KCID 기술정보지

세계 농업과 물

2022년 12월(통권 제70호)





CONTENTS

2022년 12월(통권 제70호)

	회장 인사말 • 이병호 희망찬 미래를 KCID와 함께!	003
01	논문 및 기술정보 • 이향미 청년농업인 스마트팜 도입 수요 결정요인 연구 • 서상진 맑은 물 공급 사업 효과 분석 • 최정훈 전북 스마트팜 교육 · 혁신단지 조성사업-멸종위기종 발견 및 대처	015
02	제24차 ICID 호주총회 한국참가자 논문 및 보고서 • 윤광식 통합물관리 유역종합계획의 농업용수 관리 전략 • 방재홍 담수호의 다목적 용수 공급을 위한 시나리오 기반 물수지 분석 • 윤푸른 농업환경보전프로그램의 농업활동 영향 평가를 위한 물-식량-에너지 넥서스 연계 분석 ···· • 김마가 저수지 가뭄지수를 이용한 월 가뭄 전망과 가뭄대응 저수지 운영률 평가 • 김귀훈 CCTV 이미지 분리를 이용한 농업용수로의 수위 산정 • 도종원 한국의 미래 농업용수 관리에 대한 통합적 접근 방향	037 047 062 071 085 093
03	국제 협력 • 이희진 │ 2022년 ICID 제24차 총회 참가기 ···································	
04	관개배수 역사 • 이세엽 의성 소류지 관개시스템 소개 • 김주창 제주 서귀포 천제연 관개수로 • 이재수 국가중요농업유산의 이해	127 139 146
05	특별 기고 • 이난희 KCID 30여 년 동안 참 많은 발전을 하였습니다····································	159
06	KCID 소식	173
07	ICID 소식	178
80	국제농업 동향	180
09	도서 소개	186
10	트그 아내	195

희망찬 미래를 KCID와 함께!



이 병호 한국관개배수위원회 회장 한국농어촌공사 사장

2022년은 코로나라는 뜻하지 않은 변수 속에서 소중한 일상을 되찾는 의미 있는 시간이었습니 다. KCID도 회원 여러분들의 관심과 지원으로 국제관개배수위원회(ICID) 및 한국농어촌공사 와 협력해 다양한 활동을 다시 시작할 수 있었습니다.

지난 8월에는 ICID 세계관개시설물유산(WHIS) 심포지엄을 성공적으로 개최하며 우리 전통 관개시설을 활용한 지속 가능한 지역 발전에 대해 모색했습니다. 심포지엄에는 관련 지자체들 과 기관 및 학계 전문가들이 참석해 등재시설의 활용·발전방안을 공유하고 타 인증제도와의 상 호협력을 통한 사업활성화 방안도 논의했습니다.

10월에는 호주 애들레이드에서 2년 만에 제24차 ICID 총회가 열렸습니다. 한국의 젊은 전문 가 2인이 최고 발표상을 수상하는 성과를 이뤄냈으며, KCID가 라오스 국가위원회의 2023년 ICID 회원 가입지원의 역할을 맡게 되었습니다. 이는 KCID가 저개발국의 지속적 농업용수 관 리와 상호협력에 대한 국제적 참여를 돕는다는 의미에서 고무적인 일입니다.

이런 성과 속에서도 KCID는 식량안보 증진을 위한 관개배수 기술 발전에 기여하기 위한 역할 을 깊이 고민하고 있습니다. 전 세계적으로 기후와 식량안보에 대한 위기의식이 커지면서 식량 생산의 핵심 자원인 물을 어떻게 관리할 것인가가 주요 현안으로 대두되고 있습니다.

KCID는 가장 활발한 활동을 펼치고 있는 ICID의 위원회 중 하나로서, 국내에서는 정부가 추 진 중인 물관리 정책에 기여하고, 세계에서는 관개·배수 분야를 비롯한 농촌지역개발 등 우리 가 보유한 기술과 경험을 충분히 활용해 세계화할 수 있도록 쉼 없이 노력하겠습니다.

2023년 새해에는 11월에 인도에서 제25차 ICID 총회 및 제74차 집행위원회가 개최될 예정입 니다. KCID 회원 여러분들의 적극적인 참여와 활동으로 올해의 성과를 넘어선 뜻깊은 교류의 장이 되기를 기대합니다.

올 한해 함께 해 주신 KCID 회원 여러분께 감사의 말씀을 전하며, 새해에는 소망하시는 모든 일이 이루어지는 한 해가 되기를 기워합니다.

청년농업인의 스마트팜 도입 수요 결정요인 연구

Determinants of the Demand for Smart Farm Adoption by Young Farmers

이하다 _ 한국농어촌공사 농어촌연구원(yihyangmi@ekr.or.kr)

Abstract

The government plans to enlarge the production proportion of smart farming up to 30% and expand the present smart farming at the level of 300 billion won to a sizable amount of 1 trillion won. In order to efficiently pursue such a state affair, we need to research and find out the demand of young farmers for adopting smart farming. Thus, in this research, with the young farmers as our research target, we conducted an empirical analysis on the determinants of the demand for smart farm adoption by young farmers. For this, in this research, we utilized the bivariate probit model. As a result of analysis, among the farming characteristics of young farmers there is one that implies that as the proportion of leased land becomes bigger, demand of using idle land increases. However, this is not leading to any statistically significant influence on the demands for smart farming adoption. On the other hand, the livestock and discussed crops related farming styles were analyzed to exert statistically meaningful influence on the utilization of idle farmlands and the demands of adoption for smart farming. Therefore, with the livestock farmers and young farmers who are cultivating discussed crops as the target, we need to develop a smart farming model utilizing idle farmlands. However, in the case of young farmers working on controlled horticulture, they do not have demands for utilizing idle lands but at the same time have demands for adopting smart farming, so for them, we have to develop a supply model from the previous smart farming model.

Keyword: Bivariate probit model, Idle land, Smart farming, Young farmers

I. 서론

우리나라 시설농업 면적은 전체 경작지의 약 5.4%를 차지하고 있는데, 2000년 대비 2021년 시설농업 면적은 21.7% 감소하였다. 지목별로 시설면적 비중은 논은 85.4%, 감소했지만 받은 49.8% 증가하였다. 한편 농업 인구 감소에 따른 생산 노동력 부족 문제를 해결하는데 스마트 팜이 기여할 것으로 주목받고 있다(허철무·악무형, 2022), 실제로 스마트팜 도입으로 고용노동 력 1인당 생산량은 36.8% 증가했고. 고용노동비는 9.5% 절감했다(농림축산식품부, 2016).

일반적으로 스마트팜(축사)은 주로 생산 기능을 강화하기 위한 시설장비(H/W)에 초점을 둔 협의의 개념과 생산뿐만 아니라 가공·유통·소비 등 농업 가치사슬(value chain)의 모든 단계 에 걸쳐, 데이터·인공지능(S/W)에 기반을 두고 농업혁신을 창출하는 광의의 개념인 스마트 농업으로 구분할 수 있다(변재연, 2022).

이러한 시설농업 광의의 개념으로 정부는 농업의 미래 성장산업화를 위해 농업혁신을 이끌 청년 농업인 3만 명 육성과 스마트농업 확산을 위한 임대형 스마트팜을 조성하고, 스마트팜 빅데이터 플랫폼을 구축하여 데이터 수집·활용 촉진을 국정과제로 추진 중이다. 1) 이와 같이 정부는 스마트 농업 생산비중을 30%까지 늘려 현재 3.000억 원 수준인 스마트 농업을 1조 원 규모로 확대하는데, 이러한 국정과제의 효율적 추진을 위해서는 청년농업인들의 스마트팜 도입 수요를 면밀히 파악할 필요가 있다.

하지만 지금까지 청년농업인들의 스마트팜 도입 수요를 파악한 연구는 매우 부족한 실정이 다. 이향미(2022)는 스마트팜 도입 수요가 있는 청년농업인들의 주요 특징은 살펴보았지만, 이들의 스마트팜 도입 수요에 영향을 미치는 요인들을 정량적으로 파악하지는 못했다. 그리 고 기존 연구들은 주로 스마트 농업 현황과 문제점 파악(변재연, 2022), 스마트팜 성과분석 (농림축산식품부·농림수산식품교육문화정보원, 2022, 홍재표 외, 2019)에 집중되어 있다. 또 한 기존 연구들은 일반 농업인들 대상으로 하고 있어 청년농업인의 스마트팜 도입 확대 방안 을 모색하는 것은 한계가 있다.

이러한 맥락에서 본 연구에서는 주요 선진국의 청년농업인 육성지워 정책을 비교·검토하고, 우

¹⁾ 정부는 2014년부터 스마트팜을 농업의 핵심 성장동력으로 보고 스마트팜 보급사업을 본격적으로 추진하였 으며, 정부지원 스마트팜 보급예산 및 R&D 예산은 매년 36%씩 증가하고 있다. 이와 같이 정부의 적극적인 지원으로 스마트팜 시장의 규모는 연평균 5%씩 지속적으로 성장하였다. 그 결과 보급 면적이 2014년 이후 10배 이상('14년 405ha → '21년 6,485ha) 확대되었으며, 정부는 2025년까지 8,000ha 보급을 목표로 하 고 있다(https://datalink.nabo.go.kr/9791167990532/2).

리나라 관련 정책의 개선 방안을 제안하였다. 그리고 전국의 청년농업인들을 대상으로 스마트 팜 도입 수요 결정요인을 실증분석하고, 분석결과를 바탕으로 정책적 시사점을 제안하였다.

Ⅱ. 주요 선진국의 청년농업인 육성 정책 검토와 스마트팜 현황

1. 국내외 청년농업인 육성 정책과 문제점

우리나라 시설재배 청년농업인 육성은 「농업·농촌 및 식품산업 기본법」제24조(가족농가의 경영안정과 농업종사자의 육성)에 따라 청년창업형 후계농(청년후계농)으로 선발된 자 중 독립경영 예정자와 스마트팜 청년창업 보육사업 입문과정 및 교육형 실습과정을 이수하고 경영 실습과정을 하고자 하는 자는 별도 영농계획서 심사 없이 최우선 지원하고 있다.

일본의 청년농업인 육성 정책은 신규 취농 종합지원정책(신규취농자 육성정책, 농업인재력강화 총합지원사업)과 청년창업농(신규취농자) 육성 관련 사업, 농업경영상속사업 등이 있다. 2) EU 청년농업인들의 주요 진입 장벽은 토지의 가격과 가용성, 부담스러운 행정 요구 사항과 함께 낮은 수익성 등이다. 이러한 청년농업인의 진입장벽을 해소하기 위해 EU는 2023년부터 새로운 공동농업정책(CAP, Common Agricultural Policy)이 실시될 예정이다. 그리고 EU 청년농업인은 농장 투자 외에 가공 및 마케팅 활동에 대한 지원은 물론 농업 관광, 조경 등과 같은 비농업 활동으로의 다양화로부터 혜택을 받을 수 있다. EU의 고령화 문제는 타선진국에 비해 심각하지 않지만, 유럽 역시 CAP에서 청년창업농을 지원하도록 규정하고 있다. 특히 18세~40세 미만의 영농경력 5년 이하의 청년농업인에게는 영농정착 지원금 외에 직불금을 제공하고 있으며, 농지 이양(Land mobility)을 통해 청년농업인은 농지를 확보할 수 있다. 그리고 EU 역시 Farm Mobility Program을 통해 노동, 가축, 토지, 자본, 시설 등 주요 영농기반에 대해 영농승계가 이루어질 수 있도록 제도화하고 있다.

위에서 살펴본 것처럼 일본, 유럽 등 주요 선진국들 역시 농촌지역의 고령화가 사회적 문제가 되면서, 농촌지역 재생산을 위해 청년농업인의 영농 유입을 위해 각종 지원 정책을 추진하고 있다. 하지만 아직까지 우리나라는 제3자 계승을 통한 영농기반 이양 및 계승은 일본처럼 활발하지 않다. 따라서 농촌인구가 급격히 감소하고 있고, 경영주의 고령화 진전으로 후계자를 확보하지 못한 고령 경영주의 영농기반과 영농 노하우를 원활히 전달할 수 있는 시스템 구축은 매우시급한 것으로 사료되다.

²⁾ 일본의 청년농업인 육성 정책은 지금도 시행되고 있다.

2.스마트팜 보급 현황

스마트팜은 IoT, 로봇 공학, 드론, AI와 같은 기술을 사용하여 농장을 관리하여 생산에 필요한 인력을 최적화하면서 농작물의 양과 품질을 높이는 것으로, 스마트팜은 농업에 정보 및 데이터 관리 기술을 사용하는 것으로, 소프트웨어, 센서 및 로봇을 포함한 이러한 기술은 농업 시스템 의 생산성과 효율성을 높이는 것이다. 이러한 스마트팎은 영농형태는 스마트 온실, 스마트 과수 원, 스마트 축사로 구분할 수 있다.



자료: https://www.smartfarmkorea.net

그림 1 | 스마트팜의 영농형태

우리나라 스마트 농업 경영주의 평균 연령은 2018년 53.0세, 2019년 52.3세, 2020년 52.9세 로 중장년층을 중심으로 보급되어 있다. 반면 40세 미만의 스마트 농업 경영주 비중은 2018년 9.2%, 2019년 13.2%, 2020년 10.9%로 10.0% 남짓에 불과하다(변재연, 2022). 따라서 아직 까지 청년농업인들의 스마트 농업 수요는 타 연령층에 비해 적극적이지 않은 것으로 판단된다. 이것은 결국 청년농업인들의 스마트팜 도입 확대를 위해서는 이들의 스마트팜 도입 수요에 영 향을 미치는 요인들을 파악 후 맞춤형 지원 정책을 적극적으로 추진할 필요가 있다는 것을 의 미하다.

표 1 시설원예 스마트농업 경영주 연령 추이

단위 : 세, %

구분	2018	2019	2020
평균 연령	53.0	52.3	52.9
- 40세 미만	9.2	13.2	10.9
- 40~50세 미만	29.1	22.6	23.6
- 50~65세 미만	52.0	54.9	53.3
- 65세 이상	9.7	9.3	11.9
평균 영농경력	20.2	20.3	19.0

자료: 변재연(2022)

현재까지 스마트팜(시설원예)의 농가당 보급면적은 2017년 0.72ha, 2018년 0.64ha, 2019년 0.58ha, 2020년 0.51ha로 감소하였다. 따라서 아직까지 우리나라 시설원예의 스마트팜 보급 면적은 소농규모에 불과하다. 그리고 전체 시설원예면적(5,634ha) 대비 스마트팜 보급 면적(1,902ha) 비중을 살펴보면, 딸기 33.8%, 참외 35.9%, 토마토 14.4%, 파프리카 5.7%이다. 따라서 딸기와 참외만 시설원예면적의 30% 남짓을 차지하고 있어, 그 외 작물들은 일반 시설농업 비중이 높다. 그리고 스마트팜에서 재배되고 있는 작물은 딸기, 참외, 토마토, 파프리카의 4개 품목에 80% 이상이 집중되어 있다. 따라서 아직까지 스마트팜은 다양한 품목으로 확대되지 못하고 있으며, 과채류 중 4개 품목에 집중되어 있다. ³⁾

표 2 시설원예 분야 스마트팜 보급 실적

단위: ha

구분	2017	2018	2019	2020
스마트팜 보급면적(A)	4,010	4,900	5,383	5,985
보급 농가수(B)	5,585	7,653	9,254	11,633
호당 보급 면적(A/B)	0.72	0.64	0.58	0.51

자료: 변재연(2022)

³⁾ 스마트팜의 보급실적은 변재연(2022)에서 인용하였다.

Ⅲ. 스마트팜 도입 수요 결정요인 분석

1. 이용자료와 분석 방법

청년농업인의 스마트팜 도입 수요를 파악하기 위해 본 연구에서는 전국의 청년농업인을 조사 모집단으로 설정하였다. ⁴⁾ 그리고 인터넷 조사 사이트 개설 후 2022년 7월 5일 ~ 9월 20일까 지(약 2개월) 청년후계농을 대상으로 스마트팜 도입 수요를 조사하였다. 총 1,100명이 조사에 참여하였으며, 불성실한 응답을 한 농가를 제외하고 총 1.012명을 분석하였다.

일반적으로 청년농업인은 농지 확보에 어려움이 있기 때문에 기존 경작지 이외에 유휴농지를 활용할 수 있다. ⁵⁾ 따라서 본 연구에서는 청년농업인의 유휴농지 활용 수요에 영향을 미치는 요 인과 스마트팜 도입 수요에 영향을 미치는 요인을 동시에 추정하였다. 이를 위해 본 연구에서는 스마트팜 도입 수요와 유휴농지 활용 수요 간 상호작용 또는 동시선택 가능성을 고려할 수 있는 이변량 프로빗 모델(bivariate probit model)을 활용하였다.

일반적인 프로빗 모형을 확장한 이변량 프로빗 모형은 식 (1), 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다. 여기서 청년농업인 i의 유휴농지 활용 수요와 스마트팜 도입 수요에 있어 각각 관측되는 부 분(Y)과 미관측 부분(Y*)을 나타내고, 확률변수 는 표준정규분포를 따른다고 가정한다. 확률 행렬 X_{1i} , X_{2i} 는 각각 선택한 i번째 관측값에 대한 특성변수를 나타낸다. 그리고 이변량 프로 빗 모형에서 선택모형(selection model)은 식 (1). 결과모형(outcome model)은 식 (2)와 같다.

$$\stackrel{\Delta}{\hookrightarrow} \ (1) \quad Y_{1i} = X_{1i}\beta_1 + \mu_{1i}, Y_{1i} = 1 \ \ \text{if} \ \ Y_{1i}^* > 0, Y_{1i} = 0 \ \ otherwisw$$

$$\stackrel{\triangle}{\to} \quad (2) \quad Y_{2i} = X_{2i}\beta_1 + \mu_{2i}, Y_{2i} = 1 \ \ \text{if} \ \ Y_{2i}^* > 0, Y_{2i} = 0 \ \ otherwisw$$

그리고 식 (1)과 식 (2)의 두 모형간 오차항이 서로 상호관련되어 있는 경우 식 (3)과 같이 공 분산이 일정한 값을 갖는다. 이러한 이변량 정규분포를 하는 경우 결합밀도함수는 식 (4)와 같이 나타낼 수 있고, 식 (5)의 누적밀도함수를 최우추정법에 의해 식 (6)과 같이 추정할 수 있다.

⁴⁾ 청년후계농은 「청년농업인 영농정착지원사업」으로 선정된 자로, 이들은 국정과제로 선정되어 각종 정책지원 혜택을 받고 있다. 따라서 본 연구에서 청년농업인은 청년후계농을 포함하는 광의의 개념으로 사용하였다.

⁵⁾ 유휴농지는 2년 이상 경작을 하지 않아 경지로서의 형태를 상실하였고. 앞으로도 경지로 이용할 가능성이 없 다고 판단되는 땅으로 경지에서 제외된다. 유휴농지 활용 필요성은 이향미(2022)를 참조할 수 있다.

식 (3)
$$cov(\mu_{1i}, \mu_{2i}) = \rho$$

$$\stackrel{\triangle}{-} \quad (4) \quad \phi_2(\mu_{1i},\mu_{2i},\rho) = \frac{1}{2\pi\sigma_{u1}\sigma_{u2}\sqrt{1-\rho^2}} \exp[-\frac{1}{2}(\frac{\mu_1^2+\mu_2^2-2\rho\mu_1\mu_2}{1-\rho^2})]$$

식 (5)
$$\Phi_2(\mu_1,\mu_2,\rho) = \int_{\mu 1} \int_{\mu 2} \phi(\mu_1,\mu_2,\rho) d\mu_1 d\mu_2$$

식 (6)
$$\ln L = \sum_{i} (\ln \Phi_2(\mu_1, \mu_2, \rho))$$

2. 분석 결과

본 연구에 참여한 총 1,012명 중에서 현재 스마트팜을 도입한 농가는 13.54%에 불과하고, 아 직까지 스마트팜을 도입하지 않은 농가는 86.5%이다. 청년농업인들의 인구통계학적 특징별로 살펴보면, 스마트팜 도입 농가의 59.0%, 미도입 농가의 61.0%는 농촌지역에 거주하고 있다. 그리고 승계농 중 스마트팜을 도입한 청년농업인은 35.0%로, 승계보다는 창업을 통해 영농을 시작한 청년농업인의 스마트팜 도입이 활발한 것으로 나타났다. 그리고 영농형태별로 스마트 팜 도입은 시설원예가 70.0%로 가장 많다. 반면 과수 재배농가의 12.00%만 스마트팜을 도입해 타 영농형태에 비해 스마트팜 도입이 가장 낮은 것으로 나타났다.

한편 현재 스마트팜을 도입한 청년농업인의 평균 경작면적은 1.22ha이고, 이들의 평균 임차면적 비중은 42.0%이다. 그리고 스마팜 미도입 농가의 평균 경작면적은 1.76ha이고, 이들의 평균 임차면적 비중은 50.0%이다. 그리고 본 연구에 참여한 청년농업인들은 대부분 영농 규모를 확대할 의향이 있으며, 영농 규모 축소 의향 청년농업인 비중은 스마트팜 도입 농가의 2.9%, 스마트팜 미도입 농가의 3.4%에 불과하다.

이와같은 영농특징이 있는 스마트팜 도입 수요가 있는 청년농업인들의 희망 재배작물은 과채가 42.5%로 가장 많고, 과수 11.9%, 축산 6.7% 순으로 많다. 반면 스마트팜 도입 수요가 없는 청년농업인들의 희망 재배작물은 과수 17.4%, 과채 16.2%, 축산 13.1% 순으로 많다. 그리고 스마트팜 도입 농가의 73.0%, 미도입 농가의 72.0%는 유휴농지 활용 수요가 있다.

표 3 | 스마트팜 도입 여부에 따른 청년농업인 주요 특징

	구분		E입(137명)	스마트팜 미	도입(875명)
			표준오차	평균	표준오차
연량	년(세)	34.62	5.44	34.69	5.36
성발	별(남자 = 1, otherwise= 0)	0.85	0.35	0.79	0.40
영농	5 승계 여부 (승계농 = 1, otherwise= 0)	0.35	0.48	0.44	0.49
영농	5지역 (농촌 = 1, otherwise= 0)	0.59	0.49	0.61	0.48
	논벼 (논벼 = 1, otherwise= 0)		0.44	0.33	0.47
영	영 노지밭작물 (노지밭작물 = 1, otherwise= 0)		0.38	0.38	0.48
농형	농 형 시설원예 (시설원예 = 1, otherwise= 0)		0.45	0.29	0.45
태	태 과수 (과수 = 1, otherwise= 0)		0.33	0.21	0.40
	축산 (축산 = 1, otherwise= 0)		0.36	0.19	0.39
재비	재배면적(ha)		2.30	1.76	7.23
임치	임차면적 비중 (임차농지 / 전체 농지)		0.42	0.50	0.42
유류	후농지 활용 수요 (활용 수요 있음 = 1, otherwise= 0)	0.73	0.44	0.72	0.44

표 4 | 스마트팜 도입 여부에 따른 희망 재배작물

단위 : %

구분	스마트팜 도입 수요 농가	스마트팜 도입 미수요 농가
맥류·잡곡	5.22	6.53
두류	0.75	4.70
서류	-	0.92
양념채소	-	4.24
엽근채소	5.97	6.53
과채	42.54	16.15
과수	11.94	17.41
호훼	5.22	4.70
특용작물	3.73	9.05
축산	6.72	13.06
무응답	17.91	16.72
	· ·	

78		스마트팜 도입 수요		합계	
Ť	구분		있음	합계	
のうとひろの	없음	97	132	229	
유휴농지 수요	있음	174	426	600	
iol	계	271	558	829	

주: pearson chi2(1) = 13.4408, pr = 0.0000

이러한 인구통계학적 특징과 영농특징이 있는 청년농업인을 대상으로 향후 스마트팜을 도입할 의향에 정량적으로 영향을 미치는 요인들을 분석하였다. 즉 본 연구에서는 "어떤 요인들이 청년농업인의 스마트팜 도입 수요에 영향을 미치며, 그 영향의 크기는 어느 정도인가?"이다. 이를 위해 본 연구에서는 이변량 프로빗 모델(bivariate probit model)을 활용하였다.

먼저 우도비율검정(likelihood ratio test) 결과, χ^2 값은 56.36으로 유의수준 1%에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 그리고 유휴농지 활용 수요와 스마트팜 도입 수요간의 상관관계를 나타내는 ρ 값이 1% 유의수준에서 유의한 양수(+)으로 나타나 유휴농지 활용 수요와 스마트팜 도입 수요는 오차항을 통해 서로 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 따라서 두 함수를 각각 단순 프로빗 모형으로 추정하는 것보다는 동시에 두 함수를 추정하는 이변량 프로빗 모형 활용이타당한 것을 알 수 있다.

관련 요인에 있어 유휴농지 활용 수요과 스마트팜 도입 수요에 영향을 미치는 요인은 서로 다르게 나타났다. 먼저 임차지 비중이 높을수록, 논타작물을 재배할수록, 축산을 할수록 유휴농지 활용 수요가 증가하는 것으로 분석되었다. 그리고 논타작물을 재배할수록, 시설원예를 할수록, 축산을 할수록 스마트팜 도입 수요가 증가하는 것으로 분석되었다. 다만, 본 연구의 분석결과, 청년농업인의 인구통계학적 특징, 일례로 연령, 성별, 거주지역, 승계농 등의 변수들은 두함수 추정에 통계적으로 유의미한 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다.

표 6 이 변량 프로빗 모델 추정결과

그ㅂ	유휴농지	활용 수요	스마트팜	도입 수요
구분	추정계수	t-값	추정계수	t-값
연령	-0.006	-0.56	-0.001	-0.03
성별	-0.061	-0.43	0.028	0.21
재배면적	0.016	0.64	0.005	0.36
거주지역	0.133	018	0.012	0.11
농가소득수준 	-0.012	-0.78	0.014	0.96
승계농	-0.019	-0.16	0.122	1.07
임차지 비중	0.237*	1.80	0.015	0.12
논벼	0.183	1.32	-0.117	-0.92
논타작물	0.293**	1.98	0.258*	1.91
노지밭작물	0.050	0.41	0.005	0.05
시설원예	-0.223	-1.60	0.507***	3.62
과수	-0.023	-0.15	0.096	0.62
	0.327*	1.94	0.273*	1.77
_cons	0.550	1.29	0.020	0.05

 ρ =0.280***, Log likelihood=-726.050, χ^2 =56.36***

주: 성별, 거주지역, 승계농 기준변수는 각각 여자, 도시, 창업농

따라서 본 연구의 목적인 스마트팜 도입 수요에 영향을 미치는 변수들의 영향력 크기를 계산 하기 위해 한계효과 분석을 실시하였다. 먼저 스마트팜 도입 수요와 유휴농지 활용 수요에 가 장 크게 영향을 미치는 영농형태는 축산, 논타작물 순이다. 일례로 축산경영 청년농업인일 경 우 타 영농형태에 비해 스마트팜 도입 수요와 유휴농지 활용 수요가 13.2% 증가하고, 논타작 물 경우 12.2% 증가하는 것으로 나타났다.

반면 스마트팜 도입 수요는 있지만 유휴농지 활용 수요는 없는 경우에 가장 크게 영향을 미치 는 영농형태는 시설원예이다. 즉 시설원예 청년농업인의 경우 타 영농형태에 비해 유휴농지를 활용하지 않는 스마트팜 도입 수요가 10.7% 증가하는 것으로 나타났다. 하지만 논벼를 재배할 경우 그 수요는 4.7% 감소하는 것으로 나타났다.

^{*, **, ***} 는 각각1%, 5%, 10% 유의수준을 나타냄

표 7 스마트팜 도입 수요에 영향을 미치는 유의변수의 한계효과

구분	유휴농지를 활용한 스마트팜 도입 수요 추정계수 t-값		유휴농지를 활 스마트팜	
			추정계수	t-값
논벼	-	-	-0.047*	-1.76
논타작물	0.122***	2.60	-	-
시설원예	-	-	0.107***	3.01
	0.132***	2.49	-	-

주 1 : '-'는 통계적으로 유의하지 않아 빈 칸 처리하였음 주 2 : *, ***, *** 는 각각 1%, 5%, 10% 유의수준을 나타냄

Ⅳ. 요약 및 결론

다양한 배경의 청년농업들이 스마트팜에 도전하여 ICT 기술을 적극수요하고, 미래 농업의 선도인력으로 성정하는데 중요한 역할을 할 수 있다(허철무·안문형, 2022). 따라서 본 연구에서는 스마트팜 도입 확대를 위한 효율적인 국정과제 추진을 위해 청년농업인들을 대상으로 그들의 스마트팜 도입 수요에 영향을 미치는 요인들을 실증분석 하였다. 분석결과, 청년농업인의 영농특징 중 임차지 비중이 높을수록 유휴지 활용 수요가 증가하지만, 이것은 스마트팜 도입수요에는 통계적으로 유의미한 영향을 미치지 못하고 있다. 다만, 유휴농지 활용과 스마트팜 도입수요는 축산, 논타작물 영농형태가 통계적으로 유의미한 영향을 미치지 때문에, 축산농과논타작물 재배 청년농업인 대상으로 유휴농지를 활용한 스마트팜 모델을 개발할 필요가 있다.하지만 시설원예 청년농업인의 경우 유휴농지 활용 수요 없이 스마트팜 도입수요가 있기 때문에, 이들은 기존 스마트팜 모델을 보급 모델을 개발할 필요가 있다.

참고문헌

- 농림축산식품부·농림수산식품교육정보원(2022), 「2021년 스마트팜 현황조사 및 성과분석」.
- 변재연(2022), 「스마트농업 육성사업 추진현황과 개선과제」.
- 이향미(2022), "청년농업인 유입 활성화를 위한 정책방향과 과제 : 농지수요와 공급을 중심으로", 「NH농협 조사연구」제9호.
- 홍재표·김동억·홍순중(2019), "스마트팜의 국민경제적 파급효과: 산업연관분석을 중심으로", 「산업경제연구」32(4): 1313-1332.
- 허철무·안문형(2022),「스마트팜 경영전략」, 도서출판 청람.

맑은 물 공급 사업 효과 분석

Analysis on Effects of an Irrigation Project with **Treated Water Resources**

서상진 _ 한국농어촌공사 농어촌연구원(sangjin2218@ekr.or.kr)

이병선 _ 한국농어촌공사 농어촌연구원(byungsun94@ekr.or.kr)

이규상 _ 한국농어촌공사 농어촌연구원(leegs@ekr.or.kr)

송성호 _ 한국농어촌공사 농어촌연구원(shsong@ekr.or.kr)

강점순 _ 부산대학교 원예생명과학과(kangis@pusan.ac.kr)

이정은 _ 부산대학교 원예생명과학과(widdms@pusan.ac.kr)

김현도 _ 부산대학교 원예생명과학과(every921004@naver.com)

1. 머리맠

「맑은 물 공급 사업」은 시설재배단지를 대상으로 정수시설 및 가압장을 이용하여 연중 일정한 수량, 수질의 농업용수를 공급하는 사업으로 논(수도작)을 대상으로 영농기(4~9월)에 수량 확 보를 위해 시행하던 기존의 지표수보강개발사업과 다르다. 대표적 사례인 창원들녘 「맑은 물 공급 사업 은 경상남도 창원 의창구 대산면 일원을 대상으로, 낙동강 원수의 수질 개선을 통한 청정 농업용수를 공급하기 위한 목적으로 시행되었다(한국농어촌공사, 2021). 맑은 물 공급 과 정은 일차적으로 취수정을 통해 얻은 하천 지표수를 첩전지, 여과지, 흡수조와 같은 정수처리 시설을 거쳐 최종적으로 가압장에서 압력을 가해 시설재배단지와 연결된 관수로를 통해 최종 적으로 농작물에 도달하는 절차를 거치게 된다. 따라서 「맑은 물 공급 사업」을 통해 연중 공급 하는 청정용수로 고소득 작물의 재배가 가능해짐에 따라, 이 사업을 통해 농민들의 소득 증대 를 기대할 수 있다.

「맑은 물 공급 사업 의 1단계 사업은 1998년부터 2002년까지 부산 강서구 일대를 대상으로

시행되었으며, 수질개선에 중점을 두어 인근 화훼단지에 사계절 맑은 물을 공급하였다. 이후 창원들녘 1, 2지구, 경남 함안의 법수들 지구 등으로 확대 시행되었다. 이때, 하천 복류수의 이 중필터 취수정 방식을 도입하여 겨울철 낮은 수온으로 인한 시설작물 생육 지장의 수온 문제를 해결하였으며, 이로 인해 다양한 고소득 작물 재배가 가능한 시설 재배 영농기반을 구축하였다 (한국농어촌공사 블로그, 2018). 이 중 창원들녘 1지구의 경우, 부유물질 항목이 약 77% 감소되는 등 수질개선 효과가 나타났다(한국농어촌공사, 2020). 그러나 다른 지구의 경우 맑은 물의 농업생산에 대한 기여도가 크지 않아, 「맑은 물 공급 사업」의 가치 및 효과에 대한 재해석이 필요한 시점에 이르렀다. 따라서, 맑은 물 공급에 따른 영농편의 개선, 재배작물 품질 제고, 명품 농업용수 가치 창출 등에 대한 다각적인 해석을 통하여, 용수의 안전이 담보되고 고품질의 농산물 생산과 유통에 기여하는 농업용수로서의 「맑은 물 공급 사업」에 대한 종합적인 해석이 필요하다. 이를 통하여 영농환경의 변화에 따라 농가소득 향상을 위한 시설작물 재배의 증가, 1인 쌀 소비량 및 가격 하락으로 인한 벼 재배 면적의 감소, 대하천 하구언 시설재배단지 염지하수 검출에 따른 관정 이용 불가능 등의 문제를 해결하기 위한 대안으로 「맑은 물 공급 사업」의 활성화가 필요하다.

이 원고에서는 창원들녘 「맑은 물 공급 사업」 시행 후 농업통계 변화 분석 및 영농편의 개선점 등의 분석을 통하여, 이 사업의 가치 평가 및 향후 확장 방안을 제안하였다.

2. 연구방법

가. 경제적 가치 분석

「맑은 물 공급 사업」의 경제적 가치를 평가하기 위하여, 창원들녘을 대상으로 사업 시행 전·후의 농업통계 자료를 분석하였다. 창원들녘 지역 농업경제 분야 통계 자료는 창원시 농업기술센터(2021) 자료를 활용하였으며, 전국 농가소득 및 시설재배 작물별 고소득 작물을 조사하기위해 농축산물소득자료집(농촌진흥청, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021)을 활용하였다. 또한 「맑은 물 공급 사업」전후 창원들녘의 재배작물 품종과 생산량 변화를 조사하기위하여 2015년에서 2020년까지의 창원시 농업기술센터 자료를 참고하였다.

「맑은 물 공급 사업」에 의한 경제적 가치 분석을 위하여 맑은 물 사업 전 개별 관정을 이용하여 관수하는 경우와 맑은 물 사업 후 가압장을 이용하여 관수했을 경우에 대하여 농가에서 발생하는 비용을 각각 비교하였다. 비교대상 작물은 창원시 대산면에서 주로 재배하는 고추로, 10 ha 관수 시 발생하는 물과 전기의 사용량을 각각 산출하였다. 이때 전기요금은 한국전력공사 사이 버 지점의 전기 요금 계산기(http://cyber.kepco.co.kr)에 의해 산출하였다.

나, 영농편의 및 개선점 분석

시설농업은 유리온실 및 비닐하우스 등에서 재배환경(기온, 용수량) 조절을 통하여 작물을 생 산하는 농업으로, 시설농업단지에서는 농가 소득향상을 위하여 채소류(호박, 오이, 토마토, 파 프리카, 풋고추, 가지 등), 과실류(딸기, 수박, 참외, 멜론 등), 화훼류, 기타 작물(버섯 등) 등 부 가가치가 상대적으로 높은 작물이 재배되다. 특히 시설원예 작물은 재배 시 많은 양의 농업용 수를 이용하고 있다. 영농편의 및 개선점을 분석하기 위하여, 「맑은 물 공급 사업」으로 51천 m³/일의 농업용수를 제공받고 있는 창원들녘 인근 94개 농가들을 대상으로 수행된 설문조사 결과를 활용하였다(한국농어촌공사, 2020).

이때 설문지 문항은 맑은 물 사업의 만족도, 영농편의점, 개선사항 등이며, 맑은 물 사업을 확 대하는데 있어 현장 농민들의 생각과 요구 사항 등이 포함되었다. 이를 통하여 지역조건에 적 합한 수원공(맑은 물) 확보를 사업의 최우선 과제로 삼아 지역특성에 맞는 맑은 물 공급방안을 수립하였다.

3. 결과 및 토의

가. 경제적 가치 분석 결과

창워들녘의 전통적인 재배작물은 당근, 수박, 풋고추로 재배 면적은 토마토, 딸기를 제외하고 전반적으로 유지 및 감소 추세이다. 창원들녘의 재배면적에 큰 비중을 차지하고 있는 수박의 재배면적은 2013년 이전 평균 415 ha에서 2013년 이후 평균 242 ha로 약 58% 감소하였다 (그림 1a). 반면 토마토의 재배면적은 2013년 이전 평균 8 ha에서 2013년 이후 평균 21 ha로 약 262% 증가하였으며, 맑은 물 공급이 시작된 2016년부터는 기존 재배면적이 없던 딸기의 재배면적이 평균 7 ha로 크게 증가하였다(그림 1b).

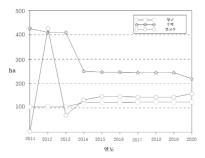


그림 1a | 연도별 창원들녘 작물 재배면적 변화

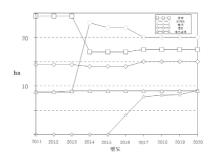


그림 1b | 연도별 창원들녘 작물 재배면적 변화

창원들녘 대산면의 주요 작물에 대한 연차별 농가소득은 풋고추(평균 약 158억 원/년), 수박(평균 약 94억 원/년), 당근(평균 약 43억 원/년) 순이었다(그림 2a). 이는 대산면에서 3 가지 작물의 재배면적이 넓어, 농산물 판매액 중에서 차지하는 비중이 큰 것으로 판단된다. 그러나 「맑은 물 공급 사업」후 딸기의 농가소득(평균 약 7억 원/년)이 발생하였으며 그 외 작물들은 비슷하거나 감소하는 경향이 나타났다(그림 2b). 딸기는 대표적인 고소득 작물로서 저온에 강하며 타 작물에 비해 관수량이 많이 필요하다. 따라서 맑은 물 공급 후 연중 안정적으로 농업용수 공급이 가능해짐에 따라, 해당 품목과 관련한 농가소득은 증가한 것으로 판단된다.

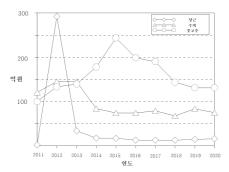


그림 2a | 연도별 창원들녘 작물별 농가소득 변화

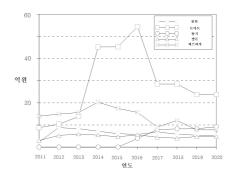


그림 2b | 연도별 창원들녘 작물별 농가소득 변화

「맑은 물 공급 사업」이전 개별 관정을 이용하여 관수하는 경우와 사업 후 가압장을 이용하여 관수했을 경우의 농가에서 발생하는 비용을 분석하여 비용 절감 효과를 분석하였다. 서울시 농업기술센터(2015) 재배기술 자료에 의하면 현재 창원들녘의 주 작목인 고추는 일평균 필요수량은 2m³/10ha이다. 개별 관정을 이용하는 경우 물 사용량에 대한 추가적인 비용이 들어가지않으나, 관정 설치에 필요한 초기비용(관정당 약 8 백만 원)과 관정 막힘 등으로 인한 비주기적인 유지 비용이 발생하는 단점이 있다. 그러나 가압장의 맑은 물을 농업용수로 이용하면 1m³당 120원의 비용이 발생하여, 월평균 물 사용액은 약 7,200 원이다. 또한 부유물이 제거된 맑은 물을 공급받게 되어, 별도의 유지 비용이 들어가지 않는다는 장점이 있다.

개별 관정으로 관수하는 경우 일전기 사용량은 667 W로, 월평균 전기료는 농사용을(39.2원/kW) 기준으로 7,830 원이다. 반면 가압장의 경우 재배 작목에 상관없이 평균적으로 10a당 용수를 공급하기 위해서는 월 167 원의 비용이 발생하지만, 이는 농민에게 부과되지 않는 금액이다. 따라서 개별 관정에 의한 관수보다 가압장을 이용한 관개용수 확보가 매달 약 8 %의 비용절감효과가 있다(표 1). 결과적으로 가압장을 이용한 관개용수 이용은 개별 관정의 높은 초기비용과 함께 추가적인 유지 비용이 필요하지 않기 때문에, 농민에게는 비용 절감에 큰 도움이되는 것으로 판단된다.

표 1 기고추 재배면적 10 ha당 농업용수 이용에 따른 농민 부담 비용

농업용수	초기비용	유지비용	1일 시	·l용량	수도요금	한달요금	절감효과
518T	(천원)	(천원)	물(t)	전기(W)	(원)	(원)	(%)
개별관정	8,000	α	2	667	0	7,830	100
가압장	0	0	2	0	7,200	7,200	92

^{*} 개별관정의 전기요금: 한국전력공사 사이버지점의 전기요금 계산기 기준

나. 영농편의 및 개선점 분석 결과

「맑은 물 공급 사업」에 의한 영농편의 개선점 설문조사 결과에 따르면 농가 재배형태의 경우 시설재배만을 하는 농가가 74 %로 가장 많았고, 그 다음으로 시설재배와 노지재배를 병행하는 복합영농이 14 %, 노지재배가 11 %, 기타 영농이 1 %를 차지하였다(그림 3a). 이러한 시설재 배 농가들의 재배 품목은 과채류가 64 %로 가장 많았으며, 근채류가 23 %로 두 번째로 많았다 (그림 3b). 또한 재배작물 선택 시 최우선으로 고려하는 사항으로는 농가소득이 50 %로 가장 높았고, 노동력 절감도가 25 %를 차지하였다(그림 3c). 이는 앞서 「맑은 물 공급 사업」이후 창 원들녘에 농가소득이 높은 딸기의 재배면적이 늘어나는 추세와 일치된다.

