

물수지분석 기법에 의한 논에서의 회귀율 조사분석

Return flow analysis of paddy field by water balance method

정 상 옥* · 손 성 호**
Chung, Sang Ok · Son, Seung Ho

Abstract

A water balance analysis was performed for a paddy field neighboring the Dongchang stream, downstream of the Unmun reservoir, which is constructed for the urban water supply.

Daily rainfall data were collected and irrigation water flow rate, drainage flow rate, evapotranspiration, infiltration, and piezometric head were measured in the field.

The flow rates were continuously observed by water level logger during the growing season. The evapotranspiration and the infiltration were measured by N-type depletion meter and cylindrical infiltrometer, respectively. PVC pipes with 12mm diameter were used for piezometric head measurement.

Total Irrigation and drainage flows were 3,608mm and 1,170mm in 1999, and 3,971mm and 1,548mm in 2000, respectively. The mean and range of the daily infiltration rate were 4.4mm/d and 3.4mm/d to 5.5mm/d in 1999 and 5.1mm/d and 4.1mm/d to 6.5mm/d in 2000, respectively. The net ground water flow including the change of soil water storage was 2,855mm in 1999 and 2,540mm in 2000. The evapotranspiration was 458.3mm in 1999 and 553.5mm in 2000. The range of daily evapotranspiration rate was from 1.6 to 8.7mm/d. The return flow ratio was about 32% in 1999 and 39% in 2000 and three year average was 35% including previous study in 1997.

The amount of irrigation water was much higher than design standards or references in this study. This was caused by the inadequate water management practice in the area where water was oversupplied on farmers' request rather than following sound water management principles.

I. 서 론

우리나라의 물 수요량은 근년에 급격히 증가하

고 있으나 이에 대응할 만한 수자원개발은 한계에 달하고 있다. 농업용수는 우리나라 물 사용량의 50%이상을 차지하고 있으며, 효율적인 개발과 관

* 경북대학교 농과대학

** 경북대학교 대학원

키워드 : 물수지, 회귀율, 논관개, 증발산, 침투

리가 중요하다. 또한, 인구의 증가와 산업의 고도화, 문명의 발전 등으로 인해서 생활용수와 공업용수 수요가 급증해가고 있는 한편, 상대적으로 농업용수의 개발과 공급은 매우 어려운 실정에 처해가고 있다.

우리나라의 경우 안(1989)이 경남 밀양군 제대천 유역 1,411ha의 논에 대하여 저류량의 변화와 회귀율을 조사하였다. 그 결과 저류량의 변화는 1mm/d이며, 회귀율은 평야지 답지대에서 21.97%로 나타났다. 임과 박(1997)은 논에 대한 물수지 모형을 구성하여 일별 유출량을 추정하였고, 추정된 유출량의 범위는 1.0~47.6mm로 나타났다. 정 등(1998)은 경남 진주시 마성리 일대 약 104ha의 논에 대하여 물수지 분석을 실시하였으며 순별 회귀율은 57.6~85.7%의 범위를 나타내었다. Chung(1998, 2000)은 1997년에 본 연구의 시험지구와 같은 청도 운문면 일대 약 110ha에 대하여 물수지 분석을 실시하였는 바, 총관개량은 3,844mm, 배수량은 1,299mm, 회귀율은 33.8%로 나타났다.

본 연구에서는 청도군 운문면 아래의 농경지를 대상으로 강수량, 토양, 지형, 토지이용 등의 기초 자료를 수집하고 분석하였다. 또한, 강우시 유출을 제외한 관개수량 및 배수량과 침투량, 증발산량 등을 조사하여 논에서의 물수지 분석을 실시하였다. 물수지 분석을 통하여 산출한 논에서의 회귀율은 앞으로 농업용수 개발계획과 관리에 유용한 자료로 이용될 것이며, 나아가 우리나라의 용수 절약과 경제적인 용수 배분을 통한 효율적인 용수 관리에 이바지 할 수 있을 것이다.

