

# MODSIM을 이용한 농업용수 공급능력 평가

## Evaluation of Agricultural Water Supply Capacity Using MODSIM

안소라\*, 권형중\*\*, 박근애\*\*\*, 김성준\*\*\*\*

So-Ra AHN, Hyung-Joong Kwon, Geun-Ae PARK, Seong-Joon KIM

### 요 지

본 연구에서는 네트워크 물수지 모형인 MODSIM을 이용하여 36개년(1967-2002) 동안의 물수지 분석을 수행하여 농업용수 공급능력을 평가하였다. 금강권역을 21개의 중권역으로 분할하고 농업용 수리시설(저수지, 양수장, 보, 집수암거, 관정)을 고려한 물수지 네트워크를 구성하였다(Fig.1). 농업용 수리시설의 공급량 및 운영 자료도 추가로 고려하였다. 물수지 분석 결과, 과거 가뭄발생 기간에 농업용수 부족량이 다른 기간에 비해 많이 발생함을 확인할 수 있었으며, 대표적인 가뭄 년인 1994, 1995, 2001년의 부족량은 745.8( $10^6\text{m}^3$ ), 661.1( $10^6\text{m}^3$ ), 696.8( $10^6\text{m}^3$ )로 분석되었다. 또한 36개년 동안의 소유역 평균 용수공급능력은 생·공용수의 경우 99.1%, 농업용수의 경우 84.4%로 비교적 낮은 공급능력을 보였으며, 1994, 1995, 2001년의 농업용수 공급능력은 74.8%, 79.2%, 77.9%로 소유역 평균보다 낮은 수준으로 분석되었다. 농업용 수리시설물의 기여도 평가를 수행한 결과 양수장과 보의 기여율은 32.5%, 집수암거와 관정의 기여율은 4.0%로 분석되었으며, 집수암거와 관정은 양수장과 보에 비해서 상당히 적은 기여율을 갖지만 농업가뭄 해소에 어느 정도 도움을 주는 것으로 분석되었다.

**핵심용어** : 용수공급능력, 물수지 분석, 농업용 수리시설, MODSIM

## 1. 서 론

우리나라와 같이 물이 절대적으로 필요한 벼농사 위주의 농업에서 가뭄으로 인한 농업용수의 부족은 심각한 사태에 직면하고 있다. 농업용수 공급은 생활용수, 공업용수 등과 같이 일반적으로 그 전체 용량을 기준으로 하지 않고 단위면적 대비 관개량을 기준으로 한다. 즉 전체적으로 물이 풍부하다 하더라도 관개시기인 봄과 여름에 가뭄으로 인해 물을 제대로 공급해주지 못하는 현상이 발생한다. 이를 방지하기 위해서는 저수지 등의 농업용 수리시설의 공급에 의한 농업용수 확보노력이 절실히 필요하다. 수자원 계획을 수립을 위해서는 수급·지역별로 상대적인 물 부족 문제를 해결하기 위해서는 물 풍부지역에서 부족지역으로의 이동이나 유역단위 개발방식을 고려하여야 한다. 유역에서 물 공급 안전도를 평가하기 위한 물수지 분석을 위해서는 가뭄 시 물이용의 효율성을 극대화하는 유역단위의 수자원 평가 및 물수지 분석도구가 필요한데, 물수지 네트워크 모형인 MODSIM은 물 수요·증가에 따른 복합적인 하천유역의 물 이동을 모의할 수 있어 적용성이 높은 모형이다. 본 연구에서는 가뭄 시 권역별 용수공급 안전도를 평가하기 위해서 MODSIM 네트워크 모형을 이용하여 농업용 수리시설을 고려한 네트워크를 구성하고, 농업용수 공급측면에서의 물수지 분석체계를 구축하여 다양한 시나리오에 따른 농업용수 공급능력을 평가하였다.

