

ORIGINAL ARTICLE

## 제주도 권역별 농업용수 수요량 산정에 대한 고찰

최광준\* · 송성호 · 김진성 · 임찬우<sup>1)</sup>

한국농어촌공사 농어촌연구원, <sup>1)</sup>한국농어촌공사 제주지역본부

### Estimation of Regional Agricultural Water Demand over the Jeju Island

Kwang-Jun Choi\*, Sung-Ho Song, Jin-Sung Kim, Chan-Woo Lim<sup>1)</sup>

Rural Research Institute, Korea Rural Community Corporation

<sup>1)</sup>Jeju Regional Headquarters, Korea Rural Community Corporation

#### Abstract

Over 96.2% of the agricultural water in Jeju Island is obtained from groundwater and there are quite distinct characteristics of agricultural water demand/supply spatially because of regional and seasonal differences in cropping system and rainfall amount. Land use for cultivating crops is expected to decrease 7.4% (4,215 ha) in 2020 compared to 2010, while market garden including various vegetable crop types having high water demand is increasing over the Island, especially western area having lower rainfall amount compared to southern area. On the other hand, land use for fruit including citrus and mandarin having low water demand is widely distributed over southern and northern part having higher rainfall amount. The agricultural water demand of  $1,214 \times 10^3$  m<sup>3</sup>/day in 2020 is estimated about 1.39 times compared to groundwater supply capacity of  $874 \times 10^3$  m<sup>3</sup>/day in 2010 with 42.4% of eastern, 103.1% of western, 61.9% of southern, and 77.0% of northern region. Moreover, net secured amount of agricultural groundwater would be expected to be much smaller due to regional disparity of water demand/supply, the lack of linkage system between the agricultural water supply facilities, and high percentage of private wells. Therefore, it is necessary to ensure the total net secured amount of agricultural groundwater to overcome the expected regional discrepancy of water demand and supply by establishing policy alternative of regional water supply plan over the Island, including linkage system between wells, water tank enlargement, private wells maintenance and public wells development, and continuous enlargement of rainwater utilization facilities.

**Key words** : Cropping system, Cultivated area, Agricultural, Water demand, Jeju Island

#### 1. 서론

제주도의 농업용수 개발사업은 1960년대 초반부터 시작되어 2011년 말 현재 도 전체적으로  $908 \times 10^3$  m<sup>3</sup>/일의 농업용수원이 개발되었지만, 전체의 96.2%인  $874 \times 10^3$  m<sup>3</sup>/일이 지하수로 이루어져 지표수 및 용천

수의 농업용수 이용은 상대적으로 미약한 실정이다 (JSSGP, 2012). 또한 지하수를 이용하는 농업용수 공급시설 대부분이 관정별 단위로 구성된 반면, 관리 주체는 수리계와 지방행정계로 이분화되어 농업용수 이용 및 시설물 관리에 여러 가지 문제점을 내재하고 있다. 특히 500 m<sup>3</sup>/일 미만의 소형 농업용 시설관정이 전

Received 14 December, 2012; Revised 22 January, 2013;

Accepted 21 April, 2013

\*Corresponding author : Kwang-Jun Choi, Rural Research Institute, Ansan 426-908, Korea  
Phone: +92-31-400-1853  
E-mail: eleckj@naver.com

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.  
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

체 지하수 관정의 73%를 차지하고 있어 지하수자원의 효율적 이용과 체계적인 보전·관리를 어렵게 하는 요인으로 작용하고 있다(JSSGP와 KRC, 2012). 한편 제주도의 농업형태는 종전 식량작물 및 노지 과수원 중심에서 시설원예·특작·노지채소 중심으로 빠르게 전환되고 있으며, 이로 인하여 농업용수 수요량이 꾸준히 증가하고 있으나 공공 농업용수의 공급은 용수 수요를 충족시키지 못하고 있는 실정이다(Song과 Choi, 2012). 이는 기존 농업용수 공급시설이 관정별로 이루어져 있어 시설 간 연계 이용체계 구축이 곤란할 뿐만 아니라, 수리계 단위의 시설물 운영·관리 제도에서 비롯되고 있다(JSSGP와 KRC, 2004, 2012).

이러한 농업용수 개발·이용 특성을 갖는 제주도는 동서남북 권역별로 작물재배 특성이 상이하며 시기별로 작부체계의 차이가 많이 나타나서 이에 따라 소요되는 농업용수의 양도 시기별 지역별로 상당한 차이를 나타내고 있다. 또한 연간 강수량 분포도 지역에 따라 상당한 차이가 있으며 기후변화에 따라 점차 그 정도가 심화되고 있는 상태이다(Song과 Choi, 2012).

따라서 본 연구에서는 제주도의 농업용수 개발현황과 시기별 지역별 물이용 특성의 차이 등을 분석하고 향후 2020년 작물재배 면적 추정에 따른 권역별 농업용수 필요수량을 산정하여 제주도의 지역별 농업용수 공급 대책 방안 수립을 제시하였다.

