

# 농업용수 수요·공급의 계측에 의한 물 관리 시스템 연구

## Study on Water Management Systems on Agricultural Water Demand and Supply by Measuring

심재훈\*, 김필식\*\*, 김선주\*\*\*, 권형중\*\*\*\*, 박현준\*\*\*\*\*

Jae Hoon Shim, Phil Shik Kim, Sun Joo Kim, Hyung Joong Kwon, Hyun Jun Park

### 요 지

우리나라의 최근 30년(1981-2010년)간 연 강수량은 1307.7mm로 세계 평균보다 크지만 좁은 국토면적과 높은 인구밀도로 1인당 수자원 강수량은 세계평균의 1/8에 지나지 않아 물 부족국가로 분류되고 있다. 기후 및 지형적 영향으로 매년 홍수와 가뭄이 반복되고 기상이변으로 더욱 심화되고 있는 실정이다. 최근 기후변화에 따른 저수지의 이·치수 능력을 강화하는 저수지 독높이기 사업이 시행되고 있다. 이에 따라서 용수량이 증가함으로 치수 대책이 반드시 필요하다. 이를 위해서 반드시 체계적인 계측이 필요하고 수요·공급의 시스템적인 관리 체계가 필요하다.

본 연구에서는 저수지 유입량 및 공급량에 대한 정량적인 해석을 위해서 현재 용덕저수지에서 계측되고 있는 자료의 신뢰성 분석, 계측자료를 통해 유입량 및 공급량 분석, 이론에 의한 유입량 및 공급량 분석, 계측과 이론에 의한 무효 방류량 분석을 실시하였고, 저수지 계측 시스템의 방향을 제시하기 위해서 모의 및 계측결과의 비교를 통한 저수지 운영의 효율성 분석, 계측자료의 부족함과 이론식의 비현실성 파악, 무효방류량의 계측 필요성을 파악하였다. 이 결과를 바탕으로 Smart Water Grid의 개념을 도입하여 저수지 구역의 Proto Type을 제시하고 수자원의 효율적 운영을 위해 추가적인 계측 지점을 제안하였다. 또한 기존 시스템의 관측 및 분석 모듈을 분석하여 계측을 통한 통합적인 수자원 관리 시스템을 제시하였다.

**핵심용어 : 농업용수, 수요·공급량, 물수지 분석, 계측시스템**

## 1. 서 론

국내 수자원현황은 연 강수량 1,283mm로 세계 평균보다 크지만 좁은 국토면적, 높은 인구밀도로 1인당 수자원 강수량은 세계평균의 12%에 지나지 않아 물 부족국가로 분류되고 있으며 우리나라 전 국토의 70% 이상이 산지로 되어 있어 대부분의 하천은 길이가 짧고 경사가 급해 바다로 빨리 유출되어 수자원 확보의 어려움이 있고, 기후 및 지형적인 영향과 기상이변으로 매년 반복되는 홍수와 가뭄으로 인하여 수자원 확보의 중요성이 더욱 대두되고 있다.

국내의 경우 물 관리 기관의 복잡성, 수자원 실측 자료 부족 및 정량화 기술이 미흡한 실정이고, 이를 해결하기 위해 구역의 하천과 저수지군을 통합 관리하는 기술 개발이 시급하고, 수자원

\* 정회원·건국대학교 대학원 사회환경시스템공학전공 박사과정·E-mail : jaegis@konkuk.ac.kr

\*\* 정회원·건국대학교 사회환경시스템공학과 연구교수·E-mail : kimps@konkuk.ac.kr

\*\*\* 정회원·건국대학교 사회환경시스템공학과 교수·E-mail : sunjoo@konkuk.ac.kr

\*\*\*\* 정회원·(주)유일기연 기술연구소 책임연구원·E-mail : kwonhj@yooileng.co.kr

\*\*\*\*\* 정회원·(주)유일기연 기술연구소 선임연구원·E-mail : hyunjun@yooileng.co.kr

부존량과 사용량 계측 시설의 시스템화가 절실히 필요하다.