## 2. MODSIM 모형

MODSIM은 미국 텍사스의 수자원 개발부(1972)가 개발했던 네트워크 모형인 SIMYLD를 미 콜로라도 주립대학교 Labadie 교수가 수정하여 개발한 모형이다. 이모형은 일반화된 하천유역 네트워크 모형(river basin

\* 정회원·한국수자원공사 수자원연구원·건국대학교 사회환경시스템공학과 석사E-mail : [ahnsora@konkuk.ac.kr](mailto:ahnsora@konkuk.ac.kr)

\*\* 정회원·텍사스 A&M 대학교 토목공학과 박사후연구원E-mail : [kwonhj@hotmail.com](mailto:kwonhj@hotmail.com)

\*\*\* 정회원·건국대학교 사회환경시스템공학과 박사E-mail : [dolpin2000@konkuk.ac.kr](mailto:dolpin2000@konkuk.ac.kr)

\*\*\*\* 정회원·건국대학교 사회환경시스템공학과 교수E-mail : [kimsi@konkuk.ac.kr](mailto:kimsi@konkuk.ac.kr)

network model)으로 네트워크 최적화기법인 Lagrangian relaxation 알고리즘을 사용하여 실수계산 보다는 효율이 매우 좋은 정수계산 방식을 선형네트워크의 해법으로 적용하였으며, 매트릭스 계산은 개량된 simplex method를 확장한 표준선형프로그램을 사용하여 정수계산방식이 필요한 정도의 정확도를 갖는 해를 계산할 수 있도록 하였다. 하천유역 관리에 있어서 물리적 수문학적, 제도적인 측면에서 물이 배분될 수 있고, 유역 수자원관리 시설의 전체적인 배치 및 운영조건을 다양하게 반영할 수 있도록 구축되어 있다.

MODSIM은 유역시스템의 물리적 특성을 모형에 유사하게 재현하기 쉽도록 유역도의 입력기능을 제공하며, 노드(저류노드, 비저류노드, 수요노드, 통과노드)와 링크 혹은 아크를 제공한다. 비록 노드와 링크만으로 유역의 물리적, 수문학적 특성들을 똑같이 재현할 수는 없지만, 사용자는 수자원운영을 모형화하기 위하여 이들을 가상적 혹은 개념적으로 요소로 상징화 하여 사용할 수 있다. 네트워크 모의 시 완전 순환네트워크를 위해 사용자에게 의해 정의된 노드와 링크는 모형 내에서 자동으로 생성되고 계산을 수행한다. 이때 노드는 물 수요 또는 공급의 단위가 될 것이고 링크는 이를 연결하는 유동 통로가 된다.

### 3. 대상유역 및 입력자료 구축

#### 3.1 대상유역

MODSIM 네트워크 모델링을 위한 입력자료 구축을 위해 금강권역을 21개의 중권역 단위로 분할하여 물수지 분석을 수행하였다. Fig. 1은 21개 중권역으로 분할된 금강권역도이다. MODSIM 모형을 이용한 물수지 분석은 공간적으로 해당 소유역 단위의 가용수량과 수요량의 비교에 의해 수행된다. 따라서 용수공급능력 평가를 위해 기본적으로 요구되는 자료로 유출량, 용수 수요량 및 용수공급시설에 의한 공급량의 파악이 중요하다. 또한 하천유지유량, 회귀율, 광역 물 이동량, 공급 우선순위, 댐 운영자료 등이 필요하다. 본 연구의 목적은 농업용수 공급능력을 평가하는 것으로 다목적 댐 운영자료 외에 농업용 수리시설(저수지, 양수장, 보, 집수암거, 관정 등)을 추가로 고려하여 이들 공급량 및 운영자료 등을 입력 자료로 추가하였다.

