

FEMWASP 모형 및 ArcView를 결합한 통합적 환경영향평가 모형의 개발 및 적용

김준현 · 한영한 · 최윤정

강원대학교 공과대학 환경·생물공학부

An Integrated Environmental Impact Assessment Model using FEMWASP and ArcView

Joon Hyun Kim · Young-Han Han · Yoon-Jung Choi

Division of Environmental and Biological Engineering., Kangwon National University

Abstract

An integrated EIA tool was developed to analyze present and future environmental quality status of Youngwol Basin using ArcView and FEMWASP. All the input data and computational results were prepared and graphically displayed on the basis of ArcView. FEMWASP and ArcView were integrated using the command "system.execute" in script of Avenue. Modeling items were inserted in the GUI of ArcView. The modeling result showed that the water quality of the proposed Youngwol Lake would be at the stage of eutrophication. The developed system can be applied to the water quality management of drinking water resources to set up the regulatory acts and project plan of governmental policy.

ArcView와 FEMWASP 모형을 이용하여 영월유역의 현재 및 장래의 환경질을 해석하기 위한 통합적인 환경영향평가 도구를 개발하였다. 모든 입력자료와 계산 결과는 ArcView상에서 준비되어 도시되었다. ArcView내의 Avenue의 "system.execute" 명령어를 사용하여 FEMWASP과 ArcView를 통합하였다. 모델링 결과에 의하면 장래 영월호의 수질은 부영양화 상태에 이를 것으로 판단되었다. 개발된 시스템은 상수원수의 수질관리 분야의 정책의 계획이나 규제 방안을 결정하는 데 적용될 수 있을 것이다.

Keywords : EIA, ArcView, FEMWASP, Avenue, GUI, Youngwol Basin

I. 서론

최근 지구의 온난화 등의 원인에 의한 기상이변은 국내 수계에 엄청난 홍수피해를 가져오고 있으며, 산업발전 및 인구증가에 의한 용수수요량도 지속적으로 증가하고 있어서, 남한강 상류에 위치한 영월군 영월읍 거운리 지역에 영월다목적댐을 건설하게 되었다. 그러나, 본 사업은 사업예상 지역의 지질이 석회암 지질인 관계로 지하 동굴 등이 댐의 안전성에 영향을 미칠 수 있다. 또한 자연 경관이 수려하고, 석회암 동굴 및 생태계 등 보전하여야 할 자연 환경이 뛰어난 지역이다. 따라서, 사업의 안정성, 보전하여야 할 자연유산 및 문화재의 가치에 대한 평가가 중요하다고 할 수 있다. 이외에, 사업시행으로 인하여 방대한 지역에 발생할 수 있는 농경지 및 주거지의 수몰, 생태계 변화, 수표면적 증가로 인한 미기상의 변화 등에 대해서 환경에의 영향을 정확히 파악하여야 하며, 필요시 적절한 오염원 저감방안과 효율적인 관리 계획을 수립, 운영함으로써 그 영향을 최소화시켜야 한다.^{5,11)}

본 연구에서는 이러한 방대한 자료를 효과적으로 정리하고, 장래 변화를 입체적으로 도시하기 위하여 기존의 전산모형의 운영을 GIS 토대에서 수행할 수 있도록 하기 위하여 전산모형과 GIS를 결합하여 통합된 환경영향평가시스템을 개발하였다. 국내에서의 전산모형 및 GIS에 관련된 연구는 대부분 외국에서 개발된 시스템을 도입하여 국내에 적용하는 수준에 머물고 있고, 전산모형과 GIS를 결합한 연구는 미미한 형편이다. 이러한 원인은 두 개의 시스템을 통합하기 위해서는 전산모형 및 GIS의 내부 프로그램을 완벽하게 이해하여 필요시 수정할 수 있는 능력이 있어야 한다는 데 있다. 본 연구에서는 본 연구진에 의해 이미 개발된 전산모형을 적용하고^{1,2,3,4,5,12)}, GIS는 ArcView의

응용프로그램인 Script를 이용하여 필요한 GUI를 개발함으로써^{6,7,8,10)} 이러한 문제점을 해결할 수 있었다. 특히, 개발된 전산모형이 일반적인 사각형의 격자망을 사용하는 유한요소모형이었기 때문에 GIS의 Polygon과 완벽하게 모든 자료 및 파라미터의 호환이 가능하였다.

