

## GIS를 이용한 저수지의 수질관리시스템 구축

한건연\* · 백창현\*\*

### Development of Water Quality Management System in Daecheong Reservoir Using Geographic Information System

Kun-Yeun Han\* · Chang-Hyun Baek\*\*

#### 요 약

금강의 중·상류부에 위치한 인공호수인 대청호 지역의 경우, 최근 급격한 인구증가와 물자생산, 그리고 이들의 결과로 인한 각종 오염물질의 증가로 수질보전과 관리에 심각한 문제가 야기되고 있으므로, 이에 대한 집중적인 수질관리가 요구된다. 이들 문제를 해결하기 위하여 지난 수년간 많은 연구가 수행되었지만 근본적인 해결의 실마리를 찾지 못하고 있다. 뿐만 아니라, 현재 수행되고 있는 수질관리가 미흡한 것으로 나타나고 있어 이를 보완할 새로운 관리기법의 도입이 시급히 요구되고 있지만 이에 대한 체계적인 기술축적과 자료 및 경험의 부족으로 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다.

본 연구는 WASP5 모형을 이용하여 대청호의 수질을 해석하고 GIS와 연계시켜 수질관리시스템을 구축함으로써 효율적이고 과학적인 수질관리가 이루어지도록 하는 데 그 목적이 있다. WASP5 모형을 대청호의 실측치와 비교하여 모형의 보정과 검증을 수행하였고, 수질관리시스템 구축을 위한 GIS와의 연계는 ArcView의 Avenue를 이용하여 구성하였다. Avenue를 통한 다양한 메뉴 구성 및 이를 통한 모의수행은 사용자 요구나 편의에 맞게 손쉽게 처리할 수 있도록 구성하였다. 따라서, GIS 환경하에서 실제적이고 효율적인 수질관리 뿐만 아니라 장래수질의 예측도 가능하기 때문에 대청호 이외에 다른 지역에 대한 활용성도 매우 높을 것으로 판단된다.

**주요어 :** 대청호 지역, WASP5 모형, 수질관리시스템, GIS

\* 경북대학교 토목공학과 교수

\*\* 경북대학교 토목공학과 박사과정 수료

**ABSTRACT** : The current industrial development and the increase of population in Daecheong Reservoir basin have produced a rapid increase of wastewater discharge. This has resulted in problem of water quality control and management. Although many efforts have been carried out, reservoir water quality has not significantly improved. In this sense, the development of water quality management system is required to improve reservoir water quality.

The goal of this study is to design a GIS-based water quality management system for the scientific water quality control and management in the Daecheong Reservoir. For general water quality analysis, WASP5 model was applied to the Daecheong Reservoir. A sensitivity analysis was made to determine significant parameters and an optimization was made to estimate optimal values. The calibration and verification were performed by using observed water quality data for Daecheong Reservoir. A water quality management system for Daecheong Reservoir was made by connecting the WASP5 model to ArcView. It allows a Windows-based Graphic User Interface(GUI) to implement all operation with regard to water quality analysis. The proposed water quality management system has capability for the on-line data process including water quality simulation, and has a post processor for the reasonable visualization for various output. The modeling system in this study will be an efficient NGIS(National Geographic Information System) for planning of reservoir water quality management.

**Keywords** : Daecheong Reservoir basin, WASP5 model, water quality management system, GIS

## 1. 서 론

하천 및 호소로 유입되는 오염물질을 통제하고, 과학적으로 관리하기 위해서는 수자원 기술자들이 수질모델링 과정을 정확히 이해하고 관련모형을 적절하게 적용하여야 한다. 최근 들어 전 세계적인 엘리뇨 현상과 지구 온난화 현상은 국지적으로 호우와 한발을 일으켜 수자원의 수질 관리면에 큰 문제를 야기시키고 있다. 최근에 국내에서 겪고 있는 한발현상은 수자원 관리면에서 저수지 및 하천수량의 절대적인 부족과 수질악화를 일으키고 있

어 생활오수 및 공업용수 공급에 큰 차질이 빚어지고 있다. 하천으로 유입되는 오염부하하는 탄소성 유기물질인 BOD 성분 뿐만 아니라 질소와 인 등의 영양물질이 포함되어 있는데 이들은 지체시간이 긴 저수지로 하천이 유입될 경우에 저수지의 부영양화를 일으키는 주요원인이 될 수 있다.

이러한 저수지 및 호소의 부영양화가 가속되고 있는 시점에서, 특히 금강의 중·상류부에 위치한 인공호수인 대청호 유역의 경우, 최근 급격한 인구증가와 물자생산, 그리고 이들의 결과로 인한 각종 오염물질의 증가로 수질보전과 관리에 심각한 문제가 야기되고 있으므로, 이에 대

한 집중적인 수질관리가 요구된다. 이들 문제를 해결하기 위하여 지난 수년간 많은 연구가 수행되었지만 근본적인 해결의 실마리를 찾지 못하고 있다. 뿐만 아니라, 현재 수행되고 있는 수질관리가 미흡한 것으로 나타나고 있어 이를 보완할 새로운 관리기법의 도입이 시급히 요구되고 있지만 이에 대한 체계적인 기술축적과 자료 및 경험의 부족으로 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다.

이제까지 수질관리의 문제에 있어서, 호수와 만, 하천에서의 화학적 및 생물학적인 과정을 설명하기 위한 많은 컴퓨터 모형들이 개발되어 왔고, 이들 수체로 유입되는 오염물을 결정하는데 있어서 상당한 발전이 있었다. 그러나, 공간적으로 표현되는 지표면 오염물과 하천 및 저수지의 유입과정과의 연결은 상대적으로 미약했다.

