

농촌소유역 하천수질관리를 위한 GIS 응용

김성준*

GIS Application for Rural Water Quality Management

Seong Joon Kim

요 약

농촌 소유역에서 발생된 오염물질의 이동과 이에 따른 하천의 수질변화를 공간적으로 파악하기 위하여 이와 관련된 기존의 모형들과 지리정보시스템을 통합함으로써 소유역 하천수질관리시스템을 개발하였다. 오염물질의 하천유달률을 계산하기 위한 간단한 오염부하모형, 유역의 유출을 발생시키기 위한 Tank모형 그리고 하천에서의 수질을 예측하기 위한 QUAL2E모형이 본 연구에 적용되었다. 시스템은 경기도 이천군과 용인군에 위치한 북하천유역에 적용하였으며, 발생오염물질 분포도, 배출오염물질 분포도, 하천으로의 유달률 분포도 및 주요하천지점에서의 수질현황도 등을 구축하였다.

ABSTRACT : A rural water quality management information system(RWQMIS) by integrating Geographic Information System(GIS) with the existing models (pollutants transport and river water quality) is described. A simple pollutant load model to calculate delivered pollutants to stream, Tank model to generate daily runoff and QUAL2E model to predict river water quality, were incorporated into GIS. The system was applied to 80km² watershed in Icheon Gun and Yongin Gun, Kyonggi Do. The spatial distributions of produced pollutant load, discharged pollutant load, delivered ratio to the stream, and the river water quality status for given sites were successfully generated.

서 론

지난 30여년 동안의 경제성장은 국민 생활수준의 향상을 가져왔으나 급속한 산업화와 인구의 도시집중은 도농간의 격차를 심화시키고 국토공간의 불균형을 야기시켜 전 국토의 효율적인 이용과 관리가 어려운 상황에 직면하게 되었다. 이러한 국토의 비효율적인 이용, 도시의 지나친 비대, 농촌의

피폐 및 공업지대의 확산은 현대 산업문명과 국제사회에 대응하기 위해 필연적으로 치러야 했던 과정이지만, 이로부터 야기되어지는 각종 오염은 심각한 환경문제를 초래하게 되었다.

급격한 산업화, 도시화 과정에서 발생하는 각종 폐수가 하천, 호소 및 해양으로 흘러들어 수질을 악화시키고, 농촌에서는 과다한 농약과 비료의 사용으로 광범위한 농경지가 오염되고 있어, 환경오염 중에서 수질오염과 토양오염문제는 현재 심각하

*한국수자원공사(Korea Water Resources Corporation, 462-1, Jeonim-Dong, Yusung-Gu, Taejon, Korea, 305-390, Tel. (042)860-0320)

**본 연구는 95년도 전반기 한국과학재단 Post-Doc.지원에 의하여 수행되었습.

게 대두되고 있다. 이러한 환경문제를 해결하기 위한 정책수립에는 정확하고도 시기적절한 정보가 뒷받침되어야 하지만, 관련자료의 양이 방대해지고 종류가 다양해짐에 따라 기존의 자료관리 방법이나 기술로는 해당업무를 감당하기 어려운 실정이다. 특히 환경정보를 효율적으로 관리하기 위해서는 환경정보가 현상의 위치, 속성, 시간으로 정의되는 지리정보로 구성되는 특성으로 인해 기존의 문자정보에 근거한 자료처리의 문제점이 대두되고 있다.

최근들어 컴퓨터 과학기술이 급속도로 발전하면서 도형자료에 의하여 관련정보를 효율적으로 관리, 분석하고자 하는 지리정보시스템(Geographic Information System, GIS)의 개발과 적용이 세계 각국을 비롯한 국내의 정부기관, 개인 기업체, 관련 학술분야에서 활발히 진행되고 있으며, 그 적용성이 인정되고 있다. 지리정보시스템을 활용한 주요 응용분야로는 국토이용계획, 지역계획, 환경오염발생원 추적, 환경영향평가, 유역관리, 수자원관리, 작황관리, 토지자원관리 등 매우 다양하며, 그 활용범위가 확대되고 있다.

따라서 이와 같은 수질, 토양오염문제를 해결하기 위한 효율적인 대책 수립과 시행을 위해서는 시간적, 공간적 각종 오염의 발생상황 파악과 감시, 그리고 예측이 요구되는 바, 이를 위한 도구로서 지리정보시스템을 이용한 환경관련 자료의 구축과 분석이 적합한 것으로 사료된다.