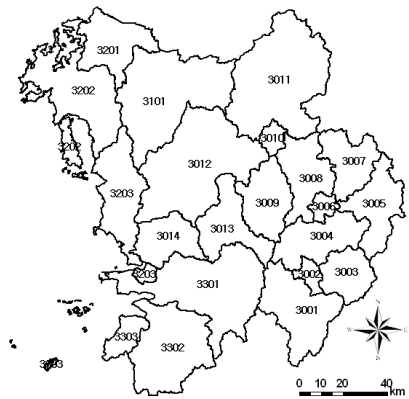


Fig 1. Watershed division for applying MODSIM

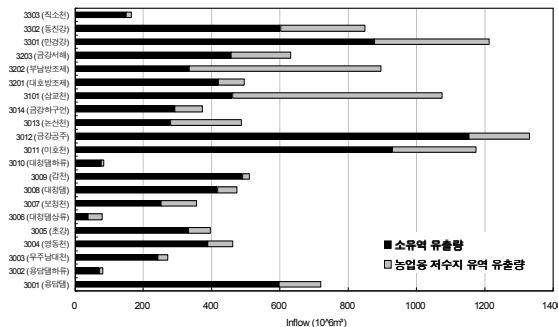


Fig 2. Average streamflow of each watershed of Geum river basin

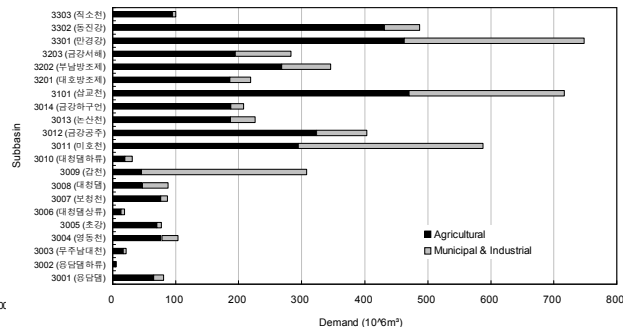


Fig 3. Demand of municipal and industrial water and agricultural water of each watershed

#### 3.2 기본 입력자료의 구축

기본적으로 요구되는 자료로 유출량 자료는 수자원장기종합계획(건설교통부, 2006)에서 강우-유출 모형인 탱크모형을 이용하여 중권역 단위로 산정한 자연유출량자료(1967-2002)를 월평균하여 소유역별로 준비하였다. 단, 소유역별로 자체 물 공급원인 농업용 저수지를 고려하기 위해 전체 소유역 유출량에서 농업용 저수지유역의 유출량을 농업용 저수지유역 비율을 계산하여 분리하였다(Fig. 2). 평균 면적비율은 소유역 유출량이 73%, 농업용 저수지유역 유출량이 27%로 산정되었다. 용수 수요량은 수자원장기종합계획(건설교통부, 2006)의 2006년 기준수요량 자료를 이용하였고 목적별로 생·공용수, 농업용수, 하천유지유량으로 구분하여 적용하였다(Fig. 3). 전체 수요량 중 생·공용수는 26%, 농업용수는 74%이며, 전체 수요량의 5~9월의 농업용수가 대부분을 차지한다. 하천 유지유량과 광역 물 이동량은 수자원장기종합계획(건설교통부, 2006)의 자료를 적용하였다.

물 공급 우선순위는 물수지 분석의 관행이나 다른 선행연구의 계산을 참고하여 하류보다는 상류 우선공급, 본류보다는 지류 우선공급 원칙을 부여하였다. 또한 생·공용수, 농업용수, 하천유지유량의 순으로 우선 공급하고 광역상수도에 의한 물 이동은 우선순위를 가장 높게 부여하였다. 댐의 목표저수량 유지보다 농업용 저수지의 용수 수요 공급의 우선순위를 높게 하여 자체공급원에서 먼저 수요 공급이 이루어지도록 하였다. 용담댐과 대청댐은 수자원의 최적화 연구(Ⅲ)(건설교통부, 1999)의 연구를 토대로 저수량의 회복능력이 큰 댐을 우선 공급하였다. 댐 운영에 필요한 자료는 최대 저수용량, 최소 저수용량, 저수지 운영 초기수위의 저수용량, 목표저수량(Target Storage) 등이 있으며 댐 설계 및 관리 자료인 다목적댐 운영 실무 편람(한국수자원공사, 1998)을 이용하였다.