II. 재료 및 방법

1. 대상지구 현황

가. 대상지역

본 연구의 대상지역은 경상북도 청도군 운문면 및 금천면 방지리 오수들 일대로 운문면 아래의 밀양강 상류인 동창천 우안에 있는 농경지이며, 북위 35° 40' 30" ~ 35° 43' 30", 동경 128° 54' 00

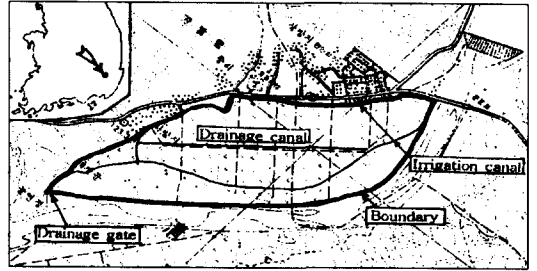


Fig. 1 Plan view and main canal system of the study area

~ 128° 55' 30" 에 위치하고 있다. Fig. 1은 시험지구와 용배수계통도를 나타내고 있다. 시험지구는 북쪽이 산지로 둘러싸여 있으며, 남쪽으로는 동창천이 흐르고 있다. 운문댐은 우측 상단부에 위치하고 있으며 시험지구의 관개용수원이다. 시험지구의 전체 유역면적은 332.14ha 이며, 유역 표고범위는 101.0m~372.7m 이다. 시험지구는 길이 2.2km, 폭 700m의 장방형으로 약 111ha에 이르며, 평균경사는 0.4%이다.

나. 기 상

본 대상지역과 가장 가까운 측후소는 영천 측후소이며 Table 1은 1989년부터 1998년까지 5월~9월 기간의 월별 10년 평균 값을 나타내고 있다. 평균기온은 8월(24.9°C)이 가장 높고, 5월(17.1°C)이 가장 낮다. 상대습도는 7월(76%)에 가장 높았다. 강수량은 8월(236mm)에 가장 높았으며 5월(84.4mm)에 가장 낮았다. 일조시간은 5월(200.4hr)이 가장 길며 6월(158.6hr)이 가장 짧다.

다. 토성 및 토지이용현황

시험지구의 논에서 채취한 깊이별 토양시료의 토성을 분석하였다. 토성은 국제토양학회분류를 사용하였다. Table 2는 깊이별 토성을 보여주며 지표하 60cm까지는 점토질 롬이고 그 아래는 실트질 롬으로 나타났다.

농지이용 현황을 살펴보면 전체면적 111ha 중 논이 차지하는 면적은 62.2ha 이며, 밭과 하우스는 각각 6.6ha와 6.7ha 이다. 시험지구 논에 재배품종은 90% 가량이 증만생종인 동진벼이고 나머지는

Table 1 Monthly weather data during the growing season (1989-1998)

Month		May	June	July	August	September
Temp. (°C)	Mean	17.1	21.0	24.8	24.9	20.0
	Highest	30.8	32.7	35.2	34.8	30.1
	Lowest	3.6	9.9	16.0	16.0	7.6
Relative humidity (%)		62.5	70.6	76.0	75.4	71.6
Wind velocity (m/s)	Mean	1.9	1.8	1.7	1.6	1.4
	Highest	7.9	7.7	7.7	7.6	7.5
Rainfall (mm)		84.4	148.0	220.2	236.0	103.6
Sunshine hour (hr)		200.4	158.6	173.7	185.9	172.7

Table 2 Soil texture by depth (unit : %)

Content	Sand	Silt	Clay	Soil texture
Depth 0 - 20 cm	43.4	32.3	24.3	Clay loam
20 - 60 cm	40.4	33.4	26.2	Clay loam
60 - 100 cm	32.1	52.6	15.3	Silty loam

일품벼, 화남벼 등이다. Table 3은 시험지구의 토지이용현황을 나타내고 있다.

Table 3 Land use of the study area (unit : ha)

Paddy	Orchard	Upland	Greenhouse	Other	Total
62.2	34.4	6.6	6.7	1.1	111.0

논지대에서의 물수지 분석에 있어서 과수원 및 밭에서 소요되는 용수량은 대부분이 별도의 관로에 의해 공급되므로 제외하고 62.2ha의 논에 대하여 분석을 실시하였다.