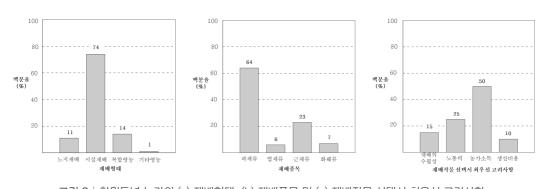


그림 3 | 창원들녘 농가의 (a) 재배형태. (b) 재배품목 및 (c) 재배작물 선택시 최우선 고려사항

농가 주민들은 맑은 물 공급 사업의 필요성에 대해서 '반드시 필요함(63 %)'과 '필요함(33 %)'으 로 필요하다는 의견이 압도적으로 높았다(그림 4). 이처럼 농민들의 사업 필요성에 대한 요구는 맑은 물 사업의 확대 필요성이 크다는 결과와 일치된다. 그러나 「맑은 물 공급 사업」에 대한 이 해도는 전반적으로 부족한 것으로 조사되었으며, 농민들을 대상으로 자세한 정보제공과 사업에 대한 홍보를 강화할 필요가 있다고 판단된다. 맑은 물 공급으로 기대되는 효과는 '수질이 개선된

^{*} 가압장의 수도요금은 창원 맑은 물 사업장 기준인 1m3= 120원 기준

^{*} 가압장의 경우 사업장에서는 평균적으로 10ha의 농지에 용수를 공급하기 위해서는 월 167원의 전기료가 발생

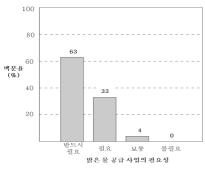


그림 4 | 맑은 물 공급 사업의 필요성

농업용수의 안정적 공급(32 %)'과 '탁수의 부유물에 의한 점적 분사 노즐이 막히는 문제 해결(26 %)'이 높은 순위로 나타났다(표 2). 특히 창원들녘 대산면 인근 낙동강의 해수 침입으로 인한 지하수 염분 농도의 상승에 따라, 「맑은 물 공급 사업」을 통한 농업용수 공급 필요성이 높게 나타났다. 또한 수질이 개선된 농업용수의 안정적 공급에 따른 딸기와 같은 고소득 작물로의 전환으로 농가소득을 중요시하는 농민들에게 긍정적인 효과를 주고 있는 것으로 판단된다.

표 2 | 맑은 물 공급사업 기대효과 설문 결과

문항	비율(%)
낙동강 탁수를 여과하는데 소요되는 시간을 절감	8
탁수의 부유물에 의한 점적 분사 노즐이 막히는 문제를 해결	26
개인 여과시설 운영 중단에 따른 경비 및 노동력 절감	14
수경재배에서 양액조제 수월성 제공	9
맑은 물 공급에 의한 작물 재배에 친환경 이미지 향상	11
작물재배에 수질이 개선된 농업용수의 안정적 공급	32

맑은 물 공급 사업의 개선점 파악을 위한 설문 결과 '맑은 물 24시간 공급을 위한 제도 마련 (38%)', '농업용수 이용료 인하(31%)', '양질의 농업용수 확보(24%)', '노후화된 농업용수관 교체(7%)' 순으로 나타났다(표 3). 특히 농민들이 원하는 맑은 물 공급 시기는 연중 24시간 공급 방안을 가장 선호하는 것으로 나타났다.

표 3 | 맑은 물 공급 사업에서 가장 시급하게 개선되어야 하는 점

문항	비율(%)	
노후화된 농업용수관 교체	7	
맑은 물이 24시간 공급될 수 있도록 제도적 장치 마련	38	
농업용수의 이용료 인하	31	
양질의 농업용수 확보	24	

다. ICT를 이용한 맑은 물 공급 사업의 확대 가능성

기존의 농업용수 공급 방식은 농민이 직접 밸브를 작동하는 반면, 최근에는 ICT 기반으로 작 물의 생육정보 및 환경 정보(온도, 상대습도, 광량 등) 설정값에 따라 자동으로 용수 공급이 가 능하다. 따라서 노동력과 에너지의 효율적 관리가 가능해짐에 따라 생산비 절감과 함께 생산의 효율성이 증대되는 효과가 있다. 특히 습도 세서, 일사량 세서, 풍향과 풍속 세서 등을 통해 다 양한 환경 데이터를 수집하는 것이 가능하다. 따라서 현재 재배 중인 작물의 생육에 필요한 최 적의 온도와 습도 등의 자료를 토대로, 재배작물의 수분 스트레스에 대응하여 적정량의 맑은 물 공급이 가능하다.

또한 지능형 시스템 구축으로 작물 생장의 초기 단계부터 생산 단계까지 작물 수분 스트레스를 실시간으로 측정하고, LTE 등 통신망을 통해 작물 수분 스트레스 단계별로 효율적인 맑은 물 공급이 가능하다(그림 5). 따라서 최종적으로 작물 수분 스트레스 정보, 맑은 물 공급 정보가 포함된 관리자 소프트웨어 개발로 농산물 생산성과 농가소득의 향상이 기대된다.

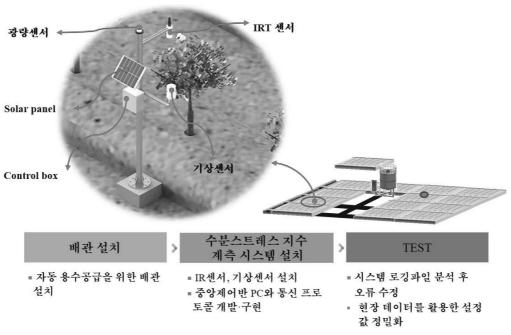


그림 5 기능형 시스템 모식도 (한국농어촌공사, 2021)

라, 지표수-지하수의 연계를 통한 연중 상시 맑은 물 공급

창원들녘의 기존 농업용수의 공급 방식은 지표수 43 %, 강변여과수 33 %, 개인관정 15 %, 기타 8 % 순으로 지표수의 의존도가 가장 높은 것으로 나타났다(한국농어촌공사, 2021). 그러나최근 기후위기 심화에 따른 국지성 호우 증가와 함께, 가뭄 발생 빈도가 증가하는 등 지속 가능한 수자원 확보가 어려워지고 있다. 따라서 지표수를 통한 맑은 물 공급뿐만 아니라 지하수와같은 대체 수자원 확보 및 기존 지표수와의 연계 등 통합물관리의 필요성이 강조되고 있다. 특히물 부족 대응을 위해 지표수뿐만 아니라 지하수의 가용량을 예측하고 가뭄에 따른 물 부족위험도를 평가하여 대응방안을 수립하는 청정 수자원 확보를 위한 연구 등이 지속적으로 진행되고 있다(가뭄대응물관리혁신기술개발사업, 2022). 따라서 향후 지표수-지하수 시설 연계를통한 유역규모 및 시설규모에 따른 가용 수자원 확보 시나리오를 개발하여, 향후 가뭄이 발생하는 경우 맑은 물의 지표수와 지하수의 통합물 공급 인프라 구축을 통한 최적 지역맞춤형 수자원 공급이 필수적이다.

최근 한국농어촌공사에서는「맑은 물 공급 사업」과 같은 지표수분야 뿐만 아니라 지하수 저류 및 함양량 활용 기술 관련 과제(농업부산물을 이용한 농어촌형 저영향개발 시설 개발, 2022)를 꾸준히 진행해 오고 있다. 특히 2016년 겨울철의 극심한 가뭄 등 농업용수 확보에 어려움을 겪고 있는 진주 단목지구에 지하수 인공함양 사업을 통한 지하수 함양 및 지하수위 회복사업을 수행 중에 있으며, 2021년 동해안 지역형 지하댐 모델을 개발하여 강원도 상습 가뭄지역에 지하댐을 설치하여 대용량 수자원 확보를 통해 농업용수 공급을 모색하고 있다.

4. 맺는말

창원들녘 「맑은 물 공급 사업」시행에 따른 농업용수 개선 및 가치 평가를 위하여, 작물의 재배 형태 및 농가소득 등 농업 통계의 변화와 함께 영농편의 개선사항 등의 사업 효과를 정량적으로 평가하였다. 「맑은 물 공급 사업」의 성과로 수질개선을 통한 청정용수 공급, 지하수 난개발 방지 등의 효과와 함께 기존에 재배면적이 없던 딸기 등의 고부가가치 작물 증가로 농가소득이 증가한 것으로 나타났다. 또한 가압장을 이용한 관개용수 확보로 매달 약 8 %의 비용이 절감되었다. 특히 가압장을 이용하는 경우 관정설치에 따른 높은 초기 투자 및 유지 비용이 절감되었으로 분석되었다.

「맑은 물 공급 사업」에 대한 설문 결과 노동력 절감, 노즐 막힘, 겨울철 농업용수 확보 등에 대한 만족도는 높게 나타났다. 또한 재배 조건에 대한 안정성이 확보됨에 따라 고소득 작물로 전

화하는 경향도 나타났다. 특히 농민들이 체감하는 긍정적인 효과는 수질이 개선된 농업용수의 안정적 공급이 가장 큰 비중을 차지하고 있어. 수질 개선효과뿐만 아니라 4계절 상시 맑은 물 공급이 가장 큰 긍정적인 효과로 분석되었다.

결론적으로 맑은 물 공급 사업의 확장을 위해서는 ICT 기반 기술의 확장과 함께 작물의 수분 스트레스 단계별 최적의 공급량을 결정할 수 있는 「지능형 시스템」기술이 요구된다. 또한 가뭄 과 같은 재해 발생빈도가 증가함에 따라 지표수를 이용한 맑은 물의 공급뿐만 아니라 지하수를 포함한 대체 수자원을 통합한 지역 맞춤형 수자원 공급 체계를 구축할 필요가 있다.

참고문헌

- 국립환경과학원, 2021, 수질오염공정시험기준, 제 2021-14호, 한국
- 농이터, 2018, 영농패러다임 변화를 이끄는 '맑은 물 공급사업', https://blog.naver.com/ krcpolicy/221379401355
- 농촌진흥청, 2013, 2012 농축산물 소득자료집, 농업경영연구보고 제 136호, 한국, 241 p.
- 농촌진흥청, 2014, 2013 농축산물 소득자료집, 농업경영연구보고 제 138호, 한국, 257 p.
- 농촌진흥청, 2015, 2014 농축산물 소득자료집, 농업경영연구보고 제 140호, 한국, 265 p.
- 농촌진흥청, 2016, 2015 농축산물 소득자료집, 농업경영연구보고 제 142호, 한국, 261 p.
- 농촌진흥청, 2017, 2016 농축산물 소득자료집, 농업경영연구보고 제 144호, 한국, 253 p.
- 농촌진흥청, 2019, 2018 농축산물 소득자료집, 농업경영연구보고 제 148호, 한국, 242 p.
- 농촌진흥청, 2021, 2020 농축산물 소득자료집, 농업경영연구보고 제 152호, 한국, 231 p.
- 창원시 농업기술센터 농업정책과, 농업기술과
- 한국농어촌공사 기반정비처, 2020, 맑은 물 공급사업 현황 및 발전방향 보고자료
- 한국농어촌공사 농어촌연구원, 2021, 맑은 물 공급사업 효과 분석 연구
- 한국전력공사 사이버지점, 전기요금 계산기
- 환경농업팀, 2015, 서울시 농업기술센터, https://agro.seoul.go.kr/archives/219
- aT kamis, https://www.kamis.or.kr/customer/price/product/period.do

"전북 스마트팜 교육·혁신단지 조성사업" 멸종위기종 발견 및 대처

최정훈 _ 한국농어촌공사 전북본부 차장(cjh5181@ekr.or.kr)

김양식 _ 한국농어촌공사 전북본부 과장(sog75k@ekr.or.kr)

1. 머리말

"전북 스마트팜 교육·혁신단지 조성사업"은 지속가능한 농업실현을 위한 체계화·전문화된 교육 프로그램을 제공하고 한국형 스마트팜 산업 인프라 구축 및 스마트팜 확산에 기여함으로써 지역경제 활성화 및 농가소득 증대에 기여함을 목적으로 하는 사업으로 사업부지는 전북 김제시 백구면 월봉리 148-1번지 일원으로 부지면적은 213.159㎡이다.

"전북 스마트팜 교육·혁신단지 조성사업" 부지내에 위치한 지지제는 면적이 95,000m²이며 주변에 과거 소규모의 농수로 형태에서 유입되는 하천수가 저수되어 있었으며, 주변지역의 지형 경관은 평탄한 구릉지였다. 지지제는 저수지로서의 기능이 상실되어 점차 천이과정 단계중 습지화 과정이 진행되던 저수지였다.

"전북 스마트팜 교육·혁신단지 조성사업" 추진과정에서 한국농어촌공사는 소규모 환경영향평가(2019)를 실시하는 과정에서 독미나리와 물고사리 등 멸종위기종(II)이 발견되어 전북지방환경청으로부터 멸종위기종 채취 이식 허가(허가번호 제2-19-13)를 받아 이식 및 보전을 수행하였다.

멸종위기종의 주요생물종 서식지를 원형보전하고 불가피하게 생물서식지를 훼손할 경우 이에 대한 대체서식지 조성이 요구되며 서식지의 원형보전 및 대체서식지 조성 및 관리의 입지선정, 계획 및 설계 그리고 조성 및 유지관리 과정에 있어 생물종의 생태적 특성을 고려한 대체서식

지 조성과 관리방안 마련이 필요성이 제기되었다.

한국농어촌공사는 소규모 환경영향평가에서 발견된 멸종위기종(II)인 독미나리와 물고사리의 대체서식지 조성 및 관리를 위하여 독미나리 이식계획서(2020)를 작성하고 물고사리 원형지 및 유수지 친환경설계(2021)를 완료하였으며, 독미나리 모니터링을 2020~2023년까지 수행 중이다. 친환경설계(2021)에 반영된 대체서식지의 주요내용은 다음과 같다. 첫째, 물고사리 서 식지는 논 경작습지로 원형을 보존하여 농업생태 체험공간으로 활용하고, 둘째, 독미나리 서식 지의 경우 독미나리 대체 서식지를 추가적으로 조성하여 독미나리 서식이 가능하도록 전문가 의 의견을 충실히 반영하여 조성하였다.

한국농어촌공사는 사업진행 과정에서 각기 이해관계가 상충되어 있는 지역주민, 김제시, 환경 운동연합, 언론단체 및 전북지방환경청과의 지속적인 협의를 통해 워만하게 서식지 복원과 환 경영향 저감방안을 수립하여 자연과 공존하고 농촌과 상생을 통한 농업의 미래 가치를 담을 수 있도록 노력하였다.

2. "전북 스마트팜 교육·혁신단지 조성사업" 부지내 멸종위기종 현황 및 추진경위

본 사업은 『환경영향평가법 제 43조 및 동법 시행령 제 59조(별표 4)』에 의해 소규모 환경영 향평가를 실시하여야 하나. 동법 【비고 4】에 따라 「농어촌정비법」제2조제5호나목에 따른 농 업생산기반 개량사업은 소규모환경영향평가 대상에서 제외된다. 하지만 한국농어촌공사는 "전북 스마트팜 교육·기술혁신단지조성" 사업에 주요 공종에 따른 불가피한 환경 피해에 대한 화경영향저감 방안을 수립하기 위하여 소규모 환경영향평가를 실시하여 관련기관에 제출하 였다.

가. 멸종위기종 현황

전북 스마트팜 교육기술혁신단지 독미나리 이식계획서(2020)에 의하면 사업시행 이전에 지지 제 내의 독미나리 개체수는 2018년 추계 조사 시 120여 개체가 조사되었다. 2019년 5월 조사 에서는 어린 개체 포함 약 1,000여 개체, 2019년 8월 6일 조사에서는 약 3,000~4,000여 개 체가 서식하는 것으로 조사되었으며, 이 중 성체는 약 350여 개체로 추정된다. 물고사리의 경 우 일년초로 출현 개체수가 매년 일정하지 않은 것으로 조사되었다.

나. 서식환경 특성

독미나리는 환경부 지정 멸종위기 야생생물 등급은 II급이며, 생태특성으로는 여러해살이 수 생식물로 종자번식을 하며 뿌리, 줄기에 독성이 있다(그림 1). 독미나리의 서식환경은 수위 0~20cm인 숲 가장자리, 습지, 하천, 오래된 저수지 주변에 서식하며, 식물의 사체가 형성한 식생매트에 뿌리를 내리거나 수로 가장자리 토양위에 뿌리를 내리며, 대체로 산성(평균 pH 4.7)인 이탄층에서 주로 나타난다. 국내에서는 주로 강원도, 함경북도에 서식하며, 전라북도에 서는 과거 약용으로 재배하였다. 국외에서는 중국, 일본, 몽골, 러시아, 유럽 등지에 분포한다. 독미나리 활착 위협요인으로는 다른 식물과의 경쟁에 취약하며, 생육을 위해 적정 수위 유지가 필요하고, 겨울 철새(청둥오리)들이 독미나리 뿌리를 먹이로 섭취하는 것이다.





그림 1 | 독미나리(Cicuta virosa L).(왼편), 물고사리(Ceratopteris thalictroides (L.) Brongn.)(오른편)

물고사리는 환경부지정 멸종위기 야생생물 Ⅱ급이며, 생태특성으로는 한해살이 침수성 양치식물로 포자번식하며, 진흙 성분을 다수 포함한 양지바른 논, 웅덩이, 논둑, 수로 주변에 주로 분포한다(그림 1). 군락의 형성은 수분환경, 입지 안정도, 답안의 영향, 인위적 관리에 의한 이차에너지 투입, 범람의 빈도 등에 영향을 받는다. 국내에서는 전라도와 충청도, 부산광역시 일부지역에 분포하고 국외는 중국, 일본, 대만, 필리핀, 말레이시아, 아프리카에 등지에 분포한다.물고사리의 활착 위협요인으로는 자생지인 논이나 습지의 매립 및 비친환경적인 농업환경이다.

다. 추진경위

- '19. 4 : 전북 스마트팜 교육·기술혁신단지 소규모환경영향평가 수행 (독미나리, 물고사리발견)
- '19.10 : 스마트팜 조성사업에 따른 멸종위기종 채취 및 이식 허가(허가번호 제2-19-13)(3,981 개체) (전북지방환경청→김제시청)
- '20. 2 : 김제 스마트팜 교육기술혁신단지 독미나리 이식계획서 제출(한국농어촌공사→김제시청)

02

- '20, 5: 스마트팜 유수지내 독미나리 이식지역(유수지) 조성(그림 2)
- '20.8: 스마트팜 조성시 멸종위기종 보존방안 협의(전북지방환경청→전북도청)
- '21. 9: 물고사리 원형보전지 및 유수지 친환경 설계(안) 제출(한국농어촌공사→김제시청)
- '21. 7: 독미나리 추가 발견, 전문가 독미나리 현장 확인, 독미나리 이식 준비(유수지 이식지에 이탄층 살포), 주민입회하 독미나리 현장 확인 완료 (101개체)
- '20.5~'23.6(1년차 ~3년차 모니터링): 생육상태, 서식처 보전상태, 독미나리 개체 증감 상태 등 을 중점 관리중



그림 2 | 전북 스마트팜 혁신밸리 조감도 및 물고사리, 독미나리 이식지역(유수지)



a. 원우제(전라북도 군산시 회현면)



b. 훈제(전라북도 군산시 회현면)



c. 기지제(전라북도 전주시 덕진구 장동)

그림 3 스마트팜내 독미나리 대체 서식지

라. 주민과 환경단체와의 갈등과 소통

환경단체는 국민신문고 및 언론을 통해 수차례 유수지 면적 확대, 스마트팜 혁신밸리 생태공원화, 독미나리 대체 습지와 물고사리 원형보전지 관리계획 수립 후 실시계획 반영과 물고사리는 논 경작 습지로 농업생태체험 공간으로 활용 등을 요청하였다. 사업지구 인근 주민은 모니터링시 주민의 참여확대와 독미나리와 물고사리의 철저한 관리 등을 당부하였다. 이에 한국농어촌공사는 환경단체와 주민의 의견을 적극적으로 수렴하여 수차례 회의와 지속적인 소통을 통해 원만하게 사업이 진행될 수 있도록 노력하였다(그림 4).



그림 4 | 관련기관, 환경단체, 주민과의 협의회

3. 멸종위기종 관리현황

가. 독미나리 대체습지(유수지) 및 물고사리 원형보전지 조성

독미나리 이식지인 유수지는 전문가 자문에 따라 3,000㎡ 면적으로 혁신밸리 북측에 조성하였으며(그림 2), 독미나리 이식지는 수위 조절을 위하여 유수지보다 높게 조성하여 유입된 유수가 자연적으로 월류하여 유수지로 들어가도록 하되, 만수위선은 같도록 하였다. 가 이식장에 이식한 독미나리는 조성된 유수지로 2020년 9월 23~24일에 걸쳐 이식을 하였다.

물고사리 서식지 원형 보전지는 기존에 논농사를 경작하는 지역으로 온실실증단지 하단에 위 치하며(그림 2), 면적은 약 4.000m²이다. 물고사리는 보존을 위하여 논농사 유지를 워칙으로 하며, 농수로를 활용한 완충 수로를 설치하여 외부로부터 유입되는 위협요인을 차단함으로써 완충역할을 극대화하고 완충 수로에 수생식물 식재를 통해 수질을 정화하고 수생식물 관찰 및 학습 등 프로그램 제공 및 경관을 향상시킬 수 있도록 조성하였다.

나. 독미나리 이식결과 생존율

표 1 | 독미나리 생존율

(단위: 개체, %)

구분	최초이식 ('19.10월 ~'20.1월)	20년 5월	생존율 (%)	20년 9월	20년 10월	생존율 (%)	21년 5월	생존율 (%)	21년 7월	생존율 (%)
훈제지	50	24	48.0	24	-	48.0	12	24.0	12	24.0
원우지	438	198	45.2	198	-	45.2	125	28.5	125	28.5
기지제	231	58	25.1	16	16	6.9	14	6.1	14	6.1
가이식장 (유수지)	3,225	2,053	63.7	2,102	-	64.4	191	9.1	292	13.9
하게	3,944개체	2,333개체	59.2	-	-	-	-	-	-	-
합계	2021년 5월 11일 37개체 추가하여 총 3,981개체			2,336개체	2,340개체	58.8	342	12.1	443	15.7

2019.10월~2020.1월 기간동안 지지제로부터 휴제, 원우제, 기지제의 대체서식지(그림 3) 로 이식한 독미나리 잔여 개체수 생존율은 '21.7월에 6.1%~28.5%이며, 가 이식장을 통해 유수지로 이식한 개체수 생존율은 '21. 7월에 13.9%로 감소되었다. 당초 기지제에 서식하던 독미나리는 가 이식장에 옮긴 후 유수지로 이식하는 과정에서 독미나리 개체수 감소 폭이 큰 것으로 조사되었다. 이는 당초 이식한 개체를 1년간 2차례 이식하는 과정에서 새롭게 조성된 서식지에 적응하는 과정에서 개체 수의 감소의 원인으로 판단된다. 향후 모니터링을 통하여 적정 유지관리방안을 마련하여 멸종위기종II (독미나리, 물고사리)가 적응할 수 있도록 할 계 획이다.

다. 유수지(독미나리 및 물고사리) 관리방안

1) 독미나리 관리방안

전문가 의견

- 갈수시 건조(토양노출) 등에 의한 피해가 우려되므로 수위유지에 각별히 힘써야 한다.
- 이식개체 일부는 개화가 확인되므로 자연적인 종자 산포가 이루어질 수 있도록 개체별 관리(고사방지 등)가 필요하다.
- 종자가 잘 발아하고 정착 가능한 부지 조성(수심10cm, 점토질 토양, 수온 약 25℃) 필요하다.
- 갈대, 애기부들, 줄, 도루박이 등 경쟁종 제거 및 지속적인 관리에 필요하다.
- 독미나리 서식에 가장 큰 영향을 미치는 서식지의 지속적인 수심 관리에 유의하여야 한다.
- 이식지 토양이 매트식생을 형성하지 않은 상태에서 우수기의 물관리는 독미나리 성체가 1/2 이상물에 잠기지 않도록 수심을 관리하고 갈수기는 퇴적층을 바탕으로 한 최소 수심은 0~20cm 범위로 유지하며, 우수기 침수를 막기 위하여 자연 배수되도록 자연배수관을 남측 유수지로 매설하여 적정수위가 유지되도록 한다.
- 종자발아 및 식생매트 형성 등 지속적인 모니터링을 통해 재이식 여부는 검토 필요하다.

스마트팜 내 이식한 독미나리의 활착을 위해 유수지 공사 과정에서 일부 습지 기능을 유지하도록 하였으며, 멸종위기종의 안정된 서식환경 조건 개선을 위한 기상, 식생, 서식처, 수질 등의 항목을 중점적으로 연 12회 모니터링 실시하고, 활착이 완료될 때까지 모니터링하여, 독미나리가 활착 및 이식에 위협적인 변화가 있을시 재이식 여부 검토한다.

홍수기 및 강수시 수위관리를 위하여 수위 조절용 방류구를 설치하여 일정 수위 이상이면 자동 방출되도록 한다. 또한, 유수지 내 양분 순환 및 과다 유기물 축적 방지를 위한 주기적인 물교체 시행하고, 식생유기체 퇴적층은 상시적으로 물에 잠겨 있거나 식생유기체 퇴적층에 충분한 양의 물이 흡수될 수 있도록 하며, 퇴적층이 물에 잠겨 있는 높이 즉 퇴적층을 바탕으로 수심은 최소 5~10㎝ 범위가 적절하게 관리되도록 한다. 특히, 갈수기에는 퇴적층에 함유된수분이 부족하기 쉽기 때문에 지속적으로 모니터링해야 하며 퇴적층이 완전히 마르지 않도록한다.

유수지 수위관리를 위하여 주 $1\sim2$ 회 수위를 관찰하고 신속 대응체계에 따라 양수장 가동등 조치한다. 특히, 갈수기 $3\sim4$ 월, 강우기 $7\sim8$ 월 등에는 3회 이상 수위 관리를 시행하고 현장 관리장 대응체계에 따라 양수장 가동을 시행한다(그림 5, 6).

04







그림 5 | 양수기를 이용한 유수지내 급수 시행





그림 6 | 유수지내 수위확인(왼쪽), 유수지 현장(오른쪽)



그림 7 | 종자 발아에 유리한 환경분포지

독미나리는 개화 후 결실되면 수 면으로 떨어지고 부유하다 다소 축축한 환경(수면 가장자리 토양 층, 이탄층, 부엽식물 잎과 줄기 주변)에 정착 후 발아한다. 따라 서, 종자 산포·발아 관리를 위 하여 독미나리 개화특성에 따라 수면부 부유 종자의 유실을 최소 화하며, 독미나리 주변의 경쟁식 물 제초 후 독미나리 주변에 제 초한 초장을 물에 담궈두어 인위 적인 부유엽 형태를 조성하였다.





그림 8 | 종자 발아에 유리한 지역(왼쪽), 독미나리 산포 유실 방지막(오른쪽)

종자 산포유실 방지를 위하여 유수지 방류구에 1mm이하의 종자 산포 유실 방지막 설치 관리를 시행하였다(그림 7, 8).

독미나리의 경쟁식물은 대체적으로 키 큰 추수식물이며 수면부는 줄, 부들, 큰매자기, 털물참새 피, 애기마름 등이고, 가장자리는 미국가막사리, 돌피류, 여뀌류, 올챙이고랭이 등이 있다(그림 9).

경쟁식물 인 추수식물은 10월말까지 매년 여름철에 집중적으로 제초를 하여 추수식물을 제거한다. 특히, 추수식물의 베어내는 높이를 수면보다 낮게하여 근경과 뿌리가 썩어 고사를 유도한다. 또한, 유수지 내 독미나리가 생육하는 지점 1m 내외로 줄, 부들, 큰매자기는 제초 혹은 뿌리를 뽑아 제거한다(그림 10).



부들



줄



큰매자기



털물참새피

그림 9 | 유수지내 경쟁식물





그림 10 | 유수지내 줄 제거 작업중(왼쪽), 제초 작업 완료(오른쪽)

강우시 상류에서 생활 쓰레기 등이 유입될 가능성이 있다. 유수지 내 확인된 쓰레기는 정기 모 니터링 시 제거하고 있으며, 유수지로 재이식후 수질검사를 시행한다. 모니터링 계획에 따라 매년 5월, 8월, 10월 3차례 수질검사를 시행하고 있다.

2) 물고사리 원형지보전

전문가 의견

- 물고사리는 논 경작을 지속(전통 농경법)하며, 기존 물길이 사라졌으므로 대체 될 수 있는 물길조성 방안(둠벙 등)을 마련한다.
- 물고사리는 포자번식을 하는 개체이나. 현재 논둑 복토 및 서식지 고립상태이므로 수도작 재배시 제 조체 살포 금지, 수질오염원을 제거하고, 물관리를 위한 모니터링을 시행한다.
- 물고사리 서식 원형 보전지는 벼경작이 이루어지고 있는 지역으로서 환경을 그대로 동일하게 유지 하는 방안과 물고사리 생육환경의 특성을 파악하여 집중관리를 통한 물고사리 번식의 활성을 도모 할 수 있다.
- 원형보전지 유지를 위해서는 외부로부터의 위협요인을 철저히 차단할 수 있도록 완충지역을 조성한 다. 물고사리 서식지 원형 보전을 위해 논농사 유지를 원칙으로 하며, 농수로를 활용한 완충수로를 설치하여 외부로부터 유입되는 위협요인을 차단함으로써 완충역할을 극대화하고, 완충수로에 수생 식물 식재를 통해 수질을 정화하고 수생식물 관찰 및 학습 등 프로그램 제공 및 경관을 향상시킨다.
- 기존 서식지의 환경인 벼경작을 동일하게 적용하여 논둑형성, 논뚝 돋우기, 물길확보에 의한 수위조 절, 자연도랑 유지, 지속적인 잡초예취 등의 행위가 유지되도록 한다.
- 인위적 교란활동 통제(출입 제한, 차폐식재 보강, 경쟁식물 제거, 일정 면적의 수역 확보, 절취행위 금지 등) 방문객, 차량이나 외부에서 유입된 토양, 바람 등으로 인해 유입될 수 있는 외래종 제거. 인 위적 훼손 및 야생동물에 의하여 훼손될 가능성을 염두해 두고 원형보전지 주변 휀스 설치 등 관리. 물고사리 서식지 원형 보전을 위한 해설판을 설치한다.

물고사리 서식지는 논 경작 형태로 관리하면서 원형보전으로 유지하고 생태학습장을 겸해서 공동 관리하도록 협약이 체결되어 있으나 현재는 개인 경작으로 관리되고 있어 서식환경이 잘 유지될 수 있도록 모니터링 한다.

물고사리 원형보전지의 논은 친환경 무 농약 벼 재배를 실시하도록 영농업자를 선정하여 관리하고 있으며, 물고사리 원형보전지 북측에 수로를 조성하여, 공원과 수로 경계지에 물 순환이 잘될 수 있도록 하였다. 생태학습장 홍보를 위한 스마트팜내 현황판 제작 및 현장 설치하였다 (그림 11).





그림 11 | 물고사리 현황판(왼쪽), 독미나리 현황판(오른쪽)

4. 맺는말

"전북 스마트팜 교육·혁신단지 조성사업" 대상지는 한국농어촌공사가 참여하여 시행한 사업이다. 사업지구내에 환경부지정 멸종위기종 II인 독미나리와 물고사리가 발견되어 전북지방 환경청으로부터 멸종위기종 채취 이식 허가(허가번호 제2-19-13)를 받아 이식 및 보전을 수행하였다.

전북(김제) 스마트팜 혁신밸리 사업 추진과정에서 지역주민, 환경운동연합과 전북지방 환경청 과의 협의를 통해 원만하게 문제를 해결하기 위하여 첫째, 물고사리 서식지는 논 경작습지로 원형을 보존하여 농업생태 체험공간으로 활용하였으며, 둘째, 독미나리 서식지의 경우 독미나리 대체 서식지를 추가적으로 조성하여 독미나리 서식이 가능하도록 전문가의 의견을 충실히 반영하여 조성하였다. 스마트팜내 독미나리 이식 이후 2년이 경과한 시점에서 생존률이 10% 미만인 것으로 모니터링 되었는데, 이는 서식환경의 변화에 따른 적응 과정인 것으로 판단된다. 이에 전문가 자문에 따라 이식지(유수지)에 적정 수위 관리(10cm) 유지와 주요 경쟁종의

02

주기적인 제거(줄 등)를 통해 독미나리가 변화된 서식환경에 잘 적응 할 수 있도록 하였다. 김 제 스마트팜 혁신벨리 추진과정에서 지역주민, 환경단체, 언론과의 마찰이 있었으나 환경 보전 과 지역 개발의 이익을 극대화하며 공사의 위상을 높일 수 있는 계기가 되었다.

참고문헌

- 국립생물자원관, 한반도의 생물다양성
- 국립생태원, 멸종위기 야생생물 포털
- 한국농어촌공사, 2021, 전북 스마트팜 멸종위기종(독미나리) 2021년 12월 모니터링 보고서 15p
- 한국농어촌공사, 2019, 전북 스마트팜 교육·기술혁신단지 소규모환경영향평가서 3~4p
- 한국농어촌공사, 2021, 물고사리 원형지 및 유수지 친환경설계, 41~56p
- 김제시, 2020, 전북 스마트팜 교육기술혁신단지 독미나리 이식계획서, 99~103p

2022년 ICID 제24차 총회에서 우리나라는 총 17개의 논문 및 보고서를 제출했으며, 본 기술 정보지에서는 그 성과들을 널리 알리고자 이들중 저자의 동의를 득한 원고들을 게재하였다.

ICID 제24차 총회 논문 제출자 및 발표자 명단

소속	제출자 /발표자	제 목	세션
	최강원 이준구	Establishment of digital terrain model of an impounding reservoir with eco-sounder and drone	WG-M&R
한국농어촌공사	정찬덕	An advanced tool to determine actual groundwater usage for irrigation to greenhouse facilities	SPLS1
농어촌연구원	서상진 이규상	Application of the artificial recharge system to one represetative greenhouse complex zone	Q63.1
	도종원/ 이승원	Country Report on Integrated Approaches to Irrigation Management in the Future	국제심포지엄 WG-IDM
경북대	Odey Golden	Spatiotemporal Influence of Precipitation on the Yield of Major Upland Crops in a Temperate Environment: Evidence from South Korea	SPLS3
	Adeyemi Khalid	Influence of climate change on crop water requirements to improve water management and maize crop productivity	Q62.2
	최진용 방재홍	Scenario-Based Water Balance Analysis Of Estuary Reservoir For Multipurpose Water Supply	WG-SDTA
	윤푸른	Agricultural Activity Impacts Assessment For Agricultural Environment Conservation Program Using Soil-Water- Energy-Food Nexus Analysis	SPLS2
서울대	김마가	Evaluation Of Monthly Drought Prospect And Reservoir Operation Rule For Drought Response Using Reservoir Drought Index (RDI)	SPLS2
	김귀훈	Water Level Estimation In Agricultural Open Channel Using CCTV Image Segmentation	SPLS2
전남대	윤광식	Agricultural water management strategies in the new Basin Plan according to Integrated Water Management in Korea	SPLS1
	전민기	Assessment of drought vulnerability based on the soil water balance	SPLS2
	윤동현	Spatio-temporal trend analysis of drought occurrence using multi-satellite images in South Korea	Q62.1
한경대	양미혜	Developing data-driven quality control algorithm to manage real-time water level using deep learning	Q62.1
2041	이희진	Water storage estimation in reservoirs using multiple satellite observations	Q62.1
	문영식	Drought vulnerability assessment on water supply of reservoir for climate change adaptation	SPLS2
신지현		Irrigation efficiency and water saving considering return flow and reservoir operation	SPLS2
합계	17건		-

통합물관리 유역종합계획의 농업용수 관리 전략

Agricultural Water Management Strategies in the New Basin Plan according to Integrated Water Management in Korea

유광식 _ 전남대학교 지역바이오시스템공학과 교수(ksyoon@chonnam.ac.kr)

- Kwangsik Yoon Rural & Bio-Systems Eng. Dept. Chonnam National University(ksyoon@chonnam.ac.kr)

요약

수생태계의 보전을 위한 환경용수 확보가 중요해지고 있으며, 농업용수의 효율성을 통한 다목적 이용이 요구 되고 있다. 한국 정부는 물 관리법을 제정하고 새로운 유역 계획을 수립 중이다. 새로운 법령과 계획은 양과 질의 통합된 물 관리뿐만 아니라 사용 중인 수자원의 현황과 물 문제 해결을 고려한 최적의 물 사용 계획을 마련해야 한다. 본 논문에서는 한국의 통합 물관리 지침과 관련하여 효율적인 농업용수 사용을 위한 새로운 전략을 소개하고 유역계획이 나아가야 할 방향을 제시한다. 기본 전략은 과학적인 관리를 위한 농업용수 공 급 측정, 지능형 농업용수 관리를 위한 정보 구축, 농업용수 수급 분석을 위한 유역 물수지 모델 개발, 농업용 수의 효율적인 공급을 위한 관수로 네트워크 구축, 하천 지표수-지하수 통합 관리 시스템, 농업용수 분배 시 스템 체계개편 및 저수지 운영을 통한 효율적인 물 사용, 물 관련 분쟁의 갈등 관리 등이다.

Abstract

Securing environmental water for the conservation of aquatic ecosystems has become important, and the multi-purpose use of agricultural water through efficiency is being sought. South Korea's government enacted the Water Management Act and established a new Basin Plan. The new act and plan require preparing an optimal water use plan considering not only the integrated water management of quantity and quality but also the current status of water resources in use and the water problem resolution. In this paper, with respect to the quidance of integrated water management in Korea, we introduce the novel strategies for efficient agricultural water use and provide direction to where the Basin Plan should head. Basic strategies are agricultural water supply measurement for scientific management, building information for intelligent agricultural water management, development of basin water balance model for agricultural water supply and demand analysis, establishment of pipeline irrigation channel network for efficient supply of agricultural water, establishment of integrated agricultural water supply management system for river-surface watergroundwater, efficient water use through reorganization of agricultural water distribution system and operation of reservoirs, and conflict management of water related dispute.

Keyword: Basin plan, Water reform, Integrated Water Resources Management (IWRM), Agricultural water, Efficiency

01

02

09

I. Introduction

Protecting clean water in rivers and lakes across the country while ensuring a stable supply of safe water for all is an important mission of the South Korean Government. In 2018, Korea overhauled its national water management system that had fragmented responsibilities among ministries into an integrated structure with the Ministry of Environment (MOE) as the single authority. The objective of the reform is to maximize the administrative efficiency in water management so as to ensure cost-effective, equitable, and sustainable use of the country's limited water resources. According to the new Framework Act on Water Management, Korea has built a National Water Management Plan every ten years that defines policy goals and specific measures on comprehensive water issues including water quality, water resources, water disasters, conflicts, and water industry in 2021.

In addition, it is also stipulated that the types of water management related plans to be established in accordance with the National Water Management Basic Plan and the Basin Water Management Comprehensive Plan, which will present the direction of the water management policy, matters concerning the operation of the Water Management Committee and composition of its subcommittees, agencies that can entrust a part of the affairs.

In order to rationally use water resources to cope with future water needs, it is necessary to establish a distribution and use plan in compliance with the 12 basic principles of the Framework Act on Water Management. These include public nature of water, sound water circulation, conservation of the aquatic environment, management of each watershed, integrated water management, cooperation and linkage management, water distribution, water demand management, water use permit, cost burden, response to climate change, and participation in water management policy.

In accordance with the transfer of water management authority to the Ministry of Environment in terms of quality and quantity in 2018, it is necessary to prepare an optimal water use plan considering not only the integrated water management considering the quantity and quality of water and its use but also the current status of water resource use in the watershed and the resolution of water problems. One of the major water issue is environmental flow in Korea where stream discharge is low during fall and next spring due to monsoon climate and supply of environmental flow from agricultural water through efficiency is being sought.

II. Integrated Water Resources Management in Korea

2.1 Water supply

Through decades of efforts to expand waterworks facilities and service networks, 99.1% of the total population has access to water supply services in Korea, but there is still an urban-rural gap to be addressed. Korea's investment in expanding water supply service now focuses on rural villages and other vulnerable areas. Meanwhile, a nationwide initiative to upgrade old water pipes and infrastructure is underway. Korea's national water grid is evolving towards higher stability, safety, and efficiency by incorporating smart technologies such as automated water treatment and real-time measurement and analysis.

2.2 Disaster prevention

Due to the impacts of climate change, Korea is experiencing increasingly intensive, concentrated, and unpredictable rainfall patterns. Korea is working to optimize the national system to protect people from water-related disasters through making the best use of advanced technologies and information networks. For instance, the Flood Control Offices in the four major rivers collect hydro and meteorological information, analyze flood risks, produce forecasts, and issue realtime flood warnings based on data collected from 60 points nationwide. The automated flood forecasting using artificial intelligence and a digital twin-based dam-stream flood simulation will be introduced to establish a smart flood response system. In addition, the foundation for flood response will be strengthened by adjusting and maintaining standards of flood and securing additional flood control capabilities. The flood risk maps designating flood-prone areas nationwide will be continued to expand in size.

In recent years, South Korea has been trying to predict water-related disasters (floods and droughts) and manage dams and rivers in real-time and remotely using AI and digital technology. The related infrastructures will also be expanded to convert human flood forecasting into a more rapid forecast using AI from 2025. In addition, information on dams and streams in the five major rivers of Korea will be digitally converted by 2027 to predict and respond to floods and droughts in advance.

2.3 Comprehensive management of surface water and groundwater

Surface water and groundwater will be comprehensively managed. This will establish a basis for comprehensive management by connecting the surface water, soil, and groundwater measurement networks.

02

04

09

2.4 Pollution control

In 2004, South Korea introduced the Total Water Pollution Load Management System (TPLMS) at river basin level to protect and improve the water quality of rivers across the country. This system sets targets for water quality improvement for each river basin.

In order to achieve the target amount, the emission of pollutants is calculated, and the emission allowance for each local government. TPLMS also monitors compliance with development of restrictions and special measures. In 2019, new water quality goals for four major river basins had announced for the next phase of TPLMS.

Korea continues to strengthen effluent management by adopting new parameters and expanding the application of the standards to protect clean river water and healthy ecosystems. In Korea's four major rivers, 66.4% of pollution comes from diffuse sources other than the industrial and sewage effluent from point sources. Systematic approaches are taken to manage the nonpoint source (NPS) water pollution, such as the designation of NPS Control Areas and the legal obligation to install pollution reduction facilities for large-scale development projects.