### 3.3 농업용 수리시설 운영자료 구축

농업용 수리시설은 저수지, 양수장, 보, 집수암거, 관정 등을 고려하였다. 농업용 저수지 운영 자료는 한국농촌공사의 농업기반시설관리시스템(RIMS)의 자료와 금강유역조사 보고서(건설교통부, 2006)를 이용하였고, 나머지 양수장, 보, 집수암거, 관정 등의 자료는 금강유역조사 보고서(건설교통부, 2006)의 자료를 이용하였다. 금강유역 내 농업용 저수지는 2611개소, 양수장은 1337개소, 보는 2883개소, 집수암거는 593개소, 관정은 3120개소로 이들 농업용 수리시설물을 모두 고려하는 것은 무리가 있다. 따라서 해당 소유역별로 속해있는 모든 수리시설물의 각각의 저수용량, 양수량, 취수량, 채수량 등을 합산하여 소유역 하나당 하나의 수리시설물로 가정하였다. 양수장, 보의 공급량 자료는 하루 10시간, 1년에 120일(5월~8월) 동안 가동하는 것으로 가정하였으며, 집수암거, 관정은 자료는 1년에 270일(2월~10월) 동안 가동하는 것으로 가정하여 이들 년 자료를 월 자료로 변환하였다.

### 4. 농업용 수리시설을 고려한 물수지 네트워크 구성

자료를 입력하는 노드의 종류에는 저수지노드(Reservoir Node), 비저류노드(NonStorage Node), 수요노드(Demand Node), 통과노드(Flowthru Node) 등이 있으며, 노드와 노드를 연결하는 링크에도 자료의 입력이 가능하고 각 링크의 방향은 흐름방향과 일치하여야 한다. Fig. 4는 본 연구에서 구성한 3001번 소유역 네트워크이다. 여기서 3001\_inf 노드는 소유역 유입량을 나타내며, 생·공용수 수요량 노드(3001\_mi)로 생·공용수를 공급한다. 소유역별 하나로 가정된 농업용 저수지 노드(Res\_3001) 앞쪽의 비저류노드는 농업용수 공급을 위한 농업용 저수지 유입량 노드(Res\_inf\_3001)이고 농업용수 수요량 노드(3001\_agr)에 물을 공급한다. 농업용수 수요량 노드(3001\_agr)에 농업용수를 공급하는 다른 수리시설물로 양수장 노드(3001\_agr\_p)와 보 노드(3001\_agr\_d)는 농업용 저수지 유입량이 하천수로 흘러들어가는 것을 다시 역으로 끌어들이어 공급하도록 하였고, 집수암거 노드(3001\_agr\_c)와 관정 노드(3001\_agr\_w)는 지하수의 물을 이용하는 것이기 때문에 따로 노드를 연결해주었다. 만약 해당유역에 소유역간 물이동이 있을 경우 추가노드를 통하여 유역간 물이동이 이루어지도록 하였다.

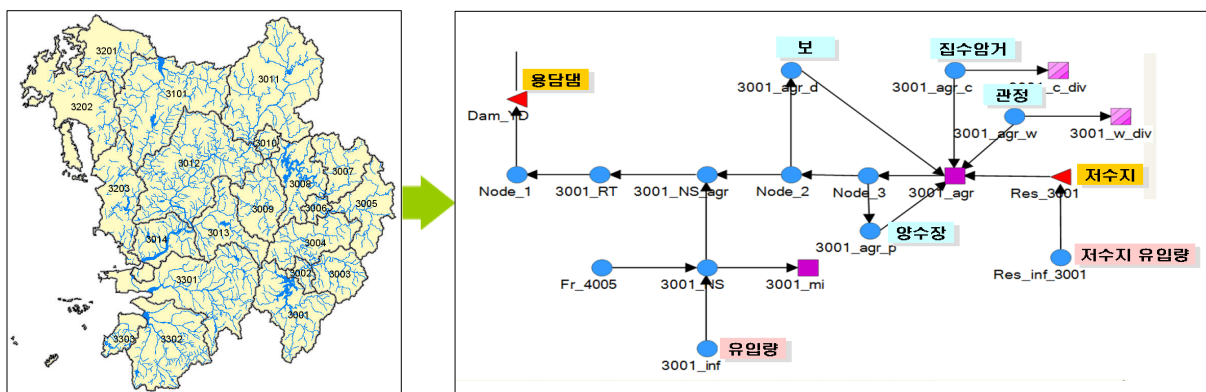


Fig 4. Network structure of 3001 watershed

## 5. MODSIM 모형을 이용한 농업용수 공급능력 평가

### 5.1 물수지 분석

물수지 분석은 36년(1967~2002)간의 시계열 자연유출량과 기준년도(2006)의 용수수요량을 기준으로 월별 모의를 수행하여 물 부족량을 산정하였다. 물수지 분석결과는 용수공급 안전도를 평가하기 위해 연도별, 소

