

수자원 통합지식관리시스템 개발

Development of Integrated Water Resources Knowledge Management System

이성학*, 김승**, 김학수***

Sung Hack Lee, Sung Kim, Hak Soo Kim

요 지

최근 들어 수자원관리에 있어서도 다양한 이해당사자의 참여 요구가 증가하고 있으며, 수자원과 함께 생태, 환경, 사회, 경제적인 요소의 고려도 요구되고 있다. 이에 부응하기 위하여 수자원관리자들은 통합수자원관리의 실현을 위한 많은 노력을 기울이고 있다.

본 연구에서는 통합수자원관리에 필요한 지식관리시스템(www.water21.net)을 구축하였다. 수자원 통합지식관리시스템에서는 지식을 구조화/체계화 하기 위하여 관리계획의 준비, 모델의 구성, 계획의 수립, 계획의 평가 등 4단계로 구성된 프로세스 온톨로지(Ontology)를 개발하고 적용하였으며, 수자원관련 지식의 효율적인 유통체계를 구축하기 위하여, 물 관련 지식의 허브 역할을 수행할 수 있는 버퍼 개념을 도입하고, 지식제공자들과 '물관련 지식공유협약'의 체결을 추진하고 있다.

통합수자원관리에는 다양한 이해당사자의 참여와 생태, 환경, 사회, 경제적 요소에 대한 고려가 필요하다. 하지만 이를 실현하기 위해서는 많은 시간과 비용이 소요된다. 본 연구에서 개발된 수자원통합 지식관리시스템은 사용자들에게 물관련 정보를 빠르고 체계적으로 제공함으로써 이에 소요되는 시간과 비용을 줄여줄 것이다. 또한 국가적으로는 물관련 분야의 지식기반을 구축하는데 기여하게 될 것이다.

핵심용어 : 통합수자원관리, 지식기반, 지식관리시스템, 온톨로지

1. 서론

자연자원의 관리에 있어 인구의 증가, 보다 나은 환경에 대한 요구, 이해당사자들의 직접적인 참여요구의 증가로 인하여 복잡성과 불확실성은 점점 증대되고 있다(Johnson, 1999). 수자원관리에 있어서도 같은 현상이 발생하고 있으며, 이의 해결을 위하여 통합수자원관리가 적극적으로 추진되고 있다. 효과적인 통합수자원관리는 수자원의 보호, 사회적, 생태적 요구와 경제개발 사이에 올바른 균형을 찾는 것이다(UNEP, 2002). 하지만 수자원관리에 있어 문제의 복잡성과 관련 이해당사자들의 상충된 이해관계로 인하여 어려움을 겪고 있으며, 특히 과학기술자들은 수자원문제에 있어 복잡하고 불확실한 요소를 가지는 해석을 선호하는 반면, 의사결정자들은 단순하고, 확정적인 결과를 원한다(Bradshaw and Borchers, 2004). 따라서 과학적 사실을 어떻게 수자원관리에

* 정회원 · 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단 연구원 · E-mail : hacktan@kict.re.kr

** 정회원 · 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단 단 장 · E-mail : skim@kict.re.kr

*** 정회원 · 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단 연구원 · E-mail : energykim@kict.re.kr

반영할 것인가 하는 문제와 이해당사자들의 참여를 통한 의사결정의 문제가 중요한 이슈로 대두되고 있다(Gallopin, 2004). 최근 들어 인간사회적 요인이 자원관리에 있어 가장 중요한 비중을 차지하고 있으며, 관리는 하나의 문제에 대한 최적의 해답을 찾는 것이 아니라 지속적인 협상과 학습을 통하여 가장 우선적인 전략을 수립하는 것이다(Pahl-Wostl and Hare, 2004). 따라서 통합수자원관리를 위해서는 복잡한 문제를 모델링할 수 있는 도구와 의사결정 참여자들이 서로의 입장을 이해하고, 올바르게 문제를 바라보는 데 필요한 다양한 정보를 제공할 수 있는 지식기반이 필수적이다.

