

수질모의 입력자료 자동작성을 위한 데이터모델 수립에 관한 연구¹⁾

A study on developing a data model to automatically generate input data for water quality simulation

박용길 · 김계현 · 이철용

Yonggil Park · Kye Hyun Kim · Cholyoung Lee

인하대학교 지리정보공학과

shakunetsu@inha.edu · kye Hyun@inha.ac.kr · khsakura82@inhaian.net

요약

수질오염총량제가 도입되면서 각 지방자치단체는 허용배출량을 산정하기 위하여 QUAL2E 수질모델을 이용한 수질모의를 적극적으로 활용하고 있다. 그러나 수질모의 수행에 필요한 입력 자료를 작성하기 위하여 많은 시간이 소요되기 때문에 시간 및 경제적 손실을 가져오고 있다. 따라서 본 연구에서는 수질모의 입력 자료를 자동으로 작성하기 위하여 오염원 DB와 수리계수 DB 및 한국형 리치파일을 연계할 수 있는 데이터모델을 수립하였다. 모델을 이용하여 수질모의 대상하천의 기본 정보를 한국형 리치파일에서 얻은 후 오염원 DB와 표준유역명으로 연계하여 오염원 정보를 추출토록 하였다. 아울러 수리계수 DB에서 하천코드와 상류지점으로부터 누적거리를 이용하여 대상 하천의 수리계수를 추출하였다. 이는 모의대상하천을 선택하였을 때 자동으로 수질모의 입력 자료를 작성할 수 있는 모듈을 개발할 수 있도록 지원이 가능하다. 이러한 모델의 개발을 통하여 다양한 기관에서 중복 구축하던 수질모의 자료의 통합관리가 가능하며, 나아가 수질모의 입력 자료의 작성을 자동화함으로써 시간 및 비용 절감에 기여가 클 것으로 사료된다.

1. 서론

우리나라는 1990년대 후반까지 수질환경의 관리와 보전을 위하여 여러 오염원에서 배출하는 오염농도만을 규제하는 수질관리 정책을 펴왔다. 그러나 급격히 발전하는 도시와 산업은 오염원을 다양화시키고 그 개수도 크게 증가시켰으며 이는 오폐수량과 오염배출량이 함께 증가하는 문제를 낳게 되었다. 따라서 기존의 배출농도 규제방식의 수질관리방식으로는 현실적인 수질환경의 관리 및 보전이 불가능하게 되었고, 보다 적극적인 수질관리제도의 도입이 필요하게 되었다. 그 결과 1999년 기존의 배출농도 규제방식의

수질관리방식이 가지는 한계를 극복하고 실질적인 수질 개선 및 보전을 위한 방법으로 수질오염물질의 총량을 관리하는 수질오염총량관리제도(Total Maximum Daily Loads, 이하 “TMDL”)를 국내에도 도입하게 되었다.

TMDL은 관리하고자 하는 하천의 목표 수질 및 그 달성·유지를 위한 수질오염물질 허용배출량을 산정하고, 해당 유역에서 배출되는 오염물질 총량이 허용량 이하가 되도록 관리하는 제도이다. 개발에 의해 발생하는 오염물질을 방류 농도뿐만 아니라 총량 측면에서 관리함으로써 효과적인 수질개선을 도모하고, 자치단체

1) 이 논문은 공간정보 전문인력 양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임

는 배출량을 줄인 만큼 개발에 필요한 배출량을 확보할 수 있어 보전과 개발을 함께 도모할 수 있다. 이 과정에서 수질오염물질 허용배출량을 산정할 때 수질모델링이 적극 활용된다.