본 연구의 목적은 농촌 소유역에서의 오염발생 및 이에 따른 하천수질의 상황을 효과적으로 파악하기 위하여 지리정보시스템(GIS)과 유역오염부하산정, 유역유출모형 및 하천수질예측모형을 결합한 하천수질관리시스템을 개발하고, 대상유역의 자료기반인 도형자료와 속성자료를 구축하여 유역전체의 오염발생, 오염배출분포 및 하천지점별 수질상태 등의 결과를 출력하므로써 시스템의 적용성을 검토하는데 있다.

하천수질관리시스템의 개발

시스템의 개요

본 시스템은 농촌 소유역에서의 오염부하산정을 위한 모형, 주요하천지점별 하천수질예측을 위한 모형 및 유역의 오염발생상황 및 하천의 수질관리를 위한 지리정보시스템으로 구성되어 있다.

오염부하산정모형은 각종 오염원으로부터의 발생, 배출 오염부하량 및 유달률을 계산하며, 본 모형에서 채택한 수질오염 지표항목으로는 유기물질의 오염정도를 나타내는 지표인 생물화학적산소요구량(BOD), 영양물질에 의한 오염정도를 나타내는 지표인 총질소(T-N), 총인(T-P)이다.

유역유출모형은 우리나라 중소규모 유역에서의 일유출량계산에 적합하도록 김·박(1988)에 의하여 수정된 3단 Tank모형을 선정하여 소유역별 유출량을 모의발생하였다.

하천수질예측모형은 그동안 국내외에서 그 적용성이 인정되고 있고, DO, BOD, Chlorophyll-a, org-N, NH₃-N, NO₂-N, NO₃-N, org-P, dissolved-P 등 모두 15개의 수질항목에 대하여 예측이 가능한 QUAL2E모형을 선정하여 주 하천에서의 수질을 예측하였다.

지리정보시스템은 Intergraph의 스캐너(Eagle-4050), 백터라이저(Interpro2020) 및 ESRI(Environmental Systems Research Institute)의 ARC/INFO(ver. 6.1.1)를 선정하여 대상유역의 도형자료 및 속성자료를 구축하였다. 오염부하산정 및 하천수질예측을 위한 입력자료 및 출력결과는 ARC/INFO의 내장언어인 AML(Arc Macro Language)를 사용하여 생성시켰으며, 시스템의 관리체계는 풀다운 메뉴방식으로 구성하여 실행되도록 하였다. 시스템의 개념을 도식화하면 Fig.1과 같다.

