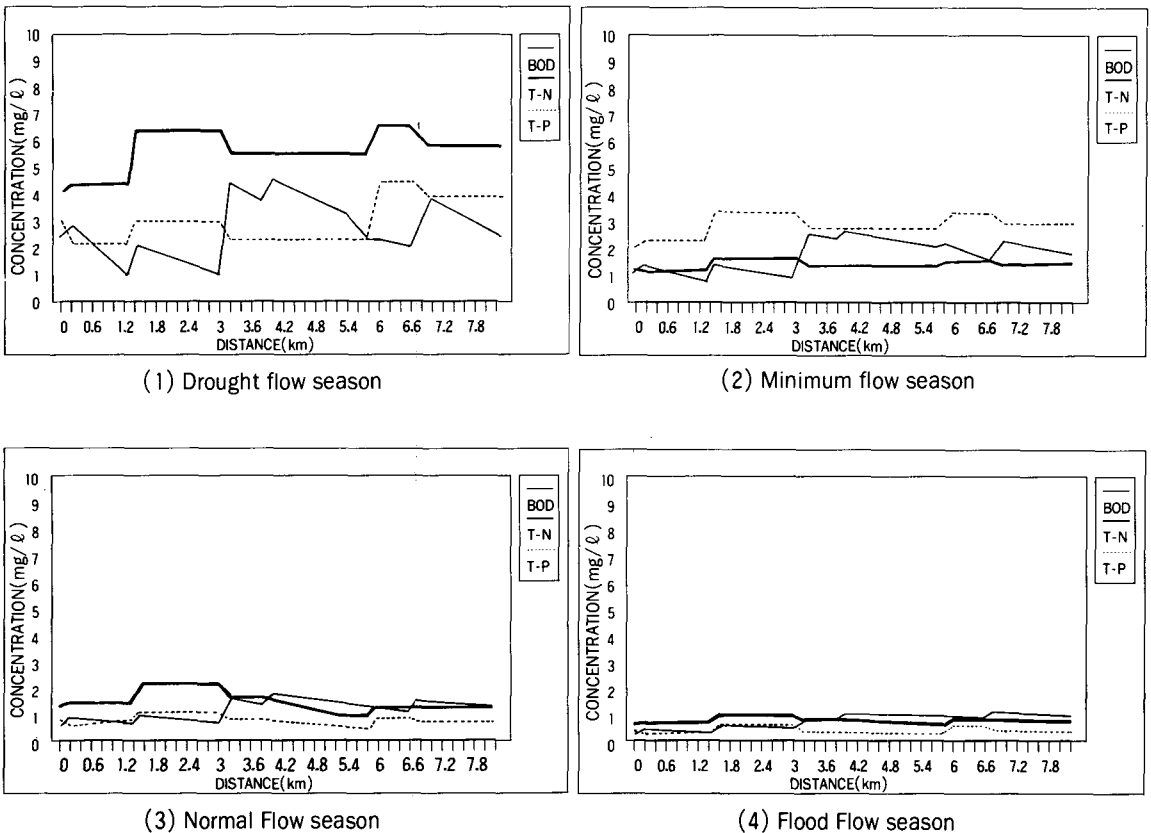
각 지천의 營養物質의 主 汚染源으로는 오염물질 排出寄與率이 큰 축산폐수와 자연계부하로 판단되며, 특히 연구대상 유역내에는 규제대상 미만의 소규모 축산농가가 유역전반에 걸쳐 散在해 있으므로 오염부하삭감 대책의 수립시 이들 소규모 축산농가의 축산폐수 및 폐기물의 관리방법을 중심으로 하여야 함을 알 수 있다.

