

## 중소유역의 관개회귀수량 수문모니터링

○ 임상준\* · 박승우\*\* · 강문성\*\*\*

### 1. 서론

농업용수는 우리나라 수자원 이용량의 59%를 차지하고 있으며, 그 량은 연평균 147 억톤에 이르고 있다(건교부, 1993). 농업용수는 대부분 논벼의 재배를 위하여 4월부터 9월까지 관개지구에 공급되고 있으며, 저수지, 양수장, 취입보 등을 통하여 하천수를 이용하거나, 관정이나 집수암거로부터 지하수를 채수하여 이용하고 있다.

논벼의 재배를 위하여 수원공으로부터 관개지구에 공급되는 수량이 작물에 의해 모두 소비되는 것이 아니라, 관개수로를 통한 공급과정에서 발생하는 배분관리용수량(delivery water requirement) 등 잉여의 수량은 배수로를 통하여 직접 하천으로 유출되고, 논에 담수된 수량중 일부는 물꼬를 넘어 배수되게 된다. 또한, 지하로 침투된 수량은 지하수위를 상승시키고 장기간동안 지하수 유출의 형태로 하천으로 다시 흘러나오게 된다. 이와 같이 농업용수의 순환과정에서 지표수 혹은 지하수의 형태로 배수되어 하천으로 흘러나오는 량을 관개회귀수량(irrigation return flow)이라 한다.

관개회귀수량은 단순히 유입량에 비례하는 선형적인 관계를 가지는 것이 아니라, 시간적·공간적으로 다양한 수문요소, 지상인자, 용·배수조직, 영농관리인자 등에 의해 지배되므로, 관개지구를 대상으로 정밀한 수문계측망을 구성하여 장기간동안 지속적인 모니터링을 실시하여, 이를 기초로 하여 시기별 관개회귀수량을 산정할 수 있다.

USGS(U.S. Geological Survey)<sup>5)6)</sup>는 미국내의 수자원 평가를 위하여 5년간격으로 물 사용량을 조사하고 있으며, 1995년의 농·축산용수 회귀수량은 39.3%로 보고하였다. 우리나라의 경우, 관개지구의 반복이용수량 조사를 위한 연구가 많이 이루어지고 있으나<sup>2)3)4)</sup>, 수계단위의 회귀수량 조사에 관한 연구는 미비한 실정이다.

따라서, 본 연구는 중소유역에서 농업용수의 공급으로 인하여 발생하는 관개회귀수량을 조사하기 위한 수문모니터링의 방법적 기초를 정립하고, 시험지구를 선정하여 현장 모니터링을 실시하며, 관개지구 물수지 요소들을 조사·분석하는 데 있다.

---

\* 서울대학교 농공학과 공학박사  
\*\* 서울대학교 농업생명과학대학 교수  
\*\*\* 서울대학교 농공학과 박사수료

## 2. 관개회귀수량 수문모니터링

농업구역의 관개회귀수량 추정을 위한 수문요소는 그림 1와 같이 관개량, 배후유역으로부터의 횡 유입량, 지표배수량 및 하천의 상·하류 유량 등이 있으며, 이외에도 지하수 유출량을 조사하기 위한 지하수위 등이 있다.