오염부하산정모형

유역의 오염부하산정은 전체유역을 여러개의 소유역으로 나누어서 소유역별로 오염원 규모, 배출

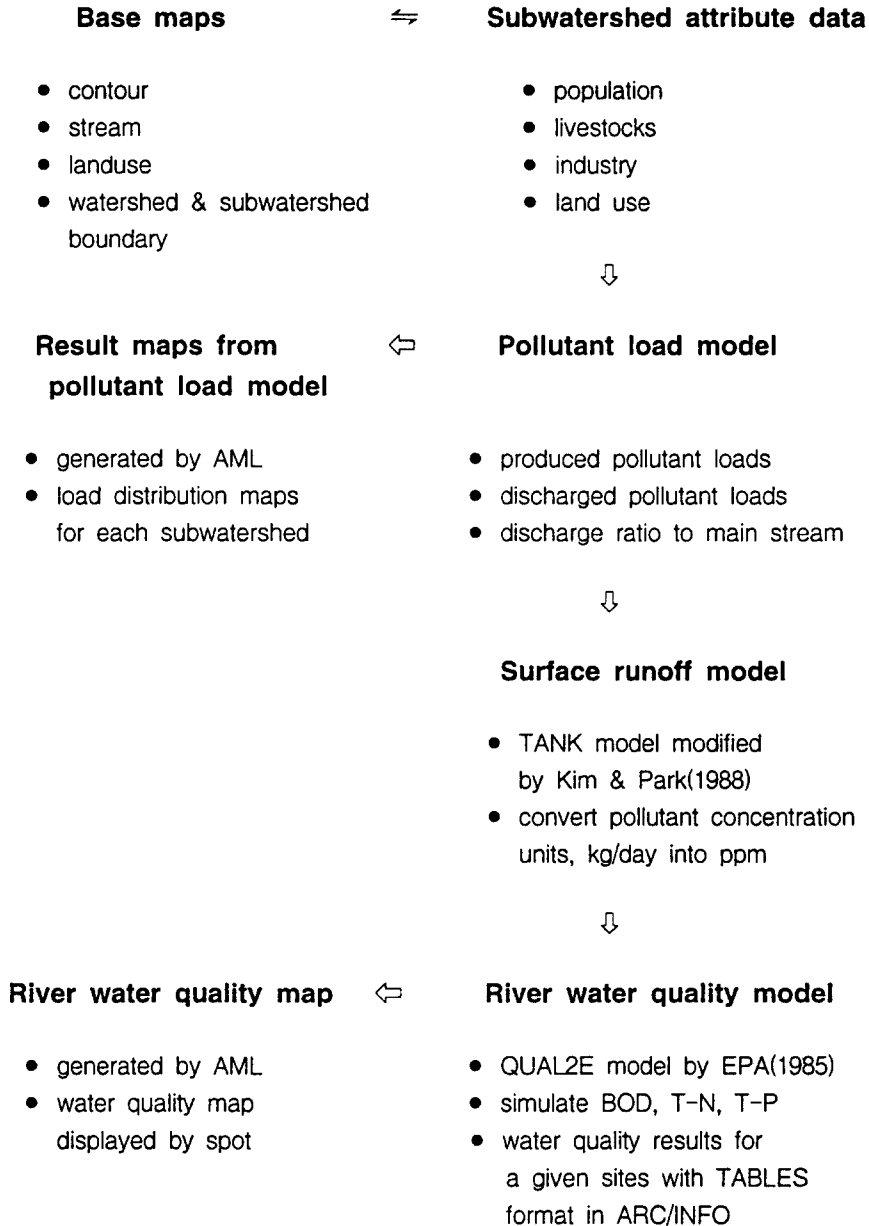


Fig. 1. Schematic diagram of Rural Water Quality Management Information System (RWQMIS)

형태 및 배출부하량 등의 자료로부터 소유역별 오염발생부하량, 지천으로의 배출부하량 및 본류로의 유입부하량을 오염원 종류별로 산정한다. 오염원의

종류는 생활계, 축산계, 산업계 및 자연계의 4가지로 구분하였다.

가. 오염발생부하량 계산

오염원별 발생부하량은 오염원 규모에 각 오염원별 발생원단위를 곱하여 산정하며, 오염원별로 정리하면 Table 1과 같다.

Table 1. Produced pollutant load calculation

Pollutant source	Calculation
Domestic	Population · Pollutant load factor for wastewater / excrement
Livestock	Head no. · Pollutant load factor for feces / urine
Industry	Wastewater water · Concentration
Land use	Land use area · Pollutant load factor

나. 오염배출부하량 계산

배출부하량은 발생한 오염원이 지천에 도달하는 부하량이다. 생활계부하는 일반적으로 생활잡배수와 분뇨로 구분하고, 생활잡배수는 다시 하수처리와 직접방류로, 분뇨는 수거, 정화조, 농지환원으로 세분하여 산정한다. 축산계부하는 분과 뇨로 구분하고 분은 다시 야적, 농지환원, 수거로, 뇨는 전량 처리, 처리율 50%, 무처리의 세가지형태로 세분하여 산정한다. 산업계부하는 폐수배출량 및 농도를 고려하여 산정하며, 자연계부하는 발생부하 전량이 배출되는 것으로 산정한다.

다. 오염부하 유달 계산

오염부하 유달은 지천에 도달된 배출부하량이 지천을 유하하여 하천의 본류에 도달하는 부하량으로서, 수질예측모형에서 점부하로 사용된다. 지천에서 본류까지의 부하변화는 하천의 자정능력을 고려해야 하는데, 본 연구에서는 오염물질의 유달특성을 나타내는 매개변수로서 본류 유입부하량의 배출부하량에 대한 비인 유달률을 사용한다.

유역유출모형

하천의 수질을 예측하기 위해서는 유역의 유출특

성을 우선 파악하여야 한다. 본 연구에서는 유역을 유출성분에 따라 3단 탱크와 각각 4개의 유출공을 갖는 것으로 하여 소유역별 일유출량을 추정한다.

가. 기본이론

Tank의 저류량은 다음 식과 같이 계산된다.

$$S_t = S_{t-1} + R_t - Q_t - E_t \dots\dots\dots(1)$$

여기서, S = 저류량, R = 강수량, Q = 유출량, E = 증발산량, t = 시간이다.

일반적으로 수문모형에서는 저류량과 유출량과의 관계를 다음과 같이 선형식으로 표시한다.

$$Q = K(S - S_0) \dots\dots\dots(2)$$

여기서, K = 저류계수, S₀ = 한계저류량으로 초기 차단량 또는 유출이 발생하지 않는 토양공극수량 등을 나타낸다.

나. 유역유출량 산정

Tank모형으로 부터 유출량은 지표유출, 중간유출 및 기저유출의 합으로 다음과 같이 정의된다.

$$Q_t = q_1 + q_2 + q_3 \dots\dots\dots(3)$$

여기서, Q_t = t일의 일유출량, q₁ = 상단탱크로 부터의 유출량 성분, q₂ = 중간탱크의 유출량 성분, q₃ = 하단탱크의 유출량 성분이다.