II. 연구내용 및 방법

1. 전산 모형의 이론

GIS와 연계 운영할 FEMWASP 모형은 수치해석상 보다 발전된 다차원 유한요소법을 이용하여 개발된 모형으로 복잡한 형상의 지형을 표현할 수 있으며, 부영양화에 관련된 여러 생화학적 반응을 선택적으로 모델링할 수 있고, 필요시 새로운 반응을 입력할 수 있도록 프로그램이 고도로 모듈화되어 있는 모형이다. 본 모형은 팔당호의 부영양화 수질 예측, 동해 무연탄 화력발전소의 온배수 모델링 등에 적용되어 그 타당성을 인정받은 모형이다.^{1,2,3,4)} 본 모형은 부영양화에 관련된 8개의 주요 수질항목에 대하여 유속, 확산에 의한 이동, 생화학적 물질변환 및 오염부하를 고려한 물질이동식을 다음의 유한요소식으로 해석하고 있다.

여기서, [ET]는 유한요소법에 있어서, 시간미분항, [EV]는 유속에 의한 이송항, [ED]는 확산에 의한 이송항에 대한 요소별 적분 행렬을 의미한다.

2. GIS를 이용한 통합 모델링 방안

본 연구에서는 GIS 구축을 위하여 ArcView를 이용하였다. ArcView는 ESRI사에서 개발한 GIS 소프트웨어로서 손쉽게 사용할 수 있는 GUI, 다양한 형식의 자료 입력, 여러 기종의 컴퓨터에서 운영이 가능하며, 빠른 기간내에 학습이 가능하다

$$\sum_{e=1}^{e_{max}} \left\{ \frac{1}{\Delta t} [ET] + \epsilon ([EV] + [ED] - k_i [ET]) \right\} \{C^{n+1}\}$$

$$= \left\{ \frac{1}{\Delta t} [ET] + (\epsilon - 1) ([EV] + [ED] - k [ET]) \right\} \{C^n\} + [ET] \{S\} + \{f\}$$

는 장점을 가진다.

FEMWASP 모형의 격자망은 일반적인 사각형이므로 Polygon으로 직접사용하기 위하여 ArcInfo에서 FEM WASP의 격자망자료를 ArcView 형식으로 변환시켰다. 이때, FEMWASP의 격자망 관계는 각 요소별 절점의 연결도로 구성되어 있어, ArcInfo의 형식과 같아 직접적인 연결이 가능하였다. 추후에 새로운 사업의 모델링인 경우에는 ArcView나 ArcInfo에서 격자망을 사용하여 Polygon의 위상관계를 정의하여 주면, 이 자료를 FEMWASP의 격자망 자료로 직접 사용할 수가 있다. 만약, 수치지도가 이미 입력되어 있다면, Digitizer를 사용할 필요없이 수치지도상에 MOUSE를 사용하여 격자망을 구성할 수 있다. 즉, 전산모형의 입력자료의 자동 생성 작업을 GIS를 통하여 수행할 수 있는 것이다.

ArcView의 Avenue의 Script 기능을 이용하여 ArcView상에 FEMWASP 모형의 GUI를 삽입함으로써 GIS와 모델링의 연계 방안을 구축하여 모델링을 수행하였다. 모델링은 8개 수질예측항목(CBOD, Org-N, NH₃-N, NO₃-N, Org-P, PO₄-P, Phyto-C, DO)에 대하여 수행하였으며, 수행된 모델링 결과는 다시 ArcView상에 연계되어 수계 전체의 예측 결과가 입체적으로 구축됨으로써 사용자가 수계 전체의 현황을 시각적으로 용이하게 분석할 수 있다.

환경질 현황으로 대기질, 수질(하천수와 지하수), 토양, 소음·진동에 관한 측정 지점, 항목 및 분석결과를 ArcView에 표현하였다(Fig.1-2).

