



실시간 관개수로 수위 모니터링을 활용한 논 관개용수 공급적정성 평가

Evaluation of Water Supply Adequacy using Real-time Water Level Monitoring System in Paddy Irrigation Canals

홍은미* · 남원호** · 최진용***,† · 김진택****

Hong, Eun Mi · Nam, Won-Ho · Choi, Jin-Yong · Kim, Jin-Taek

ABSTRACT

Appropriate amount of water supply to paddy fields in proper time is important to achieve efficient agricultural water management. The purpose of this study is to evaluate the irrigation water supply adequacy for paddy fields using water level data in irrigation canals. For the evaluation, the real-time water level data were collected from main canals in the Dongjin irrigation district for 2 years. Using the water level data, delivered irrigation water amounts at the distribution points of each canal were calculated. The water balance model for paddy field was designed considering intermittent irrigation and the irrigation water requirement was estimated. Irrigation water supply adequacy was analyzed from main canals to the irrigation blocks based on the comparison between estimated requirement and delivered irrigation water amounts. From the adequacy analysis, irrigation water supply showed poor management condition in 2012 with low efficiency except the Daepyong canal section, and the adequacy in 2013 was good or fair except the Yongsung canal section. When irrigation water for paddy fields was insufficient, water supply adequacy was affected by irrigation area, but when irrigation water was enough to supply, adequacy was affected by distance from main canal to distribution points. These results of the spatial and temporal dimensions of the irrigation adequacy could be utilized for efficient irrigation water management to improve the temporal uniformity and equity in the water distribution for paddy fields.

Keywords: Adequacy index; irrigation canals; real-time water level; water delivery; water supply

1. 서 론

최적의 용수 관리는 수리시설물을 이용하여 필요한 시기에 적절한 양의 용수를 효율적으로 균등하게 공급하는 것이다. 우리나라는 연 강수량의 70 %가 7-9월 여름에 집중되는 반면, 농업용수의 대부분은 4월 말부터 9월 중순까지 논벼 재배기간 동안에 집중적으로 사용되기 때문에 안정적인 농업용수 확보 및 공급을 위하여 저수지, 보, 관개수로 등의 수리시설물을 설치하여 관리하고 있다. 최근 고품질 농산물의 생산 등으로 농업용수 물 수요패턴의 변화함에 따라 용수의 수요량은 지속적

로 증가하는데 반하여 용수의 신규개발은 제약을 받고 있다 (Chung and Son, 2001). 따라서 기존 용수의 현황을 정확히 파악하고 물관리의 효율성을 높이는 연구가 필요하다.

농업용수의 효율적인 개발과 관리, 국가 수자원 계획의 수립을 위해서는 정량적으로 체계화된 농업용수의 물 수요 및 공급량에 대한 정확한 자료가 필요하다. 과거 저수지, 양수장 등의 수원공으로부터 취수되는 농업용수 공급량은 실제 저수지 방류량이나 관개수로를 통한 공급량에 대한 자료가 부족하여, 작물의 필요수량을 고려하여 유효수량, 증발산량, 침투량 등에 의한 간접적인 방법으로 산정하였다. 또한 농업용수의 공급량은 공급 특성상 이용 범위가 광범위하고, 관개 수로의 경우 여러 곳에 산재되어 있어 현장 계측이 어려웠다 (Im et al., 2000). 이와 같이 농업용수 이용량 자료는 장래 용수수요 추정, 용수수급계획 등 수자원개발 및 관리계획 수립의 기초자료로서 제한된 수자원의 효율적 이용 차원에서 중요성이 증대되고 있다 (Kim et al., 2003).

농업용수의 공급은 관개구역별 수혜면적에 따라 지점별로 용수로 취수문을 통하여 용수지선에 유입된 후 관개구역에 공급

* 서울대학교 농업생명과학연구원 선임연구원
 ** School of Natural Resources, University of Nebraska-Lincoln
 *** 서울대학교 조경·지역시스템공학부 교수, 농업생명과학연구원
 **** 한국농어촌공사 농어촌연구원
 † Corresponding author Tel.: +82-2-880-4583
 Fax: +82-2-880-4583
 E-mail: iamchoi@snu.ac.kr

2014년 4월 16일 투고
 2014년 6월 2일 심사완료
 2014년 6월 3일 게재확정

되어 논 관개용수로 이용된다. 농업용수 관리측면에서 발생하는 손실의 대부분은 수원공에서 포장까지 송수 및 배분하는 과정에서 발생하게 되며 (Lee et al., 2008), 우리나라의 농업용수 관개효율은 65-70 % 이하인 것으로 추정하고 있다 (MAF, 1999; Park, 2001). 효율적인 물관리, 합리적인 분배, 말단 수로, 포장까지 안정적인 용수공급을 위하여 물 배분을 위한 수리시설물을 자동으로 감시, 제어 할 수 있는 종합적인 용수관리시스템이 필요하며, 손실량에 대한 정량적인 분석 및 관개효율을 규명하는 연구가 필수적이다.

본 연구에서는 관개수로의 공급량에 대한 정량적인 해석을 위하여 동진강 유역 김제간선에 구축되어 있는 자동수위계측 시스템의 수로 수위자료를 이용하여 공급량 분석, 이론에 의한 필요수량 분석, 계측과 이론에 의한 물배분의 적정성 및 효율성을 분석하였다. 김제간선의 상류지선인 화호, 대평, 감곡, 신용, 용성 지선의 수위 모니터링 결과로부터 수위-유량 곡선을 적용하여 실제공급량을 산정하였으며, 동진강 유역 관개 관계방향을 적용하기 위하여 기존 물수지 모형을 개선하여 간단관개 모형을 구성하여 필요수량을 산정하였다. 수위자료를 기초로 산정된 지선별 실제공급량과 지선별 관개면적의 필요수량으로부터 시기별/지선별 농업용수의 공급적정성을 평가하였다.