그러나 수질모의를 수행하기 위하여 대부분의 시간이 소요되는 수질모의 입력 자료를 작성하는 과정은 대부분 수작업으로 이루어지고 있어 많은 준비 시간이 소요되고 있다. 또한 수행기관별로 입력 자료를 각기 다른 기준으로 작성하고 있기 때문에 서로 다른 기관에서 수행한 수질모의 결과의 비교도 힘든 실정이다. 따라서 이 연구에서는 수질모의를 수행하기 위하여 필요한 입력 자료를 작성하기 위한 다양한 DB의 연계 모델을 수립하고, 이것을 이용하여 수질모의 입력자료 작성을 자동화하고자 하였다.

2. TMDL과 QUAL2E

TMDL이 도입되면서 허용배출량을 산정하기 위하여 수질모의의 필요성이 증대되었는데 최근 가장 많이 활용된 것이 QUAL2E(Enhanced Stream Water Quality Models) 모델이다. QUAL2E 모델은 하천에만 적용할 수 있는 1차원 수질모델링 프로그램으로 사용자의 적절한 조합에 의하여 용존산소, 생물학적 산소요구량, 온도, 엽록소a, 유기질소, 암모니아성 질소 등 15가지의 수질항목을 예측할 수 있다. QUAL2E 모델은 대구간, 소구간, 수원, 합류점, 점오염원 및 취수원으로 구성되어 있으며 구성요소는 QUAL2E 모델의 입력 파일에 의해 정의된다. 입력파일은 텍스트 형식으로 이루어져 있으며 자료의 내용은 (표 1)과 같다.

표 1. QUAL2E 모델의 입력자료 목록

표제자료	대상하천명, 원하는 모의 날짜, 대상수질인자 및 인자의 단위 등을 기술
제어자료	정상상태 또는 동적상태를 구분하고 구획, 수원 소구획, 지류합류점, 취수장, 점오염원 등의 수를 기입하며, 모의대상 하천의 물리적, 기상학적 조건 등을 기술
구획표시 및 구획길이 자료	각 구획의 번호나 고유이름, 각 구획의 길이 등이 기술
유량증가자료	희석수의 사용 등으로 인한 유량 증가 시 요구되는 자료이며 그에 따른 목표 용존산소농도 값이 기술
계산 소구획 자료	각 구획에서 소구획의 수와 그 소구획의 형태 등을 기술
수리자료	각 구획의 수리수문학적 특성을 나타내는 계수와 Manning 조도계수가 기술
비율 및 계수자료	각 구획에서의 BOD 제거율계수, 조류에 대한 클로로필-a의 비율, 조류의 침전을, 암모니아 산화에 필요한 계수, NO ₂ -N 산화에 필요한 계수, 대장균 사멸계수, 비보존성 물질의 분해계수 등이 기술
초기조건 자료	각 구획의 초기조건이 주어지는 것으로서 13개 수질인자에 대한 초기조건이 기술
증분유입자료	각 구획별로 비점오염원 및 수원소구획으로 입력되지 못하는 지하수 유입자료가 주어지는 것으로 증분이 유입되는 13개 수질인자의 농도가 기술
하천합류점 자료	하천 합류점에서의 지류 및 본류의 소구획 구성을 기술
수원자료	구획 상류지점에서의 유량 및 13개 수질인자에 대한 농도 등이 기술
점오염원 및 취수자료	점오염원의 오염부하 모의대상에 포함되지 못한 지천의 부하 및 용수취수 등을 고려한 유량 및 13개 수질인자에 대한 농도 등이 입력되고, 유입의 경우(+), 취수의 경우(-)로 기술
기상자료	온도나 조류의 동작 모의에 필요한 기상자료로서 태양복사량, 운량, 건습구 온도, 기압, 풍속 등이 입력
기 타	Algae, 질소, 인등을 모의할 때의 계수입력, 댐 재포기자료, 하천경계조건 등

3. 한국형 리치파일

리치파일(Reach File)이란 미국 EPA에서 개발된 것으로 하천의 단위 혹은 리치를 정의하고 이들 간에 위상관계를 나타낸 미국 지표수 특성의 지형학적 데이터베이스이다. 그러나 미국에서 사용하고 있는 리치파일을 한국에 그대로 적용하기에는 국내의 하천형상 및 하천 중심선의 정의 등 기본적인 하천정보에서부터 차이가 있으므로 국내 실정에 맞는 한국형 리치파일을 설계하고 구축하도록 하였다. 이러한 리치파일의 구축은 여러 기관에서 수질모의를 수행할 때 하천정보의 중복구축을 방지하고 일관성 있는 표준안을 제공해 줄 수 있다. (표 2)와 (표 3)은 한국형 리치파일의 예시이다.