대부분의 수질모형은 일단 오염물이 수체에 도달했을 때의 시스템을 모의하는데 집중하지만 많은 오염모형들은 결코 수체로 유입되는 오염물을 추적하여 그들의 영향을 조사하지 못한다. 이러한 연속성의 결여는 공간적으로 기초를 둔 오염원의 특성화와 수체의 수질모형을 연계시키기 위한 방법의 필요성을 제시한다. 연계는 이 두 영역사이에 존재하는 관계의 원인과 영향을 검토하는 쉬운 방법을 제시한다. 그러한 연계를 설정하기 위해서는 매개변수의 공간적인 표현을 허용할 수 있고, 동시에 도표나 1차원적인 정보를 포함할 수 있는 능력을 가진 시스템이 필요하다. 이러한 형태의 시스템을 사용하여, 수질모의 자료의 저장 및 조작과 함께 비점원 오염부하량과 같은 매개변수

및 모의 환경이 지리정보시스템이다.

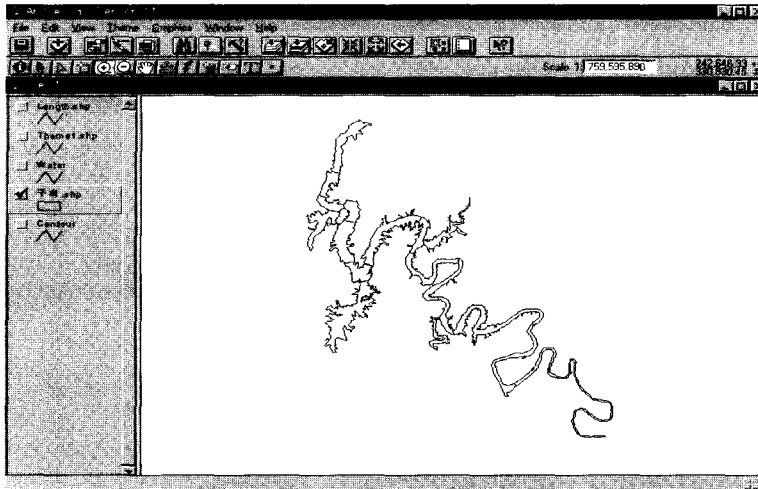
본 연구에서는 ArcView의 지리정보시스템을 통해 저수지에서의 수질모의 결과들을 다양한 형태로 제시하고자 한다. 이를 위해서 대상유역의 정보, 수질에 관한 정보, 각 오염원에 대한 정보 및 이들에 영향을 미치는 매개변수 등 여러 가지 관련 정보를 직관적으로 이해하고 이들의 상호관련성 검토 및 공간적인 모의를 할 수 있도록 수질관리시스템을 구성한다.

## 2. WASP5 모형

WASP5 시스템은 1, 2, 3차원의 수역에 적용할 수 있도록 두 개의 독립적인 컴퓨터 프로그램인 DYNHYD5와 WASP5로 구성되어 있다. WASP5 모형은 다시 부영양화를 포함한 일반적인 오염물에 대한 EUTRO5 모형과 독성물질에 대한 TOXIS 모형의 두 개의 모형으로 구성되어 있으며, 이들은 결합된 상태나 독립된 상태에서 수행될 수 있다. 일반적인 오염물에는 용존산소, 생화학적 산소요구량, 영양물질과 부영양화를 포함하고, 독성오염물에는 유기화학물, 중금속 및 퇴적물 등을 포함한다.

동수역학 모형인 DYNHYD5는 수체의 동수역학을 모의하고, 수질모형 WASP5는 수체내의 오염물 이동이나 상호작용을 모의 수행한다. 이 경우에 DYNHYD5가 동수역학적 계산결과를 WASP5로 넘겨주게 되는데, 다른 동수역학적 프로그램들에 의한 결과도 WASP5 모형과 연계·운영될 수 있다.

WASP5 모형은 암모니아성 질소, 질산성 질소, 유기 인, 무기 인, 식물성 플랑



[그림 1] 대청호의 구획분할

크톤(탄소), 탄소성 BOD, 용존산소, 유기 질소와 같은 8개의 수질항목을 가지고 부영양화를 모의할 수 있다. EUTRO5 모형은 <표 1>에서 보는 바와 같이 6종류의

복잡도에 따라 수질을 모의할 수 있다. 복잡도 4이상에서는 8개 수질항목을 모두 모의할 수 있다.

<표 1> EUTRO5 모형의 복잡도와 수질항목

System Number	Symbol	Name	Use in Complexity Level					
			1	2	3	4	5	6
1	NH3	Ammonia nitrogen		○	○	○	○	○
2	NO3	Nitrate nitrogen			○	○	○	○
3	PO4	Inorganic phosphorus				○	○	○
4	PHYT	Phytoplankton carbon				○	○	○
5	CBOD	Carbonaceous BOD	○	○	○	○	○	○
6	DO	Dissolved oxygen	○	○	○	○	○	○
7	ON	Organic nitrogen			○	○	○	○
8	OP	Organic phosphorus				○	○	○
Complexity Level		Explanation						
1		"Streeter-Phelps" BOD-DO with SOD						
2		"Modified Streeter-Phelps" with NBOD						
3		Linear DO balance with nitrification						
4		Simple eutrophication						
5		Intermediate eutrophication						
6		Intermediate eutrophication with benthos						

### 3. WASP5 모형의 대청호에 대한 적용

#### 3.1 WASP5 모형의 구성 및 적용

대청호의 수질을 예측하기 위하여 WASP5를 모의할 때 가장 중요하고 기본적인 것이 구획분할이다. 구획은 수심과 단면적, 확산계수 등과 같은 수리학적인 인자가 동일한 것으로 가정하므로 완전히 혼합된 반응기로 고려되어진다. 따라서 본 연구에서는 기존의 수질측정지점을 포함하고 수질의 입력이 가능한 곳을 경계로 하며, 수리학적인 특성이 유사한 곳을 하나의 구획으로 설정하였고, 대청호의 성층화를 고려하여 [그림 1]에서와 같이 총 32개의 구획으로 분할하였다. 장계교

에서 대청댐까지의 분류구간을 중심으로 4개의 지류를 고려하였다.

