

선제적 수질관리를 위한 수질예보시스템 구축



이 은 정
국립환경과학원 수질통합관리센터
전문위원
ejay@korea.kr



나 은 혜
국립환경과학원 수질통합관리센터
환경연구관
eunye@korea.kr



김 경 현
국립환경과학원 수질통합관리센터
센터장
matthias@korea.kr

1. 서론

이상기후에 의해 더욱 빈번해진 홍수와 가뭄에 대응하고 건강한 수변 및 수생태계를 조성하기 위해 지난 2009년 6월에 마스터플랜을 확정하고 시작된 4대강 사업의 대부분의 공정이 마무리 되었다. 이에 따라 4대강 본류에 대한 하상준설, 보설치, 중소규모의 댐건설 그리고 농업용저수지 증고 등으로 유량과 체류시간 등 하천의 흐름특성이 변화되었다. 이러한 변화는 수체 내 영양물질의 거동 및 미생물의 생장, 사멸 등에도 영향을 미치게 된다. 4대강 사업으로 풍부해진 수량으로 유역으로 유입되는 오염물질에 대한 완충효과가 커지고 오염

물질의 침전으로 수질에 긍정적인 측면이 있는 반면 일부 구간에서는 유속저하로 조류(藻類) 성장의 호조건이 형성될 가능성도 있다. 또한 하천에 탁수가 유입될 경우 보로 인해 흐름이 정체되면서 탁수가 장기간 정체되어 심미적 문제 및 이수(利水) 장애를 초래할 수 있다.

한편, 4대강 사업은 하천에 여가·레저 활동 등을 영위할 수 있는 친수공간으로의 기능을 더함에 따라 맑은 물에 대한 국민적 관심은 더욱 증대되고 있다. 또한, 우리나라 4대강 본류에는 수십개의 생활용수 취수장이 위치해 있어 하천수질 변화를 사전에 예측하고 이에 대응하는 대책을 마련하는 것이 더욱 중요해졌다. 이에 필요한 수질예측 시점은 장래 기후변화에 따른 50년, 100년

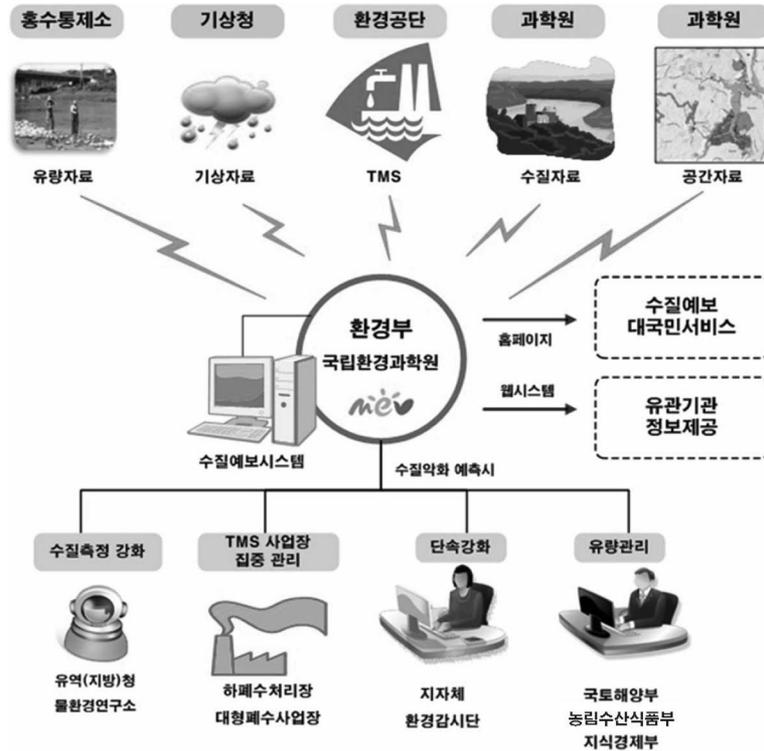


그림 2. 수질예보 운영체계

후의 먼 미래가 아니라 내일의 여가활동, 계절변화에 따른 수질개선 방안 수립에 필요한 단기(향후 7일), 장기(분기별) 시점이다. 그러나 현재 기후변화에 따른 미래의 수문·수질의 변화에 관한 연구는 국내외 많은 연구자들에 의해 수행되고 있으나, 향후 며칠이라는 단기 혹은 3개월 단위의 분기에 초점을 맞추어 수질을 예측하기 위한 연구는 미흡한 실정이다.

