

# 관개시설 기능개선을 통한 4차원적 농업용수관리 시스템 개발



**박종훈**

농림축산식품부 간척지농업과 과장  
matsun.korea.kr



**김해도**

한국농어촌공사 농어촌연구원 책임연구원  
searoad@ekr.or.kr



**강석만**

한국농어촌공사 농어촌연구원 수석연구원  
(smkang@ekr.or.kr)

## 1. 서론

최근 농업·농촌지역에서 가뭄발생이 상시화 됨에 따라 농업용수를 보다 효율적으로 이용·관리하기 위해 농림축산식품부에서 농업·농촌부문 가뭄 대응 종합대책(2015)을 발표하였고, 금년도에는 관계부처 합동의 가뭄 종합대책을 발표하여 새로운 물 자원 조기 확보 및 미래대비 대응기반 강화를 주제로 항구적 가뭄극복을 위한 7대 분야 62개 세부과제를

마련하였다. 그 중 농업용수 분야의 주요내용은 물 자원의 활용 효율성제고, 새로운 물자원 조기 확보, 체계적인 수요관리 및 미래대비 대응기반 강화 등으로 구분하여 대응중에 있다. 가뭄은 이미 국가적 차원의 극복과제로 농업용수 부족은 자연재해 차원을 넘어 사회적인 갈등요인이고, 가뭄시 용수배분은 환경, 경제를 뛰어넘는 생존의 문제로 발전되고 있다. 따라서 가뭄의 근본적인 해소방법이 요구되는 시점으로 물 자원의 절약기술과 효율적 이용기술이 가장 주목을 받고 있다.

하지만 농업용 저수지의 약 90%는 1970년 이전에 축조되어 설치 경과년수가 50년 이상으로 노후화 가속화되었고, 약 94%의 저수지는 수혜면적 100ha 미만의 소규모로 축조되었다. 특히 소규모 농업용 저수지는 관개용수 공급 능력이 부족하며 본연의 농업용수 공급 기능이 저하되거나 용수공급 및 유지관리적인 측면에서 비효율성을 갖고 있다. 또한 농업용수의 수요자인 농민의 영농방식의 변화(논→밭)에 맞추어 농업용수 공급시설 및 운영기술도 논 농업용도에서 다목적 용도의 효율적 물관리 운영기술이 필요하다. 더욱이 물관리 종사자의 관리부담이 가중되고 있는 상황에서 기후변화에 따른 관개시설의 취약성 증대와, 시설의 노후화, 홍수조절능력 부재와 더불어 관리인의 고령화 문제도 농업용수 이용 고도화 측면에서 다뤄져야 할 주제들이다.

농업용수의 절약과 효율화를 위해서 우선적으로

실행해야 할 것으로 농업용수를 「그냥 쓰던 물」에서 「관리하는 물」로의 인식의 전환이고, 관행적 물관리 방식에서 벗어나 적기·적량의 용수 배분기술의 적용을 통한 물자원 절약기술 및 수리시설 기능개선을 통한 물이용 효율화를 도모하는 것이다. 이를 위해 농림축산식품부와 한국농어촌공사에서는 효율적 농업용수 배분 및 용수손실 최소화를 목표로 4차원 농업용수 관리모형을 개발하여 현장에 시범 적용중에 있다. 여기에서 4차원적 물관리는 4차 산업기술(ICT, IoT, AI, 빅데이터 등)을 접목한 물관리의 총칭으로 기후변화, 벼 재배면적 감소, 타작물 재배 확대, 농업용수 부존량의 지역적 편차(물이 남는 곳과 부족한 곳이 서로 다름) 등 외부환경까지 고려하는 물관리를 의미한다.

## 2. 농업용수 관리현황 및 문제점

우리나라 전체 물이용량(251억<sup>3</sup>m<sup>3</sup>/년) 중 농업용수 이용량은 연간 152억<sup>3</sup>m<sup>3</sup>(61%)이다. 농업용수의 효율적인 이용을 위해서는 용수 손실관리가 매우 중요하다. 농업용수 손실은 하드웨어적인 측면인 수로손실과 소프트웨어적인 측면인 관리손실로 구분할 수 있는데 용수이용량의 약 35% 정도로 추정하고 있다. 수로손실은 통수과정에서의 증발산, 침투 및 누수의 합으로 나타낼 수 있으며 대부분 수로 구조물의 노후화와 구조물화 되지 않은 흙수로에서 발생하고 있다. 관리손실은 수원공(저수지, 하천)에서 농경지까지 도수, 급수과정에서 대부분 발생하는데 내리흐림식(중력식) 관개 방식의 특성 때문이다. 배분관리용수는 용수의 원활한 배분관리를 위하여 여분으로 공급하는 수량으로 이를 줄이기 위해서는 말단 농경 지역에서 시시각각으로 변동하는 물 수요에 대응할 수 있는 정밀한 물관리 기술이 요구된다. 또한 공급자의 경험적인 물공급 및 수요자의 관행적인 물이용

등 공급과 수요에 대한 잘못된 인식도 물손실의 주요 원인이 되고 있다.

