The Journal of GIS Association of Korea, Vol. 10, No. 2, pp. 263-273, July 2002

GIS 데이터를 이용한 오염 유출량의 해석과 폐쇄성 수역의 적용에 관한 연구

강상혁* · 김승호** · 권재혁** · 野口正人***

A Study on the Estimation of Pollutant Runoff using GIS data and Application to the Closed Watershed

Sang-Hyeok Kang* · Seung-Ho Kim** · Jae-Hyuk Kwon** · Noguchi M.***

요 약

본 연구에서는 폐쇄성 유역에 있어서 적정 수환경 관리방안에 대하여 고찰하였다. 공간적으로 분포하는 각종 환경정보를 효과적으로 얻기 위하여 GIS데이터를 이용하였다. 표고 데이터로부터 유역의 수로 및 하도망을 자동적으로 도출하였으며, 수치고도모델(Digital Elevation Model)을 모형화함으로써 유역으로부터의 질소 오염물질 유출량을 해석하였다. 본 모형은 실측자료를 토대로 보정 및 검증하였다. GIS와 연계한 본 모형은 다수의 유입지류를 가지는 수역에 효과적이며, 토지이용의 변화를 고려한 오염물질 유출해석에 적절하게 이용될 것이다.

주요어 : 오염발생, GIS, DEM, 폐쇄성 수역

ABSTRACT : This paper presents desirable water environmental management to a closed watershed. In order to obtain spatially distributed environmental information, GIS data have been used. Elevation data are used to extract stream channels automatically and to divide networks of a watershed. A Digital Elevation Model (DEM) has been developed, validated, and adopted to estimate the runoff of total nitrogen pollutant from watershed. This GIS-linked model can be applied effectively to the watersheds with many sub-streams, and for the estimation of pollutant runoff considering land use change.

Keywords : Pollutant runoff, GIS, DEM, Closed watershed

* 국립 삼척대학교 환경연구소(Institute of Environmental Research, ————)
** 국립 삼척대학교 환경공학과(Department of Environmental Engineering, Samcheok National University)
*** (일본)나가사키 대학 공학부(School of Engineering, University of Nagasaki)

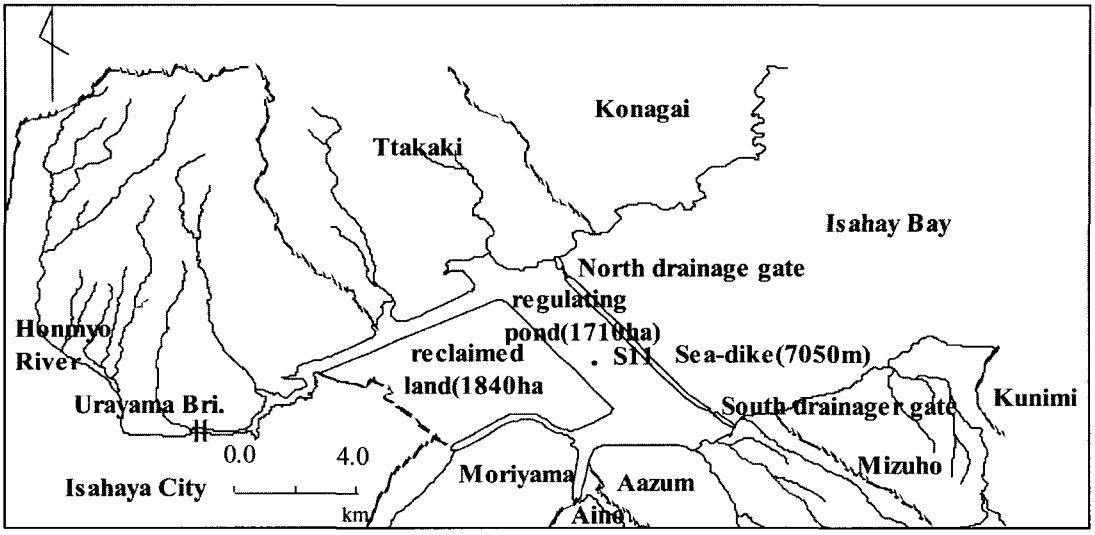
1. 서 론

현재 일본 나가사키현의 이사하야만에는 간척사업이 진행되어 이에 따라 수환경에 미치는 영향에 대하여 관심이 고조되고 있으며 조정지 및 그 주변에는 부영양화 현상을 비롯한 수질악화가 문제시되고 있다. 폐쇄성 수역에서의 수질을 적정하게 유지하기 위해서는 유역 수환경 관리를 고려한 유역으로부터의 영양염류 유입을 적극적으로 제어할 필요가 있다.