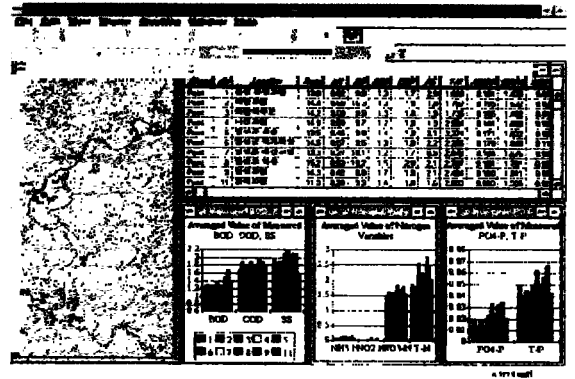


Figure 1. 영월댐 상류 지역의 하천수 수질 측정 지점 및 분석 결과

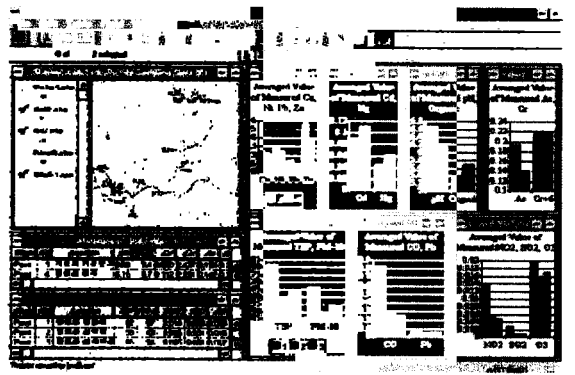


Figure 2. 하류 지역의 대기질, 토양 측정 지점 및 분석 결과

III. 결과 및 고찰

본 연구대상지역은 배수유역에 영월, 평창, 정선, 강릉, 삼척 등이 포함되어 있으며, 배수면적은 2,267km², 하천유로연장은 148.7km에 이르는 광범위한 지역이다. 따라서, 배수유역을 8개의 소유역으로 구분하였다. 소유역별 현재 및 장래 오염부하량을 산정하기 위하여 각 유역별 인구, 가축, 토지 이용도에 따른, BOD, SS, T-N, T-P의 원단위를 적용하여 장래오염부하량을 예측 프로그램 및 MS-Excel을 이용하여 구하였다(Fig.3-4).

소유역	인구	BOD	SS	T-N	T-P	
1	1998	12385	868 79	280 28	95 08	20 79
2	205	11385	889 89	272 28	97 08	8 57
3	2005	10400	855 77	240 28	90 08	1 27
4	2005	3660	601 98	252 28	95 08	5 10
5	890	2968	272 88	225 28	85 08	1 12
6	250	2547	298 04	244 08	35 22	4 25
7	2505	3730	254 89	288 56	48 51	5 08
8	2205	3106	226 10	236 08	24 27	5 26
합계	1300	396	232 91	824 63	87 62	18 29
2001	1576	822 47	878 54	89 44	12 74	
2005	5642	955 45	406 27	23 72	4 27	
2010	4548	4767	214 72	39 22	36 48	
2015	1827	181 44	205 22	27 22	1 57	