농업용수의 필요수량 산정과정도 물의 효율적 이용측면에서 개선이 필요하다. 수혜지역 전체를 대상으로 조용수량<sup>1)</sup>을 산정한 후 공급자가 일괄 공급하는 방식이 일반적인 농업용수 개발사업의 방식인데 이로 인해 용수로 상·하류지역 간 용수공급 불균형이 발생하고, 일 최대관개 필요수량(단위용수량)이 통과되도록 수로단면을 결정하는데 도수과정이 매우 길고 분기가 많은 경우 필요이상의 관리용수량을 소모해야지만 말단 농경지까지 물 공급이 가능하다. 즉, 물의 도수·급수 과정에서 물손실을 최소화하기 위해서는 수원공 및 수로(개수로, 관수로), 분수문 및 포장물꼬 등 수리시설의 기능개선 및 적기·적량의 농업용수 공급과 균등 배분할 수 있는 물관리 모형이 필요하다.

## 3. 4차원 농업용수 관리 모형

4차원적 물관리는 최근 이슈인 4차 산업혁명과 같은 맥락에서 접근할 수 있다. 1차 산업혁명은 화석에너지에 의한 기계의 시대, 2차 산업혁명은 전기에너지, 3차 산업혁명은 ICT 정보통신시대에서 이제는 가상과 현실이 통합되는 4차 산업혁명이 대두되고 있다. 4차원적 물관리는 이러한 시대적 배경에 따른 맞춤형 스마트 물관리를 의미한다. 우리나라의 1차원적 물관리는 해방이후 식량자급을 목표로 개발(생산기반)의 시대에 행해졌던 개념으로 부족하면 추가로 개발하는 도전과 극복의 시대에 적합한 물관리이었으며, 2차원적 물관리는 1990년대 이후 개보수의 시대로써, 유지관리의 개념이 도입되고 노후화 대비라는 개념이 나타났다. 3차원적 물관리는 자동화, 기계화의 시대로서, 인력의 노령화와 영농의 편리가 키워드로 등장하게 되었다.

1) 조용수량 : 저수지, 하천 등 수원공 지점에서 취수해야할 용수량

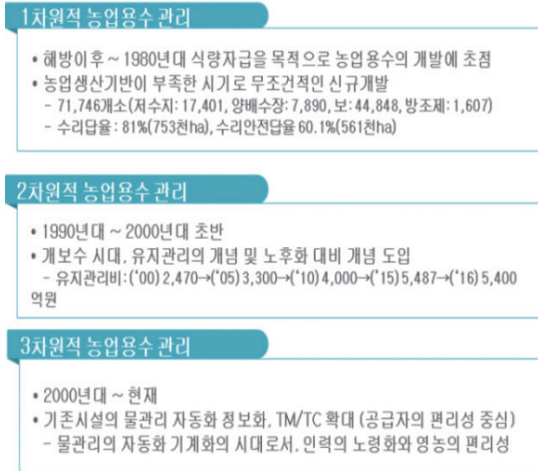


그림 1. 농업용수 관리 패러다임의 변화

그러나 1차, 2차, 3차 모두 개발자나 공급자 중심이라는 비난을 피할 수 없는 약점이 있다. 또한 수리 시설 관리자의 경험에 지나치게 의존한 경향이 뚜렷하다. 따라서 미래 농업의 시대에는 공급자 중심의 물관리가 아닌 수요자 요구에 맞춘 물관리와 관리자의 경험에 의한 물관리가 아닌 과학적 근거와 물 효

율성이 전제가 되어야 시대가 요구하는 농업용수 서비스를 농민에게 제공할 수 있다. 4차원적 물관리는 적량의 농업용수를 관리자의 경험보다 ICT 및 IoT를 활용한 모니터링과 수로 네트워크 해석 등을 통한 과학적, 경제적 물분배를 하는 용수관리로 정의할 수 있다.

