

외국의 물관리 현황검토 및 국내 적용방안 연구(2)

- 유럽연합 및 일본의 물관리 조직 및 운영시스템 -



안재현 |

서경대학교 토목공학과 조교수
wrr@skuniv.ac.kr

1. 서론

지난 호에는 외국의 물관리 현황 중 미국의 물관리 조직 및 운영시스템에 대해 기술하였으며, 특히 미국의 대표적 물관리 기관인 미 개척국(USBR), 미 지질조사국(USGS) 및 TVA(테네시유역관리청)에서 실제 운영하는 물관리시스템에 대해 살펴보았다. 본 고에서는 이러한 미국의 사례이외에 유럽연합과 일본의 물관리 조직 및 운영시스템에 대해 살펴보려고 한다.

지난 호에서 언급한 것처럼 본 연구에서 검토한 국외의 사례에 대한 검토과정을 통해 가장 효율적인 외국의 사례를 벤치마킹하고, 현재 운영 및 준비 중인 국내의 시스템에 대한 객관적인 평가를 통해 효과적인 물관리 시스템의 기본방향 설정이 가능할 것으로 판단하였다.

연방정부, 주정부, 전문기관별로 그 역할을 달리하면서 종합적으로 물관리가 이루어지는 미국의 상황과는 달리 유럽연합의 경우는 각 국가 간의 이해관계를 통합하는 시스템의 구축 및 공동의 목표달성이 중요한 이슈가 되고 있으며, 일본의 경우는 우리나라와 매우 유사한 형태의 정부조직 및 관리시스템을 운영하고 있다.

본 연구에서는 이러한 유럽연합과 일본의 사례를 검토하면서, 지난 호의 미국의 예를 포함한 분석을 통해 우리나라에 적합한 국내 적용방안을 제시하고자 하

였으며, 관련 연구 및 사업에 도움이 되길 기대한다.

2. 유럽연합(EU)의 물관리 현황

유럽연합의 물관리시스템은 각국의 하천이 여러 나라에 걸쳐있는 지리적인 특성과 유럽연합이라는 국가적인 통합사업 등의 이유로 인해 개별 국가가 아닌 유럽연합의 차원에서 구축되어지고 있으며, 추후 발전방향도 현 상태를 크게 벗어나지 않을 것으로 예상되고 있다.

유럽연합에서는 1990년부터 하천유역관리시스템인 WaterWare가 개발되어 적용되고 있으며, 2000년에는 EU WFD(Water Framework Directive)를 채택해서 운영하고 있다. 본 연구에서는 유럽연합 물관리시스템의 두 축을 이루는 WaterWare와 WFD에 대해 살펴보았다.

2.1 WaterWare : Water Resources Management Information System

Water Resources Management Information System인 WaterWare는 수자원관리를 위한 통합정보의사결정시스템으로 1992년부터 5년간 실시된 EUREKA EU487 프로젝트와 RTD 프로젝트의 결과물이다. 이 시스템은 영국의 Thames강, 멕시코의 Lerma-Chapala 유역, 팔레스타인의 West Bank and Gaza, 말레이시아의 Kelantan강, 중국의 양쯔강에 적용되면서 개발되었다. 또한, 지중해 연안의 Cyprus, Turkey, Lebanon, Jordan, Palestine, Egypt, Tunisia and Morocco 등의 하천유역에서

도 적용되었다.

WaterWare는 database, GIS, 모형, 분석도구 등이 사용하기 쉬운 구조로 구성되었으며, 멀티미디어 인터페이스를 구축하여 각종 해석 및 평가가 가능하다. 또한 데이터 처리, 모의, 최적화, 자료동화, 예측, 운영지원 등이 전문가 시스템에 통해 실시간으로 이루어진다.

WaterWare 시스템은 수자원 관리문제해결을 위한 데이터 분석, 모델링, 의사결정지원 등을 손쉽게 처리할 수 있는 통합된 프레임을 제공하며, 이를 위해 모듈 시스템으로 설계되었다.

