한국관개배수 제13권 제1호
KCID J. VOL. 13 No.1 (2006. 6) pp.82-90

논 문

영농방식변화에 따른 논용수량 산정 시스템 개발

Development of System for Estimating Water Demand Considering Variation of Farming Conditions in Paddy Field

주 욱 종* 김 진 택** 박 기 욱*** 이 용 직****
Ju, Wook Jong · Kim, Jin Taek · Park, Ki Wook · Lee, Yong Jik

Abstract

The practical date of rice growing stages and the date for calculating the water demand in paddy field have differences. The causes are rice planting water requirement, nursery bed area and change of average temperature and so on. Some recent papers have shown the same results. So we have investigated the nursery period, rice transplanting period and mid-summer drainage and developed a system for estimating water demand. And we calculated the water demand by using the system. The result showed that calculation by using the new system is more appropriate than the calculation by using the established period. But because water losses in canals and crop coefficient are not determined appropriately, we can calculate the agricultural water demand more accurately by establishing canal losses ratio, crop coefficient and so on.

Ⅰ. 서 론

국내의 수자원장기종합계획(건교부, 2001년)에 의하면 농업용수는 우리나라 수자원의 48%를 차지하고 있으며 하천유지용수를 제외한 이용량으로 보면 62%에 해당하는 최대 용수이용 부문이다. 그러므로 농업용수의 효율적인 계획과 관리는 우리나라 수자원의 효율적인 이용에 있어서 매우 중요하다.

근래, 우리나라의 농촌은 1970년 이후 급격한 도시화, 산업화로 농업인구의 격감과 노동력의 부족에 따른 농업용 기계가 보급되게 됨에 따라, 과거의 주로 인력에 의한 벼농사의 영농방식에 변화가 생기게 되었다. 이러한 변화들은 직파재배, 집단육묘, 비닐하우스를 이용한 못자리, 어린모 이앙법 등 다양한 방식으로 벼 재배 방식에서도 나타나고 있다. 영농상황의 변화는 농업용수공급 현황에도 영향을 미쳐 물이용 형태가

* 한국농촌공사 농어촌연구원 주임연구원(juj11@ekr.or.kr)
** 한국농촌공사 농어촌연구원 책임연구원(jtkim@@ekr.or.kr)
*** 한국농촌공사 농어촌연구원(pku@ekr.or.kr)
**** 한국농촌공사 정보관리실 사업정보팀장(leeyj@ekr.or.kr)
키워드 : 영농방식변화, 논용수량, 용수공급량

Fig. 1. Survey nursery area

과거와 많은 차이를 가져오게 됨을 알 수 있다. 농업용수 공급량 산정을 위한 연구는 근래에 들어 많이 이루어지고 있다. 2002년 농어촌연구원 "용수수급의 안정성 제고 연구 및 종합시험지구 운영"에 의하면 3개 저수지지구의 계획공급량과 용수공급량 비율이 0.7~1.3이며, 영농초기 4~5월에 특히 차이가 큼을 알 수 있었다.

2001년 한국건설기술연구원의 "물관리 효율성 제고기술 연구보고서"에 의하면 4~5월에 큰 차이를 보이는 등 농어촌연구원과 비슷한 결과를 나타내었다.

본 연구에서는 실제 논에서의 영농방식에 대한 조사·분석하고 실제 용수공급 패턴을 적절하게 모의할 수 있는 논용수량 산정 시스템을 개발하는 것을 목적으로 하고 있다.

Ⅱ. 영농방식의 변화

1. 못자리 면적

농업용수 수요량을 산정할 때 못자리면적을 전체 본답면적의 1/20으로 설정하고 있다. 이 비율은 1960~1970년대 손으로 이앙을 할 때 설정된 값이고 최근 기계이앙 및 어린묘이앙 등의 실시에 따라 못자리면적이 줄어든 것으로 판단되고 있으나 실측자료가 미비한 실정이다.

본 연구에서는 논에서의 못자리면적을 측정하기 위하여 전국의 14개 지구를 선정하였다. 대상지의 선정은 관개에 있어서 양호한 조건을 가진 것으로 판단되는 지구를 중심으로 선정하였으며 제주도를 제외한 각 도에 2개 지구를 선정하였다. 선정된 조사 대상지구와 이들에 대한 못자리면적을 Fig. 1과 같이 실측하여 조사하였으며 조사결과를 정리하면 Table 1과 같다.

