

# ICT기반 용수관리 의사결정지원시스템 설계

신강욱\* · 차영준

한국수자원공사

## Decision Support System for Irrigation based on ICT Technology

Gang-Wook Shin\* · Young-Jun Cha

K-water

E-mail : gwshin@kwater.or.kr / phenix7@kwater.or.kr

### 요 약

본 논문에서는 중앙아시아 지역의 물 문제에 따른 관개용수의 효율적 관리를 위한 의사결정지원 시스템에 대하여 제안하고자 한다. 여러 국가간 공유하천의 이용에 있어서 다양한 이해관계가 발생됨에 따라 농업을 근간으로 하는 국가들은 관개용수의 관리가 매우 중요하다. 작물을 재배함에 있어서, 연간 가용할 수 있는 수자원의 량과 기상 변화에 따른 수자원 확보 가능량 등에 대한 데이터 관리가 이루어져야 한다. 또한, 수자원데이터의 취득, 예측, 관리 등을 통하여 작물과 생산면적에 따른 물 공급 계획량을 산정하고, 공급량의 배분에 대한 합리적 의사결정이 이루어져야 한다.

따라서, 본 연구에서는 현재 운영되고 있는 물관리체계를 조사하고, 수자원 공급량에 대한 데이터 분석을 통하여 의사결정 지원체계의 보완 사항을 도출하였다. 그리고, 새로운 의사결정지원시스템 구축에 있어서, 실효성있는 시스템 구현이 가능하도록 설계방안을 제시하고자 하였다.

### 키워드

관개용수, 의사결정지원시스템, 공유하천, 공급량

## I. 서 론

대부분의 나라에서 지구 온난화에 따라 물 문제에 대한 다양한 형태의 어려움을 겪고 있다. 중앙아시아 지역의 경우, 두 개의 대하천으로부터 5개국이 물을 공유하여 사용하고 있어 다양한 물 문제가 발생되고 있다. 그리고, 중앙아시아 국가들의 경제는 대부분 농업에 의존하기 때문에 관개용수의 관리가 매우 중요한 실정이다.

이들 공유하천은 과거 중앙집권적 계획 분배에서 1992년 소비에트연방 해체 후 독립 국가별 자체 관리로 변경됨에 따라 물관리에 새로운 문제가 발생되기 시작하였다. 공유하천의 상류에 위치한 국가에서 발전 및 농업용으로 많은 량의 수자원을 사용함에 따라, 하천의 하류에 위치한 국가들에서는 물 부족으로 인한 물관리의 어려움을 겪고 있다. 이러한 어려움을 해결하기 위하여, 이해관계 국가들 간의 회의를 통하여 공유하천 활용량을 결정하고 있다. 각 국가들은 할당된 수자원의 제한량 범위내에서 관리주체별 또는 행정구역별로 공급량

을 적절하게 배분하여 관리한다.

이들 중앙아시아 국가들은 농업용 관개용수가 국가 물 소비량의 90% 이상을 차지하고 있으나, 농업에 필요한 물 수요를 충분하게 공급하기에 어려움이 있다. 이러한 부족한 수자원 실태에 따라, 효율적인 물관리가 매우 중요하다. 우리나라에서도 효율적인 물관리를 위하여 지능형 관개/배수 관리 시스템 등을 연구 개발하고 있다.[1]

FAO(Food and Agriculture Organization of the United Nation)에서는 농업용 관개용수에 대한 증발산량 산정을 위하여 No. 56 가이드라인이 개발되어 물관리 의사결정 지원체계를 구축하는 기반이 되고 있다.[2] 이러한 증발산량 산정 기법을 기반으로 의사결정지원시스템은 안정적이며 지속 가능한 관개용 물 공급의 중요한 역할을 하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 중앙아시아 지역의 관개용수 관리현황을 분석하고, 이를 통하여 효율적인 의사결정지원시스템 구현을 위한 설계 방안에 대하여 제시하고자 한다.

## II. 중앙아시아 물관리 현황

\* speaker

중앙아시아 지역은 그림 1과 같이, 시르다리아(Syr-Darya) 및 아무다리아(Amu-Darya)강 2개의 대하천이 흐르고 있다. 시르다리아 강은 연장이 약 2,800 km로 상류 지역인 키르기스스탄에서 발원하여 우즈베키스탄, 타지키스탄, 카자흐스탄을 거쳐 아랄해로 유입된다. 아무다리아강의 연장은 약 2,540 km로 아프가니스탄에서 발원하여 타지키스탄, 투르크메니스탄, 우즈베키스탄을 거쳐 아랄해로 유입된다. 이 하천은 카자흐스탄 등 5개국에서 해당 국가가 필요로 하는 수자원을 공유하고 있다.