라. 용배수조직 현황

시험지구의 농경지는 경지정리가 비교적 잘 되어 있으며, 용배수 계통은 용배수로 분리가 잘 되어 있다. 용배수 계통은 간선용수로 2개, 간선배수로 2개 및 다수의 용배수지거로 구성되어 있다.

배수로 말단의 배수구는 동창천으로 유입되며, 홍수시 하천수의 역류를 방지하기 위하여 배수문이 설치되어 있다 (한국건설기술연구원, 1997). 용배수로의 대부분이 토공수로로 되어 있으며, 매년 수십미터씩 토공수로의 콘크리트 암거화가 진행되고 있다.

실험기간인 1999년과 2000년의 경우, 2호 용수간선은 사실상 물이 흐르지 않는 상태였다. 따라서, 2호 용수간선의 용수량 측정은 실험에서 제외되었으며, 실제로 시험지구의 용수공급은 1호 용수간선으로 전 지구의 공급량을 충당하고 있었다.

2. 물수지 분석 방법

논지대의 물수지식은 다음과 같다.

$$(R + G_1 + Q_1) - (ET + G_2 + Q_2) = \Delta S \dots (1)$$

여기서, R은 강우량, G_1 는 지하수 유입량, Q_1 은 관개량, ET는 증발산량, G_2 는 지하수로 유출량, Q_2 는 배수량, ΔS 는 논 저류량의 변화량이다. 여기서 Q_2 와 R에서 강우량 중에서 직접 배수되는 양을 제외하고, 위의 식을 지하수 유동량과 저류량의 변화량에 대해서 나타내면 다음과 같게 된다.

$$G_2 - G_1 + \Delta S = Q_1 - Q_2 + R_{Eff} - ET \dots\dots\dots (2)$$

여기서 R_{Eff} 는 유효강우량이다. 위의 식에서 ($G_2 - G_1$)은 순 지하수 유동량으로 그 내용은 매우 복잡하다. 즉, 공급수량중에서 증발산량으로 완전하게 소모된 물을 제외한 수로손실량, 재배 및 배수관리 용수량, 연속관개나 내리흘림식관개와 같은 수리관행상 발생하는 조직관리손실량 등에서 배수수로 흘러 배수구로 나가는 양을 제외한 나머지가 지하로 침투된다고 볼 수 있으므로 이 침투되는 양이 모두 포함된다고 하겠다(안, 1989).

물수지 분석을 위하여 다음의 항목들을 조사하였다.

1) 강우량

시험지구에 위치한 운문면사무소의 자기우량계에 의해 관측된 강우자료를 이용하여 유효우량을 산정하였다. 유효우량의 산정방법은 일우량비법, 60mm 담수심법, 일담수심 추적법(김, 1998) 등이 있으며, 본 연구에서는 일우량비법을 이용하였다.

2) 관개량

용수간선 상단에 기록형 수위계(WL14)를 설치하고, 수 심회의 수위와 유속을 측정하여 수위-유량관계 곡선식을 유도하여 1시간 간격으로 측정된 기록형 수위계의 데이터를 이용하여 관개량을 산정하였다.

3) 배수량

시험지구 배수간선 말단부에 위치한 배수문에서 기록형 수위계(WL14)를 설치하여 관개량 측정과 같은 방법으로 수위-유량관계 곡선식을 유도한 후, 1시간 간격으로 측정된 수위관측자료를 이용하여 배수량을 산정하였다.

4) 증발산량.

시험지구 인근의 기상자료를 이용하여 관개기간 중의 증발산량을 수정 Penman 식을 이용한 REF-ET 모형(Utah State University, 1991)을 이

용하여 계산하였으며, N형 감수심계와 원통형 침투계를 대표답에 설치하여 이들 관측치로부터 구한 증발산량과 비교하여 검증하였다. N형 감수심계의 실측값은 감수심계 아래를 통한 과도한 평방향 흐름으로 인하여 정확도가 매우 떨어졌다. 이를 보완하기 위하여 10l 짜리 PVC 버킷을 매설하여 일증발산량을 관측하여 모형보정에 이용하였다.