1) 지표유출 q₁

지표유출량 q₁은 상단탱크에 있는 2개의 유출공으로 부터의 유출량의 합으로 구성된다. 즉,

$$q_1 = q_{11} + q_{12} \dots\dots\dots(4)$$

여기서, q₁₁ = 상단탱크의 상부유출공으로 부터의 유출량, q₁₂ = 상단탱크의 하부 유출공으로 부터의 유출량이다.

각 유출공으로 부터의 유출량은 식(2)의 저류량 - 유출량의 관계로 부터 다음과 같이 정의된다.

$$q_{11} = a_{11}(S_1 - h_{11})$$

if $S_1 > h_{11}$ (5)

$$q_{11} = 0$$

if $S_1 \leq h_{11}$ (6)

$$q_{12} = a_{12}(S_1 - h_{12})$$

if $S_1 > h_{12}$ (7)

$$q_{12} = 0$$

if $S_1 \leq 0$ (8)

여기서, S_1 = 상단탱크의 저류량, h_{11} , h_{12} = 상단 탱크의 유출공의 높이(식(2)의 S_0 에 해당), a_{11} , a_{12} = 각유출공의 저류계수이다.

2) 중간유출 q_2

$$q_2 = a_2(S_2 - h_2)$$

if $S_2 > h_2$ (9)

$$q_2 = 0$$

if $S_2 < 0$ (10)

여기서, S_2 = 중간탱크의 저류량, h_2 = 유출공의 높이, a_2 = 저류계수이다.

3) 기저유출 q_3

$$q_3 = a_3(S_3 - h_3)$$

if $S_3 > h_3$ (11)

$$q_3 = 0$$

if $S_3 < 0$ (12)

여기서, S_3 = 하단탱크의 저류량, h_3 = 유출공의 높이, a_3 = 저류계수이다.

다. Tank모형에서의 매개변수 결정

식(5) - 식(12)에서 보는 바와 같이 Tank모형에 의한 유출량 추정을 위해서는 매개변수 a, h 및 S의 추정이 필요하다. 본 연구에서는 김(1988)의 연구 결과를 이용하여 Table 2의 회귀식을 사용하였는 바, 유역면적과 유역의 토지이용 상태를 파악

하면 매개변수의 결정이 가능하다.

Table 2. Regression equations of Tank model parameters

Parameters	Regression equation	Remarks
Runoff hole area	a11 = -0.00414 P + 0.169 a12 = -0.00175 F + 0.333 a2 = 0.00657 U + 0.163 a3 = -0.000267 U + 0.00912	P : Paddy area(%) U : Upland area(%) F : Forest area(%) A : Area(km ²)
Height to runoff hole	h11 = 5.0 h12 = 16.68 ln(A) + 24.2 h2 = -0.0934 U + 2.0904 h3 = 0.0	
Initial storage depth	S1 = 0.0 S2 = 0.0 S3 = 43.686 ln(A) + 37.159	

Note) Kim, H. Y., 1988, Simulating Daily Inflow and Release Rates for Irrigation Reservoirs, Seoul Nat'l Univ., Ph. D. Thesis.

하천수질예측모형

QUAL2E 모델은 1985년 미국 환경처(EPA)에 의하여 QUALII/Semcog을 개인용 컴퓨터에서 사용할 수 있도록 수정한 것이며 수정시 기존의 QUALII/Semcog에서 염류의 영양염류와의 관계, 온도보정 계수, 댐에 의한 산소공급 등을 고려하고 BOD와 DO의 도식화 등 입출상의 개량을 도모한 1차원 수질예측 모델이다.

해석형태로는 정상 상태(steady state) 또는 동적 상태(dynamic state) 해석이 가능하나 완전 동적상태 해석이 아닌 Pseudo-Dynamic으로서 동적해석은 하천의 최상류부, 점오염원 및 비점오염원에서의 유량을 비롯한 수질자료들이 정상상태로 입력되기 때문에 상류부로부터 하류부까지의 수질은 점차 정상 상태에 수렴한다.

하천 수계는 수리학적 특성이 유사한 구간인 대구간(reach)으로 나누고 대구간은 계산이 실제로 이루어지는 소구간(element)로 이루어진다. 소구간은 물질수지의 형태에 따라 standard, input, withdrawal, headwater, junction, downstream 등 7가지 소구간으로 나누어 진다.