2. 국내의 물관련 지식관리 현황

국내외적으로 수자원관리자들은 물관련 지식의 축적과 구축을 위하여 많은 노력을 하고 있으며, 국내의 경우 물관련 데이터의 공유와 활용에 중점을 두고 있으며, 외국의 경우 데이터 뿐만 아니라, 통합수자원관리 구현 사례, 모델링 프로세스관련 지식, 물관련 이해당사자의 학습 및 교육 등에 관한 다양한 분야의 지식관리시스템이 구축 및 운영되고 있다. 본 논문에서는 대표적인 국내외 물관련 지식관리시스템으로서 건설교통부의 국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS), Global Water Partnership의 ToolBox, EU의 HamoniQuA의 프로젝트에서 개발된 Computer Based Modelling Support Tool(MOST)에 관하여 살펴보고자 한다.

국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS)는 물관련 정보를 대국민 서비스하기 위해 건설교통부가 운영하고 있는 인터넷 기반의 포털시스템으로서 물관련 데이터를 총 10개 분야로 구분하고 각각의 항목에 대하여 측정된 데이터를 제공하고 있다. 최근 들어 Information Provider를 선임하여 수문기상, 상하수도, 하천, 환경생태, 지리정보(GIS) 5개 분야의 정책, 언론, 신기술, 학술 등의 정보를 국내외 각 기관과 인터넷을 통하여 수집하고 있으며, 휴대폰을 이용한 정보서비스도 시행하고 있다. 국가수자원종합정보시스템에서는 관측 및 조사 자료의 공유와 활용에 많은 노력을 기울이고 있다(건설교통부, 2006)

Global Water Partnership의 ToolBox는 수자원 정책결정자 및 실무자들에게 수자원의 지속적 개발과 관리를 위한 지식, 경험, 안내 등에 관한 내용을 주로 제공하고 있다. 즉, ToolBox는 통합수자원관리를 위한 각국의 지식과 경험을 정리하고 이를 공유할 수 있는 시스템이라 할 수 있다. ToolBox는 세부적인 실행내용에 관한 부분보다는 통합수자원관리의 상위개념에 해당하는 기반 환경, 제도적 역할, 관리 도구에 관한 내용을 주로 다루고 있으며, 이에 관련된 주요 내용은 각국에서 시행된 통합수자원관리의 경험을 그 기반으로 하고 있다(Global Water Partnership, 2006).

EU의 HarmoniQuA의 MOST는 모델을 유역관리에 적용하는 데 있어 모델의 신뢰성을 확보하기 위한 프로세스 기반의 지식관리시스템이다. 모델은 사용에 있어 모델자체의 부정확성, 사용자의 잘못된 사용 및 적용, 입력 자료의 부정확성 등의 요인으로 인하여 신뢰성 확보에 많은 문제점을 가지고 있다. 따라서 MOST는 모델의 개발부터 사용 및 적용에 이르기까지의 전 과정을 절차화하고 이를 뒷받침할 수 있는, 프로세스 기반의 지식관리시스템이다(HarmoniQuA, 2005).