5) 침투량.

침투량은 실험실에서 조사한 대상지구 토양시료의 투수계수와 직경 12mm PVC 파이프 piezometer 관측치로부터 계산한 연직방향 수리경사를 이용하여 침투량을 계산하였다.

6) 회귀율

회귀율은 관개용수로 공급된 양 중에서 배수로를 통하여 하천으로 되돌아가는 수량이 차지하는 비율을 말하며 다음 식으로 계산된다.

$$r = \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{(G_2 - G_1) + ET}{Q_1} \dots\dots\dots (3)$$

(3)식의 우측항에서 다른 항들이 일정하다면 Q_1 이 커질수록 회귀율이 커진다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 유효우량

Table 4는 관측기간 동안에 순별 강우량과 일우량비법에 의하여 계산한 유효우량값을 보여주고 있다.

1999년도 5월 중순에서 9월 중순까지 총강우량은 1,333mm이며, 유효우량은 875.4mm로 유효율은 65.7%로 나타났으며, 2000년도 같은 기간의 총강우량은 982mm, 유효우량은 670.1mm로 유효율은 68.2%로 나타났다.

Table 4 Effective rainfall during the growing season

Month	10 day	1999			2000		
		Rainfall (mm)	Effective Rainfall (mm)	Ratio (%)	Rainfall (mm)	Effective Rainfall (mm)	Ratio (%)
May	M	22.0	17.5	79.5	30.5	22.4	73.4
	L	43.0	31.7	73.7	13.0	6.8	52.3
	Sub-total	65.0	49.2	75.7	43.5	29.2	67.1
June	F	21.0	16.3	77.6	5.0	0.0	0.0
	M	144.0	91.6	63.6	0.0	0.0	0.0
	L	65.5	48.0	73.3	82.5	63.2	76.6
	Sub-total	230.5	155.9	67.6	87.5	63.2	72.2
July	F	94.5	47.6	50.4	8.0	6.4	80.0
	M	12.0	8.7	72.5	138.0	106.5	77.2
	L	210.0	138.0	65.7	203.5	116.0	57.0
	Sub-total	316.5	194.3	61.4	349.5	228.9	65.5
August	F	164.0	101.2	61.7	42.5	29.6	69.6
	M	81.5	64.4	79.0	22.5	14.8	65.8
	L	263.5	172.8	65.6	129.5	100.8	77.8
	Sub-total	509.0	338.4	66.5	194.5	145.2	74.7
Sept.	F	72.5	57.6	79.4	26.5	19.6	74.0
	M	139.5	80.0	57.3	280.5	184.0	65.6
	Sub-total	212.0	137.6	64.9	307.0	203.6	66.3
Total/Average		1,333.0	875.4	65.7	982.0	670.1	68.2

2. 관개량 및 배수량

Fig. 2는 1999년 일별 관개량 및 배수량을 나타내며 6월 중순과 7월 상순 및 중순의 경우, 관개량의 감소가 보이고 있다. 또한, 8월 상순과 하순에 강우의 집중으로 인해 관개용수의 공급이 중단되었다. 전반적으로 볼 때, 관개량의 공급이 일정하며 관개량의 증감에 따라 배수량이 비례하여 변화한다.

Fig. 3은 2000년 일별 관개량 및 배수량을 나타내며 2000년 관개량 및 배수량을 1999년과 비교했을 때 상당히 높게 나타나고 있다. 이는 농부들이 용수공급밸브를 임의로 개폐할 수 있어서 2000년에는 용수공급밸브 개방시간이 1999년보다 길었던 것으로 추정된다.

또한, 6월 하순, 7월 중순 및 하순, 8월 상순 및 하순에 용수공급밸브를 폐쇄하여 관개량을 조절한

것을 볼 수 있다. 8월 상순에 중간낙수가 있었기에 관개량이 0이며, 8월 중순과 하순경에는 관개 기입에도 불구하고 관개량이 줄어든 이유는 많은 강우로 인하여 용수요구가 줄어들어 기인한다고 판단된다.