또한 도시화에 따라 전체 오염 유출량에 대한 비점원 오염 유출량이 점하는 비율이 증가하는 경향으로 볼 때 수역의 수질을 적절히 관리하기 위해서는 유역내에 분포하는 비점원 오염 발생량의 공간적 · 시간적인 분포를 파악함과 아울러 수역으로 유출되는 오염 발생량을 양적 · 질적인 측면에서 규명하는 것이 중요시되고 있다. 이와 같은 목적을 달성하기 위해서는 유역에 분포하는 오염원뿐만 아니라 수역에서의 수환경을 정확하게 평가하여 장래 환경변화를 적절하게 예측할 수 있는 유역관리 모델을 구축할 필요가 있다. 유역의 유출현상에 대해서는 지리 · 지형정보의 정비에 의해 이들 지형정보를 이용한 분포형 유출해석이 다수 진행되고 있다. 지형정보를 이용한 수치고도모형의 이용은 1984년 O`Callaghan과 Mark에 의해 제안된 이후 여러 유역에 있어서 적용 및 검토가 이루어져 왔으나 대부분 유역의 유출에 국한되고 있거나 강우에 따른 수역의 수질모의 결과의 영향에 대해서는 규명되지 않은 점이 많다(Qiang L. et al. 1999, Fujita A. et al. 2001 and AO, T. et al. 2001). 또한 본 유역과 같이 다수의 지천과 잔류유역을 가지는 경우 수역의 물질수지를 세우는데 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 GIS데이터를 이용한 수치고도 모형을 작성하여 유역으로부터 수역으로 유입하는 우수 및 오염 유출량을 보다 정확히 예측함과 아울러 유역과 수역을 연계하여 수질을 예측할 수 있는 통합적인 모형의 구축을 시도하였다. 구체적으로는 보다 효과적인 유역 물관리를 위해 유역정보로서 GIS데이터를 활용함과 아울러 표고데이타를 기반으로 한 흐름방향도를 작성하였다. 그러나 통상의 흐름방향도 작성법으로는 평균 지반고와 국소적인 하상고와의 차이로써 구해지는 유역의 오차가 발생하는 것을 피할 수 없다. 이는 유역으로부터의 오염 발생 유출량의 평가를 보다 정확하게 산정하는데 있어 큰 영향을 미칠 수 있다. 따라서 이와 같은 문제점에 대하여 검토한 후 우수 및 오염 유출량을 물리적인 개념에 기초한 유출모형의 개발을 시도하였다. 또한 개발된 모형을 간척지 제방의 건설로부터 금후 수환경 문제의 큰 관심사가 되는 조정지에 적용하여 그 유효성을 검토하고자 하였다.

2. 연구의 대상지역과 방조제 건설의 개요

이사하야만 간척사업은 [그림 1]에 나타난 바와 같이 동경(130° 00' - 130° 15'45"), 북위(32° 47' - 32° 59')에 위치하여 이사하야



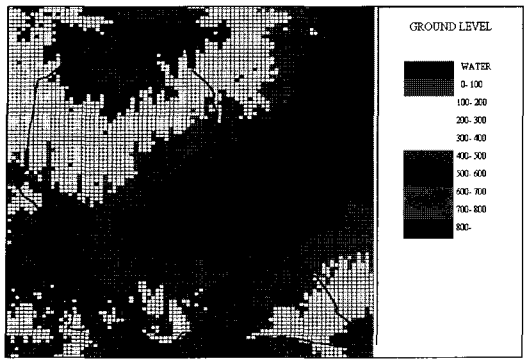
[그림 2] 이사하야만 조정지 유역의 개념도

시 및 주변의 4개 마을을 중심으로 만의 일부에 대하여 연장 7050m의 방조제를 건설하여 조성된 35.5㎢의 만 내부를 다시 내부 제방을 축조함으로써 새로운 1840ha의 토지와 1710ha의 조정지를 조성하는 것이다. 본 사업의 본래 목적은 방조제의 건설을 통하여 주변지역을 자연 재해로부터 피해를 경감하고 동시에 조정지 내부의 물을 북부와 남부의 양 배수 수문에서 표고 -1m의 수위로 제어하여 동 지역의 배수 불량이라든가 홍수피해를 방지하고자 하는 종합적인 방재기능의 강화에 그 목적을 두고 있다. 그러나 방조제 건설로 인하여 만 내부는 폐쇄성이 강한 수역이 되어 수질저하가 불가피하게 되었다. 쾌적한 수환경을 유지·창조하기 위해서는 유역으로부터 물관리를 진행시키는 것이 바람직하다. 본 지역에는 1급 하천인 본명천과 여러 개의 2급 하천이 유입되고 있다. 그러나 본 사업이 완성되어 만 조정지가 기능을 수행하게 된다면 이들 하천은 본명천 수계로써 종합적으로 관리되는 것이 되므로 수역과 유역이 일체적으로 환경면에서도 관리되는 필요성이 증대될 것이다. 본 유역으로부터의 오염발생 유출 예측을 정확하게 행하여 유역·수역의 관련 정보를 유효하게 활용한 유역관리가 필요하다.