유역별로 수요량, 공급량, 부족량, 수요량에 대한 부족량의 비율에 대하여 평가하였다. 부족량이 600(10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>) 이상 발생한 연도는 1988, 1982, 1973, 1994, 1977, 2001, 1992, 1995, 1976, 1968, 1996년 순으로 나타났으며 최대 부족량이 발생한 연도는 1988년으로 부족량이 893.5(10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>), 부족비율이 25.5%로 분석되었다. Fig. 5는 부족량을 월별로 도시한 그림으로 농업용수 부족량은 관개기인 6월~9월에 주로 발생하는 것으로 나타났다.

대표적인 가뭄년인 1994, 1995, 2001년을 선정하여 물수지 분석결과에 대한 용수공급 안전도를 평가해 보았다. Table 1에는 농업용수 수요량, 공급량, 공급능력, 부족량, 부족비율에 대해 소유역별로 정리하였다. 용수공급능력은 1994년에 74.8%, 1995년에 79.2%, 2001년에 77.9%로 과거 36개년 평균 공급능력인 84.4%보다 낮은 수준으로 분석되었다. 최대 부족량이 발생한 소유역은 1994, 1995, 2001년 모두 동일하게 금강공주(3012)로 부족량이 각각 116.6, 86.2, 125.5(10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>)로 분석되었다.

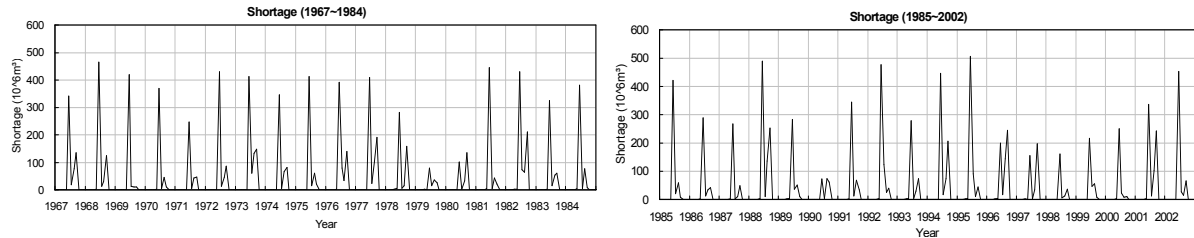


Fig 5. Agricultural water shortage of Geum river basin from 1967 to 2002

Table 1. Demand, supply, and shortage of agricultural water of each watershed in drought period (1994, 1995 and 2001)