## 2. 자료 및 방법

### 2.1. 제주도 농업용수 이용현황

#### 2.1.1. 제주도 농업용수 개발현황

2011년 말 현재 부속도서를 제외한 제주도 내에 개발된 농업용수 개발량은 총 908,177 m<sup>3</sup>/일로, 수원별

로는 지표수 5개소(14,749 m<sup>3</sup>/일, 1.6%), 용천수 1개소(9,800 m<sup>3</sup>/일, 1.1%), 지하수 3,316공(874,093 m<sup>3</sup>/일, 96.2%), 하수처리장 방류수 1개소(5,000 m<sup>3</sup>/일, 0.6%), 빗물이용시설 204개소(4,535 m<sup>3</sup>/일, 0.5%)로 구성되어 있다(JSSGP, 2012). 따라서 지하수를 주수원으로 하는 농업용수가 전체 농업용수 개발량의 96.2%를 차지하고 있어 지하수 의존도가 매우 높은 실정이다.

2011년 말 현재 제주도에 개발된 전체 지하수 관정은 조사연구용 155공을 제외하면 총 4,851공(개발량 1,458×10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/일)으로, 지하수 적정개발량(1,836×10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/일) 대비 79.4%에 해당한다(JSSGP, 2012). 이 중 농업용 관정은 3,316공(68.4%)으로 전체 개발량은 874×10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/일(59.9%)이다. 농업용 관정의 개발주체로 공공관정은 884공(667×10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/일)인 반면, 사설관정은 2,432공(207×10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/일)으로 공당 개발량이 적은 사설관정이 상대적으로 많다. 따라서 개발공수에 비해 이용 효율이 낮아 결과적으로 지하수 보전·관리에도 걸림돌로 작용하고 있다. 지역별로 농업용 공공관정이 가장 많은 곳과 적은 곳은 각각 서부지역(308공, 273×10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/일)과 동부지역(117공, 85×10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/일)이며, 사설관정은 감귤재배에 따른 물수요가 높은 남부지역(1,394공, 126×10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/일)이 많은 반면, 동부지역(173공, 16×10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/일)이 적은 것으로 나타났다(Table 1).

제주도 농업용수의 96.2%를 차지하고 있는 지하수 관정의 지역별·개발주체별 개발량을 분석한 결과 공공관정 의존율이 높은 지역은 북부지역(1,132%, 특히 애월읍), 서부지역(561%, 특히 한림읍, 한경면), 동부지역(544%, 특히 구좌읍) 순으로 나타났으며, 상대적으로 사설관정의 의존율이 높은 지역은 남부지역

**Table 1.** Statistics of production wells for agriculture both public and private over four regions of Jeju island(JSSGP, 2011)

Developer	Total	Eastern	Western	Southern	Northern
Facility(well)					
Public	884	117	308	226	233
Private	2,432	173	642	1,394	223
Total	3,316	290	950	1,620	456
Amount(10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /day)					
Public	667	85	273	124	186
Private	207	16	49	126	16
Total	874	100	322	250	202

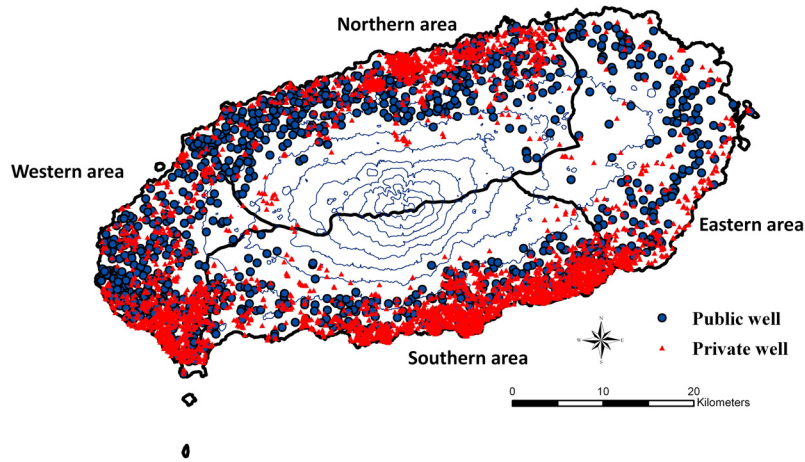


Fig. 1. Map of agricultural groundwater development and the dependence of public well.

(99%)으로 분석되었다(Fig. 1). 그리고 지역별·개발주체별 관정수를 비교한 결과 공공관정의 개발률은 북부지역(104%), 동부지역(68%), 서부지역(48%), 남부지역(16%) 순으로 나타남에 따라, 지역별 농업용수의 의존율이 개발주체별로 상이한 것으로 나타났다.

2.1.2. 농업용수 이용특성

농업용 공공관정의 지역별·시기별 이용특성 파악을 위하여 도 전역을 행정구역 및 작부체계가 비슷한 4개 지역으로 구분하여 분석하였다.