대상지구의 못자리면적은 전국 평균 1.31% 이며, 0.05%~5.32%의 범위로 다양하게 나타나고 있다.

중모기계이앙을 실시하는 지구에서는 논에 못자리를 만드는 경향이며, 어린모기계이앙을 하는 경우 비닐하우스, 공동육묘 등을 실시하여 논에 못자리를 만들지 않는 것으로 조사되었다. 따라서 해당지구의 이앙방식의 특징에 따라 못자리면적은 많은 차이를 보인다.

따라서 이를 비닐하우스나 공동육묘를 실시하는 면적을 논에서 전체 못자리를 만들 경우

Table 1. Result of surveying nursery area

Province	District	Beneficial area (1,000㎡)	Nursery area (1,000㎡)	Ratio (%)	Convert ratio (%)
Gyeonggi	Bon-o	2,477	28.8	1.16	1.93
	Yongin	418	5.6	1.33	2.66
	Guncheon	1,993	24.2	1.21	2.02
Chungbuk	Umseong	874	13.3	1.52	1.90
	Jincheon	1,980	33.9	1.71	1.90
Chungnam	Nampo	183	2.9	1.59	3.18
	Onyang	721	7.0	0.97	1.94
Jeonbuk	Daea	647	1.4	0.21	2.10
Jeonnam	Naju	7,958	3.9	0.05	1.00
	Haenam	672	0.8	0.12	-
Gyeongbuk	Mungyeong	341	18.1	5.32	-
	Seongju	593	5.7	0.96	3.20
Gyeongnam	Uiryeong	495	3.2	0.65	2.17
	Changwon	1,342	19.7	1.47	1.84
Total				1.31	2.15

로 환산함으로써 관개면적에 대한 못자리 면적을 산정할 수 있다. 논 이외 장소에서의 못자리면적의 비율은 논에서의 못자리면적은 대상지구에서의 청문조사에 의하여 이루어졌다. 이와 같은 조사결과로 논에 전체 못자리를 설치한다고 가정하여 추정한 못자리면적의 비율은 2.15%이었다.

조사에 의하면 논에서 실시하는 중묘이앙재배의 경우 모판 1개로 10평의 이앙을 하는 것으로 못자리를 설치하는 것으로 조사되었다.

Fig. 2는 경지면적이 1ha(3,000평)인 농가를 대상으로 못자리면적을 만들었을 경우를 가정하여 못자리를 개념적으로 구성한 것이다. 1ha를 경작하기 위하여 모판은 300개가 필요하며 일반적으로 3개를 한 줄로 하여 배치한다. 또한, 못자리의 주변으로 물을 가두기 위하여 어느 정도의 여유를 두고 못자리를 구성하고 있다. 이에 해당되는 못자리 면적은 56.3평으로 전체 벼재배면적 3,000평에 대하여 1.9%에 해당되는 면적이었다.

실제 못자리면적에 대한 조사와 청문조사에 의한 못자리면적 추정에 의하면 못자리면적의 비율이 2.15%, 1.9%로 거의 유사한 결과를 나타내고 있다. 현재의 못자리면적의 비율 5%와는 3%가량의 차이가 있었다.