농업용수의 특성을 조사, 분석하기 위해서는 유역, 수원공, 평야부로 크게 구분할 수 있다. 이들을 살펴보면 농업용수의 공급원인 농촌유역에서 강우에 의한 유출로 나타나는 강우-유출특성, 농업저수지와 같은 주요 수원공에서의 유입, 저류특성 그리고 평야부 관개지역에 대한 작물경종에 따른 시기별 지역별 관개특성으로 구분할 수 있다.

저수지 유입량 및 공급량에 대한 정량적인 해석을 위해서 현재 용덕저수지에서 계측되고 있는 자료의 신뢰성 분석, 계측자료를 통해 유입량 및 공급량 분석, 이론에 의한 유입량 및 공급량 분석, 계측과 이론에 의한 무효 방류량 분석을 실시하고, 저수지 계측 시스템의 방향을 제시하기 위해서 모의 및 계측결과의 비교를 통한 저수지 운영의 효율성 분석, 계측자료의 부족함과 이론식의 비현실성 파악, 무효방류량의 계측 필요성을 파악하고자 한다.

이 결과를 바탕으로 Smart Water Grid의 개념을 도입하여 저수지 유역의 Proto Type을 제시하고 수자원의 효율적 운영을 위해 추가적인 계측 지점을 제안하였다. 또한 기존 시스템의 관측 및 분석 모듈을 분석하여 계측을 통한 통합적인 수자원 관리 시스템을 제시하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 연구대상지역

농업용수 지구를 대상으로 농업수리시설의 종류와 규모가 다양할 뿐만 아니라 농업용수 시험지구로서의 대표성을 가지기에 적당하고 기존의 관측 자료가 충분히 확보되어 있으며 현장방문이 비교적 용이한 점 등을 고려하여 경기 평택의 용덕저수지와 그 관개지구인 용덕지구를 선정하였다. 용덕지구는 아래로는 이동저수지가 있고 동남방향에 미산저수지가 위치하고 있다. 그림 1은 용덕지구의 수문관측 현황을 나타내고 있다.

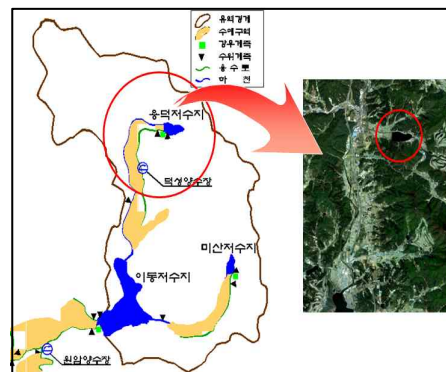


그림 1. 대상유역

### 2.2 유역의 현황

대상지구 유역은 이동지구 내에 있는 용덕저수지 상류 유역을 기준으로 분석을 실시하였다. 대상지구의 유역은 용덕저수지의 상류하천(목방교)에서 유입되고 유입량 관측은 목방교 수위계로 관측하고 있다. 유역의 구분과 각 유역의 토지이용 및 토양특성 그리고 유역의 수문특성 분석은 상류하천인 목방교 지점과 하류하천지점인 덕성교 지점(용덕유역하류)에서의 유역유출특성을 조사, 분석하였다. 유역의 구분은 1:25,000수치지형도를 이용하여 작성하였으며 유역의 토지이용별 면적 및 토양특성 등을 구하였다. 용덕유역의 토지이용 상태는 산림이 90% 이상이며 논이 4%, 밭이 2.5% 그리고 기타 3.5% 정도로 구성되어 있다.