가. 기본이론

QUAL2E는 다음과 같은 물질수지 방정식과 연속법칙에 의하여 수체내의 모든 반응을 표현하여, 수식의 해는 역음해법에 의하여 구해진다.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial(A_x \cdot D_L \cdot \frac{\partial C}{\partial X})}{A_x \cdot \partial X} - \frac{\partial(A_x \cdot \bar{u} \cdot C)}{A_x \cdot \partial X} + \frac{dC}{dt} + \frac{S}{V} \dots\dots\dots(13)$$

여기서, C : 농도(ML⁻³), t : 시간(T), Ax : 단면적(L²), DL : 총확산 계수(L²t⁻¹), \bar{u} : 평균 유속(LT⁻¹), S : 물질의 유출 또는 유입(MT⁻¹), V : 체적(=AX·∂X)(L³)이다.

나. 수리학적 특성

QUAL2E모형은 하천의 흐름이 종단방향으로 정상상태라고 가정한다. 평균유속과 평균수심은 유량계수법을 이용하여 계산요소별로 계산한다. 유속(u)과 유량(Q), 수심(d)의 관계는 다음 식과 같으며, 각 계수는 실측자료를 회귀분석에 의하여 결정한다.

$$u = aQ^b, d = aQ^c \dots\dots\dots(14)$$

여기서, a,b : 유속회귀계수, α,β : 수심회귀계수

다. 수질요소의 반응과 상호작용

본 연구에서 계산되는 수질항목은 BOD, 유기질소, 암모니아성 질소, 아질산성 질소, 질산성 산소, 유기인, 용존인이다.

라. 모형의 구성

QUAL2E는 1개의 주 프로그램과 50개의 부프로그램으로 구성되어 있으며, 부프로그램은 입력, 수리, 온도, 상호영향이 없는 수질항목, 상호영향이 있는 수질항목, 정상상태의 수렴여부의 판단, 각종 형태의 출력을 수행하며, 모든 예측항목은 역음해법(Implicit Backward Difference Method)에 의하여 해석하고 있다.

하천수질관리시스템(Rural Water Quality Management Information System, RWQMIS)

가. 도형자료층의 설계

도형자료는 등고선도, 유역경계도, 하천도, 토지이용도의 4개층으로 구성하였다. 등고선도는 국립지리원에서 제공된 원도를 스캐닝하고 속성은 고도를 입력하여 구축한다. 유역경계도는 지도에서 선으로 트레이싱하여 구축한다. 하천도는 지도에서 선으로 트레이싱하고 속성은 하천폭, 단면형태 등의 하천형태를 입력하여 구축한다. 토지이용도는 국립지리원의 인공판 원도를 이용하여 면으로 트레이싱하고 속성은 논, 밭, 산림, 주거지, 기타 등으로 입력하여 구축한다. 이들 자료층의 내용을 정리하면 Table 3과 같다.

Table 3. Layer design and its attribute

Layer	Feature	Attribute	Map scale
Contour	Line	Elevation	1:25,000
Stream	Line	Stream name	
Land use	Polygon	Landuse type no.	
Watershed boundary	Polygon	Watershed no.	

나. 도형자료의 구축

도형자료의 구축은 서울대학교 농업개발연구소의 “농어촌용수이용 합리화계획 자료정보 데이터베이스 구축연구(I)~(III)”에서 연구된 바 있는 자료구축의 흐름도에 따라 구축하였다. Table 4는 자료구축에 사용된 H/W 및 S/W이다.

Table 4. Systems for data construction

Hardware	Software	Use
Intergraph, Eagle 4050	I/SCAN	Scanning
Intergraph, Interpro 2020	I/RAS32	Raster editing
Intergraph, Interpro 2020	I/VECMS	Vectorizing
Sun Sparc 1+	ARC/INFO	Editing, Attribute input

다. 유역 속성자료의 설계

유역의 오염상황 및 하천의 수질예측을 위한 소유역별 속성입력내용은 Table 5와 같다.

Table 5. Attribute data of each layer

Contour	Watershed boundary	Stream	Land use
<ul style="list-style-type: none"> Level 	<ul style="list-style-type: none"> Watershed no. / area No. of population No. of Korean cow / milk cow / pig / chicken No. of textile / food / beverage / other factory 	<ul style="list-style-type: none"> Level Stream name 	<ul style="list-style-type: none"> Land use type <p>< paddy / upland / forest / settlement / others ></p>

라. 모형의 입력자료 및 출력자료 추출

유역유출모형, 하천수질예측모형에서 요구되는 입력 및 출력자료를 지리정보시스템에서 추출 및 자동생성될 수 있도록 AML 프로그램을 구성하였으며, 그 내용을 정리하면 Table 6과 같다.