Figure 3. 장래오염부하량 계산을 위한 ArcView와 MS-Excel과의 연계

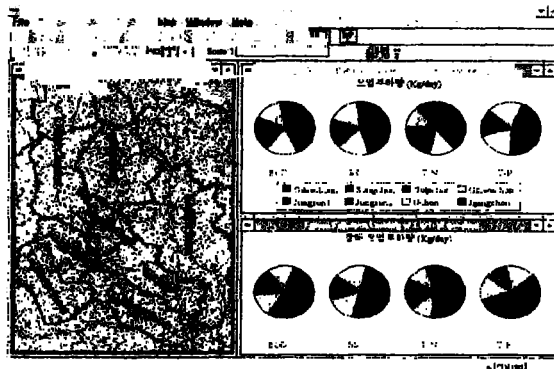


Figure 4. 각 소유역에 대한 현재와 장래 오염부하량

수물 지역의 도면 자료와 모델링에 필요한 유한 요소 격자망의 기초 자료들(각 격자망의 절점의 연결도 및 절점 좌표)을 ArcView에 표현하였다. 본 대상지역에 생성될 영월호의 장래 부영양화 현상을 예측하기 위하여 격자망을 수물지역은 551개 요소 및 873개의 절점으로 구성하였으며, 영월담하류의 수질 및 생태계 보전을 위한 상시 유지유량을 산정하기 위하여 담 하류 지역은 71개의 요소와 144개의 절점으로 격자망을 구성하였다. Fig.5는 격자망의 입력자료를 나타내는 것으로서 확산계수, 유속과 격자망 자료등을 도시하였다. 모형의 모든 입력자료 및 계산결과는 ArcView를 이용하여 공간적인 분포도를 해석할 수 있었다.

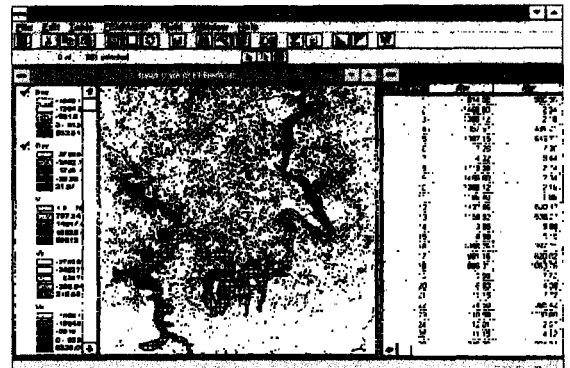


Figure 5. FEMWASP 모형의 요소별 입력자료(x,y 방향에 대한 확산계수)

1996년 현재 영월담 배수유역의 수질 측정농도를 오염부하량, 수리학적 조건에 대하여 생화학적 파라미터를 보정하여 재현하였다(Fig.6). 영월호의 장래 수질을 예측한 결과, N, P 항목을 기준으로 할 때 담수후인 2001년에는 부영양 상태가 될 것으로 예측되어 유입 영양염류에 대한 다양한 관리방안이 필요할 것으로 판단되었다. 또한, 하천유지유량 산정을 위하여 5CMS~50CMS 까지의 다양한 모델링을 수행한 결과, 하천 생태계 및 수질을

유지하기 위해서는 최소한 30CMS 이상의 방류량이 유지되어야 할 것으로 예측되었다. 한국수자원공사는 이 요구량을 충족시키기 위해 본래의 설계 상시방류량을 상향 조정하여 32.08 CMS로 결정하여 댐의 설계를 변경하였다.

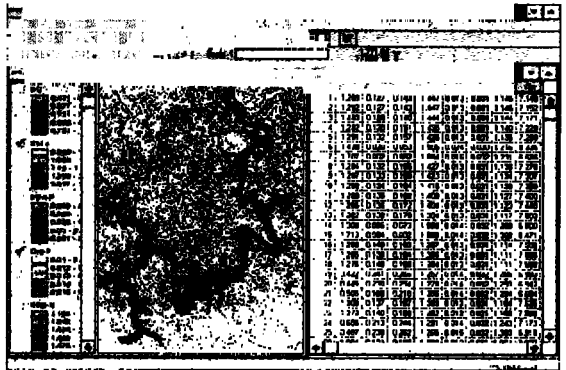


Figure 8. 수질 항목별 모델링 수행 결과

IV. 결론

FEMWASP 모형은 복잡한 지형적 영향에 상관 없이 적용성이 뛰어나므로 호소의 형상을 최적으로 표현할 수 있어 GIS와 연계 운영할 수 있는 최적의 모형이라고 판단된다. 또한, 급변하는 유속, 수심 등의 수리적 인자에도 불구하고 안정적인 해를 도출할 수 있었다.