2.5 Aquatic ecology conservation

Korea will create a better river with water quality, aquatic ecology, safety, culture, and landscape. It will implement projects to restore nature which can contribute to the growth of the local communities. Restoring river continuity will be pursued for all living things to coexist and enjoy benefits from water. In addition to the four main rivers, it will be evaluated the effectiveness and continuity of cross-sections installed on tributaries and establish or dismantling of fishways. Rivers will be improved to serve cultural attractions where citizens can enjoy in various ways. A basis will be established to practically distribute water, focusing on governance. It will also resolve the water service delivery gap by pursuing the integration of waterworks.

2.6 Water reuse

As an alternative water resource for sustainable water use, it will be promoted to reuse industrial sewage, publicly manage and store groundwater, and utilize rainwater runoff facilities.

2.7 Water management to create economic value

In order to convert and promote the dam support project to a carbon-neutral project that coexists with local residents, the Enforcement Decree of the Act on Dam Construction and Assistance, etc. to Neighborhood Areas will be amended, and the River Act is also planned to be revised to

prepare a sustainable integrated river management plan that comprehensively considers carbon neutrality, response to the climate crisis and ecological restoration. In addition, for the rapid institutional settlement of carbon-neutral smart water management, the reorganization of related laws and businesses will be promoted. In order to make water contribute to the transition toward carbon neutrality, renewable hydro-energy and expanded carbon sinks around rivers will be expanded. The South Korean government will actively supply and spread renewable energy using water, such as hydrothermal energy and floating photovoltaic, to reduce the use of fossil fuels and promote carbon neutrality in the water sector. In the case of hydrothermal energy, the plan is to build a hydrothermal fusion cluster and expand eco-friendly hydrothermal energy to the private sector through hydrothermal pilot projects for public buildings. It will promote the establishment of "100% use of renewable energy" (RE100, Renewable Energy 100%) oriented industrial complex.

Original technologies related to water will be localized, such as ultrapure water. It plans to turn South Korea into the water industry powerhouse capable of entering advanced countries by localizing original technologies and fostering human resources.

2.8 The 4th industrial revolution technology

The 4th industrial revolution technology, such as ICT and big data, will be applied to water management to increase water management efficiency and accuracy while contributing to the realization of carbon neutrality. As for dam management, a smart dam safety management system will be built by using unmanned aerial vehicles (drones), AI and big data analysis systems based on the 4th industry. The system will improve dam safety through prior maintenance and reinforcement, performance improvement and asset management. By 2025, 37 dams in Korea will establish a dam safety management platform of a real-time monitoring system, unmanned aerial vehicle (drone)-based safety inspection system and digital twin system. In the water and sewerage sector, a smart management system based on AI and ICT is established to monitor and control the entire national water and sewage process in real-time to streamline operation and enhance safety.

2.9 Conflict management

Addressing the conflict between upstream and downstream reaches and between urban and rural areas has been a key concern in Korea's water policies. Policy instruments to correct the inequity includes water use charges that is collected by downstream tap water users and spent for water quality improvement and welfares of upstream communities.

III. Korean Agriculture

3.1 Agricultural water management

Korea's agriculture mainly produces rice, dairy, livestock, and vegetables. From 2000 to 2018, the share of livestock in the total agricultural production increased from 25% to 40% (OECD, 2020b). Korea is one of the most water-stressed countries in the OECD, with very low availability of water per capita (OECD, 2018). Agriculture accounts for more than half of the country's water use (53% of total water abstractions in 2018) and close to half of groundwater use (OECD, 2015). Irrigated lands represented 44% of the total Korean agricultural area in 2018 (MAFRA and Korea Rural Community Corporation, 2018; OECD, 2020b).

The Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) establishes the "plan for rationalizing rural water use" every ten years. Water entitlements of irrigation is customary use right under the Civil Law, based on permit under the River Law. The Korea Rural Community Corporation (KRC) manages the water rights of farmers. For non-KRC farmers, the rights belong directly to the farmer. The proportion of cost recovery for surface water is 0% for KRC and the government-operated districts is 30% of operation and maintenance costs for other irrigators. Farmers operating under KRC are exempt from water supply cost recovery charges, excluding labor costs.

3.2 Agricultural impact on the environment

Agricultural activities account for a significant portion of diffuse biological oxygen demand (BOD) and total phosphorus pollution (OECD, 2017). Nutrient surpluses are well above the OECD averages, resulting especially from the land use change of agricultural farmland, including urbanization, and an agricultural practice that overuses livestock manure and chemical fertilizers in the farmland. The nitrogen balance nonetheless decreased between 2000 and 2017 from 254 to 212 kg/ha, and the phosphorus balance went down from 50 kg/ha to 46 kg/ha during the same period (OECD, 2020a).

Policies to Control Agricultural Water Quality Since 2009, the Agricultural Environmental Conservation Program has been launched to reduce nonpoint source pollutants. A national database presents the results of the agricultural water quality measurement network provided by the Water Environment Information System of MOE. Restrictions on plant building in the upstream of agricultural reservoirs and No-Fishing (restricted) Zone. Pilot operation of the Agricultural Environment Conservation Programme for the reduction of the agricultural nonpoint source is underway. Water Quality Improvement Project for agricultural reservoirs

3.3 Policies to Manage Climate-Induced Water Risks

The incidence and severity of droughts are increasing. The Agricultural Drought Management System (ADMS) provides drought information to the public and expands access to drought information, including the status of storage rates and mapping of upland water availability.

Due to the frequent occurrence of rainfall on an unprecedented scale, as well as extreme climate change, floods are increasing in scale and frequency. A preventive approach for flood adaptation and mitigation thanks to a flood warning system and an integrated water resources management system will be further developed in rural areas including farmland.

Although research on climate change (e.g., climate change surveys) has been fruitful, there is a lack of policy considerations (reflecting project costs, etc.) due to conservative investment plans in the agricultural sector. Relevant laws will be revised so that climate change impact/ vulnerability results will be considered in policymaking.

IV. Strategies of agricultural water for Basin Plan

As the watershed governance system is established, such as the establishment of a watershed management committee, it is necessary to collect the opinions of various stakeholders and draw up an actionable water management plan. In addition, it is necessary to find solutions such as securing water for environmental improvement in various ways to improve water quality so that the river can be used and conserved continuously in harmony with the natural environment and social and economic life, and its value can be continued into the future.

Securing environmental water for the conservation of aquatic ecosystems has become important, and the multi-purpose use of agricultural water through efficiency is being sought in the new Basin Plan. To this end, it is necessary to accurately diagnose and evaluate the current state of water use, to use it flexibly within the total amount of water resources, and to prepare compensation measures (laws and systems) such as charging a fee for use other than the intended purpose.

4.1 Establishing a sound water circulation system through the efficiency of agricultural water

Agricultural water supply measurement for scientific management

For optimal utilization of agricultural water resources such as reservoirs, the operation

01

02

08

09

method is to be switched from an experience-based method to a data-based operation system. Acquisition and continuous management are required for data such as supply amount and usage in irrigation districts by installing measuring instruments in reservoirs and supply systems (main waterways, irrigation channels, etc.). In order to understand the actual use of agricultural water, plans such as installation of measuring instruments and collection of long-term supply data should be prioritized in the basin plan, and it is necessary to consider the amount of agricultural water requirement obtained through a survey on agricultural water demand and supply in the water budget analysis of the basin, and to ensure that water intake and water supply are possible even at a 10-year frequency of drought condition.

Building information for intelligent agricultural water management

In order to overcome the uncertainty of water supply due to diversification of water demand and climate change, an intelligent water management system can minimize inefficient water supply and distribute the right amount in accordance with water demand in a timely manner.

Intelligent agricultural water management consist of information analysis, diagnosis of the structural soundness of facilities and operation, performance diagnosis, and detection/response to abnormal condition to identify accurate water demand and efficiently implement agricultural water supply and distribution based on accumulated big data and real-time monitoring data. A plan to be prepared to establish informatization and intelligent system for the entire process for optimal water management and information spread.

4.2 Development of basin water balance model for agricultural water supply and demand analysis

Development of "Basin Scale Agricultural Water Supply and Demand Model" that reflects the characteristics of agricultural water when establishing Basin plans, which was not considered precisely in the water supply and demand analysis of the national scale water resources management plan.

For the analysis of agricultural water, it is necessary to consider the supply, use, and management characteristics of agricultural water, such as the management loss for water delivery due to the characteristics of open channel water supply system. A previous study showed that the ratio of use to supply is only 48% which is resulted in return flow and the difference in supply between upstream and downstream agricultural land. It is also necessary to develop a water quality model reflecting return flow and drainage characteristics of agricultural water.

01

02

08

09

10

4.3 Establishment of pipeline irrigation channel network for efficient supply of agricultural water

Due to the nature of the open channel, which is a widely used irrigation channel in South Korea, a certain amount of flow which exceed water requirement of crop land is continuously required for water supply to the end of the channel, and as the aging progresses, and there is a supply loss during water supply due to cracks and leaks in joints. Promote a sound water circulation system in the watershed by replacing open channels with a pressurized pipeline system reducing delivery and distribution losses where environmental flow is required.

4.4 Establishment of integrated agricultural water supply management system for riversurface water-groundwater

Maximize the efficiency of water supply by optimizing the linkage of surface water and groundwater in the basin through the surveying of a large-scale new groundwater source, and increase the water self-sufficiency rate in the basin by installing facilities for securing groundwater resources (underground dams and artificial recharge facilities) in water-stressed areas. It is necessary to establish a smart water grid for surface water and groundwater, infrastructure including data acquisition and analysis system via measuring instruments, big data master plan and platform construction, smart pipeline, water intake, and filtration facility, metering by measurement sensor, and integrated control system. It is also necessary to build big data such as water quality and energy consumption and to build mobile automatic control and prediction systems.

4.5 Efficient water use through reorganization of agricultural water distribution system and operation of reservoirs

A comprehensive irrigation system reorganization project is needed so that excess water resources in rivers and reservoirs can be distributed and utilized in reservoirs with insufficient water. They are connecting and distributing water resources in the basin to areas with water shortages using pumping stations and water pipes, etc.

4.6 Conflict management of water related dispute

Establishment of standards for charging usage fees for other uses of saved agricultural water when using for river maintenance, domestic water, and industrial uses. It is necessary to prepare a basis for charging fees for other uses of agricultural water. It is necessary to establish the principle of water dispute mediation, secure the legal binding force of the water dispute mediation system under the Framework Act on Water Management, and strengthen the effectiveness of the water dispute mediation system through establishing concrete and clear procedures.

V. Conclusions

A basin plan was established for integrated water management for major river basin in Korea. The main contents are securing environment flow, responding to floods and droughts intensified by climate change, demand management and water distribution, carbon neutrality, adopting advanced technology, payment of water use costs, and resolving water disputes by governance.

In particular, in areas with high demand for agricultural water and insufficient environmental flow, measures to improve agricultural water efficiency were reflected in the basin plan. Those are measurement of actual usage, development of a hydrological model that considers the characteristics of agricultural water, operation of linking surface water and groundwater, conversion of irrigation open channels into pressurized pipe system, operation of connection between reservoirs, establishment of the principle of payment for use of agricultural water for other purposes, and measures to resolve water conflicts.

A specific action plan is being established, and the authority of the implementation, the target project district, the annual implementation plan, and the budget will be decided. In addition, the implementation status of the plan is to be inspected every year, and the implementation plan is to be changed and supplemented in the future.

REFERENCES

- MAFRA and Korea Rural Community Corporation, 2018. Statistical Yearbook of Land and Water Development for Agriculture, Seoul Korea
- OECD, 2015. Drying Wells, Rising Stakes: Towards Sustainable Agricultural Groundwater Use, OECD Studies on Water, OECD Publishing, Paris.
- OECD, 2017. OECD Environmental Performance Reviews: Korea 2017, OECD Publishing, Paris.
- OECD, 2018. Innovation, Agricultural Productivity and Sustainability in Korea, OECD Publishing, Paris
- OECD, 2020a "Nutrient balance" (indicator), OECD Publishing, Paris
- OECD, 2020b Agricultural Policy Monitoring and Evaluation 2020, OECD Publishing, Paris

담수호의 다목적 용수 공급을 위한 시나리오 기반 물수지 분석

Scenario-based Water Balance Analysis of Estuary Reservoir for Multipurpose Water Supply

방재홍 _ 서울대학교 대학원 생태조경·지역시스템공학부 박사과정(jaehong999@snu.ac.kr)

최진용 _ 서울대학교 지역시스템공학과 교수(iamchoi@snu.ac.kr)

이상혀 _ 충북대학교 지역건설공학과 조교수(sanghyun@chungbuk.ac.kr)

황순호 _ 일리노이대학교 농업생물공학과 연구교수(soonho@illinois.edu)

강문성 _ 서울대학교 지역시스템공학과 교수(mskang@snu.ac.kr)

- Jehong Bang, Ph.D candidate, Department of Rural Systems Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul Nat'l University, jaehong999@snu.ac.kr
- Jin-Yong Choi, Professor, Department of Rural Systems Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul Nat'l University, iamchoi@snu.ac.kr
- Sang-Hyun Lee, Assistant professor, Department of Agricultural and Rural Engineering, Chungbuk Nat'l University, sanghyun@chungbuk.ac.kr.
- Soonho Hwang, Research Scholar, Department of Agricultural and Biological Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign, soonho@illinois.edu
- Moon-Sung Kang, Professor, Department of Rural Systems Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul Nat'l University, mskang@snu.ac.kr

요약

산업 단지 및 신도시 개발로 인한 산업 용수 및 도시 용수 부문의 물 수요 증가는 통합물관리 측면에서 유역 수자원 중 농업용수 재분배를 야기한다. 담수호는 간척지 논농사에서 가장 중요한 농업용 수원공 중 하나이 며 경제적인 용수 사용을 위해 다른 분야로의 용수공급을 검토할 수 있다. 본 연구에서는 농업용수 공급 목적 으로 축조된 담수호를 선정해 물수지 분석을 통해 공업용수 공급 가능성을 검토하였다. 담수호에서의 다목적 용수공급 가능성을 살펴보기 위해 용수공급효율, 토지이용변화, 회귀용수를 고려한 몇 개의 시나리오를 구성 하였다. 유역 유출량과 하수처리장 처리수가 담수호 유입량으로, 논 필요수량과 수소플랜트 용수 수요량을 담수호 유출량으로 고려한 물수지 분석을 수행하였다. 미유역 유출량은 탱크모형을 통해 산정되었으며 논 필 요수량 산정에는 Penman-Monteith 식을 활용했다. 공업용수 수요량은 수소플랜트 기업에서 제공한 상수 값을 적용하였다. 연구 결과를 통해 농업용 담수호는 높은 용수공급효율과 논 면적이 감소하는 상황에서 공 업용수를 공급할 수 있는 것으로 나타났다.

01

02

04

09

Abstract

Increased water demand from industrial and municipal water sectors due to industrial complex and new town development causes re-balancing of water resources in a watershed, especially from developed agricultural water resources in terms of IWRM (Integrated Water Resources Management). Estuary reservoirs are one of the important agricultural water resources for paddy fields in the reclaimed tidal area, and water supply to other water use sectors can be considered for the economic water use aspect. In this study, an estuary reservoir constructed for paddy field water supply was selected to analyze the water balance to investigate the possibility of water supply for industrial use. Several scenarios were prepared to find the possibility of multipurpose water supply from agricultural purpose estuary reservoir, including water supply efficiency, land use change, and return flow. Water balance analysis was conducted considering runoff from the watershed and return from sewage water treatment plant as the inflow component, and paddy fields and hydrogen power plant water requirements as the water demands. Runoff was estimated using the Tank model, and paddy water requirement was calculated using the Penman-Monteith method. A power plant company estimated the water demand from the hydrogen power planty and the demand was considered constant throughout the year. From the results, the agricultural estuary reservoir can supply the additional water demand from the hydrogen power plant by increasing water supply efficiency and decreasing paddy field area due to urban development since the reservoir plan was set about 20 years ago.

Keyword: Estuary reservoir, Water balance, Industrial Water, Agricultural Water

I. Introduction

Since the 1970s, The Government of South Korea has been promoting tidal land reclamation projects on the west coast of the Korean peninsula in order to create new agricultural land for securing food supply, and several sea dikes have been constructed to reserve freshwater for agricultural water supply. The reclaimed tidal land was mainly used as agricultural land at the early stage; however, the land development for various purposes, such as high-tech industrial complexes and tourism complexes, has been made due to policy changes according to the change in socio-economic demands (MLIT 2016; Son et al. 2020). As the transformation of the land development policy leads to diversification of freshwater demand, not only agricultural but domestic and industrial water should have been supplied from nearby water resource facilities.

Boryeong and Hongsung regions, located on the mid-west coast of South Korea, had suffered from water shortages chronically. Therefore, the Korean government approved the basic plan for the large-scale agricultural project in 1989 to supply water for paddy fields from the Boryeong estuary reservoir. Recently, SK E&S corporation prepared for the power generation project in Boryeong, so it is necessary to secure industrial water. In this study, the possibility of

industrial water supply for SK E&S from the Boryeong estuary reservoir, initially constructed for agricultural purposes, was analyzed by a reservoir water balance model considering runoff, agricultural water demand, and the return flow from the sewage station. Furthermore, a scenariobased simulation was conducted to reduce the uncertainty of the water conveyance efficiency, infiltration, land use trend, and return flow.

II. Methodology

1. Study area

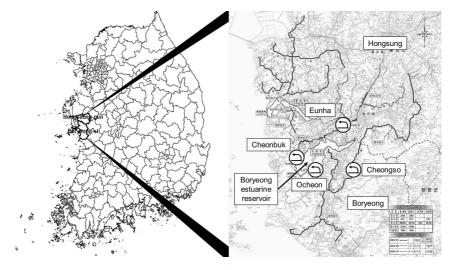


Figure 1 | Overview of the Boryeong district (Vue d'ensemble du quartier de Boryeong)

Boryeong reservoir is an estuary reservoir made by constructing the Boryeong sea dike located on the mid-west coast of the Korean peninsula (Figure 1). The reservoir crosses the border between Hongsung-gun and Boryeong-si. After completing the dike and embankment construction in 1997, the Korean government gradually promoted the drainage improvement project and the water quality improvement project until 2016 to prepare the water supply. The reservoir has two central districts separated by up and down reservoir boundaries. The sea dike is installed near the sea, and the reservoir cannot release freshwater through sluice but use pump stations. Two pumping stations are installed directly on the northern and southern sides of the reservoir to send the water to the main open channel of the districts, and each of them has an intermediate pumping station to convey water farther paddy field. The properties of the Boryeong reservoir and pumping stations are presented in Tables 1 and 2. The nearest weather station is Boryeong station, where ASOS (Automated Surface Observing Systems) is set up. In this study, 01

02

04

09

we used the meteorological data of the Boryeong station, which was downloaded from the KMA (Korea Meteorological Administration). The period of meteorological data covered 30 years, from 1991 to 2020, and contained rainfall, temperature, daylight hour, evaporation rate, wind, and humidity, which are essential to computing evapotranspiration and runoff. The characteristics of the Boryeong weather station and meteorological data are summarized in Table 3.

The effective storage of the Boryeong reservoir is 17.3 million m³, and dead storage is 2.0 million m³. The watershed area is 14,020 hectares, the beneficial area is 4,201 hectares, and the ratio of irrigation area to watershed area is about 2.7, which is within the universal range of the Korean agricultural reservoirs. The irrigation area is divided into two significant districts, Ocheon and Cheonbuk, and intermediate pump stations (Chungso and Eunha) are located in the middle of the waterway next to the Ocheon and Cheonbuk districts.

Table 1 | Basic information about the Boryeong estuary reservoir

Full storage	19,330 ×1,000 m ³	Effective storage	17,300 ×1,000 m ³	Dead storage	2,030 ×1,000 m ³	Dead level	-5.0 EL.m
Watershed area	14,020 ha	Flood level	2.97 EL.m	Full level	1.00 EL.m	Design flood	1,805 m³/s
Drought frequency	Ten year	Flood frequency	200 year	Watershed ratio	2.7	High water	3.03 EL.m
Highest high water				4.25 EL.m			

Table 2 | Characteristics of pumping stations

Main wate	r resource	Boryeong reservoir					
Sub water resource	e (pumping station)	Ocheon	Chungso (Intermediate)	Cheonbuk	Eunha (Intermediate)		
Beneficia	l area (ha)	1,364	908	707	1,222		
Pumping ca	pacity (cms)	6.021	2.583	5.05	3.12		
C.,	Net	88.5	73.1	68	107.15		
Suction lift (m)	Total	96.6	76.9	73.4	111		
Pump (mm*ea)		600*6	600*4	700*6	600*4		
Motor (k	(W*pole)	1,260*6	650*4	800*8	1,130*6		

Table 3 | Characteristics of the Boryeong weather station and weather data

Station name	Station code	Address	Observation start	Longitude	Latitude	Elevation
Boryeong	235	450, Daeha-ro, Boryeong-si, Chungcheongnam-do	1972-01-24	126.5574	36.3272	9.98 m
Data period		1991 - 2020	Category	Rainfall, evaporation, humidity	temperature, daylight	wind, hour,

01

2. Reservoir operation model

2.1. Process of this study

The reservoir water balance model was selected to analyze the possibility of water supply for industrial use. Inflow and outflow variables are important components of forming a water balance system. The daily runoff and irrigation water requirements were computed with KRC Hydraulics & Hydrology Analysis System (K-HAS). K-HAS is a platform system that integrates a meteorological dataset, the Tank model (Sugawara & Funiyuki 1956), the paddy water balance model (Jensen et al. 1990), and the reservoir budget model using a graphic user interface developed by KRC (Korean Rural Community Corporation). Runoff was calculated using the Tank model module, and irrigation water requirement was estimated using the paddy water balance model module and FAO Penman-Monteith evapotranspiration model (Allen et al. 1980). Finally, the water budget model simulated the reservoir operation with inflow and outflow. The entire sub-processes of this study are presented in Figure 2.

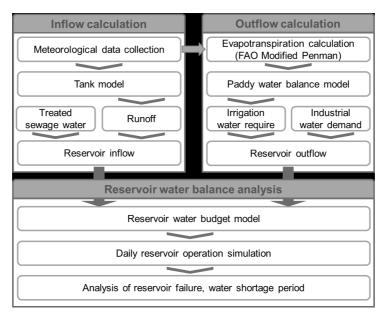


Figure 2 | Process of the agricultural reservoir water balance

2.2. Runoff model

A modified 3-stage Tank model (Kim & Park 1986) was selected as a runoff model to simulate daily discharge from the watershed of the Boryeong estuary reservoir. The modified Tank model is a model in which the Tank model is adjusted to fit the characteristics of the Korean land cover and has been widely used in hydrologic modeling until now (Sugawara 1979; Kim S. et al. 2005; Paik et al. 2005; Sujana & Asis 2009; Santogh & Raneesh 2011; Nguyen 2013; Song et al. 2019). The conceptual diagram of the modified Tank model is presented in Figure 3. The equation below calculates the total runoff from the watershed (Formulae 1 and 2).

$$Q_{ij} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} (ST_{i,t} - H_{ij}) A_{ij}$$
 Formula 1.

$$ST_{i,t} = ST_{i,t-1} + R_t - E_t - I_{i,t} - Q_{i,t-1}$$
 Formula 2.

Where Q: runoff, ST: tank storage, H: height of the orifice, A: cross-sectional area of the orifice, R: rainfall, E: evaporation, I: infiltration. The parameters in Figure 3 were calculated from the dimensionless regression equation suggested by Kim & Park (1986) using the proportion of paddy, upland, and forest areas in the watershed.

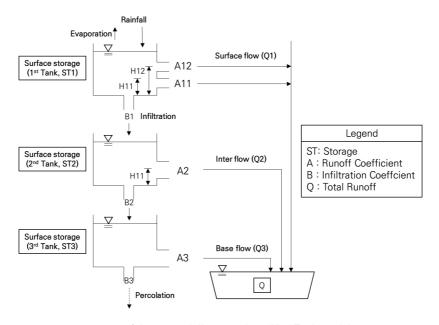


Figure 3 | Conceptual diagram of modified Tank model

2.3. Irrigation water requirement

The irrigation water requirement (IWR) is an essential component in the reservoir operation model. In this study, IWR was estimated based on the daily paddy water balance equation suggested by Jensen et al. (1990), and the evapotranspiration of the paddy rice was computed by the FAO Penman-Monteith method. The daily paddy water requirement is calculated through the ponding depth equation (Formulae 3 and 4).

$$D_t = D_{t-1} + Re_t + Req_t - ETc_t - I_t$$

Formula 3.

$$20 \le D_t \le 80$$

Formula 4.

Where, D_t is ponding depth of the day t, Re is effective rainfall, Req is daily water requirement, ETc is crop evapotranspiration, and I is infiltration of paddy field. Effective rainfall, which affects the crop root in the soil, is derived from the relationship between the ponding water depth and the amount of rainfall (Nam & Choi 2014). ETc is assessed by multiplying the reference crop evapotranspiration by the ten-day crop coefficients for paddy rice (Yoo et al. 2006). I is the infiltration rate of the land, and Req is defined by the water depth deficit from the maximum ponding depth.

2.4. Industrial water demand and extra water inflow

Industrial water is used for fabricating, processing, washing, diluting, cooling, or transporting a product (USEPA 2011). In a circumstance where environmental, social, and governance criteria become an issue, a private company is promoting a project constructing a blue hydrogen plant on the reclaimed land, and constant water must be supplied to operate the plant sustainably. The daily industrial water demand suggested by the corporation is 23,000 m³ day⁻¹. In this study, the constant amount of industrial water is reviewed.

Gwangchun sewage treatment plant, located near the Boryeong reservoir, was installed in Hongsung-gun in 2005 to purify regional sewage. The treatment plant's designed amount of water disposal, 3,500m³ day⁻¹, was considered as extra water inflow to the reservoir.

2.5. Reservoir water budget

Daily reservoir operation was simulated to investigate how the additional industrial water supply influenced the Borycong reservoir water scarcity for a long period. Generally, the reservoir operation is simulated through the water budget model, which simply refers that the rate of change in water stored in a system is balanced by the rate at which water flows into and out of the system (Healy et al. 2007).

The water budget model of the Boryeong reservoir uses the following continuity equation (Formula 5.) to estimate the rate of change in the storage volume for each given time unit using the calculated inflow, irrigation water demand, industrial water, and the extra water inflow from the sewage treatment.

$$S_t = S_{t-1} + Q_t + Inf_t + U_t + P_t - (R_t + O_t + E_t + G_t + D_t)$$
 Formula 5.

01

02

04

09

Where, S_t is water storage on day t, Q is watershed runoff, Inf is inflow from sewage treatment, U is watershed inflow, P is surface rainfall, R is reservoir release, O is overflow, E is surface evaporation, G is ground infiltration, and D is embankment infiltration. The major components of the water budget equation of a reservoir are the watershed inflow, reservoir release, which is IWR added by industrial water demand, and the treated water. The other factors, such as embankment and ground infiltration, are almost impossible to measure or too tiny to consider, so they are not considered in the calculation of the daily water budget. The surface rainfall was calculated by multiplying precipitation during a day by the water surface area of the reservoir and the unit conversion coefficient (Formula 6.).

$$P_t = C \times R_t \times A_f$$
 Formula 6.

The surface evaporation is obtained by applying the Pan coefficient of Veihmeyer (1964) to the evaporation at the meteorological station (Formula 7.).

$$E_t = C \times A_f \times E_v \times P_c$$
 Formula 7.

Where C is the unit conversion coefficient, A_f is reservoir water surface area, E_v is evaporation at the observatory, and P_c is the Pan coefficient. Since agricultural reservoirs are operated with the side channel spillway, the surplus water storage is considered an overflow.

3. Scenario composition

To examine the possibility of supplying industrial water from a reservoir constructed for agricultural purposes, it was necessary to consider the various water use circumstances. Therefore, four scenarios are organized depending on the essential variables in IWR calculation and land use trend. The first scenario represents a low water supply efficiency condition: the infiltration rate is 4.8 mm day⁻¹, and conveyance loss is 35%. It is a scenario that reflects the characteristic of traditional agricultural water facilities. In South Korea, most agricultural waterways are built in the shape of an open channel to use gravity as a power source; however, it often causes water waste. The secondary scenario describes a high water supply efficiency condition: the infiltration rate is 3.2 mm day⁻¹, and conveyance loss is 20%. Since the pumping station installed on the reservoir will transmit water to the paddy field through pipelines, we used the general conveyance loss of the pipeline system. The tertiary scenario applies the recent paddy area trend of the Boryeong-si, and the last scenario includes return flow. The paddy area dropped about 10.0% from 9,912 to 8,914 hectares over the latest ten years, and the return flow rate of irrigated water generally exceeds 50% in South Korea (Kim et al. 2010; Kim et al. 2021). However, we conservatively applied the rate of 30%. Scenarios are arranged in Table 4.

Table 4 | Summary of the scenarios

Scenario	Variable condition				
S1	Infiltration of 4.8 mm day ⁻¹ , water conveyance loss: 35%				
S2	Infiltration of 3.2 mm day ⁻¹ , water conveyance loss: 20%				
S3	Infiltration of 3.2 mm day ⁻¹ , water conveyance loss: 20%, paddy land decrease: 10%				
S4	Infiltration of 3.2 mm day ⁻¹ , water conveyance loss: 20%, paddy land decrease: 10%, return flow: 30%				

III. Results and Discussion

1. Results of reservoir water balance model based on the scenarios

The scenario-based reservoir operation for thirty years was simulated with a water budget equation considering the estimated value of the Tank model and IWR and the treated water inflow. For the visual comparison, the daily reservoir water balance graphs present scenario one as a shaded area for baseline. We focused on how often the reservoir storage drops to the dead storage within thirty years, which implies the failure of reservoir management.

In S1, the reservoir failed 14 times out of a 30-year operation. The IWR was the maximum in the case of S1, and the possibility of water supply turned out to be 53.3%. In S2, the high-efficiency scenario, the reservoir failed to supply enough irrigation water seven times, half of the S1 result. The possibility was 76.7%, still a low performance. S3, which applies paddy area decrease, showed a small improved performance. The reservoir storage dropped to the dead storage line six times. In the last scenario, 30% of return flow was considered, and the reservoir never had a water shortage problem.

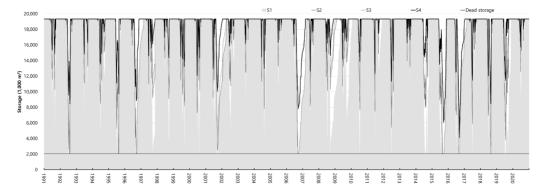


Figure 4 | Daily reservoir operation simulation. The shaded area represents scenario 1. Scenarios 2, 3, and 4 are shown as colored lines. The black bottom line represents dead storage.

01

02

04

09

From S1 to S4, the performance of reservoir management increased since the conditions changed gradually from low water efficiency to high. In the South Korean design standard, the agricultural reservoir is designed to endure a 10-year drought frequency, which means three times of failure in thirty years are tolerable. From this point of view, the reservoir was highly vulnerable in S1, moderately vulnerable in S2 and S3, and acceptable in S4.

2. Comparison of reservoir operation according to the existence of industrial water supply

Boryeong sea dike was initially set up for agricultural water use; however, the social and economic circumstances have changed, and the water demand for other purposes emerged as time passed. Therefore, reservoir operation simulation with industrial water release was conducted in case the Boryreong reservoir supplies the industrial water. Daily reservoir operation was simulated based on the scenario condition, respectively. The daily reservoir operation and storage difference graphs are showed in Figure 5.

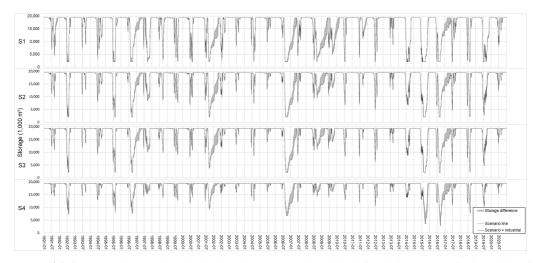


Figure 5 | Daily reservoir operation simulation of each scenario and the industrial water supplied considered cases. The daily storage difference when industrial water is provided is shown as a shaded area.

In S1, the most significant difference in the storage occurred in early 2009, up to about 5.3 million m³, and the other peaks of about 4.0 million m³ appeared in early 2002, early 2007, early 2010, and early 2017. In S2, the most significant difference happened in early 2002, up to about 5.0 million m³, and the other peaks of 4.0 million m³ or more significant occurred in

01

02

04

09

10

early 2007, early 2009, and mid-2017, similar to the S1 result. In S3, early 2002 was the period of the maximum difference, up to 5.3 million m³, and the other peaks of about 4.0 million m³ occurred in early 2002, early 2007, early 2010, and early 2017. Finally, in the last scenario, the storage showed the maximum difference in early 2007, and the peaks appeared at the end of 2015 and early 2017.

In each scenario, the most storage difference when the industrial water was considered in the simulation was in the range of 5.0 to 5.3 million m³, respectively. Every point in time when a significant difference in storage begins to occur is the moment when the irrigation supply is terminated; in other words, when the cultivation is over, or the reservoir has no water to release. In the years when there is no water shortage due to abundant rainfall, 23,000 m³ day of water for industrial purposes is not an issue. However, In a year with little precipitation, there may be a situation in which agricultural water cannot be supplied as much as the industrial water supply. Even in the circumstance of not severe but continuous drought, storage recovery during the non-irrigation period is also reduced because of industrial release, which can lead to extreme water shortages.

3. Number of water shortage days

The number of years reservoir storage dropped to the dead storage was counted to review the possibility of industrial water supply previously; however, the existence of industrial water supply did not significantly affect the reservoir management. The maximum storage difference of 5.3 million m³ is about 3.06% of the effective storage of the Boryeong reservoir. Therefore, we investigated how long the dead storage is carried over to survey the critical year the reservoir fails to owe to the industrial release. The dead storage period is summarized yearly in Table 5. Four years turned out to be critical, and in 2009, the reservoir continued dead storage for five days because of the industrial water supply. In S2, 2012 and 2017 were critical years, and eight days of dead storage were estimated in 2017. In S3, five days of dead storage appeared only in 2017. To secure the constant industrial water supply in critical years, small sized water retention facility is suggested to store about 3 to 5 days of industrial water demand.

Table 5 | Summary of the dead storage period

		S1			S2			S3			S4	
Year	original	indust.	Incre ased									
1991	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	29	32	3	14	16	2	10	12	2	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1994	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	37	39	2	18	21	3	13	16	3	0	0	0
1996	11	14	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	13	18	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	29	31	2	10	14	4	2	7	5	0	0	0
2001	31	35	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	11	17	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	8	22	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	28	31	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2012	13	15	2	0	3	3	0	0	0	0	0	0
2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2014	26	33	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2015	60	63	3	36	42	6	29	34	5	0	0	0
2016	41	44	3	16	22	6	1	11	10	0	0	0
2017	8	19	11	0	8	8	0	5	5	0	0	0
2018	12	15	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2019	45	50	5	15	22	7	6	15	9	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

IV. Conclusion

This study was conducted to analyze the possibility of industrial water supply from the Boryeong estuary reservoir. The Boryeong reservoir has 14,020 hectares of watershed area, 17.3 million m³ of effective reservoir storage, and 4,201 hectares of irrigated area. It was found that the reservoir's water supply capacity is highly vulnerable to drought since the unit effective storage is only 411mm.

For the water balance analysis, irrigation water requirement, watershed runoff using the Tank model, and the treated water inflow from sewage treatment plant were considered.

Four scenarios, S1, S2, S3, and S4, were prepared to analyze the water supply possibilities for the hydrogen power plant because there were no irrigation records due to the pumping stations for irrigation will be operated in 2025.

As a result of the reservoir water balance analysis using four scenarios, S1, S2, and S3 scenarios showed the water level periodically reached the dead water level according to the yearly rainfall variation. However, S4, considering the return flow, showed the reservoir level didn't reach the dead water level about the water supply to the hydrogen power plant. Therefore, it is possible to supply the water to the plant under the conditions of 10% paddy field area decreasing, 80% of irrigation efficiency and

the return flow of irrigated water taken into consideration.

The reservoir water balance analysis was also conducted with or without the industrial water supply (23,000 m³ day⁻¹) to assess how much the industrial water affects the reservoir operation for 30 years, and storage was within the range of 5.0 to 5.3 million m³ in each scenario as much as 3.06% of the effective storage not much influencing to the reservoir operation.

The dead water level duration each year to find a critical year when the industrial water supply impacts the reservoir's operation for both water demands. The results showed that two to eight days of continuous water interruption for industrial purposes could outbreak the overall scenarios. Therefore, small-sized water retention facility construction is suggested to cope with the water supply disruption.

These conclusions are the results of a scenario-based water balance analysis considering the reduction in paddy land area due to socio-economic factors, the efficiency of water conveyance, and the average return flow rate of paddy field irrigation. In a situation where the industrial water supply does not significantly affect the reservoir operation, it is possible 01

02

04

09

that the reservoir can provide industrial water through efficient water management and watersaving irrigation during drought. Finally, installing an adequate capacity of a water retention facility can increase the water supply flexibility in dealing with water supply to the paddy fields and power plant while securing reservoir operation.

REFERENCES

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, Rome.
- Doorenbos, J., Pruitt, W.O., 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, FAO, Rome.
- Healy, R.W., Winter T.C., LaBaugh, J.W., Franke, O.L., 2007. Water budgets: foundations for effective water-resources and environmental management. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia.
- Jensen, M.E., Burman, R.D., Allen, R.G., 1990. Evapotranspiration and irrigation water requirement. In: ASCE Manual No. 70. ASCE, New York, NY.
- Kim, H.Y., Nam, W.H., Mun, Y.S., Bang, N.K., Kim, H.J., 2021. Estimation of irrigation return flow on agricultural watershed in Madun reservoir. Journal of The Korean Society of Agricultural Engineers, 63.2: 85-96.
- Kim, H.Y., Park, S.W., 1988. Simulating daily inflow and release rates for irrigation reservoirs (1) Modelling inflow rates by a linear reservoir model. Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers, 30(1): 50-62.
- Kim S., Vertessy R.A., Perraud J.M., Sung Y., 2005. Integration and application of the rainfall runoff library. Water Sci Technol, 52(9): 275-82.
- Kim T.C., Lee, H.C., Moon, J.P., 2010. Estimation of return flow rate of irrigation water in Daepyeong pumping district. Journal of The Korean Society of Agricultural Engineers, 52(1): 41-49.
- Nam, W.H., Choi, J.Y., 2014. Development of an irrigation vulnerability assessment model in agricultural reservoirs utilizing probability theory and reliability analysis. Agricultural Water Management 142: 115-126.
- Nguyen Manh, H., Le Van, C., Hiramatsu, K., Harada, M., Dao Ngoc, T., 2013. Flood inundation analysis using a distributed tank model for a flat, low-lying agricultural area undergoing urbanization in Hanoi, Vietnam. Irrigation and Drainage 62(S1): 52-62.

- Paik, K., Kim, J.H., Kim, H.S., Lee D.R., 2005. A conceptual rainfall-runoff model considering seasonal variation. Hydrological Processes, 19(19): 3837-3850.
- Santosh, G.T., Raneesh, K.Y., 2011. Impact of anticipated climate change on direct groundwater recharge in a humid tropical basin based on a simple conceptual model. Hydrological Processes 26(11):1655-1671.
- Song, J.G., Jeong, C.H., Lee, D.H., Go, S.H., Song, J.D., Lee, G.S., Park, J.H., 2020. The status, problems, and the direction of development of land use in reclaimed land – Survey for local governments and the KRC branch in Chungnam, Jeonbuk, and Jeonnam Province. Journal of The Korean Society of Rural Planning 26(3):67-77.
- Song, J.H., Her Y., Park, J., Kang, M.S., 2019. Exploring parsimonious daily rainfallrunoff model structure using the hyperbolic tangent function and Tank model. Journal of Hydrology, 574: 574-587.
- Sugawara, M., 1979. Automatic calibration of the tank model / L'étalonnage automatique d'un modèle à cisterne. Hydrological Sciences Journal, 24(3): 375-388.
- Sugawara, M., Funiyuki, M., 1956. A method of revision of the river discharge by means of a rainfall model. Collection of Research Papers about Forecasting Hydrologic variables: 14-18.
- Sujana, D., Asis, M., 2009. Hydrological modelling of the Kangsabati river under changed climate scenario: case study in India. Hydrological Processes 23(16):2394-2406.
- USEPA, 2011. Lean & water toolkit. United States Environmental Protection Agency.
- Veihmeyer, F.J., 1964. Evapotranspiration: In handbook of applied hydrology, Chow VT (ed.). McGraw-Hill Book Co.: New York.
- Yoo, S.H., Choi, J.Y., Jang, M.W., 2006. Estimation of paddy rice crop coefficients for FAO Penman-Monteith and modified Penman method. Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers 48(1): 13-23.