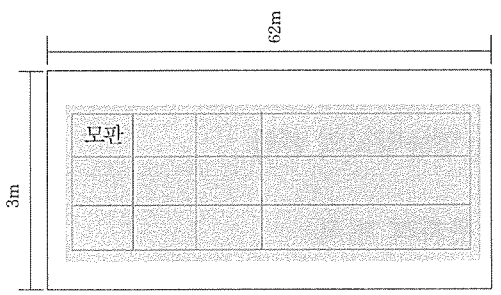

Fig. 2. Conceptual diagram of nursery bed

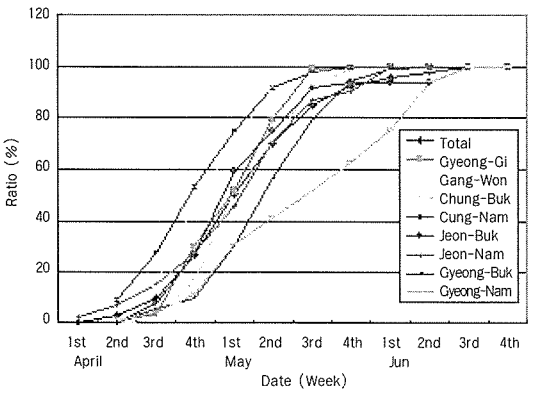

Fig. 3. Ratio of supplying rice-planting water

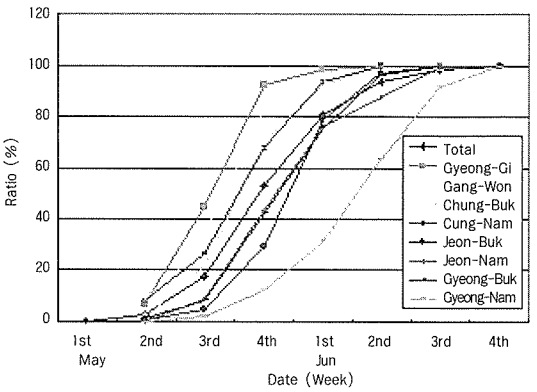

Fig. 4. Ratio of transplanting

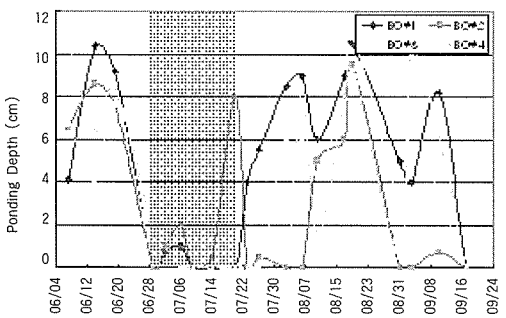

Fig. 5. Ponding depth (Bon-O)

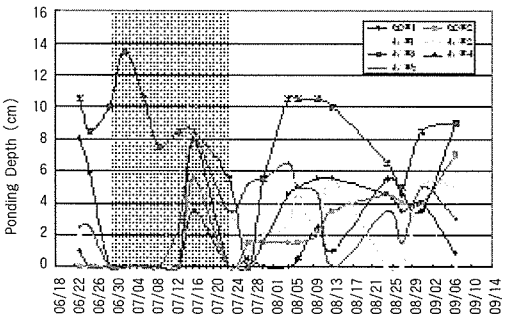

Fig. 6. Ponding depth (Gunchun & Jinwie)

2. 논물가두기 및 이앙시기

한국농촌공사에서 한해대책으로 실시하고 있는 논물가두기 실적과 이앙 실적을 2001년부터 2003년의 자료를 이용하여 정리하면 Fig. 3과 Fig. 4와 같다. 대부분 논물가두기는 4월 2주, 3주에 시작하고 있으며, 이앙은 5월 2주, 3주에 시작하는 것으로 나타났다.

현재 논에서의 용수수요량 산정에 있어서 논물가두기는 이앙과 동시에 실시하는 것으로 설정하여 산정되고 있으나 실제 농경지에서는 논물가두기를 약 1개월 정도 앞서 실시하고 있다. 또한 경기지역은 이앙기간이 짧은 반면 호남과 영남지역의 경우 이앙기간이 길게 나타나는데 이는 남부지역은 이모작, 직파재배의 실시 등 중부지역에 비하여 영농형태가 다양하기 때문이다.