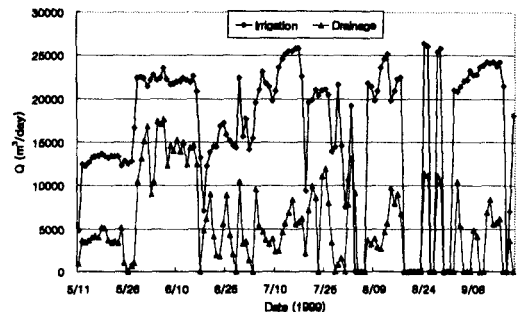


Fig. 2 Amounts of daily irrigation and drainage in 1999

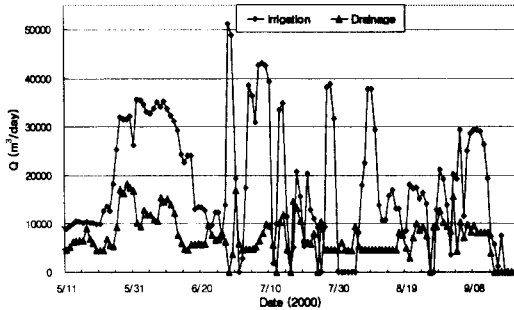


Fig. 3 Amounts of daily irrigation and drainage in 2000

3. 증발산량 및 침투량

Table 5은 REF-ET 모형에 의해 계산된 증발산량의 값들을 나타내고 있다. 5월에 모내기를 한 후, 증발산량이 증가하기 시작하여 7, 8월경에 가장 많은 증발산량이 나타났으며 9월에 들어서는 감소하기 시작한다.

순별로 보면, 7월 상순에 가장 많은 증발산이 발생하였다. 또한 1999년도 8월 증발산량이 2000년도 8월보다 낮은 것을 볼 수 있는데, 이는 1999년도의 많은 강우에 따른 영향으로 볼 수 있다.

일증발산량의 범위는 1.6mm~8.7mm로 나타났다.

침투량의 계산은 현장 흙시료의 투수계수와 Piezometric head 관측치로부터 계산한 수리경사를 이용하였다. 1999년도의 일침투량은 3.4mm~5.5mm의 범위를 나타냈고, 2000년도는 4.1mm~6.5mm의 범위를 나타냈다.

낙동강유역의 침투율은 1.6~7.8mm/day의 범위로, 평균 침투율은 4.1mm/day이다. 실험논에서의 평균침투율은 1999년에 4.4mm/day, 2000년에는 5.1mm/day로 낙동강유역의 평균 침투율보다 크게 나왔다.

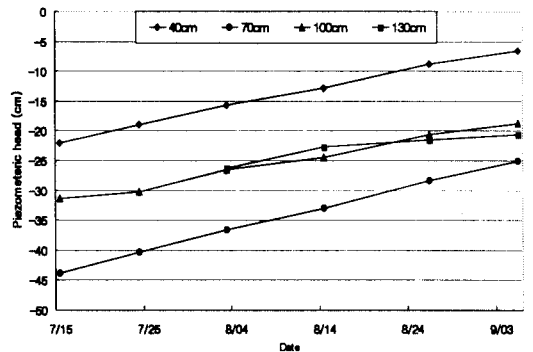


Fig. 4 Piezometric head in 1999

Table 5 Evapotranspiration and infiltration rates for each 10-day period

(unit : mm)

Month	10-day	Evapotranspiration		Infiltration	
		1999	2000	1999	2000
May	M	39.8	28.4	44.0	51.0
	L	37.8	50.3	48.0	51.0
June	F	32.3	42.5	44.0	46.0
	M	32.8	50.9	44.0	61.0
July	L	31.6	20.5	44.0	51.0
	F	44.6	67.0	44.0	47.0
August	M	41.5	39.6	42.0	57.0
	L	31.8	48.5	40.0	67.0
Sept.	F	31.2	43.8	39.0	52.0
	M	41.5	50.4	44.0	47.0
Total	L	23.7	48.3	53.0	48.0
	F	37.1	39.0	53.0	43.0
	M	32.6	24.3	44.0	43.0
Total		458.3	553.5	583.0	664.0