특히, 농업용 排水路로 이용되고 있는 (D)지천은 다른 지천에 비해 오염정도가 심하며 오염 원인으로는 축산농가가 밀집하여 농경지등에 쌓아둔 畜糞에 의한 영양과 冬期에도 높은 농도를 유지하는 것을 볼 때 이 지천의 水源으로 판단되는 폐수배출

량이 많은 상류에 위치한 음료수공장에 의한 영향으로 사료된다. 즉 MPLC모형에 의해 산정된 (D)지천의 주배출원은 BOD와 T-N의 경우는 공장폐수와 축산폐수가 비슷한 수준이며, T-P는 공장폐수가 가장 큰 기여를 한다는 것을 알 수 있었다. 이 결과로부터 유입지천 (D)가 포함된 덕평유역 (WS-8)의 부하삭감대책으로는, 앞에서 언급한 바와같이 축산농가가 밀집하여 있으므로 각 농가에 관로시설을 설치하여 마을공동의 간이 축산폐수 처리시설을 설치하여 축산폐수를 처리할 필요가 있으며, 상류에 위치한 공장의 방류수는 농도규제가 아닌 총량규제를 실시하면 이 지천의 수질이 개선될 것으로 사료된다.

나. 本流

하천본류의 수질을 예측한 결과, 복하천 본류의



<Fig. 6> Fluctuation of water quality according to discharge changes in main stream

평균BOD 농도는 갈수량시에는 2.68 mg / ℓ, 저수량시에는 1.74 mg / ℓ, 평수량시에는 1.21 mg / ℓ, 풍수량시에는 0.75 mg / ℓ, 갈수량의 일부구간을 제외하고는 생활환경기준등급 II등급을 유지하는 상태로 나타났다. 전반적으로 하류로 갈수록 수질이 악화되며 관리천이 유입하는 지점 이하에서 본류의 수질이 급격히 악화되어 갈수기에 최대 BOD농도가 4.38 mg / ℓ 까지 나타내며 본류 말단 지점에서의 BOD농도는 2.37 mg / ℓ 를 나타낸다.

T-N과 T-P의 경우도 BOD와 비슷한 경향을 나타내지만, 갈수량의 농도와 그외 유량조건의 경우가 크게 차이가 나는 것이 다르다. 각 유량 조건에서의 평균 T-N농도는 갈수량시 5.41 mg / ℓ, 저수량시 1.47 mg / ℓ, 평수량시 1.49 mg / ℓ, 풍수량시 0.77 mg / ℓ 로 나타났으며, T-P는 갈수량시 3.11 mg / ℓ, 저수량시 2.90 mg / ℓ, 평수량시 0.84 mg / ℓ, 풍수량시 0.46 mg / ℓ 로 나타났다.

각 구간 별로는 T-N, T-P 농도가 작춘천 유입지점 이후에서 관리천 유입지점 전까지와 덕평지천 유입지점 이하부터 해월천 유입지점전까지의 구간이 타구간에 비해 상대적으로 오염이 심화되는 경향을 나타내고 있다. T-N의 농도는 일년 중 풍수량 시기를 제외하고는 농업용수 수질기준을 초과하여 농업용수로 이용시 농작물의 피해가 우려되므로 유역의 汚染源의 자세한 파악과 관리대책을 수립하여야 한다.

본류의 유량변화에 따른 수질농도변화는 <Fig. 6> 과 같다.

V. 결 론

최근 농촌의 소규모 河川도 수질汚染이 악화되고 있음을 고려한다면, 소하천이 포함된 농촌유역에 대한 수질관리가 필요하며 이를 위해서는 장래 수질예측과 오염부하삭감 대책의 효율성을 평가할 수 있는 도구로써 수질管理模型이 작성되어야 한다.

본 연구에서는 농촌유역에 적용할 수 있는 수질관리모형을 개발하고자 原單位와 流達率을 이용한

오염부하계산모형(MPLC)과 기존의 하천수질예측 모형인 QUAL2E 모형을 결합하여 농촌유역수질관리모형(WQMMRA)을 개발하였으며, 개발된 모형은 경기도 이천군 복하천 상류의 대표시험유역에 대하여 적용성이 검토되었다.