Table 6. Available data from maps and generated results from models

Map name	Extracted data	Model name	Generated data
Subwatershed boundary	<ul style="list-style-type: none"> No. of population No. of livestock No. of factory 	Pollutant load	<ul style="list-style-type: none"> Produced pollutant load distribution for each sub watershed
Land use	<ul style="list-style-type: none"> Area for each land use type 	TANK	<ul style="list-style-type: none"> Pollutant concentration
Contour	<ul style="list-style-type: none"> River slope 	QUAL2E	<ul style="list-style-type: none"> Point-source pollution from TANK model River water quality for given sites

시스템의 적용

대상유역 개요

시스템의 적용은 서울대학교 농업개발연구소의 “농어촌용수 환경관리에 관한 연구(Ⅰ)~(Ⅲ)”에서 연구된 바 있는 경기도 용인군과 이천군에 위치한 북하천유역을 대상으로 하였다. 북하천은 용인군의 독조봉에서 발원하여 유역의 말단인 주미교까지 유역면적 80Km², 유로연장 17Km를 유하하는 동안 7개의 지천이 유입되고 있다. 본 연구에서 사용된 원단위자료, 오염원자료 및 하천수질자료는

위의 연구보고서에서 조사 및 측정된 자료들을 인용하였다.

대상유역의 인구는 1993년 현재 10,284명(인구 밀도 : 128.6인/km²)이며, 축산은 한우 824두, 유우 1,830두, 돼지 13,389두, 닭 187,265두로서 유역전반에 산재해 있으며, 산업은 식품, 음료제조업의 중규모 공장 5개와 기타 25여개의 소규모 가내공장이 있으며, 토지이용은 임야 64%, 논 17.7%, 밭 9.8%, 대지 1.9%, 기타 6.8%를 차지하고 있다. 유역은 하천의 주요수질측정지점별로 모두 13개의 소유역으로 나누었다.

적용 결과

가. 오염발생부하량

유역의 오염발생부하량은 원단위의 산정방법에 따라 큰 차이를 보일 수 있다. 본 연구에서 적용한 오염원별 발생원단위를 정리하면 Table 7~Table 10과 같다. 이를 이용하여 AML로 구축한 소유역별 오염발생부하량의 분포도 예는 Fig.2와 같다. 오염원 항목별 BOD발생부하량을 상대적 크기로 표시하였는 바, 4번 유역에서 축산계, 산업계 BOD발생부하량과 8번 유역에서 특히 산업계 BOD발생부하량이 크게 나타났다. 이는 이 유역에 축산과 공장이 집중되어 있음을 알 수 있다.

Table 7. Produced pollutant mass unit from rural domestic sewage

Source	Water quality item	Primitive unit (g/capita/day)
Wastewater	BOD	11.0
	T-N	1.0
	T-P	0.4
Excrement	BOD	18.0
	T-N	9.0
	T-P	1.0

Table 8. Produced pollutant mass unit from livestock

(unit : g/head/day)

Item	BOD		T-N		T-P	
	Feces	Urine	Feces	Urine	Feces	Urine
Korean cow	331.0	95.7	60.3	47.9	11.0	1.1
Milk cow	330.0	111.6	252.0	58.1	14.5	1.3
Pig	141.2	31.1	18.5	12.2	12.5	0.6
Chicken	3.4	-	4.8	-	0.2	-
Others	160.0	-	21.0	-	7.5	-

Table 9. Produced pollutant mass unit from industrial wastewater

(unit : g/day/m³)

Factory Type	BOD	T-N	T-P
Food	2421.0	32.4	17.0
Beverage	164.0	37.8	17.2
Textile	987.0	103.4	11.3
Others	288.0	52.0	21.5

Table 10. Produced pollutant mass unit from landuse

(unit : kg/km²/day)

Land use type	BOD	T-N	T-P
Paddy	5.12	8.20	1.40
Upland	5.18	8.95	0.39
Forest	1.00	4.64	0.021
Settlement	87.60	10.05	0.55
Others	0.96	4.64	0.027

나. 오염배출부하량

오염배출부하량은 생활계의 경우, 생활잡배수는 발생량 전량이 지천으로 배출되는 것으로 하고, 분뇨는 수거, 정화조, 부숙탱크, 농지환원으로 분류하여 정화조 사용시 일반적인 부하제거율인 BOD 65%, T-N 7%, T-P 15%를 적용하였다. 축산계는 Table 11과 같이 환경보전법 적용농가(A형), 축산폐수처리에 관한 법률규제농가(B형), 비규제농가로 구분하여 적용하였다. 산업계는 Table 12

와 같이 적용하였으며, 자연계는 발생량전량이 배출되는 것으로 가정하였다. 소유역별 오염배출부하량의 분포도 예는 Fig.3과 같다. 1번, 4번 유역에서 축산계, 자연계 T-N배출부하량이 크게 나타났고, 8번 유역에서 특히 산업계 T-P배출부하량이 큰 것을 알 수 있었다.