대청호에 대한 입력자료를 구성하기 위해서는 먼저 유량, 유속, 수심과 같은 수리학적인 정보가 필요하다. 수리학적인 정보를 얻기 위하여 HEC-RAS 프로그램을 이용하였고, 그 결과에 대해서 회귀분석을 실시하여 WASP5 모형을 수행하는데 필요한 유량과 유속관계, 유량과 수심관계에 관한 계수를 산정하였으며 <표 2>에 그 결과가 나타나 있다.

EUTRO5에서는 복잡도 4이상이면 8가지 수질항목에 대한 수질예측이 가능하다. 본 연구에서는 자료의 가용성 및 모형의 난이도를 고려하여 여러 단계 중 복잡도 4를 선택하였다. 이미 계산된 수리학적 정보를 가지고 EUTRO5에서는 경계구획에서

<표 2> 대청호에 대한 수리계수

구획번호	a	b	c	d
1	0.612612	0.46153	1.2397	0.314492
2	0.001578	0.88395	6.002	0.075581
3	0.000528	0.926032	10.322	0.04964
4	0.000327	0.948958	17.2942	0.030644
5	0.00021	0.961695	21.7763	0.024571
6	0.251750	0.575114	6.0395	0.174207
7	0.000205	0.969324	25.3375	0.021294
8	0.000153	0.971982	28.9441	0.01885
9	0.000121	0.973457	29.4376	0.018546
10	0.205846	0.674366	10.0003	0.147532
11	0.000079	0.974704	33.0002	0.016696
12	0.000056	0.978868	35.5653	0.015521
13	0.000073	1.118715	24.7422	0.017473
14	0.000049	0.974164	37.3556	0.01479
15	0.00005	0.978992	39.387	0.014077
16	0.000057	0.979425	39.9316	0.013888
17	0.000274	0.964779	23.4551	0.036472
18	0.000120	1.028998	27.4030	0.013958
19	0.000068	0.978895	41.8397	0.013317

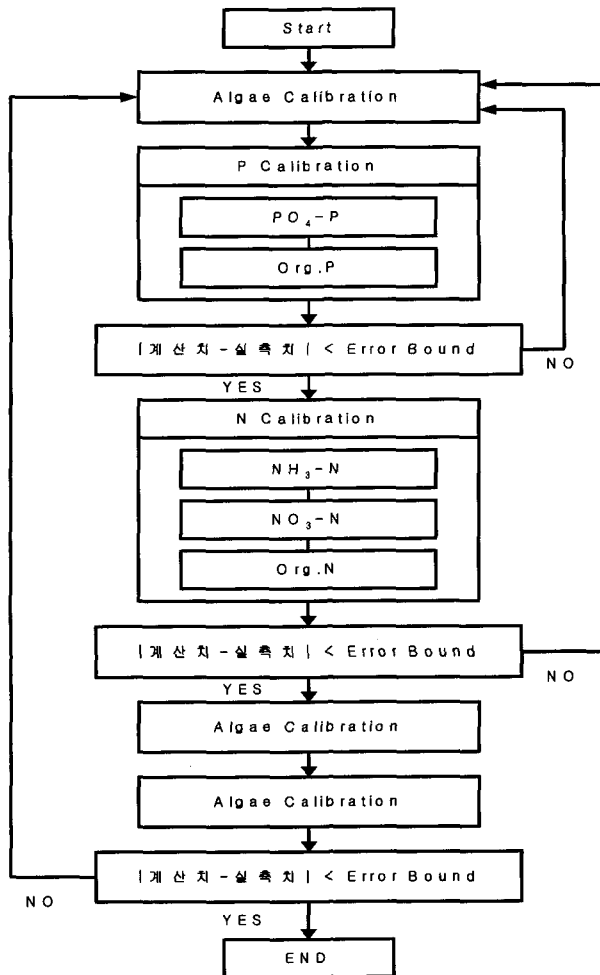
의 수질농도, 매개변수, 반응상수, 시간함수, 초기농도 등을 입력하게 된다.

### 3.2 WASP5 모형의 검증

먼저 각 반응계수가 모형에 의해 계산 결과에 미치는 영향을 파악하기 위하여 민감도 분석을 실시하였다. 각 반응계수에 대하여 상한치, 하한치 및 기준치를 선정하여 모형에 의해서 계산된 각 수질