분석을 위한 구성은 RRM(Rainfall Runoff Model), WRM(Water Resources Model)과 STREAM으로 이루어져 있으며, RRM은 유수량 산정 및 자동 검정 기능 등을 포함하고 WRM은 지하수와 연계되면서 공급의 신뢰성분석 및 최적화 등의 모듈로 이루어져 있다. 또한 STREAM은 일별 수질계산 모형으로 WRM의 수문데이터를 처리해서 DO, BOD 등과 같은 수질 자료를 처리한다.

1) RRM(Rainfall Runoff Model)

RRM은 일별로 계산되는 동적 분포형 물수지 모형으로 미계측유역의 유출량 계산을 위해 개발되었으며, 가장 중요한 목적은 WRM 모형에 입력자료(일별 유출량)를 제공하는 것이다.

관측된 유출량 자료가 있는 경우에는 매개변수의 자동검정 기능을 이용할 수 있으며, 검정기능으로부터 RRM의 시나리오를 대화형으로 정의할 수도 있다. 그림 1에서는 시나리오와 관련된 정보를 살펴볼 수 있다.

그림 2와 같은 편집화면에서 사용자는 기초유역자료, 토지이용자료, 고도자료, 관련 GIS 자료, 일 강수량, 일 기온 등을 입력하고 시나리오를 편집할 수 있다. 시나리오 편집기능은 사용자가 시나리오명과 간단한 개요설명 및 유역의 위치 및 모의일자 등과 관련된 정보를 정의할 수 있게 해주며, 사용자와 최종 수정일을 자동적으로 표시해준다.

또한, 관측유량 자료가 있는 경우에는 입력이 가능

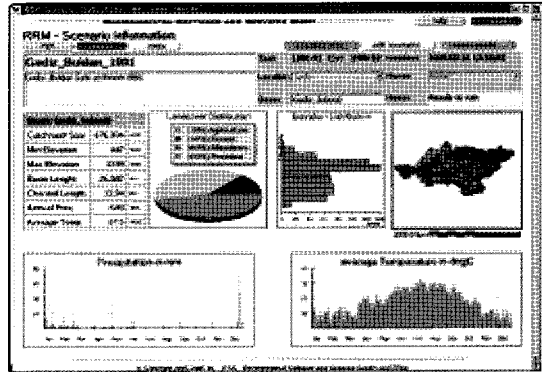


그림 1. RRM의 시나리오 정보 화면

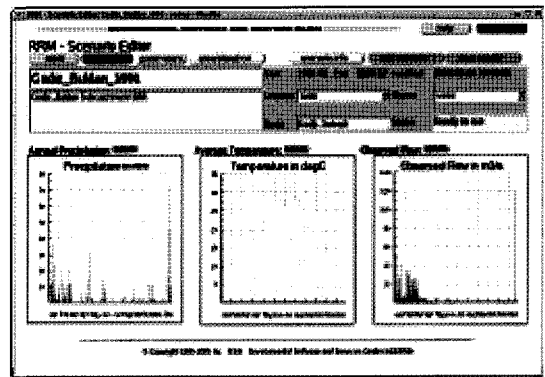


그림 2. RRM의 시나리오 편집 화면

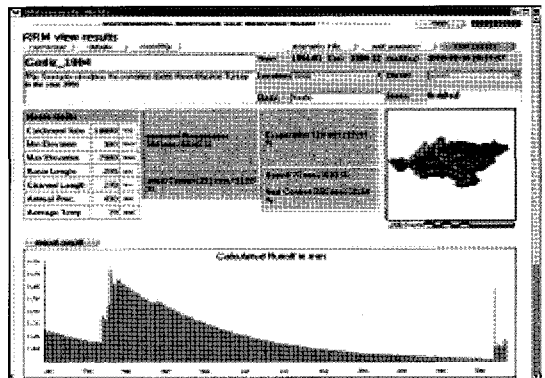


그림 3. RRM의 결과 화면

하며, 매개변수 또는 매개변수를 위한 제한조건을 입력하여 모형을 구축할 수도 있다. 그림 3과 같은 모형의 결과 화면에서는 모의된 유출량 및 실측치와의 비교 결과 등을 보여주며, 이를 시계열 자료로 나타내기도 한다.