지천의 오염배출부하량 예측을 위해서는 유달울을 이용하였으며, 대표시험 유역에서의 BOD와 T-N에 대한 실측유달울은 연중 안정된 값을 보이고 있으나, T-P는 측정시기에 따라 다소 변동되었다. 따라서 연평균 유달울을 추정하기 위하여 流域面積, 인구수 및 농경지面積比의 3개 독립변수를 이용하여 BOD, T-N, T-P 수질항목에 대한 실측 평균유달울과의 多重回歸式을 유도하였으며, 다중회귀식은 決定係數가 BOD, T-N, T-P 모두에 대하여 0.99로서 신뢰성이 인정되었다. 또한 QUAL2E 모형의 反應係數에 대한 보정의 결과, 하천수질의 실측치와 모의발생치 사이의 상관계수가 0.98로서 높은 正相關 관계를 나타내었으므로 대표시험 유역에 대한 반응계수 값이 적절하게 보정되었음을 알 수 있었다.

모형의 적용성을 검토하고자 유역수문모형(USDAHL-74)을 이용하여 유도한 대표시험유역에서의 流況曲線으로 부터 하천의 流出量을 갈수량, 저수량, 평수량, 및 풍수량으로 변화시키면서 본 연구에서 개발된 수질관리모형으로 지천 및 본류의 수질을 예측한 結果, 유량변화에 따른 연중 하천수질의 변화가 적절히 묘사되었으므로 모형의 적용성이 인정되었다.

그러나, 앞으로 負荷削減對策에 따른 수질개선에 대한 모형의 평가가 이루어지고 강우와 계절적인 오염물질 배출특성이 고려된 유달울이 산정된다면, 본 모형(WQMMRA)은 물순환 구조가 복잡한 농촌 소유역의 수질예측 및 수질관리대책의 효율성 평가에 유효하게 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 국립환경연구원, 1987. 폐수배출시설 표준원단위 조사연구 (I), 국립환경연구원보, Vol(9)
2. 국립환경연구원, 1988. 폐수배출시설 표준원단위 조사연구 (II), 국립환경연구원보, Vol(10)
3. 국립환경연구원, 1989. 폐수배출시설 표준원단위 조사연구 (III), 국립환경연구원보, Vol(11)
4. 국립환경연구원, 1992. 한강유역을 중심으로 한 환경관리 기술개발 (I), -팔당호 및 경안천 유역을 중심으로 -
5. 권순국, 유명진, 고덕구, 1992. 농어촌 용수 환경관리에 관한 연구 (I), 보고서 92-05-07, 농림수산부, 농어촌진흥공사.
6. 권순국, 유명진, 1993. 농어촌 용수 환경관리에 관한 연구 (II), 보고서 93-05-09, 농림수산부, 농어촌진흥공사.
7. 홍성구, 1989. 농경지로부터의 오염물질 유출부하 특성, 서울대학교대학원 석사학위논문
8. 환경처, 1983. 한강유역 환경보전 종합계획사업 수질부문 보고서, Vol(24)
9. Brown, L. C., and T. M. Barnwell, 1985. The Enhanced Stream Water Quality Model QUAL2E and QUAL2E-UNCAS: Documentation and User's Manual, U.S.EPA
10. James, A., 1984. An Introduction to Water Quality and Modeling, John Wiley & Sons Inc.
11. Orlob, G.T. 1983. Mathematical Modeling of Water Quality, Streams, Lakes, and Reservoirs
12. Robert, V. T., and J. A. M., 1987. Principles of Surface Water Quality Modeling and Control
13. 國松孝男, 1989. 河川汚濁解析, 技報堂出版
14. 近畿農政局計劃部資源課, 1984. 農村地域水質廣域管理 計劃調查 報告書 水質廣域管理計劃調查 pp. 17~23
15. 日本農業土木總合研究所, 1987. 廣域農村排水システム檢討調查報告書

권순국



장정렬



약 력

1964 서울대학교 농과대학 농공학과 졸업
 1974 미국 Colorado 주립대학교 대학원, M.S.
 1980 미국 Iowa 주립대학교 대학원, Ph.D.
 현재 서울대학교 농업생명과학대학 농공학과 교수
 KCID 편집 및 학술/환경 분과위원장
 ICID 환경분과위원

1992 서울대학교 농과대학 농공학과 졸업
 1994 서울대학교 대학원 농학석사
 현재 농어촌진흥공사 시설영농처