표 1. 유역의 현황

구 분	수문관측	유역면적 (ha)	토지이용 (ha)				비고
			입야	논	밭	기타	
용덕	저수위	1,241	1,132(91.2%)	46(3.7%)	24(2.0%)	39(3.1%)	
덕성교	하천수위	4,244	3,440(81.0%)	505(12.0%)	135(3.0%)	164(4.0%)	
목방교	하천수위	1112.8	984.0(88.4%)	14.7(1.3%)	94.7(8.5%)	19.4(1.7%)	

2.3 계측기 설치 현황

대상지구의 농업용수 현장 관측항목은 강우량, 하천수위, 저수지 수위와 관개지구의 용·배수로 수위이며 이들 관측항목에 대해 각각의 관측기기들이 용덕지구현장에 설치되어 있다. 대상지구의 강우관측계는 용덕저수지지점 취수탑에 설치되어 있고 형태는 데이터로거(data logger)자체 내장된 전도형 자기우량계로써 관측지점의 지점강우량을 측정하도록 되어있다. 용덕지구의 저수위관측은 용덕저수지 취수탑에 설치된 수위계를 통해 자료가 수집되고 있으며, 초음파식 수위계가 설치되어 있다. 하천수위관측은 용덕저수지로 유입되는 1개의 하천과 방류되어 용덕사천을 통해 진위천으로 흐르는 하나의 하천의 주요 지점에 설치되어있다. 각각 초음파식 수위계이며 하천 주 흐름부의 상부 교량 교각부에 설치되었다. 용덕저수지에서 방류되어 이동저수지로 유입하는 하천의 중간지점 수위관측은 덕성교지점에서 관측되었다. 관개지역의 수로수위관측은 용덕저수지에서 관개수로를 통해서 공급되는 곳에 수위계가 설치되어 있고 형태는 초음파식이 설치되어 있다.

표 2. 용덕저수지 제원

구 분		용덕저수지
면적 (ha)	유역	1,246
	관개	261
저수량 (1,000m <sup>3</sup> )	유효저수량	943
	저수위 (m)	
제당 (m)	만수위	9.50
	홍수위	10.50
	높이	13.4
기타	길이	299
	물넘이 형식	Spillway
기타	위치	용인 이동
	관리기관	평택지사 송탄지소



그림 2. 계측기 설치 지점

3. 결과 및 고찰

3.1 계측과 모의자료의 비교

대상 유역인 용덕지구는 용덕저수지 상류에 위치하고 있는 용덕사천으로부터 유입되는 유량과 강우에 의해 유입량이 결정된다. 이 유입량을 정확하게 계측하기 위해서는 용덕저수지로 유입되는 곳에 위치하고 있는 목방교의 수위를 측정하여 강우를 고려한 유출량을 산정하여 유입량을 결정하여야한다. 이에 모의자료와 계측자료를 통한 유입량 산정 결과의 차이를 비교하였다.

모의 유입량보다 계측유입량이 약 1.8배 높게 산정되었고 이는 모의시 사용되는 강우자료의 불확실성과 계측수위 유량환산 과정에서의 불확실성 및 계측자료의 불확실성 때문인 것으로 판단된다.