동부지역(구좌읍, 성산읍, 표선면)과 서부지역(한림읍, 대정읍, 한경면)은 각각 무, 콩, 가을감자, 당근과 마늘, 콩, 가을감자 등 시설재배작물 위주로 재배하는 반면, 남부지역(서귀포시 동지역, 남원읍, 안덕면)과 북부지역(제주시 동지역, 애월읍, 조천읍)은 각각 노지감귤, 시설감귤과 노지감귤, 콩, 양배추 등 과일류가 주 재배작물이다(Table 2, Fig. 2). 특히 지역별로 서로 다른 작물 재배와 더불어 농업용수의 시기별, 지역별 작물 수요양상이 다르게 나타나고 있다(Table 3).

농업용수 수요현황 파악을 위해 434공의 공공관정

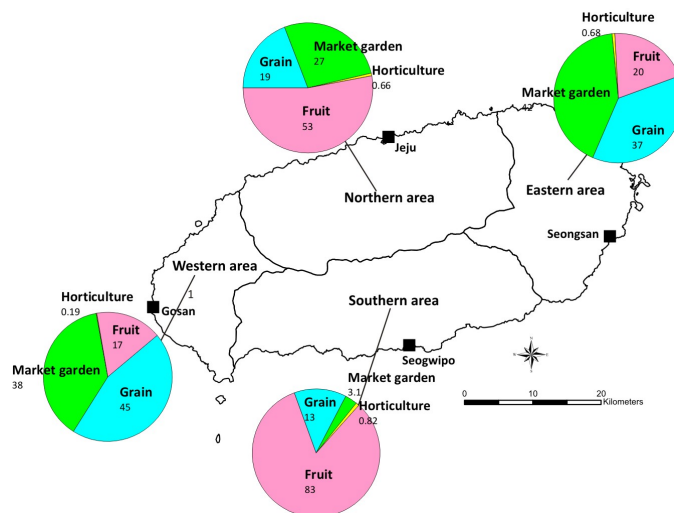


Fig. 2. Distribution of main four classes area of crop type for each region(Song and Choi, 2012).

**Table 2.** Land area for main four classes of land use in 2009(Song and Choi, 2012) (unit: ha)

Region	Total	Grain	Market garden	Horticulture	Fruit
Eastern	12,517.6	4,639.5	5,248.4	85.7	2,544.0
Western	12,955.2	5,840.3	4,937.0	24.1	2,153.8
Southern	13,324.1	1,764.0	416.8	109.6	11,033.7
Northern	10,484.1	2,005.9	2,854.2	68.9	5,555.1
Total	49,281.0	14,249.7	13,456.4	288.3	21,286.6

**Table 3.** Regional status of major crops grown and cropping systems

(a) Eastern

Division	1st calendar year												2nd calendar year											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Radish (22%)									S W								F V							
Bean (21%)					SW								HV											
Field Citrus (15%)					FL								HV HV											
Fall Potato (11%)								SW					HV HV											
Carrots (11%)								SW					HV HV											

(b) Western

Division	1st calendar year												2nd calendar year											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Garlic (18%)								SW					HV HV											
Field Citrus (14%)					FL								HV HV											
Bean (12%)					SW								HV											
Fall Potato (8%)								SW					HV HV											
Cabbage (7%)								SW					HV HV											

(c) Southern

Division	1st calendar year												2nd calendar year											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Field Citrus (70%)					FL								HV HV											
House Citrus (13%)	TI		TI		FL						HV HV													
Bean (7%)					SW								HV											

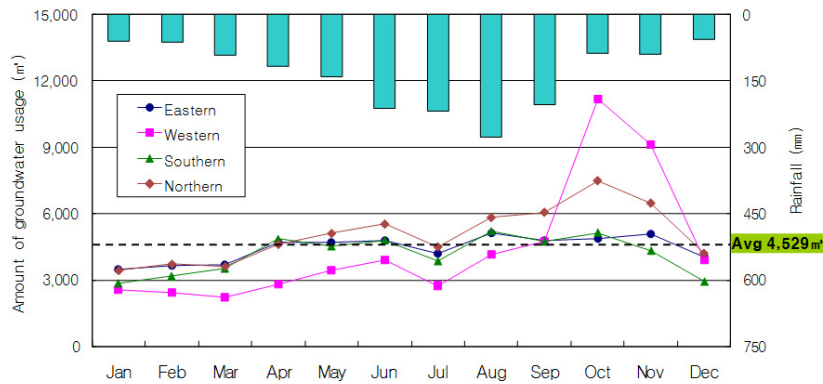
(d) Northern

Division	1st calendar year												2nd calendar year											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Field Citrus (47%)					SW								HV HV											
Bean (12%)					SW								HV HV											
Cabbage (7%)								SW					HV HV											