Code	Watershed name	Demand (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Supply (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )			Supply capacity (%)			Shortage (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )			Shortage rate (%)		
			1994	1995	2001	1994	1995	2001	1994	1995	2001	1994	1995	2001
3001	Yongdam dam	65.23	42.6	39.7	57.2	65.3	60.9	87.7	22.6	25.5	8.1	34.7	39.1	12.4
3002	Yongdam downstream	4.49	3.4	3.8	3.9	75.6	84.4	86.7	1.1	0.7	0.6	24.4	15.6	13.3
3003	Muju namdeacheon	16.96	11.5	13.4	11.9	67.6	78.8	70.0	5.4	3.5	5.0	31.8	20.6	29.4
3004	Yeongdongcheon	78.18	49.4	60.9	56.9	63.2	77.9	72.8	28.7	17.3	21.3	36.7	22.1	27.2
3005	Cho river	69.77	51.4	60.0	56.5	73.6	86.0	80.9	18.4	9.8	13.3	26.4	14.0	19.1
3006	Daecheong upstream	13.09	14.1	15.0	15.1	93.4	99.3	100.0	1.0	0.0	0.0	6.6	0.0	0.0
3007	Bocheongcheon	76.49	66.7	68.2	73.8	87.2	89.2	96.5	9.8	8.3	2.7	12.8	10.8	3.5
3008	Daecheong dam	47.74	40.3	43.7	43.5	84.5	91.6	91.2	7.5	4.1	4.3	15.7	8.6	9.0
3009	Gapcheon	45.31	30.6	35.5	31.2	66.8	77.5	68.1	15.3	10.3	14.6	33.4	22.5	31.9
3010	Daecheong downstream	19.17	12.5	14.0	11.9	65.1	72.9	62.0	6.7	5.2	7.2	34.9	27.1	37.5
3011	Mihocheon	294.83	211.1	207.8	226.9	80.6	79.4	86.7	50.7	54.0	34.9	19.4	20.6	13.3
3012	Geum river gongju	323.15	206.5	236.9	197.7	63.9	73.3	61.2	116.6	86.2	125.5	36.1	26.7	38.8
3013	Nonsancheon	186.65	120.6	140.2	116.1	64.6	75.1	62.2	66.0	46.5	70.6	35.4	24.9	37.8
3014	Geum river estuary dam	187.24	161.1	169.4	153.6	86.1	90.5	82.1	26.2	17.9	33.7	14.0	9.6	18.0
3101	Sapgyocheon	470.52	397.8	390.1	426.1	84.5	82.9	90.6	72.7	80.4	44.4	15.5	17.1	9.4
3201	Deaho sea dike	185.75	115.5	114.8	115.4	62.2	61.8	62.1	70.3	70.9	70.4	37.8	38.2	37.9
3202	bunam sea dike	268.12	218.8	186.4	222.1	81.6	69.5	82.8	49.4	81.7	46.1	18.4	30.5	17.2
3203	Geum river west sea	194.71	153.9	145.5	127.3	79.0	74.7	65.4	40.8	49.2	67.5	21.0	25.3	34.7
3301	Mangyeong river	462.64	431.2	454.6	428.3	93.2	98.3	92.6	31.5	8.0	34.4	6.8	1.7	7.4
3302	Dongjin river	431.33	377.3	399.9	391.6	87.5	92.7	90.8	54.0	31.5	39.8	12.5	7.3	9.2
3303	Jiksocheon	94.45	43.3	44.4	41.9	45.9	47.0	44.4	51.1	50.1	52.6	54.1	53.1	55.7
Total (supply(%), shortage(%): average)		3535.8	2759.5	2844.2	2808.5	74.8	79.2	77.9	745.8	661.1	696.8	25.2	20.7	22.0

## 5.2 농업용 수리시설물 기여도 및 농업용수 공급능력 평가

본 연구에서는 농업용 수리시설의 운영여부에 따라 소유역별 농업용수 공급의 안전도를 평가하기 위하여 3가지 경우로 나누어 비교분석하였다. 가뭄년인 1994, 1995, 2001년에 대하여 첫 번째로 농업용 수리시설(저수지, 양수장, 보, 집수암거, 관정)을 모두 운영하는 조건(RPDCW), 두 번째로 저수지, 펌프, 보만 운영하는 조건(RPD)에서 첫 번째 경우와 비교하여 집수암거와 관정(지하수)의 공급능력을 평가하였다. 세 번째로 농업

용 저수지만을 운영하는 조건(R)에서 저수지의 공급능력을 파악하고 두 번째 경우와 비교하여 양수장과 보의 공급능력을 평가하였다. 1994, 1995, 2001년 총 부족량이 RPDCW(저수지, 양수장, 보, 집수암거, 관정)의 경우 각각 611.1, 696.8, 745.8( $10^6\text{m}^3$ )이었고, RPD(저수지, 양수장, 보)의 경우 각각 898.2, 778.2, 847.5( $10^6\text{m}^3$ )이었으며, R(저수지)의 경우 각각 2076.7, 1516.3, 2053.8( $10^6\text{m}^3$ )로 분석되었다. 저수지, 양수장, 보를 고려한 경우(RPD)와 저수지만을 고려한 경우(R)를 비교했을 때 부족량이 가장 크게 차이나는 것으로 분석되어 양수장(P)과 보(D)의 역할이 크다는 것을 알 수 있었다. Fig. 6은 2001년에 대하여 RPDCW, RPD, R의 조건에 따라 부족량이 가장 많이 발생하는 6~8월의 농업용수 부족량을 권역별로 비교한 그림이다.