Table 11. Discharged pollutant mass unit from livestock

(unit : kg/day)

Item	Type A			Type B			Type C		
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
Korean cow	1.65	38.3	0.88	49.5	35.9	1.08	95.7	47.9	1.1
Milk cow	2.0	46.5	1.04	60.0	43.5	1.28	11.6	58.1	1.3
Pig	0.62	9.7	0.12	18.6	9.1	0.59	31.1	12.2	0.6

Table 12. Discharged pollutant mass unit from industrial wastewater

(unit : g/m³/day)

Factory type	BOD	T-N	T-P
Food	20.0	15.86	7.34
Textile	21.5	5.69	3.45
Others	20.0	35.40	11.47

다. 오염부하유달률

소유역별 유달률은 장(1994)의 연구에서 도출된 식(15)~식(17)의 다중회귀식을 사용하였으며, 소유역별 유달률 분포도의 예는 Fig.4와 같다. 하천으로의 BOD유달률은 7번, 8번 및 12번 유역에서 20~30%로서 다른 유역보다 크게 나타났다.

$$Y1 = 0.399708 X1 - 0.00465 X2 + 0.374169 X3 + 10.67 \dots\dots\dots(15)$$

$$Y2 = -0.15736 X1 - 0.00017 X2 - 0.14932 X3 + 31.77 \dots\dots\dots(16)$$

$$Y3 = 10.82858 X1 - 0.1141 X2 + 5.517752 X3 + 307.62 \dots\dots\dots(17)$$

여기서,

Y1, Y2, Y3 : BOD, T-N, T-P의 유달률(%)
 X1, X2, X3 : 유역면적(Km²), 인구수(인),

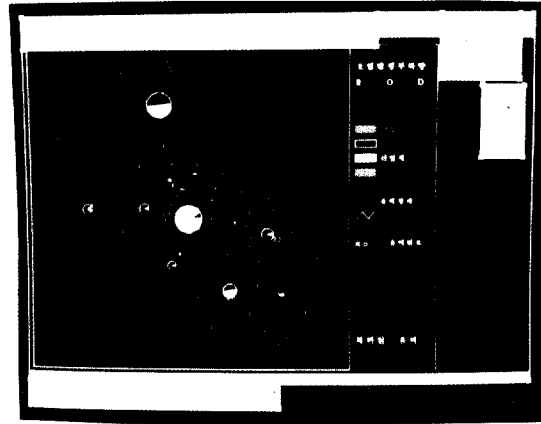
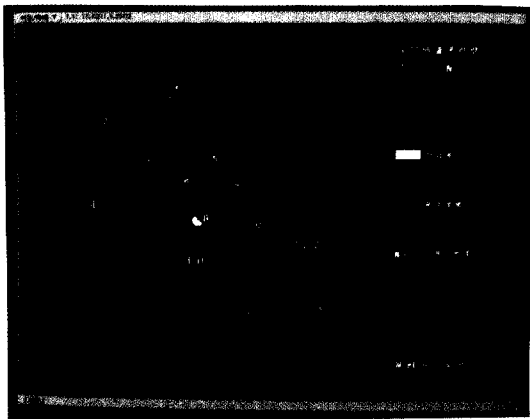
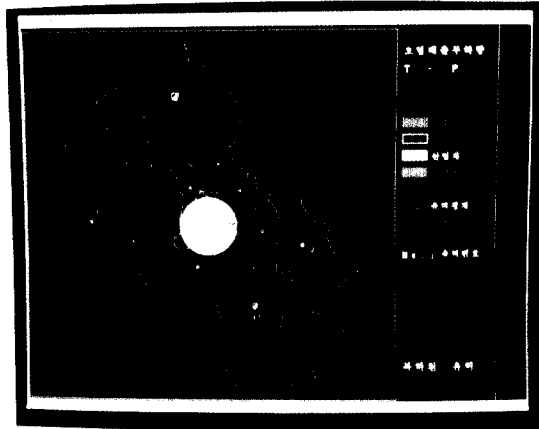


Fig. 2. Spatial distribution of pollutant load(BOD) produced at each subwatershed



(a) T-N



(b) T-P

Fig. 3. Spatial distribution of pollutant load(T-N, T-P) discharged at each subwatershed



Fig. 4. Spatial distribution of pollutant load (BOD) delivery ratio

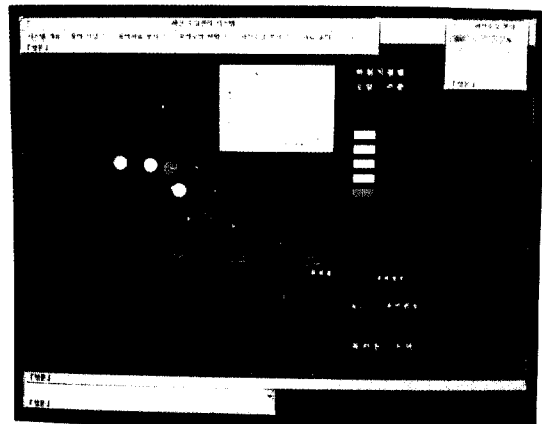


Fig. 5. Stream water quality(BOD) along the main stream

농경지비율(%)

라. 주요지점별 하천수질예측

QUAL2E모형의 직용을 위하여 대상구역의 분류는 6개의 대구간으로 구분하고, 소구간은 200m씩 균등분할하여 모두 50개로 구분하였다.