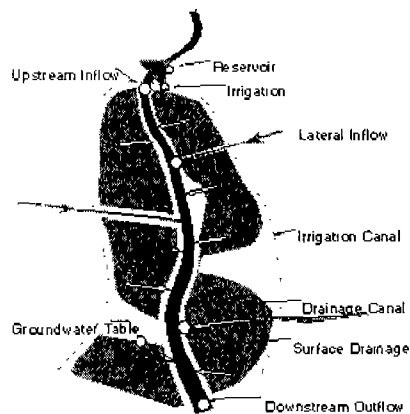


그림 1. 관개회귀수량 수문모니터링

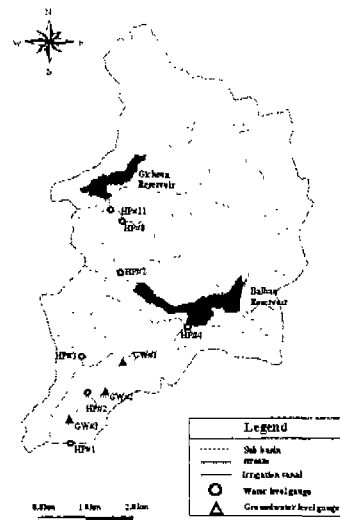


그림 2. 시험지구 수문계측망

### 2.1 시험지구의 선정

농업구역의 관개회귀수량 수문모니터링을 위한 시험지구는 그림 2와 같이 경기도 화성군 팔탄면과 봉담읍 일대의 발안지구와 기천지구 2곳을 선정하였다. 선정된 시험지구는 단일 용수원인 저수지로부터 관개용수를 공급받고 있으며, 용수계통이 단순하여 물 이용현황의 파악이 용이하고, 지구내에 시설원예단지나 집단시설 등이 존재하지 않는 중소규모의 농업구역이다.

발안지구는 발안저수지를 주수원공으로 하여 관개지구에 관개용수를 공급하고 있다. 발안지구의 전체 면적은 816.8ha이며, 관개지구는 221.3ha로 27.1%를 차지하고 있으며, 산림지는 453.0ha로 전체 면적의 55.4%에 해당한다. 기천지구는 발안지구의 상류에 위치하고 있으며, 기천저수지로부터 2조의 용수간선을 통하여 관개용수를 공급받고 있다. 기천지구의 전체 면적은 313.2ha이며, 관개면적은 61.5ha로 19.6%를 차지하고 있으며, 산림지는 209.1ha로 전체 면적의 66.8%에 해당한다.

## 2.2 기상자료

시험지구의 일별 강수량 조사를 위하여 발안지구내에 위치한 팔탄면사무소에 자기 강우계를 설치하여 시간별 강수량 자료를 수집하였으며, 증발량, 온도, 일조시간, 상대 습도, 풍속 등의 기상자료는 시험지구로부터 약 5km 북동쪽에 위치한 수원기상대의 관측자료를 이용하였다.

시험지구의 연도별 강수량은 1998년에 1,621.2mm이었으며, 1999년에는 1,496.8mm이었다. 이중 논벼의 생육기간인 4월부터 9월까지의 강수량은 1998년에 1,457.1mm로 전체 강수량의 89.9%를 차지하였으며, 1999년에는 1,307.4mm이었다. 1998년과 1999년에는 여름철의 집중호우로 인하여 예년보다 많은 강수량을 보였으며, 특히, 8월, 9월의 강수량이 전체 강수량의 50%이상을 차지하였다.

수원기상대의 소형 Pan 증발량은 1998년과 1999년에 각각 1,161.5mm, 1,227.3mm이었으며, 4월부터 9월까지의 Pan 증발량은 1998년에 696.1mm이고 1999년에 845.9mm이었다. 그림 3은 1998년과 1999년의 월별 강수량과 Pan 증발량을 나타낸 것이다.

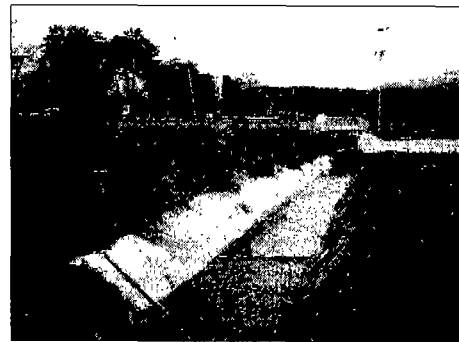
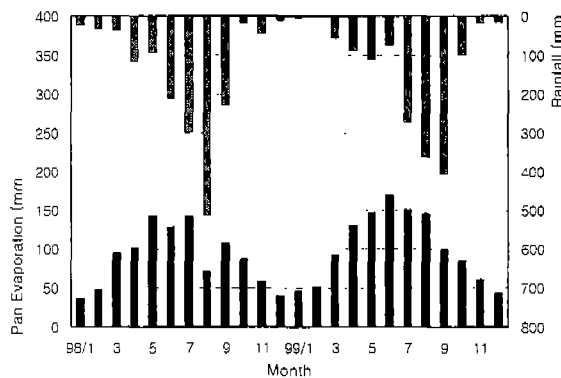


그림 3. 월별 강수량 및 Pan 증발량 변화

그림 4. 수문계측점의 전경

## 2.3 관개량

시험지구의 관개량 조사를 위하여 발안저수지 및 기천저수지의 용수로에 압력식 수위계를 설치하여 시간별 용수로 수위를 측정하였으며, 각 수위관측점의 수위-유량 관계식을 이용하여 일별 관개량을 산정하였다. 수위관측은 그림 4와 같이 저수지 통관하류의 용수로에 WL 14 Global Water Level Logger를 설치하여 30분 간격의 수위를 조사하였다.