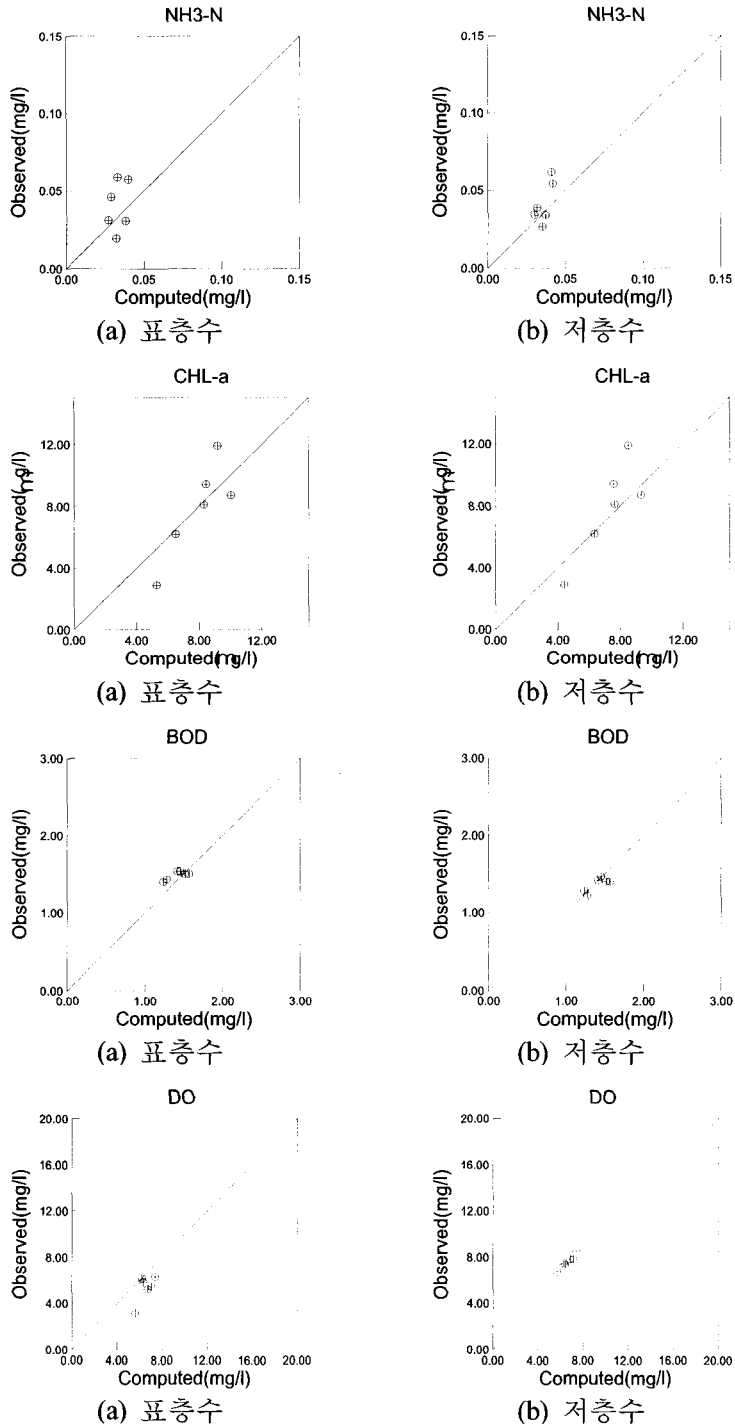
인자의 값을 산정하였다.

본 연구에서는 시행착오법을 사용하여 모형의 보정을 실시하였고, 이에 따라 식물성 플랑크톤, 인과 관련된 수질항목, 질소와 관련된 수질항목, BOD, DO 순으로 각 수질항목의 매개변수와 반응상수를 최적화하였으며 보정과정의 [그림 2]에 나타나 있다. 보정의 결과를 비교하기 위하여 '97년 3월에서 11월까지 대청호의 수질실측 자료를 사용하였고 그 결과가 [그림 3]에



[그림 2] WASP5에 대한 모형의 보정과정

GIS를 이용한 저수지의 수질관리시스템 구축



[그림 3] 대청호에 대한 보정 결과

나타나 있다. 그림에서 보는 바와 같이 모의수질과 실측수질은 상층부와 하층부에 대해서 일치하고 있는 것으로 나타났다.

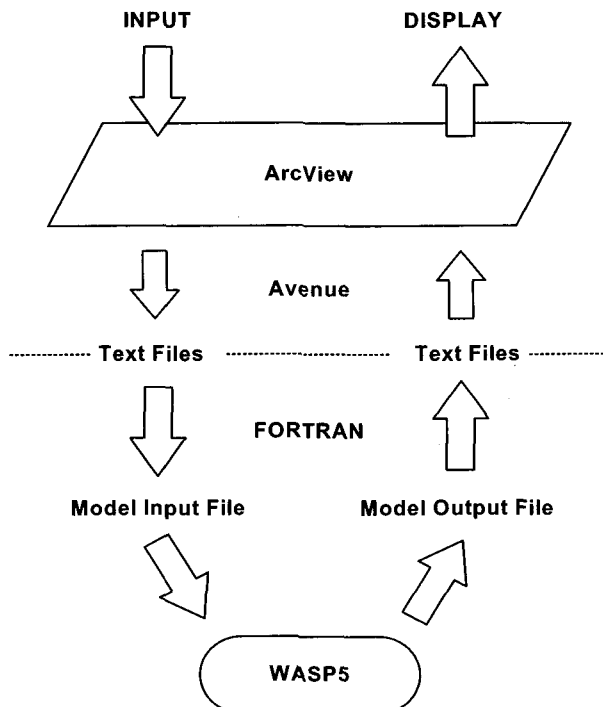
#### 4. GIS에 의한 수질관리시스템

##### 4.1 ArcView/WASP5 연계

[그림 4]에서 나타난 것처럼 GIS와 수질모형 연계의 개념은 외부모형의 입력화일에 대한 필요한 정보를 GIS 내부 프로그램에서 생성하도록 하는 것이다. 따라서 GIS 소프트웨어는 적절한 형식의 입력화일을 얻기 위하여 formatting된 프로그램

을 수행하고 그 다음에 수질모형을 수행한다. 최종적으로 모형의 결과가 처리되고 GIS로 다시 import되며 chart, table 및 view로 도시된다. 특히 본 연구에서는 ArcView 프로그래밍 언어인 Avenue에 의하여 customize된 project의 table과 view로부터 모형의 입력이 수행된다. Compile된 script로 구성된 Avenue 프로그램은 메뉴선택에 의해 ArcView 인터페이스를 통하여 실행된다. 그 결과, 13개의 free form text 화일이 형성된다.