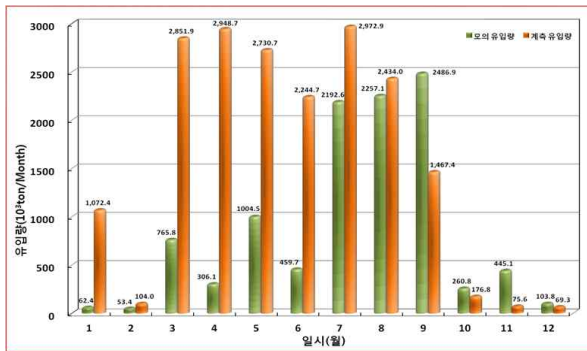


그림 3. 유입량 비교

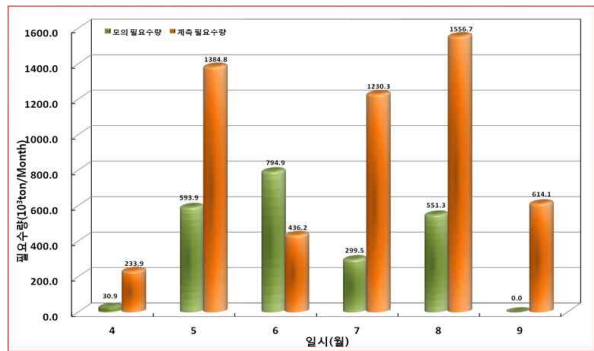


그림 4. 필요수량 비교

필요수량은 계측이 약 2.4배 높게 산정되어 필요수량의 정량화와 계측에 의한 손실량의 정확한 파악이 필요할 것으로 판단된다. 또한 저수위의 상대오차가 약 180%로 나타났으며 무효방류량의 경우 계측값이 약 2배 높게 산정되어 최적화가 되지 않아 정확성이 결여되는 것으로 판단된다.

### 3.3 통합 수자원 관리 시스템

#### 3.3.1 추가 계측기 설치

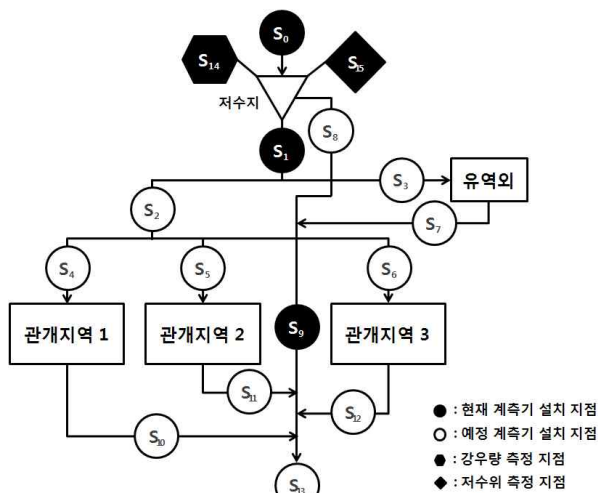


그림 5. 계측기 추가 설치 제안 지점

Simulation 결과와 계측 결과의 비교 연구 결과를 토대로 추가 계측 지점을 결정하였다. 저수지 유역에 수요와 공급의 정량화를 위하여 수문자료 계측 예상 지점을 그림 5와 같이 제안하였다. 이는 Smart Water Grid 개념에서 정확한 계측을 위하여 유역을 세분화하여 각각의 격자 단위에서 유입과 유출을 파악할 수 있도록 하였다. 계측 센서 하나만으로 측정된 결과는 신뢰성이 떨어지기 때문에 데이터의 신뢰성을 높이기 위해 각각의 지점마다 중복해서 설치하여 계측하는 방법도 고려해야 할 것으로 판단된다.

#### 3.3.2 물 관리 시스템

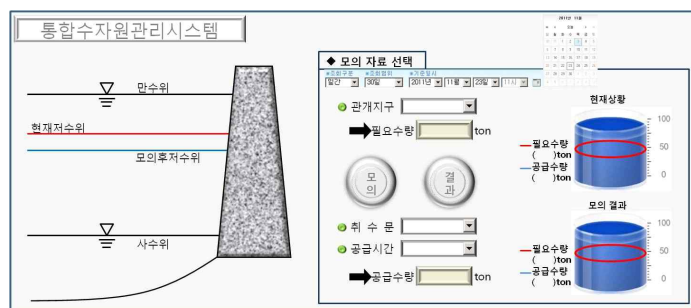


그림 6. 통합수자원 관리시스템 모듈

기존 시스템을 분석한 결과 각각의 지점별 데이터를 한눈에 볼 수 없는 단점이 있었고, 하나의 파일명에 지점명이 여러 가지가 같이 있어 어느 곳의 자료인지 정확성이 떨어진다. 기존의 시스템은 ‘관측시스템’으로는 활용할 수는 있겠지만 ‘분석시스템’으로는 활용 불가능한 것으로 판단된다. ‘분석시스템’으로의 활용을 위해 저수지의 저수량, 저수위를 비롯하여 실제 관계가 이루어지고 있는 상황을 한눈에 볼 수 있도록 필요수량과 공급수량 모듈 등을 추가하여야 할 것이다. 더 나아가 ‘제어시스템’으로의 활용을 고려해야 할 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