이에 환경부 국립환경과학원 수질통합관리센터에서는 사람들에게 친수환경정보를 제공하고, 물환경 관련 기관에서는 수질악화에 사전 대응할 수 있는 수질예측 결과를 제공할 수 있도록 수질예보시스템을 구축하여

새로운 패러다임의 수질관리 방안을 마련하였다. 본 원고에서는 수질예보시스템의 구성과 내용에 대해 소개하고자 한다.

2. 수질예보시스템의 구성

수질예보시스템은 수문/수질 관측자료 및 기상 예측 자료를 수집하여 수질예보모델을 구동하고 결과를 DB화하여, 그 정보를 GUI(graphical user interface)를 통해 유관기관 및 일반 사용자에게 제공하는 통합시스템을 말한다. 수질예보모델로는 유역단위 모형인

표 1. 수질예보 구간

수계	수질예보구간
한강	충주댐 방류지점부터 팔당댐까지
낙동강	안동댐 방류지점부터 낙동강 하구언까지
금강	대청댐 방류지점부터 금강 하구언까지
영산강	광주광역시 북구 우치동 용산교부터 영산강 하구언까지

※ 기타 : 수질관리상 환경부장관이 필요하다고 인정하는 구간

Hydrological Simulation Program-Fortran (HSPF) 과 3차원 동적 수리·수질모형인 Environmental Fluid Dynamics Code (EFDC)를 연계하여 수계별로 구축하였다. 그림1은 수질예보시스템을 이용하여 이루어지는 수질예보 운영체계이다.

4대강 수계별 수질·유량·기상자료 등을 활용하여 기 구축된 수계별 HSPF 모델과 EFDC 모델을 구동하고, 그 결과를 바탕으로 예보 익일부터 7일간 수질예보 구간 내에 있는 수질예보지점 (4대강 16개 보(泐)지점)을 대상으로 조류(Chlorophyll-a)농도와 수온을 예보한다. 수계별 수질예보구간은 표1과 같다.

수집된 관측자료 및 기상 수치예보모델자료를 도시고, HSPF, EFDC 모델을 연계 운영하는데 필요한 입·출력자료를 자동 생성하며, HSPF 및 EFDC 모델을 순차적으로 실행하여 그 결과를 처리하는 등의 일련의 작업은 국립환경과학원이 국제공동연구로 개발한 통합플랫폼에서 가능하다(그림 2).