II. 연구 방법

1. 실시간 관개수로 수위 계측 현황

본 연구는 자동수위계측 시스템이 구축되어 용수 수급상황의 실시간 모니터링 시스템을 통해 농업용수가 관리되고 있는 동진강 유역 김제간선을 대상지역으로 선정하였다 (Nam et al., 2013b). 동진강 수계는 유역 내 공급량으로는 관개면적 전체에 필요한 농업용수 확보가 어렵기 때문에 섬진강 상류 섬진강 댐의 용수를 농업용수로 활용하고 있다. 동진강 유역의 농업용수는 섬진강 운암제의 농업용수 취수구를 통해 방류되어 동진강 도수로와 낙양보에서 정읍 및 김제간선을 통해 농업용수로 공급된다. 특히, 김제간선을 통해 공급되는 농업용수는 포교제수문에서 김제인수로와 호남용수로로 분리되어 공급된다 (MAF, 2003; Choi et al., 2012a; Nam et al., 2013b). 하지만, 이럼에도 불구하고 동진강 유역 관개면적과 비교하여 절대적으로 농업용수가 부족하기 때문에 김제간선에서는 농업용수를 관행에 따라 요일별로 간단관개를 하고 있다.

본 연구에서는 동진강구 김제간선 상류 5개 용수지선 (화호, 대평, 감곡, 신용, 용성)을 계측지점으로 선정하였다 (Fig. 1). Table 1은 5개 용수로의 용수공급 현황으로써, 화호지선 (Whaho, WH)과 대평지선 (Daepyong, DP)은 목-일요일, 감곡지선 (Gangok, GG)은

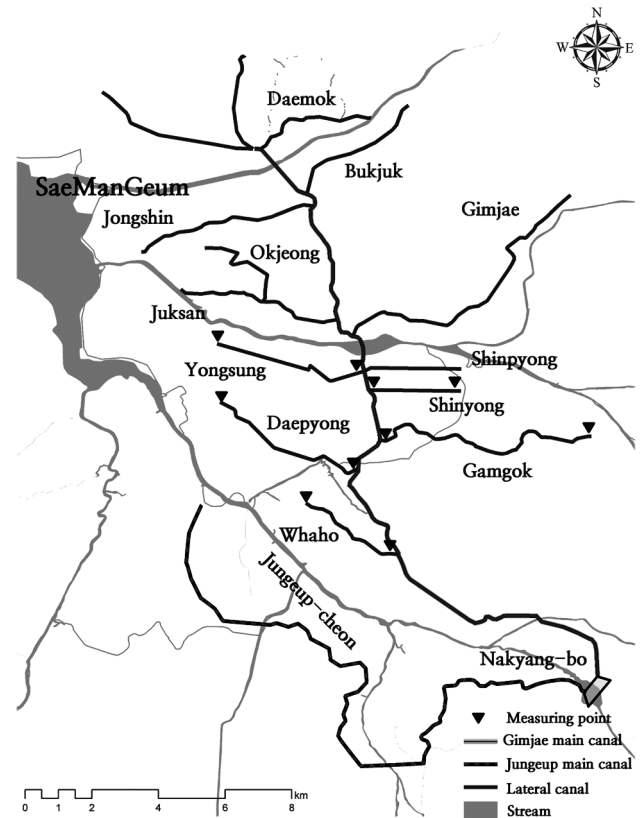


Fig. 1 Irrigation canals in this study area (Nam et al., 2013b)

Table 1 Irrigation scheduling of water supply for irrigation canals

Name of canal	Irrigation area (ha)	Day of water supply
Whaho (WH)	416	Thu. ~ Sun.
Daepyong (DP)	1,008	Thu. ~ Sun.
Gangok (GG)	823	Fri. ~ Mon.
Shinyong (SY)	213	Fri. ~ Sun.
Yongsung (YS)	683	Wed. ~ Fri.

금-월요일, 신용지선 (Shinyonh, SY)은 금-일요일, 용성지선 (Yongsung, YS)은 화-금요일, 죽산지선 (Juksan, JS)은 월-목요일에 용수공급을 수행하고 있다. 계측지점의 2012-2013년 일별 수위계측 데이터를 수위-유량곡선식 (Choi et al., 2012b)에 적용하여 지점별 일별 공급량을 산정하였다.

2. 간단관개 모형

기존 논물수지분석 모형 (Lee and Kim, 2001; MAF, 2003)은 연속관개를 가정하기 때문에 간단급수 형태의 용수공급을 모의하는데 어려움이 있다. 따라서 동진강구의 간단급수 용수공급을 모의하기 위하여 기존 논 물수지 분석 모형에 급수일 (day

of water supply) 인자를 추가하여, 적정 용수공급량을 산정하고 실제 공급량을 평가할 수 있는 모형을 개발하였다.