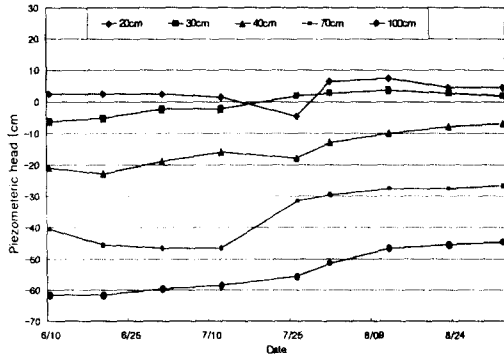


Fig. 5 Piezometric head in 2000

시험지구 내에 설치한 Piezometer 의 수두변화는 Fig. 4과 5와 같으며 기준면은 논바닥으로 하였다. 그림에서 보듯이 1999년의 경우 시간이 지날수록 Piezometer 수두가 증가하고 있는 것을 볼 수 있다. 또한, 70cm 깊이에서 가장 높은 수두가 나오는 것을 보아서 지하수의 흐름이 40cm 깊이와 100cm 깊이에서 70cm 깊이 방향으로 향한다는 것을 알 수 있다.

2000년의 경우, 깊이별로 좀 더 세분화하여 지표면 근처에서 수위변화를 살펴보았다. 지표와 가장 가까운 20cm 깊이에서 변화는 논 의 담수심에

비례한 수위변화를 보이고 있다. 7월 25일경 수위가 가장 낮은 이유는 이 시기에 중간낙수를 실시하여 담수심이 0이기에 지표면과 가장 가까운 곳에 위치한 수두에 영향을 끼친 것으로 보인다. 그 이후에는 재관개를 실시하여 수두의 상승을 보이고 있다. 또한 전반적인 수두가 시간이 지남에 따라 상승하는 것을 볼 수 있다.

4. 물수지 분석

Table 6은 1999년도 물수지 분석결과를 나타내고 있다. 8월의 관개량과 배수량 및 9월의 배수량은 수위계의 고장으로 결측되었으며 기상자료와 다른자료는 참고하여 합리적으로 추정된 값이다. 관개기간동안 총관개량은 3,608mm이며, 7월 중순에 365.6mm로 최대이다. 강우시 내린 양을 제외한 총배수량은 1,170mm이다. 관개기간동안 총 유효수량은 875.4mm이다. 지하수 총유동량은 2,855mm이며, 7월 하순이 332.3mm로 최대치를 나타낸다. 7월과 9월에 지하수 유동량이 크게 나타났다.

2000년에는 전 관개기간동안 관개량이 3,971.4mm이고, 배수량이 1,548mm, 유효수량은 670.1mm, 증발산량은 553.5mm, 지하수 유동량은 2,540mm

Table 6 Water balance in 1999

(unit : mm)

Monty	10-day	Q ₁	Q ₂	R _{Eff}	ET	G ₂ -G ₁ +ΔS
May	M	196.9	60.8	17.5	39.8	113.8
	L	280.6	91.5	31.7	37.8	183.0
June	F	357.2	232.6	16.3	32.3	108.6
	M	287.0	165.3	91.6	32.8	180.5
July	L	258.8	67.8	48.0	31.6	207.4
	F	313.4	60.5	47.6	44.6	255.9
August	M	365.6	88.0	8.7	41.5	244.8
	L	315.0	89.0	138.0	31.8	332.2
Sept.	F	(183.0)*	(70.0)	101.2	31.2	183.0
	M	(255.0)	(74.0)	64.4	41.5	203.9
	L	(167.0)	(71.0)	172.8	23.7	245.1
Total	F	321.0	(40.0)	57.6	37.1	301.5
	M	307.0	(59.0)	80.0	32.6	295.4
Total		3,608.0	1,170.0	875.4	458.3	2,855.1

* : estimated values in the parentheses

Table 7 Water balance in 2000

(unit : mm)