수원공으로부터 관개지구에 공급된 관개량은 표 1과 같이 발안지구는 1998년에 1,004mm, 1999년에 1,143mm이었으며, 기천지구의 관개량은 각각 918mm, 1,085mm로 나타났다. 그림 5는 발안지구의 연도별 관개량을 누가하여 나타낸 것이다.

표 1. 시험지구 관개량 조사

지구명		자료기간	관개량 (mm)
발안	1998	4/11 - 9/30	1,004
	1999	4/1 - 9/30	1,143
기천	1998	4/10 - 9/30	918
	1999	4/30 - 9/30	1,085

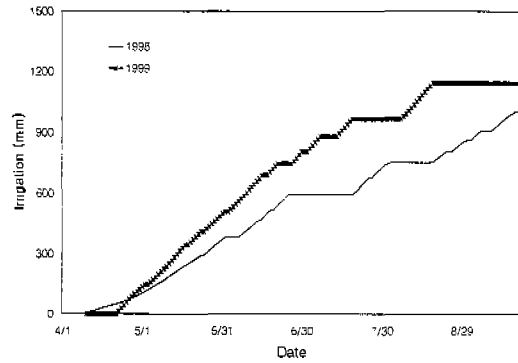


그림 5. 발안지구 누가관개량 변화

## 2.4 지천 유입량

관개지구를 둘러싸고 있는 배후의 유역으로부터 유입되는 횡 유입량은 지구내부로 유입되는 지천의 하류에 수위관측점을 설치하여 조사하였다. 시험지구에는 각각 3개씩의 지천이 위치하고 있으며, 이들 지천에 대한 전체 유입량을 모두 조사하기 어렵다. 따라서, 표 2와 같이 1개의 주요지천에 대한 유입량을 현장 조사하였으며, 그 외의 지천 유입량은 지천별 동시 유량관측으로부터 구한 지천간의 유량 관계식을 이용하여 계산하였다.

그림 6은 HP#3 수위관측점(발안지구)의 일별 유량 변화를 도시한 것이다. HP#3의 지천 유입량은 1998년에 632mm로서 유출율은 51%이었고, 1999년에는 지천 유입량이 510mm로서 유출율은 47.6%이었다. 기천지구의 HP#8의 경우에는 지천 유입량이 각각 822mm, 875mm로서 유출율은 57.9%, 63.2%로 나타났다.

표 2. 시험지구 유출량 조사 결과

구분	유역명	면적 (ha)	유출량 (mm)		유출율 (%)	
			1998	1999	1998	1999
횡 유입량	HP#3	115.2	632	510	51.0	47.6
	HP#8	28.7	822	875	57.9	63.2
하천 유출량	HP#1	816.8	1,058	889	113.6	95.7
	HP#7	313.2	1,261	1,397	88.9	97.0

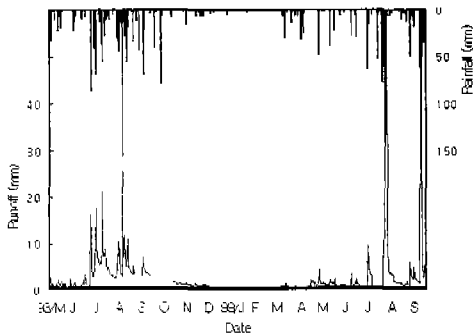


그림 6. HP#3의 지천 유입량 변화

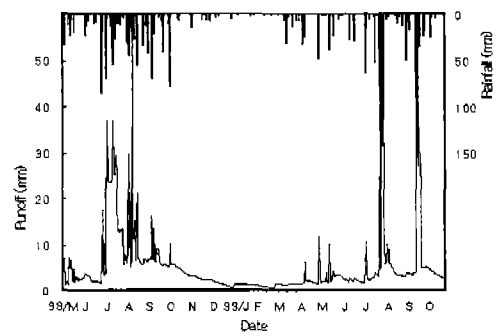


그림 7. HP#7의 하천 유량 변화

## 2.5 하천 유출량

관개지구의 회귀수량을 조사하기 위하여 관개지구 말단의 하천에 수위관측점을 설치하여 유량을 계측하였다. 관개지구의 하천 유량은 상류 하천으로의 유입량, 지천 유입량, 관개지구 유출량 및 관개회귀수량으로 구성되어 있다.