식 (1)을 이용하여 논 물수지 분석을 하였으며, 일별 필요수량 및 담수심을 모의하였다. 물수지 식 (1)과 식 (2)을 이용하여 t 일의 담수심 $D(t)$ 는 식 (3)과 같이 산정한다. 관개가 없는 날(비급수일)은 관개량 ($IR(t)$)을 0으로 산정하여 담수심을 계산하고, 일별 물수지식으로부터 논 의 필요수량 ($REQ(t)$)은 $D(t)$ 가 0보다 작은 값을 갖게 될 때 발생하며 유효수량 ($ER(t)$)을 고려하여 식 (4)-(5)와 같이 산정한다. 논 증발산량 ($ET_a(t)$)은 FAO Penman-Monteith 식 (Allen et al., 1998)을 이용하여 계산하였으며, 물꼬높이 (H)는 60 mm로 가정하였으며 (MAF, 1998), 6월 하순의 중간낙수 기간에는 담수심을 0으로 설정하였다. 유효수량 ($ER(t)$)은 강우량에서 포장에 직접 저류되는 양으로서, 포장의 물꼬높이 (H)와 강우 전 담수심 조건에 따라 식 (6)과 같이 산정한다.

$$IR(t) + PP(t) = ET_a(t) + DP(t) + SFO(t) + \Delta D(t) \quad (1)$$

$$\Delta D(t) = D(t) - D(t-1) \quad (2)$$

$$D(t) = D(t-1) - ET_a(t) - DP(t) - SFO(t) + IR(t) + PP(t) \quad (3)$$

$$REQ(t) = ET_a(t) + DP(t) + SFO(t) - PP(t) - D(t-1) \\ = ET_a(t) + DP(t) - ER(t) - D(t-1) \quad (4)$$

$$ER(t) = PP(t) - SFO(t-1) \quad (5)$$

$$REQ(t) = H - D(t-1) + ET_a(t) + DP(t) \\ \text{if } REQ(t) \leq PP(t), ER(t) = REQ(t) \\ \text{if } REQ(t) > PP(t), ER(t) = PP(t) \quad (6)$$

여기서, $IR(t)$ 는 t 일의 관개량 (mm/day), $PP(t)$ 는 t 일의 강우량 (mm/day), $ET_a(t)$ 는 t 일의 작물증발산량 (mm), $DP(t)$ 는 t 일의 강하침투량 (mm), $SFO(t)$ 는 지표유출량 (mm/day), $\Delta D(t)$ 는 t 일의 담수심과 ($t-1$)일의 담수심의 차이이다.

3. 농업용수 공급적정성 평가지표

본 연구에서는 농업용수 공급 배분 평가를 위해 적정성 (Adequacy, P_A) 지표를 사용하였다. 공급 적정성은 관개시스템의 용수공급 계획량과 실제 용수배분량의 비율로 산정한다 (Molden and Gates, 1990; Mishra et al., 2013).

$$P_A = \frac{1}{T} \sum_T \left(\frac{1}{R} \sum_R P_A \right) \quad (7)$$

Table 2 Evaluation standard for water delivery indicators (Molden and Gates, 1990)

Measure	Performance Classes		
	Good	Fair	Poor
Adequacy (P_A)	0.90 - 1.00	0.80 - 0.89	< 0.80

$$P_A = Q_D / Q_R \text{ if } (Q_D \leq Q_R) \quad (8)$$

$$P_A = 1 \text{ if } Q_D > Q_R \quad (9)$$

여기서 Q_D (the amount of delivered)는 실제 용수배분량, Q_R (the amount of required)는 용수공급계획량을 의미한다. Table 2는 용수배분 적정성 지표의 평가 기준으로 도시한 것으로, P_A 가 1.00이거나 1.00과 근접해지면 배분이 적정히 이루어진 것으로 판단된다. 반면, P_A 가 0.8 이하인 경우 물 배분이 적정하지 못함을 의미한다. T 는 공급능력을 평가하기 위한 기간, R 은 공급능력을 결정하기 위한 지역을 의미한다.

III. 적용 및 고찰

1. 실시간 관개수로 수위를 활용한 공급량 분석

Table 3은 5개 용수지선의 2012-2013년 관개기간동안의 총 농업용수 공급량 및 관개면적당 공급량이며, Fig. 2는 순별 용수공급량 및 총강수량이다. 실시간 관개수로 수위를 활용한 농업용수 공급량을 분석해보면, 대평지선에서 2012년 8,955 천 m^3 , 2013년 14,029 천 m^3 로 공급량이 제일 많았으며, 신용지선에서 2012년 1,950 천 m^3 , 2013년 3,580 천 m^3 로 가장 적은 양을 공급하였다. 단위 관개면적당 공급량은 2012년 572 mm (화호지선) -

Table 3 Water supply in the irrigation seasons 2012 and 2013

Name of canal		Total water supply ($10^3 m^3$)			Water supply per irrigation area (mm)
		Accumulated	Average	Max	
Whaho (WH)	2012	2,703	16.6	110.1	650
	2013	4,554	27.9	110.1	1,095
Daepyong (DP)	2012	8,955	54.9	221.5	888
	2013	14,029	86.1	237.2	1,392
Gangok (GG)	2012	7,002	43.0	264.2	851
	2013	8,970	55.0	273.5	1,090
Shinyong (SY)	2012	1,950	12.0	64.1	915
	2013	3,580	22.0	73.3	1,681
Yongsung (YS)	2012	3,910	24.0	135.8	572
	2013	4,078	25.0	145.7	597

915 mm (신용지선)이었으며, 2013년 597 mm (화호지선) - 1,681 mm (신용지선)이었다. 2012년과 비교하여 2013년 농업용수 공급량이 많았으며, 시기별 공급량을 살펴보면, 강수량이 적었던 2012년 4-5월은 2013년과 비교하여 상대적으로 공급량이 많았으나, 8월 중순 이후 2012년은 공급량이 없는 반면, 2013년은 모든 지선에서 농업용수를 공급하고 있었다.