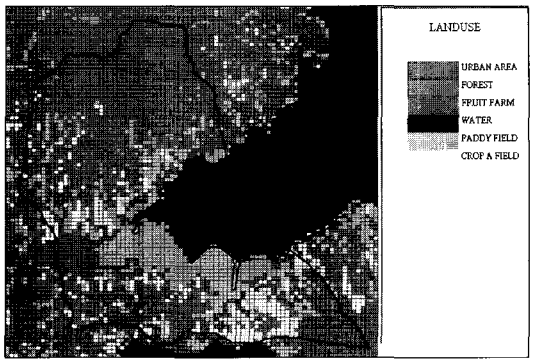
3. 유역정보의 수집과 정리

3.1 GIS 데이터를 활용한 점원·비점원 오염발생의 평가

비점오염원은 유역의 다양한 사회적·자연적 활동의 영향으로 발생하여 수역에 유출됨으로써 수질오염을 유발한다. 그 유하 과정은 매우 복잡하므로 실제 하천에서 수량·수질예측을 행할 경우 대상지



[그림 3] 연구대상 유역의 표고



[그림 3] 연구대상 유역의 토지이용분류

역의 지형, 지질, 토질, 식생 및 시간적 · 공간적 강우를 비롯한 유역정보를 어떻게 유효하게 평가하는가가 중요한 문제가 된다. 이들 유역정보를 적절하게 파악하여 유역수질 관리에 신뢰성이 높은 정보를 얻기 위해서는 유역의 데이터를 공동의 기반에서 이용할 수 있는 표준 표고데이타를 기반으로 한 자료의 축적이 바람직하다. 근년 유역정보를 취득하는 기법의 하나로써 GIS데이터의 유효성이 넓게 인식되었다. 본 연구에서는 [그림 2]에 나타낸 바와 같이 국토수치 정보의 표고 데이터로부터 유역의 기하 형상을 표현하여 흐름 방향도를 작성하는 것으로부터 유출해석을 진행하고자 한다.

흐름 방향도는 일본 국토지리원 발행의 50m 격자 수치지도를 이용하였으며 격자크기에 있어서는 클수록 유출 곡선의 상승부가 빨리 상승하며 낮을수록 낮은 강우강도에서는 많은 오차가 생긴다는 장단점이 있는 관계로 본 연구에서는 계산시간을 고려하여 동경 231m x 북위 292m의 격자에서 행하였다. 강우에 따른 수역에의 오염 유동을 고려할 경우 유역에 분포하고 있는 점원 및 비점원 오염발생의 상황을 파악하는 것이 중요하다. 점원 오염의 발생은 대체로 정량적인 파악이 가능하지만 비점원 오염 발생은 유역 내에 면 오염원 형태로 분포하여 강우와 함께 부하되므로 면 오염원 형태의 토지이용형태를 파악할 필요가 있다. 본 연구에서는 보다 간략한 방법으로 면 오염원을 취득하기 위하여 1/25,000 지형도로부터 각 격자내의 토지이용형태가 얻어질 수 있도록 하였으며 격자 내에서 최대면적을 가지는 토지피복분류가 그 격자의 대표치가 되도록 하였다. [그림 3] 및 <표 1>은 GIS데이터로부터 만 조정지 유역의 토지이용 상황을 나타내고 있으며 이들 정보를 이용하여 오염 발생 유출의 산정을 시도하였다.

<표 1> 조정지 유역의 토지이용분류

토지이용분류	도시역	산 림	과수원	수역	논	밭	합 계
면 적(km^2)	21.2	111.2	14.3	40.7	45.4	23.7	256.5

3.2 대상유역에 있어서 흐름방향도의 작성

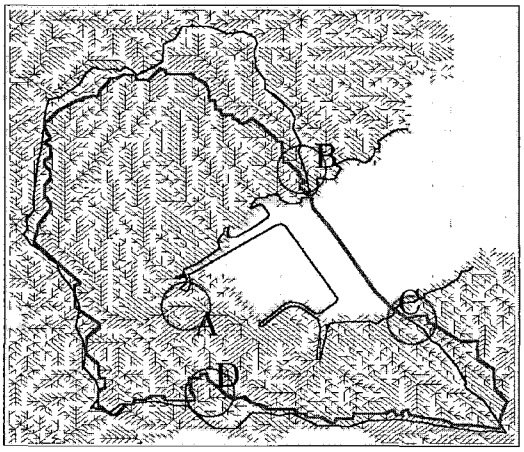
흐름 방향도는 유출현상을 물리적으로 취급하기 위하여 유역을 세분화하여 우수는 각 격자점의 주변 8개 방향 중 구배가 큰 방향으로 흐르도록 하는 것으로, 유역 전체의 우수 유출 경로를 결정하고자 하는 것이다. 수치 표고데이터로부터 흐름 방향도를 작성한다면 광범위한 수계망이 자동적으로 작성되는 이점이 있다. 흐름 방향도는 우수를 다음과 같은 법칙에 의해 흐르게 함으로써 작성된다.