하천수질을 예측하기 위한 선행과정으로서 Tank유 모형으로 일유출량을 추정하여 각 소유역별에서 분류로 유입되는 수질오염농도를 계산하였다. 여기서 Tank모형의 입력자료는 구축된 토지이용도에서 추출하였다. 계산된 수질오염농도는 QUAL2E모형의 입력자료로 제공되어 주요지점별 수질을 모의발생하였다. QUAL2E의 출력자료는 하천도의 속성자료로 제공되어 하천수질을 생성시키도록 AML로 구성하였는 바, 그 예는 Fig.5와 같다. 3번유역을 지나면서 BOD는 2ppm을 넘어섰으나, 6번 유역부근에서 BOD 1ppm이하로 떨어졌고, 8번유역을 지나면서 BOD 5ppm이상을 유지하는 것으로 나타났다. 이는 3번 유역까지는 특히 4번 유역이 BOD를 증가시키다가 5번, 6번 유역에서는 BOD의 유입감소로 하천의 자연정화기능으로 이 구간에서 BOD농도가 일시 떨어진 것으로 판단되며, 8번 유역에서의 산업계 BOD로 인하여 그 이하로는 수질이 악화되는 것을 알 수 있다.

결 론

농촌 소유역에서의 오염발생 및 이에 따른 하천수질의 상황을 효과적으로 파악하기 위하여 지리정보시스템(GIS)과 유역오염부하 산정모형, Tank유출모형 및 QUAL2E 수질예측모형을 결합한 하천수질관리시스템을 개발하였다. 직용유역은 경기도 용인군 및 이천군에 위치한 북하천을 대상으로 하여, 둑고선도, 유역경계도, 하천도, 토지이용도의 4개층으로 구성된 도형자료와 유역의 오염원현황 및 하천수질예측을 위한 속성자료를 구축하고 이를 토대로 BOD, T-N, T-P의 소유역별 오염발생부

하분포도, 오염배출부하분포도, 유달률분포도 및 주요 하천지점별 수질현황도 등의 결과를 출력하므로써 시스템의 직용성을 검토하였다. 본 연구의 결과는 농촌지역에서의 요구되는 유역내의 점원 및 비점원 오염관리 및 소하천 수질관리에 효율적인 지원이 가능할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

고재균, 정하우, 이남호, 김성준외, 1991, 농어촌용수 이용 합리화계획 자료정보 D/B 구축연구 (I), 농림수산부, 농어촌진흥공사
 고재균, 정하우, 이남호, 김성준외, 1992, 농어촌용수 이용 합리화계획 자료정보 D/B 구축연구 (II), 농림수산부, 농어촌진흥공사
 고재균, 정하우, 이남호, 김성준외, 1993, 농어촌용수 이용 합리화계획 자료정보 D/B 구축연구 (III), 농림수산부, 농어촌진흥공사
 권순국, 유명진, 고덕구, 1992, 농어촌용수 환경관리에 관한 연구 (I), 연구보고서 92-05-07, 농림수산부, 농어촌진흥공사
 권순국, 유명진, 1993, 농어촌용수 환경관리에 관한 연구 (II), 연구보고서 93-05-09, 농림수산부, 농어촌진흥공사
 권순국, 유명진, 오세익, 1994, 농어촌용수 환경관리에 관한 연구 (III), 연구보고서 93-05-16, 농림수산부, 농어촌진흥공사
 김한태, 1993, 농촌유역에서의 수질오염특성에 관한 연구, 서울대학교 대학원 석사학위논문
 장정렬, 1994, 농촌유역 수질관리모형의 개발에 관한 연구, 서울대학교 대학원 석사학위논문
 정영진, 1995, 농촌유역에서의 수질관리에 관한 연구, 서울대학교 대학원 석사학위논문
 이천균, 1994, 통계연보
 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
ESRI, 1990, Understanding GIS : The ARC/
INFO Method, Environmental Systems
Research Institute, Inc., Redlands CA, USA

Kim, H. Y., 1988, Simulating Daily Inflow and
Release Rates for Irrigation Reservoirs,
Seoul Nat'l Univ., Ph. D. Thesis.