2. 간단관개 모형 적용과 실제공급량 및 계획량의 비교
본 연구지역은 관개면적에 비해 농업용수가 부족하여 전 구

간 동시급수가 불가능하기 때문에 관행에 따라 간단급수 형태로 용수공급을 하고 있다. 간단급수를 고려한 모형을 활용하여 산정한 각 지선별 농업용수 필요수량은 Table 4에 나타냈고, 농업용수 필요수량 및 실제공급량과의 비교는 Fig 3에 도시하였다. 2012년 용수공급 필요수량은 화호지선 3,399 천³, 대평지선 10,905 천³, 감곡지선 7,275 천³, 신용지선 2,704 천³, 용성지선 3,997 천³로 Table 3의 실제공급량보다 많았다. 반면, 2013년은 지선 중 가장 하류지점에 위치한 용성지선 (4,368 천³)을 제외하고 용수공급량이 화호지선 4,554 천³,

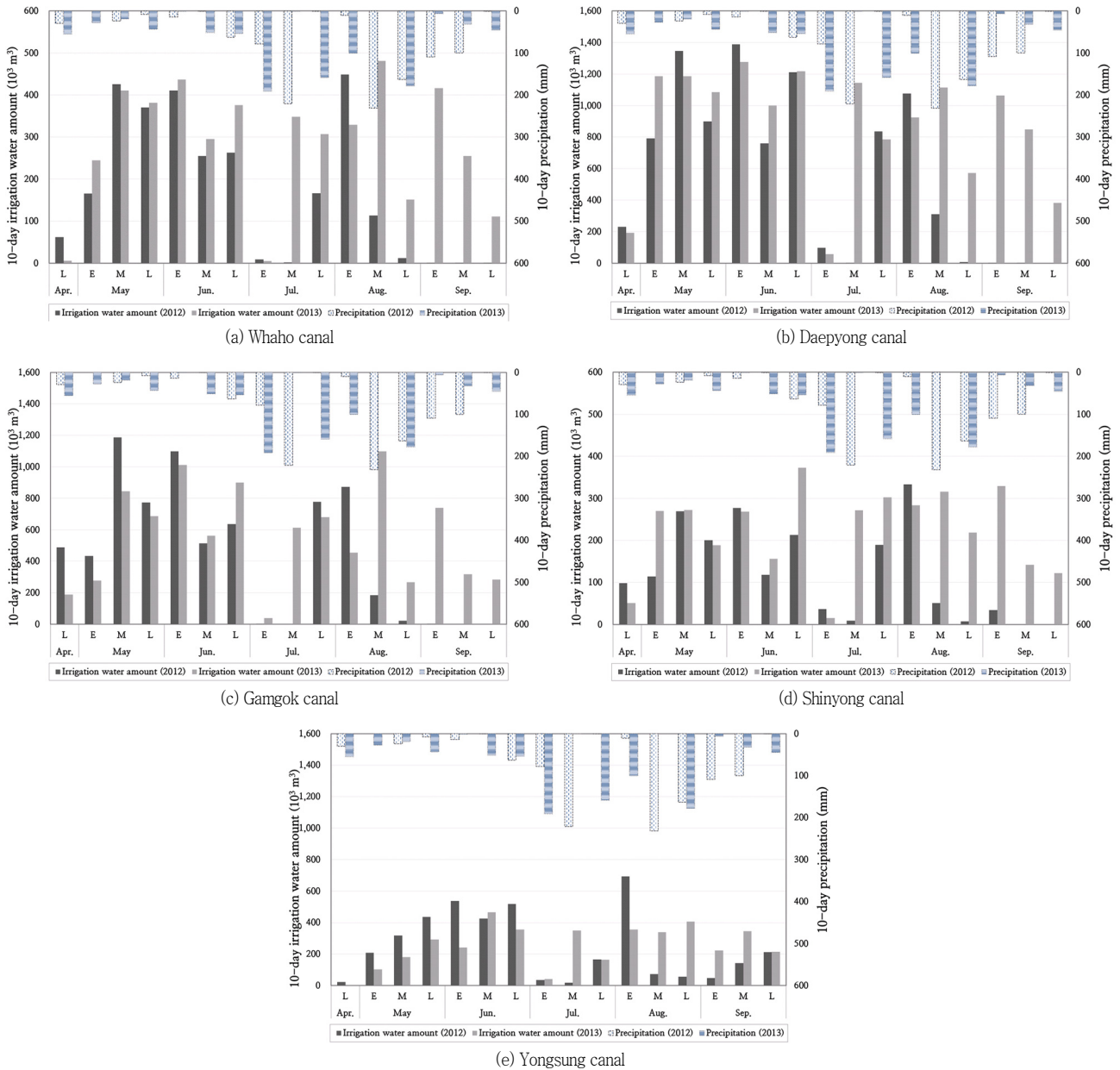
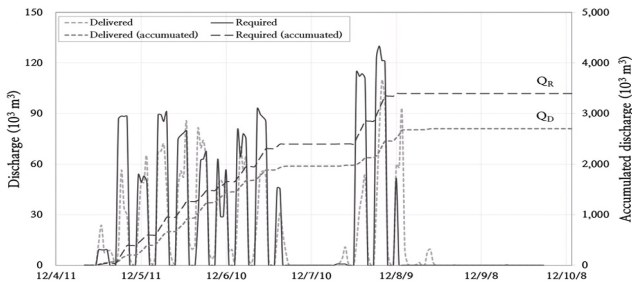
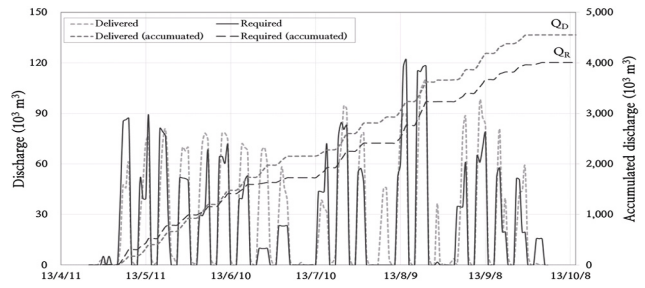