발안지구와 기천지구의 하천 유량을 조사한 결과는 표 2에 나타나 있다. 발안지구의 하천 유출량은 1998년에 1,058mm, 1999년에 889mm로서 유출율은 113.6%, 95.7%를 나타내었다. 기천지구의 경우에도 1998년과 1999년에 유출량이 각각 1,261mm, 1,397mm를 보이고 있으며, 이는 강우량의 88.9%, 97.0%를 차지하고 있다. 발안지구와 기천지구의 하천 유출량이 많은 이유는 조사기간 중 상류의 저수지 방류량이 상당부분을 차지하고 있으며, 관개회귀수량의 유입이 발생하였기 때문이다.

## 2.6 지하수위

시험지구의 지하수위를 측정하기 위하여 발안지구에 지하수위 관측공 3개를 현장 타설하였다. 지하수위 관측공 GW#1, 2, 3는 관개지구의 그림 2와 같이 상류부에 1개, 하류부에 2개를 각각 설치하였으며, 그림 8에서와 같이 G & C Tech. 사의 Water Level Indicator를 이용하여 주기적으로 지하수위를 조사하였다.

그림 9는 지하수위의 조사 결과를 보여주고 있다. 그림 9의 지하수위는 상류에 위치하고 있는 GW#1 지표면을 기준으로 하여 상대적으로 나타낸 것이다. 지하수위는 4월부터 서서히 증가하여 홍수기인 8월에 최대를 보이고 있으며, 관개 종료후에는 감소하여 다음 년도의 3월까지 감소 추세는 지속되고 있다.



그림 8. 지하수위 관측공

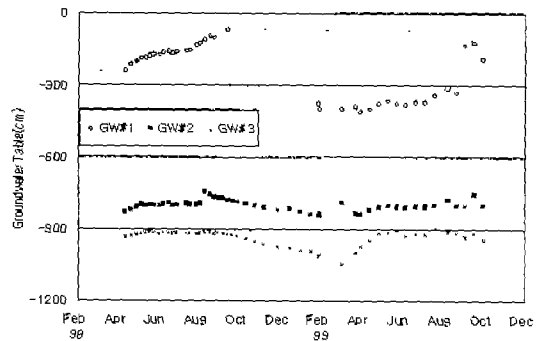


그림 9. 시험지구 지하수위 변화

### 3. 요약 및 결론

논벼의 재배를 위하여 관개지구에 공급되는 농업용수의 회귀수량을 조사하기 위하여 시험지구를 선정하고, 수문계측망을 구성하였으며, 관개량, 강우량, 횡 유입량, 하천 유량, 지하수위 등 관개지구 물수지 요소를 수문모니터링하였다.

발안 및 기천지구의 '98~'99년의 2개년에 대한 수문자료의 조사분석 결과, 관개지구 물수지 요소는 강우량 및 관개량에 따라 시기별로 변화하고 있으며, 하천 유출량 및 지하수위는 관개량에 대하여 직접적인 영향을 받고 있음을 알 수 있었다. 이와 같이 구축된 관개지구의 정밀한 모니터링 자료는 관개회귀수량 추정 모형과 연계하여 정확한 관개회귀수량을 추정에 이용될 수 있을 것이다.

### 참고문헌

1. 건교부, 1993, 수자원관리기법개발연구조사 보고서.
2. 안세영, 1989, 답지대의 물수지와 용수의 반복이용에 관한 연구, 경상대학교 박사 학위논문.
3. 정상옥, 오창준, 남효석, 1997, 저수지 농업용수 회귀율 조사연구, 한국농공학회 학술발표논문집, pp. 46-51.
4. 정운태, 이근후, 이인영, 1998, 양수장 용수공급 논 지대의 물수지, 한국농공학회 학술발표논문집, pp. 1-7.
5. Mays, L. W., 1996, Water resources handbook, McGraw-Hill.
6. Solly, W. B., R. R. Pierce and H. A. Perlman, 1998, Estimated use of water in the United States in 1995, U.S. Geological Survey Circular 1200.