농업환경보전프로그램의 농업활동 영향 평가를 위한 물-식량-에너지 넥서스 연계 분석

Agricultural Activity Impacts Assessment for Agricultural Environment Conservation Program using Water-Energy-Food Nexus Analysis

유무른 _ 서울대학교 농업생명과학연구원 선임연구원(vnfms3259@snu.ac.kr)

최진용 _ 서울대학교 조경·지역시스템공학부 교수(iamchoi@snu.ac.kr)

김귀훈 _ 서울대학교 대학원 생태조경·지역시스템공학부 박사과정(kgh0330@snu.ac.kr)

허승오 _ 농촌진흥청 디지털농업추진단 연구관

- Pureun Yoon, Senior researcher, Research Institute for Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, vnfms3259@snu.ac.kr
- Jin-Yong Choi, Professor, Department of Rural Systems Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, iamchoi@snu.ac.kr
- Kwihoon Kim, Graduate student, Department of Rural Systems Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul Nat'l University, kgh0330@snu.ac.kr
- Seung-oh Hur, Rural Research Institute, Senior Research & Lab. Head in National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration

요약

인구 증가와 경제 성장에 따라 식량 수요가 증가하고 있으며, 안정적인 식량 공급을 위하여 생산성 중심의 고투입 농법으로 농업분야의 환경부하에 대한 우려가 가중되고 있는 실정이다. 농업활동에 따른 환경부하 문제를 방지하기 위한 정책 도입의 필요성이 증대됨에 따라, 농림축산식품부에서는 2018년부터 지역단위 농업환경 관리 방안을 통해 농업환경 보전 및 개선을 위하여 농업환경보전프로그램을 시행하고 있다. 이는 토양, 용수, 대기, 경관/생활, 유산/생태 분야로 구성되며 환경부하를 저감하고 농업환경을 개선할 수 있는 세부활동으로 구성된다. 식량뿐만 아니라 중요자원인 물과 에너지 자원의 수요가 증가하고 있으며, 각자원은 타자원에 영향을 미치고, 자원 간 관계는 외부 환경조건에 영향을 받기 때문에 이를 통합적으로 연계분석하고 정량적으로 평가할 필요가 있다. 농업환경보전프로그램의 자원 이용과 환경 진단을 위해서는 식량 자원을 생산하기 위해 투입되는 물과 에너지 자원, 이로 인해 발생하는 탄소 배출량과 수환경 부하량으로 구성된 물-에너지-식량-탄소-수환경 넥서스를 구축할 필요가 있으며, 각 농업활동별 넥서스 요소 간연계분석이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 물-에너지-식량-탄소-수환경 넥서스를 활용하여 농업환경보전프로그램과 넥서스 요소 간 시나리오에 따른 연계분석을 실시하고자 하였다. 먼저, 자원별 기초자료를

09

수집하였으며, 각 농업환경보전프로그램의 농업활동별 시나리오를 구축하였다. 자원 간 연계분석을 위하여 APEX 및 APEX-Paddy 모형을 활용하였으며, APEX 모형은 작물 생육 및 농업활동이 토양 및 물, 수환경에 미치는 영향을 모의할 수 있다. 또한 토양 특성, 기후, 관개방법, 작물생육 등을 고려하여 경운, 시비, 관개, 작목, 농약, 최적관리기법(BMP) 등에 따른 환경영향평가에 활용될 수 있어 농업환경보전프로그램의 세부활 동을 모의하기에 적합하다. 연구 대상 지역으로는 농업환경보전프로그램이 시행 중인 충청남도 홍성군 문당 리에 위치한 도산2리 마을로 선정하였으며, 해당 지역의 작목, 토양 특성, 시비 및 관개 자료를 적용하였다. 이에 해당 지역의 물-식량-에너지-탄소-수환경 넥서스를 구성하고, 농업환경보전프로그램의 농업 세부활 동별 시나리오에 따른 농업 자원 및 탄소 배출량, 수환경 부하량을 포함한 넥서스 요소별 결과를 모의하였다. 또한 요소별 결과를 표준화하여 농업활동의 시나리오나 적용 유무별 결과를 방사형 그래프로 나타내고 비교 분석하였다. 향후에는 농업환경보전프로그램의 자원 이용과 환경 진단을 위한 평가지표를 선정하고. 넥서스 요소별 결과에 따른 평가를 실시하여 시나리오와 시뮬레이션 기반의 넥서스를 활용한 지속가능성 등을 평가 하고자 한다.

Abstract

The demand for food is increasing with population growth and economic growth, and it is predicted that disasters and climate variability due to climate change will increase in the future. To solve food security, such as the stability of food supply, concerns about the environmental load in the agricultural sector are increasing due to the high input farming method centered on productivity. As the need to introduce policies to prevent environmental problems caused by agricultural activities is increasing, since 2018, the Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs has been implementing the AECP (Agricultural Environment Conservation Program) to preserve and improve the agricultural environment through regional agricultural environment management measures. It consists of soil, water, atmosphere, landscape/life, heritage/ecology, and detailed agricultural activities to reduce environmental load and improve the agricultural environment. In addition, the demand and importance of water and energy resources, which are essential in the agricultural sector as well as food, are increasing, and each resource affects other resources, and the relationship between resources is affected by external environmental conditions, therefore, it is necessary to conduct an integrated linkage analysis and quantitative evaluation. For the environmental evaluation of the AECP, it is necessary to establish a soil-water-energy-food nexus, and a linkage analysis between agricultural resources for each activity is required. Therefore, this study included conducting a linkage analysis according to the scenario between the AECP and agricultural resources using the soil-water-food-energy nexus. For linkage analysis between agricultural resources, data for each resource was collected, and scenarios for activities were constructed. The APEX/ APEX-Paddy model was used to analyze the linkages between resources, and this model can simulate the effects of crop growth and agricultural activities on soil, water, and water quality. In addition, as it is possible to evaluate the environmental impact of tillage, fertilization, irrigation, crops, pesticides, and best management practices (BMP) considering soil characteristics, climate, irrigation method, and crop growth, it is suitable for simulating the activities of the program. The study area was selected as Mundangri, Dosan 2-ri village located in Hongeung-si, where the AECP is being implemented, and data on crops, soil characteristics, fertilization and irrigation of the area were applied. Accordingly, the soil-water-food-energy nexus of the study area was constructed, and the results of each resource according to the scenarios for each activity of program were simulated. For future research, evaluation indicators are selected for environmental diagnosis of the AECP, and evaluation is performed according to the results of each resource to evaluate sustainability using scenarios and simulation-based nexus.

Keyword: Soil-water-energy-food nexus; AECP; Agricultural activity, Impacts assessment; APEX model

I. Introduction

Due to the population growth, the food demand is increasing, and concerns about the environmental load in the agricultural sector are also rising. As the need to introduce policy support measures to prevent environmental problems caused by agricultural activities is increasing, since 2018, the Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs has been implementing the AECP (Agricultural Environment Conservation Program) to preserve and improve the agricultural environment through regional management measures. In addition, the importance of water and energy resources, which are essential in the agricultural sector, is increasing. Each resource affects other resources, and the relationship between resources is affected by external conditions; therefore, it is needed to conduct an integrated linkage analysis and quantitative evaluation. For the environmental assessment of the AECP, it is necessary to establish a soil-water-energy-food nexus, and a linkage analysis between agricultural resources for activities of the AECP is required. Therefore, this study included 1) constructing a Soil-Water-Food-Energy Nexus for agricultural activities of AECP, 2) simulating the results of each resource according to the scenarios using S-W-E-F Nexus, 3) conducting nexus analysis and relationship between resources by agricultural activities of AECP.

II. Methodology

1. AECP (Agricultural Environment Conservation Program) and study area of AECP

AECP (Agricultural Environment Conservation Program) is consists of several parts, soil, water, atmosphere, landscape and life, heritage and ecology parts. The purpose of the soil part is 'nutrient management/ soil erosion prevention' and the purpose of the water part is 'water quality improvement and agricultural water conservation', the purpose of the atmosphere part is 'greenhouse gas reduction'. In addition, AECP is divided two parts, individual activities and joint activities.

The study area is Mundang-ri, Dosan 2-ri village located in Hongeung-si, Chungcheong nam-do, one of the villages participating in the AECP project. Table 1 shows the participation status about some of the agricultural activities by parts of the AECP.

Table 1 | AECP participation status in Hongseung-gun

Part	Activities	Period (month)	Participants (person)	Areas (a)
Soil 1-2	Using of slow-release fertilizers	4-5	1	86.4
Soil 2-1	Returning agricultural by-products	10-11	84	7075.6
Soil 2-2	topaddy,fields	11-12	36	1,625
Soil 3-1	Cultivation of green manure crops and soil return during fallow period	-	-	-
Ecology 1-1	Covering sloping field with rice straw	5-10	2	185.3
Ecology 1-2	Preventing pests as natural enemies	5-10	67	2641.4
Atmosphere 1-1	Get rid of weeds without herbicides	4-5	43	2806.5
Atmosphere 2-1	Minimizing tillage	4-12	6	23.1
Water 2-1	Using microbial agents to reduce livestock odors	-	-	-
S4	Controlling drainage levee and agricultural water management	-	241	14,559

2. APEX and APEX-Paddy model

The model used in this study was the APEX model, the Agricultural Policy Environmental eXtender (APEX), and it is a whole farm/small watershed management simulation tool. Using APEX model, evaluation about impacts of agricultural activities on the soil and water environment and crop growth could be conducted considering climate, irrigation method, CO₂ concentration, agricultural activities (tillage, fertilization, pesticides, BMPs) and conservation practices.

APEX-Paddy model adds a flooding condition algorithm to the APEX model to simulate paddy environmental conditions. As shown in the figure 1, this model follows the APEX model algorithm under non-flooding conditions and APEX-Paddy model under flooding conditions, it could simulate water balance in flooding conditions, puddling period and transplanting method.

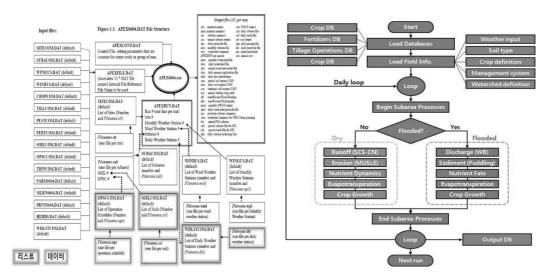


Figure 1 | Igorithm of APEX/APEX-Paddy model

2.1. Input data and scenarios of APEX/APEX-Paddy model

The study period is 40 years, from 1981 to 2020, and study crops are soybean and cabbage for fields and paddy-rice for paddy. Input data of the APEX model are site information, weather data, soil data, cropping schedule data and crop parameter, operation and fertilizer information. Weather station of Honseung is No.235, and soil series is GEUMGOG (No.110, soybean), CHOGYE (No.52, cabbage), MANGYEONG (No.230, paddy-rice).

III. Results and Discussions

1. Soil 1; Putting the proper amount of nutrients (fertilizers)(1-2; Use of slow-release fertilizers)

The purpose of soil part 1 is putting proper amount of fertilizers and the soil 1-2 activities is 'Use of slow-release fertilizers'. To simulate the effect of the slow-release fertilizer, the same amount of N, P, K fertilizers as the default condition was divided into 3 times in the case of Srf condition (Table 2).

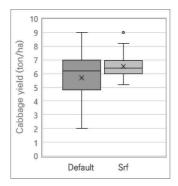
As shown in the Figure 2, there was no significant difference in the yields of the two scenarios, but rather, the nitrogen stress was low and the nitrate content in the soil was high in the Srf

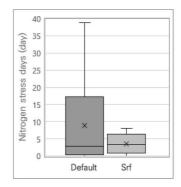
condition. In addition, the effect of reducing the total nitrogen runoff appears to be relatively insignificant, which will be supplemented through calibration and literature review in the future.

Table 2 | Scenarios of Soil 1-2 (Use of slow-release fertilizers)

Crops: Chinese cabbage (#52)					
Scenario	Fertilizer condition				
Default	Chemical fertilizer (1 time/ Standard amount of N, P, K fertilizer)				
Srf (Slow-release fertilizer)	Slow-release fertilizer (3 times)				

* To simulate the effect of the slow-release fertilizer, the same amount of N. P. K fertilizer as the default condition was divided into 3 times.





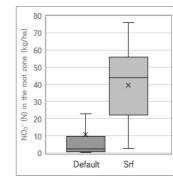


Figure 2 | Results of yield, nitrogen stress, N in the root zone by Soil 1-2 scenarios

2. Water 2; Reducing nutrient outflow & Saving agricultural water

(2-1; Controlling drainage levee and agricultural water management (irrigation))

The purpose of water part 2 is reducing nutrient outflow and saving agricultural water and the activities 2-1 is 'controlling drainage levee and agricultural water management'.

In addition, 5 scenarios were applied, and the height of drainage levee was adjusted to 80mm and 120 mm, 2 cases (Table 4). The irrigation method consisted of conventional irrigation and water management A and B according to the ponding and trigger depth, as shown in the Table 4.

As shown in the Figure 4, yield increased when the water management A was applied compared to conventional irrigation, and there was no significant difference in all 5 cases, but when the water management B was applied, water stress was very high. As for the amount of irrigation, the 206 and 208 scenarios in which the height of drainage levee was increased could save the amount 01

02

04

09

of irrigation. In addition, compared to conventional irrigation, A and B irrigation method saved 17% and 70% of agricultural water, respectively. The ratio of surface runoff and percolation is high because paddy fields are cultivated with flooding, in the scenarios 206 and 208, where the levee height is increased, the amount of runoff decreased but the amount of percolation increased. Nevertheless, method A is considered to be relatively reasonable as the amount of percolation is smaller than conventional irrigation. Similarly, 209 showed less total nitrogen runoff than scenarios 205 to 208 because of large runoff and percolation amounts.

Table 3 | Scenarios of Water 2-1 (Controlling drainage levee and agricultural water management)

Scenario	Controlling drainage levee	Irrigation method (agricultural water management)		
205	Conventional (80mm)	Conventional	Ponding depth: 80mm	
206	Control (120mm) (†)	Conventional	Trigger depth: 60mm	
207	Conventional (80mm)	Water management A	Ponding depth: 60mm	
208	Control (120mm) (†)	Water management A	Trigger depth: 20mm	
209	Conventional (80mm)	Water management B	Ponding depth: 20mm Trigger depth: 0mm	

X Controlling drainage levee; puddling period & the end of midsummer drainage – harvest

[※] Irrigation method; except for puddling period, transplanting period, midsummer drainage period (This period applies equally to 3 cases.)

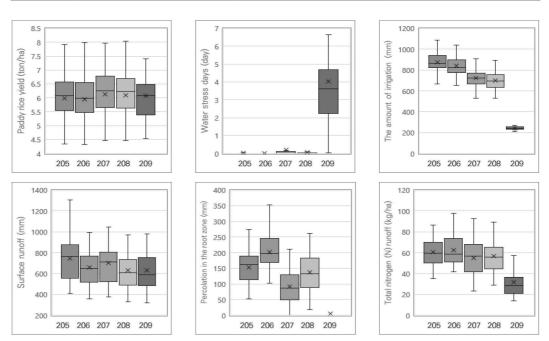


Figure 3 | Results of yield, water stress, the amount of irrigation, surface runoff, percolation and nitrogen runoff by Water 2-1 scenarios

01

02

04

3. Atmosphere 1; Reduction of greenhouse gases (1-1; Minimizing tillage)

The purpose of atmosphere part is reduction of greenhouse gases and the activities 1-1 is 'minimizing tillage'. Scenario 210 means deep tillage, tilling to a depth of 200mm, and 211 means shallow tillage, and 212 means no tillage (Table 5). As shown in the Figure 5, yield was partially decreased in the no tillage scenario 212, and soil loss occurred most in deep tillage scenario 210, but showed an insignificant value because it was a paddy field. Finally, the total nitrogen runoff was greatest in the no tillage scenario, 212. Originally, considering volatilization due to tillage, the nitrogen runoff was expected to be larger in the case of tillage, but it seems that the amount of percolation and runoff occupies a larger proportion than the amount of volatilized nitrogen.

Table 4 | Scenarios of Atmosphere 1-1 (Minimizing tillage)

Scenario	Tillage condition				
210	Tillage_200mm	Deep tillage			
211	Tillage_100mm	Shallow tillage/ Partial tillage			
212	No tillage	-			

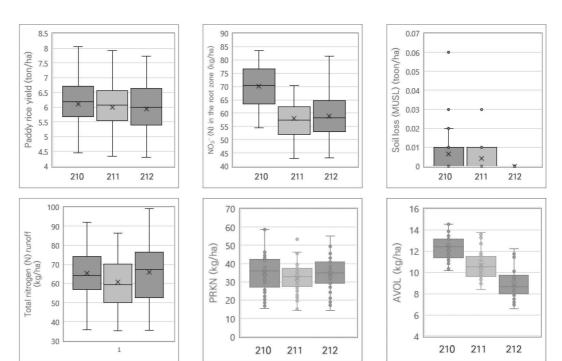


Figure 4 | Results of yield, N in the root zone, soil loss, and total nitrogen runoff by Atmosphere 1-1 scenarios (PRKN; percolation nitrogen, AVOL; volatilization nitrogen)

IV. Conclusions

The purpose of this study is conducting a linkage analysis according to the scenario between the AECP and agricultural resources using the soil-water-food-energy nexus. Therefore, the basic data about agricultural resources and selected pilot sites were collected, and scenarios for each agricultural activity of AECP were constructed.

In addition, the soil-water-food-energy nexus of the study area was constructed, and the results of each resource according to the scenarios in the soil, water and atmosphere parts of AECP were simulated. For the future study, it is necessary to investigate other project sites for AECP and to construct soil-water-energy-food nexus for agricultural activities of other parts. Also, calibration through field and measured data is needed, and we plan to conduct quantification of trade-off between resources and nexus analysis, sensitivity analysis for AECP.

REFERENCES

- Choi, S.K., Kim, M.K., Jeong, J, Choi, D., Hur, S.O., 2017. Estimation of crop yield and evapotranspiration in paddy rice with climate change using APEX-Paddy model. Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers 59 (4): 27-42
- Gassman, P.W., Williams, J.R., Wang, X., Saleh, A., Osei, E., Hauck, L.M., Izaurralde, R.C., Flowers, J.D., 2010. The agricultural policy/environmental extender (APEX) model: An emerging tool for landscape and watershed environmental analysis. American Society of Agricultural and Biological Engineers 53 (3): 711-740
- Steglich, E.M., Osorio, J., Doro, L., Jeong, J., Williams, J.R., 2019. Agricultural policy/ environmental extender Model-User's manual (version 1501)
- Hur, S.O., Choi, S.K., Hong, S.C., 2019. Assessment & estimation of water footprint on soybean and Chinese cabbage by APEX model. Korean Journal of Environmental Agriculture 38 (3): 159-165

저수지 가뭄지수를 이용한 월 가뭄 전망과 가뭄 대응 저수지 운영률 평가

Evaluation of Monthly Drought Prospect and Reservoir Operation Rule for Drought Response using Reservoir Drought Index (RDI)

김마가 _ 서울대학교 대학원 생태조경·지역시스템공학부 박사과정(mnkm53@snu.ac.kr)

최진용* _ 서울대학교 조경·지역시스템공학부 교수(iamchoi@snu.ac.kr)

방재홍 _ 서울대학교 대학원 생태조경·지역시스템공학부 박사과정(jaehong999@snu.ac.kr)

윤푸른 _ 서울대학교 농업생명과학연구원 선임연구원(vnfms3259@snu.ac.kr)

김귀훈 _ 서울대학교 대학원 생태조경·지역시스템공학부 박사과정(kgh0330@snu.ac.kr)

- Maga Kim, Graduate student, Department of Rural Systems Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, mnkm53@snu.ac.kr
- Jin-Yong Choi*, Professor, Department of Rural Systems Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, iamchoi@snu.ac.kr
- Jehong Bang, Graduate student, Department of Rural Systems Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, jaehong999@snu.ac.kr
- Pureun Yoon, Senior researcher, Research Institute for Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, vnfms3259@snu.ac.kr
- Kwihoon Kim, Graduate student, Department of Rural Systems Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul Nat'l University, kgh0330@snu.ac.kr

요약

본 연구에서는 현재 저수지의 저수율을 통해 가뭄을 판단하는 저수지 가뭄지수 (Reservoir Drought Index, RDI)를 추정하여 가뭄을 전망하고, 가뭄 대응 저수지 운영 기준을 적용하였다. 가뭄을 전망하기 위해 먼저 월 유출량과 농업용수 수요량을 산정하였으며, 다중회귀분석을 통해 다음 달의 월초 저수량을 예측하였다. 예측 한 저수량과 평년 저수량을 이용하여 RDI를 산정하고 가뭄을 전망하였다. 추정한 RDI는 실제 관측된 저수량으 로부터 산정한 RDI와 비교하여 적용성을 확인하였다. 다중회귀분석 결과 저수량 예측은 결정계수 0.65 이상으 로 나타났고, 관측 RDI와 비교하였을 때 다음달 가뭄 전망을 위해 추정한 RDI가 적절한 수준으로 가뭄을 전망 하는 것으로 나타났다. 또한 본 연구에서는 가뭄 대응 저수지 운영 기준 수립을 위해 우리나라 저수지 관리인을 대상으로 설문조시를 실시하였다. 설문 조사 결과 농업용 저수지의 농업용수 공급 중단에 영향을 미치는 주요 요인은 강우량, 강우예보, 저수지 저수율이 있었으며, 가뭄 대응 저수지 운영 기준에 해당 요인을 반영하였다. 농업용수 수요량은 Penman-Monteith equation을 기반으로 산정하였으며 용수공급 중단 요인에 따라 공급 비율을 조정하였다. 기뭄 대응 저수지 운영에 따른 저수지 운영 결과는 HOMWRS (Hydrological Operation Model for Water Resources System) 모형에 따른 저수지 운영 결과와 비교하여 그 효과를 검증하였다.

01

02

04

09

Abstract

Recently, as climate change intensifies, the frequency and intensity of drought occurrence are increasing. Unlike floods, drought is challenging to know the beginning and end, so it is challenging to respond preemptively. In Korea, the vulnerability of agricultural reservoirs to disaster response is increasing due to climate change and the aging of facilities. So it is necessary to estimate an appropriate drought index to predict drought disasters and operate reservoirs that respond preemptively to drought. Drought can be largely classified into meteorological, agricultural, hydrological, and socioeconomic drought. Various drought indexes have been researched and developed depending on the subject field. Each drought index uses different variables according to its focus subject. In Korea, more than 17,000 reservoirs have a total effective storage capacity of 31 tons approximatively and contribute more than 75% of the total agricultural water. From June to August, precipitation is stored in the reservoirs as much as possible when rainfall is concentrated. Then water is supplied from April to September, the rice paddy growth period, to ensure stable crop cultivation. Hence if the reservoir storage is sufficient, it is possible to supply stable agricultural water to cultivate even in meteorological droughts. On the other hand, if the reservoir storage is insufficient, it is difficult to respond to a drought disaster. So the management of reservoir storage is a significant factor in the efficient management of agricultural water and stable crop production.

Therefore, in this study, the reservoir drought index (RDI), one of the hydrological drought indexes, was estimated and utilized to predict drought. Then the preemptive drought response operation rule was applied. First, monthly runoff and agricultural water demand were estimated. Then the multiple regression analysis was conducted to predict reservoir storage at the beginning of the following month. The reservoir storage at the beginning of the month, monthly runoff, and monthly agricultural water demand were used as independent variables. The RDI was calculated from estimated reservoir storage and annual reservoir storage. The estimated RDI was compared to the observed RDI to verify the applicability. The result of the multiple regression analysis showed above 0.65 coefficient of determination, and the RDI showed better performance because it was classified according to criteria range. In order to establish reservoir operation rules for drought response, this study conducted a survey of reservoir managers in Korea. As a result of the survey, the main factors influencing the suspension of reservoir water supply were rainfall, rainfall forecast, and reservoir storage rate. For the reservoir operation for drought response, the existing criteria of reservoir managers for stopping the supply of reservoir water were used. The agricultural water demand was always supplied considering the gross water requirement estimated by the Penman-Monteith equation when there were no suspension factors in the irrigation period. The result of the reservoir operation rules for drought response was evaluated by comparison to the result of reservoir operation according to theoretical water requirements.

Keyword: Drought response, Reservoir operation, Reservoir drought index, Drought prospect, Agricultural water supply

I. Introduction

Recently, due to climate change, the frequency and intensity of drought in Korea are increasing, and severe drought is frequently occurring (Kim et al., 2016). Drought has enormous damage and influence, but it is difficult to establish and implement accurate responses because detecting the exact beginning and end of the drought is very challenging (Kim et al., 2013). Various drought indices are being developed to respond preemptively to drought and manage water resources. The research is being conducted to predict drought or analyze drought intensity and duration using the developed drought index (Kim et al., 2012). Drought can be classified into meteorological, agricultural, hydrological, and socioeconomic droughts, depending on the aspect of concentration (Wilhite and Glantz, 1985; Correia et al., 1991; Tate and Gustard, 2000). The hydrological drought index is defined by the amount of available water resources such as river flow, reservoir, and groundwater, focusing on water supply. In particular, the reservoir drought index is defined by an available water resource of the reservoir. It serves as a basis for determining whether irrigation can be stably performed.

There are more than 17,000 agricultural reservoirs in Korea. The total effective storage of the agricultural reservoirs is about 31 tons, accounting for more than 75% of the total agricultural water. Reservoirs are used as an essential agricultural water source for rice paddy farming in Korea. The agricultural reservoirs store water from October to March, which is a non-irrigation season, and supply agricultural water in the rice farming season to grow paddy rice stably. If the reservoir storage is sufficient, water can be stably supplied even in meteorological drought. So it is crucial to manage the available water of reservoirs to cope with the drought. Therefore, this study utilized the reservoir drought index (RDI) to prospect the drought focusing on the hydrological drought. Through multiple regression analyses, the reservoir storage of the first day of the month in the following month was calculated, and the RDI was predicted. Then drought prospects of the following month were conducted using predicted RDI. Monthly inflow and monthly supply were used as independent variables, and future weather data were assumed to be known.

Also, in this study, a survey was conducted on current Korean reservoir managers to establish the reservoir operation rule to respond to the drought. Based on the survey results, the factors that affect stopping agricultural water supply were analysed. Then the criteria for reservoir operation to respond to the drought were established. The applicability of the RDI calculated using multiple regression analysis was evaluated by comparing it with the actual RDI. The established reservoir operation rule for drought response was compared to the reservoir operation results conducted by the theoretical agricultural water requirement.

02

04

09

II. Materials and Methodology

The subject reservoirs of the study were the Gaeun reservoir and Geumsa reservoir. Meteorological data, land cover data, and watershed information were collected. Then the TANK model, a conceptual rainfall-runoff model, was applied to estimate the inflow amount of the reservoir from the upstream watershed. The evapotranspiration of the paddy rice was calculated by the FAO Penman-Monteith equation. The amount of agricultural water supply was estimated with the evapotranspiration considering lot-management water requirements for crop growth, infiltration, conveyance loss, and distribution management loss. A regression equation was derived to calculate the reservoir storage of the first of the following month by utilizing monthly reservoir inflow, agricultural water supply, and the reservoir storage of the first of the month as independent variables. For the multi-regression analysis, reservoir water level data were collected, and reservoir storage and rate were calculated by the reservoir storage curve. The predicted reservoir storage was utilized to estimate the RDI, which was used for the prospect of the drought. The survey was conducted on current agricultural reservoir managers. From the survey results, the factors and standards for stopping agricultural water supply of the current reservoir operation rule. Then the reservoir operation rule of this study was established to respond to the drought. The predicted reservoir storage and RDI were compared with the observed reservoir storage and RDI calculated with the observed water level. The amount of ware supply by the reservoir operation rule to respond to the drought were compared with theoretical water requirement.

1. Subject reservoir and data construction

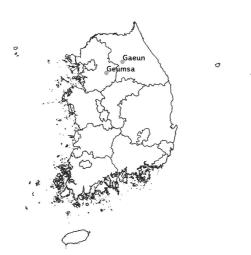


Figure 1 | Location of the subject reservoirs

The subject reservoirs of the study are Gaeun Reservoir, which is 37.65 degrees north latitude, and Geumsa Reservoir, which is 37.39 degrees north latitude. Each reservoir is located in Hongcheon-gun, Gangwon-do in Yeoju-si, Gyeonggi-do. The effective storage of Gaeun and Geumsa Reservoir are respectively 1,636,475 m³ and 3,312,909 m³, and the effective storage of Gaeun Reservoir before enlarging is 734,780 m³. The watershed area is 474 ha and 794 ha for Gaeun and Geumsa reservoirs, respectively. Figure 1 shows the location of the subject reservoir on the map.

Reservoir storage rate data calculated from reservoir water levels were used as the dependent variable for multi-regression analysis. The reservoir water level data were measured every 10 minutes with a water level instrument and collected by Korea Rural Community Corporation (KRC). In this study, the outliers of the water level data were removed, and the daily average water level data was used. The normal reservoir storage rate data were collected from KRC. Multi-regression analyses were carried out with monthly data for the irrigation period, excluding missing data. The TANK model and Penman-Monteith equation were applied to calculate monthly inflow and supply, which are independent variables of multiple regression analysis. The weather data were collected from the Thiessen station of each reservoir's upstream watershed. The land-use area ratio of the upstream watershed was calculated from the land cover map, and the TANK model parameters were calculated. The crop coefficient suggested by Yoo et al. (2006) was utilized to calculate the evapotranspiration of paddy rice. Table 1 and Table 2 are reservoir water level data, weather data, and land-use area ratio information.

Table 1 | Properties of reservoir water level data

Reservoir	Data period	Total data number	Missing data number	
Gaeun	2011.01.012018.06.12.	2,162	558	
Geumsa	2012.03.202018.06.12.	2,276	196	

Table 2 | Thiessen weather station and land-use area ratio

Reservoir	Thiessen	Ratio of land-use area (%)			
Reservoir	weather station	Paddy	Upland	Forest	
Gaeun	Hongcheon	0.00	0.06	98.16	
Geumsa	Icheon	2.57	3.83	88.57	

2. Drought prospect

2.1 Estimation of monthly reservoir inflow

In this study, the daily runoff of the upstream watershed of the reservoir was estimated using the TANK model. Then the monthly inflow of the reservoir was calculated. The TANK model is a conceptual rainfall-runoff model developed by Sugawara (Sugawara, 1972). The TANK model has a simpler algorithm for interpreting rainfall-runoff phenomena and has fewer input data and parameters than other rainfall-runoff models (Koo et al., 2006). The TANK model assumes three to four conceptual reservoirs with two to three outlets and optimizes related parameters to perform runoff analysis on the watershed. Sugawara (1972) stated that the four-stage TANK model is suitable for the watershed in Japan, and the four to five-stage TANK is suitable for a large basin. In Korea, Kim and Park (1988) suggested a modified three-stage TANK model using three tanks and four outlet holes according to the characteristics of the upstream watershed of the agricultural reservoir (Kim and Kim, 2012; Ahn et al., 2015). In this study, the runoff of the upstream watershed was calculated by applying the modified three-stage TANK model proposed by Kim and Park (1988). The TANK model's construction parameters were estimated through the regression equation using the watershed area and land-use area ratio. Figure 2 is a schematic diagram of the runoff estimation process of the modified three-stage TANK model.

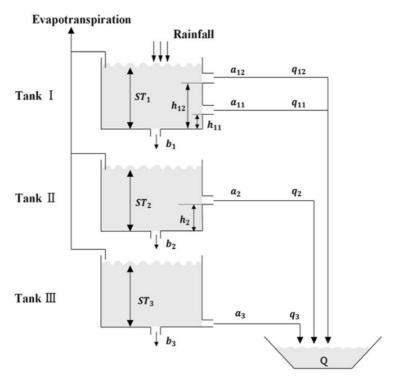


Figure 2 | Schema of the modified 3-TANK model (Kim and Park, 1988; Song, 2017)

2.2 Estimation of monthly reservoir supply

In this study, the evapotranspiration of paddy rice was calculated using the FAO Penman-Monteith equation and the crop coefficient (Kc) proposed based on the observed evapotranspiration by Yoo et al. (2006). The reservoir supply amount was calculated considering the estimated evapotranspiration, lot-management water requirements for crop growth, infiltration, and irrigation efficiency. Table 3 is the paddy rice crop coefficient applied in this study, and the crop coefficient was applied in units of 10 days after the transition period.

Table 3 | Crop coefficient of paddy rice in Korea

Days	10	20	30	40	50	60	70
Kc	0.78	0.97	1.07	1.16	1.28	1.45	1.50
Days	80	90	100	110	120	Avg.	
Kc	1.58	1.46	1.45	1.25	1.01	1.27	

This study assumed that 10 mm/day of water was supplied for 14 days during the transplant period, and 70 mm of ponding depth was supplied after the 7-day midsummer drainage period for cultivation management. The infiltration amount was applied as 4 mm/day, and conveyance and distribution management loss rates were assumed to be 10% and 15%, respectively.

2.3 Estimation of reservoir drought index (RDI)

The reservoir drought index (RDI) proposed by Lee et al. (2018) was applied in this study. The RDI applied is as follows.

$$RDI = \frac{SR_{obs} - SR_{nor}}{SR_{obs}} \tag{1}$$

Where SR_{obs} is observed storage rate and SR_{nor} is normal storage rate for 30 years. The reservoir storage rate predicted through the regression equation was applied instead of the observed value to predict the RDI of the following month. Table 4 summarizes the criteria for the reservoir drought index to classify drought severity.

Table 4 | RDI criteria for classification of drought severity

RDI	-∞ ~ -1.0	-1.0 ~ -0.5	-0.5 ~ -0.25	-0.25 ~ 0.25
Classification	Extremely Dry	Severely Dry	Moderately Dry	Normal
RDI	0.25 ~ 0.5	0.5 ~ 1.0	1.0 ~ +∞	
Classification	Moderately Wet	Severely Wet	Extremely Wet	

3. Reservoir operation rule for response to drought (ROD)

This study surveyed Korean reservoir managers to analyse the current reservoir operation rule. The survey was conducted on 15 branch offices that responded, and the criteria for stopping the supply of reservoirs were investigated for three reservoirs according to the size of the reservoir based on the effective storage for each branch. As a result of the survey, rainfall, reservoir storage rate, and rainfall forecast were the factors that stopped the supply of agricultural water in the reservoir. Table 5 summarizes the criteria for stopping agricultural water supply by factor excluding qualitative responses and the number of reservoirs to which the criteria are applied.

01 02

04

09

Table 5 | Factors stopping supply from survey result

Stopping factors	Criteria	Number of reservoirs to be applied
	more than 15 mm	3
	more than 25 mm	3
Rainfall	more than 20~30 mm	3
	more than 30 mm	9
	more than 50 mm	3
Change make	less than 30%	12
Storage rate	less than 60% compared to the normal year	3
	more than 20 mm	3
Rainfall forecast	more than 30 mm	3
for next day	more than 50 mm	3
	more than 60 mm	3
Rainfall forecast	more than 40 mm	3
for two days later	more than 50 mm	3

As a result of the survey, there was no difference in the criteria for stopping supply according to the size of the reservoir within the same branch office. Also, there were quite a few cases in which the criteria for two or more factors were applied together. In the case of rainfall, 30 mm was often the criteria for stopping water supply, and in the case of reservoir storage rate, 30% was the criteria for stopping water supply. In the case of rainfall forecast data, various water supply stopping criteria were applied depending on the reservoir manager. The criteria for the ROD were established based on the results of the survey. The reservoir supply amount was determined in consideration of the evaporation amount, lot-management water requirements for crop growth, infiltration, and irrigation efficiency, and the actual supply ratio of the reservoir supply amount was determined according to the water supply stopping factors. The ROD was applied through the reservoir water balance model. The effect was evaluated by comparing the reservoir operation results according to the theoretical agricultural water requirement (TOM). The reservoir water balance model applied in this study is as follows.

$$S_{t+1} = S_t + I_t + P_t - A W_t - E_t - O_t$$
 (2)

Where, S_t is reservoir storage, It is reservoir inflow, P_t is the water surface rainfall, $A W_t$ is reservoir supply, E_t is water surface evaporation, and O_t is the spillway release.

III. Results and Discussion

1. Drought prospect

This study performed multiple regression analyses to predict the reservoir storage utilized to estimate the reservoir drought index (RDI). The monthly inflow and supply of reservoirs were calculated using the TANK model and Penman-Monteith equation, and drought prospect was conducted using RDI. As a result of multiple regression analyses predicting reservoir storage, the coefficient of determination was 0.66 for the Gaeun reservoir and 0.92 for the Geumsa reservoir. It confirms that the reservoir storage of the first day of the following month was properly simulated. Figure 3 shows the results of the reservoir storage estimated by the regression equation as a scatter plot at the Gaeun and Geumsa reservoirs.

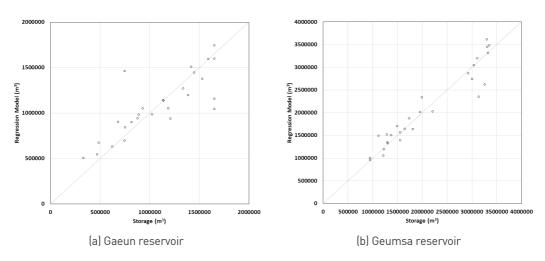


Figure 3 | Scatter plot of the actual reservoir storage and result of regression equation

In the scatter plot, it can be seen that multiple regression analysis predicts the storage amount well except for some values. The RDI is estimated through the reservoir storage rate calculated through the reservoir storage from the regression equation, and the drought prospect is conducted by classifying the RDI according to the criteria. Hence, even if there is a difference in the prediction of the reservoir storage through the regression equation, it can be classified as the same drought severity in the drought prospect. Figure 4 shows the RDI for the actual and estimated reservoir storage rate as a scatter plot. The dividing line indicated by the dotted line means the criteria for classifying drought severity.

01

02

04

09

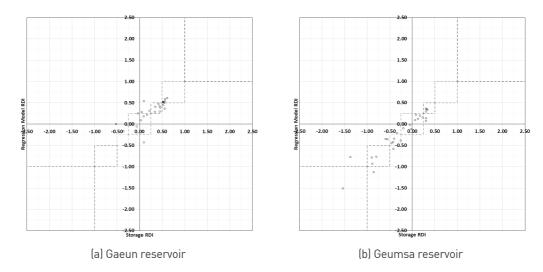


Figure 4 | Scatter plot of the actual and estimated RDI

The fact that it falls within the same range in Figure 4 means that the actual and predicted RDI are classified as the same drought severity. From the scatter plot, it can be seen that reservoirs were classified as generally the same drought severity in Gaeun and Geumsa reservoirs.

2. Application of reservoir operation rule for response to drought (ROD)

In this study, reservoir operation rules for response to drought (ROD) were established based on the survey results. As a result of the survey, a ROD was established to determine the ratio of agricultural water supply based on rainfall, rainfall forecast, and reservoir storage rate. At this time, the amount of agricultural water supply is estimated considering the paddy rice evapotranspiration, lot-management water requirements for crop growth, infiltration, and irrigation efficiency. Table 6 summarizes the criteria of ROD for adjusting the supply ratio.

Table 6 | Criteria of ROD for adjusting the supply ratio

Factors Criteria		Adjusting supply ratio	
Rainfall	above 30 mm	Stopping supply (0%)	
Kaintall	above 15 mm	50% supply	
Reservoir storage	below 30%	Stopping supply (0%)	
	below 50%	50% supply	
Rainfall forecast above 50 mm (for next day)		Stopping supply (0%)	

^{*} supply ratio of each factor was applied in duplicated

^{**} the supply ratio is not applied to the transplant and midsummer drainage period

In order to compare the preemptive drought response effect of the reservoir operation according to the ROD, the results of the reservoir operation according to ROD and theoretical agricultural water requirement (TOM) were compared under the same initial reservoir rate condition at the start of irrigation. Figure 5 shows the storage rate and supply of the Gaeun and Geumsa reservoir from 2014 to 2016.

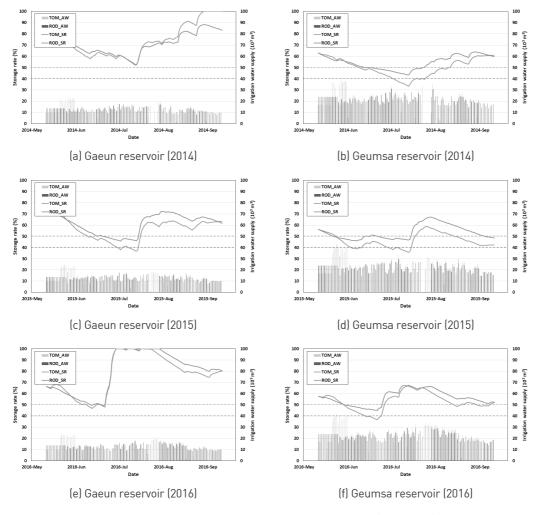


Figure 5 | Reservoir storage rate and amount of supply (2014-2016)

In Figure 5, when ROD was applied, it maintained a relatively higher reservoir storage rate than the result of TOM applied. It means that the reservoir storage of ROD is secured more than TOM, so ROD is more stable against drought than TOM when drought is predicted. Figure 6 shows the change in the reservoir drought index at the beginning of the month when ROD and TOM are applied to the reservoir operation.

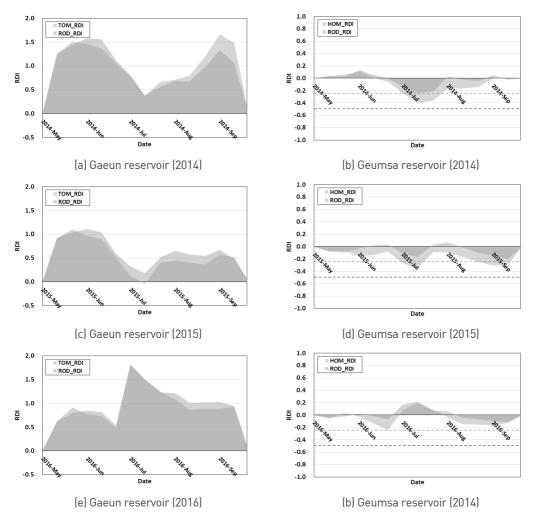


Figure 6 | Reservoir drought index (2014-2016)

In Figure 6, when the inflow was sufficient, such as the Gaeun Reservoir, the RDI was above 0. Both the ROD and TOM application results showed stable reservoir operation results for the reservoir drought index at the Gaeun reservoir. In the case of Geumsa reservoir, when TOM was applied, the RDI was lower, and it was classified as a more severe drought than when ROD was applied. When ROD is applied, a relatively weak reservoir drought can be maintained compared to TOM. So it is thought that more stable irrigation can be performed compared to TOM when the drought is prolonged.

02 제 24 차 호 주 총 회

01

02

04

09

10

IV. Conclusion

In this study, a regression analysis was performed to predict the reservoir storage of the first day of the following month during the irrigation period using the reservoir storage, monthly inflow, and monthly water supply. Through this, the reservoir drought index, RDI, for the next month was estimated, and drought prospect was carried out. Despite the lack of collected monthly reservoir data, the prediction of the reservoir storage showed good performance, and the drought prospect through the RDI showed higher accuracy than reservoir storage because it was performed by classifying RDI values within a certain range into the same drought severity. For some RDI values, a lower level of drought prospect was shown compared to the actual drought severity. However, it might be supplemented considering the safety rate of the predicted RDI. So, it is thought that a drought prospect will be effective. However, the monthly inflow and supply for regression analysis were calculated assuming that future weather data are accessible. So the correct drought prospect can be expected when accurate forecast weather data are available. In addition, this study analyzed the factors that current reservoir managers in Korea stop supplying water through a survey. Based on this, the reservoir operation rule for response to drought (ROD) was established. The effect of ROD was analyzed by comparing the results of reservoir operation by theoretical agricultural water requirement (TOM). When applying ROD, the reservoir storage rate was maintained higher than TOM. In the case of TOM applied, the water storage rate fell below 50% and 40%, which means the discontinuation of supply in the current operating standards. When analyzed as the RDI, the application of TOM was found to suffer more from a reservoir drought than ROD. It means more reservoir storage was retained in case of the ROM applied. Therefore, when the drought is prolonged, it is expected that the operation of the reservoir with ROM will be able to cope more stably than TOM.