4. 데이터모델 수립

QUAL2E를 이용한 수질모의 수행 시 대부분의 시간은 수질모의 입력 자료를 작성하는데 사용된다. 따라서 수질모의 입력 자료를 자동으로 작성할 수 있다면 시간 및 비용을 절약할 수 있으며, 다양한 수질모델링을 빠른 시간에 수행할 수 있어 TMDL의 허용배출량 산정에도 많은 도움이 될 수 있다.

수질모의에 필요한 정보는 (표 1)과 같이 13가지인데 이 중 표제자료와 기상자

료, 기타자료를 제외한 자료가 실제 하천과 관련이 있는 자료이다. 이러한 자료를 입력하기 위하여 점오염원과 비점오염원 자료가 구축되어 있는 오염원 DB, 하천의 수리학적 정보를 담고 있는 수리계수 DB와 하천의 기본정보가 구축되어 있는 한국형 리치파일을 서로 연계하도록 하였다.

오염원 DB는 (그림 1)과 같이 유역 및 행정구역 단위로 나누어 발생 BOD, TN, TP 및 배출 BOD, TN, TP 가 구축되어 있으며, 수리계수 DB는 (그림 2)와 같이 하천 리치별 누적거리에 따른 수리정보가 구축되어 있다. 오염원 DB와 수리계수 DB 및 한국형 리치파일을 연계한다면 대상하천을 선정하였을 때 자동으로 QUAL2E의 입력 자료를 작성할 수 있다.

모의대상하천이 선정되면 한국형 리치파일에서 해당 하천과 관련된 속성 정보를 획득한 후 오염원 DB와 수리계수 DB에서 해당 하천에 대한 속성 정보를 획득하게 된다. 한국형 리치파일의 정보와 각 DB의 연계는 각각의 주기를 사용하여 연결하도록 하였다. 따라서 모의대상 하천이 정해지면 하천의 기본속성 및 위상관계를 한국형 리치파일의 속성정보에서 해당 유역의 점오염원 및 비점오염원의 정보를 표준유역명을 이용하여 얻을 수 있다. 수리계수 DB에서 하천코드와 리치의

표 3. 한국형 리치파일의 하천정보

FID	Shape	Stream Name	Stream Code	TYPE	Length	Main Stream	TRBTR 1	TRBTR 2	TRBTR 3	TRBTR 4
1	Polyline	경안천2	1024290	지방2	10851	한강	경안천			
2	Polyline	노곡천	1024560	지방2	8157	한강	경안천	곤지암천	노곡천	
3	Polyline	유정천	1024570	지방2	4774	한강	경안천	곤지암천	노곡천	유정천

표 2. 한국형 리치파일의 위상정보

FID	Catalog Unit	Segment	Marker Index	Length Accumulate	Reach file Code	Level	Junction	Reach Type
1	경안A	1024290	75.83	5666	경안A 1024290 75.83	1	1	R
2	경안B	1024560	44.97	14824	경안B 1024560 44.97	3	1	R
3	경안B	1024570	0.00	4774	경안B 1024570 0	4	1	R

