

논의 농업용수 회귀수량 추정에 관한 연구

Estimating the return flow of irrigation water for paddies

임상준*(서울대) · 박승우(서울대) · 박창언(신구대)

Im, Sang Jun · Park, Seung Woo · Park, Chang Eon

Abstract

Unused irrigation water due to delivery losses and overflow from paddies in an irrigation system, and groundwater releases from infiltration are eventually returned to stream. The estimate of irrigation returnflow is important to streamflow modeling and water resources planning. This study was to field monitor the irrigation water use, streamflow, lateral inflow and ground water level, and to determine the return flow of irrigation water.

I. 서론

우리나라의 농업용수는 전체 수자원의 59%를 차지하고 있으며, 이는 주로 논벼의 재배에 이용되고 있다. 논벼는 생육기간을 통하여 많은 양의 물을 필요로 하게 되는 데, 자연적인 강우와 저수지, 양수장, 또는 취입보 등으로부터 취수되어 공급되는 관개수량을 이용하게 된다.

그러나, 모든 관개용수가 작물에 의하여 직접적으로 소모되는 것은 아니다. 취수하여 도수하는 중에 발생하는 손실수량이나 논에 잉여수는 하천으로 유입되며, 토양중으로 침투한 수량은 침윤 등으로 배수되거나, 지하수에 유입되고, 서서히 하천으로 유출된다. 이와 같이, 관개량중에서 소모되지 않고 하천으로 유입되는 수량을 회귀수량(return flow)이라 한다(김시원 등, 1994). 회귀수량은 누수 등 지표유출의 형태로 직접 회귀되는 수량을 신속 회귀수량(quick return flow), 장시간 동안 지하수로부터 회귀되는 수량을 지연 회귀수량(delay return flow)으로 구분하기도 한다.

관개용수의 회귀수량의 정확한 추정은 유역의 용수수급계획, 하천 유휴의 예측, 관개용수의 사용량 결정 등에 중요하다. 농업용수의 계획시에는 도수손실량을 10~20% 정도를 추정하고 있으며(김시원 등, 1994), 낮은 포장 관개효율 등으로 관개용수의 상당량이 회귀수량으로 배제되는 것으로 보고되고 있다(이남호, 1989).

농업용수 회귀수량에 관한 정확한 실측자료나 그 정량적인 수문학적 기작 등에 관한 연구는 많지 않으며, 낙동강유역 농업용수 회귀율 조사를 위하여 마성지구(이근후, 1997)와 청도지구(정상옥, 1997)에 대한 연구가 수행되었으며, 건설부에서는 외국 자료 등을 참조하여 관개수량의 약 35%를 회귀수량으로 하고 있다(건설부, 1993).

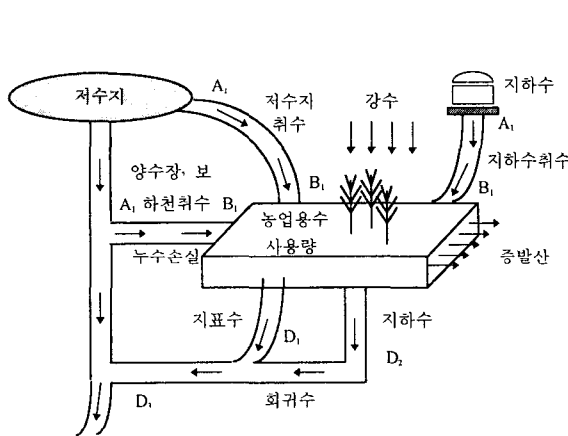
따라서, 본 연구에서는 농업용수의 회귀수량을 추정하기 위하여 시험지구를 선정하고, 정밀한 수문계측망을 구성하며, 이로부터 관개수량의 회귀수량을 추정하는 데 있다.