4차원 농업용수 모형(4-Dimensional Agricultural Water Management System, 4-DAWM)은 평야부의 수로조직을 Node(점)와 Link(링크)로 구성된 네트워크 모형으로 정의하고, 여기에 저수지 물수지 분석 모형 및 평야부 논 물수지 분석 모형이 추가된 농업용수 관리 통합모형이다. 모의 순서는 먼저 관개 시나리오(연속관개, 간단관개, 유회관개 등)를 설정한 후 모의를 실행하면 저수지 물수지 분석 모듈이 가동되어 Tank모형에 의한 유역의 일별 유입량을 계산한 후 SWMM-EXTRAN<sup>2)</sup>블록의 Storage Node에 Inflow로 입력한다. EXTRAN 블록은 1차원 부정류 점변류방정식(St. Venant 방정식)인 Dynamic방정식을 사용하여 Node와 Link로 구성된 수로 네트워크 시스템을 해

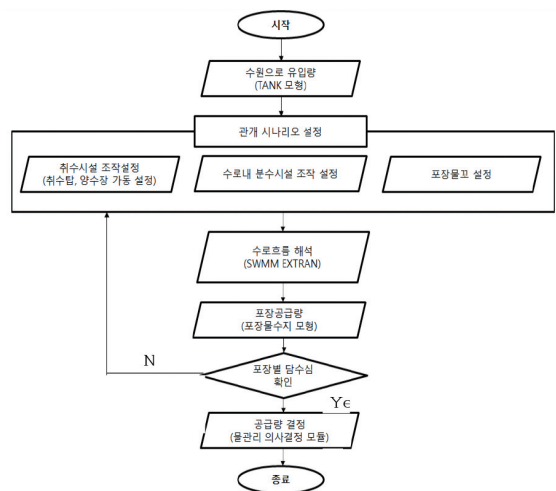
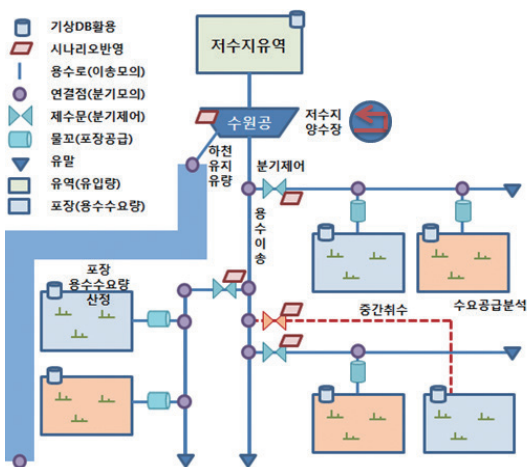


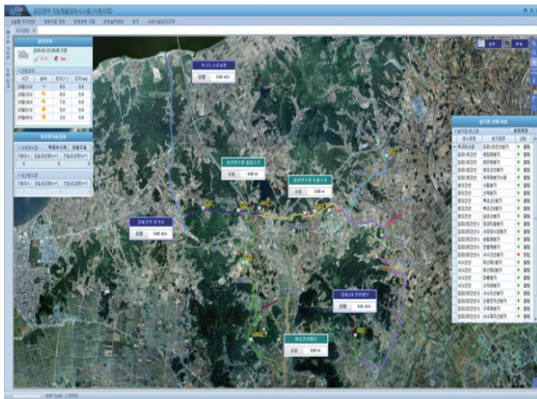
그림 2. 4차원 농업용수 모형의 개념도 및 흐름도

2) SWMM EXTRAN : Storm Water Management Model(EPA) EXTRAN(수리모의블럭)

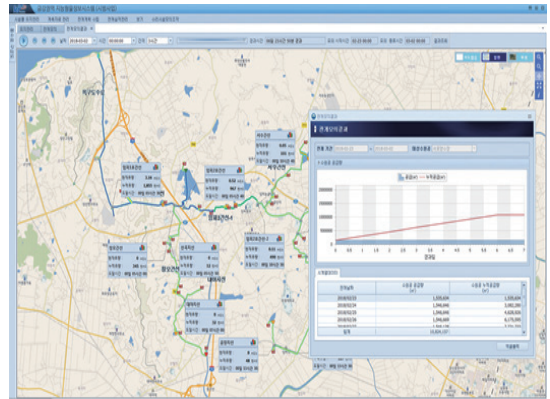
석하여 유량, 유속, 수위(수두), 도달시간을 계산한다. 수로 네트워크 시스템은 관수로와 개수로로 구성된 용수로가 서로 분기, 합류되며 흐른 후 최종적으로 물꼬를 통하여 포장으로 유입된다. 포장은 기본적으로 Storage Node로 정의되며 포장 물수지 분석 모듈에 의해 강우 및 수로에서 포장으로 유입, 증발산 및 침투에 의한 포장에서의 유출을 물수지하여 포장의 담수심을 계산한다.