REFERENCES

- BAhn, J. S., J. H. Song, M. S. Kang, I. H. Song, S. M. Jun, and J. H. Park. 2015. Regression equations for estimating the TANK model parameters. Journal of the Korean Socienty of Agricultural Engineers. 57(4): 121-133.
- Correia, F. N., M. A. Santos, and R. P. Rodrigues. 1991. Reliability in regional drought studies. Water Resources Engineering Risk Assessment. 63-72.
- Kim, B. S., Sung, J. H., Kang, H. S., and Cho, C. H. 2012. Assessment of drought severity over South Korea using standardized precipitation evapo-transpiration index (SPEI). Journal of Korea Water Resources Association. 45(9): 887-900.

- Kim, B. S., Sung, J. H., Lee, B. H., and Kim, D. J. 2013. Evaluation on the impact of extreme droughts in South Korea using the SPEI and RCP8.5 climate change scenario. Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation. 13(2): 97-109.
- Kim, C. G. and N. W. Kim. 2012. Comparison of natural flow estimates for the Han river basin using TANK. Journal of Korean Water Resources Association. 45(3): 301-316.
- Kim, H. Y. and S. W. Park. 1988. Simulating daily inflow and release rates for irrigation reservoirs(||): modeling inflow rates by a linear reservoir model. Journal of the Korean Socienty of Agricultural Engineers. 30(1): 50-62.
- Kim, J. H., Lee, J. H., Park, M. J., and Joo, J. G. 2016. Effect of climate change scenarios and regional climate models on the drought severity-duration-frequency analysis. Journal of Korean Society of Hazard Mitigation. 16(2): 351-361.
- Koo, B. Y., I. W. Jung, and D. H. Bae. 2006. A study on baseflow parameters estimation of TANK model. In Proceedings of the Korean Water Resources Association Conefrence. 1970-1974.
- Lee, J. W., J. U. Kim, C. G. Jung, and S. J. Kim. 2018. Forecasting monthly agricultural reservoir storage and estimation of reservoir drought index (RDI) using meteorological data based multiple linear regression analysis. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies. 21(3): 19-34.
- Song, J. H. 2017. Hydrologic analysis system with multi-objective optimization dor agricultural watersheds. Ph.D. diss., Seoul, Ind.:Seoul National University.
- Sugawara, E. O. 1972. Method of rainfall-runoff analysis, Kyouritsu Shuppan Co., Ltd., Tokyo, Japan.
- Tate, E. L. and Gustard, A. 2000. Drought definition: A hydrological perspective, Springer, Netherlands.
- Wilhite, D. A. and M. H. Glantz. 1985. Understanding: the drought phenomenon: The role of definitions. Water International. 10(3): 111-120.
- Yoo, S. H., J. Y. Choi, and M. W. Jang. 2006. Estimation of Paddy Rice Crop Coefficients for FAO Penman-Monteith and Modified Penmen Method. Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers. 48(1): 13-23.

CCTV 이미지 분리를 이용한 농업용수로의 수위 산정

Water Level Estimation in Agricultural Open Channel using **CCTV Semantic Segmentation**

김귀후 _ 서울대학교 대학원 생태조경 지역시스템공학부 박사과정(kgh0330@snu.ac.kr)

김마가 _ 서울대학교 대학원 생태조경·지역시스템공학부 박사과정(mnkm53@snu.ac.kr)

유무른 서울대학교 농업생명과학연구원 선임연구원(vnfms3259@snu.ac.kr)

방재홍 _ 서울대학교 대학원 생태조경·지역시스템공학부 박사과정(jaehong999@snu.ac.kr)

최진용 _ 서울대학교 조경·지역시스템공학부 교수(iamchoi@snu.ac.kr)

- Kwihoon Kim, Graduate student, Department of Rural Systems Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul Nat'l University, kgh0330@snu.ac.kr
- Maga Kim, Graduate student, Department of Rural Systems Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, mnkm53@snu.ac.kr
- Pureun Yoon, Senior researcher, Research Institute for Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, vnfms3259@snu.ac.kr
- Jehong Bang, Graduate student, Department of Rural Systems Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, jaehong999@snu.ac.kr
- Jin-Yong Choi, Professor, Department of Rural Systems Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, iamchoi@snu.ac.kr

요약

농업용수를 효율적으로 사용하기 위해서는 이용량에 대한 정확한 정보가 필요하다. 현재는 초음파 수위 계를 이용하여 농업용 저수지와 수로의 수위 데이터를 측정하고 있으며, 수위계 자체의 오류나 주변 환경 으로 인해 오류값이나 결측값이 일부 발생하고 있다. 한편, CCTV(Closed Circuit Television) 영상을 이 용한 CV(Computer Vision)는 컴퓨터 기술의 발전과 함께 여러 연구 분야에서 활용되고 있다. 본 연구는 CNN(Convolutional Neural Network) 기반 이미지 분리 모델인 U-Net과 CCTV 영상을 이용하여 농업용 수로의 수위를 추정하는 것을 목적으로 한다. U-Net은 대표적인 이미지 분리 모델 중 하나로 의공학, 원격 탐사 등 여러 분야에서 가장 많이 활용되고 있으며 이미지에서 원하는 부분을 분리해내는 데에 기존 머신러 닝 기술에 비해 좋은 성능을 보이는 것으로 알려져 있다. 본 연구는 국내 농업용 저수지의 관개수로 8개 지구 에서 이미지를 획득하여 각각의 모델을 구성하였으며, 총 6,950개의 이미지를 모델에 적용하였다. 전체 이 미지의 70%는 훈련에, 10%는 검증에, 20%는 테스트에 사용하였으며, 모델의 성능을 높이기 위해 데이터

01

02

04

09

증강 기법을 적용하였다. 모델의 성능은 F1 점수와 IoU 점수를 사용하여 평가하였다. 모델을 통해 분리된 수면 면적으로부터 농업용수로의 수위를 계측하고, 최종적으로는 수로의 rating curve 식을 이용하여 공급량을 산정한 후 초음파 수위계를 통해 산정된 공급량 값과 비교하였다. 본 연구는 초음파 수위계의 보조적인 방법으로 농업용 수로의 수위와 공급량을 추정하는 데 활용이 될 수 있을 것이다.

Abstract

A better understanding of the current consumption is required for the efficient use of agricultural water. Though ultrasonic water level gauges measure water level data in agricultural reservoirs and water channels, some errors occur due to the ultrasonic meter or the surrounding environment. Meanwhile, CV (Computer Vision) using CCTV (Closed Circuit Television) images is being spotlighted in many research fields with the progressive advances in computing technology. The objective of this study is to estimate water level in the agricultural water channels using CCTV images with CNN (Convolutional Neural Network) based models. CNN is a neural network designed considering the characteristics of images and is mainly used for image processing. Image processing using CNN is used in various fields and is excellent for segmenting images. Among the various image segmentation models, the ResNet-50 based U-Net model was applied for the image segmentation. This study used CCTV images acquired in the irrigation canal of agricultural reservoirs in the Republic of Korea. The images acquired from 10 different sites were applied for the model constitution. A total 6,950 number of images were used for the model. 70% of total data were used for the training, 10% for validation, and 20% for testing. This study applied several data augmentation techniques for robust modeling when training the model. The model's performance was evaluated using the f1 score and the dice score. This study can help estimate the water level in agricultural channels for an auxiliary method of ultrasonic equipment in the irrigation canal.

Keyword: Water level estimation, CCTV image, CNN image segmentation

I. Introduction

The water crisis and climate change continue to become global issues, and the need for water management and establishing a climate change response system is urgently raised. As part of the response system, the integrated water management system is widely getting attention from public institutions with a vast database. For example, in an agricultural water management case, KRC (Korea Rural Community Corporation), a core public enterprise managing agricultural water, operates 1,750 reservoir water level measurements and 1,177 water level measurements in irrigation canals. Including ultrasonic water level gauges, most sites are well-equipped with CCTV (Closed-Circuit Television) cameras, providing high-quality images.

Currently, KRC acquires water level data mainly from ultrasonic water level gauges to estimate the amount of water supplied. However, these gauges sometimes do not give sufficient trust for various reasons such as vegetation, animals, or other environmental causes.

Meanwhile, CV (Computer Vision) technology using CCTV data has been in the spotlight in many fields with the development of computing power. It is widely applied to image cognition, classification, segmentation, etc. This study aims to use image segmentation technology to CCTV images to measure water levels in irrigation canals.

II. Materials and Methodology

2.1. CCTV images

Image data were acquired from the CCTV observing irrigation canals in South Korea. This study used 6,950 images of 8 experimental sites. Fig. 1 shows example day and night time images of each site. The water level measured using an ultrasonic level meter was assumed as true values for each image. Each image is 1,280×720×3 pixels of an RGB file. Images were captured from the video file and saved in JPG format. In order to increase efficiency when training the model, images were resized to 256×256×3 pixels through the pre-processing process.













01

02

04

07

09



Figure 1 \mid Day, night time images of experimental sites

2.2. U-Net model

U-Net model was proposed by Ronneberger et al. (2015) and first applied in the medical field. Fig. 2 shows the structure of the U-Net model. It was named U-Net due to its U-shaped arrangement and consists of a contracting path and an expansive path (Ronneberger et al., 2015).

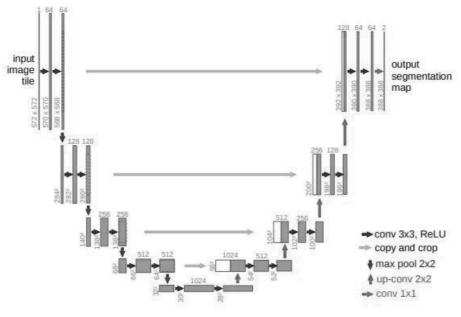


Figure 2 | Structure of U-Net model (Ronneberger et al., 2015)

2.3. Dice Coefficient

In the image segmentation model, dice score is widely used as an evaluation index for model performance. The equation is as shown in eq.1 below.

$$Dice \ score = 2 \times \frac{1}{\frac{1}{\text{Precision}} + \frac{1}{Recall}}$$

Basically, the Dice score is calculated from a harmonic average of Precision and Recall values and is an indicator to compensate for the bias when segmenting two or more objects.

III. Results and Discussion

Fig. 3 presents the example images of the segmentation model. The left images show raw images from CCTV cameras, the middle images show the ground-truth images, and the right images show the predicted images from the model. Two example images showed the Dice score of 0.99 and 1.00, respectively.

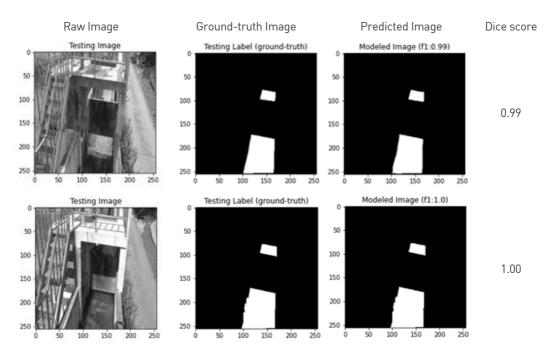


Figure 3 | Example results of the segmentation model

REFERENCES

- Ayars J. E., Christen E. W., Soppe R. W., and Meyer W. S., 2005. The resource potential of in-situ shallow ground water use in irrigated agriculture: a review. Irrigation Science 24: 147-160. Doi: 10.1007/s00271-005-0003-y.
- Chakraborty Debashis, Ladha Jagdish Kumar, Rana Dharamvir Singh, Jat Mangi Lal, Gathala Mahesh Kumar, Yadav Sudhir, Rao Adusumilli Narayana, Ramesha Mugadoli S.,and Anitha Raman, 2017. A global analysis of alternative tillage and crop establishment practices for economically and environmentally efficient rice production. Scientific Report 7, 9342. Doi: 10.1038/s41598-017-09742-9.
- Cui Binge, Chen Xin, and Lu Yan, 2020. Semantic segmentation of remote sensing images using transfer learning and deep convolutional neural network with dense connection.
 IEEE Access 8: 116744-116755. Doi: 10.1109/ACCESS.2020.3003914.
- Haralick Robert M. and Shapiro Linda G., 1985. Image segmentation techniques.
 Computer Vision, Graphics, and Image Processing 29(1): 100-132. Doi: 10.1016/S0734-189X(85)90153-7.
- He Kaiming, Zhang Xiangyu, Ren Shaoqing, and Sun Jian, 2015. Delving deep into

- rectifiers: surpassing Human-level performance on ImageNet classification. arXiv: 1502.01852 [cs.CV]
- Hua Yuansheng, Marcos Diego, Mou Lichao, Zhu Xiao Xiang, and Tuia Devis, 2021. Semantic segmentation of remote sensing images with sparse annotations. arXiv: 2101.03492 [cs.CV].
- Jafari Navid H., Li Xin, Chen Qin, Le Can-Yu, Betzer Logan P., and Liang Yongging, 2021. Real-time water level monitoring using live cameras and computer vision techniques. Computers and Geosciences 147: 104642. Doi: 10.1016/j.cargo.2020.104642.
- Kim Il-Han, Shin Gang-Wook, and Hong Sung-Taek, 2014. Analysis of ultrasonic water level gauge for improving the reliability of dam hydrological observation data. Preceedings of symposium of the Korea Institute of communications and information Sciences 2014.6: 160-161 (in Korean).
- Kingma Diederik P. and Lei Ba Jimmy, 2017. Adam: a method for stochastic optimization. arXiv: 1412.6980v9 [cs.LG]
- Li Jingyu, Jiang Rengling, Yang Jing, Kong Bin, Gogate Mandar, Dashtipour Kia, and Hussain Amir, 2021. Lane-DeepLab: Lane semantic segmentation in automatic driving scenarios for high-definition maps. Neurocomputing 465: 15-25. Doi: 10.1016/j.neucom.2021.08.105.
- Lopez-Fuentes Laura, Rossi Claudio, and Skinnemoen Herald, 2017. River segmentation for flood monitoring. 2017 IEEE International Conference on Big Data 3760-3763. Doi: 10.1109/BigData.2017.8258373.
- MAFRA (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs), 2020. Statistical yearbook of land and water development for agriculture (in Korean).
- Migue E. Jr and Malicdem A, 2020. Deep residual U-Net based lung image segmentation for lung disease detection. 2020 IOP conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 803: 012004. Doi: 10.1088/1757-899X/803/1/012004.
- MLTMA (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs), 2016. Water resource plan (in
- Moy de Vitry Matthew, Kramer Simon, Wgner Jan Dirk, and Leitao Joao P., 2019. Scalable flood level trend monitoring with surveillance cameras using a deep convolutional neural network. Hydrology and Earth System Sciences 23: 4621-4634. Doi: 10.5194/hess-23-4621-2019.
- Roneberger Olaf, Fischer Philipp, and Brox Thomas, 2015. U-Net: Convolutional network for biomedical image segmentation. arXiv: 1505.04597v1 [cs.CV]
- Singh Vivek Kumar, Rashwan Hatem A., Abder-Nasser Mohamed, Sarker Md. Mostafa Kamal, Akram Fargan, Pandey Nidhi, Romani Santiago, and Puig Domenec, 2019. An efficient solution for breast tumor segmentation and classification in ultrasound images using deep adversarial learning. arXiv: 1907.00887v1 [eess.IV]

01

02

07

08

09

- Sudre Carole H., Li Wenqi, Vercauteren Tom, Ourselin Sebastien, and Cardoso M. Jorge, 2017. Generalised Dice overlap as a deep learning loss function for highly unbalanced segmentation. arXiv: 1707.03237v3 [cs.CV]
- Vianna Pedro, Farias Ricardo, Pereira Wagner Coelho de Albuquerque, 2021. U-Net and SegNet performances on lesion segmentation of breast ultrasonography images. Res. on Biomed. Eng. 37: 171-179. Doi: 10.1007/s42600-021-00137-4.
- Wang Li, Chen Xingxing, Hu Lianguan, and Li Hui, 2020. Overview of image semantic segmentation technology. 2020 IEEE 9th Joint International ITAIC. Doi: 10.1109/ITA IC49862.2020.9338770.
- Yuan Xiaohui, Shi Jianfang, and Gu Lichuan, 2021. A review of deep learning methods for semantic segmentation of remote sensing imagery. Expert Systems with Applications 169: 114417. Doi: 10.1016/j/eswa/2020.114417.
- Swamee PK (1992) Sluice-gate discharge equations. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 118(1): 56–60, DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9437(1992)118:1(56)
- Zahadani MR, Keshavarzi A, Javan M, Shahrokhnia MA (2011) New equation for estimation of radial gate discharge. Proceeding of the Institute of Civil Engineers – Water Management 165(WM5): 253–263, DOI: 10.1680/wama.10.00080

한국의 미래 농업용수 관리에 대한 통합적 접근 방향

Integrated Approaches to Irrigation Management in the Future of Republic of Korea

도종원 _ 한국농어촌공사 괴산 · 증평지사(jonduru@ekr.or.kr)

- Jongwon DO, Goesan · Jeungpyeong Regional Office, Korea Rural Community Corporation(jonduru@ekr.or.kr)

요약

본 내용은 한국의 미래 농업용수 관리 방향을 모색하기 위해, 먼저 현재 농업용수 관리체계, 수리시설 및 예 산투자 현황에 대한 진단 분석을 실시하였다. 이를 통해, 농업환경, 기후변화 및 물관리 정책 변화 등이 한국 의 농업용수 관리에 영향을 미치는 대내·외 주요 요인임을 알 수 있었다. 결국 스마트 농업용수 시스템, 농 업용수 전주기 관리 및 물관리 거버넌스 분야 등이 미래 농업용수 관리에 가장 전망되는 분야이며, 통합물관 리에 대한 거시적인 방향성과 함께, 우리나라 농업용수 관리 방향을 제시할 수 있었다. 우선, 통합물관리 정 책에서 농업용수가 올바른 역할을 할 수 있는 법률 및 제도 정비가 필요하고. 농업용수 수질 관리 강화. 지속 가능한 스마트 농업용수 관리체계 마련, 수리시설 재해대비 능력 강화 및 참여형 물관리 거버넌스 운영 확대 등이 우리나라 미래의 농업용수 관리를 위한 통합적인 접근 방향이 될 것이다.

Abstract

In order to suggest the future direction of agricultural water management of Korea, this study first conducted a diagnostic analysis on the current agricultural water management, agricultural production infrastructure and budget for agricultural water sector. Through the analysis of the current situation, it was found that the agricultural environment, climate change, and changes in water management policies are major factors affecting the management of agricultural water in Korea, both internally and externally.

After all, smart agricultural water systems, agricultural water life-cycle management and water management governance are promising fields for the future agricultural water management, and along with macroscopic direction for integrated water management, it was possible to suggest the direction of agricultural water management in Korea. First of all, it is necessary to revise laws that agricultural water can play a proper role in the integrated water management policy. Next, agricultural water quality management, a sustainable smart agricultural water management system and disaster preparedness capability of hydraulic facilities should be strengthened. Lastly, expanding farmer's participatory in water management governance will be an integrated approach to future agricultural water management in Korea.

Keyword: Agricultural water management, Integrated water management policy, Irrigation status

01

02

09

I. Introduction

Natural disasters due to climate change occur worldwide, and the resulting damage is enormous. Korea is no exception to this trend. Because of rapid climate change, changes in precipitation amount, and increases in regional precipitation variation, the possibility of natural disasters such as drought and floods in Korea continues to increase locally every year. The recently released sixth report of the Intergovernmental Panel on Climate Change predicted that catastrophes such as heat waves, droughts, and floods would increase more than expected in the next 10 years.

To limit global warming, which causes climate change, the Republic of Korea declared the 2050 net-zero target (October 28, 2020) and announced a carbon-neutral strategy (Dec. 7, 2020). The Carbon Neutral Framework Act was recently promulgated (Jan. 24, 2021); the Ministry of Agriculture and Food and Rural Affairs established and promoted the 2050 carbon-neutral priority management task in agriculture.

At the same time, significant changes have occurred in the field of agricultural water management. Agricultural water management in Korea has long been empirical and manpower oriented. However, recently, a major shift has been underway toward the so-called integrated water-management policy paradigm.

The Ministry of Environment was given the responsibility of integrated water quantity and water quality management in accordance with the Framework Act on Water Management in 2018 and the Government Organization Act. As the future keystone for agricultural water management, integrated water management began to receive considerable attention, and a number of debates ensued on whether agriculture in fields would be affected by this policy.

From the perspective of the Korea Rural Community Corporation (KRC), which supplies and manages agricultural water stably in response to various disasters such as droughts and floods, it is necessary to understand the contents of the National Water Management Basic Plan, integrated water management policy, and statutory top-level water management plan. It can be seen that mid- to long-term plans for future agricultural water management, new projects, and budget investments can be carried out efficiently and rationally.

By examining the current state of Korea's agricultural water management and the fields that are changing according to the integrated water management policy, we will examine the direction the integrated approach takes in Korea's future agricultural water management.

II. Current Status of National Irrigation Sectors

1. Current Status of Agricultural Water Management

The total water consumption in Korea is 37.2 billion tons, and the agricultural water consumption is 15.2 billion tons, accounting for 41% of the total; evidently, agricultural water occupies the largest portion of the total water consumption. Accordingly, agricultural water management is important.

Table 1 | Current status of water consumption in Korea

	Usage	Usage (%)		
Reservoir	(100 million tons)	Out of total usage	Domestic-Industrial- Agricultural water	
Sum	372	100		
Domestic-Industrial-Agricultural water	251	67	100	
- Domestic water	76	20	30	
- Industrial water	23	6	8	
- Agricultural water	152	41	62	
River maintenance water	121	33		

However, agricultural water management in Korea has long been a manpower-centered and empirical operation. This is because the type of the management system, such as dual management and complex management system, for agricultural water supply and demand is linked to the diversification of supply facilities.

The special characteristics related to the agricultural water management in Korea are as follows:

- It is sensitive to climate change due to the direct use of rainwater.
- It monitors a variety of water sources such as reservoirs, pumping stations, weirs, and supply facilities such as ground water supply and irrigation canals.
- It mostly relies on experienced management by the district manager.
- It is complicated due to regional differences in farming seasons.

Further, despite technological innovation, the agricultural sector is inevitably dependent on labor because of its weak infrastructure. As it is a labor-intensive business, approximately 60% of the maintenance cost is required for labor and expenses.

01

02

09

As mentioned above, agricultural water quantity, water quality, and disaster management are linked to agricultural factors such as food and farmland. In addition, agricultural production infrastructure facilities are managed by dividing them into the jurisdiction of the local government and KRC. Specifically, 57% of the total rice paddy area is managed by the KRC, and 18% of the fields are paddy fields without irrigation facilities.

KRC is trying to unify agricultural water management to improve the dual management of agricultural water and the quality of water supply services in local government management areas. Currently, ownership and management rights of irrigation facilities of area 200,000m³ or more, previously managed by the local government, are transferred to KRC.

2. Current Status of Agricultural Production Infrastructure

There are 75,000 agricultural production facilities in total; the limitation with their maintenance is that most of them are small and scattered throughout the country.

Considering area per irrigation facility, 33.2 hectares (ha) and 3.5 ha of irrigation facilities are managed by KRC and local government, respectively, and approximately 50% of the water canals for supplying agricultural water are still installed as earth canals; hence, they are vulnerable to water loss and natural disasters.

Table 2 | Current status of agricultural infrastructure by management entity

Division	Sum	KRC management	Local governmer management
Total	189,888 (100%)	101,452 (100%)	88,436 (100%)
Earth irrigation canal	98,808 (52.0%)	50,657 (49.9%)	48,151 (54.4%)
Structure irrigation canal	91,080 (48.0%)	50,795 (50.1%)	40,285 (45.6%)

In addition, 18% (148,000 ha) of the total paddy area of 844,000 ha is paddy fields without water treatment facilities, and 62% (523,000 ha) are paddies equipped with water treatment facilities that do not interfere with the supply of agricultural water even during a 10-year drought. It is vulnerable to local drought responses that occur every year.

Moreover, approximately 60% of the 75,000 irrigation facilities are over 30 years old (96% of the reservoirs), making them vulnerable to natural disasters such as floods due to their age.

Specifically, 108,000 ha out of 303,000 ha (36%) of habitually flooded agricultural land are susceptible to flood damage in the event of a heavy rain.

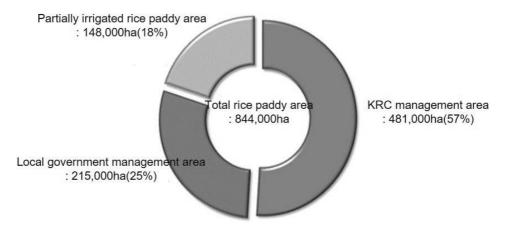


Figure 1 | Status of rice paddy management in Korea

The foundation of Korea has been established with a water-use system centered on paddy agriculture; however, the infrastructure for the production of field crops is insufficient. Field crop production is a small-scale and multi-item micro industry; therefore, their productivity is weak and they are highly dependent on foreign countries.

- Food self-sufficiency rates (2020) are given as follows: total, 45.8%; rice, 92.8%; wheat, 0.8%; corn, 3.6%; soybean, 30.4; and root and tuber crop, 105.6%.

The demand for field crops has increased owing to the recent oversupply of rice and increased interest in items besides rice; however, only 17% (126,000 ha) of the total area of 740,000 ha are equipped to produce such crops.

3. Budget Status for Agricultural Water Sector

Here, we look at the budget for the agricultural water sector.

- The budget for agricultural water development has decreased by 7.4% per year for the last 5 years (2016~2020).
 - * (Fields) Rural water development, large-scale agricultural development, drainage improvement, the Saemangeum internal development.
 - * (Budget) Decreased by 84.6 billion won, from 1.14 trillion won in 2016 to 1.06 trillion won in 2020.
- The budget for agricultural water management has increased by 4.9% annually for the last 5

years (2016~2020).

- * (Fields) Maintenance, irrigation facilities, seawall remodeling, and water management.
- * (Budget) Increased by 39 billion won, from 803.2 billion won in 2016 to 842.2 billion won in 2020.

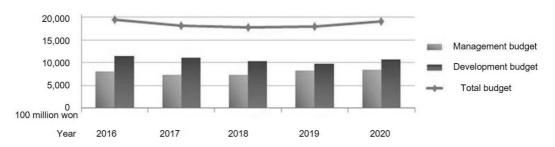


Figure 2 | Status of rural water development and maintenance budgets by year

Hence, for agricultural water in Korea, budget investment has shifted from the development of agricultural water use facilities to their repair, reinforcement, and efficient management.

III. National Factors affecting Irrigation Management

1. Securing new agricultural water in accordance with changes in policy

In Korea, as per capita rice consumption continues to decrease, a policy to reduce rice production is in progress. While productivity improved due to the expansion of mechanized farming, expansion of water irrigation facilities, variety development, and rice consumption continued to decrease due to changes in eating habits.

- Rice production: (2010) 4,295,000 tons \rightarrow (2019) 3,868 thousand tons (\triangle 427)
- Per capita consumption of rice: (2010) 72.8 kg \rightarrow (2019) 59.2 kg (\triangle 13.6)

Due to changes in the supply and demand of rice, the area under cultivation of rice continues to decrease. The area under rice cultivation decreased approximately by 103,000 hectares from 833,000 hectares in 2013 to 730,000 hectares in 2019.

In addition, from the above trend, the Korea Rural Economic Research Institute has predicted, using the Korea Agricultural Simulation Model (KASMO), that paddy area of 827,000 hectares in 2020 will decrease to 756,000 hectares in 2030.

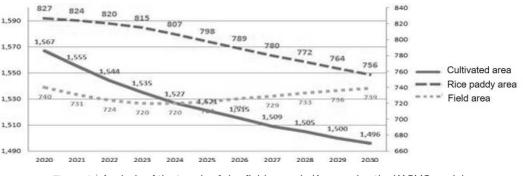


Figure 3 | Analysis of the trends of rice field areas in Korea using the KASMO model

As field agriculture for high-income generation, such as protected cultivation facility agriculture and cultivation of special crops, increases, the cultivation of crops besides rice also increases. With changes in production systems, such as protected cultivation facility agriculture and increased cultivation of field crops, the need for clean water for farming and fishing villages throughout the year increases.

- Field cultivation area: (2015) 202,000 ha \rightarrow (2020) 301,000 ha (increase of 99,000 ha).
- Productivity of 1 trillion or more: (2006) Rice → (2020) Rice, strawberry, tomato, and watermelon

Finally, the demand for multi-functional and multi-purpose use of agricultural water is increasing, such as using the water for production of growing crops to agricultural, domestic, and industrial use and using environmental resources for environmental maintenance.

2. Increased occurrence of disasters due to climate change

Disasters in Korea are similar to disasters worldwide. For the past few years, localized disasters such as torrential rains, typhoons, earthquakes, and droughts have occurred annually.

The status of major disasters in the past is as follows.

- The highest number of typhoons in history (seven times) occurred in 2019 and the longest rainy season (54 days) in history occurred in 2020.
 - * (2001–2018) average annual typhoon impact $3.2 \rightarrow (2019) 7$ (increased by 218%)
 - * In 2020, 974 cases of damaged water facilities in rural areas due to heavy rains, amounting to a loss of 51.3 billion won.

01

02

04

09

- The largest earthquake in Korea struck Gyeongju in 2016 (magnitude 5.8, aftershocks 632 times). Since 2000, there have been seven earthquakes with a magnitude of 5.0 or greater.
 - * Earthquake frequency: (1978–1999) 19.9 times/year \rightarrow (2000~2019) 72.4 times/year (increased by 364%)
- According to the meteorological observation in 1973, nationwide drought damage occurs every 5 to 7 years, and the frequency of local droughts has gradually increased.
- * Drought frequency: 35 times (0.36 times/year) from 1904 to 2000, 13 times (0.72 times/year) from 2001 to 2018

In addition, owing to the increase in flood volume due to climate change, the required flood control capacity exceeds the capacity designed at the time of construction of facilities, making them vulnerable to natural disasters.

To this end, we intend to secure safety by establishing design standards that reflect the size and regional characteristics of the reservoir, which include determining the probable maximum flood of a fill dam that has a watershed area of 2,500 hectares and storage capacity of 5 million tons or more.

Further, the number of reservoirs that have been in operation for more than 50 years since the construction of agricultural production facilities reached 74.2%.

Table 3 | Construction status by type of agricultural infrastructure

	Sum		Less than 30 years		30-50 years		More than 50 years	
Division	Number of facilities	%	Number of facilities	%	Number of facilities	%	Number of facilities	%
Total	14,211	100	5,121	36.0	4,299	30.3	4,791	33.7
Reservoir	3,411	100	386	11.3	493	14.5	2,532	74.2
Pumping & Drain station	4,638	100	2,868	61.8	1,386	29.9	384	8.3
Weirs, etc.	6,162	100	1,867	29.8	2,420	44.4	1,875	25.8

3. Demand for a sound agricultural water circulation system in the watershed unit according to integrated water management policy

In Korea, the Ministry of Environment has been promoting the unification of water management since 2018 with the goal of integrating all water supplies, such as those for domestic, industrial, and agricultural uses.

The legal basis for an integrated water management system was laid with three water management laws, enacted and amended between 2018 and 2019: the Government Organization Act, Water Technology Industry Act, and Basic Water Management Act. The Government Organization Act transfers water resources-related tasks from the Ministry of Land, Infrastructure, and Transport to the Ministry of Environment. The Water Technology Industry Act promotes the development of water management technology, water industry, and basic principles of water management to establish a sustainable water management system. The Basic Water Management Act stipulates the principles and the establishment of the National Watershed Management Committee.

Agricultural water (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs), small rivers and disasters (Ministry of Public Administration and Security), and hydroelectric power generation (Ministry of Commerce, Industry and Energy) were excluded from the unification of water management at the government level. However, agricultural water was included in the integrated water management policy to manage domestic, industrial, agricultural, and environmental water for each basin unit because its water consumption is the highest.

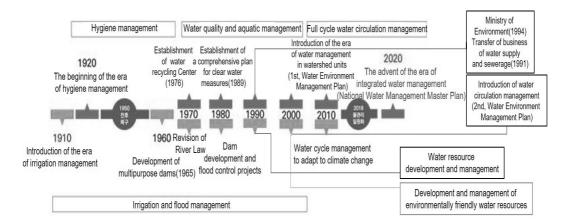


Figure 4 | History of changes in water management policies in Korea

In particular, the National Water Management Committee under the direct control of the president is a deliberation and decision-making body that consider important matters related to national water management in accordance with the Framework Act on Water Management.

The watershed management committee was installed and given charge of four major rivers, and an era of integrated water management began.

Table 4 | System changes according to integrated water management policy

		Domestic	Industrial	Agricultural	Environmental		
		water	water	water	water		
Before	Ministry in charge	Ministry of Environment Ministry of Land, Infrastructure and Transport	Ministry of Environment Ministry of Land, Infrastructure and Transport	Ministry of Agriculture and Food	Ministry of Environment Ministry of Land, Infrastructure and Transport		
integrated	Water	7.6 billion tons	2.3 billion tons	15.2 billion tons	12.1 billion tons		
management	usage	(20.4%)	(6.2%)	(40.9%)	(32.5%)		
	Problem	Low management efficiency due to overlapping projects and budgets due to individual management by each department in charge of water					



Integrated water management in watershed units		Hangang River	Hangang River Geumgang River Yeongsangar Seomjingan		Nakdonggang River	
		Living-Industrial- Agricultural-Envir onmental water	Living-Industrial- Agricultural-Envir onmental water	Living·Industrial· Agricultural·Envir onmental water	Living·Industrial· Agricultural·Envir onmental water	
Belonging	National Water Management Committee	Deliberation and resolution of water management policies such as the national master plan for water management and settlement of water disputes between watersheds				
to the president	Watershed Management Committee	Deliberation and resolution of water management policies such as watershed unit water management comprehensive plan and water dispute settlement in the watershed				
Goal		Achieving a sound water circulation through integrated management of domestic, industrial, agricultural, and environmental water in the watershed unit				
Ministry role		(Ministry of Environment) Management of quantity and quality of living and industrial water, etc. (Ministry of Agriculture and Foc			ent of agricultural	

This integrated water management policy aims to promote water demand management in an integrated way at the watershed unit level to increase water use efficiency and maintain equal distribution of living, industrial, rural, and environmental water. The policy, promulgated and enforced in June 2018, also specifies provisions for water demand management.

In addition, an integrated water management policy requires an efficient water supply. The transition from an empirical management of agricultural water to its scientific management for

disaster response (irrigation waterway, IoT(Internet of Things) management, etc.) is needed to provide a systematic and efficient water supply.

Based on the analysis of water supply and demand by 2030, the National Basic Plan for Water Management, the most important plan for water management, predicts that 47 tributary rivers supplying rural and fishing villages in 113 districts across the country will have insufficient maintenance.

Accordingly, it is necessary to establish a water supply management system using irrigation canals and IoT cutting-edge technology to provide a stable river water ecology and water supply for farming and fishing villages.

Moreover, the paradigm has shifted from quantity-oriented water management to demandoriented water management, and a gradual change is needed for water management methods through communication and cooperation with consumers.

Through the establishment and expansion of water management governing bodies, such as rural water forums, participation of consumers in water management can be realized.

IV. Prospective Areas for Future Management

1. Establishment of smart agricultural water control and management system

In Korea, the number of old hydraulic facilities is large and safety management of these facilities is required to prepare them for high-intensity natural disasters, such as droughts, floods, and earthquakes. It is necessary to switch to an efficient agricultural water use system in line with changes in the agricultural environment.

- a) Real-time safety management of irrigation facilities based on information and communication technology (ICT)
- Install more number of measuring devices to secure facility safety and promote real-time monitoring and analysis of danger signals.
- (Target) Install a package of measuring devices such as water leakage; displacement; and water level monitors, CCTV, in reservoirs managed by the KRC (3,402 locations)
- (Function) To establish a predictive warning system to check safety and respond quickly to danger signals based on big data and artificial intelligence (AI) measurements.
- (Implementation) Prioritize 778 small and medium-sized reservoirs of capacity less than 50,000

01

02

04

07

09

to 300,000 tons, which were frequently damaged and expanded to other scales in stages.

- b) Conversion of water management system in accordance with changes in agricultural environment
- It involves the realization of carbon neutrality through intelligent control and management of agricultural water based on supply and usage data and conversion of the water supply system to irrigation canals, to reduce water loss and labor, and to keep paddy water shallow.
- (Anti-drought capacity) Identify the actual amount of water available through a survey on contents such as soil and other sediments in lakes.
- (Fact-finding) Investigate and analyze the supply and demand for each water facility and water area based on the digitalization of the waterway system.
- (Irrigation canal conversion) Convert water canals close to agricultural lands suffering from significant water loss into an irrigation canal and install an automatic water pipe to establish digital-based intelligent water management.

2. Development of a platform for the entire agricultural water cycle

Agricultural water is carbon-neutral and sensitive to climate change. One can overcome work force limitations due to the aging of the field and reduce water consumption by establishing a scientific management system for the entire agricultural water cycle (supply-use-return). Further, one can reduce the labor intensity of manpower-oriented water management through operational automation.

- (Direction) Development of a digital agricultural water platform capable of collecting, modeling, controlling, and predicting temporal and spatial data for the systematic management of smart agricultural water. Development of an emergency service platform for responding to drought and floods. Development of domestic and international ICT standards.
- (Development of) a smart framework technology for the entire cycle of agricultural water.
- * an information collection system and datalization technology for all phases of agricultural water cycle.
- * linked open data and automation construction technology for retrieving agricultural water spatial information.
- * time-series data collection and analysis process technology for precise management.
- * digital twin platform technology for next-generation agricultural water prediction and modeling.

- * a technology for predicting agricultural water demand based on digital and machine learning.
- * a sensor system technology for measuring soil moisture and evapotranspiration using image analysis.
- * self-learning and smart irrigation-waterway control modeling technology fused with an unsteady flow analysis waterway network model.
- * carbon neutrality and reduction rate modeling technology based on agricultural water.
- * AI-based customized packaging water supply control automation technology.
- * image and digital farmland flooding detection and control management system with a flood analysis model.
- * generative adversarial network based regression model for self-learning and digital control panel technology.
- * self-learning automatic water supply and automatic control management technology.
- * unmanned monitoring and mobile small robot technology for agricultural waterways.
- * real-time meteorological disaster-linked emergency situation recognition technology.
- * drought prediction technology based on integrated digital twins.
- * digital twin-based smart agricultural waterway platform and all-in-one integrated control technology.
- * AI reservoir completion and system safety management technology.

3. Agricultural water governance

The efficient management of agricultural water and its promotion must be prioritized for the conversion to the integrated watershed management (domestic, industrial, agricultural, and environmental water) system according to the implementation of the integrated water management policy and sound water circulation.

- (Participant) Academia and experts (including those in other fields), local farmers, public corporations, local governments, and the media. Establish roles for each participant and specific plans for pilot policy formulations and supervising water conservation.
- (Roles) Clearly articulate roles and prepare a management system to monitor responsibilities and role fulfillment among stakeholders involved in administration.

01

02

07

08

09

Table 5 | The role of participants in water conservation

Division	Academics and Professionals	Farmer (field operation)	KRC	Local government	Media			
Common	Participation in governance, water management debates and administrative operations							
By institution	- Administrative operations - Conducting discussions and meetings on water management - Analysis of the effectiveness of participatory water management	Implementation of the administrative measures.	Agricultural water supply management	Administrative support	Publicity of issues and operating results			

V. Way forward and Recommendations

1. Suggested direction for integrated management

- a) Reorganizing the administrative system is necessary to implement integrated watershed management. - There may be alternatives, such as establishing a water management or watershed management departments and reestablishing the status of the National Water Management Committee.
- In particular, agricultural water management must be prioritized, the response function to water disasters such as floods and droughts must be strengthened, and the water resource business promotion and water-environment regulation functions must be separated.
- b) Reinforce the quantitative monitoring system of the entire water management cycle (supply-use-return) for scientific implementation of water management and for identifying the current status of water circulation in watershed and substances such as pollutants and untreated sewage in real time; it is necessary to establish and expand the integrated watershed management system through strengthening monitoring.
- c) Storage facilities, such as small-scale dams and riverside reservoirs, should be expanded for each watershed to secure various types of waters, such as environmental and ecological water to maintain a healthy aquatic ecosystem and agricultural water for stable food production and to prevent flood damage.

- d) It is necessary to upgrade water and sewage facilities (underground, compact, distributed, and linked types) and expand new facilities that can actively respond to the new risks of this era. It is also necessary to expand the budget for the maintenance of water management facilities including agricultural water.
- e) The water industry should be promoted and diversified by cultivating highly talented individuals in water management who can keep up on the development of AI, ICT, and rapid urbanization. AI-based smart technologies and digital twins should be actively utilized.

2. The path of agricultural water in integrated water management

- a) Preparation of legal and institutional reform plan
- The scope of agricultural water supply should be expanded for multifunctional and multipurpose water use while reorganizing the water management unit for rural areas into basin units.
- In addition, the system should be reorganized to establish a periodic plan for the Rural Water Use Rationalization Plan and Rural Maintenance Act to prepare a water management system that consider quantity, water quality, aquatic ecology, and water circulation and focuses on production infrastructure maintenance in rural areas.
- b) Establishment of a sustainable smart rural water management system
- Securing stable rural water through a project is necessary to increase the efficiency of agricultural water use; these projects include construction of irrigation canals, evaluation of agricultural water supply, quantitative analysis of regional demand and supply, and upgradation of water management technology.
- In addition, it is necessary to standardize the basic data for water management and to convert them to big data through a detailed investigation of the beneficiary area and drainage system.
- c) Water quality improvement for agricultural and fishing villages to strengthen the safety of agricultural and fishery products
- It is important to strengthen the safety of agricultural and fishery products through an ICTbased preventive water quality management system. It is necessary to promote projects to enhance this effect.