2) WRM(Water Resources Model)

WRM은 Detail, Numerical, Monthly, Static 등의 4개 항목으로 구성되어 있다.

Detail은 기저유출, 지표면유출, 토양수분, 증발산, 지하수 함양량, 적설, 용설 등의 자료를 일별 시계열로 보여주고 있으며, Numerical은 detail한 output을 text와 tabular 형식으로 보여준다. Monthly는 월별 산출물을 tabular 형식으로 요약해 주며, Statistic에서는 모의 및 관측된 유출량을 비교하고 이를 기초통계량으로 정리해서 모형의 결과를 보여주는 기능을 한다.

2.2 WFD : Water Framework Directive

유럽의 통합하천유역관리를 위해 2000년 10월 13일에 “Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy”이 최종적으로 채택되었으며, 이를 축약해서 WFD(EU Water Framework Directive)라 통칭하였다.

시민들과 환경단체 등에서 지속적으로 요구해온 하천, 저수지, 지하수 및 연안환경의 개선에 대한 사안이 25개 유럽연합의 공동안건으로 채택됐다. 또한 유럽연합국의 주민들을 대상으로 한 설문에서도 주요한 5개의 환경관련 문제들 중 거의 과반수에 가까운 약 47%가 수질오염에 대한 우려를 가장 심각하게 표명했다.

이러한 시민들의 요구가 주요한 이유로 되어 수질오염 방지가 가장 우선적인 논의 대상이 되었으며, 유럽의 주된 물관련 정책으로 양질의 수질을 유지하는 것이 설정되었다. 이러한 목적의 달성을 위해서는 시민들과 시민단체의 역할이 매우 중요하며, 다수 시민들의 참여가 정책 추진에 필수적인 상황이 되었다. 따라서, WFD는 이러한 배경을 바탕으로 미래 수자원 보호라는 목적을 달성하기 위해 2000년에 채택된 것이다.

수자원관리는 하천유역단위로 실시하는 것이 가장

효율적인 것으로 평가된다. 인위적 또는 정치적인 경계를 대신하여 지형과 수문학적인 특성을 자연스럽게 반영한 유역단위가 가장 적합한 기본 단위이기 때문이다. WFD에서는 이러한 하천유역단위로 지표수와 지하수를 보호하고 있다.

지표수는 생태적인 보호와 화학적인 보호가 동시에 논의되고 있다. 생태적 보호를 위한 일반적인 요구조건들과 최소한의 화학적 기준들이 모든 지표수를 대상으로 설정되었다. 이것은 “양질의 생태적 상태”와 “양질의 화학적 상태”라는 두 가지 요소를 모두 의미하고 있다. “양질의 생태적 상태”는 생물학적 집단, 수문학적 특성과 화학적 특성들에 따른 수질항목으로 정의되며, 화학적 보호를 위한 “양질의 화학적 상태”는 화학물질의 수질기준항목이 유럽인들에게 맞게 정의되었다. 이러한 보호외에 중요한 항목은 홍수방어와 음용수 공급에 관한 문제이다.

지하수는 화학적 상태 및 수량에 대해 논의되고 있다. 지하수는 지표수와는 그 상황이 많이 다르며, 화학적인 기준을 정하는 것도 좋은 접근방법이 아닌 것으로 알려져 있다. 수량 또한 지하수의 중요한 문제 중 하나이며, 매년 함양되는 양을 지속적으로 유지해야 한다. 이와 같은 여러 현실을 감안하여 Directive의 개정안들 중 하나는 지표수와 지하수를 통합적으로 관리하는 프레임워크를 제공한다.