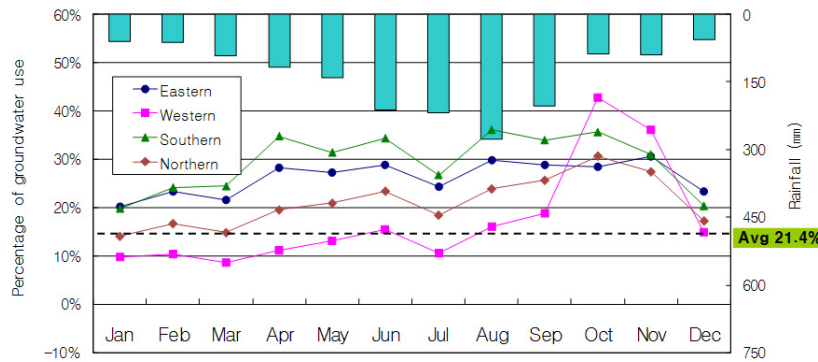
\*Dark solid line and shaded area indicate the cultivation period and the main irrigation period, respectively.

\*\* SW: Sowing, FL: Flowering, HV: Harvest, TI: Temperature Increasing

\*\*\* Table from Institute of Subtropical Agriculture Sciences Jeju National University (2003)



(a) Amount of groundwater use per well



(b) The amount of groundwater use compared to the groundwater supply capacity

Fig. 3. Monthly utilization trends of agricultural groundwater (2000~2011).

에 대해 2000년부터 2011년까지 12년간의 자료를 분석한 결과 공당 월평균 지하수 이용량은 4,529 m<sup>3</sup>/월로, 이용량이 가장 많은 10월과 가장 적은 1월이 각각 7,904 m<sup>3</sup>/월과 2,978 m<sup>3</sup>/월로 약 2.7배 차이가 나타난다(Fig. 3(a)). 또한 전반적으로 8월부터 11월까지 4개월 동안 공당 월평균 지하수 이용량이 상대적으로 높은 것으로 확인되었으며, 특히 일부 지역에서는 10~11월 2달 동안 공당 월평균 지하수 이용량 및 지하수 개발량 대비 이용량 비율이 최고로 나타났다(Fig. 3(b)). 특히 10월을 전후하여 공당 지하수 이용량 및 지하수 개발량 대비 이용량 비율이 가장 높은 이유는 가을철 파종작물인 마늘, 양파, 양배추의 생육기 용수량이 많이 필요하기 때문으로 판단된다. 공당 월평균 지하수 이용량이 가장 많은 지역은 서부지역의 대정읍이며, 그 외에 서부지역의 한림읍과 한경면, 북부지역

의 애월읍, 동부지역의 구좌읍 순으로 나타났다.

지역별 이용특성으로 서부지역은 공당 월평균 지하수 이용량 및 지하수 개발량 대비 이용량 비율이 가을작물 재배시기(9~11월) 이외에는 최저값으로 나타나는데, 이는 마늘, 가을감자, 양배추 등 가을철의 용수 수요량이 많은 작물재배 특성을 반영하는 것으로 판단된다. 남부지역은 4월~10월을 전후하여 이용률이 상대적으로 높게 나타나는데, 이는 감귤 재배에 따른 지하수 이용량의 증가에 따른 것으로 판단된다. 반면 동부지역은 남부지역의 과실류 재배 특성을 일부 반영하는 표선면을 제외하면 전체적으로 시기별 이용률 변동이 가장 적은 것으로 나타나며, 북부지역은 감귤재배와 가을 채소류의 재배로 남부와 서부지역의 특성을 모두 나타내고 있다.

## 2.2. 농업용수 수요량 산정

### 2.2.1. 재배면적 추정

2020년 농업용수 수요량 산정을 위한 주요 작물의 재배면적 추정은 자료 부족으로 인하여 30년 이상의 시계열 자료가 필요한 ARIMA 모형 대신 인구 추정 시 사용하는 등차급수법, 등비급수법, 로지스틱 곡선식을 이용하였다. 이때 이용된 자료는 2010년 읍면동 지역별 작물재배면적, 통계연보(2001~2010년) 및 농업임축수식품산업발전계획(JSSGP, 2011)의 세부 작물별 재배면적을 이용하였다.

작물재배면적의 추세분석 결과에 따르면 2020년의 채소류와 식량작물은 2010년에 비해 각각 0.61~12.13배와 0.45~2.14배 증가 또는 감소하는 것으로 추정되었다(Table 4). 채소류 일부 작물과 감자의 경우 2006년 이후 경지면적 대비 작물 재배면적이 감소함에 따라 2020년에는 평상시 2회보다 적은 연중 1회만 작물을 파종, 식재하는 것으로 추정하였다. 감귤재배면적은 제주국제자유도시종합계획(JSSGP, 2011)의 2021년 발전지표를 이용하였는데, 2021년의 전체면적은 2010년의 0.89배인 18,500 ha인 반면 시설재배면적은 2010년(2,776 ha)에 비해 점차 증가하여 전체면적의 약 27%인 5,000 ha로 추정하였다.