이 text 화일은 FORTRAN 프로그램에 대한 입력이 되고, FORTRAN 프로그램은 모든 자료를 WASP5의 입력화일로 변환시킨다. WASP5가 수행된 후에 모형의 출력화일은 또 다른 FORTRAN 프로그램에 의해



[그림 4] ArcView/WASP5의 연계에 대한 구성도



필요한 결과만을 읽을 수 있도록 처리된다. 처리된 결과는 새로운 text 파일로 출력되고 Avenue를 이용하여 ArcView로 다시 import된다. import된 후에, 결과는 table, chart 및 새로운 view의 형태로 도시된다.

## 4.2 대청호에 대한 수질관리시스템

본 연구에서는 수질모형인 WASP5를 GIS프로그램인 ArcView와 연계한 ArcView/WASP5 모형을 수행하여 대청호 수질관리시스템을 구축하였다.

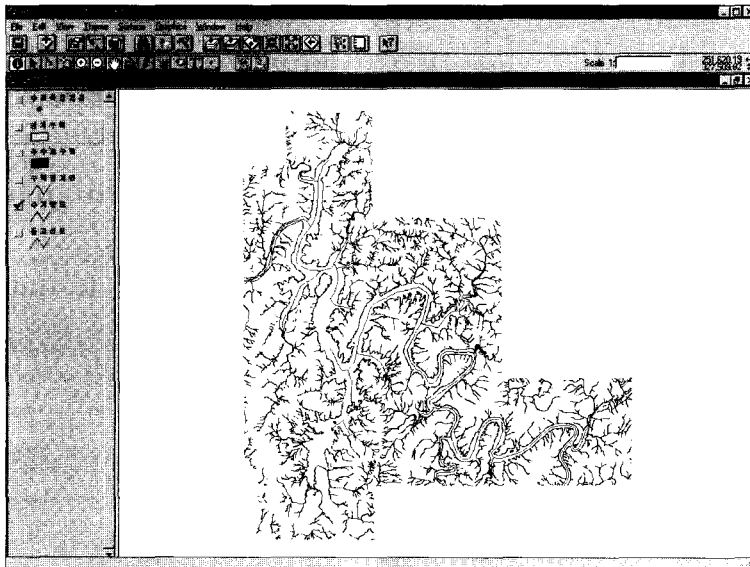
### 4.2.1 지형자료의 구축

본 연구에서 지형자료는 대청호에 대한 1:5000의 수치지도가 이용되었고, 이 수치지도를 Arc/Info의 coverage로 변환하였다. 그리고, ArcView 상에서 작업이 가능하도록

shape file로 변환하여 구획 분할, 구획의 폭, 길이를 계산하였고, 대청호 유역의 지형, 수계망 및 수질측정지점을 나타낼 수 있도록 하였다. 이 shape file은 ArcView/WASP5 모형수행 후의 결과를 도시하기 위해서도 이용된다. [그림 5]는 대청호 유역에 대한 전체 수계망도이다.

### 4.2.2 사용자 편의시스템의 구성

ArcView/WASP5 모형과 관련된 대청호 수질관리시스템은 대상지역, 구획정보의 입력, 입력자료구성, 모형수행, 결과도시 5개의 선택기능으로 구성되어 있다. 대상지역 option에서는 ArcView/WASP5를 적용하려는 대청호 유역을 도시한다. 여기에는 사용자가 대청호의 지형과 수계망, 수질측정지점 및 WASP5의 수행을 위한 구획분할이 포함되어 있다.



[그림 5] 대청호 유역에 대한 전체 수계망도

폴리곤 ID	X1	Y1	X2	Y2	면적	중심 X	중심 Y	중심 면적
Polygon 1	151791.64	19.00	2428.78	34	2.1	0		
Polygon 2	25267.58	18.00	24.72	1	3	0		
Polygon 3	25254.37	18.00	249.52	2	4	0		
Polygon 4	1201896.98	10.00	3030.23	3	4	0		
Polygon 5	852730.89	10.00	5192.80	4	6	0		
Polygon 6	1078139.21	10.00	4905.36	5	7	0		
Polygon 7	390290.86	10.00	4574.54	6	8	0		
Polygon 8	500796.98	10.00	7212.27	7	9	0		
Polygon 9	452522.74	10.00	4297.54	8	10	0		
Polygon 10	368484.64	10.00	5374.17	9	11	0		
Polygon 11	864068.14	10.00	5707.75	10	12	0		
Polygon 12	221064.41	18.00	5629.62	11	13	0		
Polygon 13	277273.98	18.00	5486.10	12	14	0		
Polygon 14	123136.49	18.00	7203.18	13	15	0		
Polygon 15	1012067.72	10.00	7066.30	14	16	0		
Polygon 16	321464.56	10.00	13413.93	15	17	0		
Polygon 17	836325.15	10.00	3639.76	16	18	0		
Polygon 18	1245154.56	10.00	12295.56	17	19	0		
Polygon 19	1832112.55	10.00	19893.01	18	20	0		
Polygon 20	887096.33	10.00	12274.88	19	21	0		
Polygon 21	465880.20	10.00	15871.44	20	24	0		
Polygon 22	2732620.15	10.00	15189.52	21	27	0		
Polygon 23	1784879.23	10.00	15718.88	22	28	0		
Polygon 24	1570968.23	10.00	21451.45	23	26	0		
Polygon 25	732188.12	10.00	21195.33	24	26	0		
Polygon 26	136044.26	10.00	11690.11	25	27	0		