1) 해당격자의 표고와 주변 8개 격자의 표고와 비교하여 가장 낮은 격자로 유하시킨다.
2) 가장 낮은 격자가 복수로 존재할 경우는 그 각각의 격자에서 주변 8개 격자의 평균 지반고가 가장 낮은 방향의 격자로 유하시킨다.
3) 해당 격자의 표고와 가장 낮은 격자의 표고가 같은 경우는 각각의 주변 8개 격자의 평균 지반고를 구하여 가장 낮은 방향으로 유하시킨다.
4) 해당 격자가 주변 8개 격자의 표고보다 낮은 경우 물의 유출이 진행되지 않으므로 주변 8개 격자의 가장 낮은 지반고보다 5cm 높은 지반고로 수정하여 강제 유출시킨다.

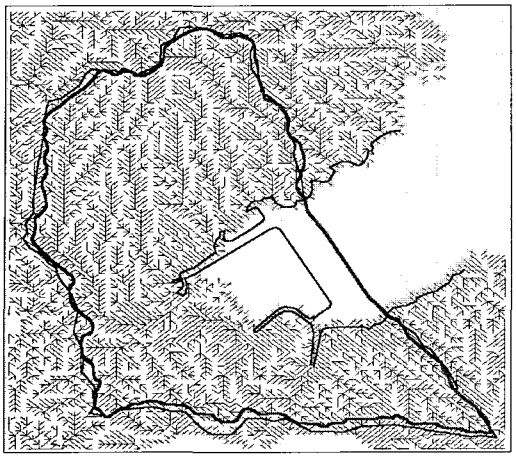
[그림 4]는 만 조정지 유역에 대하여 작성된 흐름 방향도를 나타내고 있다. 그림 중 진한 실선은 지형도를 토대로 그린 조정지의 유역경계를, 엷은 실선은 흐름방향도로부터 그린 분수계를 나타낸다. 구해진 흐름 방향도를 지형도와 비교해 보면 일부 하류부분를 제외하고 정확한 지형의 표현이 되어 있음을 알 수 있다.

그러나 본명천 하구부근(A지점)에서는 하도망이 실제의 하도망과 다르게 표현되어 있고 유역경계와 흐름방향도의 분수경계와는 일치하고 있지 않는 장소(B, C, D지점)가 나타나고 있음을 알 수 있다. 이의 주요 원인으로는 흐름방향도가 평균지반고를 기준으로 표현되는 것에 비하여 하천은 하상의 고저에 따라 흐르기 때문에 저평야지에서 이들의 양자가 반드시 일치하지 않은 부분이 발생하고 있다고 보여진다. 이와 같은 경우, 보다 정확한 흐름 방향도를 표현하기 위해서는 유역을 세분화하거나 실제 하도의 위치데이터를 고려한 형태로 작성하는 것이 실제 하천망에 근접시키는 방법이 될 수 있다.

유역을 세분화할 경우, 보다 정확한 토지이용 현황을 반영할 수 있으나 하도망이 실제와 다르게 나타나거나 데이터 양이 증가되어 계산시간이 길어지는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 계산시간을



[그림 4] 만 유역의 흐름방향도(수정전)



[그림 5] 만 유역의 흐름방향도(수정후)

<표 2> 조정지에 대한 각 유역면적의 비교

	유역면적(km^2)	오차(km^2),(%)
지형도에 의한 유역계	213.58	
흐름방향도의 분수계 (수정전)	183.11	30.47(14.26 %)
흐름방향도의 분수계 (수정후)	207.98	6.60(3.09 %)

고려하여 격자크기를 동경 231m x 북위 292m로 하였으며 수치고도모형의 하도망 오차발생은 실제 지형도를 참고로 하도의 위치 데이터의 수정을 행함으로써 실제유역에 근접시켰으며 그 결과를 [그림 5]에 나타내었다. 그림에 나타난 바와 같이 일부의 수정에 의해 흐름방향도의 유역 경계, 유하 방향이 보다 정확하게 나타나 계산정도를 비약적으로 향상시키는 것이 가능하게 되었다. 정량적인 평가를 행하기 위해 수정 전, 후에 있어서 조정지에 대한 유역면적의 비교를 하였다. 그 결과를 <표 2>에 나타내었다. <표 2>에 나타난 바와 같이 수정후의 유역면적은 실제값과 근사해 있음을 알 수 있다.

4. 흐름의 기초방정식과 그의 해법

4.1 흐름의 기초방정식

표면류의 흐름을 2차원 평면류로써 해석할 경우 다음 (1)-(3)에 나타내는 바와 같은 질량과 운동량의 양방정식을 보존시키는 기초방정식을 만족시켜야 한다.