WFD에서는 매 중간 단계마다 각 회원국 정부의 의무적으로 달성해야 할 목표를 설정하고 있으며, 2009년까지 “하천유역관리계획”을 마련하면서 최종 목표년도인 2015년 말까지 제반 환경목표를 달성하고 종료하는 것으로 계획되었다. 이를 위해 WFD는 수자원과 관련된 국가의 정책, 법적 구조, 논리와 원칙, 환경, 지속가능 목표 등 물과 관련된 제반 정치, 경제, 사회, 환경, 기술적 요소를 통합하고자 한다. 따라서 유럽연합의 회원 국가들은 그동안 국가별로 단독 추진하던 수자원 정책을 유럽연합 차원의 법적, 관리적 의무조항을 담은 WFD의 범위 안에서만 추진하게 된 것이다(박성제 등, 2002). WFD의 완성을 위한 일정계획은 위의 표 1과 같다.

표 1. WFD의 일정계획

| Year | Issue |
|------|--|
| 2000 | - Directive entered into force |
| 2003 | - Transposition in national legislation - Identification of River Basin Districts and Authorities |
| 2004 | - Characterization of river basin: pressures, impacts and economic analysis |
| 2006 | - Establishment of monitoring network - Start public consultation |
| 2008 | - Present draft river basin management plan |
| 2009 | - Finalize river basin management plan including programme of measures |
| 2010 | - Introduce pricing policies |
| 2012 | - Make operational programmes of measures |
| 2015 | - Meet environmental objectives |
| 2021 | - First management cycle ends |
| 2027 | - Second management cycle ends, final deadline for meeting objectives |

3. 일본의 물관리 현황

3.1 조직

1) 국토교통성

국토교통성은 국토의 종합적이며 체계적인 이용, 개발과 보전 및 그것을 위한 사회자본의 정합적인 정비, 교통 정책의 추진 등을 담당하는 책임기관으로서 2001년 1월에 건설성, 운수성, 국토청 및 홋카이도 개발청 등을 모체로 해서 탄생하였다. 국토교통성 하천국은 국토교통성 본성의 한 부서로서 주요 업무는 다음과 같다.

- 하천·해안의 정비·이용·보전 및 그 외의 관리
- 수자원의 개발·이용을 위한 시설의 정비·관리
- 유역에 있어서의 치수·수리
- 사태·석탄광산·금경사지의 붕괴·눈사태에 의한 재해의 방지
- 공공 토목시설의 재해복구, 방재
- 지방공공단체 등으로부터의 위탁에 의한 하천에 관련되는 공사
- 치수특별회계

2) 수자원기구

수자원기구(Japan Water Agency)는 산업발전

및 인구집중으로 인해 용수수요가 증가하는 지역의 안정적인 용수공급을 위해 2003년 10월 1일에 설립된 독립행정법인이다.

상기 목적을 달성하기 위해 7개의 수계를 관할하며, 각 수계의 수자원개발 기본계획에 근거해서 수자원의 개발 또는 이용을 위한 시설의 신축 또는 개축을 실시하고 용수시설을 관리하고 있다. 또한 합리적인 수자원 이용에 도움이 될 경우에는 기타시설의 수탁 관리 등도 실시할 수 있다.

수자원 개발 수계로는 그림 4와 같이 토네가와, 아라가와, 토요가와, 기소가와, 요도가와, 요시노가와 및 치쿠고가와 등의 7개 수계가 지정되었으며, 각각의 수자원개발기본계획에서 물의 수요전망, 공급목표 및 공급에 필요한 시설의 건설에 관한 기본적인 사항 등이 결정된다. 이러한 수계는 일본 주요 지역의 대부분으로, 그 면적은 전 국토의 약 16%에 불과하지만 인구는 총인구의 약 51%, 공업생산액은 총 공업생산액의 약 47%를 차지하고 있다.