대상유역 농업저수지의 저수특성 분석은 대상저수지인 용덕저수지에 대해서 일별, 월별 저수위, 저수율 변화를 분석하였다. 대상유역의 2006년 저수율 변화는 전년도인 2005년의 영향으로 2006년 1월은 비교적 높은 저수율인 평균 101.5%의 정도를 보이고 있으며 7월의 호우의 영향으로 7월의 저수율은 평균 101.8%로 상승함을 보였다. 2006년의 경우 8월 이후의 한발에 의하여 9월과 10월 저수율이 평균 47.6%, 45.7%로 평년에 비하여 낮게 나타났다. 2007년의 경우 한발의 영향 없이 전월에 비슷한 경향을 보이고 있으며 평균 저수율은 89%를 보이고 있다.

대상유역의 하천수위 관측 자료를 분석하여 일별, 월별 유출량 및 강우대비 하천유출량을 산정하였다. 대상유역 덕성교 하천수위관측지점의 2005년도는 하천유출량이 43,879,242m<sup>3</sup>으로 강우량 1,327mm에 대해 78%의 하천유출량을 나타내었으며 2006년도 덕성교의 하천유출량이 41,911,507m<sup>3</sup>으로 강우량 1,403mm에 대해 70%의 하천유출량을 나타내었다.

HOMWRS 프로그램과 실제 계측된 자료를 이용하여 용덕저수지로 유입되는 유입량을 산정해 본 결과 유입량의 총 합이 차이가 8,871,822m<sup>3</sup>로 모의된 값보다 실측된 값이 1.9배 정도 많이 산정되었다. 모의된 값이 실제로 용덕저수지로 유입되는 양보다 적게 모의되기 때문에 저수량을 파악하는데 영향을 미치고 있다. 그러므로 실제 관개지역에서 물관리가 모의된 값으로 이루어진다면 관개지역에서 용수공급에 차질을 가져올 수도 있다. 그러므로 현재 용덕저수지 유역에 미설치되어 있는 필요 계측지점을 파악하고 계측기 설치를 통한 실측값 획득으로 물 관리의 효율성이 높아질 것으로 판단된다.

기존 시스템을 분석한 결과 각각의 지점별 데이터를 한눈에 볼 수 없는 단점이 있었고, 하나의 파일명에 지점명이 여러 가지가 같이 있어 어느 곳의 자료인지 정확성이 떨어진다. 기존의 시스템은 ‘관측시스템’으로는 활용할 수는 있겠지만 ‘분석시스템’으로는 활용 불가능한 것으로 판단된다. ‘분석시스템’으로의 활용을 위해 저수지의 저수량, 저수위를 비롯하여 실제 관계가 이루어지고 있는 상황을 한눈에 볼 수 있도록 필요수량과 공급수량 모듈 등을 추가하여야 할 것이다.

#### 참 고 문 헌

1. 서동조, 송동하, 이상진. 2009. GIS기반의 물통합관리시스템 구축 방안. 한국콘텐츠학회 2009년 춘계종합학술대회 논문집. pp.463-466.
2. 오승태, 김진택, 정원국, 박기욱, 문종필. 2007. 농촌용수 종합시험지구 운영. 연구보고서. 한국농어촌공사 농어촌연구원.
3. 이진희, 이충성, 고익환, 심명필. 2008. 유역통합관리를 위한 저수지 운영률의 도출. 대학토목학회 2008년 정기학술대회 논문집. pp.3608-3611.
4. 최지용, 박언상. 2008. 다목적댐 상류 소유역 관리방안. 한국환경정책·평가연구원 정책보고서.