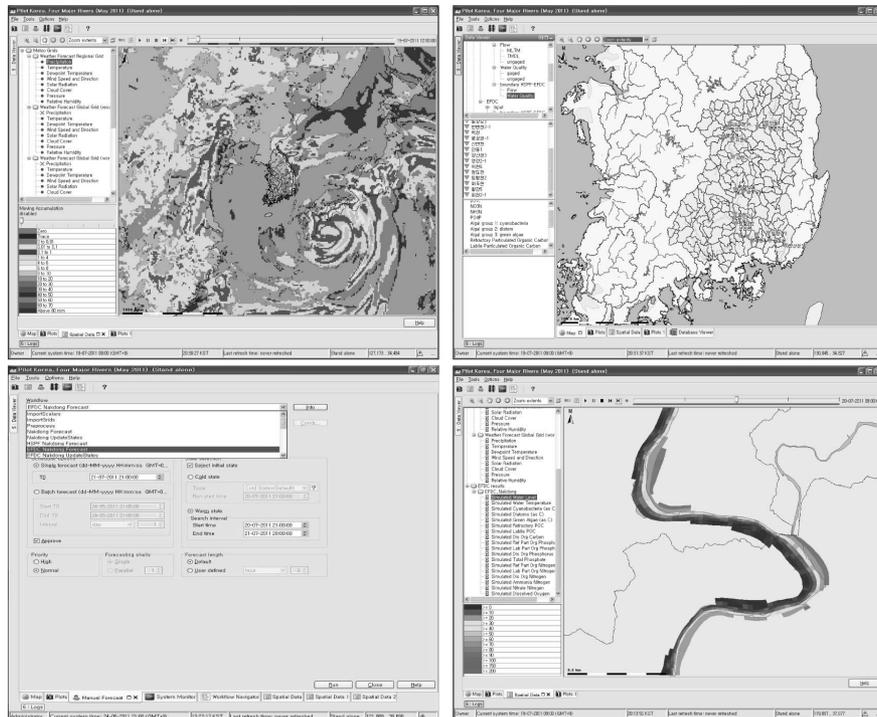


그림 2. 수질예보모델링을 위한 통합플랫폼 예시

표 2. 수질예보를 위한 자료의 종류 및 속성

구분		속성	생산·관리기관	생산주기	연계방법
기상	관측 자료	기온, 이슬점, 강수량, 풍속, 전운량, 일사량, 상대습도, 기압	기상청	1시간	FTP 연계
	수치예보 모델자료 (UM자료)	기온, 이슬점, 강수량, 풍속, 전운량, 일사량, 상대습도, 기압	기상청	매일 09시, 21시	FTP 연계
수질 자동측정망		pH, DO, EC, TOC, TN, TP, Chl-a, 탁도	한국환경공단	5분	DB 연계
수질측정망		수온, Chl-a, BOD, COD, TN, TP, SS, NH ₃ -N, NO ₃ -N, DTN, DTP, PO ₄ -P	환경부	주간 또는 월간	자체DB
IP-USN (이동형 수질 자동측정기)		수온, DO, pH, EC, 탁도, Chl-a	한국환경공단	10분	DB 연계
수질TMS ^a		유량, BOD, COD, TN, TP, SS	한국환경공단	10분	DB 연계
수위/유량 측정망 ^b		수위, 유량, 댐방류량	국토해양부 한국수자원공사 한국수력원자력(주) 한국농어촌공사	10분	DB 연계
상수도		취수량	환경부	연간	-
오염원		인구, 산업, 축산, 환경 기초시설, 매립지 등	국립환경과학원	연간	자체DB

^a 수질TMS 자료는 매 10분마다 생산되나, 수질예보시스템으로 연계시는 일평균 자료로 연계

^b 수위/유량측정망자료는 매 10분마다 생산되나, 수질예보시스템으로 연계시는 시간평균 자료로 연계

수질예보시스템은 크게 다음의 4단계로 나누어지며, 각 단계별 주요내용은 아래와 같다.

- 1) 자료수집 및 품질관리
- 2) 유역모델운영
- 3) 수체모델 운영
- 4) 수질예보결과 제공

가. 자료수집 및 품질관리

환경부, 기상청, 국토해양부, 한국환경공단 등 유관기관으로부터 수위-유량 관측자료, 기상관측·수치예보 모델자료, 댐방류량, 취수량, 국가수질측정망자료, 자동측정망자료, 수질원격감시체계(수질TMS : Tele-

Monitoring System) 자료 등 활용 가능한 모든 자료가 수질예보시스템으로 자동 연계되어 수집되며, 자료의 종류 및 속성은 표2와 같다.

수집된 자료의 신뢰도 확보와 정확한 수질예보를 위하여 자료에 대한 품질관리검사를 실시한다. 결측된 자료는 자료 생산기관에 확인 후 수정 및 보간처리하여 보완하고, 음의 유량/수질농도 값 등 수집된 자료의 요소별 물리한계를 설정하여 자료의 오류여부를 판단하고 처리한다. 또한 시계열 자료의 경우 전(前)시간 대비 자료의 변화폭이 큰 경우에도 확인 후 수정 및 보완하여 자료의 정도를 높인다.