3.2 물관리 시스템 현황

1) 하천정보센터의 소개

일본의 하천정보센터(Foundation of River & Basin Integrated Communications)는 국민의 생

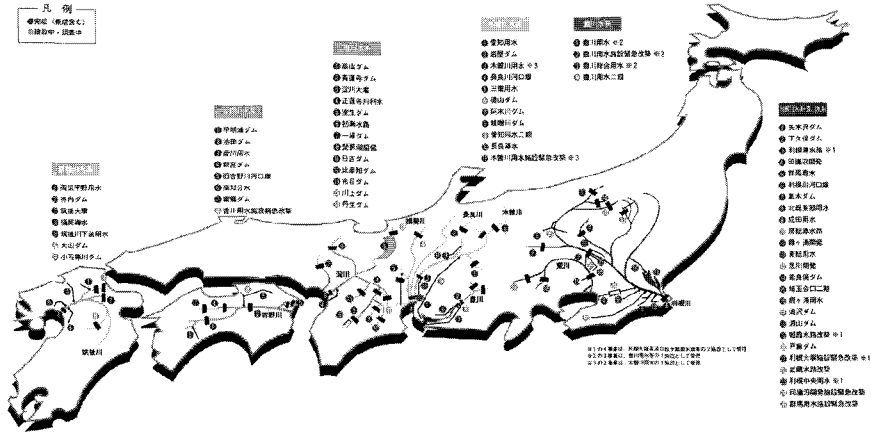


그림 4. 7개 수계에 있어서 수자원기구의 사업 개요

명과 재산에 직결되는 중요 정보를 취급하는 기관이며, 어떤 재해에 대해서도 신속 정확하게 하천과 유역에 관한 정보를 경제적으로 제공하고자 한다. 이러한 사항들이 하천정보센터의 기본적인 목표이며, 앞으로도 이에 대한 방안들을 지속적으로 수립하고 추진할 계획이다.

그러나 하천과 유역의 정보관리를 둘러싼 주변상황은 최근 들어 크게 변화하고 있다. 즉, 정보 관련 기술은 비약적으로 발전하여 관측 장비나 데이터 해석기술의 개발을 통해 상세한 하천상황 파악과 예측이 가능해지고 있다. 게다가 광섬유나 위성통신 등과 같은 통신기술의 급속한 발전 및 보급에 의해 정보기술의 「초대형 용량화」, 「초고속화」, 「초소형화」가 극적으로 진행되어 개인이 정보의 소비자가 되는 「정보의 대중화」 시대를 맞이하고 있다.

현재 치수사업의 진척이나 방재시설 정비 등으로 자연재해에 대한 국민의 인식은 그리 높지 않은 현실이다. 그러나 국지성 호우 등에 의한 재해는 오히려 빈발하고 있으며, 인적 및 물적자원의 집중으로 인해 대규모 재해에 의한 피해가 심화될 가능성이 높아지면서 하천·유역에 대한 적절한 정보의 전달은 더욱 중요해지고 있다.

하천정보센터에서는 하천정보가 생활정보로서 공유되는 사회 실현을 목표로 한다. 하천정보센터에서

는 다음의 내용에 대한 기술개발 및 지원을 추진한다.

- ① 국민의 생명 및 재산을 홍수, 산사태 등의 재해로부터 보호하기 위해 하천·유역의 정보를 24시간 365일 신속, 정확하고 경제적인 시스템을 통해 제공하고자 한다.
- ② 센터업무의 기본은 「사용자의 요구에 맞는 하천·재해 정보의 제공」이다. 따라서, 하천·재해정보 사용자(하천 관리자, 지방 자치체, 매스미디어, 지역 주민 등)의 요구분석 및 이에 맞는 정보 콘텐츠의 개발과 필요한 각종 데이터 액세스 시스템의 정비에 주력한다.
- ③ 지역주민 생활에 밀접한 정보콘텐츠 개발에 중점을 두어, 대하천의 정보뿐만 아니라 중·소하천에 관한 정보나 사방에 관한 정보를 충실하게 제공한다.
- ④ 정보제공은 최첨단 통신 네트워크시스템을 활용한다. 다만, 정확한 정보를 확실하게 전달하기 위해 시스템의 내구성 확보와 전달정보의 점검체제 정비에 최대한의 노력을 기울인다.
- ⑤ 토네가와, 아라가와 혹은 요도가와 등에 범람과 같은 큰 규모의 재해가 발생했을 경우에는 수도권에 심각한 피해가 일어나 국가 기능에도 큰 영향을 미칠 수 있다. 이러한 대규모 재해를

고려한 위기관리 대책의 검토 및 관계기관의 대응능력 향상을 위한 훈련 등을 적극적으로 실시한다.