그림 1. 중앙아시아 공유하천 현황[3]

각 국가에서 관개용수 공급량을 산정하는 절차는 그림 2에서와 같이 이루어진다. 먼저, 농업 생산자로 구성된 물 이용자협의회에서 작물 생산에 필요한 연간 계획량을 요청한다. 필요한 계획량은 수원별 저수량, 기상 예측량, 농작물별 경작면적 등의 기초자료를 기반으로 수자원 부족량 산정을 통해 6개월 단위의 최대 공급 가능량을 산정한다. 그리고, 산정된 최대 공급 가능량을 각 유역관리기관에 적합하게 배분한다. 배분된 해당 기관의 공급 가능량은 해당 지역의 물 이용자 협의회에서 효과적으로 활용하도록 상세한 공급계획을 수립한다. 공급계획과 더불어 관개용수 이송시, 손실량을 최소화하기 위해 수로(Channel) 건설 및 운영 등 관리방식에 대하여 지속적으로 개선하고 있다.

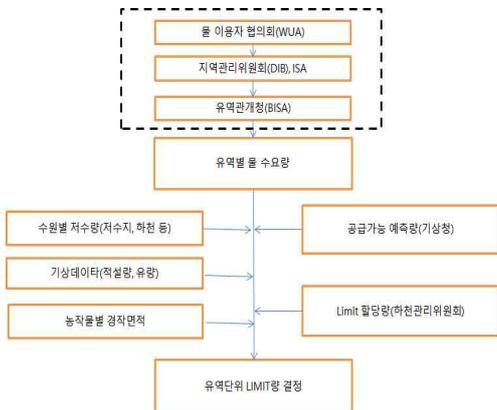


그림 2. 관개용수 공급량 산정절차

관개용수의 공급에 대한 5년간의 운영 데이터 즉, 용수공급 계획량과 실제 공급량을 그림 3과 같이 비교 분석하였다. 그림 3에서는 실제 물 공급량이 계획량보다 많이 공급된 그래프와, 반대로 적게 공급된 그래프 두 가지 유형을 확인할 수 있다. 즉, 작물 재배 시기에 공급되어야 할 계획량 대비 공급량의 차이는 작물 생산량에 차이를 유발할 수 있다. 따라서, 관개용수의 운영 관리를 효율적으로 개선할 필요가 있다. 이러한 운영 결과에 대한 원인은 데이터의 입력 및 관리가 수기로 이루어지고 있어 정확한 수량 관리가 이루어지지 않기 때문이다. 또한 물 공급 계획량 대비 실제 공급량의 운영관리가 일일 단위가 아닌 일정기간 동안의 총량으로 관리하고 있어서, 일별 초과 공급은 큰 문제는 아닐 수 있다. 그러나, 정확한 관측과 실시간 데이터 수집을 통하여 관개용수의 효율적인 관리가 필요함을 알 수 있다.

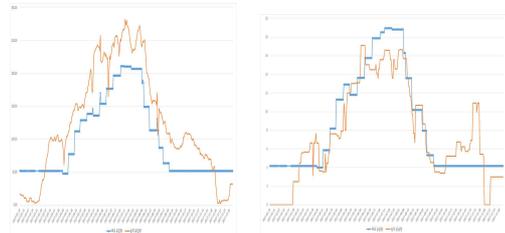


그림 3. 연간 관개용수 공급량

### III. 의사결정지원시스템 구성(안)

지금까지 살펴본 바와 같이, 경작 시기에 요구되는 물 수요량은 물 이용자 협의회, 관할 지역관리위원회, 각 관개시스템관리청, 최종 유역관개청에서 취합한다. 물 공급량은 수자원 부족량을 검토하여 수자원관리 부처에서 최종적으로 확정한다. 그리고, 최종 승인한 계획량에 따라 각 관개시스템관리청에서 농업 생산자별 공급량을 결정하고 관리하게 된다.

이러한 물관리 의사결정을 위한 지원시스템 설계에 있어서, 다음 사항이 내포되어야 한다.

의사결정지원시스템의 주요 구성은 자료 관리, 수요량 산정, 공급량 결정, 실시간 물관리, 물수지 분석 등으로 이루어진다. 자료관리의 경우, 생산자로 이루어진 물 이용자 협의회와 관리기관에서 제시한 경작지 면적, 경작 작물, 작물계수 및 토양계수, 기상자료, 장단기 관개계획 등의 세부사항을 관리한다.

수요량 산정은 물 이용자 협의회에서 요구하는 수요량을 근간으로 유역관개청에서 최종 확정하는 단계이다. 기존 수요량 산정방법은 경작지 면적, 경작 작물, 토양계수를 적용하여 정의된 look-up table을 통하여 결정한다. 기존방법 이외에 추가적

으로 국제식량농업기구에서 개발한 FAO-56 모델을 적용하는 새로운 산정기법을 추가한다.

공급량 결정단계는 각 유역관개청으로부터 제안된 물 수요량 요구서를 검토하고 결정하기 위한 단계이다. 따라서, 다음의 기초 자료가 공급량 결정을 위해 주어져야 한다. 유역별 용수 수요량에 대한 자료, 저수지 및 하천 등 용수공급이 가능한 수원별 저수량, 연간 관개용수 공급량 예측을 위한 기상데이터(적설량, 강수량, 저수량 등 기상청의 6개월 단위 수자원부존량 예측자료, 공유하천관리위원회 결정량 등), 그리고 전체 유역내 농작물별 경작면적 등 기초 데이터가 확보되어야 한다. 각 유역관개청은 결정된 물 공급량을 기준으로 관할 지역관리위원회와 관개시스템관리청에 요구량에 비례하여 공급량을 결정한다.