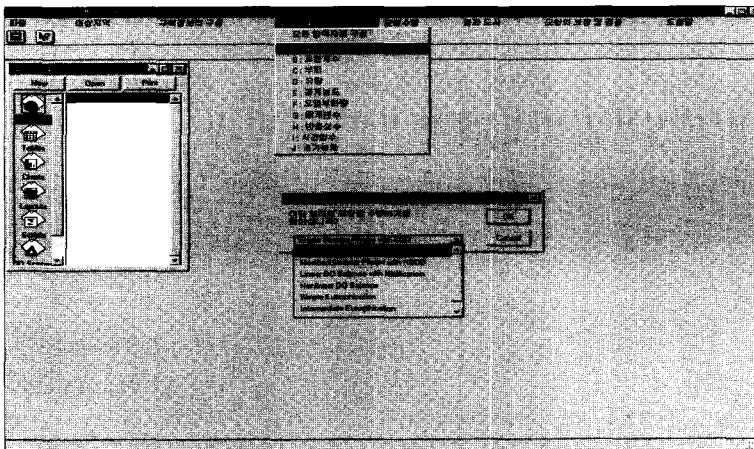
[그림 6] 구획정보의 구성 option

[그림 6]과 같이 구획정보의 구성 option 은 입력자료를 구성하기 전에 필요한 대상 지역의 구획정보, 매개변수 및 초기농도를 table 형식으로 사용자가 입력할 수 있는 기능이다. 기존의 정보를 수정할 수 있고, 사용자가 새로운 table을 생성할 수도 있다.

입력자료구성 option에서는 [그림 7]에서 나타난 것처럼 사용자가 복잡도 4의 WASP5를 수행하는데 필요한 정보를 입

력할 수 있다. 입력화일 정보를 가진 13 개의 text 화일 모두를 생성시킬 수 있고, 또는 하나의 입력 block을 선택하여 하나의 text 파일을 생성하거나 block과 관련된 text 화일을 변화시킬 수도 있다.

모형수행 option은 입력자료구성 option 에서 모든 입력 block 정보가 text 화일로 저장된 후에 실행된다. 이 option의 첫 번째 단계는 WASP5의 수행에 필요한



[그림 7] 입력자료구성 option

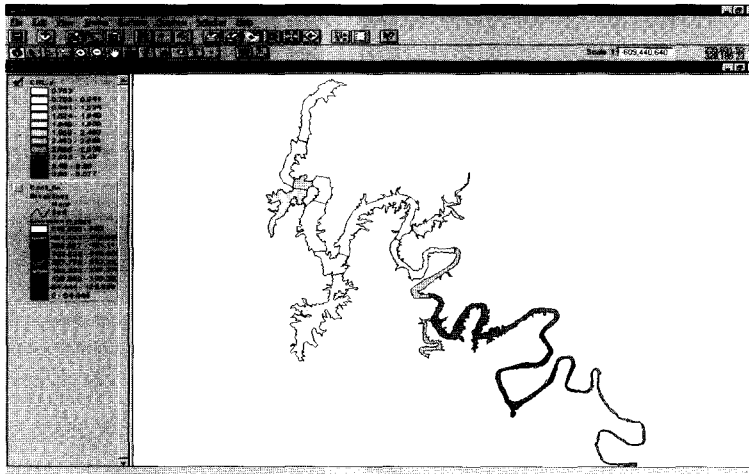
formatting된 입력화일을 생성하는 것이다. 이 명령어를 선택함으로써 FORTRAN 프로그램인 outgen.for가 실행되고 적절히 formatting된 WASP5 입력화일이 이미 만들어진 13개의 text 화일로부터 생성된다. 일단 입력화일이 완성되었다면, 두 번째 단계인 WASP5 수행 option을 선택함으로써 WASP5 프로그램이 실행되고 대청호

유역에 대한 수질모의가 시작된다.

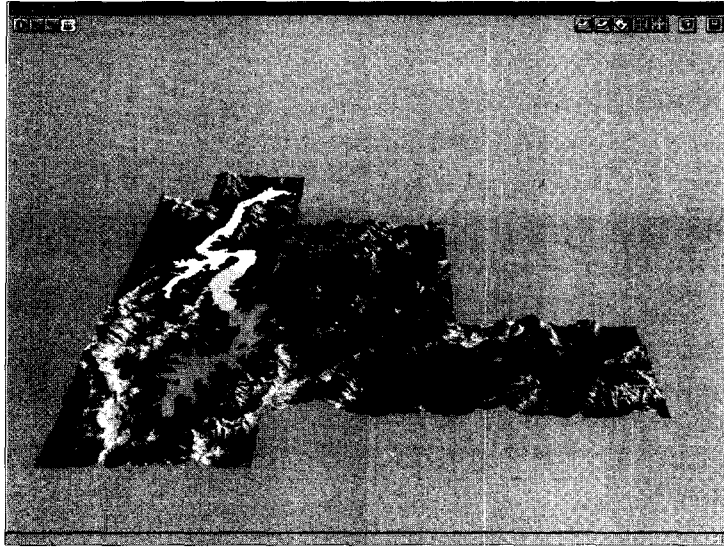
모형의 실행이 끝난 후, 네 번째 option인 결과도시에 포함된 3가지 단계를 선택함으로써 결과는 처리되고 view 상에 도시된다. 본 연구에서는 각 계절별로 수질 모의를 수행하였으므로 결과는 각 구획에 대한 수질항목의 평균으로 나타나고 이에 대한 결과를 대청호 유역전체에 도시하도