질량보존식

$$\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}(Uh)+\frac{\partial}{\partial y}(Vh)=r-i \qquad (1)$$

운동량보존식

x축 방향의 운동량보존식

$$\frac{\partial Uh}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}(\xi_1 U^2 h)+\frac{\partial}{\partial y}(\xi_2 UVh)=-gh\frac{\partial H}{\partial x}-\frac{\tau_{xb}}{\rho} \qquad (2)$$

y축 방향의 운동량보존식

$$\frac{\partial Vh}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}(\xi_2 UVh)+\frac{\partial}{\partial y}(\xi_3 V^2 h)=-gh\frac{\partial H}{\partial y}-\frac{\tau_{yb}}{\rho} \qquad (3)$$

여기서, h는 수심, t는 시간, U, V는 각각 x, y축 방향의 평균유속, r은 강우강도, i는 침투강도, H는 수위, ρ는 밀도, g는 가속도, τxb, τyb는 각각 x, y축 방향의 전단응력, ξ_1,ξ_2,ξ_3는 운동량에 대한 보정계수이다. 상기의 방정식은 수중에 용해되어 있는 오염물질의 질량에 대해서도 다음식과 같이 만족되어야 한다.

$$\frac{\partial Ch}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}(\varsigma_1 CUh)+\frac{\partial}{\partial y}(\varsigma_2 CVh)=q^{(s)}+q^{(b)} \quad (4)$$

여기서, C는 오염농도, $q^{(s)}$, $q^{(b)}$는 표면과 저면을 통하여 유입하는 단위시간당의 오염량, ς_1, ς_2는 오염의 이류량에 대한 보정계수이다.

2차원 평면류를 풀 경우, 일반적으로 (1)-(4)식의 기초방정식이 이용되지만 본 흐름 방향도와 같은 경우에는 기초방정식을 변형하여 풀 필요가 있다. 본 수치고도 모형에서는 기초방정식을 흐름 방향에 1차원적으로 해석함으로써 2차원 평면류의 운동방정식을 간략화하였다.

4.2 흐름 방향도를 이용한 수치해석

본 모형은 Visual Basic을 이용하여 기본 격자의 영역을 한 개의 부분유역으로 고려하였으며 이들의 집합체가 전유역이 된다. 한 개의 격자로부터의 유출은 흐름 방향도의 유하 방향 격자에만 발생하도록 하였으며, 각 격자에서는 상류측 격자로부터 유출의 합과 격자 내 일정한 유효강우를 입력함으로써 계산하였다. 우수의 유출량을 산정하는데 있어서는 우수를 부과하는 과정과 우수를 이동시키는 과정으로 나누어 반복해서 낙하시킴으로서 유출평가점에서 산정하도록 하였다. 이 경우 우수를 이동시키는 방향을 흐름 방향도로 나타내고 있다. 수치고도 모형은 각 격자별 우수가 유하하는 방향을 나타내는 것으로, [그림 5]에 나타낸 바와 같이 2차원 평면상에 나타나 있으나 흐름은 1차원적으로 표시되어 있다. 따라서 흐름 방향도를 이용할 경우, 흐름을 흐름방향도의 한 방향으로 고려하여 다음 5식과 같이 1차원적으로 푸는 방법을 이용하였다.

$$\frac{\partial \theta}{\partial t}+\frac{\partial(\theta u)}{\partial x}=Source \quad (5)$$

여기서, θ는 질량 및 운동량에 상당하는 물리량, u는 유속, Source는 단위시간당 생성량을 나타낸다. 식 (5)를 각 격자의 경계변을 통과하는 물리량으로 고려하여 통일적으로 나타내면 식(6)과 같이 된다.

$$\Delta(\theta \cdot h \cdot \delta S)=\left\{-\theta \cdot \vec{v} \cdot \vec{n} \cdot h \cdot \delta l + Source \cdot \delta S\right\}\Delta t \quad (6)$$

여기서, θ는 질량 및 운동량에 상당하는 물리량, $\vec{v}=(U,V)$, $\vec{n}$은 각각 외향의 단위법선 백터, δl는 각 격자의 경계길이, δS는 수평면 면적, 그리고 Source는 고려하고 있는 물리량의 생성량이며, Δt는 계산 시간간격이다. 우수량에 대한 θ=1, 오염 발생량에 대한 θ=C, 운동량에 대한 $\theta=\vec{v}\cdot\vec{n}$이다. 또한, 생성량은 각각의 물리량에 대하여, $r-i$, $q^{(s)}+q^{(b)}$, $-gh\frac{\partial H}{\partial n}-\frac{\tau_{nb}}{\rho}$을 의미한다.