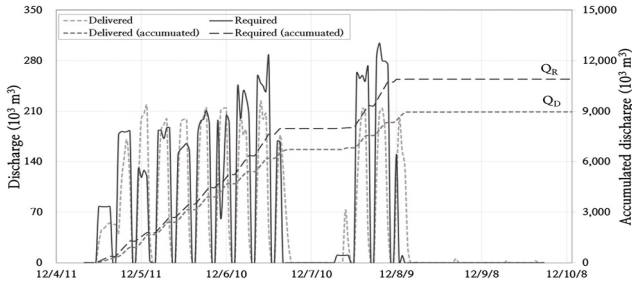
Fig. 2 Comparison of irrigation delivery between 2012 and 2013



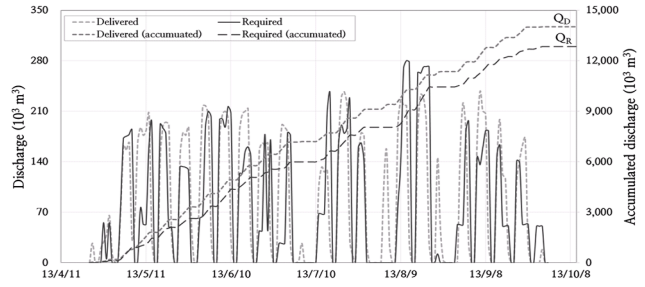
(a) Whaho canal in 2012



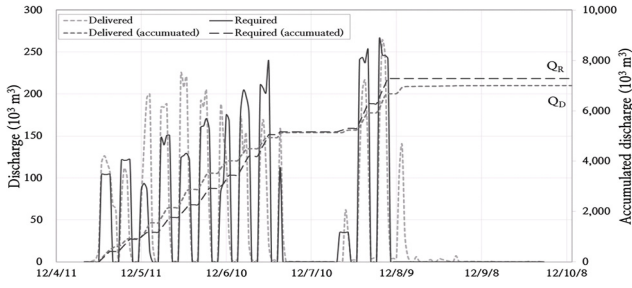
(b) Whaho canal in 2013



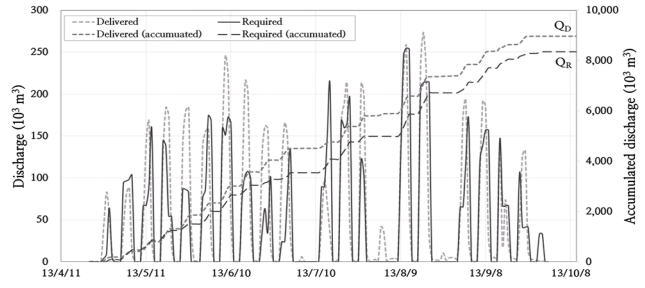
(c) Daepyong canal in 2012



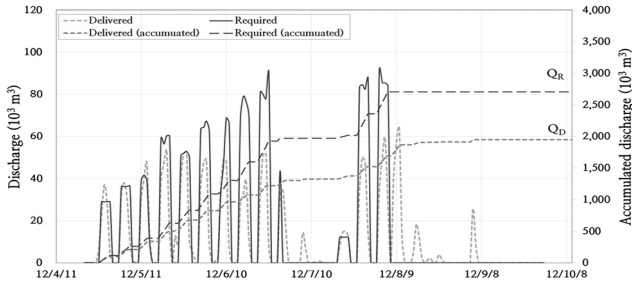
(d) Daepyong canal in 2013



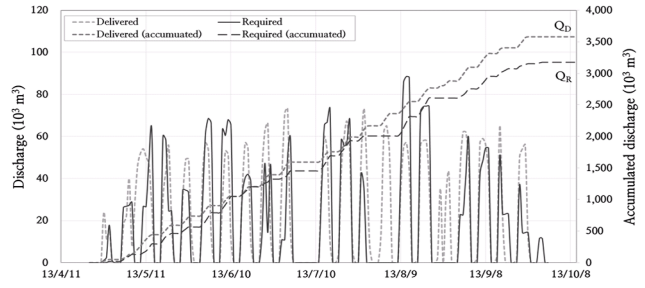
(e) Gangkok canal in 2012



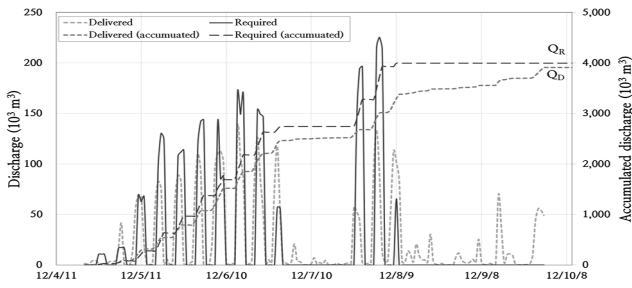
(f) Gangkok canal in 2013



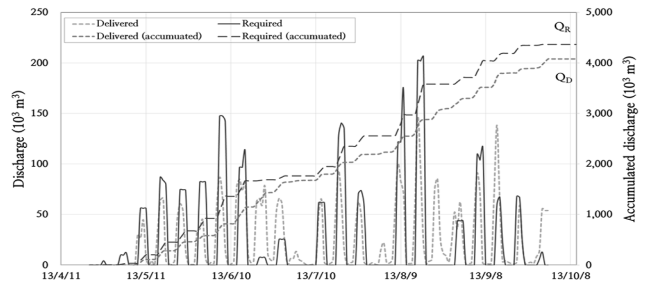
(g) Shinyong canal in 2012



(h) Shinyong canal in 2013



(i) Yongsung canal in 2012



(j) Yongsung canal in 2013

Fig. 3 Comparison of observed water delivery and simulated crop water requirement

Table 4 Irrigation water requirement in the irrigation seasons 2012 and 2013

Name of canal		Accumulated irrigation water requirement ($10^3 m^3$)	Irrigation water requirement per irrigation area (mm)
Whaho (WH)	2012	3,399	817
	2013	4,007	963
Daepyong (DP)	2012	10,905	1,082
	2013	12,835	1,273