3. 수자원 통합지식관리시스템의 구축

3.1 물관련 지식수요조사

통합수자원 지식관리시스템의 구축을 위하여 국내외 물관련 지식활용에 관한 설문조사를 실시

하여 사용자의 지식수요를 파악하였다(수자원의 지속적 확보기술개발 사업단, 2005). 수요조사는 건설교통부 수자원국, 엔지니어링 업체, 한국수자원공사, 한강홍수통제소의 수자원관리 및 정보담당자, 그리고 시민단체 등의 이해당사자들을 직접 방문하여 설문조사를 수행하였다. 총 14명을 면담한 결과, 지식 관리에 대한 인지도 및 사용도는 매우 높은 것으로 나타났으나, 지식 관리를 통해 찾은 자료들에 대한 만족도는 양적 또는 질적으로 대체로 낮으며, 특히 지식에 대한 최신 업데이트와 자료를 찾는 과정 등에서 어려움이 많은 것으로 나타났다. 그리고 인적 네트워크에 대한 필요성을 느끼고 있으며, 자료의 체계적이고 공통적인 분류 체계와 사용자의 이용 편의성이 중요한 소요로서 조사되었다. 또한 자료 관측의 필요성과 아울러 실무적인 지식 및 모델링 과정에 관한 지식 측면에서 필요성을 느끼고 있는 것으로 조사되었다.

3.2 수자원 통합지식관리시스템 프레임워크

일반적으로 지식의 종류는 데이터, 정보, 지식으로 나뉘며, 획득, 축적, 활용, 재사용의 생명주기를 가진다. 따라서 지식은 생명주기에 따라 원활한 흐름을 가지도록 하여야 한다. 수자원 분야의 지식은 크게 데이터/정보와 프로세스(지식)관련 지식으로 나눌 수 있으며, 데이터/정보는 관측 및 조사 자료가 이에 해당되며, 프로세스(지식)는 모델링과 같은 경험 지식이 주를 이룬다. 그런데, 현재 운영되고 있는 국가수자원종합정보시스템(WAMIS)에서는 수자원 분야의 데이터/정보만을 주로 다루고 있으나 통합수자원관리에 필요한 지식은 경험적인 지식이 주를 이룬다. 그러므로 본 연구에서는 경험적인 지식, 특히 프로세스에 관한 지식 구축과 관리에 중점을 두고 수자원 통합지식관리시스템을 구축하였다.

통합수자원관리의 의사결정에 있어 관련이해당사자, 다양한 사회조직의 다양한 참여가 요구되며(Pahl-Wostl, 2002), 나라별, 기관별로 이해당사자의 참여를 고려한 고유의 의사결정과정을 가지고 있다. 통합수자원관리는 사회, 정치, 경제적 문제가 관여되는 복잡한 문제이며, 이는 통합수자원관리의 대상이 되는 유역마다 각기 다른 상황과 문제를 가지고 있다는 것을 의미한다. 따라서 각 유역의 통합수자원관리를 위해서는 유역이 가지는 고유한 상황을 이해하여야 하며, 이를 위해서는 이해당사자의 참여와 지역 지식(Local Knowledge)의 공유와 반영이 필수적이다.

통합수자원관리를 위한 대표적인 의사결정과정을 살펴보면 미국 공병단에서는 문제 도출과 상황 파악, 자료 구축 및 예측조건 설정, 계획 구성, 계획 평가, 계획 비교, 계획 선정의 6개 단계로 이루어진 계획과정(Planning Process)를 적용하고 있으며(Kenneth, 1997), 유럽에서는 HarmoniQuA 프로젝트를 통하여 모델연구 계획, 데이터 구축 및 개념화, 모델 설정, 모델 구성, 보정 및 검정, 실행 및 평가의 5단계로 이루어진 통합수자원관리 프로세스를 적용하고 있다(HarmoniQuA, 2005). 본 연구에서는 미국 및 유럽의 통합수자원관리 계획 프로세스를 분석하여, 통합수자원관리의 각 과정에 있어 이해당사자들에게 학습과 참여를 위한 정보를 제공할 수 있도록 [표 1]과 같이 총 4단계로 구성된 통합수자원관리 프로세스 온톨로지(Ontology)를 설정하였다.