- ⑥ 초대형 규모의 재해시에 제공된 정보가 적절하게 활용되기 위해서는 평상시에도 정보 사용자를 위한 준비가 필요하다. 구체적으로는, 위험지역도 등을 통한 재해정보의 분석·정리, 긴급시 행동 계획의 책정·주지 및 재해의 실태에 맞는 훈련실시 등이 필수적인 사항이다.

2) 하천유역종합정보시스템(FRICS)

하천유역종합정보시스템(Foundation of River & Basin Integrated Communication System ; FRICS)에서는 하천 유역내의 하천·지진 재해, 환경에 관한 정보를 최첨단의 기술을 활용하여 과거-현재-미래의 정보를 종합적으로 제공하고 있다.

본 시스템의 최대의 특징은 「정보의 공유」즉, 구체적으로는 국토교통성 하천국, 기상청, 도도부현 등이 관할하는 다양한 자료(우량, 수위, 댐, 해안, 지진, 기온, 풍향, 풍속 등) 및 정보(일본 최대《원격측정 관측국 : 2004년 9월 현재 약 15,000국》)를 제공하고 있다.

3) 데이터베이스시스템

① 하천의 방재정보

이 정보는 무인 관측소로부터 보내져 오는 데이터를 즉시 알리는 목적으로 만들어졌다. 또한 전국 모든 관측소의 정보(우량, 수위 등)를 실시간으로 제공하여 사용자가 열람 가능토록 구성되어있다.

② 수문수질데이터베이스

이 데이터베이스는 국토교통성 하천국이 관할하는 관측소의 수문수질과 관계되는 자료의 공개를 목적으로 한다. 대상 데이터는 우량, 수위, 유량, 수질, 저질, 지하수위, 지하수질, 적설심, 댐제언 등이다.

③ 댐 데이터베이스

이 데이터베이스는 국토교통성 하천국 및 수자원 기구가 관리하고 있는 댐·연·호수와 늪의 수문수질 관측 자료의 통계치 공개를 목적으로 한다. 대상 데이터는 댐의 기본제원을 포함한 저수지의 저수위·유입량·방류량·수온·탁도·수질 등이다.

④ 댐호수환경데이터베이스

국토교통성 및 수자원기구에서는 전국의 관할 댐을 중심으로 하천사업 및 관리를 적절히 추진하기 위해 댐 호수 및 주변을 환경이라고 하는 관점에서 정기적으로 댐의 기초정보를 파악한다. 이것은 댐 호수와 그 주변지역 생물의 생식 및 생육실태 파악을 목

표 2. 하천의 방재정보와 관련된 Database 항목

| 항 목 | 상세정보 |
|--|--|
| レーダ雨量(레이더우량) | 전국 관측소별 레이더를 이용한 수위도·우량도·수질상황도·적설심분포도 |
| テレメータ雨量・水位・水質・積雪 (원격측정 우량·수위·수질·적설) | 전국 관측소별 원격측정기를 이용한 수위도·우량도·수질상황도·적설심분포도 |
| 氣象警報・注意報へのリンク (기상 경보·주의보 링크) | 전국의 기상 경보·주의보등과 관련된 상세정보 열람 가능 |
| 水防警報(수방경보) | 수계명/하천명에 따른 수방 경보 상황도의 상세정보 열람 가능 |
| 洪水予報(홍수예보) | 홍수 예보 발표 상황의 상세정보 |
| ダム放流通知(댐 방류 통지) | 댐 방류에 관련된 제반 사항들 열람 가능 |
| ダム情報(댐정보) | 전국 모든 댐들의 저수 상황·댐제량 열람 가능 |
| 都道府縣 河川情報へのリンク (도도부현 하천정보 링크) | 도도부현의 모든 하천과 링크하여 실시간 정보 열람 가능 |
| 国土交通省 防災情報へのリンク (국토 교통성 방재정보 링크) | 국토 교통성 하천국 방재과와 재해대책실에 링크하여 실시간 정보 열람 가능 |

적으로 한다.