이후 각 농업용 수리시설이 가뭄 완화에 미치는 영향을 평가하고자 기여량과 기여도를 분석하였다. 그 결과 1994년에 PD(양수장과 보)의 공급 기여도는 33.6%이며 CW(집수암거와 관정)의 공급 기여도는 4.3%로 나타났다. 1995년에는 PD(양수장과 보)의 공급 기여도는 29.3%이며 CW(집수암거와 관정)의 공급 기여도는 3.3%로 나타났다. 2001년에는 PD(양수장과 보)의 공급 기여도는 34.4%이며 CW(집수암거와 관정)의 공급 기여도는 4.3%로 분석되었다. Fig. 7은 농업용 수리시설물 고려에 따른 농업용수 기여율과 공급능력을 월별로 비교한 것으로 양수장과 보(PD)의 기여율이 집수암거와 관정(CW)의 기여율 보다 훨씬 크다는 것을 알 수 있다.

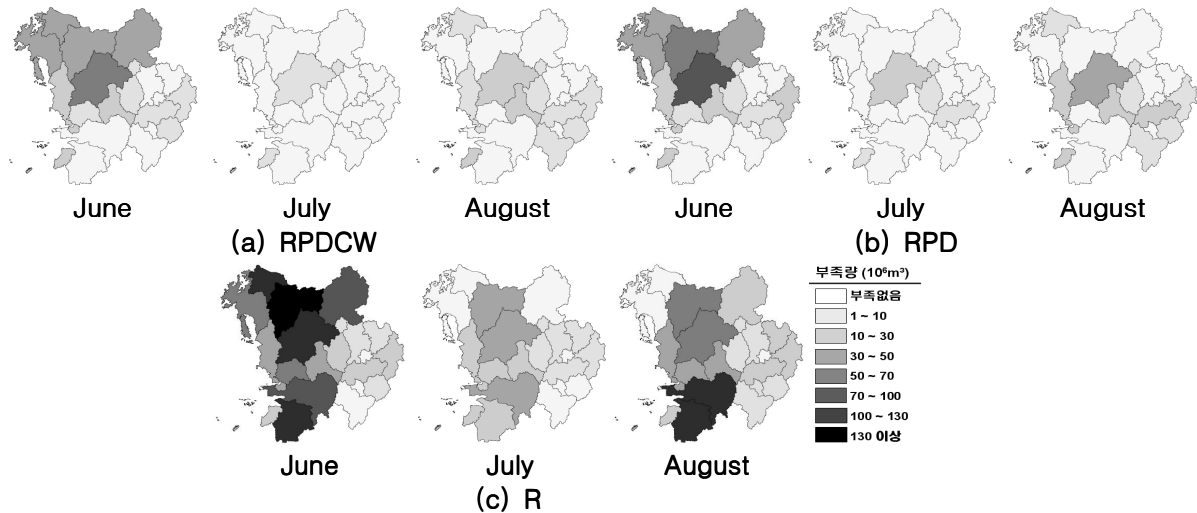


Fig 6. Comparison of agricultural water shortage by consideration for agricultural irrigation facilities in 2001

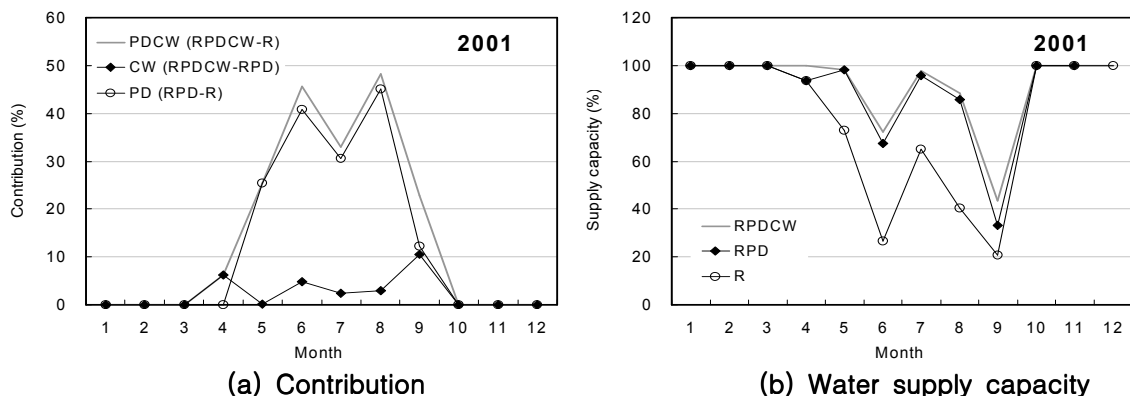


Fig 7. The agricultural water contribution and supply capacity by consideration for agricultural irrigation facilities