[표 1] 수자원 통합지식관리시스템의 프로세스 온톨로지(Ontology)

단계	단계명	세부내용
1단계	관리계획의 준비	목적의 설정, 데이터 수집, 의사결정 조직의 구성
2단계	모델의 구성	데이터 분석, 모델의 구축, 모델의 검/보정, 불확실성 분석
3단계	계획의 수립	모델의 수행, 불확실성 분석
4단계	계획의 평가	모델의 평가, 의사결정 방법

1단계는 통합수자원관리를 위한 준비단계로서, 통합수자원관리를 위한 조직의 구성과 데이터의 준비 그리고 구체적인 목표를 설정하는 단계이다. 2단계는 실제로 모델을 구축하고 이에 필요한 데이터를 분석하는 과정이며, 이 과정은 이해당사자들과 함께 참여모델링방식으로 수행된다. 3단계는 구체적인 계획(대안)들을 수립하고 이에 대한 불확실성 분석을 하는 과정이다. 계획(대안)의 수립은 항상 만족할 만한 데이터와 모델로 수행되는 것이 아니므로, 대안이 가지는 불확실성에 대한 이해와 공유가 반드시 필요하다. 그리고 마지막 4단계는 수립된 계획(대안)에 대하여 평가하고 최종적인 계획을 수립하는 단계로서, 만약 이 과정에서 1단계에서 수립된 목적을 달성할 수 없다고 판단되는 경우 다시 2단계로 돌아가 모델의 구성을 바꾸는 과정부터 다시 수행하게 된다. 1-4단계의 과정에는 많은 시간과 비용이 소요된다. 따라서 본 연구에서 개발된 수자원 통합 지식관리시스템은 이에 소요되는 비용과 시간을 줄여주는 역할을 하게 된다.

3.3 통합수자원관리 사업과 연계한 지식관리체계

수자원 통합지식관리시스템은 지식을 수자원관리 사업과 연계하여 관리하도록 구성하였다. 수자원사업단은 2001년부터 연구관리프로그램을 운영함으로써 연구과제의 계획 및 일정을 관리하고, 연구 결과물을 축적해가고 있다. 그러므로 통합지식관리시스템을 구축함으로써 연구관리와 지식관리를 연계하고, 이를 통하여 지식의 생명주기를 관리하고자 하였다. 수자원사업단이 구축한 연구관리프로그램은 연구사업의 관리뿐만 아니라 통합수자원관리사업을 계획하고 관리하는 데에도 효율적으로 사용될 수 있으므로, 향후 통합수자원관리 프로젝트의 수행 시에도 수자원 통합지식관리시스템과 연계하여, 사용자들에게 사업관리와 더불어 지식관리의 수행도 가능하도록 하였다.

3.4 물관련 지식관리조직체계의 구성

지식의 관리를 위해서는 지식의 생명주기를 관장하는 시스템과 함께 이를 운영할 조직이 잘 구축되어 있어야 한다. 지식관리의 조직은 지식을 분류하고, 쓸모 있는 지식과 쓸모 없는 지식을 1차적으로 구분해 주며, 무엇보다도 지식의 유통체계가 원활하게 작동될 수 있도록 하는 역할을 수행한다. 바라바시(2002)는 네트워크에서 허브 구조가 가장 효율적인 경로를 가진다고 하였다. 따라서 지식을 유통함에 있어 허브와 같은 구조를 가지는 것이 가장 효율적이라고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 수자원 통합지식관리시스템이 데이터를 제외한 수자원분야의 경험지식을 관리하는 허브 사이트로서의 역할을 수행할 수 있도록 구성하였다. 이를 위하여 버퍼의 개념을 도입하였다. 버퍼는 지식제공자(Contents Provider)의 이용공간으로서 지식 네트워크상에서 노드 역할을 수행하며, 버퍼가 모여 전체 수자원 통합지식관리시스템을 구성한다. 수자원 통합지식관리시스템에는 주인이 없다고 할 수 있다. 단지 지식 제공자들과 사용자들만이 존재할 뿐이다. 즉, 수자원통합지식관리시스템은 허브이며, 지식제공자들이 노드 역할을 수행하게 된다. 구축된 수자원 통합지식관리시스템은 버퍼의 개념을 가진 지식관리조직체계이다. 노드를 늘려가기 위하여 좀더 많은 지식제공자들과 ‘물관련 지식공유협약’을 맺어 가고 있으며, 이를 통하여 수자원관련 지식의 유통체계를 형성해 가고 있다.