3. 중간낙수

논에서의 물관리 특성을 조사하기 위하여 중부지방의 3개의 대상지구를 선정하여 담수심을 측정하였다. 측정기간은 2004년 관개기 동안

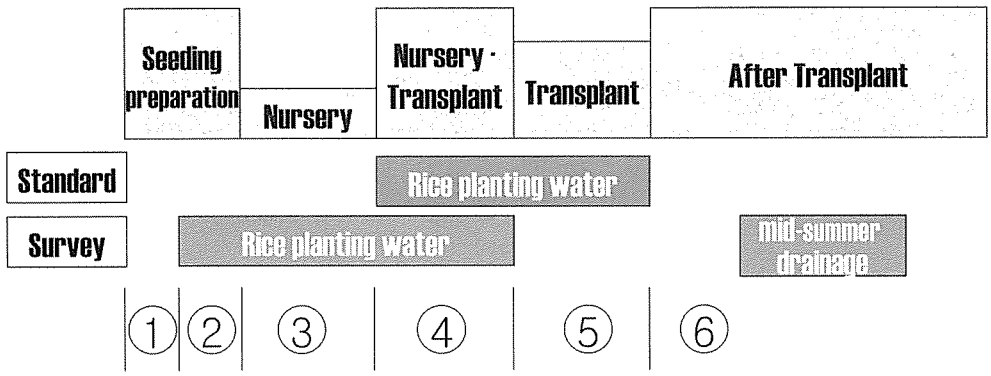

Fig. 7. Period of farming stages

이며, 담수심 측정결과를 정리하면 Fig. 5와 Fig. 6과 같다. 측정결과에 의하면 대부분의 논에서 6월말부터 7월 중순 사이에 중간낙수를 실시하여 물이 없는 상태를 유지시켜 주고 있었다. 즉, 현재 논에서의 용수수요량을 산정할 경우 중간낙수에 대한 고려를 하지 않고 있으나 실제 논에서는 중간낙수를 실시하고 있었다.

중간낙수에 대하여 전국의 12개 지사 용수관리위원과 수로시설관리원을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 조사결과에 의하면 지역에 관계없이 6월 하순과 7월 중순사이에 중간낙수를 실시하는 것으로 조사되었다. 이는 장마가 6월말부터 시작되는 기상특성과 관계가 있는 것으로 판단된다.

4. 영농방식의 변화 분석

영농방식에 대하여 조사한 내용을 기준으로 작부시기에 따른 물관리를 정리해 보면 Fig. 7과 같다. Fig. 7에서 기준(Standard)은 현재 농업용수 수요량 산정을 위하여 적용하는 기준이고 조사(survey)는 본 연구를 통하여 조사한 결과를 정리한 것이다.

논에서의 용수 수요량 산정시 논물가두기는 이앙기에 이앙을 하면서 동시에 실시하는 것으로 고려된다. 그러나 실제 조사에 의하면 논물가두기는 통수식을 실시하고, 물을 공급하기 시작할 때부터 논물가두기가 이루어지고 있는 것으로 조사되었다. 따라서 이앙용수량을 공급하는 논물가두기 기간은 길어지고 시기적으로는 앞당겨진다. 이로 인해 필지에서 증발량과 침투량이 발생하고 전체용수수요량은 증가한다.

본답기 중간에 대부분의 논에서 중간낙수를 실시하고 있는데 지역에 관계없이 6월 하순~7월 중순 사이에 대부분 중간낙수를 실시하고 있다.

이와 같이 중간낙수를 실시함에 따라 약 20일 정도 용수를 공급하지 않고 있으며, 이로 인해 않기 때문에 전체 용수수요량은 감소하게 된다.

Ⅲ. 논용수량 산정 시스템 개발

조사된 영농방식에 따라 논용수량 산정 시스템을 개발하기 위하여 작물의 생육 및 용수공

급특성에 따라 6개의 단계로 나누었다. 6개의 각 단계별로 논용수량 산정방법을 정립하였으며 이를 계산식으로 나타내면 다음과 같다.

1. 묘대정지기 1 : 묘대정지기 시작일로부터 논물가두기를 실시하기 전까지

필요수량 = 삼투량 + 못자리정지용수량

2. 묘대정지기 2 : 묘대정지기중 논물가두기를 실시하는 기간

필요수량 = 삼투량[묘대면적] + 이앙용수량 + (삼투량+증발량)[물가두기 실시면적]

3. 순수묘대기 : 묘대정지기부터 이앙시작 전까지

필요수량 = (삼투량+증발산량)[묘대면적] + 이앙용수량 + (삼투량+증발량)[물가두기 실시면적]

4. 묘대이앙기 : 묘대기중 이앙기와 겹치는 시기

필요수량 = (삼투량+증발산량)[묘대면적] + 이앙용수량 + (삼투량+증발량)[물가두기실시면적-이앙이 실시된 논] + (삼투량+증발산량)[이앙이 실시된 논]

5. 이앙본답기 : 묘대기가 끝나는 시기부터 본답기가 시작되기 전까지의 기간

필요수량 = (삼투량+증발량)[이앙면적-이앙이 실시된 논] + (삼투량+증발산량)[이앙이 실시된 논]

6. 본답기의 경우에는 필요수량은 증발산량과 삼투량의 합으로 나타낼 수 있다.