- d) Reinforcement of the disaster preparedness capability of hydraulic facilities
- We must move toward safe flood control without flood damage by expanding pre-discharge facilities, establishing a hydrological control system, expanding disaster prevention measuring instruments, and revising design standards
- In addition, it is necessary to respond actively to drought through the establishment and management of the entire drought cycle response and groundwater utilization systems.
- It is necessary to strengthen the safety management of agricultural reservoirs through modernization of irrigation facilities, such as the reconstruction of old reservoirs, expansion of targets for (precision) safety diagnosis, and reinforcement of seismic performance.
- e) Establishment of farmer participatory water management governance
- It is important to strengthen organic linkages with farmers through governance structures and operations, where various water-related stakeholders can gather to share opinions and communicate with each other.
- f) Improvement of amenities and rural environments in rural areas
- To improve the agricultural environment, efforts should be made to improve public value by expanding agricultural environment projects and to reduce carbon-zero greenhouse gases by analyzing the possibility of reducing greenhouse gases in agricultural social overhead capital projects.

Acknowledgement

This content was prepared based on the submission of Republic of Korea's national paper at the 24th ICID(The International Commission on Irrigation and Drainage) Congress on the topic of an integrated approaches to irrigation management in the future.

REFERENCES

- Do, J.W., 2021, Design criteria revision considerations according to the integrated water management policy, Magazine of the Korean Society of Agricultural Engineers, Volume 63 Issue 4
- Ministry of Environment, 2021, 1st Integrated water management plan
- Ministry of Environment, 2021, Implementation plan for the 1st Integrated water management plan
- Ministry of Agriculture, food and rural affairs, 2002, Design Criteria for Agricultural production Infrastructure Improvement project plan; Chapter. Fill dam
- Ministry of Agriculture, food and rural affairs, 2004, Design Criteria for Agricultural production Infrastructure Improvement project plan; Chapter. canal
- Lee, K.Y., Choi, K.S., 2013, Analysis of Agricultural Water Distribution Systems for the Utilization of Water-Demand-Oriented Water Supply Systems; Current Research on Agriculture and Life Sciences, Volume 21 Issue 2
- Korea Rural Community Corporation (KRC), 2021, Report of derivation of measures to improve agricultural water supply management efficiency
- Statistics Korea, 2019a, Agricultural Production Cost Survey
- Statistics Korea, 2019b, Census of Agriculture, Forestry, and Fisheries

2022년 ICID 제24차 총회 참가기

이희진 _ 한경대학교 융합시스템공학과 박사과정(heejin.lee@hknu.ac.kr)

문영식 _ 한경대학교 국가농업용수연구센터 연구원(youngsik.mun@hknu.ac.kr)

신지현 _ 한경대학교 국가농업용수연구센터 연구원(jihyeon.shin@hknu.ac.kr)

1. 머리말

ICID(International Commission on Irrigation and Drainage)는 1950년 6월 24일 인도 뉴델리에서 설립되었으며, 지속 가능한 농업용수 관리를 중점으로 관개, 배수 및 홍수 관리 분야 등의 전문가들로 구성된 비정부 과학기술 단체이다. 또한, ICID는 3년마다 개최하는 세계 관개배수 학회와 관개 포럼을 조직하여 전 세계 및 지역적으로 농업용수의 중요한 문제를 해결하고자 한다.

2022년 ICID 제24차 총회 및 제73차 국제집행위원회(IEC, International Executive Council Meeting)와 IAL(Irrigation Australia) 국제 컨퍼런스는 2022년 10월 3일부터 10월 10일까지 호주 애들레이드(Adelaide)에서 개최하였다. 금번 ICID는 한국, 중국, 일본, 호주 등다양한 국가에서 참석하여 성황리에 개최하였으며, 회의 주제는 "지속 가능한 개발 목표를 달성하기 위한 농업용수 관리의 혁신 및 연구"이다. 필자는 정보통신 기술의 역할, 지속 가능한 개발 목표를 위한 교류, 관개용수 공급관리를 위한 도구 개발 3가지 질문을 바탕으로 참석하게되었다. 또한, 관개배수 관련 분야의 선진기술 정보 습득과 공유, 지속 가능한 농업용수 관리방안, 농업 분야에 대한 여러 국가의 협력을 위해 관개배수의 새로운 기술을 찾고 효과적인 사용법에 대한 전략적, 기술적 개발을 중점으로 활동을 하였다.

Conference Theme & Questions			
Conference Theme	Innovation and research in agricultural water management to achieve sustainable development goals		
Question 62	What role can information and communication technology play in travelling the last mile?		
Question 63	What role is played by multi-disciplinary dialogue to achieve sustainable development goals?		
Special Session	Developing the future tools for managing uncertainty in irrigation water supply		

2. 국제관개배수위원회(ICID) 총회에 참가하며

가. ICID 총회 구성

2022년 ICID 제24차 총회는 COVID-19 위기 상황이 다소 해소되고 오랜만에 참석하는 국제 회의로 2022년 10월 3일부터 10일까지 호주 애들레이드에서 진행되었다. 이사회 회의, 테크 니컬 투어, 각종 워크숍을 제외하면 ICID 행사는 4일부터 6일까지 3일간 진행되었다.





그림 1 | ICID 총회 및 회의장 야외 전경

ICID를 처음으로 참석하면서 전체적인 회의 주제와 해외 농업용수 관련 주요 관심사 등을 파 악할 수 있었다. ICID는 Adelaide Convention Centre에서 개최하였으며, 호주 애들레이드 의 중심부에 위치하고 있다. 10월 3일(월) 8시 45분부터 본격적인 ICID 행사가 시작되었으며, 첫째 날 프로그램은 대부분 워크숍으로 구성되어 있었다. 3가지 주제를 통해 워크숍을 진행하 였으며, 1) 적응형 홍수 관리, 2) 수요에 따른 물 부족 관리, 3) 갯벌 지역의 지속 가능한 개발을 01

02

04

03

09

중심으로 발표 및 토의하는 형식으로 진행되었다. 홍수, 갯벌 지역의 지속 가능한 개발의 경우 국외의 기술, 관리 등을 살펴보기 위해 관련 발표에 참여하였으며, 수요에 따른 물 부족 관리의 경우 ICID가 설립한 수요에 따른 물 부족 관리에 관한 실무 그룹(WG-MWSCD)에 관련된 내용으로 물 부족에 대처하기 위한 관리 전략, 현장 경험 수집 등 최소한의 부작용을 위한 선제적 예방이 필요하다고 설명하였다. 특히, 미래 삶의 질을 유지하고 향상시키기 위해 가뭄과 물 부족에 취약한 국가 및 지역에서 위험 관리 및 회복력이 중요하다고 언급하였으며, 관련 내용으로 물 부족 관리의 효율적 방안과 대응 방안을 살펴볼 수 있었다.





그림 2 | ICID Congress 개회식 및 환영인사

표 2 ICID 주요 일정 및 Conference 주요 내용

일자		주요 내용	
10.03(월)	International Workshop - 적응형 홍수 관리 - 갯벌 지역의 지속 가능한 개발	- 수요에 따른 물 부족 관리	
10.04(화)	Congress Question 62 Congress Question 63 International Workshop - 물·식품·에너지	- 정보 통신 기술의 역할 - 지속 가능한 개발을 목표를 위한 교류 - 농업의 현대기술 적용	
10.05(수)	 개회식(Opening Ceremony) Congress Question 62 Congress Question 63 Special Session 농업용수 공급의 관리를 위한 미 농업용수 공급의 관리를 위한 미 	래 도구 개발 (작물, 농업)	
10.06(목)	 IEC 총회 Special Session - 농업용수 공급의 관리를 위한 미래 도구 개발 International Workshop - 지속 가능한 관개 농업용수 관리를 위한 관개 및 배수 운영 - 관개 계획의 현대화 및 활성화 저녁 만찬(Outback Spectacular Dinner) 		

나. ICID 총회 참관 및 학술발표

이번 ICID에서 필자는 SWMM 모델을 활용한 농업용수 분배 및 관개회귀율 추정이라는 주제의 'Irrigation efficiency and water saving potential considering irrigation return flow and reservoir operation', 저수지 농업용수 공급에 대한 가뭄 취약성 평가라는 주제의 'Drought vulnerabilty assessment on water supply of reservoir for climate change adaptation' 및 위성영상을 활용한 농업용 저수지 가용수량 추정이라는 주제의 'Water storage estimation in reservoirs using multiple satellite observations' 포스터 발표를 진행하였다. 포스터 발 표는 학회 전체기간 동안 진행되었으며, 관개배수 및 농업용수와 관련된 다양한 주제를 교류 할 수 있는 좋은 기회였다. 특히, 최적의 농업용수 관리를 위해 위성영상, GIS(Geographic Information System) 및 SCADA 시스템(Supervisory Control and Data Acquisition)을 활 용한 연구주제가 새롭게 다가왔다. ICID는 포스터 발표 세션보다 구두 발표 세션에 집중되어 포스터 발표 연구자들과 자신의 연구를 소개하며 많은 의견을 나누지 못해 아쉬움이 남지만, 다 양한 연구주제를 교류한 경험은 앞으로의 연구에 밑거름이 되어줄 것으로 믿는다.

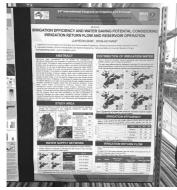






그림 3 | ICID 포스터 발표





그림 4 모스터 학술발표회 전경

01

02

03

07

09



그림 5 구두 학술발표회 전경

포스터 발표 세션 이외에도 다양한 구두 발표 세션에 참가하였으며, 수자원 및 농업용수 관리에 대한 흥미로운 연구주제들이 있었다. 수로 네트워크 모델링을 활용한 정확한 농업용수흐름을 파악하고자 하는 'Irrigation network efficiency crucial for ensuring sustainable water resource' 발표는 용수로 모니터링을 통해 물 손실의 원인을 명확히 파악하고자 하는 연구를 진행하였다. 또한, 농업용수 물 부

족 해결을 위한 상업 및 생활용수의 폐수 재사용에 대한 'Greywater reuse for irrigation in commercial and domestic applications' 발표는 농업용수 과다 사용 및 관행적인 물관리 등으로 발생하는 농업용수 부족 현상의 해결방안으로써 상업 및 생활용수 재사용을 위한 수처리 과정 및 방안을 제시하였다. 이번 ICID를 통해 국제적 연구 동향 및 관심 내용을 파악할 수 있었으며, 세계 각국의 연구자들을 보며 연구에 대한 자세를 배우고 넓은 시야를 갖게 되었다.

다. 대규모 전시회

10월 5일(수) 오전에는 학술발표 이전에 관개배수 관련 후원 및 전시업체를 소개하는 시간이 있었으며, 이틀 동안 닫혀있던 전시회장 문이 활짝 열렸다. ICID 및 IAL을 지원하는 업체뿐만 아니라 농업용수 관련 다양한 기술, 제품, 연구 등을 가지고 있는 호주 회사들이 전시회장에서 소통하며 교류하였다. 기상 변화 및 작물 생장에 따라 관개를 조절하는 스마트팜, 드론을 활용한 농경지 구분 및 표출, 지하수 또는 토양수분에 대한 모니터링 등 다양한 기술들을 전시하였으며, 그중에서 가장 눈에 띄는 것은 미래 농업에 관한 내용이었다. 급격하게 변하는 기후변화 속에서 빠르게 발전한 기술을 통해 미래의 작물 생산에 대한 다양한 기술들을 소개하고 있었으며, 많은 사람이 이를 통해 자신들의 회사를 홍보하였다. 특히, 'RAINBIRD'는 효율적인 농업관개를 목표로 다양한 관개 제품 및 서비스를 제공하는 업체로 전시회장에서 스마트밸브를 활용한 자동관개시스템 기술을 소개하였다. Wire Controller 탑재, 디코더 제거 등 시스템 비용을 절 감하고 신뢰성 높은 관개 효율을 소개하였으며, WiFi 모듈을 활용한 제어시스템으로 필지에 대한 농업용수 관개 시뮬레이션을 볼 수 있었다.

다양한 다과 및 음료가 제공되어 쾌적하게 전시회장을 둘러볼 수 있었으며, 부스 사이에 스탠딩테이블을 놓음으로써 조금 더 편하고 원활한 소통을 이끌었다. 이러한 큰 규모의 전시회장은 국내학술발표회에서는 느껴보지 못하였으며, 다양한 부스에 관심을 가지게 되면서 학회의 규모를 체감할 수 있었다.









그림 6 | 관개배수 관련 업체들의 기술 소개 전시회

라. Outback Spectacular Dinner

10월 3일부터 10월 6일까지 4일간의 ICID Congress 여정을 마무리하면서 IAL에서는 Davey Water Products가 후원하는 저녁 만찬을 제공하였다. 사전에 저녁 만찬에 대한 입장권을 구 매하였어야 하며, 학생들의 경우 확장 초록을 제출한 선착수 100명에 한해 입장권에 해당하 는 바우처를 통해 무료로 이용할 수 있었다. 저녁 만찬과 함께 시드니 최고의 부시 댄스 밴드인 'Swamp Dawkins'의 공연 및 퍼포먼스가 진행되었으며, 사람들은 식사를 마치고 자유롭게 밴 드의 음악과 지시에 맞추어 호주 전통춤에 몸을 맡겼다.

저녁 만찬 중에는 ICID 및 IAL에서 학생들의 공헌을 인정하며, 지속해서 창의적인 연구를 장 려하기 위해 시상하는 Student Awards가 있었다. 필자가 포함된 연구실에서는 총 6개의 포스 터를 제출하였으며, 포스터 발표에 대한 2개의 상(Best Paper & Poster Presentation)을 수상 하였다. 맛있는 저녁 만찬을 즐기는 도중 예상치 못하게 받은 상이어서 놀랍고 신기한 순간이 었다. 국제학술발표회에서 상을 받는 것은 나의 연구에 있어서 자신감을 심어주기에 충분한 동 기부여가 되었으며, 많은 사람 앞에서 상을 받는다는 것은 굉장히 뜻깊고 놀라운 시간으로 다 가왔다.

01

02

03

04

07

09





그림 7 | 저녁 만찬 전경





그림 8 | Student Awards 수상

3. 맺는말

ICID 제24차 총회 및 제73차 집행위원회(IEC) 및 IAL 국제 컨퍼런스를 참석하면서, 국외 관개 배수와 관련하여 농업용수의 지속 가능한 개발, 농업 분야의 활성화 등 앞으로의 연구 동향을 파악할 수 있었다. 또한, ICID의 주요 활동 사항, 관개배수의 중요성 등 다양한 방면에서 새로 운 경험을 할 수 있는 매우 뜻깊은 시간을 가졌다. ICID는 연구 방향을 결정하는 부분에 있어서 많은 도움을 받을 수 있는 총회였으며, 관련 연구에 있어서 다양한 아이디어 또한 얻을 수 있었다. COVID-19로 인해 ICID 행사가 작년에 개최되지 못하고 올해로 연기되어 아쉬움이 있었지만, 앞서 언급한 것처럼 다양한 주제를 통한 대면 발표와 포스터, 워크숍을 통해 많은 것을 배울 수 있었다. 이번 ICID에서 학술발표 부분에서나 영어 실력 부분에서 아쉬운 점이 크게 나

타났지만, 다음번에는 향상된 영어 실력과 함께 새로운 연구주제를 적용하여 더 나은 모습으로 나아가기 위해 노력이 필요할 것으로 생각된다. 또한, 함께 연구를 수행하면서 서로 많이 배우 고 가르쳐주면서 동고동락하고 있는 한경대학교 관개배수 및 지역수자원공학 연구실 동료들과 함께 한층 더 성장할 것을 기대해본다. 마지막으로 ICID 참석이라는 뜻깊은 경험을 할 수 있도 록 도와주신 한경대학교 남원호 교수님께 진심으로 감사의 인사를 드린다.



그림 9 | 한경대학교 관개배수 및 지역수자원공학 연구실(지도교수 : 남원호)

01

02

03

04

06

07

09

국제대댐회(ICOLD) 제90차 연차회의 및 제27차 총회 참가기

강기호 _ (사)한국대댐회 사무국장(kangkiho@kwater.or.kr)

1. 머리말

국제대댐회(ICOLD, International Commission on Large Dams)는 회원국 간의 댐 기술정보 교류 및 연구개발을 목적으로 매년 연차회의를 개최하고 있다. 연차회의에서는 매년 댐에 관련한 다양한 주제를 가지고 기술적, 학술적 협의와 중요 결정사항을 회의를 통해 결정하는 자리이다.

2022년 5월 27일부터 6월 3일까지, 2600년의 역사로 이루어진 문화 유적지이자 프랑스 파리 다음으로 역사가 깊은 지중해 도시 프랑스 마르세유 (Marseille, France)에서 "Sharing water : multipurpose of Reservoirs and Innovations (수자원 공유 / 다목적 저수지와 혁신)"이란 주제로 제90회 연차회의와 3년마다 개최되는 제27차 총회가 개최되었다.

이번 연차회의는 특히 전 세계적으로 유행한 코로나 팬데믹 상황으로 인해 2년만에 어렵게 개최되어 더욱 의미 있는 참가이기도 했다. 전체 회원국 104개국 중 50여 개국 약 1,600여 명이 참가하였으며, 한국을 대표하여 13개 기관 총 23명이 참가하였다(사진 1).

국제대댐회(ICOLD) 회의는 5월 28일, APG(Asia-Pacific Group) 지역회의와 기술분과위원회(T.C, Techincal Committee) 워크샵을 시작으로 6월 3일, 총회(Congress)와 환송만찬(Farewell Ceremony)로 이어지는 프로그램 일정이다. 전체 세부일정은 다음과 같으며(표 1), 본 고에서 참가했던 제90차 연차회의 및 제27차 총회 활동결과를 공유하고 참여했던 소회를 밝히고자 한다.



사진 1 | 한국대표단 단체사진

표 1 | 전체 프로그램 일정표

날 짜	주 요 일 정
5.27(금)	ICOLD 이사회 및 기술위원장 회의
	Short Courses (교육프로그램)
5.28(토)	APG 지역회의 [16:30 ~ 18:30]
	ICOLD 기술위원회(T.C) 워크샵
5.29(일)	제10차 Young Engineers Forum
	ICOLD 기술위원회(T.C) 회의
5.30(월)	국제심포지엄 개회식
	국제심포지엄, 종합토론, 환영만찬
	기술전시
5.31(화)	스페셜 세션(T.C)
	사교행사 (19:30 ~ 22:00)
	기술견학, 기술전시
	ICOLD 집행위원회 (09:00 ~ 18:00)
6. 1(수)	총회 개회식, 의제발표
	총회 Q. 104 ~105
6. 2(목)	총회 Q. 104 ~105
	총회 Q. 106 ~107
6. 3(금)	총회 Q. 106 ~107
	총회 Q. 106 ~107, 폐회식, 환송만찬

2. 제90차 연차회의(The 90th Annual Meeting)

2.1 기술분과위원회(T.C)

한국대표단들의 공식적인 일정은 5월 28일부터 시작되었다. 다양한 프로그램 중에서 가장 먼저 진행되는 프로그램은 각 기술분과위원회(T.C)별 기술워크샵이다. 기술워크샵에서는 각 T.C에서 논의할 사항에 대해 다른 참가자들에게 소개하고 토의하는 시간을 갖으며, 추후 T.C에서 다룰 내용을 사전검토하고 의견을 수렴하게 된다. 기술워크샵 이후 T.C 위원 회의에서는 워크샵에서 논의된 내용을 정리하고, 해당 분야 위원들이 각 안전관리 사례, 각국 댐 주요현황 등을 발표하였다. 발표 이후에는 각 T.C에서 담당하고 있는 발간물(Bulletin)에 대해 토의시간을 가졌다. 한국대표위원으로서 K-water 박노혁 연구원장, 박동순 박사, 신동훈 박사와 농어촌공사최병한 박사와 이 백 박사가 회의 및 워크샵에서 활동하였다. 필자는 참관자격으로 참가하여해당 위원회 진행과정을 유심히 살펴볼 수 있었다. 이번 한국대표단의 경우 다수의 T.C 위원이 등록되어있는 상황이며 국제적인 위상을 유지하기 위해서는 지속적인 관심과 노력이 필요할 것으로 생각되었다.

2.2 APG(Asia-Pacific Group) 지역회의

지역별위원회(Regional Club Meeting)는 아시아, 유럽, 아메리카 등 주요 지역별 대댐회의 전년도 실적 및 차년도 계획을 공유하고 협력방안을 논의하는 회의로 우리나라의 경우 APG(아시아-태평양지역) 위원회에 참가한다. 지역별위원회 중 아시아태평양지역 회의(APG)는 이란대댐회 주관으로 이루어졌으며 댐 안전 관련한 현황과 동향을 발표하고 각국의 대댐회 활동내용들을 공유하는 자리이다. 한국대댐회에서는 강부식 교수(국제협력부회장)께서 스마트 댐 안전, 디지털 트윈 유역 물관리 등 최신 연구개발 수자원 분야 기술 발표를 통해 국내 댐 기술을 홍보하였고, 올해 9월에 한국에서 개최되었던 제11회 동아시아댐기술교류회의 (EADC, East Asia area Dam Conference) 행사를 홍보하여 APG 참가국들의 참여를 독려하였다.

또한 이번 만남을 통해 중국대댐회(CHINCOLD)와 일본대댐회(JCOLD)와의 국제협력 면담시 간을 가졌다. 중국대댐회(CHINCOLD)와는 중국 내 코로나 봉쇄정책 등으로 금번 국제대댐회 (ICOLD) 연차회의에 참여가 저조하였으나 위임받은 Power China 사 참가자들과 국제협력 면담을 진행하였다. 면담을 통해 2022년 EADC에 적극적인 참여의사를 확인하였으며, 스마트 댐 기술 등 지속적인 기술교류 확대방안을 논의하였다.

일본대댐회(JCOLD) 소속 교토대학교 교수를 비롯하여 참가자와 국제협력 환담을 진행하여,

2022 EADC 적극적인 참여를 요청하였고, 기존 댐 성능개선, 댐 건설 및 보강 신기술 등 분야 에서 지속적인 기술교류에 대해 논의하였다.







사진 3 KNCOLD-CHINCOLD 단체사진

2.3 국제심포지엄

5월 30일에는 "Sharing water: multipurpose of Reservoirs and Innovations(수자원 공유 / 다목적 저수지와 혁신)"이란 대주제 아래 지정학적 수자원의 이슈, 거버넌스와 자금 조달, 저 수지 용도의 혁신 솔루션, 댐과 저수지의 다목적 활용 등 전문적인 세부 주제가 심포지엄을 통 하여 공유되었다.

매년 개최되는 연차회의 심포지엄 주제에는 전 세계 각국의 댐 엔지니어들이 고민하는 Issue들 과 극복을 위한 노력의 흔적들이 담겨있어 유용한 정보로 활용이 되고 있다. 연차회의 시즌이 다가올 때마다 항상 심포지엄 주제를 유심히 보게 되는데. 재미있는 점은 이 시대를 살아가고 있는 전 세계 댐 엔지니어들의 관심사 및 고민거리는 크게 다르지 않다는 것이다.

우리나라를 포함하여 대부분의 선진국에서는 댐을 포함한 수자원개발을 위한 신규 시설물들을 계획하기 위해서는 많은 저항과 도전을 극복하여야 하는 상황에 처해 있기에, 자연스럽게 신규 댐의 건설보다는 기존 댐의 기능을 유지할 수 있는 댐 재개발(Rehabilitation), 안정성 평가방 법, 수명연장, 최적화 관리방안, 사회 및 경제적비용 평가 등이 댐 공학의 주요 관심사로 등장하 는 등 세계적으로 수자워 환경변화에 적응하기 위한 노력을 어렵지 않게 찾아볼 수 있는 것이다.

금번 심포지엄의 주요내용은 다음과 같다.

• 주 제: Sharing water: multipurpose of Reservoirs and Innovations (수자원 공유 / 다목적 저수지와 혁신)

01

02

03

04

09

- 지정학적 수자원의 다양한 이슈로서 현재와 미래의 수자원과 필요에 대한 평가, 사회-환경 및 생물다양성 편익 및 영향, 긍정적 및 부정적 외부효과의 평가, 기후 변화 또는 변화하는 환경에 대응하기 위한 수자원 사업의 탄력성과 적응성 분석. 솔루션 선택을 위한 의사 결정 방법, 지역적 규모의 비용 편익 분석, 그리고 최근 수자원 위기(가뭄, 홍수 등)에서 얻은 교훈 등을 소개
- 거버넌스와 자금조달 분야에서는 제도적 측면, 이해관계자 상호관계, 재정적 측면에서 프로 젝트 자금조달, 이해관계자 참여 등에 관하여 논의
- 저수지 용도의 혁신적인 솔루션에서는 다용도 수자원 프로젝트로서 에너지 저장, 수력발전, 관개, 용수공급, 홍수조절 등에 관한 단일 목적 댐과 저수지의 다목적화를 조명, 댐 재개발 및 성능개선 시 구조적 솔루션과 비구조적 솔루션 결합, 저수지가 있는 지역의 재개발 사업 등을 발표
- 댐과 저수지의 다목적 활용과 다용도 수자원 시설 운영을 위해서 수문학적 접근, 위험 관리를 포함한 운영 관련 의사결정을 위한 도구, 단기, 중기 및 장기 운영 시뮬레이션 및 모델링, 자 산 운영방법의 성과평가 등을 논의

심포지엄에서의 단일목적 댐과 저수지의 다목적화, 재개발, 성능개선에 관한 논의는 글로벌 트랜드로 자리매김하여 국내외 수자원 사업 기획, 개발 시 주목할만한 추진방향과 논리로서 활용할 수 있을 것이라 생각된다.

다만, 코로나 팬데믹(COVID-19) 등의 여파로 금번 심포지엄에서 한국대댐회 논문 발표는 2건에 그쳐 타 회원국과 비교할 때 상대적으로 저조한 국제 무대에서의 기술홍보 실적을 거뒀다. 향후 심포지엄 발표에 적극적인 참여를 통해 국내 댐 기술의 홍보 필요성을 느꼈다.

2.4 집행위원회(General Assembly)

집행위원회는 각국 대댐회 회장의 연례회의로 국제대댐회(ICOLD)의 주요안건을 의결하는 회의이다. 참석대상으로는 각국 대댐회 대표단 리더로, 이번 제90차 연차회의 집행위원회의 한국대댐회 대표로 참가하였다.

이번 집행위원회에서는 상정된 주요안건인 임원선출, 국제대댐회(ICOLD) 예·결산, 기술분과 위원회(T.C) 운영 연장 승인 및 신규위원 위촉, 기술보고서(Technical Reports) 승인 등을 의결하였다.

신임 총재로 Michel Lino(프랑스)가 선출되었으며, Dean B. Durkee(미국) 6차석, Quentin Shaw(남아프리카) 아프리카존, Joaqui, Pimenta de Avila(브라질) 아메리카존, Laurent

MOUVET(스위스) 유럽존으로 부총재 4인이 선출되었다.

특히 부총재 선출과정에서 신동훈 박사(K-water)가 한국대댐회 측 지지연설자로서, 6차석 부 총재 후보로 출마한 인도네시아 Basuki 장관 지지연설을 통해 인도네시아대댐회(INACOLD) 와의 우호적인 관계를 형성하였고. INACOLD 주관 교류 행사에도 참가하는 등 향후 적극적인 상호 협력 의지를 밝혔다.







사진 5 INACOLD 지지연설 중인 신동훈 박사(K-water)

3. 제27차 기술총회(The 27th Congress)

국제대댐회(ICOLD) 기술총회(Congress)는 3년마다 개최되는 심포지엄으로 댐 분야 선정 주 제에 대한 전문가들의 기술, 학술적 연구내용을 공유하는 자리이다. 이번 제27차 기술총회는 6 월 1일부터 6월 3일까지 진행되었다. 전체 Congress 논문 및 기술 서신은 33개국에서 181편 을 제출하였으며 프랑스, 스위스, 중국, 캐나다 인도네시아, 일본, 이탈리아가 주도적이었다.

제27차 기술총회 Question 104 ~ 107 주제는 아래와 같다.

- Q 104. Concrete Dams Design Innovation and Performance (콘크리트댐 설계 혁신 및 성과)
- Q 105. Incidents and Accidents concerning dams (댐 관련 사건 및 사고)
- Q 106. Surveillance, Instrumentation, Monitoring and Data acquisition(감시, 계측, 모니터링 및 데이터 수집)
- Q 107. Dams and Climate Change (댐과 기후변화)

국제대댐회(ICOLD) 내 대댐 수 기준 세계 6위 규모의 대한민국은 댐 기술 관련 올림픽과 같은

01

02

03

04

09

기술총회(Congress) 논문 제출이 전무하여 한국대대회 회원들의 관심 환기와 적극적 참여의 필요성을 느꼈다.

4. 국제협력 (KNCOLD-USSD, KNCOLD-CDA, ICOLD-ICID)

한국대댐회는 '18년도 제85차 연차회의 참가 당시, 전문가 기술교류, 교육협력, 기술컨설팅 등 상호 협력을 목적으로 미국대댐회(USSD)와 캐나다대댐회(CDA)와 MOU를 체결하였다. 관련하여, 이번 연차회의에서의 양 기관 MOU 실행력 제고를 위하여 미국대댐회 담당자와 2023년 USSD 컨퍼런스 특별세션 구성계획과 상호 발표 및 교류로 국제협력 재개에 대해 논의하였다.

또한, 캐나다대댐회와 교류를 통해 기존 협력 사안인 댐 주변 공공안전 가이드라인 개발을 협력하고 디지털 전환 기술의 댐 접목 등 기술 교류를 강화키로 하였다. KNCOLD-USSD 및 KNCOLD-CDA MOU 체결기간은 모두 5년 주기로, 현재 '23년도 국제대댐회(ICOLD) 제91차 연차회의에서 MOU를 연장키로 합의하였다.

이번 연차회의에서 국제관개배수위원회(ICID, International Commission on Irrigation and Drainage)와 국제대댐회(ICOLD)는 양 기관 상호간의 지속적인 전문적 기술교류 협력 증



사진 6 | KNCOLD-USSD 간담회 사진





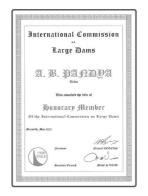


사진 8 I ICOLD-ICID MOU 협약서

진을 위해 라우드테이블 토론을 진행하고 MOU를 체결하였다. 국제관개배수위원회(ICID)는 1950년에 설립된 과학기술 분야의 선도적인 비영리 비정부 국제기구로, 관개, 배수, 홍수관리 분야의 전세계 전문가들로 구성된 전문 네트워크이며, 아프리카, 아메리카, 아시아, 오세아니 아, 유럽 등 전세계 78개 회원국이 활동하고 있으며, ICID 한국지부로서 농식품부 소속 (사)한 국관개배수위원회(KCID)가 역할을 담당하고 있다.

5. 맺음말

국제대댐회(ICOLD)는 댐 기술 분야 최고의 전문가들이 참여하는 집단지성의 장으로 국제적인 기술의 best practice 제정, 신기술의 공유 등 활용가치가 대단히 높다.

전 세계적으로 댐 건설 위주에서 안전관리 및 재개발 위주로의 정책 변화와 해외 신규시장의 기술적 난제 해소를 위한 글로벌 댐 기술 확보 필요성이 증대되고 있다.

국내 신규 댐사업의 정체와 해외 수력발전용 댐사업의 기술적 난제 가운데, 노후화 및 지진 위 험 등으로 유지관리 및 안전, 재개발 수요 증대로 대대회 중심의 새로운 모멘텀 마련이 절실 하다.

이번 국제대댐회(ICOLD) 연차회의에서 주요 선진 기술들에 대한 정보 교환과 습득, 네트워 킹을 통한 글로벌 공조를 강화할 수 있는 좋은 기회임에도 불구하고 한국에서 국제대대회 (ICOLD) 연차회의 및 Congress 제출 논문 편수는 중국, 일본 등 주변국에 비해 미흡했다('22 년 논문제출 2편).

01

02

03

04

09

또한, 댐기술의 글로벌 best practice 선도는 국제대댐회(ICOLD) 기술위원회에서 담당하고 있으나, 한국대댐회의 기술위원회 참여율은 대단히 낮으며, 잦은 위원변경으로 연속성이 없고 그로 인하여 위원의 활동도 단편적이다.

반면, 미국대댐회(USSD), 캐나다대댐회(CDA), 호주대댐회(ANCOLD) 등은 연차회의 참가 외 매년 연례적으로 자체 기술 컨퍼런스를 진행하고 있는 것을 감안할때, 한국이 국제대댐회 (ICOLD) 등록 대댐 수 기준 세계 6위권의 수자원 확보국인 만큼 이에 부응하는 대댐회 활성화가 필요하다.

그러므로, 향후 국제대댐회(ICOLD) 회원국 간 글로벌 파트너쉽의 증대를 통한 국내 댐시장 활성화를 위해 국제대댐회(ICOLD) 연차회의 및 Congress 질적 참여가 필요하며 이를 위해 매년 큰 폭으로 바뀌는 기술분과위원회 한국대표의 명단을 실제 지속가능한 참여와 이행이 가능한 명단으로 전환 등을 통해 기술분과위원회(T.C)의 지속 참여 및 Bulletin 발간작업에도 관여 해야한다(T.C위원 선정 및 참여·활동방안 재정립 필요).

이를 위해 국내 댐 기술 공유와 확산 및 관심 유도를 위한 국내 대댐회 활동을 강화하고 핵심 국제대댐회(ICOLD) 기술분과위원회 및 MOU 이행에 대응하기 위한 국내 기술전문가 참여 활동을 위한 예산 확보도 검토해야 할 것이다.

조속히 각 분과별 위원을 재정비하여 국제대댐회(ICOLD) 내에서 실질적인 중추역할을 할 수 있는 한국대댐회가 되기를 간절히 바라며, 글을 마무리 한다.

세계관개시설물유산으로 등재된 의성 소류지 관개시스템 소개

이세엽 _ 의성군청 관광경제농업국 농업정책과 (db07lee@korea.kr)

1. 머리말

의성에서 발견되는 조문국 고분에서 쇠낫, 쇠도끼 등의 농업도구와 벼를 담았던 단지 등이 발견 되는 것으로 보아, 의성군 농업의 역사는 약 2.000년 전인 삼한시대 초기 고대 국가인 조문국 이 전으로 여겨진다. 의성 금성산 일대는 조문국의 도읍지이자 군사적 요충지로서 생계와 군량미 보급을 위해 농업이 발달하였다. 삼한시대에 이미 쌀·조·보리·기장·콩 등의 오곡이 재배되었다는 기록이 존재하며, 중국 「삼국지 위서 동이전」 부여 편¹⁾에서 "···토질은 오곡(五穀)이 자라기에는 적당하지만, 오과(五果)는 생산되지 않는다…" 기록으로 오곡이 재배되었음을 알 수 있다.

그러나 의성지역은 한국의 최소우 지역으로 일조량과 증발량이 많다. 1972년부터 1996년까지 의성의 강수량을 조사한 결과에 따르면, 평균 강수량이 961.5mm에 불과하여 전국 평균 강수 량 1.200~1.300mm에 비하여 매우 부족하며, 특히 1994년에는 505.1mm로 전국 평균 강수 량의 절반도 안 되는 심한 가뭄을 겪었다.

또한 한반도 최초의 화산지역인 금성산(휴화산) 일대는 토양 특성상 물 빠짐이 심하여 지표수가 흐르지 않는 곳이 대부분이다. 따라서 농사를 짓기 위해서는 물이 모이는 땅에는 둑을 쌓아서 저수지를 만들거나 땅을 파서 물을 가두는 것이 필연적인 작업이었다.

이러한 이유로 금성산 일대는 물을 저장하는 수리 구조물과 배수 시스템이 발달하게 되었다. 지 역주민들은 못(둠벙 또는 소류지) 형태로 여러 곳에 물을 나누어 저장하고 활용하였다. 이렇게 01

04

09

¹⁾ 국사편찬위원회 한국사 데이터베이스, 중국 「삼국지(三國志) 위서(魏書) 동이전(東夷傳), 부여(夫餘)

만들어진 못은 2021년 말 기준 의성군 전역에는 총 6,227개가 존재하고 있으며, 특히 금성산일대에만 1,000여 개의 못이 분포하고 있다.

이러한 수리관개 시스템으로 인해 최근까지도 식량 생산량의 90%가 수도작으로 재배되고 있으며, 벼농사가 끝난 논에서는 마늘을 심는 이모작을 통해 농업소득을 창출하고 있다. 또한 의성지역 농민들은 '첫물 내리기' 행사를 통해 풍년을 기약하는 제를 올리고, 벼농사의 시작을 알리는 지역 고유의 농경문화와 수리시설을 중심으로 한 지역 공동체 문화를 발전시켜오고 있다.

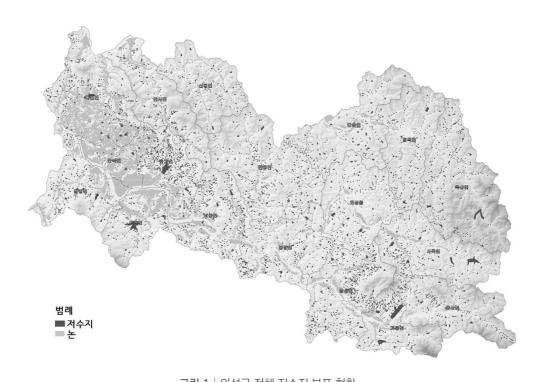


그림 1 | 의성군 전체 저수지 분포 현황 (자료 : 의성군(2021), 국가중요농업유산 제10호 의성 전통 수리농업 시스템 보전활용 종합계획)

이렇듯 의성지역은 물 부족이라는 농업에 불리한 자연적 조건을 극복하기 위해 오랜 세월 물을 저장하고 활용하는 방법을 발전시켜 온 고유의 지식체계를 보유하고 있다. 이는 오늘날 기후변화로 인한 홍수, 가뭄 등의 빈번한 발생으로 인한 물 관리에 대한 중요성이 부각되는 시대에 이에 대비할 수 있는 방법을 알려주고 있다. 이에 본 의성 소류지 관개시스템은 2022년 10월 1일부터 10일까지 호주 에들레이드에서 개최된 국제관개배수위원회(ICID) 제24차 총회에서 세계관개시설물유산(WHIS) 으로 등재되었다.

개 배 수

2. 의성 소류지 관개시스템의 주요 특징

가. 의성 소류지 관개시스템 형성 및 발달

의성 소류지 관개시스템은 대한민국 최초의 화사지역이자 최소우 지역에서 불리한 환경을 극복 하기 위해 삼한시대 고대국가인 조문국 시대부터 약 2,000여 년이 넘는 시간 동안 지역주민들 이 만들어낸 전통 지식과 역사, 농업문화가 담겨있는 지역 고유의 농업 시스템이다.

의성에 존재하고 있는 못(제언)의 역사는 고려시대 이전으로 거슬러 올라간다. 이는 1,300년 전 신라시대에 지어진 수정사 아래 발랑동제(鉢郎洞堤, 지금의 용문지)와 고려시대 축조된 장제(獐 堤, 지금의 장제지)와 탄제(炭堤, 지금의 순호지) 등을 통해 그 역사를 짐작할 수 있다. 또한 「고 려사절요(1452)」에 "고려 공민왕 2년(1359년), 의성현(지금의 금성면)에 오래된 제언(못)이 있 으니 수리하여 가뭄에 대비할 것을 왕에게 청하였다"라는 기록을 통해 고려시대 이전 제언(못) 이 조성된 것을 추정할 수 있다.

의성지역 못(제언)에 대한 확실한 기록은 지방지도(1872)의 금성산 일대 남겨져 있는 저수지 지 도를 통해 확인할 수 있다. 또한 이 외에도 1918년 일제강점기에 작성된 1/50,000 지형도를 통 해서도 확인할 수 있다. 이러한 기록들은 과거부터 현재까지 의성지역의 못(제언)들이 이어지고 있음을 알려준다.





그림 2 (좌) 영남읍지(1871) / (우) 지방지도(1872) 속 의성 현존 저수지 (자료: 서울대학교 규장각 한국학연구원)

의성에서 본격적으로 못(제언)을 통해 농업이 발달한 시기는 고려시대로 추정되다. 남북국시대 (통일신라와 발해)까지 금성면이 의성의 중심이었지만 고려시대에 와서 중심이 지금의 의성읍 으로 이동하게 된다. 이때 군사적 · 행정적 기능에서 벗어난 금성산 일대에 주민이 이주하면서 현재와 같은 마을이 형성됨과 동시에 생계를 위한 수도작 재배와 제언의 축조가 병행되었다. 실 제 자연마을의 지명에서도 이러한 사실을 확인할 수 있는데, 1,000여 년 전에 동래 정씨가 개척

04

09

했다고 알려진 현리 2리, 못의 위쪽에 자리 잡은 마을이라 호상(순호 1리), 400여 년 전에 못 터이던 곳에 개척한 마을이라 제두(堤豆) 또는 못둑골(제오 2리), 조선조 중종 초 마을 남쪽 입구에 고려시대에 축조된 큰 못의 원류 골짜기가 길어 장호 또는 장골(장호 2리), 고려와 후백제의 접전 후 고려군이 패퇴(敗頹)하면서 훗일의 재기를 다짐하며, 갑옷과 군수품을 매장한 곳이라 갑장골(개일 2리)과 갑장골의 동쪽에 있다고 하여 이름 붙여진 갑장동제(甲長洞堤)가 있다.