나. 유역모델(HSPF) 운영

수질예보를 위한 유역 모델은 시간모의가 가능한 Hydrological Simulation Program-Fortran (HSPF) 모델로 선정하였으며, 모델은 각 수계별(한강, 낙동강, 금강, 영산강)로 구축하였다. HSPF 모델은 각 유역에서 4대강 본류로 유입되는 지천들의 유량과 수온, 수질을 모의하고 그 결과를 EFDC 모델로 연계하며, 연계되는 항목은 표3과 같다.

다. 수체모델(EFDC) 운영

각 수계별(한강, 낙동강, 금강, 영산강)로 수질예보 구간을 포함하는 Environmental Fluid Dynamics Code (EFDC) 모델을 구축하였으며, EFDC 모델은 하천 구간

내 보 설치로 인한 불연속적인 흐름조건에 대해서도 모의가 가능하다는 장점이 있다. 각 수계별 수체모델은 HSPF 모델의 모의결과로부터 수질경계조건을 구축하고, 하천 본류로 방류되는 하수처리장과 같은 오염원자료 또한 수질 TMS DB로부터 수질경계조건을 구축하였다. 표4는 EFDC 모델에서 생산되는 수질항목 및 기간을 나타낸다.

라. 수질예보결과 제공

수질예보결과는 예보기간에 따라 단기수질예보와 장기수질예보로 구분하여 제공된다(표5). 단기수질예보는 예보일 기준으로 예보지점에서의 향후 7일간의 수온과 클로로필-a 항목의 일별 낮평균(09:00~18:00) 변화를

표 3. HSPF 모델의 모의 및 EFDC 모델 연계 항목

모델	생산 자료		
	속성	기간	생산회수
HSPF	각 경계조건별 유량, 수온, DO, BOD, TN, TP, Chl-a, SS, NH ₃ -N, NO ₂ -N, NO ₃ -N, PO ₄ -P	D+day 00:00~D+10day 09:00 (시간자료)	1회/일

표 4. 수체모델(EFDC)의 모의 항목

모델	생산 자료		
	속성	모의 기간	생산회수
EFDC	수온, Chlorophyll-a 농도	8일	1회/일

표 5. 수질예보 종류

구분	단기수질예보	장기수질예보
예보기간	향후 7일간	향후 3개월
수질예보 발표일	주 2회(월요일과 목요일) 17시에 발표, · 단, 수질예보 발표일이 휴무일인 경우는 발표일을 조정할 수 있음 · 예측결과 수질관리 강화기준(클로로필-a 70mg/m ³) 초과시 매 근무일마다 발표	2월, 5월, 8월, 11월 마지막 주 금요일 발표

주 2회 제공한다. 장기수질예보는 1년에 4번 향후 3개월간의 장기적 수질전망을 제시한다.

3. 맺음말

수질예보시스템 구축으로 과학적 예측기술에 기반한 선제적 수질관리가 가능해졌으며, 기존의 사후조치 위주의 수질관리에서 사전예방적인 관리로 수질관리 정책의 질이 한단계 높아졌다. 날씨와 같이 하천수질 예보결과가 제공되면 수질에 대한 국민적인 감시기능도 비약적으로 높아질 것으로 기대되며, 물관련 관계기관에서

는 수질개선을 위한 대응방안을 사전에 마련할 수 있는 시간을 확보함에 따라 보다 현실적인 수질관리가 이루어질 수 있을 것으로 기대되며, 이는 곧 새로운 패러다임의 수질관리 방안이 될 것이다.

그러나 이러한 새로운 수질관리방안이 효율적으로 적용되기 위해서는 관계기관간의 협력이 필수적인데, 특히, 저·갈수기 수질을 고려한 가동보, 증고 농업용저수지, 댐 등의 체계적인 연계운영에 관한 부처간 상호협조에 관한 논의가 필요한 시점이다.

기획: 강문성 mskang@snu.ac.kr