Parameter	0.0000	0.0200	0.0400	0.0600	0.0800	0.1000	0.1200	0.1400	0.1600	0.1800	0.2000	0.2200	0.2400	0.2600	0.2800	0.3000
NH3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
NO3	1.5400	1.5400	1.5400	1.5400	1.5400	1.5400	1.5400	1.5400	1.5400	1.5400	1.5400	1.5400	1.5400	1.5400	1.5400	1.5400
P14	0.0140	0.0131	0.0121	0.0111	0.0102	0.0096	0.0090	0.0084	0.0078	0.0072	0.0066	0.0060	0.0054	0.0048	0.0042	0.0036
PHIT	3.9900	3.9900	4.1100	4.2100	4.3100	4.4100	4.5100	4.6100	4.7100	4.8100	4.9100	5.0100	5.1100	5.2100	5.3100	5.4100
BOD	1.6000	1.6000	1.6000	1.6000	1.6000	1.6000	1.6000	1.6000	1.6000	1.6000	1.6000	1.6000	1.6000	1.6000	1.6000	1.6000
DC	10.0000	10.0000	10.0000	10.0000	10.0000	10.0000	10.0000	10.0000	10.0000	10.0000	10.0000	10.0000	10.0000	10.0000	10.0000	10.0000
DA	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
DP	0.0140	0.0140	0.0140	0.0140	0.0140	0.0140	0.0140	0.0140	0.0140	0.0140	0.0140	0.0140	0.0140	0.0140	0.0140	0.0140

[그림 8] 수질모의 결과



[그림 9] Chl-a 농도(표층수)



[그림 10] 3차원으로 도시한 BOD 모의결과(표층수)

록 구성하였다. [그림 8]은 계절별 각 구획에 대한 수질항목의 평균값을 보여주고 있다. [그림 9]는 대청호 표층수에서의 봄에 대한 Chl-a의 농도를 ArcView와 연계하여 나타낸 것이고 [그림 10]은 각 구획에 대한 BOD의 농도분포를 3차원으로 도시한 것을 나타내고 있다.

## 5. 장래저수지 수질모의

본 연구에서는 WASP5와 ArcView를 연계한 대청호의 수질관리 시스템을 가지고 모형의 검정과 증명과정을 통하여 도출된 조건을 이용하여 장래 저수지의 수질오염도를 예측하였다. 장래의 용담댐의 방류량자료는 5.0 CMS로 적용하여 대청댐 유입부의 수질모의 결과를 기초로 하였고, 직접 저수지로 유입되는 옥천천, 회인천,

품곡천, 주원천에 대해서는 유달물에 의한 회귀식을 적용하여 예측된 수질자료를 이용하였다. <표 3>과 <표 4>는 각각 댐 건설 전후의 주요지점에 대한 수질변동양상을 정리한 것이고 대청댐 1, 2, 3은 구획 13, 18, 19에 해당된다.

환경기초시설이 설치되고 용담댐 건설 후의 경우, 저수지의 수질은 전반적으로 댐 건설이전에 비해서 개선될 것으로 모의되었다. 2011년 갈수시를 기준으로 한 수질개선효과는 대청댐 1, 2, 3 지점을 기준으로 용담댐 건설 전이 BOD 0.93~1.03 mg/l, T-N이 1.669~1.795 mg/l, T-P가 0.014~0.025 mg/l로 나타났으나 용담댐 건설 후의 경우는 BOD 0.89~1.01 mg/l, T-N이 1.580~1.746 mg/l, T-P가 0.011~0.021 mg/l로 나타나 BOD의 경우 0.03~0.06 mg/l, T-N의 경우 0.049~0.089 mg/l, T-P의 경우 0.003~0.005 mg/l의 수질개선효과가 있는

<표 3> 용담댐 건설 전후의 주요지점 수질비교(2011년, 갈수시)

(단위 : mg/l)

지 점	용담댐 건설전 (환경기초시설 비교려)			용담댐 건설전 (환경기초시설 고려)			용담댐 건설후*		
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
대청댐 1	1.13	2.036	0.016	0.95	1.669	0.011	0.89	1.580	0.011
대청댐 2	1.04	1.998	0.020	0.93	1.687	0.012	0.90	1.610	0.012
대청댐 3	1.17	2.005	0.029	1.03	1.795	0.021	1.01	1.746	0.021

<표 4> 용담댐 건설 전후의 주요지점 수질비교(2021년, 갈수시)

(단위 : mg/l)

지 점	용담댐 건설전 (환경기초시설 비교려)			용담댐 건설전 (환경기초시설 고려)			용담댐 건설후*		
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
대청댐 1	1.17	2.057	0.018	0.98	1.694	0.015	0.92	1.595	0.012
대청댐 2	1.11	2.028	0.021	0.95	1.715	0.018	0.92	1.633	0.013
대청댐 3	1.23	2.046	0.030	1.06	1.833	0.027	1.04	1.779	0.022

것으로 나타났다. 2021년 갈수시를 기준으로 한 수질개선효과는 대청댐 1, 2, 3 지점을 기준으로 용담댐 건설 전이 BOD 0.95~1.06 mg/l, T-N이 1.694~1.833 mg/l, T-P가 0.015~0.027 mg/l로 나타났으나 용담댐 건설 후의 경우는 BOD 0.92~1.04 mg/l, T-N이 1.595~1.779 mg/l, T-P가 0.012~0.022 mg/l로 나타나 BOD의 경우 0.02~0.06 mg/l, T-N의 경우 0.054~0.099 mg/l, T-P의 경우 0.003~0.005 mg/l의 수질개선효과가 있는 것으로 나타났다.