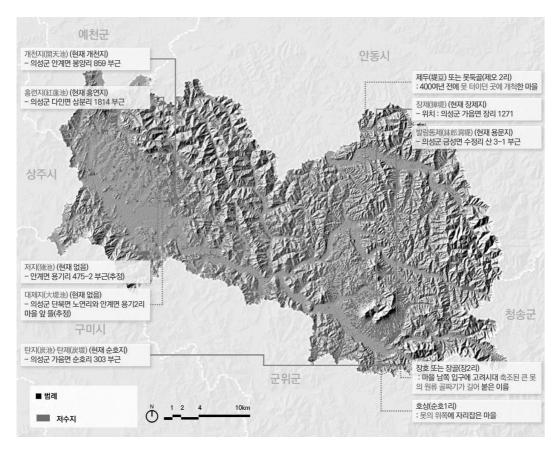


그림 3 | 「신증동국여지승람」에 기록된 못(소류지) 및 못과 관련된 자연마을 위치 (자료: 의성군(2021), 국가중요농업유산 제10호 의성 전통수리농업시스템 보전활용 종합계획, 「의성지명전집」 참고 작성)

의성지역에서 발달한 못 축조 기술은 대한민국 최소우지의 수도작 재배를 위한 필연적인 노력의 결과이다. 영조 33년(1757년)에 제작된 여지도서(輿地圖書)에는 당시 전국의 못 수가 3,171 개소로 기록되어 있으며, 그중 경상도가 39.2%(1,242개소)로 가장 많은 수리시설이 있었다. 당시 경상도 지역 중 의성군에는 114개소의 수리시설이 있었다. 이후 1919년 「조선지지자료 (朝鮮地誌資料)」에 기록된 전국 수리시설의 수는 2,576개소로 그중 경상도에 44.6%(1,148개

소)로 가장 많은 수리시설이 있었다고 전해진다. 이 중 의성군의 수리시설은 250개소(9.7%)로 전국에서 가장 많은 수의 수리시설을 보유하고 있었다. 이는 여지도서가 제작된 1757년에 비 해 전국적인 못 수 감소 추세에도 불구하고 의성지역의 경우 꾸준히 못의 축조가 이루어졌음을 보여주고 있다.

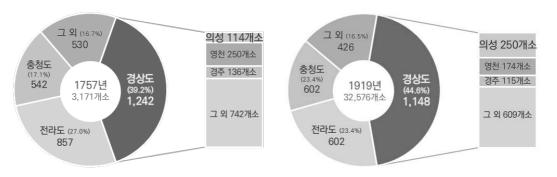


그림 4

(좌) 「여지도서(1757년)」에 기록된 군현별 수리시설의 밀도

(자료: 정치영 (2008) 여지도서를 이용한 조선 후기 수리시설의 지역적 특성 연구. 대한지리학회지 43(4): 620-637. 재구성)

(우)「조선지자료(1919년)」에 기록된 군별 수리시설 수

(자료: 정치영 (2008) 여지도서를 이용한 조선 후기 수리시설의 지역적 특성 연구. 대한지리학회지 43(4): 620-637. 재구성)

나, 의성 전통수리시설의 구조적 특성

1) 지형과 물의 흐름을 고려한 못 축조

의성지역의 못(소류지)은 물의 흐름과 지형에 따라 조성 방법을 달리해 왔다. 이러한 조성 방법에 는 산에서 내려오는 물을 저장하는 산곡형 못(소류지), 강우에 의존하거나 높은 지대의 유역에서 인위적인 도랑을 연결하여 용수를 채우는 형태로 논 사이에 설치된 평지형 못(소류지)이 있다.

「진휼청제언사목(賑恤廳堤堰事目)」은 1662년 진휼청에 제언사(堤堰司, 조선시대 전기 각 도의 수리 시설과 제방을 맡아보던 관아)를 설치하고 농업용수 확보를 위해 제정한 최초의 못(제언) 규정이다.

이에 따르면 보·제방 축조 시 지형의 적지 및 물의 흐름을 살피는 것을 매우 중시하였으며, 보· 제언 축조 시에는 관아의 수령이 직접 조사하여 보고하도록 규정하고 있다. 못의 위치 선정은 물의 흐름과 지형에 따라 결정이 되는데, 두 가지 유형으로 설명할 수 있다. 첫째는 금성산에서 발원한 수원이 지대가 낮은 소(小)유역권으로 흘러 내려오는 것을 가두는 형태로 못을 축조하는 '산곡형 못'이고, 둘째는 주변 지형보다 상대적으로 높은 구간에 형성하는 방법으로 소유역권의

01

04

09

영향과는 상관없이 강우에 의존하거나 높은 지대의 유역에서 인위적인 도랑을 연결하여 용수를 채우는 형태로 '평지형 못'이라고 한다.

산곡형 못의 대표적인 마을이 금성면의 운곡리이다. 운곡리는 소유역권의 총 2개소가 연결된 못을 통해 마을의 농경지에 농업용수를 공급하는 것으로 나타났다. 위성사진을 통해 운곡리 전체의 못의 입지 현황을 살펴보면 금성산에서 발원한 용수를 골지와 후곡지, 신지 총 3개소에 가두어 아래의 다랑논에 통수한다. 1960년대까지 3개소의 못을 통해 농업용수를 공급하다가 골지의 담수율이 논의 면적대비 부족하여 지속적인 보수 끝에 1963년 운곡지를 신규로 축조하여 현재와 같은 입지가 조성되었다. 이는 금성산에 가장 가까운 곳에 있는 마을로 의성지역의 산곡형 못의 발달과정을 잘 나타내고 있다.

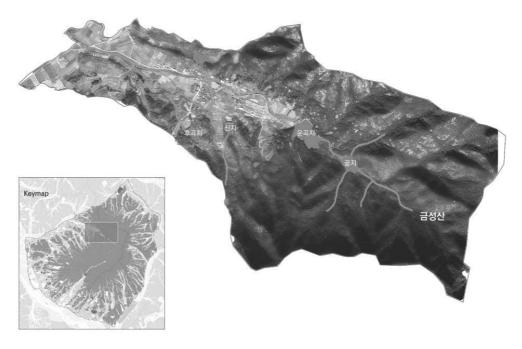


그림 5 | 산곡형 못 사례(금성면 운곡리) (자료 : 의성군(2018), 의성 제언(堤堰) 농업시스템 국가중요농업유산 지정 신청자료 내용 중)

반면 평지형 못은 규모가 작고 산곡형 보다 비교적 낮은 구릉성 평지로 이루어져 있는 곳에 있다. 평지형 못은 산곡형 못보다 비교적 수심은 얕고 못의 둘레는 넓은 것이 특징이다. 몽리자 (蒙利者)들이 모여 용지를 선정하여 공동구매하고, 몽리 면적에 맞게 직접 못을 축조한다. 또한 평지형 못은 못과 못 사이는 연결되지 않아 몽리 면적에 따라 많은 수의 못을 축조하여야 전체마을의 농경지에 농업용수를 공급할 수 있다. 대표적인 마을은 금성면의 탑리리이다. 위성사진

을 통해 탑리리 전체의 못의 입지 현황을 살펴보면 전형적인 평지형 못의 형태로 마을 전역에 다수의 못 축조를 통해 개인별, 몽리 그룹별 못이 분포하고 있다. 탑리리의 대표적인 못은 고현 지에서 용수를 받아쓰는 고현 뒷지, 고현 앞지, 헌탕 웃지와 헌탕지, 오새미지와 노루지, 새 못 등의 총 44개소의 못이 축조되어 현재까지도 농업용수를 활발히 공급하고 있다.

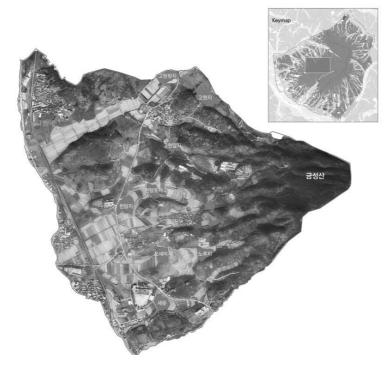


그림 6 | 평지형 못 사례(금성면 탑리리) (자료: 의성군(2018), 의성 제언(堤堰) 농업시스템 국가중요농업유산 지정 신청자료 내용 중)

2) 수통과 못종을 통한 배수 관리

의성지역 못 축조 방식의 기원은 조선시대 문헌에서 찾아볼 수 있다. 태조실록에 나타난 못 축 조 방식을 보면 의성지역의 수통과 못종의 방식과 유사한 방식으로 못이 만들어졌음을 알 수 있 다. 또한 조선시대 수리시설을 효율적으로 만들고 또 이를 관리할 목적으로 「진휼청제언사목」과 「제언절목」의 지침서를 만들었는데, 제언절목의 못(저수지) 축조 방법에 보면 수통을 설치하라 는 기록이 있다. 따라서 수통이 일반화되지 못하였지만 그 이전부터 그러한 방식이 있었음을 유 추해 볼 수 있다.

1418년 「세종실록」 1권에 '신이 전에 성주(星州)의 원으로 있을 때, 읍내 앞 봇둑에 통(桶)을 세 워 두어 잡아둔 물을 형편에 따라 마음대로 텄다 막았다 하면서 시험하여 보았더니…(중략)…'

01

04

09

의 기록²⁾으로 보아 당시 구멍을 뚫은 수통을 통해 물 사용량을 조절하였던 것을 추측할 수 있다. 또한 1778년 「제언절목(堤堰節目)」제3조에는 '제방에는 수문(水門)이 없어 불편하므로 이번 수축 시에는 반드시 소나무로 만든 수통(水桶)을 설치하여 필요에 따라 열고 닫도록 한다. ³⁾는 기록이 있어 물 사용량 조절을 위해 수통 및 못종 구조를 권장하였던 것을 알 수 있다. 이렇듯 금성산 일대의 못(소류지)의 축조 방식과 배수 구조에는 수통과 못종을 활용한 전통 방식과 과학기술도 함께 숨겨져 있다. 금성산 일대는 상부에서 발원한 수원이 지대가 낮은 소유역 권으로 흘러 내려오는 골짜기를 막아 물을 가두는 형태로 조성하였다. 이러한 소류지는 지형을 따라 상부에서 하부로 연속된 형태로 조성되어 농경지, 주거지 등이 어우러진 구조를 형성하고 있으며, 골짜기를 따라 형성한 소류지가 단계적으로 이용 후 하류로 이어질 수 있도록 하고 있다.

의성지역의 못 축조는 단순히 물을 가두는 시설물이 아니라 비스듬한 수통 설치와 규모에 따른 못종 배치 조절 등 못의 유지관리와 이용에 대한 지혜와 기술이 담겨있다. 못의 물은 못종이 빠진 구멍을 통해 윗 수통에서 아래 수통을 거쳐 논으로 흘러가게 된다. 위에서부터 단계적으로 못 종을 빼내는 물 분배방식은 유지관리의 편의를 제공하고, 표층 온수 취수와 용수의 적정 취수가 가능하게 한다. 낮 기온 38℃에서 주변 논의 수온이 33~34도 내외일 때 못의 수온을 측정한 결과 상층부가 33℃이고, 하층부가 23℃로 약 10℃가 차이 나는 것을 알 수 있었다. 이렇듯 못 상부의 따뜻한 물을 배수하는 표층 온수 취수는 농작물의 냉해 피해를 방지하는 지혜가 담겨있다. 또한 못종 제거 개수에 따라 취수량을 조절할 수 있어, 물의 효율적 활용이 가능하게 하였다.

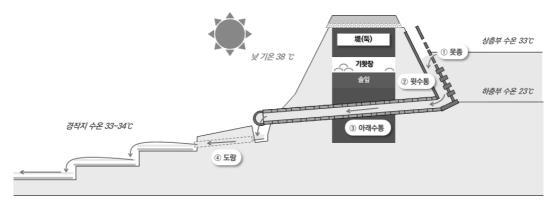


그림 7 | 수통과 못종에 따른 배수 체계 (자료 : 의성군(2021), 국가중요농업유산 제10호 의성 전통수리농업시스템 보전활용 종합계획)

²⁾ 국사편찬위원회 한국사데이터베이스 (www.db.history.go.kr)

³⁾ 국사편찬위원회 한국사데이터베이스 (www.db.history.go.kr)





그림 8 | (좌) 전통 수통과 못종의 모습/(우) 현대 못종과 수통의 모습 (자료: 의성군(2021), 국가중요농업유산 제10호 의성 전통수리농업시스템 보전활용 종합계획)

다. 의성 전통수리 시설의 배수 체계

1) 물 분배 위계 및 계층 구조

의성의 수리 관개시스템은 계층적 구조를 통하여 전통적으로 관리되고 있다. 의성지역 곳곳에 조성된 못(소류지)은 최대한 많은 물을 저장하고, 상부와 하부의 못(소류지)을 연계함으로써 부 족한 물을 보완하고 단계적으로 활용할 수 있도록 하였다. 또한 수계별 몽리구역 분배를 통해

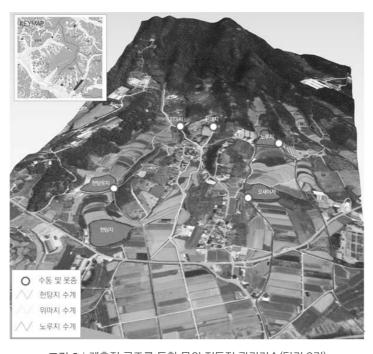


그림 9 | 계층적 구조를 통한 못의 전통적 관리기술(탑리 2리) (자료: 의성군(2018), 의성 제언(堤堰) 농업시스템 국가중요농업유산 지정 신청자료 내용 중)

01

02

04

06

07

09

각각의 몽리구역에 물을 제공할 수 있도록 하였다. 수리계와 못도감 제도는 못(소류지)의 조성과 사용에 있어서 물 사용에 대한 분쟁을 막고, 효율적이고 공평한 물 이용을 가능하게 하였다.

할아버지, 아버지, 손자 못으로 연결된 연속적 못의 경우에는 위에서 남는 물을 아래로 보내어 나누어 쓸 수 있도록 연결하고, 환원수(return flow)의 이용량도 증가시켰다. 또한 골짜기마다 물이 모이는 곳에 소류지를 만들어 골짜기에서 내려오는 물을 모두 가두어 두는 분산식 못 구조를 만들어 대형저수지를 축조하지 못하는 지질적 특성을 극복하였다. 이는 전체적인 저수용량을 증가시킴으로써 벼 재배면적을 증가시켰고, 물의 단계적 재활용이 가능하게 하였다.

2) 수리계와 못도감 제도를 통한 합리적 물 사용

못(소류지)의 축조와 관리·운영에는 많은 인력이 필요하다. 이를 위해 지역민들은 수리계(水利契, Water users group)를 조직하여 못(소류지)을 중심으로 한 사회공동체 농업을 유지·발전시켜왔다. 수리계의 조직구성원들은 수도작을 재배하는 농가들로 마을 단위이거나 못의 혜택을 받는 토지의 집단단위로 구성되어있다. 이는 주민자치 조직으로 분쟁 방지 등을 위해 그들만의 체계를 갖추고, 물 관리를 총괄하는 못도감(Chief manager)과 물을 나누어주는 분수강구(Water manager) 등을 선출하여 이들을 중심으로 한 협력적 공동체를 형성해왔다. 못도감과 분수강구는 못의 물을 체계적으로 관리하며, 아무나 못(소류지)의 물을 빼서 쓰지 못하도록 하였다. 매년 못과 수로 관리가 수리계의 중요한 임무였으며, 특히 못을 축조하거나, 수로를 만들 때수리계 인력을 활용하여 공동작업을 하도록 하였다. 이렇듯 이들은 평등원칙을 기본으로 용수를 공급하고 수리시설의 유지·관리와 관련된 비용 및 역할 등을 부담함으로써 공동체 일원으로서 소속감과 협동심을 고취 시키고 있다.

현재까지도 의성지역에는 375개의 못(소류지)에서 지역민 중심의 수리계가 이어지고 있다. 또한 '첫물 내리기' 행사를 통해 풍년을 기약하는 제를 올리고, 벼농사의 시작을 알리는 지역 고유의 농경문화와 수리시설을 중심으로 한 지역 공동체 문화를 발전시켜오고 있다.





그림 10 | 마을에서 수리계 총회를 하는 모습(과거와 현재)

(자료 : (좌) (자료 : 의성군(2021), 국가중요농업유산 제10호 의성 전통수리농업시스템 보전활용 종합계획, (우) 의성군(2021), 국 가중요농업유산 제10호 의성 전통수리농업시스템 보전활용 종합계획)

3. 맺는말

의성지역 전통 수리 농업시스템은 현재까지도 의성지역의 수도작과 한지형 마늘의 이모작에 활 용되며 주민들의 생계를 유지해주고 있다. 또한 못도감 제도와 수리계, 나락충제 등의 농업문화 와 산림에서 못, 농경지, 주거지로 이어지는 농업 경관, 기우제 등의 농업 문화경관, 금성산 일 대의 자연경관을 형성하고 있다. 특히 금성산 일대의 논과 크고 작은 못, 그리고 수로로 연결된 수역 네트워크는 산림과 논에 근접한 휴경지 등의 육상생태계와 연계되어 복합생태계를 형성함 으로써 고유한 생태 순환시스템으로써 농업생물 다양성을 증가시키고 있다.

의성군 금성산 일대에는 현재까지도 83개소의 못(소류지)가 수통과 못종 형태의 전통적인 배수 시설을 유지하고 있으며, 이들은 현재까지도 지속해서 농사에 이용되고 있다. 또한 375개의 못 (소류지)에서는 지역민 중심의 수리계를 통해 지금도 못과 수로를 관리·유영하고 있다. 이러한 의성 전통수리 농업시스템은 못(소류지)의 수리 기능과 농업문화 특성을 인정받아 2.018년 농 림축산식품부에서 '대한민국 국가중요농업유산 (KIAHS)' 제10호로 지정되었다. 또한 수리관개 시스템에 대한 국제적 중요성을 인정받아 2022년 국제관개배수위원회(ICID)에서 세계관개시 설물유산(WHIS)으로 지정되었다.



그림 11 | 2022년 국제관개배수위원회(ICID) 세계관개시설물유산(WHIS) 등재 수여식

01

02

04

09

지난 2,000여 년 동안 유지·계승되어온 의성지역의 못(소류지)을 중심으로 한 의성 전통수리 농업시스템은 최근 들어 전 세계적으로 발생하고 있는 홍수와 가뭄 등 기후 위기 상황 속 물 관리 방안에 대한 시사점을 제공하고 있다. 부족한 물의 확보를 위해 다양한 못(소류지)을 만들고, 이렇게 저장한 물을 농민들이 함께 효율적으로 사용하는 방법에 대해 오랫동안 고민해 온 의성 전통 수리 농업시스템은 지속가능한 친환경 시스템이기도 하다. 의성 전통 수리 농업시스템은 현재 뿐만아니라 미래세대를 위해 우리 모두가 소중히 보존하고 지켜나가야 할 중요한 농업유산임을 잊지 말아야 할 것이다.

참고문헌

- 정치영 (2008) 여지도서를 이용한 조선후기 수리시설의 지역적 특성 연구. 대한지리학회지 43(4): 620-637. 재구성
- 김현회·최기엽 (1990) 한국 전통관개시설의 유형과 입지특성. 응용지리 13(-): 65-140. 재구성
- 의성군, 의성 제언(堤堰) 농업시스템 국가중요농업유산 지정 신청서, 2018
- 의성군, 국가중요농업유산 제10호 의성 전통수리농업시스템 보전활용 종합계획, 2021
- 영남읍지(1871), 서울대학교 규장각 한국학연구원
- 지방지도(1872), 서울대학교 규장각 한국학연구원
- 국사편찬위원회 한국사데이터베이스 (www.db.history.go.kr)

[편집자 주]

국제관개배수위원회(ICID, International Commission on Irrigation and Drainage)의 세계관개시 설물유산(WHIS, World Heritage Irrigation Structures)등재 제도는 100년 이상의 역사를 가진 관 개시설물에 대하여 ICID가 세계 각 국가로부터 신청을 받아 심사 후에 등재하는 제도이다.

이 제도는 유엔교육과학문화기구(UNESCO)가 인정하는 세계문화유산처럼, ICID가 역사적인 관개시 설물을 인증하는 제도로, 관개의 중요성을 널리 홍보하고 역사적인 관개시설 유산을 보전하는데 그 목적이 있다.

우리나라에서는 김제 벽골제, 수원 축만제·만석거, 당진 합덕제, 고성 둠벙, 강진 연방죽, 완도 청산도 구들장 논, 의성 소류지 관개시스템 등 8곳이 등재되어 있으며, 그 중 '22.10.6. 등재된 의성 소류지 관개시스템에 대하여 소개하고자 한다.

04 개 배 수 역

제주 서귀포 천제연 관개수로 (濟州西歸浦天帝淵灌漑水路)

김주창 _ KCID 고문, ICID 역사분과위원(kljckim@naver.com)

1. 머리말

제주도의 서귀포 천제연 관개수로는 1906년 3월에 대한제국 탁지부령(大韓帝國 度支部令) 제4호 로 공포된 수리조합 조례(水利組合 條例)와 1908년에 공포된 수리조합설치요강 및 모범규약(水 利組合設置要綱 및 模範規約)에 따라 1908년 전라북도 군산(구 옥구군 미면)에 설립된 옥구서부 수리조합(沃溝西部水利組合)보다 3년 전인 1905년에 착공하여 1908년에 완공한 관개수로이다.

이 관개수로는 수리조합과 같은 국가의 법령 또는 조례에 의한 것이 아니고 지역의 유지들과 지 역민들이 합심하여 건설한 것으로, 제주도라는 특수 환경에서 자생적으로 만들어진 것이어서 그 의미가 크고, 2005년에 국가등록문화재 제156호로 등록되어 보존되고 있다.

천제연 관개수로는 우리나라 관개사업기관이었던 수리조합과도 연관이 없었고, 또 제주도라는 지역의 고립 때문에 잘 알려져 있지 않았지만 우리나라 관개역사의 한 부분이라는 측면에서 기 록을 정리해서 남겨 두고자 한다.

2. 제주도에서의 관개수로 설치의 필요성

제주도는 화산지대로 암반의 균열과 투수성이 커서 강우가 있어도 대부분이 지층으로 침투하 여 하천의 유출량이 작고 흐르는 기간도 짧다. 또 섬 전체가 한라산을 중심으로 하여 사방으로 아래쪽으로 경사를 이루고 있기 때문에 논벼를 재배할 수 있는 평탄지가 별로 없으며, 작은 평

04

07

09

탄지가 있어도 관개용수를 공급받기 어려운 상황이었다.

그러나 해안에 가까운 곳에서는 용천수가 나오고, 하천의 하류부에서는 가뭄이 있는 때에도 하천에 물이 흘렀기 때문에, 벼농사를 짓기 위하여 관개수로를 설치해서 하천의 물을 끌어들일 필요성이 대두되었다. 바위로 된 지반이어서 당시에는 관개수로를 만드는 것은 아주 어려운 일이었지만, 벼농사에 대한 열망이 컸던 지역주민들의 협력으로 관개수로가 계획되고 완성되었던 것이다.

3. 채구석과 관개수로의 계획

천제연 관개수로의 계획과 설치에 주도적 역할을 한 사람은 제주도 한림 출신으로 대정군수(大靜郡守)를 지낸 채구석(蔡龜錫: 1850-1920)이다. 1894년에 제주에 거듭된 흉년으로 주민들의 생활이 어려워지자 제주판관(濟州判官)으로 근무하던 채구석은 자기 봉급을 털어 굶는 주민을 돌보면서, 관개(灌溉) 중요성을 크게 인식하게 된 것으로 보인다.

채구석은 1850년(철종 1)에 한림에서 태어나 30세인 1879년(고종 16) 식년(式年) 소과(小科)에 2등으로 입격(入格)하였다. 그 후 1893년(고종 30)에 제주판관(濟州判官)으로 부임하였고, 1895년(고종 32)에 대정군수(大靜郡守)로 전임되어 다음 해에는 세금에 불만을 품은 강유석(姜瑜奭) 등이 일으킨 병신민요를 진압하였다.

1898년에는 방성칠(房星七) 등이 세금에 저항하여 난을 일으켰을 때 그 책임으로 면직되었다가 이듬해에 다시 대정군수로 부임하지만, 일명 '이재수의 난'이라 불리는 신축민란(辛丑民亂)

大 通靜 訓

郡大守夫

蔡

龜錫

紀

蹟

碑

그림 1 | 채구석 기적비 (전면)

의 책임을 떠안고 1901년에 다시 파직 당하 였다.

파직 후 금고생활(禁錮生活)을 하는 중에 채구석의 석방을 위한 제주도민들의 청원과 홍종우(洪鍾宇) 신임 제주목사의 노력으로 1903년 11월 중순 석방되었다.

그의 관직생활은 편안하지 않았지만 주민들의 탄원으로 석방되었고, 논농사를 도입하기위해 암반수로에 도전한 것을 보면 훌륭한 인물이었음을 짐작할 수 있다.

그는 석방된 지 2년 후인 1905년에 천제연 관개수로 공사를 시작하여 1908년에 완공하였는 데, 1908년은 우리나라 최초로 옥구서부수리조합이 설립된 해이기도 하다. 현직 군수도 아니 고 전직 군수인 그가 암반 관개수로의 완공을 주도한 것은 그의 지도력과 신망 그리고 채구석 본인의 관개에 대한 열의가 이 공사를 시작하고 완공하게 했던 것으로 판단된다. 채구석의 공 적은 중문동에 1958년 세워진 채구석기적비(蔡龜錫紀蹟碑)에 잘 나타나 있다.

4. 관개수로의 설치

천제연 관개수로는 채구석이 중심이 되어 이재하·이태옥 등의 도움을 받아 주변의 중문·창천· 감산·대포리 지역 주민들을 동원해 1차, 2차에 걸쳐 만들었다. 시공기간이 길었던 것은 굴착 기 계가 없던 당시에 인력으로 암반을 파내어 수로를 만들어야 했기 때문에 불가피한 일이 아니었 을까 짐작해 본다.

표 1 | 천제연 관개수로의 개요

구분	내용	비고
명칭	천제연 관개수로	
수원	중문천	
위치	제주도 서귀포시 중문동	
1차 착공/준공시기	1905 - 1908(4년)	
2차 착공/준공시기	1917 - 1923(7년)	
길이 x 너비 x 깊이	1.9km x 평균 0.9m x 평균 0.5m	천연 암반 굴착
관개면적(ha)	1차 공사: 약 16.5ha 2차 공사: 약 6.6ha 계: 약 23.1ha	1차: 50,000평 2차: 20,000평 계: 70,000평
설치 주관자	채구석(대정군수 출신), 이재하, 이태옥	1, 2차 포함
국유화	1957년	
등록문화재 등록	제156호(2005. 4. 15)	
현재 소유자/관리자	서귀포시	
관개구역의 현 상태	중문관광단지에 편입	
관개수로의 현 상태	등록문화재로 보존 및 관광자원	

02

04

07

09

1차 공사는 1905년에 착공하여 1908년까지 4개년에 걸쳐 완공하고, 약 16.5ha(5만여 평)의 논에 물을 공급하게 되었고, 2차 공사는 1917년에 착공하여 1923까지 7개년에 걸쳐 완공하고 6.6ha(2만여 평)의 논이 만들어졌다. 그런데 채구석은 2차 공사가 진행 중인 1920년에 세상을 떠났다.

수로의 크기는 균일하지 않지만 대략적으로 길이 1.9km, 너비 약 0.9m, 깊이 약 0.5m이었다. 1차 공사 지역은 천제연 1단 폭포에서 오름골 앞을 돌아 국제컨벤션 앞 밀레니엄관 신축부지 일대까지의 구간이고, 2차 공사 지역은 천제연 2단 폭포에서 국제컨벤션까지의 구간이었다.



그림 2| 암반 수로와 관람로



그림 3 | 수로와 휴식 의자







후면

전면 하부 상세

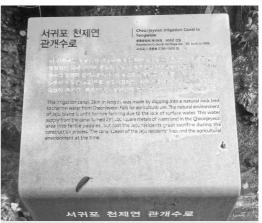
그림 4 │ 성천답 관개 유적비 (星川畓 灌漑 遺跡碑)



성천답 관개유적비 (한글부분)

성천답 관개수로는 대정군수를 지낸 채구석공 (군 수재직기간 1899. 8-1901. 4)의 주창으로 1905 년에 착공하여 1908년에 준공되었다. 총연장 1,889m로 성천봉 앞 5만여 평의 땅에 물을 보내 이 일대가 옥답으로 변모하니 이 고장 사람들은 참으로 귀한 쌀을 생산할 수 있었다. 관광단지 개 발로 1991년 성천답이 폐답되었다. 이곳은 공사 가 가장 힘들었던 곳으로 화폭목이라 한다.

그림 5 성천답 관개유적비(1차 공사)



서귀포 천제연 관개수로 (한글부분)

이 시설물은 지표수가 부족하여 논농사가 부적합 한 제주도의 자연환경을 극복하기 위해 천제연폭 포의 낙수가 흐르도록 천연암반 지형을 파서 만든 2.0km의 장거리 관개수로이다. 이 농업용수시설 로 천제연 일대 231,000m²의 불모지가 옥답으 로 변모하였지만 시공과정에서 제주도민의 크나 큰 희생이 따랐던 제주도민의 생활상과 농업환경 을 전해주는 시설물이다.

그림 6 | 천제연 관개수로(1, 2차 포함)

5. 중문천과 천제연 폭포

가. 중문천(中文川)

천제연 관개수로의 수원이 되는 중문천은 서귀포시 중문동을 관통해서 남쪽 방향으로 흘러 성 천포구(星川浦口)를 통해 바다로 들어가는 하천이다. 상류에서는 서쪽에서 색달천(塞達川)이라 는 지천이 들어와 합류한다.

하류부에는 천제연 폭포의 제1. 제2. 제3 폭포가 존재하며 관광지로 유명하다.

01

04

09







그림 8 | 중문천 하류부 (네이버 지도)

나. 천제연 폭포

천제연 폭포는 중문천 하류부에 있는 3개의 폭포로 구성되어 있다. 제1폭포는 천제로와 중문천이 교차하는 지점에 있는 천제교 바로 하류에 위치하고 폭포의 높이는 22m 정도이고, 물이낙하하는 소(沼)의 깊이는 21m 정도로, 이 소의 이름이 천제연(天帝淵) 이어서 3개 폭포 전체를 천제연 폭포라고 한다. 홍수 시에는 폭포가 되지만 평상시에는 상류에서 물이 마르고 폭포의 암벽 틈에서 용천수(湧泉水)가 나와서 하류에 물이 공급된다. 천제연 관개수로 1단계는 천제연에서 취수를 하였다. 제2폭포는 제1폭포 하류 약 125m의 직선거리에 있고, 천제연 관개수로 2단계는 여기서 취수를 하였다. 제3폭포는 제2폭포 하류 약 300m의 직선거리에 있어 천제연 관개수로와는 관련이 없다.

6. 관개수로의 관리

천제연 관개수로는 완공 후에 몽리민의 조직인 성천답회(星川畓會)에서 관리·운영을 해 오다가 1957년에 이르러 국유화되었고, 후에는 서귀포시에서 관리하고 있다. 그리고 몽리구역은 중문 관광단지로 편입되면서 논의 흔적은 사라지고, 관개수로는 2005년 4월 15일 국가의 등록문화 재 제156호로 등록되어 보존, 관리되고 있다.

그리고 1958년에 세운 채구석기적비를 세운 사람들이 『檀紀 四二九一年 戊戌 春 贊助者 畓主 一同』이라고 기록된 것을 보면, 그때까지 몽리민들, 즉 답주(畓主, 논주인)들이 공동으로 관리 운영하였음을 짐작할 수 있다 (단기 4291년은 서기 1958년).

7. 맺는말

천제연 관개수로는 그 몽리 구역이 중문관광단지로 개발되면서 관개수로로서의 용도가 사라졌 지만, 1908년에 1단계가 완공되어 반세기 이상 제주도의 주요 쌀 생산지 역할을 함으로써 제 주도의 관개농업 문화재로 남아 있다.

제주도의 지질 특성에 맞추어 지역 주민들의 힘으로 약 23.1ha에 이르는 농지에 관개용수를 공급할 수 있는 암반 굴착수로를 만들었다는 것은 당시로서는 참으로 어려운 일이라 짐작되지 만, 지금 시점에서도 제주도의 관개농업 역사에 길이 남을 가치 있는 일이라 아니할 수 없다.

참고문헌

- 한국향토문화전자대전
- 디지털서귀포문화대전-채구석
- 네이버지도

01

02

04

06

07

09

국가중요농업유산의 이해

이재수 _ 한국농어촌공사 지역개발지원단 주임(9900@ekr.or.kr)

1. 머리말

우리나라는 다양한 유산이 존재하고 있다. 유산이라고 하면 '국보', '보물' 등 문화재청에서 관리하는 문화유산을 떠올리게 되지만 이번에 소개하고자 하는 것은 농업 분야의 유산에 관한 것이다. 정확한 명칭은 '국가중요농업유산'이다. 2013년 청산도 구들장 논을 1호로 시작하여 2022년 10월 현재 전국에 18개소가 선정되어 관리되고 있다. 이러한 농업유산의 선정은 2023년에도 계속되어 추진되고 있다.

농업유산은 국내에만 있는 것이 아니다. 국제연합식량농업기구(FAO)에서도 2002년부터 전세계적으로 다양한 농업문화를 지키고 보존하기 위한 인식과 논의가 있었고, 2005년부터 '세계중요 농업유산' 지정제도를 시행하여 전 세계에 독창적인 농업유산을 유지·보존하고 다음 세대에 계승하기 위한 활동을 이어오고 있는데, 우리나라도 국가중요농업유산으로 지정된 곳 중 세계농업 유산으로 도전하여 그 가치를 세계적으로 인정받은 유산이 5개소에 이른다. 현재도 더 많은 국가중요농업유산이 세계중요농업유산으로 지정되기 위하여 노력하고 있다.

농업유산이 단순히 문화에서 제도로 이어지게 된 배경에는 빠르게 변화하는 환경속에서 농업도 그 영향을 받아 전통을 지키기보다는 농업기술의 현대화와 신품종에 밀려 전통농업이 점차 사라져 가는 현실에 기인하게 된 것이다. 발전에만 치우쳐 소중한 옛것이 사라지는 이 시점에 이제는 전통이 사라지는 것을 막고, 계승하고 발전시켜 미래에까지 지속되도록 하려는 노력이 필요했고 그것이 바로 농업유산 제도이다. 이것은 옛것을 익혀 다음 세대를 준비하는 온고지신(溫故知新) 과도 의미가 잘 통한다.

최근 들어 자연으로 떠나는 여행이나 전통적인 것을 찾아 체험하고, 그곳에서 휴식을 취하는 것 이 대중매체나 SNS를 통해 자주 나오는 것을 볼 수 있는데, 이에 알맞은 장소가 바로 '농업 유산' 으로의 여행이다. 농업유산은 '오랫동안 형성시켜온 유형·무형의 농업자원을 국가중요농업유산 으로 지정하여 농촌의 가치 창출 및 국민의 삶의 질 향상을 도모할 수 있도록 하는 것'을 목표로 하고 있기 때문이다.

이러한 농업 유산에 대하여 그 의미와 어떻게 활용되고 있는지 알아보고, 향후 발전방안에 대하 여 살펴보고자 한다.

2. 농업유산 개요

가. 농업유산 이

농업유산의 의미를 알리는 방법으로는 대표적인 이미지 화가 필요했다. 이러한 이미지화는 CI를 개발하여 그 의 미를 이해하기 쉽도록 하는 작업도 필요했다. 이러한 농 업유산 CI는 여러가지 검토과정을 거쳐 만들어졌다.

(1) 형상화로서의 의미

심볼의 중앙을 가로지르는 형태는 지수화풍(地水火風)의 문양으로서 땅, 물, 불, 바람의 모습을 형상화하고 있다. 이는 농업의 필수 요소인 자연환경을 의미하며, 나아가 서는 지구상의 가장 위대한 유산인 인간의 생명성을 의 미한다. 또한 시각적으로는 물의 흐름, 바람과 불의 무 형적 이미지도 내포하고 있지만, 고랑, 계단식의 논의 형태를 강조하여 국가중요농업유산 심볼의 의미를 담아



그림 1 | 농업유산 심볼마크 (출처: 농어촌공사)

내었다. 심볼 속 왼, 오른쪽에 사각의 형태는 농업의 특징적 요소들을 담아내기 위해 구성되 었다. 또한 국가유산의 지역간 경계(지역간 특징)를 내포하면서도 지수화풍 문양의 흐름을 통 하여 자연스럽게 융화될 수 있는 구성을 선택했다. 왼쪽 사각의 형태는 소와 인간이 경작하는 모습을 단순화, 상징화하여 디자인되었고, 국가유산의 요소 중 하나인 기술기법의 의미도 내 포하고 있다. 오른쪽 사각의 형태는 우리의 농업유산 중 하나인 농악을 표현하고 있다. 농악 놀이 중 무용수가 상모를 돌리는 형상으로 국가중요농업유산의 문화적 특징을 단순화하여 표 혅했다.

01

04

09

(2) 색채적 의미

심볼의 중앙을 가로지는 지수화풍의 문양은 자연, 농업, 농촌을 의미하고 있는 녹색을 사용하였다. 경작을 하는 모습에는 땅을 표현하는 황금색을 사용하여 농업의 의미를 강조하였으며, 파랑은 바람을 뜻함과 동시에 농업의 필수요소인 물을 의미한다.

(3) 제작기법의 의미

직접 돌에 새겨 창작한 새김기법을 바탕으로 한 아날로그 창작기법을 통해서 살아있는 선들과 면들을 보여주고 있다. 디지털이 발달하여 아날로그적 감성이 부족한 현대인들에게 전통적 제작기법을 통해 국가유산의 중요성을 강조하고 있다.



Korea Important Agricultural Heritage System

그림 2 | 농업유산 한,영 로고시안(출처: 농어촌공사)

나. 농업유산 지정 기준

농업유산의 개념은 농업인이 해당지역의 환경·사회·풍습 등에 적응하면서 오랫동안 형성시켜 온 유형·무형의 농업자원으로 보전할 가치가 있다고 인정하여 국가가 지정하는 제도이다. 이러한 농업유산으로 지정되기 위한 기준도 같이 마련되었는데, 그 기준에는 7가지가 있다. 크게는 농업자원 자체의 가치성과 주민·지방자치단체와의 협력관계로 나눌 수 있다. 농업자원은 다시 6가지로 세분화되어 나뉘는데 각각 그 내용을 살펴보면,

- ① 농업자원의 가치성 중 '역사성과 지속성을 가진 농업활동'이다. 오랜 기간 이어져온 농업활동으로 현재에도 농업활동이 가능한 것이어야 한다. 과거의 문헌이나 지역주민의 현재생활에서도 찾을 수 있고, 현재에도 그 농업이 유지되고 있어야 한다는 의미이다.
- ② '농산물의 생산 및 지역주민의 생계유지에 이용'이다. 생산되어온 농산물이 과거부터 지금까지도 생산하며, 그 생산물이 해당 지역주민의 생계유지에 도움을 주고 있는 것이어야 한다.
- ③ '고유한 농업기술 또는 기법 보유'이다. 농업자원과 관련하여 관행적인 농업기술과 차별되

는 고유한 농업기술을 보유하고 있으며, 그 기술이 체계화되어 전승이 가능할 수 있는 것 이어야 한다. 농업은 같은 작물이라도 지리적 여건에 따라 농업기술이나 기법이 독특하게 발전된 것이어야 한다.

- ④ '농업활동과 연계된 전통 농업문화의 보유'이다. 농업자원과 관련하여 전통적인 농업문화 를 형성하였으며, 그 문화가 체계화되어 전승이 가능하고 미풍양속으로 보존 · 계승할 가 치가 있는 것이라야 한다. 다른 지역에서는 보기 힘든 해당 지역만의 오래된 전통 축제나 행사가 개최되는 것이 그 예일 것이다.
- ⑤ '농업활동과 관련된 특별한 경관의 형성'이다. 농업자원이 농업활동으로 인하여 특별한 경 관을 형성하고 있으며, 이 경관이 관광 등에 활용가치가 있는 것이어야 한다. 제주의 밭담. 하동과 보성의 차밭을 보면 그 지역의 특별한 경관을 확인할 수 있을 것이다.
- ⑥ '생물다양성의 보존 및 증진에 기여'이다. 농업자원으로 인하여 형성된 생물다양성이 풍부 하며, 지속적인 보존이 가능한 것이어야 한다. 농업활동이 이루어지면서 해당 농업과 관련 된 생물다양성이 같이 보존되고 조화를 이루고 있어야 한다.
- ⑦ '주민의 참여 및 지방자치단체와의 협력관계 유지'이다. 농업자원의 보전 및 관리를 위한 지역주민의 자발적인 참여가 있어야 하며, 농업자원 지역주민 또는 주민협의체와 지방자 치단체가 유기적인 협력관계를 유지하고 있어야 한다. 농업유산이라는 것은 어느 하나의 주체만 지킨다고 해서 유지되긴 힘들다. 주민과 지자체가 농업유산을 지키기 위하여 주민 들은 보전활동을 지속적으로 추진하고, 지자체는 그러한 주민활동에 지원이 있어야 가능 한 일이다.

농업유산의 지정기준은 세계중요농업유산의 지정기준(②~⑥)에 ①과⑦을 추가하여 국내 농업 유산의 의미를 더욱 확대하였다. 이러한 농업유산은 선정이후에도 지속적으로 유지될 수 있는 지가 핵심이고 이를 위한 지자체의 노력까지도 함께 포함되는 것을 의미한다.

다. 농업유산 현황

(1) 세계농업유산 지정 현황

2005년부터 국제연합식량농업기구(FAO)에서 지정이 시작되었는데, 세계중요농업유산은 2022년 현재 전세계 22개국 67개 사이트가 선정되어 관리되고 있다.