**Table 4.** The rate of cultivated area for 2020 compared to 2010

Crop	Rate	Crop	Rate
Citrus	0.89	Welsh Onion	2.08
Garlic	0.96	Red Pepper	6.62
Carrot	0.93	Cucumber	0.61
Onion	1.37	Rice*	1.96
Cabbage	1.15	Wheat and Barley*	0.79
Radish	1.12	Miscellaneous Grains*	2.14
Chinese Cabbage	1.60	Bean*	1.19
Watermelon	0.80	Potato*	0.45
Pumpkin	12.13		

\* The rate of food grain is the average value of the detailed crop-specific.

2020년의 농업용수 수요량 산정을 위한 재배면적 추정은 옥수수, 수수 등 잡곡류와 특용작물 등 농업용수 수요량이 적은 작물을 제외한 채소류, 감귤, 식량작물을 대상으로 산정하였다. 2020년의 재배작물별 면적 산정 결과, 부속도서를 제외한 제주도 전체에서의 수요량 산정에 이용된 면적은 총 48,421 ha이며 이중 감자를 포함한 채소류는 16,253 ha, 곡류는 13,669 ha로 나타났다(Table 5).

**Table 5.** Applied crop cultivation area in 2020 for estimating the agricultural water demand

Region	Total	Vegetable*	Citrus	Food Grain
Eastern	12,903	6,700	2,406	3,798
Western	13,902	6,193	1,878	5,831
Southern	11,556	402	9,963	1,191
Northern	10,059	2,957	4,252	2,849
Total	48,421	16,253	18,500	13,669

\* White potato in vegetable

### 2.2.2. 농업용수 수요량 산정

작물의 소비수량은 작물이 정상적으로 생육하며 좋은 품질과 수확을 많이 낼 수 있는 상태에서 소비되는 수분량으로 정의된다. 작물에 영향을 미치는 수분량은 증발산량, 침투량, 모관상승량, 유효수량 등 다양한 요소로 구성되어 있으나, 발판개 계획 시 이들 요소를 전부 측정할 수 없어 편의상 증발산량만을 계산하여 발판개 계획에 활용하고 있다. 이 때 증발산량 산정 방법은 기본적으로 기준작물에 대하여 잠재증발산량을 계산하여 이 값에 작물계수를 곱하여 산정한다(Allen 등, 1998).

잠재증발산량 계산은 제주, 서귀포, 성산포, 고산 등 4개 기상관측소의 기상관측자료(일최대기온, 일최저기온, 일평균풍속, 상대습도, 일조시간)를 이용하였으며(Table 6), 용수수요량을 산정한 대상작물의 작부체계는 제주대학교 아열대농업생명과학연구소(2003)에서 제시한 작부체계를 이용하였다(Table 7).

**Table 6.** Meteorological data for estimating regional evapotranspiration in Jeju Island

Region	Station	Data period
Eastern	Seongsan	35years(1977.1.1~2011.12.31)
Western	Gosan	24years(1988.1.1~2011.12.31)
Southern	Seogwipo	35years(1977.1.1~2011.12.31)
Northern	Jeju	35years(1977.1.1~2011.12.31)

작물계수는 작물의 증산과 토양의 증발을 복합적으로 포함하는 값으로, FAO에서 제시한 작물별 생육단계는 유년기(initial), 영양생장기(crop development), 생식생장기(mid-season), 등숙기(late-season)로 구분하며, 각 단계의 증발량 차이에 의해 각 단계별로 다양한 작물계수를 나타낸다(Allen 등, 1998). 현재 제주도 주요 작물에 대한 작물계수는 한국농어촌공사(KRC, 2005)와 농촌진흥청(RDA, 2006)에 의해 일부 제시된 바 있다. 본 연구에서 증발산량 산정 시 이용한 작물계수는 선행 연구결과를 토대로 제주도의 농업특성을

반영하여 각 작물별 파종시기 및 성장시작 시기에 따라 월별 상, 중, 하순으로 나누어 적용하였다. 주요 재배작물인 마늘, 감자, 시설감귤 등의 작물계수는 한국농어촌공사(KRC, 2005)와 농림수산식품부와 한국농어촌공사(MIFAFF와 KRC, 2008)가 각각 FAO의 작물계수를 제주도 실정에 맞게 수정 보완하여 적용한 작물계수를 사용하였다(Table 8).

농업용수 수요량은 가뭄 시에 작물관개에 필요한 용수량으로 이때 필요한 잠재증발산량은 FAO에서 추천하는 Penman-Monteith 방법을 이용하여 계산하였다. 계산은 제주도에 분포하는 4개 기상대의 관측자료를 이용하여 관측소별로 기준증발산량(ET<sub>0</sub>)을 산정하였고, 토지이용별 작물계수를 선정하여 작물증발산량(ET<sub>c</sub>)을 순별로 계산하였다.