## 6. 결 론

본 연구는 대청호 유역의 부영양화에 대한 수질을 해석하기 위하여 저수지/호

소 수질모형인 WASP5를 수행하였고, 이를 GIS 소프트웨어인 ArcView와 연계하여 대청호 수질관리시스템을 구축하였다.

저수지 수질해석을 위한 수리학적인 정보를 얻기 위하여 HEC-RAS 프로그램을 이용하였고, 그 결과에 대해서 회귀분석을 실시하였다. 그 결과 WASP5 모형을 수행하는데 필요한 유량과 유속관계, 유량과 수심관계에 관한 계수를 산정하였다. 장계교~대청댐에 이르는 대청호 유역에 대해서 각 지류의 유입을 고려하여 WASP5 모형을 통한 수질모의를 실시하였고 WASP5 모형에 대한 민감도분석을 실시하여 중요한 영향계수들을 도출하였으며 각 수질항목에 영향을 미치는 매개변수와 반응상수에 대해서 시행착오법을

통해 보정과 검증을 실시하여 수질실측치와 비교하였다. 수질모형인 WASP5와 GIS와의 연계는 ArcView의 Avenue와 FORTRAN을 이용하여 구성하였고 WASP5에서의 복잡한 입력, 모의과정, 매개변수 산정과정, 출력과정 등을 Avenue를 통해 일괄처리함으로서 사용자 편의기능을 가지고 2차원 및 3차원으로 가시화할 수 있도록 구성하였다. ArcView/WASP5 모형을 통한 대청호 수질관리시스템을 구축하여 계절별 유입에 따른 수질농도값을 제시하였고, 대청호 유역에 대한 수질변화를 구획별로 도시하였다. 그리고 장래 저수지 수질 모의를 통하여 용담댐의 설치 전과 후의 수질을 비교한 결과, 환경기초시설이 설치된 경우의 용담댐 건설 후에 수질개선효과가 있음을 알 수 있었다.

위와 같은 과정을 통해서 본 연구에서는 GIS의 ArcView를 이용한 저수지 수질관리시스템을 개발하였고, 이를 대청호에 적용하여 실제 저수지에 대한 새로운 수질관리기법을 제시하였으며, 본 연구의 해석기법은 다른 유역에도 적용되어 효율적인 저수지 수질관리에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단되었다.

## 감사의 글

본 연구는 과학기술부 프론티어 사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업의 시·공간자료 활용기술개발 과제(1-2-1)의 지원으로 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

## 참고문헌

- 류주형, 1995, “지리정보시스템(GIS)를 이용한 충주호 주변 지역의 비점오염원 분석”, 연세대학교 석사학위논문.
- 이길성, 1993, “팔당호 수질조사 및 평가보고서”.
- 이범연, 1998, “지리정보체계 및 전문가시스템을 이용한 도시유출 및 수질모형의 개발”, 서울대학교 박사학위논문.
- 한건연, 1995, “수질모델링”, 대한토목학회지 제43권 제3호, pp.39-46.
- 한건연 · 김광섭 · 박재홍, 1994, “하천으로 유입된 오염물의 유동해석을 위한 동역학적 모형의 개발”, 한국수문학회논문집 제27권 제4호, pp.145-154.
- 한건연, 1997, “영양물질과 유사/수질 상호작용에 대한 수질모의”, 한국수자원학회지 제30권 제4호, pp.28-34.
- 한건연, 1999, “하천수질 모델링의 이론과 적용” 한국수자원학회지 제32권 제1호, pp. 22-31.
- 황병기, 1997, “수질모델 EUTRO5를 이용한 확산계수 산정법에 의한 연구.” 한국수질보전학회지 제13권 제3호, pp.275-282.
- Ambrose, R.B., Barnwell, T.O., McCutcheon, S.C., and Williams, R.T., 1996, "Computer models for water quality analysis", in Water Resources Handbook (ed. by Mays, L.W.), McGraw-Hill, New York.
- Ambrose, R.B. et al., 1993, The water quality analysis simulation program, WASP5, US EPA.
- Chapra, S.C., 1997, Surface water-quality modeling, McGraw-Hill, New York.
- Goodchild, F., Parks, O., and Steyaert, T., 1993, Environmental Modeling with GIS, Oxford University Press, New York, NY.

- James, A., 1993, An Introduction to Water Quality Modeling. John Wiley and Sons, New York.
- Maidment, D.R, et al., 1996, Modeling of Dissolved Oxygen in Houston Ship Channel using WASP5 and Geographic Information Systems, CRWR Online Report 96-2.
- Mays, L.W. and Tung, Y.K., 1992, Hydrosystems engineering and management, McGraw-Hill.
- McCutcheon, S.C. and French, R.H., 1989, Water Quality Modeling, Vol. 1, CRC Press, Boca Raton.
- O'Connor, D.J. and Ditoro, D.M., 1970, "Photosynthesis and oxygen balance in streams", Journal of Environ. Eng. Division, ASCE, Vol. 96, No. SA2, pp.547-571.
- Schnoor, J.L., 1996, Environmental Modeling - Fate and Transport of Pollutants in Water, Air, and Soil, John Wiley and Sons, New York.
- Stefan, H.G., Armbrrose, R.B., and Dortch, M.S., 1989, "Formulation of Water Quality Models for Streams, Lakes, and Reservoirs", U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg.
- Thomann, R.V. and Mueller, J.A., 1987, Principles of Surface Water Quality Modeling and Control, Harper and Row, New York