실시간 물관리 단계에서는 유역관개청에서 활용할 수 있도록 구성되며, 최종 결정된 공급계획량과 실제 공급되는 수자원을 실시간으로 관리할 수 있도록 구성한다. 이를 위해, 유역도와 모식도 상에서 수위와 수량 데이터를 표현하고, 상세 데이터는 계획량과 공급량에 대하여 비교 분석될 수 있어야 한다. 또한, 유역관개청에서는 일일 운영보고가 가능하도록 온-오프라인상에서 활용 가능한 출력물이 확보되어야 한다.

물 수지분석은 그림 4와 같이 다음 사항이 반영되어야 한다. 첫째, 수로내 유량의 흐름을 분석할 수 있도록 구성하고, 둘째, 지역관리위원회 단위에서의 유입량과 유출량에 대한 물 수지를 분석하도록 구성하고, 셋째, 공급량이 부족한 경우 경작지별 공급량을 제한하는 방법을 제시하고, 넷째, 공급량이 충분할 경우 저수지 및 보의 효율적 운영 기법을 제시하고, 다섯째, 메인 수로에서 공급되는 유량에 대한 공급 효율 즉 공급 손실률에 대한 분석이 이루어지도록 구성한다.

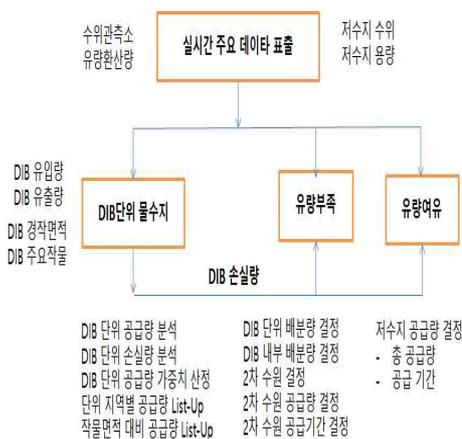


그림 4. 관개용수 물 수지분석

#### IV. 결 론

중아시아 지역의 농업 생산성 향상을 위하여 관개 지구내 효율적인 물관리가 필요하다. 그러나 현재 환경은 하천을 공유하는 다수의 국가, 적은 량의 연간 강수량, 인력을 활용한 수동 계측관리 등으로 인하여 수자원관리에 어려움을 겪고 있다. 이러한 문제를 해소하기 위해 중아시아 국가들은 주요 관측지점별 실시간 자동 관측기 설치, 관개 지구내 정확한 용수공급 현황 확인, 그리고 확보된 데이터를 활용한 정책수립을 지향하고 있다.

본 연구를 통하여 실질적인 물관리 현황은 실제 공급량과 계획량에 많은 차이가 발생되고 있음을 알 수 있다. 특히, 수로상에서 평균 약 10 % 손실률이 발생되고 있고, 계획량보다 초과 공급되는 결과가 발생되기도 한다. 따라서, 현재의 물관리체계를 개선하기 위하여 효율적인 관개용수 관리를 위한 의사결정지원시스템의 고도화가 요구된다.

본 연구에서는, 용수 수요량 계획수립을 위해 현재 유역관개청에서 활용하고 있는 수요량 산정 절차를 시스템화 하고, FAO-56 모델을 추가 적용하여 기존 방법과의 비교가 가능하도록 하였다. 이를 통하여 향후 최적의 계획량 산정이 가능할 것으로 판단된다.

공급량 결정 단계에서는 과거 이력정보 분석기능, 관계기관 데이터 연계기능, 현장데이터 실시간 관측기능, 그리고 빅데이터 예측기능 등을 적용하여 의사결정 지원이 가능하도록 하였다.

운영단계에서는 실시간 관리를 위하여 관측데이터를 활용하여 유입량을 산정하고 하루 수로의 공급 계획량과 비교 검토가 가능하도록 하였다. 또한, 주요 지점별 물수지 분석을 통해 유입유량의 물부족 현상 발생시 적절한 용수공급 방안을 제시하였다. 그리고, 관개지구내 용수공급 실적을 시스템내에서 자동 입력하여 다부처 공동관리가 이루어지도록 구성하였다.

관개용수의 계획 수립단계부터 공급량 결정과 운영 및 분석단계까지 본 연구에서 제시된 방안을 통하여 고도화된 의사결정지원시스템을 구성할 수 있을 것으로 판단된다.

#### References

- [1] H.D. Kim, Y.J. Lee, K.T. Kim and S.J. Jung, "Development of Intelligent System for Management of Irrigation", *Conference of the Korean Society of Agricultural Engineers*, 2015.
- [2] FAO, "FAO Irrigation and Drainage Paper No.56 Crop Evapotranspiration", 2006.
- [3] Internet doopedia : <https://terms.naver.com/entry.naver?do9cid=1120923&cid=40942&categoryid=40082>