농업용수 수요량은 이러한 계산과정을 통하여 중간단계에서의 손실을 고려하여 아래 식을 이용하여 계산하였다. 이때 10년 빈도 증발산량은 순별로 산정된 작물증발산량(ET<sub>c</sub>)의 년 최대 값에 대하여 Gumbel-

**Table 7.** Major crops and cropping systems in Jeju Island

Crops	1st calendar year												2nd calendar year													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
House Citrus	TI TI FL												HV HV													
				IR IR IR IR IR IR IR IR																						
Field Citrus													FL												HV HV	
Potato													SW												HV HV	
Garlic													SW												HV HV	
Carrot													SW												HV HV	
Onion													SW		TP										HV HV	
Cabbage													SW												HV HV	
Raddish													S W												H V	
Chinese Cabbage													SW												HV	
Bean													SW												H V	

\*Dark solid line and shaded area indicate the cultivation period and the main irrigation period, respectively.  
 \*\* SW: Sowing, FL: Flowering, HV: Harvest, TI: Temperature Increasing, TP: Transplanting, IR: Irrigation  
 \*\*\* Table from Institute of Subtropical Agriculture Sciences Jeju National University (2003)

Table 8. Crop coefficients using for calculation of evapotranspiration

Month	Water melon	Onion	Garlic <sup>1)</sup>	Radish	Carrot <sup>1)</sup>	Chinese cabbage	Bean	Upland Rice	Cabbage <sup>1)</sup>	Fall potato <sup>1)</sup>	Field citrus	House citrus <sup>1)</sup>	Barley
Jan	Early		0.15	0.38	0.81	0.46			0.28		0.30	0.18	0.73
	Mid		0.15	0.38	0.81	0.29			0.39		0.30	1.37	0.95
	Late		0.15	0.38	0.81	0.3			0.43		0.30	1.13	0.95
Feb	Early		0.20	0.41		0.32			0.35		0.36	1.38	0.95
	Mid		0.20	0.41		0.57			0.35		0.36	1.08	0.95
	Late		0.20	0.41		0.52			0.45		0.36	0.43	0.95
Mar	Early		0.45	0.6					0.31		0.44	0.21	0.73
	Mid	0.32	0.45	0.6					0.46		0.44	0.25	0.45
	Late	0.32	0.45	0.6					0.4		0.44	0.43	0.45
Apr	Early	0.45	0.20	0.84							0.51	0.6	0.32
	Mid	0.59	0.20	0.84							0.51	0.44	0.32
	Late	0.72	0.20	0.84							0.51	0.44	0.32
May	Early	0.86	0.20	0.88			0.32	0.32			0.43	0.32	
	Mid	0.86	0.20	0.87			0.41	0.32			0.43	0.72	
	Late	0.86	0.20	0.84			0.5	0.52			0.43	0.32	
Jun	Early	0.72	0.30	0.83			0.52	0.73			0.50	0.25	
	Mid	0.59	0.30				0.54	0.95			0.50	0.25	
	Late		0.30				0.72	0.95			0.50	0.27	
July	Early						0.9	0.95			0.47	0.32	
	Mid						0.9	0.95			0.47	0.17	
	Late						0.9	0.95			0.47	0.25	
Aug	Early						0.9	0.73			0.80	0.2	
	Mid					0.5	0.9	0.45	0.57		0.80	0.11	
	Late					0.5	0.9	0.45	0.57	0.5	0.80	0.16	
Sep	Early		0.32	0.17		0.5		0.32	0.57	0.5	0.80	0.1	
	Mid		0.32	0.17	0.32	0.5	0.32		0.57	0.5	0.80	0.38	
	Late		0.32	0.17	0.32	0.5	0.32	0.32	0.57	0.65	0.80	0.15	
Oct	Early		0.40	0.39	0.45	0.49	0.45		0.57	0.85	0.56	0.59	
	Mid		0.40	0.83	0.59	0.58	0.59		0.7	0.83	0.56	0.55	
	Late		0.40	0.96	0.74	0.57	0.72		0.7	1.07	0.56	0.19	
Nov	Early		1.10	1.07	0.90	0.58	0.86		0.7	0.84	0.59	0.37	
	Mid		1.10	1.06	0.90	0.73	0.86		0.92	0.65	0.59	0.28	
	Late		1.10	0.78	0.90	0.66	0.86		0.77	0.69	0.59	0.3	
Dec	Early		0.70	0.45	0.81	0.66	0.86		0.71	0.69	0.31	0.21	0.32
	Mid		0.70	0.45	0.81	0.68	0.86		0.48	0.69	0.31	0.16	0.32
	Late		0.70	0.45	0.81	0.53			0.31	0.69	0.31	0.17	0.52

\* <sup>1)</sup> Estimation of irrigation water requirements for upland corps in Jeju(KRC, 2005), other crops coefficients from the basic plan report of rural water development projects for Hamdeok district in Jeju(MIFAFF and KRC, 2008)



Chow 분포에 의해 빈도해석을 실시한 후 산정하였으며, 관개효율은 스프링클러를 사용하는 경우의 설계 기준인 80%를 적용하였다(MIFAFF, 1998). 그리고 3.2절에서 추정된 2020년 읍면별 작물재배면적과 조용수량을 곱하여 농업용수 수요량을 최종적으로 산정하였다.