II. 농업용수 회귀수량 추정

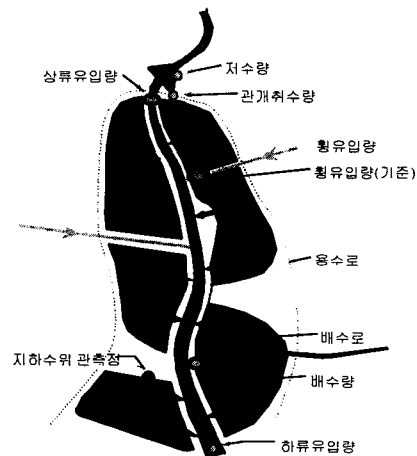
2.1 회귀수량

농업유역의 수문순환은 <그림 1>에서와 같이 강수, 침투, 증발산, 논에서의 저류, 관개수량, 지표유출과 지하수 유출로 구성된다. 자연상태의 논에서와 달리 관개지구에서는 수원공으로부터 취수하여 급수가 이루어지며, 이로 인한 상하류의 유황의 변화를 초래하고, 논에 담수심과 지하수, 침투 및 증발산 등 수문기작에 영향을 미치게 된다. 또한, 도수중의 누수량과 논에서 월류되는 배수량 등의 신속 회귀수량과 토양중에 침투되어 지하수위를 높이고 하류 하천으로 유거되는 자연 회귀수량을 유발하게 된다.

그런데, 농업용수 회귀수량의 수문과정은 단순히 유입량에 비례하는 선형적 관계가 아니며, 시간적, 공간적으로 다양한 수문인자, 지상인자, 용·배수조직, 영농관리인자 등에 의하여 지배되므로, <그림 2>와 같은 정밀한 계측망을 구성하고, 이로부터 수문인자를 현장 모니터링하여 시간별 변화를 추정하고, 회귀수량 추정 모델을 이용하여 농업용수 회귀수량을 계량화할 수 있다.



<그림 1> 농업유역의 용수계통도



<그림 2> 회귀수량 모니터링 모식도

2.2 회귀수량 산정

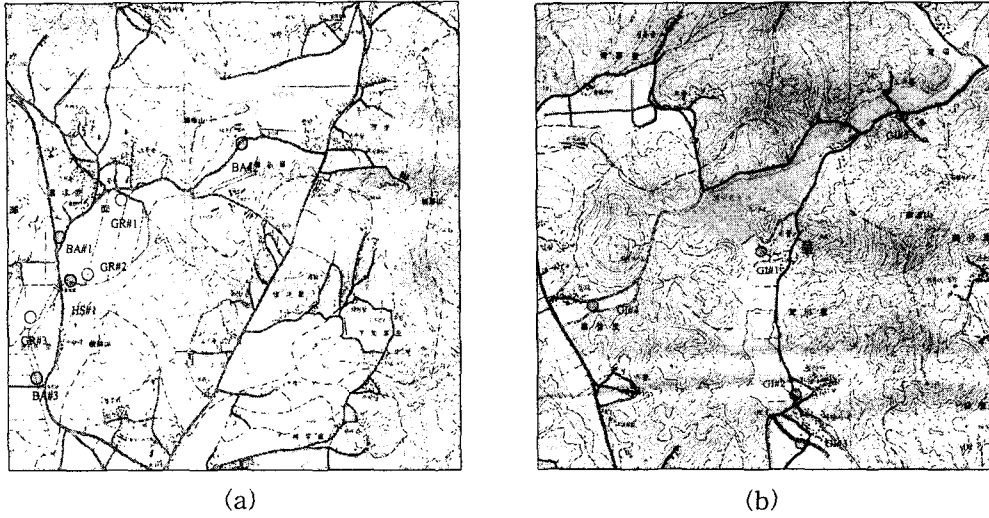
1. 시험지구의 현황

농업용수의 회귀수량 추정을 위한 시험지구는 경기도 화성군의 발안지구와 기천지구 2개 지구를 선정하였다. 발안, 기천지구는 각각 발안저수지와 기천저수지로부터 관개용수를 공급받고 있으며, 관개조직이 간단하고, '96년부터 서울대학교 농공학과에서 수문계측을 실시해오고 있기 때문에 자료의 관리가 용이한 지구이다.

발안지구의 전체 관개면적은 485 ha이며, 이중 제1간선의 133 ha를 시험지구로 선정하였다. 수문계측망은 <그림 3(a)>와 같이 관개량 측정 1개소, 지천유입량 측정 1개소, 하천수위 측정 2개소 및 지하수위 관측점 3개소로 구성되어 있다.

기천저수지 하류의 기천지구는 관개면적은 52 ha이고, 관개량 측정 1개소, 분지유량 측정 1개소, 지천유입량 측정 1개소 및 하천수위 측정 1개소 등 4개로 이루어져 있다. <그림 3(b)>는

기천지구의 수문관측망을 보여주고 있다. 기천지구는 수원공으로부터 공급된 관개용수 중에서 시험지구 밖으로 급수되는 양을 구하기 위하여 용수간선에 수위계를 설치하여 시간별 수위를 측정하고, 수위-유량관계로부터 분지되는 유량을 계산하도록 하였다.