필요수량 = (삼투량+증발산량)[관개면적]

이앙이 종료된 논에서의 감수심은 '삼투량 + 증발산량' 으로 계산되며 이앙이 실시되지 않은 논에서의 감수심은 '삼투량 + 증발산량' 으로 계산된다.

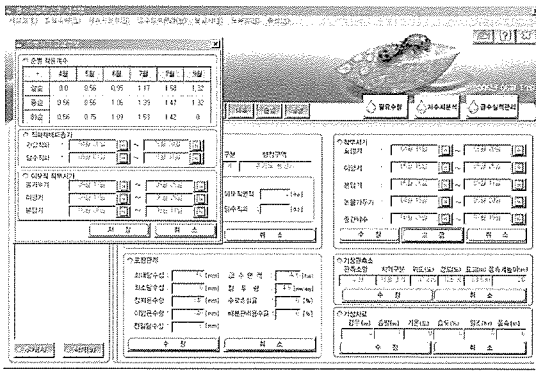

Fig. 8. System for estimating water demand

또한 묘대면적은 관개면적의 1/50을 적용하였다.

6개의 단계별 산정방법을 이용하여 논용수량 산정 시스템을 개발하였다. 프로그램의 개발은 Visual Basic을 이용하였다〈Fig. 8〉.

Ⅳ. 논용수량 산정 시스템 적용

1. 적용 대상지구

논용수량 산정 시스템의 적용을 위하여 경기

Table 2. Characteristics for irrigation

District	Yidong	Maengdong	Hupo
Province	Gyeonggi	Chungbuk	Gyeongnam
Beneficial Area (ha)	2,063	1,338	114
Period of nursery	4/11~5/18	4/30~5/19	5/18~6/5
Period of transplant	5/12~5/26	5/12~5/26	5/25~6/10
Period of rice planting water	4/13~5/18	4/28~5/11	5/20~6/5
Last day of irrigation	9/11	9/25	9/25
Period of mid-summerdrainage	6/25~7/15	6/25~7/15	6/25~7/15

Table 3. Irrigation water (2004)

(Unit: mm)

Month	Yidong	Maengdong	Hupo
Apr.	201	21	108
May	419	409	189
Jun.	280	281	370
Jul.	111	115	212
Aug.	340	253	265
Sep.	83	112	184
Oct.	-	-	62
Sum	1,434	1,191	1,390

권, 충청권, 남부권으로 나누어 3개의 대상지구를 선정하였다. 선정된 지구를 대상으로 관개면적 및 작부시기에 대한 조사를 실시하였으며 이를 정리하면 Table 2와 같다.

2. 용수공급량

대상지구의 용수공급량을 측정하기 위하여 이동지구의 경우 Fig. 8과 같이 수위계를 설치하였으며 맹동지구와 후포지구의 경우 한국농촌공사의 해당시설물 관리 지사의 시설물관리일지의 수위기록자료를 이용하였다. 유량자료를 확보하기 위하여 유속계를 이용하여 수로에서 유량을 측정하였으며 이를 이용하여 수위-유량관계식을 구하고 용수공급량으로 환산하였다.

2004년의 각 시설물의 월별 용수공급량을 정리하면 Table 3과 같다.

3. 개발 시스템의 적용

개발된 시스템의 적용결과를 비교 분석하기 위하여 기존의 산정방법에 의하여 논용수량을 산정하였다. 기존방법에 의한 논용수량 산정을 위한 적용조건을 정리하면 Table 4와 같다.

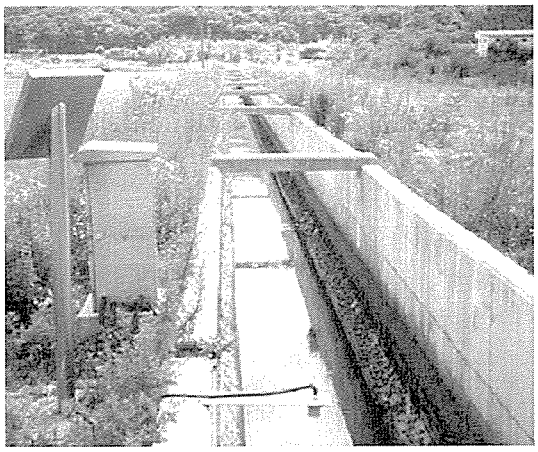

Fig. 9. Water level gauge (Yidong District)

논용수량 산정을 위하여 수로손실율은 15%를 적용하였으며 침투량은 이동지구, 맹동지구, 후포지구 각각 4, 6, 4, 6 mm/day를 적용하였다.