#### 4. 4차원 농업용수 관리시스템 개발 및 시범적용

4차원 농업용수 관리시스템은 SWMM의 EXTRAN블록과 저수지 물수지 분석 모형, 포장 물수지 분석모형을 동일한 플랫폼에서 운영이 가능하도록 개발하여야 한다. 이를 위해서 4차원 농업용수 모형이 갖추어야할 기능과 GUI(Graphical User Interface)를 정의하고 설계한 후 GUI 플랫폼을 개발하였다. GUI 플랫폼은 수리시설물 관리 및 검색

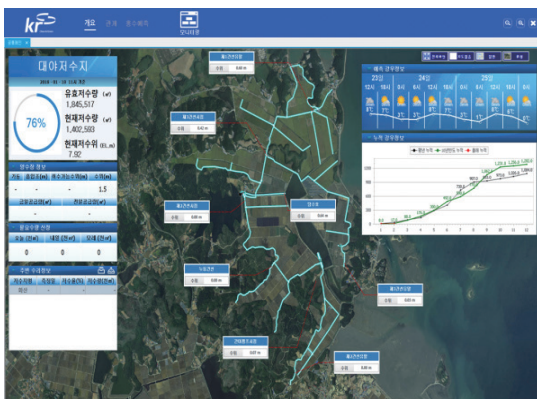


금강지구 초기화면

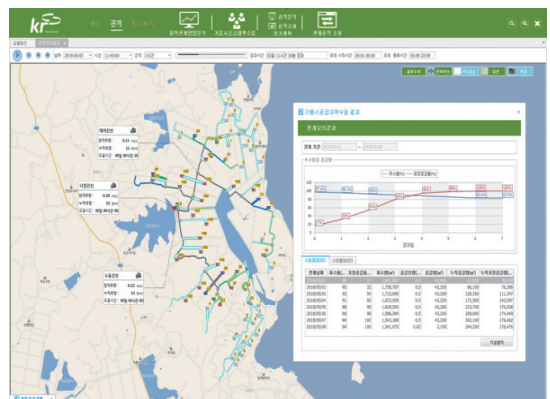


금강지구 관개모의 및 결과화면

그림 3. 금강지구 4차원 농업용수 시스템



대야지구 초기화면



대야지구 관개모의 및 결과화면

그림 4. 대야지구 4차원 농업용수 시스템

기능, 수위·유량 모니터링 기능, 관개계획 수립을 위한 시나리오 구성 기능, 관개모의 기능, 관개계획 수립 기능, 모의결과 표출 기능, 기본 GIS 기능이 포함되도록 개발하였고, 관개모의 및 계획은 SWMM에서 제공하는 Control rule를 사용하여 구현하였다. 본 기능을 이용하여 저수지 공급량 제어, 양수장 펌프 가동대수, 가동기간 및 분수문 개폐를 설정할 수 있으므로 수로별로 간단관개, 순환관개 등 관개방법을 설정할 수 있다.

시스템 적용성을 검토하기 위하여 2017년 관수로 지구인 금강지구 서포양수장 임피간선 권역과 개수로 지구인 충남 태안군 대야저수지 지구에 각각 시범적용 하고 현재 운영 중에 있다.

## 5. 맺음말

농업용수 물관리를 위해 자동화와 모니터링이 확대되고 있으나 물관리 운영은 주로 물관리자의 경험에 의존하고 있다. 이러한 상황에서 경험이 많은 현장관리자의 실질적 은퇴 등은 물관리에 어려움으로 나타나고 있다. 4차원적 농업용수 관리시스템(4-DAWM)은 포장에서 시시각각으로 변하는 용수수요에 정밀하게 대응이 가능하며, 기존 관행적이고 경험적인 물관리에서 과학적 분석을 기반으로 하는 효율적 물관리로 변모되고, 신규 개발을 통해 농업용수를 확보하던 고비용 방식에서 기존 수리시설의 기능회복을 통해 수량을 확보하는 저비용 방식으로 전환이 가능할 것으로 기대된다.

### 참고문헌

1. 관개부처 합동, 2017, 2018년 가뭄 종합대책
2. 국토교통부, 2016, 수자원장기종합계획 - 제3차수정계획
3. 농림축산식품부, 2015, 농업·농촌부문 가뭄대응 종합대책
4. 농어촌연구원, 2015, 지능형 관개/배수 관리 시스템 개발, 농림수산식품기술기획평가원
5. 박종훈, 2017, 관개시설 기능개선을 통한 4차원적 농업용수관리 시스템 개발, 박사학위논문, 건국대학교
6. 한국농어촌공사, 2014, 금강2지구 대단위농업개발사업 지능형 물정보시스템 구축계획
7. 한국농어촌공사, 2016, 대야저수지 지능형 물관리시스템 구축 계획
8. Rossman, Lewis A., 2004, Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0, National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, EPA, USA.