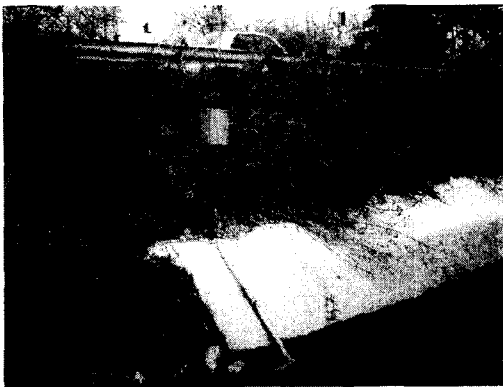


<그림 3> 시험지구 모식도

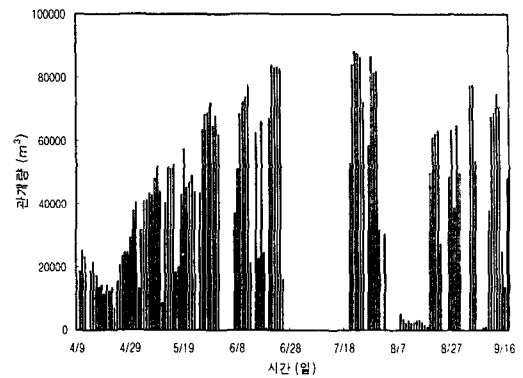
2. 관개수량

시험지구의 관개수량은 <그림 4>와 같이 통관 하류부에 압력식 수위계를 설치하고, 시간별 수위 변화를 측정하였다. 현장에서 측정된 수위 자료로부터 유량을 구하기 위하여 유속측정을 실시하여 수위-유량관계를 작성하고, 이로부터 관개량을 구하였다.

<그림 5>는 발안지구의 관개량 변화를 보여주고 있다. 발안지구의 관개량은 총 4,832 천 m^3 이었으며, 벼의 생육시기와 기상요소에 따라 순별로 상이한 결과를 나타내고 있으나, 최대 관개량은 7월 하순의 757 천 m^3 으로 나타났다.



<그림 4> 수위계측점 전경



<그림 5> 발안지구 관개량 변화

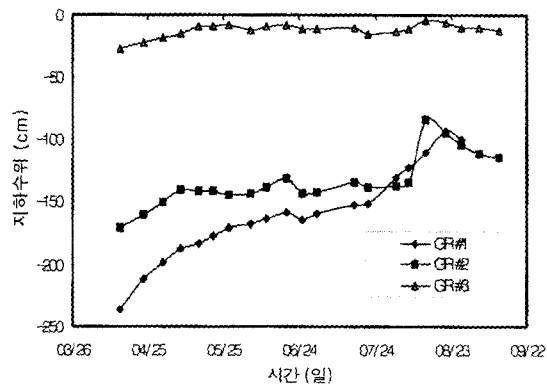
3. 지하수위

관개를 목적으로 급수된 수량은 송수시에 발생하는 수로손실이나 답에서의 침투량 등으로 인하여 지하로 배제되고, 이중 일부는 지하수위를 상승시키게 되고 장시간 동안 자연회귀수의 형태로 하천으로 유출되게 된다. 따라서, 정밀한 회귀수량의 측정을 위해서는 이들 지하수위 변화를 측정하여 이로부터 자연회귀수량을 추정하여야 한다.

지하수위 측정지점은 <그림 3(a)>와 같이 발안지구의 상류에 1개소, 하류에 2개소 등 총 3개소의 관측공을 시추하여 지하수위 측정기를 이용하여 2주간격으로 측정하였다. <그림 6>은 지하수위 관측공의 전경을 보여주고 있으며, <그림 7>은 시간별 지하수위 변화를 나타내고 있다. <그림 7>에서와 같이 관개지구의 상류에 위치하고 있는 GR#1은 관개 초기에 -2.3 m에서 계속적으로 상승하여 9월 상순에는 약 -1.0 m에 이르고 있으며, GR#2의 경우도 GR#1과 비슷한 경향을 보이고 있다. 그러나, 관개지구 말단부에 위치하고 있는 GR#3은 관개시기를 통하여 하천수위와 비슷한 지하수위를 유지하고 있음을 알 수 있었다. 8월 상순의 집중호우도 지하수위에 영향을 미쳐서 관측지점 모두에서 일시적으로 지하수위가 상승하였다.