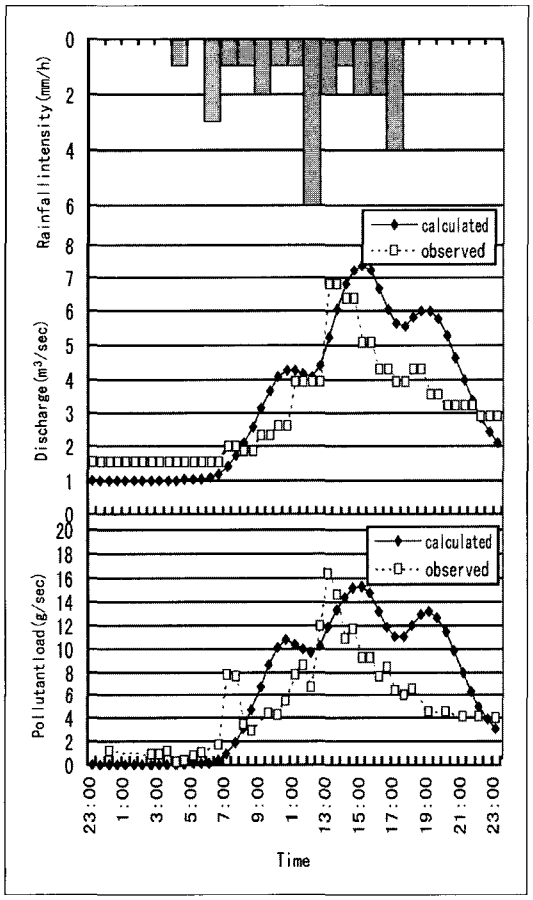
운동량식의 해석에는 흐름방향에 대하여 Manning의 계수값을 이용하였으며, 오염물질은 유역의 토지 이용에 따라 유출량이 다르므로 본 연구에서는 이를 퇴적에 대한 박리량으로 고려하였다. 박리량($q^{(b)}$)의 산정은 평균적 전단응력에 비례하는 것으로 하였다. 즉, 박리량을 구할 경우 박리계수를 $\vec{v}\cdot\vec{n}/h^2$의 승수로써 정의하여 구하였고 토지 이용별 Manning의 조도계수 및 박리율을 <표 3>에 나타내었다. $q^{(b)}$의 계산은 박리량과 침강량과의 합으

<표 3> 토지이용별 Manning의 조도 계수 및 박리계수

토지이용	도시지역	수 역	논	밭	과수원	산 림
Manning의 조도계수(m/s1/3)	0.04	0.025	0.025	0.03	0.035	0.06
박리계수	0.8	0	0.5	0.6	0.4	0.2

로 평가하였으며 대상으로 한 총질소의 침강량은 일정의 침강속도(0.035m/d)를 가지는 것으로 하였다.

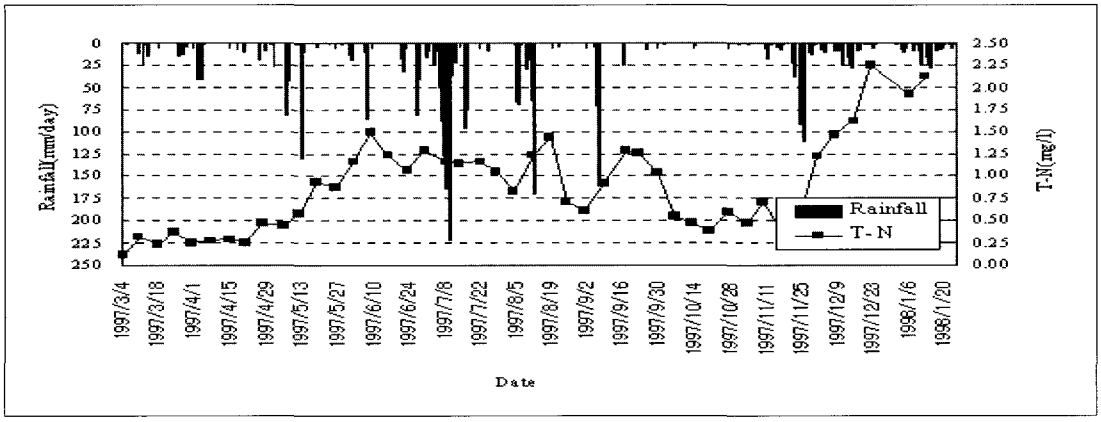
이와 같은 물리적인 매개 변수를 이용하여 본 모형의 유효성을 검토하기 위하여 [그림 1]에 표시한 본명천의 기준점인 Urayama Bri.(하구로부터6km)에서의 총질소에 대한 관측자료를 대상으로 계산치와 관측치와의 비교(Noguchi M. et al., 2000, Noguchi M. et al., 2001)를 행하였으며 그 결과는 [그림 6]에 나타내었다. [그림 6]은 강우강도에 따른 유량, 오염부하량을 나타낸 것으로 현재 각종 계수의 보정, 검증이 충분하지 않은 관계로 관측치와 계산치가 일치하지는 않으나 시간변화에 따른 전반적인 유량, 오염부하 경향을 나타내고 있다고 보여진다.