대권역	공통유역명	표준유역명	DO_NM	CTY_NM	DONG_NM	RI_NM	행정구역코드	모듈키2	분할면적2	분할전면적	점유율2
금강	미호천	무심천	충정북도	정원군	남이면	가좌리	4371035036	충정북도청	2,269,619	2,269,619	100.00%
금강	미호천	무심천	충정북도	정원군	남이면	대련리	4371035035	충정북도청	1,686,481	1,686,481	100.00%
금강	미호천	무심천	충정북도	정원군	남이면	문동리	4371035023	충정북도청	2,722,178	3,424,366	79.49%
금강	미호천	무심천	충정북도	정원군	남이면	석판리	4371035034	충정북도청	211,412	2,136,653	9.89%

그림 1. 오염원 DB의 속성

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Hydr Depth (m)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Cum Ch Len (m)	a=	b=	c=
Reach-1	2	PF 1	50	0.44	15.8	16.64	0.55	500	0,108509845	0,406948666	0,081730628
Reach-1	2	PF 2	100	0.63	15.8	16.88	0.7	500			0,437748797
Reach-1	2	PF 3	200	0.87	15.8	17.19	0.93	500			
Reach-1	2	PF 4	400	1.07	15.8	17.63	1.19	500			
Reach-1	2	PF 5	700	1.43	15.8	18	1.54	500			
Reach-1	2	PF 6	1100	1.79	15.8	18.38	1.91	500			
Reach-1	2	PF 7	1600	2.05	15.8	18.79	2.24	500			

그림 2. 수리계수 DB의 속성

시작점의 누적거리를 현재 위치까지의 누적거리를 이용하여 하천의 수리계수를 얻어 쉽게 수질모의 입력 자료를 작성할 수 있다(그림 3).

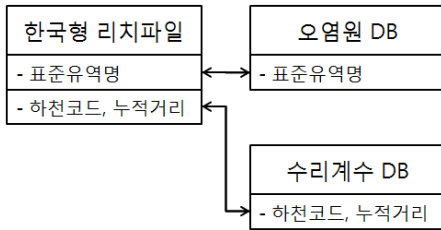


그림 3. 데이터 연계 모델

DB간의 데이터 연계 모델이 수립되었다면 수질모의 입력 자료 작성의 자동화가 가능하다. 수질모의 대상하천을 선정하였을 때 한국형 리치파일에서 해당 하천을 검색하고 모의 구간에 해당하는 오염원 자료 및 수리계수 자료를 데이터모델을 활용하여 얻을 수 있으며, 이것을 수질모의 입력 자료로 자동으로 작성할 수 있는 모듈을 개발할 수 있게 된다.

5. 결론

본 연구에서는 수질모의에 필요한 입력 자료의 자동작성을 위한 방법으로 오염원 DB와 수리계수 DB를 한국형 리치파일과 연동하는 데이터모델을 수립하였다.

이는 수질모의 대상하천이 선정된다면 오염원 자료 및 수리계수 자료를 자동으

로 연계하여 얻을 수 있으므로 오랜 시간을 소요하던 수질모의 입력자료 작성 시간을 단축시킬 수 있다. 또한, 수질모의를 수행하는 기관이 중복해서 구축하던 하천 기본자료, 오염원자료 및 수리계수 자료를 통합할 수 있어 수행기관이 다르더라도 동일한 수질모의 결과를 예측할 수 있도록 하였다.

하지만 수질모의 입력 자료 자동작성을 위한 모듈은 아직 개발되지 않았으며 차후 연구에서 수행될 필요성이 있다. 오염원 DB와 수리계수 DB가 주기적으로 갱신된다면 수질모의의 신속한 수행 및 정확한 수질 예측에 기여가 클 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 국립환경과학원, “알기쉬운 수리·수질모델링”, 2006
- [2] 권문진, “수질오염총량관리제의 수질모의 지원을 위한 GIS 기반 한국형 Reach File 구축에 관한 연구”, 석사학위논문, 2010
- [3] 한강수계관리위원회, “경안천 유역의 오염부하량 조사”, 2001
- [4] U.S. EPA Office of Water, “History of the U.S. EPA’s River Reach File : A National Hydrographic Database Available for ARC/INFO Applications“, 1994