<그림 6> 지하수위 측정 관측공 전경

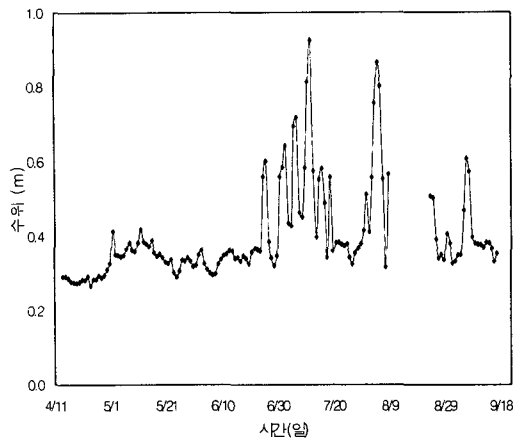


<그림 7> 시간별 지하수위 변화

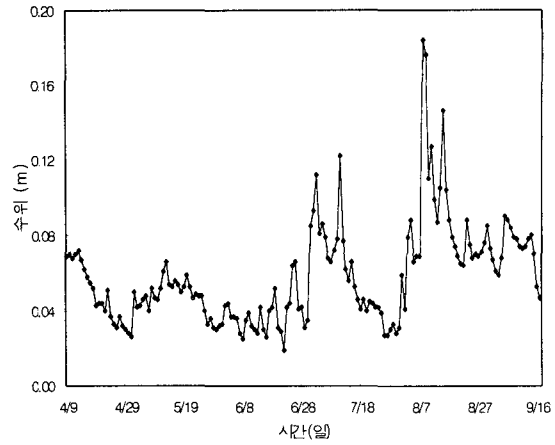
4. 하천유출량

필지내로 관개된 수량이 작물에 의해 소비되고 일부는 회귀수량의 형태로 하천으로 유출되게 된다. 따라서, 하천 유량의 변화를 측정함으로써 회귀수량을 추정하게 되는 데, 시험지구에는 <그림 3>과 같이 발안 2개소, 기천 1개소 등 관개지구의 하류에 수위 계측점을 설치하고, 시간별 수위관측을 실시하여 하천의 수위 변화를 계측하였으며, 현장 유속 측정 결과를 이용하여 유량을 구하였다. <그림 8>은 기천지구 하류의 하천 수위 변화를 보여주고 있다.

또한, 하천 유출량은 강우로 인한 유역 유입량과 관개로 인한 배수량으로 이루어져 있다. 관개로 인한 회귀수량을 구하기 위하여 배후유역으로부터 유입되는 유역 유입량을 추정하여야 한다. 본 연구에서는 유역 유입량을 추정하기 위하여 주요 지천에 수위 계측점을 설치하여 지천 유입량을 측정하였으며, 그 외의 지천으로부터 유입되는 유량은 유역 면적비와 유량비를 이용하여 계산하였다. <그림 9>는 지천 유입량의 시간별 변화를 나타내고 있다.



<그림 8> 하천 유출량 변화



<그림 9> 지천 유입량 변화

III. 결론

농업용수 회귀수량의 정확한 추정은 취수시설의 관리와 관개조직의 운용 등과 같은 농업수리적 측면뿐만 아니라 수자원의 계획등에 있어서도 중요한 요소이다. 본 연구에서는 농업용수 회귀수량의 정확한 추정을 위하여 2개의 시험지구를 선정하고, 정밀 수문계측망을 구성하였으며, 관개량, 지하수위, 지천유입량 및 하천유출량을 측정하고, 이로부터 회귀수량을 추정하였다.

농업용수의 회귀수량은 기상조건에 따라 상이한 결과를 나타내므로 지속적인 수문모니터링을 통하여 영농 및 기상조건을 고려한 회귀수량을 산정하여야 할 것이다.

IV. 참고문헌

1. 김시원, 김철기, 김기춘, 1994. 신고 농업수리학, 향문사.
2. 건설부, 1993. 수자원관리기법개발연구조사 보고서.
3. 이남호, 1988. 관개지구 물관리조직의 일별 모의발생, 서울대학교 대학원 박사학위논문.
4. 정상옥, 오창준, 남효석, 1997. 저수지 농업용수 회귀율 조사연구, 국제심포지엄 및 학술발표회 발표논문집, pp. 46-51.