- 순용수량 = 10년 빈도 증발산량
- 조용수량 = 순용수량 / 관개효율
- 읍면별 농업용수 수요량 = 작물재배면적 × 조용수량

### 3. 결과 및 고찰

수요량 산정 시 급수 대상작물을 채소류(감자 포함), 감귤, 곡류 모두에 대하여 고려할 경우 10년 빈도 가뭄에는 전체적으로 1,622,342 m<sup>3</sup>/일이 필요한 것으로 분석되었다(Table 9). 지역별로는 서부지역(한림

**Table 9.** Agricultural water demand for the frequency of 10 years drought in 2020

Region	Water supply area(ha)	Water demand (m <sup>3</sup> /day)	Ratio (%)
Eastern	12,903	362,520	22.3
Western	13,902	404,826	25.0
Southern	11,556	468,639	28.9
Northern	10,059	386,358	23.8
Total	48,421	1,622,342	100.0

\* Water supply target crops: vegetables(+potato), citrus, food grains

읍, 한경면, 대정읍)과 동부지역(구좌읍, 표선면, 성산읍)이 각각 404,826 m<sup>3</sup>/일과 362,520 m<sup>3</sup>/일로, 서부지역이 동부지역에 비해 42,306 m<sup>3</sup>/일(11.7%) 많은 것으로 분석되었다. 또한 북부지역(제주시 동지역, 조천읍, 애월읍)과 남부지역(서귀포시 동지역, 안덕면, 남원읍)의 수요량은 각각 386,358 m<sup>3</sup>/일과 468,639 m<sup>3</sup>/일로, 북부지역에 비해 남부지역이 82,281 m<sup>3</sup>/일(21.3%) 많은 것으로 분석되었다.

그러나 급수대상 작물 중 내한성이 강한 콩, 보리 등 곡류를 제외하고 채소류(감자 포함), 감귤에 대한 수요량을 산정하는 경우, 10년 빈도 가뭄 시에 농업용수는 제주도 전체적으로 1,214,309 m<sup>3</sup>/일이 필요한 것으로 분석되었다(Table 10). 지역별로는 서부지역(311,929 m<sup>3</sup>/일)이 동부지역(235,843 m<sup>3</sup>/일)에 비해 76,086 m<sup>3</sup>/일(32.3%)이 큰 것으로 나타났다. 반면 북부지역과 남부지역의 수요량은 각각 262,408 m<sup>3</sup>/일과 404,129 m<sup>3</sup>/일로, 남부지역이 북부지역에 비해 141,729 m<sup>3</sup>/일(54.0%) 많은 것으로 분석되었다.

농업용수의 최대 수요(10년 빈도 한발 시의 농업용수) 발생 시의 수요량과 지하수 시설의 공급능력(2011년 말 기준)을 지역별로 비교한 결과, 기존 시설에 의한 농업용수 보장량은 874,093 m<sup>3</sup>/일로서 총 수요량(1,214,309 m<sup>3</sup>/일)의 72.0%로 분석되었다. 지역별로는 동부지역의 보장량(100,055 m<sup>3</sup>/일)이 총 수요량(235,843 m<sup>3</sup>/일)의 42.4%로 나타나, 서부지역(103.1%), 남부지역(61.9%), 북부지역(77.0%)에 비해 가장 낮은 것으로 나타났다(Table 10).

결과적으로 제주도의 농업용수 총보장량은 총수요량의 72.0%로 비교적 높은 반면 지역별로는 용수공급 불균형 현상이 심한 것으로 나타났다. 또한 용수 부족

**Table 10.** Estimated agricultural water demand

Region	Water supply area (ha)	Water demand in 2020(m <sup>3</sup> /day)	Supply capacity in 2011(m <sup>3</sup> /day)	Ratio (%)
Eastern	9,106	235,843	100,055	42.4
Western	8,072	311,929	321,735	103.1
Southern	10,365	404,129	250,300	61.9
Northern	7,210	262,408	202,003	77.0
Total	34,753	1,214,309	874,093	72.0