유역내의 환경질 자료, 현재 및 장래의 오염부하량, 모형 격자망 등의 도면정보 및 속성정보를 범용성이 뛰어난 GIS 프로그램인 ArcView에 구축하였다. 이를 통해 유역내의 환경질 정보를 상시 관리할 수 있는 운영체제로의 가능성을 모색할 수 있었다. ArcView상에 FEMWASP 모형의 GUI를 삽입하여 GIS상에서 모델링을 수행하며 예측결과를 분석함으로써 효율적인 모델링 실행방안 및 유역관리체제로서의 운영방안을 설정하였다(Fig.7-8). 개발된 FEMWASP 모형과 ArcView의 통합 관리 시스템은 수계의 환경정보 관리와 효과적인 수질 모델링을 운영한다는 측면뿐만이 아니라 관련된 모든 자료의 입체적인 구축을 가능하게 하여, 다른 여러 수질 관련 사업시 정책 결정에 중요한 기본 도구로서 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

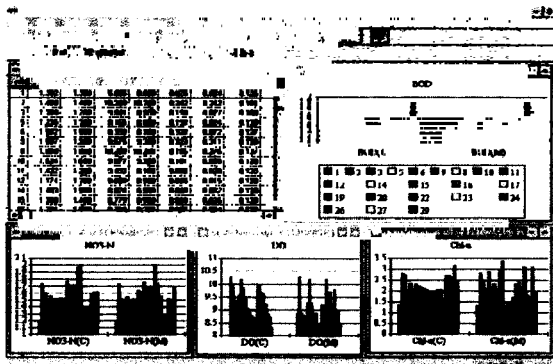


Figure 6. FEMWASP 모형의 보정 결과

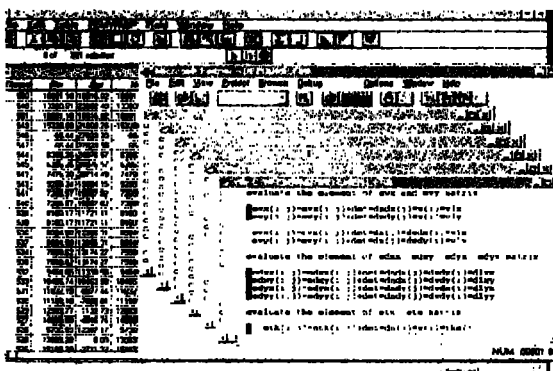


Figure 7. ArcView에서 FEMWASP 모형의 운영

참 고 문 헌

1. Kim, J. H., A multidimensional finite element model for eutrophication and thermal pollution problems, International Joint Seminar, Seoul National University, 1995.
2. Kim, J. H., Yi, Y.-S., A portable code for surface water quality modeling using multidimensional finite element method, 6th IAWQ Asia-Pacific Regional Conference, II : 1223-1230, 1997.
3. 김준현 등, 팔당호 수질관리모형의 개발 : 상류 가중유한요소법을 이용한 다차원 부영양화 모형의 개발 및 검증, 대한환경공학회, 1995.
4. 김준현, 사각형 유한요소법을 이용한 부영양화 모형의 개발, 대한수자원학회, 1995.
5. 김준현 등, FEMWASP 모형을 이용한 영월 다목적댐의 환경영향평가, 한국수질보전학회, 춘계학술발표회 논문초록집: 95-98., 1998.
6. 김준현, 이찬기, 한상욱, 최윤정, 한영한, "하수 관거의 I/I 분석을 위한 GIS 및 수리 모델링 결합 기법", 한국수질보전학회 춘계발표회 논문초록집: pp.77-80, 1998.
7. 김준현, 함광준, 지하수 유동의 해석해 및 GIS를 활용한 종합적 취수정 정보 관리시스템의 개발, 대한환경공학회 춘계학술연구발표회 논문초록집: pp.687-688, 1998.
8. 김준현, 최윤정, 한영한, ArcView를 이용한 GIS와 FEMWASP 모형의 통합 모델링, 대한환경공학회 춘계학술연구발표회 논문초록집: pp.691-693, 1998.
9. 전형섭 등, GIS를 이용한 비점오염의 원인지역 추출에 관한 연구, 대한환경공학회지, 18(4) : pp.451-463, 1996.
10. 최윤정, ArcView를 이용한 GIS와 수질수리모형의 통합모델링, 강원대학교 석사학위논문, 1998.
11. 한국수자원공사, 건설교통부, 영월다목적댐 건설사업 환경영향평가서, 1997.
12. 한영한, 팔당호 수질관리모형의 개발, 강원대학교 석사학위논문, 1995.