Gangok (GG)	2012	7,275	884
	2013	8,351	1,015
Shinyong (SY)	2012	2,704	1,269
	2013	3,179	1,492
Yongsung (YS)	2012	3,997	585
	2013	4,368	640

대평지선 12,835 천 m^3 , 감곡지선 8,351 천 m^3 , 신용지선 3,179 천 m^3 로 필요수량을 초과하는 농업용수가 공급되었다. 2012년은 심각한 봄가뭄으로 농업용수가 부족했던 해 (Nam et al., 2013a)로, 8월 중순 강수량이 증가하여 필요수량이 감소할 때까지 실제공급량이 농업용수 필요수량보다 적었다 (Fig. 3). 특히, 2013년과 비교하여 2012년 4월부터 6월까지 농업용수 필요수량이 증가하였으나, 이에 반해 공급량은 감소하는 추세였다.

3. 관개효율 지표를 활용한 농업용수 공급량 평가

실시간 수위자료로 산정된 농업용수 공급량 및 간단관개 모형으로부터 산정된 농업용수 필요수량 값을 이용하여 공급적정성 지표를 산정하였다. Fig. 4는 순별로 산정한 지선별 농업용수 공급 적정성 결과의 평균값을 도시한 것이다. 7월 이전까지

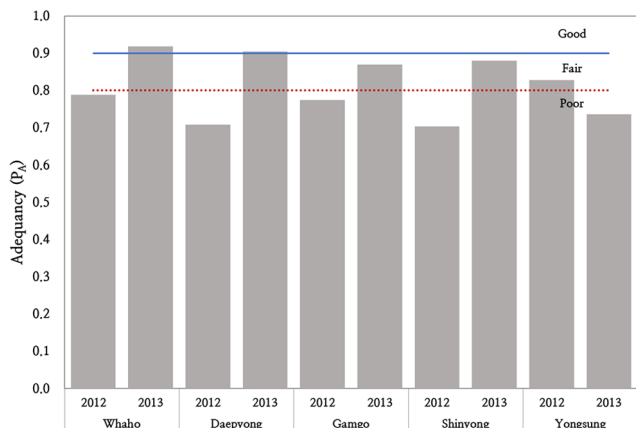
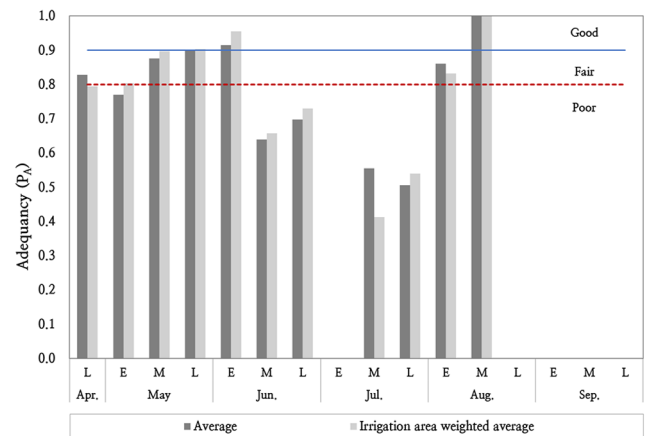


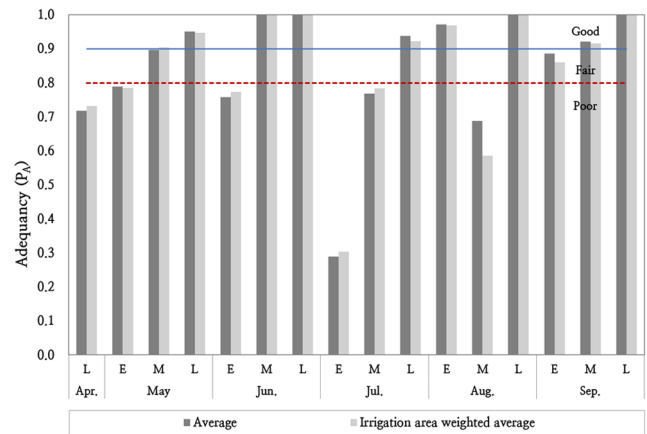
Fig. 4 Average temporal adequacy in the 2012-2013 irrigation seasons

가뭄이 심하여 농업용수 필요수량과 비교하여 공급량이 적었던 2012년 공급 적정성은 0.71 (대평지선) - 0.83 (용성지선)으로, 용성지선은 농업용수 공급 배분이 적정하였으나 (fair), 나머지 4개 지선의 농업용수 공급은 부족한 것으로 판단되었다. 특히, 관개면적이 제일 큰 대평지선의 공급적정성이 제일 낮았다. 반면, 용수 공급이 충분했던 2013년 공급적정성 분석 결과, 0.74 (용성지선) - 0.92 (화호지선)으로 수로의 가장 상류지점에 위치한 화호지선이 공급능력이 제일 높고 수로 하류지점의 용성지선의 공급능력이 제일 낮았다.