4. 결론

본 연구에서는 통합수자원관리를 위한 수자원 통합지식관리시스템을 구축하였다. 수자원 통합지

식관리시스템의 구축을 위하여 수자원 관련업무 종사자들을 대상으로 지식에 대한 수요를 조사하여 반영하였다. 그리고 수자원관련 지식구축체계의 설정을 위하여 4단계로 구성된 프로세스 온톨로지(Ontology)를 개발하고 이를 적용하였다. 또한, 지식의 생명주기를 관장하기 위하여 사업단이 운영 중인 연구관리시스템과 지식관리시스템을 연계하여 운영할 수 있는 체계를 구축하였다. 또한 시스템을 운영 체계의 구축을 위하여, ‘물관련 지식공유 협약’을 근거로 하여, 허브와 버퍼의 개념을 갖는 지식관리시스템을 구축하여, 한 조직이 단독으로 운영하는 지식관리시스템이 아닌, 모두가 참여하는 지식관리시스템으로서 발전할 수 있도록 하였다.

통합수자원관리에 있어서는 이해당사자의 참여와 다양한 요소의 고려, 계획수립 과정의 투명성과 신뢰성이 더욱 중요해지고 있다. 하지만 이러한 과정을 수행하는 데는 체계적인 절차와 함께 많은 시간과 비용이 소요된다. 수자원 통합지식관리시스템은 통합수자원관리의 실현에 필요한 지식의 체계적인 제공을 통하여 보다 짧은 시간에 적은 비용으로 통합수자원관리를 구현하는 데 도움을 줄 것이다. 그리고 향후 국가적으로는 물관련 지식기반을 구축하는 데 중요한 역할을 하게 될 것이다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단의 연구비지원(과제번호: 1-0-2, 수자원관리 통합기반개발)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 건설교통부, 2006, 국가수자원종합정보시스템(WAMIS, <http://www.wamis.go.kr>) 웹사이트.
2. 바라바시, 2002, 링크(21세기를 지배하는 네트워크 과학), 동아시출판사, p.109.
3. 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단, 2005, 수자원 통합지식관리시스템 설문조사 결과 및 분석, 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단.
4. Bradshaw, G.A. and Borchers, J.G., 2004, Uncertainty as Information: Narrowing the Science-Policy Gap, *Conservation Ecology*, 4(1): 7.
5. Gallopin, G. 2004, Sustainable Development: Epistemological Challenges to Science and Technology, Background Paper Prepared for the Workshop on Sustainable Development: Epistemological Challenges to Science and Technology, ECLAC, Santiago de Chile, p.1.
6. Global Water Partnership, 2006, ToolBox(<http://www.gwptoolbox.org>) Website.
7. HarmoniQuA, 2005, HarmoniQuA Project Brochure, European Union.
8. Johnson, B. L. 1999, The Role of Adaptive Management as an Operational Approach for Resource Management Agencies, *Ecology and Society* 3(2): 8.
9. IWA/UNEP 2002, Industry as a Partner for Sustainable Development: Water Management, IWA/UNEP, London, UK, pp.29-31.
10. Orth, K. D. and Yoe, C. E., 1997, Planning Primer, Institute for Water Resources, Water Resources Support Center, U.S. Army Corps of Engineers, pp. 2-5.
11. Pahl-Wostl, C., 2002, Participative and Stakeholder-Based Policy Design, Evaluation and Modeling Processes, *Journal of Integrated Assessment*, 3(1): 3-14.
12. Pahl-Wostl, C. and Hare, M., 2004, Process of Social Learning in Integrated Resource Management, *Journal of Community & Applied Social Psychology*, 14: 193-206.