3개의 대상지구에 대해 기존의 산정방법에 의한 방법과 조사결과에 의해 본 연구에서 개발된 시스템을 적용하여 논용수량을 산정하였다.

Table 5는 이동지구, 맹동지구, 후포지구에 대하여 실제용수공급량(Supply), 기존방법에 의해 산정된 논용수량(Standard), 개발된 시스템을 이용하여 산정한 논용수량(Survey)을 나타낸 것이다.

본 연구에서 개발한 시스템에 의하여 산정된 논용수량이 기존의 방법에 의해 산정된 값에

Table 4. Periods of rice growing stages (Standard)

Districts	Nursery	Transplant	After transplant
Yidong	4/17~5/31	5/21~6/10	6/11~9/11
Maengdong	4/17~5/31	5/21~6/10	6/11~9/11
Hupo	4/17~5/31	5/21~6/10	6/11~9/11

Table 5. Results of agricultural water supply computation

District	Supply(①)	Estimated demand		Ratio	
		Standard(②)	Survey(③)	Supply/Standard(①,②)	Supply/Survey(①,③)
Yidong	29,582	17,897	24,355	1.65	1.21
Maengdong	15,933	10,160	13,133	1.57	1.21
Hupo	1,585	1,430	1,597	1.11	0.99

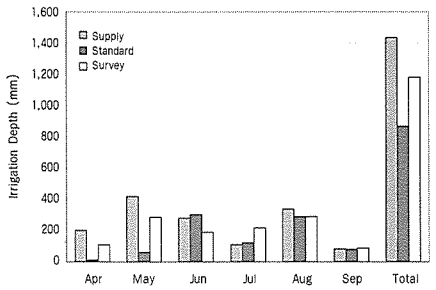

Fig. 10. Water supply and demand (Yidong)

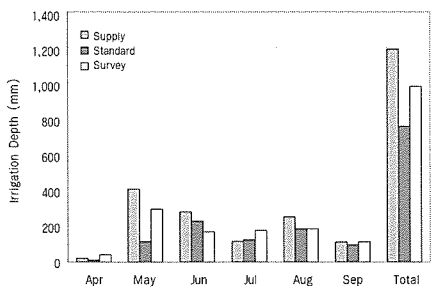

Fig. 11. Water supply and demand (Maengdong)

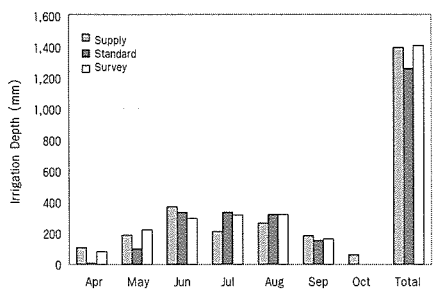

Fig. 12. Water supply and demand (Hupo)

비하여 실제 공급량에 근접한 값을 나타냈다. 이동지구와 맹동지구의 경우 산정된 논용수량에 비하여 실제 공급량이 많게 나타났다. 그러나 '용수수급의 안정성 제고 연구 및 종합시험지구 운영' 보고서에 의하면 실제 측정된 농업용수 손실량은 40% 이상으로 보고되고 있다. 반면 논용수량 산정을 위하여 적용한 수로 손실율은 15%로 산정된 논용수량을 초과한 공급량은 손실의 발생으로 나타나는 것으로 판단된다.

3지구 모두 본 연구에서 개발된 시스템에 의해 산정된 논용수량이 기존의 산정방법에 의해 산정된 값에 비하여 많게 산정되었으며 이동, 맹동, 후포지구 각각에 대하여 27%, 23%, 10% 증가하였다. 이는 본 연구에서의 논용수량 산정에 있어서는 논물가두기를 이앙기보다 앞서 시행함으로써 발생하는 논에서의 증발량과 침투량이 기존의 방법에 비하여 많기 때문이다.