Monty	10-day	Q ₁	Q ₂	R _{Eff}	ET	G ₂ -G ₁ +ΔS
May	M	161.5	98.9	22.4	28.4	56.6
	L	395.2	195.9	6.8	50.3	155.8
June	F	552.5	196.9	0.0	42.5	313.1
	M	366.1	116.3	0.0	50.9	198.9
	L	338.2	124.0	63.2	20.5	256.9
July	F	472.7	102.5	6.4	67.0	309.6
	M	222.6	124.4	106.5	39.6	165.1
	L	275.4	95.6	116.0	48.5	247.3
August	F	247.2	82.5	29.6	43.8	150.5
	M	207.3	82.4	14.8	50.4	89.3
	L	237.3	151.0	100.8	48.3	138.8
Sept.	F	362.4	144.8	19.6	39.0	198.2
	M	108.4	32.6	184.0	24.3	235.5
Total		3,971.4	1,548.0	670.1	553.5	2,540.0

Table 8 Return flow ratio for each 10-day period

Monty	10-day	1999			2000		
		Irrigation (m ³)	Drainage (m ³)	Return flow ratio (%)	Irrigation (m ³)	Drainage (m ³)	Return flow ratio (%)
May	M	122,493	37,789	30.9	100,439	61,504	61.2
	L	174,563	56,901	32.6	245,828	121,830	49.6
June	F	222,197	144,700	65.1	343,672	122,484	35.6
	M	178,488	102,847	57.6	227,698	72,356	31.8
	L	160,970	42,202	26.2	210,372	77,132	36.7
July	F	194,960	37,643	19.3	294,035	63,757	21.7
	M	227,426	54,732	24.1	138,475	77,390	55.9
	L	195,953	55,359	28.3	171,324	59,461	34.7
August	F	(113,701)*	(43,788)	(38.5)	153,772	51,312	33.4
	M	(158,740)	(46,316)	(29.2)	128,911	51,269	39.7
	L	(103,802)	(44,164)	(42.5)	147,627	93,950	63.6
Sept.	F	199,927	(24,752)	(12.4)	225,394	90,080	40.0
	M	190,955	(36,480)	(19.1)	67,426	20,307	30.1
Total		1,477,050** (2,244,175)	532,173** (727,673)	36.0** (32.4)	2,470,195	962,832	39.0

* : estimated values in the parentheses

** : Sum of May to July

이다. 6월 상순에 관개량의 최대치 552.5mm가 나타나고 7월 상순 이후로는 관개량이 감소하는 것을 볼 수 있는데, 이는 중간낙수와 더불어 강우의 증가로 인해 관개량의 공급이 감소한 것이다. 배

수량 또한 관개량과 강우에 비례하여 감소하는 것을 볼 수 있다. 지하수 유동량은 6월, 7월 상순에 관개량과 더불어 증가하고 있는 것을 볼 수가 있는데, 이는 침투량이 큰 지역적 특성으로 인해 공

급된 관개량의 상당량이 지하수 유동량에 영향을 끼친 것으로 보인다. 지하수 유동량은 56.6~313.1 mm로 큰 변화를 보이며, 최대치는 6월 상순에 나타났다.

조사지역은 생활용수 전용댐인 운문댐으로부터 농업용수를 공급받으며 농업용수관리 전문가가 없어 농민들의 물공급 요구에 언제라도 과도한 물을 공급하기 때문에 설계기준보다 훨씬 많은 관개량을 보이고 있으며, 앞으로 개선이 요구된다고 하겠다.

5. 회귀율

관개용수가 배수구를 통하여 하천으로 흘러들어가서 하류에서 재이용될 수 있는 수량을 회귀량이라고 한다. 회귀량을 관개량으로 나누어서 회귀율을 산정할 수 있다. Table 9는 1999년과 2000년의 회귀율 산정결과이다.