Fig. 5와 Table 5는 2012-2013년 각 지선별/순별 평균 공급적정지수 결과이다. Fig. 5의 왼쪽 막대그래프는 5개 지선의 순별로 산정한 공급적정지수의 평균값을 나타내며, 오른쪽 막대그래프는 각 지선별로 산정한 순별 공급적정성 지표에 전체 관개면적 대비 해당 지선의 관개면적 비율을 곱함으로써, 관개면적 비율에 따른 공급적정성 지표를 도시한 것이다.



(a) Water supply adequacy in 2012



(b) Water supply adequacy in 2013

Fig. 5 Average water delivery adequacy of five irrigation canals in the irrigation seasons 2012-2013

Table 5 Average water delivery adequacy of five irrigation canals in the irrigation seasons 2012-2013

Seasons	Apr.			May			Jun.			Jul.			Aug.			Sep.			Average
	L	E	M	L	E	M	L	E	M	L	E	M	L	E	M	L			
2012	0.62	0.61	0.76	0.79	0.79	0.58	0.65	1.00	0.63	0.46	0.79	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	0.78		
2013	0.61	0.81	0.89	0.96	0.73	1.00	1.00	0.64	0.81	0.95	0.98	0.71	1.00	0.91	0.93	1.00	0.87		

2012년 4월 하순 대상 전체지선의 평균 공급적정성은 0.83으로서 배분이 적정하게 농업용수가 공급되었지만, 관개면적 가중평균 공급적정성은 0.79로 공급이 부족하였다. 5월 초기에는 공급적정성 평균 0.77로 4월 말과 비교하여 농업용수 공급이 부족하였으나, 5월 중기부터 6월 초기까지는 농업용수 공급 적정성지수가 0.92까지 증가하여 농업용수가 적정하게 공급되었다. 하지만, 가뭄이 심각했던 2012년의 경우 6월 중순에 공급적정성이 0.64로 떨어져 공급에 실패하였으며, 7월 하순 공급적정성이 0.51로 7월까지 농업용수 공급에 실패하였다. 7월 중순 이후 강수량이 증가하면서 8월 초순 공급적정성이 0.86으로 증가하였으며 8월 하순 이후 공급적정성은 1.00 이었다. 하지만 2012년 전체 공급량을 평가하면 공급 적정성이 0.78, 관개면적을 고려한 평균은 0.77로써 필요수량과 비교하여 공급량이 부족하여 농업용수 공급에 실패하였다.

2013년 평균 농업용수 공급 적정성이 0.85, 관개면적을 고려한 적정성 평균이 0.84로써 2012년과 비교하여 농업용수 공급이 적정하였다. 4월 하순 공급적정성은 0.72로 공급량이 필요수량과 비교하여 부족하였으나 5월 하순 공급적정성이 0.95까지 증가하였다. 6월 초순 공급적정성이 0.76로 공급에 실패하였으나 6월 중순 이후 공급적정성이 증가하여 8월 중순을 제외하고는 공급이 적정하였다.

과거 농업용수의 물 관리는 계획량의 경우 지역별 기상, 토양 특성 등을 반영한 이론적인 작물의 필요수량을 고려하여 간접적인 방법으로 추정하는 것이 일반적이며, 공급량의 경우 용수 관련 계측 시설들이 미흡하여 수리관행에 따른 물배분에 의존하고 있어 수요와 공급의 불균형으로 인한 용수 공급 효율 저하, 수리시설물의 노후화 및 누수 등으로 인한 관리 손실량 발생과 같은 문제점이 제기되었다. 한국농어촌공사는 동진강 유역 김제간선에 자동수위계측 시스템을 구축하여 용수 수급상황의 실시간 모니터링을 통해 용수공급상황을 판단하고 있다. 간선별/지선별 실시간 수위 및 유량의 측정은 현재의 용수공급상황을 판단하는데 용이하지만, 시기별/지선별 공급량에 대한 합리적 배분의 평가를 위해서는 전체 지선의 용수공급의 배분 상태를 평가하는 지표가 요구된다. 본 연구에서 사용한 공급적정성 지표는 관개시스템의 용수공급 계획량과 실제 용수배분량을 이용하여, 시기별 대상지구의 전 지선에 대한 배분 상태를 지표로서 평가할 수 있으며, 이는 실시간 수위/유량 데이터와 비교하여

지선별 용수공급의 불균형 및 배분을 효율적으로 평가할 수 있을 것으로 판단된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 농업용수 공급량의 적정성을 평가하기 위하여 동진강 유역 김제간선의 5개 지선 (화호, 대평, 감곡, 신용, 용성) 일별 수위 계측자료를 이용하여 실제공급량을 산정하였다. 그리고 간단관개를 고려할 수 있도록 기존 물수지모형을 개선하여 필요수량을 산정, 지선별 실제공급량과 관개면적의 필요수량으로부터 시기별, 지선별 농업용수 공급적정성을 평가하였다. 본 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