3개 지구에 대하여 용수공급량과 산정된 논용수량을 월별로 표시하면 Fig. 9~Fig. 11과 같다. 기존의 방법에 의하여 산정된 용수량이 4월과 5월에 실제 공급량과 많은 차이를 보이고 있으나 본 연구에서 개발된 시스템에 의해 산정된 논용수량은 실제 용수공급량을 유사하게 모의하고 있다.

본 연구에서 개발된 논용수량 산정 시스템은 기존의 방법에 비하여 용수량에 근접한 값을 모의하고 있으며 용수공급패턴을 잘 반영하여 논용수량을 산정할 수 있었다.

V. 결 론

본 연구에서는 농업용수공급과 관련한 영농방식변화에 대한 현장조사를 통하여 현행 기준에 반영된 논용수량 산정 방법과 비교 · 분석하고, 논용수량 산정 시스템을 개발하는 것을 목적으로 하고 있다.

이상의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 현행 논용수량 산정시 못자리 면적을 1/20으로 하고 있으나, 실제 못자리 면적은 약 1/50으로 조사되었다.

2. 지역별로 차이는 있으나 논물가두기 실시, 이앙 및 중간낙수 시기 등 영농방식이 지역별로 차이가 있는 것으로 나타나 각 지역별로 영농시기를 6단계로 세분하여 설정하였다.

3. 영농방식의 변화를 고려한 논용수량 산정은 수원공별로 실제 용수공급량을 산정할 수 있는 논용수량 산정 시스템을 개발하였다.

4. 대상지구에서의 실제공급량 조사결과와 비교한 결과, 논용수량 산정 시스템을 이용하여 얻은 용수공급량이 기존의 방법에 비해 평균 20% 이상 많은 논용수량이 증가하는 결과를 보였으나, 현장에서의 용수공급 패턴을 잘 반영하고, 실제공급량과 유사하게 모의되어 개선된 결과를 얻을 수 있는 것으로 나타났다.

실제 농업용수의 공급은 지역별, 재배방법별로 많은 차이가 있다. 또한 지구특성 및 유지관리상황에 따라 수로손실의 차이가 많으며, 논에서의 재배품종의 변화 및 기상변화에 따라 작물계수의 변화가 있을 것으로 예상된다. 따라서 논용수량을 정확하게 모의하는 것은 어려움이 있으며 앞으로 계속적인 조사 및 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 건설교통부, 2001, 수자원장기종합계획.
2. 김시원, 김철기, 이기춘, 1996, 신고농업수리학, 향문사.
3. 김진택, 주욱종, 박기욱, 이종남, 2005, 영농방식 변화에 따른 논용수수요량의 산정 - 직파재배, 이앙방법 중심-, 한국수자원학회 학술발표회 논문집.
4. 김철기, 김재휘, 1984, 논벼의 최대용수시기와 순단위용수량의 결정에 대하여, 한국농공학회지, 26(4), pp.37-51.
5. 농림부, 1998, 농업생산기반정비사업계획 설계기준
6. 농림부, 농어촌진흥공사, 1997, 영농방식 변화에 따른 필요수량 변화 연구.
7. 농림부, 농어촌진흥공사, 1999, 농촌용수수요량 종합보고서.
8. 농림부, 농업기반공사, 2002, 농업생산기반정비사업 통계연보.
9. 농림부, 농업기반공사, 2003, 농촌용수공급체계재편계획종합보고서.
10. 농림부, 농업기반공사, 2004, 물부족시대에 대비한 절약형 농업용수로 관리기법 연구(Ⅱ).
11. 농어촌진흥공사, 1980, 농업용수개발 필요수량 산정기준.
12. 농어촌진흥공사, 1998, 농촌용수계획설계편람.
13. 농업기반공사, 2002, 용수수급의 안정성 제고 연구 및 종합시험지구 운영.
14. 농업기반공사, 2005, 영농환경 변화를 고려한 농업용수 적정공급방안 정립 연구.
15. 서울대학교농업개발연구소, 농수산부, 농업진흥공사, 1985-1988, 작물소비수량 산정방법의 정립,
16. 정하우, 김선주, 김진수, 안병기, 이근후, 이남호, 정상옥, 1999, 관개배수공학.
17. 주욱종, 김진택, 박기욱, 오승태, 2004, 지역별 이앙시기에 따른 용수수요 특성, 한국농공학회 학술발표회 논문집.
18. 한국건설기술연구원, 2001, 물관리 효율성 제고 기술 연구보고서.