[그림 6] 관측치(1999년 9월 24일)와 흐름 방향도를 이용한 계산치와의 비교.

5. 조정지의 수질변화 예측

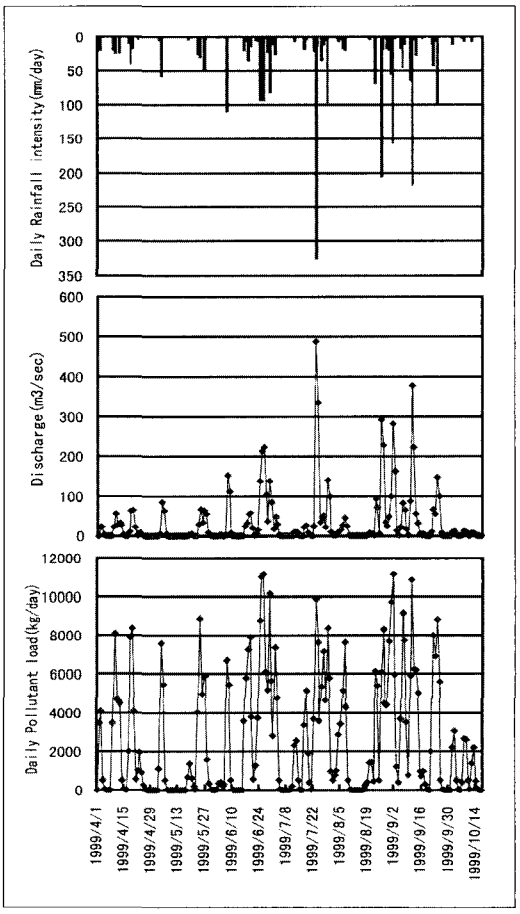
조정지에서의 장기간 수질예측을 위해서 먼저 기존 관측자료(1997년 3월~1998년 1월)의 수질 경향으로부터 수질에 미치는 영향을 가정하였다. [그림 7]은 강우강도에 따른 총질소(T-N)의 농도변화를 나타내는 것으로써 조정지의 총질소는 우기인 6~8월에 증가하여 강우강도가 약한 10~11월에 감소하는 것으로 나타나 조정지에서의 총질소의 수질농도는 강우강도에 크게 영향을 받고 있는 것을 알 수 있다. 따라서 조정지에서의 강우에 따른 장기간 수질농도는 비점오염원의 영향으로 제한하였다. 본명천의 기준점에 대하여 유



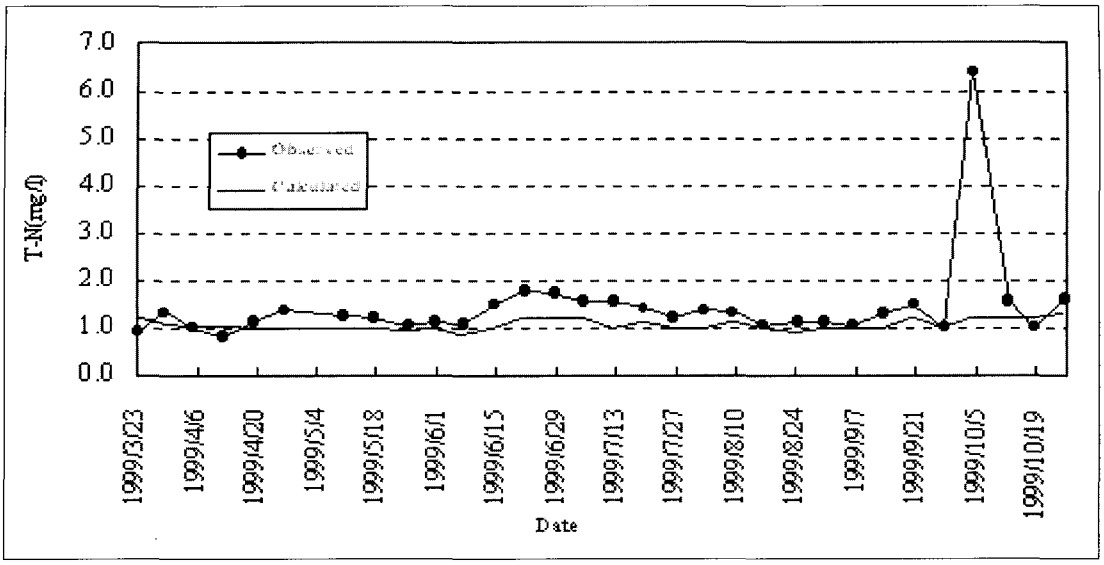
[그림 7] 조정지의 강우에 따른 총질소(T-N)의 시간적 변화

효성을 검토한 후, 만의 조정지를 대상으로 장기간 오염발생유출량의 해석을 행한 결과를 [그림 8]에 나타내었다. [그림 8]은 위로부터 강우량과 조정지로 유입하는 유량, 일 오염발생량의 시간적 변화를 나타낸다. 조정지에서는 본명천을 비롯한 다수의 지천이 유입하고 있으므로 이들 결과의 타당성을 직접 판정하기는 어렵다. 따라서 결과의 타당성을 조정지의 수질결과의 비교로부터 검토하기로 하였다.