## 6. 결 론

본 연구는 MODSIM 모형을 이용하여 농업용수 공급능력을 평가하고자 농업용 수리시설을 고려하여 물수

지 네트워크를 구성하고, 물수지 분석을 수행하였다. 또한 농업용 수리시설물의 고려 유·무에 따른 농업용수 공급능력과 기여도를 평가하였다. 본 연구를 정리하면 다음과 같다.

1. MODSIM 네트워크 모델링을 위해 금강권역을 21개의 중권역으로 분할하고, 입력 자료로는 유출량, 용수 수요량 및 용수공급시설에 의한 공급량, 하천유지유량, 광역 물 이동량, 공급 우선순위, 댐 운영자료 등을 준비하였다. 또한 농업용 수리시설(저수지, 양수장, 보, 집수암거, 관정)의 공급량 및 운영 자료를 추가로 고려하였다.
2. 농업용 수리시설을 고려한 물수지 네트워크를 구성은 지류와 본류를 구분하고, 금강권역 내 농업용 수리시설 각각에 대해서 소유역별 하나의 큰 시설물로 가정하여 구성하였다.
3. 모형의 불수지 분석 결과 1967년부터 2002년까지의 농업용수 부족은 1988, 1982, 1973, 1994, 1977, 2001, 1992, 1995, 1976, 1968, 1996년 순으로 나타났으며, 1988년에 부족량이 893.5(10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>), 부족비율이 25.5%로 최대 부족량이 발생하였다. 대표적인 가뭄 년인 1994, 1995, 2001년의 총 부족량은 745.8(10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>), 661.1(10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>), 696.8(10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>)로 분석되었다. 대표적인 가뭄 년인 1994, 1995, 2001년의 농업용수 공급능력은 74.8%, 79.2%, 77.9%로 소유역 평균인 84.4%보다 낮은 수준으로 분석되었다.
4. 농업용 수리시설물 고려 유·무에 따른 기여도를 평가한 결과 양수장과 보의 기여율은 32.5%, 집수암거와 관정의 기여율은 4.0%로 분석되었으며, 양수장과 보에 비해서는 적은 공급량이지만 집수암거와 관정도 농업가뭄 해소에 어느 정도 영향을 주는 것으로 분석되었다.

## 감 사 의 글

본 연구는 한국수자원공사의 가뭄정보시스템(물공급Guideline중심으로)(’07~’08)용역의 연구비지원을 받아 수행된 연구임.

## 참 고 문 헌

1. 건설교통부 (1999). 수자원의 최적화 연구(III)
2. 건설교통부 (2006). 금강유역조사
3. 건설교통부 (2006). 수자원장기종합계획 보고서
4. 안상진, 최병만, 박현구, 김혁호 (2006). “유역의 최적 용수배분계획 수립을 위한 Network 모형의 적용”, 한국수자원학회 학술발표회논문집, 한국수자원학회, pp. 365~369.
5. 정태성, 강신욱, 고익환, 황만하 (2007). “금강유역에서의 KModsim을 이용한 의사결정지원시스템 개발 및 적용성 검토”, 대한토목학회논문집, 대한토목학회지, 제27권, 제3B호, pp. 319~329.
6. 차기욱, 정태성, 고익환 (2007). “최적화기법을 이용한 금강상류지역 지표수-지하수 연계운영 및 갈수기 용수공급방안 검토”, 대한토목학회논문집, 대한토목학회지, 제27권, 제5B호, pp. 507~513.
7. 한국수자원공사 (1998) 다목적댐 운영 실무 편람
8. Frevert, D.K., Labadie, J.W., Larson, R.K., and Parker, N.L. (1994). “Integration of water right and network flow modeling in the Upper Snake River Basin”, Proceedings of the 21st Annual Conference, Water Resources Planning and Management Division, ASCE, Denver, Colo., USA.