하천 주변 생물 조사는 「어패류조사」, 「바닥 생물물조사」, 「동식물 플랑크톤조사」, 「식물조사」, 「조류조사」, 「양서류·파충류·포유류 조사」, 「육상 곤충류등 조사」라고 하는 7항목에 대해 이루어지고 있다.

4. 결론

본 과업에서는 물관리 조직 및 시스템과 관련해서 유럽연합 및 일본의 사례를 조사하였다. 특히 유럽연합과 일본의 물관리 조직 및 운영시스템에 대해 전반적인 개요와 구체적인 운영 사례들에 대해 살펴보았으며, 이를 통해 국내의 물관리 시스템 기본방향 설정에 도움을 주고자 하였다.

유럽연합에서는 WaterWare를 이용한 물관리시스템이 운영되고 있으며, 장기적으로는 WFD(Water Framework Directive)에 따른 관리시스템이 구축되고 있는 상황이다.

WaterWare는 수자원관리를 위한 통합정보의사결정시스템으로 분석을 위한 주요 구성은 RRM(Rainfall Runoff Model), WRM(Water Resources Model)과 STREAM으로 이루어져 있으며, RRM은 WRM의 입력자료인 유출량을 산정하고 WRM은 RRM에서 산정한 유출량을 이용하여 수자원 모의를 실시한다. STREAM은 일별 수질계산 모형으로 WRM의 수문데이터를 처리해서 DO, BOD 등과 같은 수질 자료를 분석한다.

유럽의 통합하천유역관리를 위해 2000년 10월 13일에 채택된 WFD(EU Water Framework Directive)는 장기적인 관점에서 유역단위로 지표수와 지하수를 통합 관리하는 프레임을 제공하고자 한다. WFD에서는 매 중간 단계마다 각 회원국 정부가 의무적으로 달성해야 할 목표를 설정하고 있으며, 2009년까지 “하천유역관리계획”을 마련하면서 최종 목표년도인 2015년 말까지 제반 환경목표를 달성하

고 종료하는 것으로 계획되어있다.

일본의 하천정보센터(Foundation of River & Basin Integrated Communications)는 어떠한 재해시에도 신속 정확하고 알기쉬운 형태로 하천·유역에 관한 정보제공을 목표로 하고 있다. 일본의 하천유역종합정보시스템(Foundation of River & Basin Integrated Communication System ; FRICS)에서는 하천 유역내의 하천·지진재해, 환경에 관한 정보를 최첨단의 기술을 활용하여 종합적으로 제공하고 있다.

이 시스템의 최대의 특징은 「정보의 공유」로서 다양한 자료 및 정보를 제공하고 있다. 그러나, 이 시스템 역시 미 지질조사국의 NWISWeb 시스템과 마찬가지로 정보의 수집 및 제공기능만을 담당하고 있으며, 이를 이용한 분석에 대한 구체적인 내용은 없는 상황이다.

물관리 시스템의 기본방향 제시를 위해서는 자료의 관측 및 수집시스템, 수집된 자료의 정리 및 저장시스템, 수집된 자료를 이용한 장래 유출량 모의 시스템, 유역환경을 고려한 하천수질예측시스템, 수량 및 수질을 고려한 저수지운영시스템, 사후 평가시스템 등에 대한 고려가 필수적일 것이며, 본 연구의 성과가 이런 향후 사업에 도움이 될 수 있기를 기대한다.

참고문헌

- 고익환(2003). 유역 통합물관리 기반구축방안, 춘천 물포럼 2003.
- 박성제, 이재응, 박두호, 이진희(2002). 수자원관리의 이념적 변화와 국제적 추세 : 물 관련 국제회의를 중심으로, 한국수자원학회지, 제35권, 제3호.
- 박진혁, 이근상(2006). ‘일본하천정보센터(FRICS)’ 최신시스템 소개, 한국수자원학회지, 제39권, 제4호. 