1999년의 경우, 6월 상순에 회귀율이 최대이며, 관개기간동안 32.4%의 회귀율을 보이고 있다. 2000년의 경우, 5월 중순에 최대치를 보이며, 전 관개기간동안 39%의 회귀율이 산정되었다. Chung(1998)에 의해 본 시험지구에서 1997년에 조사된 회귀율은 33.8%이었으며 3개년 평균 회귀율은 35%이다. 안(1989)이 평야지 답지대에 대하여 보고한 21.97%보다 높다. 순별 회귀율을 보면 1999년은 9월 상순, 2000년은 7월 상순에 최저 회귀율을 나타내고 있다. 회귀율과 지하수 유동량을 비교하여 보면 회귀율이 낮은 때에는 지하수 유동량이 많은 것을 알 수 있으며, 이때에는 많은 양의 물이 지하수로 유출되어 지하수 함양에 기여하는 것으로 추정된다.

본 연구에서 회귀율을 관개용수로 공급된 양 중에서 배수로를 통하여 하천으로 되돌아가는 수량이 차지하는 비율로 정의하였는데 회귀율이 높으면 관개용수의 공급이 과다하였음을 알 수 있고, 회귀율이 낮을수록 적절한 관개용수의 공급이 이루어졌음을 알 수 있다. 따라서, 2000년에 비해서 1999년에 관개용수의 공급이 더 효율적이었다고 할 수 있다.

IV. 결 론

청도군 운문면 및 금천면 방지리 오수들 일대는 62ha를 대상으로 논지대에서의 물수지를 분석하고 회귀율을 산정하였다. 분석기간은 1999년, 2000년 5월 중순에서 9월 중순까지이다.

1. 1999년 관개기간동안 총강우량은 1,333mm로 이 중 유효우량은 875mm(유효율 65.7%)로 계산되었다. 총 관개량은 3,608mm이고, 배수량은 1,170mm이며, 지하수 총유동량은 2,855mm이다.

2. 2000년 관개기간동안 총강우량은 982mm로 670mm(유효율 68.2%)가 유효우량으로 계산되었다. 총 관개량은 3,971mm이고, 배수량은 1,548mm이며, 지하수 유동량은 2,540mm로서 1999년도 값보다 증가하였다.

3. 증발산량은 1999년에 458.3mm, 2000년에는 553.5mm이며 1999년에 강우량이 많았기 때문에 2000년도보다 적게 나타났다. 일증발산량의 범위는 1.6mm~8.7mm로 나타났다.

4. 1999년의 일침투량은 3.4mm~5.5mm의 범위를 나타냈고, 2000년에는 4.1mm~6.5mm의 범위를 나타냈다. 실험논에서의 평균침투율은 1999년에 4.4mm/day, 2000년에는 5.1mm/day로 실트질 토포양에서의 평균값과 비슷하게 나타났다.

Piezometric head는 전반적으로 관개기간이 지날수록 상승하였고, 지표면과 가까운 20cm 깊이의 수두가 논의 담수심에 비례하여 증감하였다.

5. 회귀율은 1999년 약 32%, 2000년 약 39%로 나타났으며 1997년의 연구결과를 포함한 3년간의 평균 회귀율은 35%이었다.

이 논문은 1998년도 한국학술진흥재단의 학술연구비에 의하여 지원되었음.

참 고 문 헌

1. 김현영, 1998, 농업용수 수요량의 새로운 추정

- 기법. 농공기술, pp.101-112.
2. 안세영, 1989, 답지대의 물수지와 용수의 반복 이용에 관한 연구. 박사학위논문, 경상대학교.
 3. 임상준, 박승우, 1997, 논외 유출곡선번호 추정. 한국수자원학회논문집, 30(4), pp.379-387.
 4. 정운태, 이근후, 이인영, 1998, 양수장 용수공급 논 지대의 물수지, 한국농공학회 학술발표회 논문집, pp.1-7.
 5. 한국건설기술연구원, 1997, 낙동강유역 농업용수 회귀율조사, pp.4-33.
 6. Chung, Sang Ok., 1998, A Study on the Return Flow of Irrigation Water in Paddy Fields, Journal of the KSAE, Vol. 40, pp.1-6.
 7. Chung Sang-Ok., 2000, Water Balance Analyses of an Irrigated Paddy Field, Asian Regional Workshop on Sustainable Development of Irrigation and Drainage for Rice Paddy fields, Japanese National Committee of ICID, pp.276-280.
 8. Utah State University., 1991, REF-ET: Reference evapotranspiration calculation software, 40pp.