[그림 9]는 [그림1]의 조정지 S11지점에 대한 1999년도 총질소(T-N)의 유량과 일 오염발생량의 계산결과를 나타내었다. 본 계산방법에서는 유역으로부터의 외부 부하인 비점오염원에 대해서는 본 흐름 방향도로부터 얻어진 결과값을 이용하였고, 점오염원의 경우는 참고자료의 값을 이용하였다(나가사키현 생활환경부, 2000). S11의 계산은 조정지가 완전 혼합시스템임을 가정하였다. [그림 9]를 보면 각 수질지표의 관측치가 6월 하순부터 7월 상순의 기간과 10월 상순의 기간에 고농도의 오염유입이 관찰됨을 알 수 있다. 전자의 기



[그림 8] 유량과 일오염발생량의 계산결과



[그림 9] 조정지 S11의 총질소(T-N)의 관측치 및 계산치 결과

간은 우기동안의 강우에 의한 영향임을 쉽게 알 수 있으나 후자의 경우는 강우에 따른 침전물의 용출에 의한 영향이라고 고려된다. 그림 중 총질소(T-N)의 관측치와 계산치를 비교하면 다소 일치하지 않은 부분이 나타나고 있음을 알 수 있다. 그 주요한 원인은 조정지 수질을 평가하는데 있어서 유역으로부터의 오염발생 유출에 의한 외부발생만을 고려하였기 때문이라고 생각된다.

6. 결 론

본 연구에서 언급한 폐쇄성 수역을 가지는 유역에서는 유역 수질관리가 양호한 수환경을 실현하는데 있어서 중요하다. 따라서 유역의 상태를 적절히 모니터링하여 수역의 수질변화에 미치는 영향을 정량적으로 평가하는 것은 불가피하다. 이와 같은 목적을 달성하기 위한 방법으로 유역으로부터 오염 발생량 유출의 예측기법과 수역을 연계한 통합적인 수질예측 기법에 대하여 검토하였다. 본 연구를 통하여 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 유역수질관리를 효과적으로 진행시키기 위한 방법으로 수치고도 모형을 적용하였으며 그 특징을 충분히 파악하여 이용한다면 유역정보를 취급하는데 있어서 유효한 방법임을 시사하였다.
2) 유역을 2차원의 격자를 토대로 하여 정리한 GIS데이터는 유역으로부터의 오염발생예측을 <표 3>에 나타낸 바와 같이 물리적인 매개변수를 반영함으로써 범용적으로 활용됨을 시사하였다.
3) 유역의 토지이용을 고려한 박리의

정도를 평가할 경우 본 연구에서는 지표면에 작용하는 흐름의 전단응력에 비례시킨 형태로 박리량의 산정을 행하였으나 조정지의 총질소의 평균적인 시간변화를 전반적으로 묘사했음을 나타낸다.

4) 제안된 모형은 GIS데이터를 활용한 유역수질 관리에 적합하며 유역의 도시화가 수역의 수질변화에 미치는 영향을 정량적으로 평가하는 것이 가능한 특징을 가지고 있다.

7. 사 사

본 연구의 일부는 일본 "문부과학성 폐쇄성 유역에 있어서 적정 물환경 관리에 관한 연구(2000-2001)" 의 조성기금에 의해 수행되었으며 이에 감사를 표합니다.

참고문헌

Qiang L., Tamai N., and Huang G., 1999, "A grid-based stream-structure model for large-scale watershed", Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE, Vol. 45, No. 43, pp. 19-23.

Fujita A., Daitou, H., and Ichigawa, Y.,2001, "A real time dam inflow prediction system based on distributed rainfall runoff model", Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE, Vol. 45, No. 45, pp. 115-120.

AO, T., Takeuchi, K., and Ishidaira, H., 2001, "On the method of generating artificial stream networks of large river basins and its effect on runoff simulation.", Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE, Vol. 45, No. 45, pp. 139-144.

Noguchi, M., Nishida, W. and Mizuno, Y., 2000, Prediction of nitrogenous pollutant runoff due to stormwater., International symposium of integrated environmental management, Nagasaki University and Kangwon National University.

Noguchi, M., Nishida W., Kang, S. H., Mizuno, Y., and Yashiro, M., 2001, "Pollutant runoff mechanism from watershed under the rain condition and its modeling", Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE, Vol. 45, No. 45, pp. 61-66.

나가사키현 생활환경부, 2000, 제15회 이사하야만 간척지역 환경조사위원회 자료. 방조제 공사 후 조정지의 수질.