실시간 관개수로 수위를 활용한 농업용수 공급량을 분석해보면, 대평지선에서 2012년 8,955 천m³, 2013년 14,029 천m³로 공급량이 제일 많았으며, 신용지선에서 2012년 1,950 천m³, 2013년 3,580 천m³로 가장 적은 양을 공급하였다. 간단관개를 고려하여 모의한 용수공급 필요수량은 2012년 22,704 천m³ (신용지선)-10,905 천m³ (대평지선), 2013년 3,179 천m³ (신용지선)-12,835 천m³ (대평지선)이었다. 2012년은 필요수량보다 공급량이 적었던 반면, 2013년은 지선 중 가장 하류지점에 위치한 용성지선을 제외하고 용수공급량이 필요수량을 초과하였다.

농업용수 공급량 및 간단관개 모형으로부터 산정된 농업용수 필요수량을 활용한 공급적정성 지표 산정 결과, 2012년은 0.71 (대평지선)-0.83 (용성지선)으로, 용성지선은 농업용수 공급이 적정하였으나, 나머지 지선의 농업용수 공급의 배분이 적정하지 못했으며, 최대 관개면적인 대평지선의 공급적정성이 제일 낮았다. 용수 공급이 충분했던 2013년 상류지점에 위치한 화호지선이 공급능력이 제일 높고 (0.92) 하류지점의 용성지선 (0.74)의 공급능력이 제일 낮았다. 전반적으로 2013년 평균 농업용수 공급 적정성은 0.85로 2012년 (0.78)과 비교하여 농업용수 공급이 적정하였다.

본 연구에서 사용된 공급적정성 지표는 관개시스템의 용수공급 계획량과 실제 용수배분량을 이용하여, 시기별 대상지구의 전 지선에 대한 배분 상태를 지표로서 평가할 수 있으며, 이는 실시간 수위/유량 데이터와 비교하여 지선별 용수공급의 불균형 및 배분을 효율적으로 평가할 수 있을 것으로 판단된다. 또

한 용수공급의 적정성 평가 결과는 향후 농업용수 필요수량 산정 및 이수대책에 활용하여 농촌지역 효율적인 물 배분 및 관리에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구는 한국농어촌공사 농어촌연구원의 “용수계통 최적 용수공급량 분석 및 산정모듈 통합 개발” 과제의 연구비 지원으로 한국농어촌연구원과 공동으로 수행되었으며, 이에 깊이 감사드립니다.

REFERENCES

1. Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith, 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop requirements. FAO Irrigation and Drainage, Paper No. 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
2. Choi, J.K., J.G. Son and Y.J. Kim, 2012a. Analysis of agricultural water supply system at the Dongjin-River basin. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 54(1): 11-18 (in Korean).
3. Choi, J.K., J.G. Son, J.T. Kim and Y.J. Kim, 2012b. Flow characteristics of lateral irrigation canals diverted from Kimje main canal in Dongjin irrigation area. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 54(5): 113-121 (in Korean).
4. Chung, S.O. and S.H. Son, 2001. Return flow analysis of paddy field by water balance method. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 43(2): 59-68 (in Korean).
5. Im, S.J., S.W. Park and H.J. Kim, 2000. Methodology for estimating agricultural water supply in the Han River basin. *Journal of the Korean Water Resources Association* 33(6): 765-774 (in Korean).
6. Kim, H.J., C.G. Kim and S. Kim, 2003. Assessment of water management efficiencies for irrigation pumping stations in the Han River and Nakdong River basins. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 45(1): 23-32 (in Korean).
7. Lee, K.Y. and S.J. Kim, 2001. Development of the estimation system for agricultural water demand. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 43(1): 53-65 (in Korean).
8. Lee, Y.J., P.S. Kim, S.J. Kim, Y.K. Jee and U.J. Joo, 2008. Estimation of water loss in irrigation canals through field measurement. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 50(1): 13-21 (in Korean).
9. Ministry of Agriculture and Forestry (MAF), 1998. Design criteria of land and water development plan for agriculture (Irrigation). Ministry of Agriculture and Forestry, Republic of South Korea (in Korean).
10. Ministry of Agriculture and Forestry (MAF), 1999. Comprehensive report of agricultural water requirement. Korea Ministry of Agriculture and Forestry, Republic of South Korea (in Korean).
11. Ministry of Agriculture and Forestry (MAF), 2003. Design of automated agricultural water management system in Dongjin regions. Korea Agricultural and Rural Infrastructure Corporation, Republic of South Korea (in Korean).
12. Mishra, A., S. Ghosh, R.K. Mohanty and P.S. Brahamand, 2013. Performance evaluation of a rehabilitated minor irrigation project and augmentation of its water resource through secondary storage reservoir. *Agricultural Water Management* 128: 32-42.
13. Molden, D.J., and T.K. Gates, 1990. Performance measures for evaluation of irrigation-water-delivery systems. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 116: 804-823.
14. Nam, W.H., J.Y. Choi, M.W. Jang and E.M. Hong, 2013a. Agricultural drought risk assessment using reservoir drought index. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 55(3): 41-49 (in Korean).
15. Nam, W.H., J.Y. Choi, E.M. Hong and J.T. Kim, 2013b. Assessment of irrigation efficiencies using smarter water management. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 55(4): 45-53 (in Korean).
16. Park, S.W., 2001. A method for increasing irrigation efficiency in agricultural water use. *Journal of Rural and Environmental Engineering* 70: 3-12 (in Korean).