\* Water supply target crops : vegetables(+potato) and citrus except food grains

지역에서 농업용수의 공급 시설간 연계 이용 체계가 미흡할 뿐만 아니라 시설관정이 차지하는 비율이 높아 실제 농업용수 수요량을 충족시킬 수 있는 순보장 총량은 이보다 훨씬 적을 것으로 판단된다. 특히 서부 지역의 경우 가을철의 높은 물수요 대비를 위한 지하수 개발로 수요량 대비 보장량이 100%를 넘지만, 가을철 작물재배에 따른 물 수요량 집중(2011년 10월 농업용 공공관정 지하수 개발량 대비 이용량 비율; 평균 93.4%, 보장량 초과 관정 36.5%) 현상을 고려하면 10년 빈도 가뭄을 고려한 수요량보다 실제 농업용수 수요량이 더 클 것으로 추정된다. 따라서 기존 공공관정의 송배수관로 연장 확장, 배수조 확대, 관정간 연계 체계 구축, 관정별 양수능력 재조정, 시설관정의 대폭적인 정비와 대체 공공관정의 개발 및 빗물이용시설 확대 등을 통한 총보장량 증가 대책 마련이 필요할 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

제주도 주요작물 재배면적에 대하여 향후 전망을 분석한 결과 식량작물의 재배면적은 점차 감소하는 반면 채소류의 재배면적은 시설재배작물의 꾸준한 수요증가에 따라 증가 경향이 나타나고 있다. 최근 10년간의 사회경제적 요인을 반영한 2020년 주요작물 재배면적의 변화전망은 과거 40년에 비해 변화폭은 작지만 감소하며, 2010년에 비해 7.4%(4,215 ha) 줄어드는 것으로 추정된다. 그러나 주요작물 재배면적 감소의 주원인인 노지감골 재배면적 감소분은 농업용수 수요량이 상대적으로 많은 시설감골 및 시설과실류로 전환되고, 전체 채소류 재배면적은 감소하지만 수요량이 많은 시설채소류의 재배면적이 늘어날 것으로 전망됨에 따라 향후 농업용수의 수요량 또한 꾸준히 증가할 것으로 판단된다.

급수대상 작물 중 내한성이 강한 콩, 보리 등 곡류를 제외하고 채소류, 감귤, 감자에 대한 수요량을 산정할 경우, 10년 빈도 가뭄 시의 농업용수가 축산용수를 제외하고 제주도 전체적으로  $1,214 \times 10^3$  m<sup>3</sup>/일이 필요한 것으로 분석되었다. 또한 농업용수 실제이용량은 농경지에서 관수방법에 따라 달라지는데 향후 제주도 토양, 작물에 적합한 효율이 높은 관수방법이 연구 개

발되고 농가에 보급되면 실제 농업용수 이용량은 절감될 수 있으므로, 농업용수 개발계획을 수립할 때는 급수대상 작물이 채소류, 감귤, 곡류인 경우의 총수요량보다 채소류(감자 포함), 감귤인 경우의 수요량을 기준으로 하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

결론적으로 농업용수의 최대 수요(10년 빈도 한발시)를 가정한 상태에서 2020년 수요량과 2011년말 기준 농업용수를 공급할 수 있는 기존의 수리시설의 공급능력(지표수 제외)을 비교하면, 기존 지하수 시설에 의한 농업용수 보장량은 총 수요량의 72.0%인  $874 \times 10^3$  m<sup>3</sup>/일로 분석되었다. 또한 권역별로 보장량의 차이가 크게 나타남에 따라 향후 지역별 용수수급 뿐만 아니라 시기별 작물재배에 따른 용수 확보계획의 합리적 수립이 필요할 것으로 판단된다.

#### 감사의 글

본 연구는 제주도 농업용수 종합계획 수립 사업과 국토교통부 건설교통기술지역특성화사업의 연구비 지원(10지역기술혁신B02, 제주수자원연구단)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

#### 참고 문헌

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M., 1998, Crop Evapotranspiration - Guidelines for Computing Crop Water Requirements, FAO Irrigation and drainage paper 56, Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Jeju National University, 2003, Estimation of Irrigation Water Requirements for Upland Crops in Jeju.
- Jeju Special Self-Governing Province, 2011, Agriculture Forestry Livestock Fisheries Food Industry Development Plan.
- Jeju Special Self-Governing Province, 2011, Database using for Groundwater License.
- Jeju Special Self-Governing Province, 2011, Jeju Free International City Comprehensive Plan.
- Jeju Special Self-Governing Province, 2012, Water Resources Management Master Plan(draft).
- Jeju Special Self-Governing Province and KRC, 2004, Jeju Island agricultural comprehensive planning.

- Jeju Special Self-Governing Province and KRC, 2012, Jeju Island agricultural comprehensive planning (draft).
- KRC, 2005, Estimation of Irrigation Water Requirements for Upland Crops in Jeju.
- MIFAFF, 1998, Planning and Design Criteria for the Agricultural Infrastructure Maintenance Projects; Irrigation.
- MIFAFF and KRC, 2008, The Basic Plan Report of Rural Water Development Projects for Hamdeok District in Jeju.
- RDA, 2006, Studies on Water Management Technology on Upland Soil(Volcanic Ash Soil) in Subtropical Area.
- Song, S. H. and Choi, K. J., 2012, An Appropriate Utilization of Agricultural Water Resources of Jeju Island with Climate Change (I), J. Soil Groundwater Environ., 17(2), 62-70.