그림 3 | 세계중요농업유산 위치도(출처: www.fao.org/giahs)

(2) 국가중요농업유산 지정 현황



그림 4 | 국가중요농업유산 위치도(출처: 농림축산식품부 국가중요농업유산 브로셔, 2021)

(3) 각 유산별 지정현황 및 특징

표 1 | 농업유산별 지정현황 및 특징

지정번호	명칭	지정범위	주요 특징 (*는 세계관개시설물 유산으로도 인증)
* 제1호 (13)	청산도 구들장 논	완도청산도 전역(5.0ha)	• 급경사로 돌이 많고 물빠짐이 심하여 논농업이 불리한 자연환경에 적응하기 위해 전통 온돌 방식을 도입, 독특한 구들장 방식의 통수로와 논 조성
제2호 (13)	제주 밭담	제주도 전역 (542ha, 22,108km)	 돌, 바람이 많은 척박한 자연환경을 극복하기 위해 밭담을 쌓아 바람과 토양유실 방지, 농업 생물다양성, 수려한 농업경관 형성
제3호 (`14)	구례 산수유농업	구례군 산동면 (228ha)	 생계 유지를 위해 집과 농경지 주변 등에 산수유를 심어 주변 경관과 어우러지는 아름다운 경관 형성, 다양한 생물 서식지, 시비와 씨 제거 등 전통농법
제4호 (*14)	담양 대나무 밭농업	담양읍 삼다리 (56.2ha)	 다양한 생물의 서식지이며 대나무숲은 독특한 농업경관 형성, 죽초액과 대나무숯을 활용하여 병충해 방재 및 토양개량 등 전통농법
제5호 ('15)	금산 인삼농업	금산군 일원 (297ha)	• 인삼재배의 최적지, 재배지 선정, 관리, 재배, 채굴, 가공 등 전통농법 유지, 주변 산과 하천이 어우러지는 경관 형성
제6호 (`15)	하동 전통 차농업	하동군 화개면 일대 (597.8ha)	생계유지를 위해 1,200년 동안 전승된 전통적인 농업, 풀비배 등 전통방식의 차 재배 유지, 차밭 주변의 산림과 바위가 어우러지는 독특한 경관 형성
제7호 ('16)	울진 금강송 산지농업	울진군 금강송면 북면 일대(14,188ha)	왕실에서 황장봉산으로 지정 관리, 산림을 보호하기 위해 송계와 산림계를 조직하여 관리, 주변계곡과 기암괴석이 어우러져 아름다운 경관 형성
제8호 ('17)	부안 유유동 양잠농업	부안군 변산면 유유동 일대(58.9ha)	• 뽕재배에서 누에 사육 등 일괄시스템이 보전·관리되고 친환경적 뽕나무 재배, 생물다양성, 주변 산림과 뽕나무밭이 조화된 우수한 경관
제9호 ('17)	울릉 화산섬 밭농업	울릉군 일대 (7,286ha)	 급경사지 밭을 일구면서 따녹지를 조성하여 토양유실 방지하고 주변 산림지역의 유기물을 활용하였으며, 산림과 해안이 어우러지는 패치형태의 독특한 경관
*제10호 ('18)	의성 전통 수리 농업	의성군 금성면 등 4개면 일원 (7453ha)	• 금성면 일대 약 1,500개의 제언을 축조, 각각의 제언은 서로 이어져, 농업용수를 저장·활용함으로써 이모작 전환시스템 구축
제11호 ('18)	보성 전통차 농업	보성군 일원 (228.8ha)	새끼줄을 기준삼아 경사지 등고선에 따라 간격과 수평을 맞추는 계단식 차밭 조성 기술과 경관 형성
제12호 ('18)	장흥 발효차 청태전	장흥군 일원 (93.1ha)	 반음반양의 차 재배환경 조성 및 친환경 농법, 발효차 전통 제다 지식체계, 굽는 과정이 추가되는 독특한 청태전 음다법 등 구축·전승

지정번호	명칭	지정범위	주요 특징 (*는 세계관개시설물 유산으로도 인증)	
제13호 ('19)	완주 생강 전통농업	완주군 일원 (2,252ha)	 겨울철 생강종자 보관을 위해 토굴을 활용한 저장시스템으로 농가의 아궁이 열을 이용한 온돌 방식, 수직강하 방식 등이 있음 	
*제14호 ('19)	고성 해안지역 둠벙 관개시스템	고성군 일원 (10,995ha)	농업용수 공급을 위해 둠벙을 조성하고 활용하여 빗물이 바다로 빠져나가는 해안지역의 자연적 특성 극복	
제15호 ('19)	상주 전통곶감	상주시 일원 (1,254.78ha)	'상주둥시' 전통 품종보전을 통한 감 재배 적지선정·관리·가공 등 곶감의 전통적 방식 계승	
*제16호 ('20)	강진 연방죽 생태순환 수로 농업시스템	강진군 작천면 병영면 일원	• 16개의 연방죽과 200여개의 둠벙, '병영성'과 수로 등 독특한 하멜식 물순환 수리체계 보전, 한들평야와 연방죽의 특별한 경관 형성	
제17호 ('21)	창원 독뫼 감 농업	창원시 동읍, 북면, 대산면 일원	100년 이상된 지역 고유의 떪은 감에 단감을 접붙인 형태로 감 농업을 사회 환경의 변화에 맞추어 현재까지 보전·계승·발전	
제18호 ('22)	서천 한산모시 전통농업	서천군 한산면, 비인면 등 6개면 일대 (5,640ha)	서천지역은 현재까지 전통 모시재배농법이 이루어지고, 자가번식을 통한 유전자원 보호 등 전통농업기술 보유	

(4) 국가중요농업유산과 세계관개시설물유산 등재 현황

국가중요농업유산으로 지정된 유산 중에서 세계관개시설물유산으로도 인정받은 시설이 22년 현재 4개소가 있다. 구체적으로 살펴보면 국가중요농업유산 지정 1호(완도), 10호(의성), 14호 (고성), 16호(강진)는 국가중요농업유산이자 세계관개시설물유산으로 등재되었다.

표 2 국가중요농업유산 및 세계관개시설물유산 등재지 현황('22년 12월 기준)

구분	세계관개시설물유산(WHIS)	국가중요농업유산(KIHAS)	세계중요농업유산(GIHAS)
개념	국제관개배수위원회(ICID)가 일정기준을 만족하고 역사적인 가치가 있는 관개배수 구조물에 대해 유산으로 인정하는 제도	정부가 국내 각지 전통적 농업활동과 경관, 생물 다양성, 토지이용체계 등을 선정, 보전하고 계승하고자 실시하는 지정 제도	전세계 전통 농업시스템 과 경관, 생물 다양성, 토지이용체계를 보전하기 위해 도입한 제도
현황	17개국 140개(국내 8)	국내 18개소	23개국 72개소(국내 5)

구분	세계관개시설물유산(WHIS)	국가중요농업유산(KIHAS)	세계중요농업유산(GIHAS)
우리 나라 지정 현황	1. 김제 벽골제('16) 2. 수원 축만제('16) 3. 수원 만석거('17) 4. 당진 합덕제('17) 5. 고성 둠벙 관개시스템('20) 6. 완도 청산도 구들장논('21) 7. 강진 연방죽('21) 8. 의성전통수리농업시스템 ('22)	1. 청산도 구들장 논('13) 2. 제주 밭담('13) 3. 구례 산수유농업('14) 4. 담양 대나무밭 농업('14) 5. 금산 인삼 농업('15) 6. 하동 전통차 농업('15) 7. 울진 금강송 산지농업('16) 8. 부안 유유동 양잠농업('17) 9. 울릉 화산섬 밭농업('17) 10. 의성 전통수리농업시스템('18) 11. 보성 전통차 농업시스템('18) 12. 장흥 발효차 청태전농업시스템 ('18) 13. 완주 생강 전통농업('19) 14. 고성 해안지역둠벙관개시스템 ('19) 15. 상주 전통곶감('19) 16. 강진 연방죽 생태수로시스템 ('20) 17. 창원 독뫼 감 농업('21) 18. 서천 한산모시 전통농업	1. 청산도 구들장 논 2. 제주 밭담 3. 하동 전통차 농업 4. 금산 인삼 농업 5. 담양 대나무밭 농업
관련 기관	[주관 : ICID] ICID(세계관개배수위원회) 지정 KCID(한국관개배수위원회) 지원	[주관 : 농식품부] ① 신청서 제출 (지자체 ⇒ 농식품부) ② 접수, 지정(농식품부) *지역개발지원단 지원	[주관 : FA0] * FA0 (국제연합식량농업기구) ① 신청(지자체⇒농식품부) ② 등재준비위 구성·자문 ③ 제출(농식품부⇒FA0) ④ 접수 및 지정(FA0) *지역개발지원단 지원
주 된 차이점	물의 효율적 사용을 고려 하여 현상유지 보다는 관개시설 구조를 개선·수리 하여 사용가능한 활용측면에 더 초점	전통적 농업활동과 경관, 생물 다양성, 토지이용체계 등 농업 활동의 지속가능성에 초점	

3. 농업유산 지정 이후 현황 및 발전 방안

가. 금산 전통 인삼 농업 유산의 지정 이후 현황 및 발전 방안

(1) 전담 지자체 공무원 인력 운영

2015년 국가중요농업유산 5호(2018년 세계중요농업유산 국내3호)로 지정된 '금산 전통 인삼 농업'은 토양과 환경이 인삼의 적지로서 금산군 전역에 인삼을 재배하고 있다. 이러한 인삼을 관리하기 위해 인삼약초과 내 농업유산관련 전담팀이 구성되어 있다.

추가로 금산군 내 금산인삼축제, 삼계탕축제 등 축제를 전담하는 2019년 2월 19일 금산축제 관광재단이 창립되어 금산인삼축제의 기획 및 추진을 진행하고 있다.

2021년 6월 28일 (재)금산인삼약초산업진흥원이 개원됨에 따라 인삼약초과 농업유산팀이 담당하고 있던 인삼농업 품질 및 브랜드 관리 업무를 일부 분담하고 있다.

(2) 제도적 장치 확충 및 DB구축

금산군 의회, 농업유산 주민협의체 등 농업유산 이해관계자들 사이에 농업유산 보전, 관리, 활용 조례 제정에 대한 필요성 논의가 진행되고 있으며, 2022년부터는 조례 제정을 위한 본격적 움직임이 있을 것으로 보인다.

농업유산지역 면적 실측 등 기초 데이터가 구축되고 현행화까지 완료되었다. 인삼 재배 농가수, 재배면적, 생산량, 생산액 등 인삼 관련 통계는 금산군 통계연보에 수록되어 현재까지 구축되고 있다. 2019년 농업유산 DB 구축 및 모니터링 용역을 통해 전통인삼농업(밭삼, 3,054필지)를 대상으로 지적정보조사(소재지, 지번, 면적, 소유자 등)을 실시하여 인삼재배 현황을 통합정보 관리시스템으로 구축하였다.

(3) 전통농업시스템 유지 및 복원

국가중요농업유산 주민협의체 주도의 대나무, 볏짚을 이용한 전통 인삼포 경작을 추진하고 있다. 국가중요농업유산 주민협의체 회원들을 중심으로 2017년부터 매년 2월 중순과 3월 중순약 한 달 동안에 걸쳐 대나무, 볏짚을 이용한 인삼포를 조성하고 전통방식으로 경작하고 있으며, 이러한 전통방식 경작지는 금산군 인삼약초과 농업유산팀에서 지원받고 있다.

전통방식 인삼농업지를 지속적으로 복원하며 기존 복원지역 정비작업도 함께 진행하고 있다. 국가중요농업유산 주민협의체를 중심으로 현재까지 총 5개 구역, 7,955㎡ 면적을 전통방식 인삼농업지로 복원하였다.

(4) 금산 전통 인삼 농업의 보전·관리·활용을 위한 발전 방안

재배시설 소재의 친환경화이다. 인삼포는 플라스틱 소재로 만들어져 분해하는데 오래걸리고 환경오염의 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 생분해성 플라스틱 소재의 차양 막 도입 검토하는 것이다. 생분해성 플라스틱(또는 바이오 플라스틱)은 토양의 박테리아나 다 른 유기 생물체에 의해 분해될 수 있으며 아직 국내에서의 활용도는 낮으나 소수 기업들에 의 해 개발 및 상용화가 이루어지고 있다. 현재 각 지방자치단체에서 보조금을 통해 희망하는 일 부 농업인들에게 지원하는 생분해성 멀칭 비닐을 인삼 차양막에도 도입하여 폴리에틸렌을 대 제할 수 있는지 가능성을 검토해야 한다. 부족한 보조금을 보완할 수 있는 추가 재원 조달 방안 을 함께 검토할 필요가 있다.

금산군의 농업유산 농업유산의 보전, 관리, 활용에 있어 다양한 지역주체들의 참여와 협력 절 대 필요하다. 농업유산을 제대로 보전, 관리, 활용하기 위해서는 인삼농가는 물론, 지역주민, 학생 등 다양한 지역주체의 참여가 매우 중요하다. 현재 구성된 주민협의체도 확대 개편 필요 하다. 그 이유는 현재 구성된 농업유산 주민협의회는 2015년 국가중요농업유산 지정 당시에 조직된 것으로 그 이후 세계중요농업유산이 지정됨에 따라 농업유산 지정범위가 확대되었기 때문에 금산군 전역에서 다양한 주민들이 참여할 수 있는 협의체로 확대 개편이 필요하다.

인삼 판매 및 홍보 전략의 다변화가 필요하다. 핵가족화와 1인 세대가 증가하는 현대 사회의 특징을 고려하여 소량 포장한 인삼 유통을 확대시켜 소비를 촉진하고 소비자층을 다양화 하고, 인삼의 다양한 요리법을 개발하고 홍보할 수 있는 방안을 마련해야 한다. 브랜드 인증제를 연 계하여 활용한다면 금산 전통인삼농업에 대한 인지도가 금산 지역뿐만 아니라 전국적으로 고 취될 수 있는 기회로 작용할 수 있다.

나. 하동 전통차 농업의 유산 지정 이후 현황 및 발전방안

(1) 녹차 생산 관련 차 농업기술 보급 및 양성

2015년 국가중요농업유산 6호(2017년 세계중요농업유산 국내3호)로 지정되면서 하동 전통차 에 대한 관심이 높아지기 시작했다. 과거 전통농업지식 관련 교육은 과거 일부 차 농가의 자발 적인 연구모임 운영 정도였으며, 차 농업교육 차원에서 차 농업 신기술 보급을 위한 차 농업인 대상의 차광재배기술 교육 정도 시행되었으나, 2020년부터 귀농·귀촌인, 신규농가, 전업농가 등 차 관련 종사 희망자를 대상으로 후계농 양성 및 육성 교육을 다양하게 실시하였다.

02

04

09

(2) 하동 전통차 명인 증가

2019년까지 하동군은 총 4명의 식품명인 중 하동 녹차 관련 3명의 명인을 보유하였으며, 2007년 제30호 죽로차 명인 이후 14년 만에 2021년 황인수 대표의 제91호 작설차 명인 지정으로 총 4인의 하동 전통차 관련 농림축산식품부 대한민국 식품명인을 보유하였다. 또한, 2019년도와 동일하게 하동 전통차농업 농업유산지역인 화개면에만 1900년대 초부터 4대째 가업으로 차 농업에 종사하고 있는 약 30여 명의 소규모 생산 농가가 전통방식의 농업활동을 유지하고 있는 것으로 확인 되었다.

(3) 하동 차밭의 복원 및 정비

하동군 화개면에 위치한 차밭을 대상으로 매년 민·관 합동하에 보전활동을 시행하고 있으며, 하동 전통차반의 복원·정비 활동은 지자체 주도 아래에 시행되고 있다. 또한, 2021년 경관보전협약을 기반으로 일부 차 농가에 차밭 경관개선을 지원하여 일부 휴경 차밭이 정비되었다.

(4) 하동 전통차 문화의 유지·전승 이외의 새로운 차문화 교육 및 도입

하동 차문화는 지역의 전통사찰과 주민들에 의해 유지·전승되고 있으며, '헌다문화'는 템플스테이를 통해 일반인도 접할 수 있고, '다례문화'는 화개지역 주민들에게 '일상다반'으로서 자리하여 화개초등학교와 야생차박물관 등 지역 단체의 체험프로그램으로 운영되고 있다.

2021년 모니터링 결과, 코로나19로 인해 하동 차문화 관련 체험프로그램이 미시행되었고, 차문화의 현대화로 하동군 내 차문화 관련 교육내용이 현대적으로 변화하였다.

지금까지 하동군 내 전통차 관련 전승 및 문화단체는 하동차인회, 하동차문화, 한국덖음차보존 회 등 12개 정도가 존재하며, 주로 전통 다례와 차문화 교육, 전통 다도법 연구, 차문화 교류 등 전승활동을 진행하고 있다.

그 외 2021년 하동군 주도의 현대적 차문화 교육으로서 하동군민을 대상으로 차의 분류, 티 블 랜딩의 이해 등 티 소믈리에 및 차 품평사를 키우기 위한 티 마스터 양성교육이 진행되고 있다.

(5) 차문화 여행상품 개발 및 소규모·비대면 여행상품으로 각광

하동 전통차 농업유산 관련 여행상품은 2019년 모니터링 당시 지리산문화예술사회적협동조합 구름마의 '하동 다원예술순례:차밭예술산책 투어링', 농협네트웍스(NH여행)의 국가중요농업 유산 탐방여행상품을 제시하였으나 시범운영 상품, 코로나19 등의 이유로 이후 운영되지 않은 것으로 파악되었다. 2021년 모니터링 결과, 하동주민공정여행 놀루와 협동조합이 하동의 역

사. 문화. 주민 생활 속에 스며드는 지역 밀착형 여행 '다달(茶月)이 하동'을 테마로 차마실(차피 크닉) 키트, 다담 in 다실(프라이빗 차 체험 프로그램) 등의 농업유산 관련 프로그램을 기획·운 영 중인 것으로 조사되었다. 하동주민공정여행 놀루와 협동조합은 하동 차와 여행을 접목하여 지역을 활성화하겠다는 목표 하에 마을활동가, 차 생산농가, 예술인 등으로 2018년 구성된 지 역 기반의 주민여행사이다.

운영 프로그램의 경우 2019년 문화체육관광부의 생활관광 프로그램으로 선정되었으며 코로나 19 이후 소규모 및 자연친화적 여행, 자신만이 즐길 수 있는 특별한 장소와 프로그램을 선호하 는 시대 흐름에 맞아 큰 호응을 얻고 있다.

2021년에는 6개 차 농가와 함께 차를 매개로 한 하동 알리기를 취지로 '다포(다기를 덮는 취)' 라는 주민 여행 플랫폼을 출범하고 다담 in 다실 프로그램 협업, 다포 참여 농가의 차(티 샘플 러)와 지역 작가들이 만든 기념품을 판매하는 팝업스토어를 운영하고 있다.

(6) 하동 전통차 농업의 보전·관리·활용을 위한 발전방안

하동 전통차농업 전통방식의 수제덖음차 생산을 위한 생산인력 고령화 및 인력부족으로 하동 전통차농업의 전통적 가치 전승과 지속적인 보전관리의 어려움이 대두됨에 따라 하동 전통차 농업의 효율적인 관리 지원을 위한 보전관리구역을 설정하여야 한다.

하동군 전역의 넓은 지원범위 설정 이후 재정 및 인력투입 등 지원범위에 대한 기준 산정의 어 려움이 수반됨에 따라 농림부 권고사항을 기반으로 하동군 내 지속적인 보전관리가 필요한 주 요 전통차밭의 '농업유산 핵심보전구역' 으로 지정하여 지속적이고, 체계적인 농업유산 관리 체계를 마련할 필요가 있다.

그 외에도 '농업유산 전문 해설사 양성', 농업유산 해설 스토리 콘텐츠 기획, 다원-다실 투어 프로그램 개발 등 다양한 발전 방안이 있을 수 있다.

4. 맺는말

21년까지 지정된 국가중요농업유산으로는 17개소가 있으며, 이중에서 그 가치를 인정받아 세계중요농업유산으로 지정된 곳이 5개소에 이른다. 우리나라의 농업유산을 지키고 보전하 려는 노력이 각 지역에서는 활발하게 일어나고 있지만, 그만큼 농업유산에 대한 인지도는 아 직 저조한 편이다. 농업유산을 알리고, 그 가치를 공유하게 된다면 농업유산 지역에 대한 관 심도도 높아지고, 해당 지역 주민은 더 큰 자긍심을 갖게 될 것이다. 농업유산 지역의 주민의 01

04

09

농업유산을 지키기 위한 활동은 더욱 활발하게 될 이어질 것이고, 이러한 활동은 최근 늘어나고 있는 귀농·귀촌인에 긍정적 활력소가 될 것이다. 이렇게 발전하게 된 농촌의 경관을 보기위하여 다시 관광객이 찾아오게 되고 농촌의 활성화가 다시 찾아오는 선순환의 계기가 될 것으로 보인다.

참고문헌

- 농림축산식품부 누리집 www.mafra.go.kr
- 농촌다움 복원을 위한 국가중요농업유산 제도의 중장기 발전 방향 연구(2018)
- 농어업인삶의질법, 농어업인삶의질법 시행령, 농어업인삶의질법 시행규칙
- FAO GIAHS 누리집 www.fao.org
- 2021년 하동 전통차 농업 모니터링 보고서(2021)
- 2021년 금산 전통 인삼 농업 모니터링 보고서(2021)
- 농림축산식품부 국가중요농업유산 브로셔(2019)
- 한국농어촌공사 지역개발지원단 내부자료(2013~2022)

특별 기고

KCID 30여 년 동안 참 많은 발전을 하였습니다!

이난희 _ 한국관개배수위원회 사무총장(imnanilee@gmail.com)



필자는 1994년부터 2022년 말까지 29년 동안의 직장생활을 마무리 하면서, 그동안을 회고 해보며 삶과 업무에 도움을 주셨던 많은 분들. 그리고 경기도 안산에 있는 농어촌연구원의 넓은 습지공원. 메 타세콰이어 길, 아름다운 자연 환경과 일상들을 잊을 수 없을 것 같다. 여기 그 감회(感懷)를 간단하게 정리해 보고자 한다.

입사 추억, 도서관 내의 작은 사무실에서 시작한 KCID 사무국

입사할 당시를 되돌아본다. 1994년 2월, 농어촌진흥공사에 입사하여 최초로 배치된 곳이 한국 관개배수위원회(KCID)라는 곳이다. 무슨 일을 하는 곳인지도 잘 모른 채, 경기도 의왕시 포일 리에 있었던 본사 도서관 내의 조그마한 사무실로 출근하였다. 작은 간판이 KCID 사무국임을 알려 주었다.

그 당시에는 KCID 사무국이 공사의 사장 및 임원들이 점심식사 후 한 번씩 들리는 필수 코스이 기도 하였다. 커피를 한잔하면서 공사와 KCID가 서로 윈-윈 할 수 있는 방법에 대하여 허심탄 회하게 얘기를 나누고 발전방안을 논하고 문제를 처리하는 등 내 기억에 최고의 시절이기도 하 다. 덕택에 KCID가 가장 활성화되었던 시기였으며, 가장 찾는 사람이 많았던 시기이기도 하다. 회장의 영향이 이렇게 크구나 생각되었던 적도 있다.

04

05

09



한국관개배수위원회(KCID) 사무국 현판식 후 기념사진(1994년)

재임기간의 단상 - 많은 것을 배우고, 훌륭한 분들을 만나 참 행복했습니다.

초기 KCID는 조홍래 회장님의 높은 관심과 빅픽쳐(big picture) 속에 많은 대·내외적인 행사가 무던히도 많았다. 대내적으로는 매년 『세계 물의 날』 행사가 지속적으로 개최되었으며, 대외적으로는 국제 행사에 많은 사람들이 참여하여 선진 기술 교류 등 네트워킹을 하고, 논문을 발표하고 보고서를 작성하는 등 참 많은 할 일을 만들어 내곤 했다.

그러면서 각 대학의 농공학과 및 토목학과 교수들이 다 참여하고, 삼성, 현대, 대우, 대림 등 우리나라 메이저 건설회사 간부들이 KCID 임원으로 참여하여 단체회비 솔선수범 납부 등 KCID 건전한 재정 상태를 위하여 음으로 양으로 많은 협조와 활동을 아끼지 않았다.

그러는 가운데 많은 교수님들과 각계의 훌륭한 분들을 만나고 교류할 수 있는 기회가 많아지고, 그러면서 많은 것을 배우고 경험할 수 있어 참으로 감사하고 행복한 시절의 기억들이 스쳐 지나 간다.

KCID의 발전에 크게 참여한 잊지 못할 교수님들의 애정과 열정



ICID 사무총장 M. A. Chitale 박사가 KCID 사무국 방문 후 기념사진(1995년)

KCID 발전사를 놓고 얘기할 때 노교수님들의 KCID에 대한 애 정과 열정, 참여도에 대하여 이 야기하지 않을 수 없다. 거슬러 올라가면 故이기춘 교수님(전북 대 명예교수), 팔순의 노구(老驅) 에도 임원 회의가 있으면 한 번 도 빠지지 않고, 좋은 글(漢詩)을 써 오셔서 후배들에게 귀한 메 시지를 남겨주셨고. 서승덕 교 수님(경북대 명예교수)은 멀리 대구에서 영화배우처럼 멋진 모 습으로 나타나셔 훈훈한 덕담으

로 후배 임원들을 격려해 주고 또 사람 관계가 얼마나 중요한지 실천해 보이신 분이다. 이석우 고문님(농업진흥공사 구조개선본부장)은 각 단체회원사들의 네트워킹 달인으로 KCID의 재정 활성화에 많은 도움을 주신 분이다. 최예환 고문님(강원대 명예교수)은 1992년 KCID 창립총회 이사로 선임되어 한 번도 임원회의에 빠짐없이 참석하셔서 참여가 얼마나 중요한지 몸소 실천 해 보이신 부으로 2003년에는 '세계 물의 날' 행사에서 개회사도 하시는 등 주요 행사의 대표 역 할도 많이 해 주신 분이다.

특히, 허유만 명예 회장님은 KCID의 외형을 키워주신 분이다. 2001년 서울대회 행사를 성공적 으로 개최하여 ICID에서 최고 회원국상을 수상하는 등 KCID의 위상을 한껏 올려주신 분이기 도 하다.

이 밖에도 성함을 일일이 열거할 수 는 없지만 KCID 발전을 위하여 각 분 야에서 아낌없는 지원과 협조를 아끼 지 않으신 분들이 수없이 많다. 그분 들께 이 지면을 통해 감사의 말씀을 전하다.



'세계 물의 날'기념 대심포지엄 모습(1996년)

01

02

05

09

열한 분의 회장이 바뀐 기나긴 세월

제2대 회장(1995~1998)인 조홍래 전 농어촌진흥공사 사장이 부임한 이후, 허유만 농업기반 공사 농어촌연구원장(1998~2004), 안종운(2004~2007)·임수진(2008~2010)·홍문표(2010~2012) 한국농촌공사 사장, 박재순(2012~2014)·이상무(2014~2016) 한국농어촌공사 사장, 이봉훈(2016~2018) 한국농어촌공사 부사장, 최규성(2018~2020)·김인식(2020~2022), 이병호(2022~현재) 한국농어촌공사 사장 등 11명의 회장이 교체되는 긴 세월을 함께 했다. 한국 관개배수위원회(KCID)는 한국농어촌공사의 사명(社名)이 여러 차례 바뀌는 가운데 사장이 한국관개배수위원회 회장을 맡는 운용의 묘를 살려 현재까지 잘 이어지고 있다.

그간을 회고해 보면서 가장 기억에 남는 것은 2011년 ICID 서울대회 및 2014년 ICID 광주총 회를 성공적으로 개최하여 KCID의 이미지를 국내외적으로 제고시키고, ICID 부회장을 다섯 분(권순국, 허유만, 김태철, 이봉훈, 최진용) 이나 배출시키고, ICID 최고 회원국상을 두 차례 (2002년, 2014년)나 수상하고, 세계관개시설물유산(WHIS)을 직접 네 곳이나 등재시킨 일은 재임 중 가장 보람되고 의미 있는 일들이다.

특히 회장님 중 가장 기억에 남는 분은 조홍래 전 회장님이시다. 1993년 ICID 화란총회를 다녀 와서 ICID의 성격 및 사업을 파악하신 후 KCID의 새로운 비전 설정과 조직을 강화하고 KCID 활동 기반을 대폭 구축하는 등 새로운 전기를 맞았으며, 필자도 그 일환으로 KCID에 배치되어 잔뼈가 굵어지고 금년에 퇴임을 하게 되었다.

그래서 체계를 세우고 뼈대를 만들어 피를 돌게 해 주신 조홍래 회장님을 잊을 수 없다. 그분의 강단 있는 뜻이 없었다면 과연 오늘의 KCID가 있었을까 싶다. 이 글을 통하여 안부를 전하고 감사의 뜻을 전한다.



KCID 역대 회장

열네 분의 농어촌연구원장도 모셨습니다.

한국관개배수위원회가 창립 이래 계속해서 한국농어촌공사 농어촌연구원의 지원 아래 회무 업무 를 추진해 오고 있다. 필자도 공사 직원으로서 오랫동안 KCID에 파견을 나와서 근무를 하였다.

한국농어촌공사 농어촌연구원 직원으로서 농어촌연구원 업무도 겸임하면서 KCID 업무를 총 괄하였다. 농어촌연구원의 적극적인 지원이 없었다면 언감생심, KCID 발전을 논할 수 없을 것 이다

관례대로 농어촌연구원장이 회무부회장을 맡으면서 실질적 회무를 관장하였으며, 행정지원을 아끼지 않았다. 공간적 지원과 인력 파격 등 농어촌연구원의 한 부서처럼 KCID는 그렇게 지금 까지 성장해 오고 있다.

그 동안 함께 해 주신 농어촌연구원장도 무려 14분이나 된다. 한번 정리를 해보면, 김선주 (1993~1994), 황규태(1994~1997), 구요한(1997~1998), 임병호(1998~1999), 허유만 (2000~2004), 정병호(2004~2006), 김현영(2006~2008), 임종완(2008~2009), 박해성 (2009~2011), 정해창(2011~2013), 박정환(2013~2015), 이용직(2015~2017), 유전용 (2019~2021), 최강원(2021~현재), 이렇게 많은 분들이다.

참 오래 세월이었고, 참 좋은 부들을 모셨다. 모두 다 기억할지는 몰라도 필자는 한분 한분을 또 렷하게 기억하고 있다. 농어촌연구워의 연구체계를 정립하신 분. 연구워의 외형을 키우고자 노 력하신 분, 농어촌연구원의 자존심인 정체성을 바로 잡아야 한다고 역설하신 분, 성과 관리 등 내실을 기하고자 무던히도 애쓰신 분 등등... 여러분들의 노고와 노력이 주마등처럼 스쳐 지나 가다.

국제회의 유치 및 개최로 KCID의 위상이 몇 단계 점프업

2001년 ICID 서울대회 개최

1993년 당시 KCID 대표단을 이끌고 ICID 제15차 헤이그 총회에 참석한 조홍래 회장의 결심 으로, 1996년 이집트 카이로 회의에서 결정된 『2001 ICID 서울대회』 유치는 한국관개배수위 원회 설립 이후 최대의 경사였으며, 우리나라 농업부문에서도 획기적인 전환점이 된 쾌거라 할 수 있다.

2001년 9월 16일부터 9월 21일까지 엿새 동안 서울 스위스그랜드 호텔에서 행사가 개최되었 으며, 43개국 총 540명이 참석하였다. 세계 각국의 전무가, 관료와 석학 500여 명이 참석하는 01

04

05

09

회의를 유치·개최하였다는 것은 우리나라 농업의 관개배수 분야를 한 단계 높이는 계기가 되었을 뿐만 아니라, 회의에 참석한 외국인들에게 우리나라 농업을 소개하고 이해시킨 소중한 기회가 되었다.



「2001 ICID 서울대회」 개막식에서의 주요 인사들 (문동신 농업기반공사 사장, 김영진 국회의원, 김동태 전 농식품부 장관, 슐츠 ICID 회장, 허유만 ICID 회장, Chitale ICID 사무총장 (왼쪽부터)

돌이켜보면, 『ICID 서울대회』를 우리나라에 개최함으로써 국제관개배수위원회에서 우리나라의 위상과 목소리를 높일 수 있는 계기를 마련하였고, 우리나라의 관개배수 분야의 전문가들이 세계 각국 대표들과 어깨를 나란히 하여 관련정보나 기술교류를 할 수 있도록 길을 열어 주었다. 제1차 아시아지역회의를 개최하여 아시아지역에서 우리나라가 관개배수 분야는 물론 농업부문에서 주도적 역할을 담당할 수 있는 길을 마련해 준 것 같아 행사 주관 측 담당자로서 지금도 뿌듯함을 느낀다.



「2001 ICID 서울대회」중 제52차 집행위원회의



『2001 ICID 서울대회』중 송별 만찬회에서의 문화 행사(부채춤)

2014년 ICID 광주총회 개최

『2014 ICID 광주총회』는 2014년 9월 14일부터 9월 20일까지 이레 동안 광주 김대중컨벤션센 터에서 이동필 농림축산식품부 장관을 대회장으로 하여 박근혜 전 대통령의 축하 영상. 유장현 광주시장. 이낙연 전남도지사 등 국내 인사들과 ICID 회장과 사무총장. 5개국 장·차관(중국. 태 국, 몽골, 우가다, 우즈베키스탄), 2개국 대사(미얀마, 세네갈) 등 국내외 VIP를 포함한 1,200여 명이 참석한 가운데 성공리에 개최되었다.

2001 ICID 서울대회 이후 14년 만에 치러진 『2014 ICID 광주총회』는 행사 규모면에서나 참가 자 면면에서나 유례없는 국제적인 행사로 대성황을 이룬 가운데 세계 속에 한국을, 광주를 알리 는데 큰 역할을 하였다. 영산강, 새만금 등 우리나라 농업발전 기술의 우수성을 전 세계에 홍보 하고 물, 관개배수, 농업 농촌 개발 등 관련 산업의 해외 진출 기회를 마련하기도 하였다.



『2014 ICID 광주총회』 개막식 후 주요인사 기념사진

광주 총회는 "기후변화와 농촌용수 확보"라는 대주제 아래 특별세션, 심포지엄, 국제 워크숍 개 최 등 학술 프로그램과 행사의 맛을 더해주는 현장 기술투어 프로그램, 전시회, 기술견학, 동반 자 투어(Spouse club), 환영·환송 만찬, 한·중·일의 밤 등 다채로운 행사 프로그램 진행으로 국 제회의의 품격을 높였다는 찬사를 받기도 하였다.

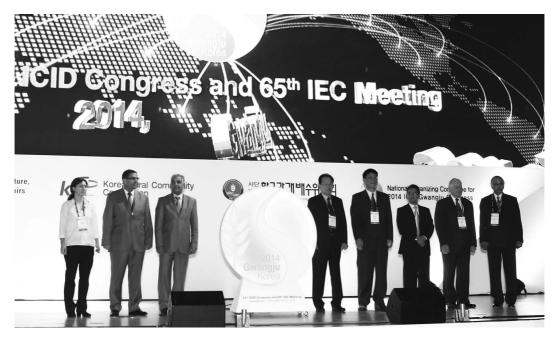
01

04

05

09

행사의 백미라 할 수 있었던 합수식(合水식)은 행사의 슬로건에 담긴 "모으자, 나누자, 생명의물"이라는 의미를 담기 위해 세계의 8대강, 즉, 황하(중국), 갠지스강(인도), 티그리스 유프라테스강(이라크), 나일강(이집트), 라인강(독일), 콜로라도강(미국), 아마존강(볼리비아), 영산강(대한민국)의물을 하나의 큰 통에 하나씩 차례로 합하는 의식으로 농업의 메카라고 할 수 있는 광주에서 농공의 세계화를 시작한다는 강력한 메시지로 참석자들에게 큰 감동을 주었으며, 그때현장에서의 큰 감동은 지금 생각해도 가슴이 벅차오른다.



'광주총회 합수식' 후 대륙별 대표 인사 기념사진

필자는 전체 행사 중에서 스파우즈 클럽(부인회)의 행사 기획 및 진행으로 컨퍼런스 외에 회의 기간 중 회의 참가자나 외국인 동반자들에게 시내관광 및 견학, 리셉션, Social Event 등 한국 문화와 풍습에 익숙하지 않은 외국인 참석자들에게 실질적인 도움을 주고, 민간 외교 사절로서 참여의식을 높여 성공적인 행사 개최에 윤활유 같은 큰 역할을 했다고 자부한다.

ICID 집행위원회의와 총회라는 두 차례의 국제회의 개최로 우리나라 농업 및 관개배수 분야를 한 단계 높이는 계기가 되었을 뿐만 아니라 실무자들에게는 국제교류의 장을 활짝 열어 주는 좋은 기회가 되기도 하였다. 성공적인 개최로 두 차례의 최고 회원국상(Best National Committee Awards)을 수상하는 등 한국과 KCID의 위상을 더 높이는 결과를 낳기도 하였다.

05 특 별 기 $\overline{\mathbf{J}}$

세계는 넓고 할 일이 많다고 느끼게 해준 국제회의 참가

1997년 영국 옥스퍼드, ICID 제48차 집행위원회의 및 제18차 유럽지역회의

1997년 9월 8일부터 17일까지 영국의 옥스퍼드에서 개최된 제48차 집행위원회의에 참석하였 다. 오래전 일이라 기억도 가물가물하지만 ICID 회의도 처음 참석하며, 그것도 세계 최고의 명 문대학이면서 영국의 수많은 총리와 노벨상 수상자를 배출한 역사 깊은 옥스퍼드 대학에서 개 최한다는 설렘으로 참석했었던 것 같다.

옥스퍼드는 도시 전체가 옥스퍼드 대학뿐만이 아니라 여러 대학들이 위치해 있는 교육도시 같 은 느낌이 들었으며, 옥스퍼드 대학만도 38개의 단과대학이 여기저기 위치해 있어 도보로 다니 기에 좋은 도시였던 것 같다. 중세풍의 유서 깊은 건축물과 역사와 전통을 간직하고 있어 행사 개최지(venue)로서의 매력도는 최상이었다.

지금 생각해 보면 숙박시설이 대학 기숙사였기에 난방도, 온수도 안 되어 9월이었음에도 무척 이나 추웠던 기억이 난다. 화장실도 공동 화장실을 사용하는 등 국제회의 참석자들에 대한 호 스피탈리티(hospitality)가 인색하기 짝이 없는 아주 실용적인 행사를 치루지 않았나 짐작해 본 다. 지금도 GDP가 높은 나라일수록 손님 접대는 소홀하지 않나 싶은 필자 나름대로의 경험을 곱씹어본다. 우리는 국제회의나 국제행사시 얼마나 손님들에 대한 접대가 후한가? 경험해 본 사람들은 다 알 것이다.

이근모 당시 농어촌진흥공사 부사장을 단장으로 하여 농어촌진흥공사에서는 정병호 실장, 김현 영 부장, 여운식 계장, 필자, 대학에서는 서승덕(경북대)·이순혁(충북대)·이근후(경상대)·김태철 (충남대)·김선주(건국대)·정상옥(경북대) 교수 등이, 농조연합회에서는 유혁우 처장이 농림부에 서 이승찬 서기관 등이 참석하였다.

2001년 서울대회 개최가 확정되어 있어 서울대회 개최 홍보 및 준비를 위한 자료와 정보 수집 을 목적으로 많은 대표들이 참석하였다.

지금도 기억나는 것은 '경제재로서의 물'이라는 주제로 영국의회의 회의방식과 같은 방법으로 참석자들이 찬반으로 나누어 토론하는 Debate 방식은 처음 보는 필자로서는 굉장히 신선하게 느껴졌으며, 토론 문화가 성숙하지 못한 우리 입장에서는 다소 생소한 느낌도 들었다.

2015년 프랑스 몽펠리에, ICID 제66차 집행위원회의 및 제26차 유럽지역회의

"자유와 낭만과 사랑이 있는 그 곳, 프랑스 몽펠리에. 도시 전체가 인간을 압도하지 않고 인간에게 맞추어진 느낌을 주는 도시.

04

05

09

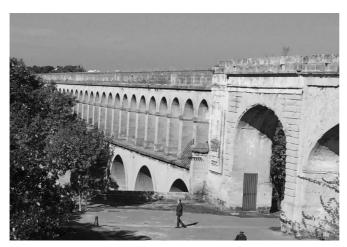
3층 이상의 건물이 없으며, 도시 전체가 공원 같은 느낌, 여러 인종(흑인, 백인, 아랍인 등등)이함께 어우러져 아무 불편함 없이 평화롭게 지내는 모습이 매우 인상적인 도시 몽펠리에. 타인에대한 톨레랑스(tolerance, 관대, 관용)가 강한 도시 몽펠리에.. 전형적인 남프랑스의 지중해 날씨가 사람들을 톨레랑스하게 만드는 걸까?".. 중략..

필자가 'ICID 몽펠리에 회의' 참가 후 참가기 쓴 것을 발췌해 왔다.

2003년 ICID 제54차 집행위원회의 및 제20차 유럽회의가 몽펠리에에서 개최된 이후 12년 만에 다시 열린 몽펠리에 회의는 남프랑스의 가장 큰 매력인 따가울 만큼 따스한 햇볕, 눈부신 바다, 겨울에도 따뜻한 지중해성 기후로 최상의 회의 개최지(venue)로서의 입지 조건이 참가자들의 마음을 들뜨게 했다. 필자 또한 그런 마음 또한 남다르지 않았음을 솔직히 고백한다.

2015년 10월 10일부터 16일까지 ICID 제66차 집행위원회의 및 제26차 유럽지역회의가 프랑스 몽펠리에에서 개최되었다. ICID 몽펠리에 회의는 집행위원회의, 유럽지역회의, 분과위원회의(워크숍, 심포지엄) 등 매년 개최되는 통상적인 회의와 라운드테이블(개발도상국 지원등), 사이드이벤트, ICID 관계자회의 등 다양한 회의들로 1주일 내내 패럴렐(parallel)로 개최되었다.

회의의 주요 내용은 각 컨퍼런스 참석, 논문 발표, 전시회 참석, 현장견학 등 다양한 프로그램으로 전체 참가자들(27명)이 각각의 미션을 가지고 참가하였다. 특히, 우리 대표단들은 작년 (2014년) 광주총회의 성공적 개최의 여운이 가시지 않은 탓인지 만나는 사람마다 광주총회의 추억담을 들먹이곤 했다.



몽펠리에의 명물, 로마식 수로교 "생 끌레멍 다리 (L'aqueduc Saint-Clemant)"

몽펠리에 회의는 여느 유럽회의들이 그러듯이 정부의 도움이나후원을 많이 받지 않고 순수 등록비예산만으로 운영된 실용적인 회의의 대표적인 사례로 향후 ICID 회의가 지향해 나가고자 하는 방향이 되지 않나 싶다.하지만 "임도 보고, 뽕도 딴다"는 일거양득의 국제회의 참가목적에 부합되지 않아 참가자들의 만족도는 그리 높지 않다는사실 또한 부정할 수가 없다.

아울러 ICID 몽펠리에 회의는 각국에서 참석하 대표자들과 아시아·아프리카 저개발국의 ODA 사업을 한국농어촌공사 사업으로 연결시키고자 각고의 노력을 한 비즈니스 여행이었다고 생각 하다

농어촌공사 CEO(이상무 사장)를 비롯하여 KCID, 대학, 농어촌공사에서 참석한 대규모 대표단 들은 아침에는 조찬모임을 주선하고, 낮에는 회의장에서 그리고 저녁에는 각국의 만찬장에서 각자의 미션으로 우리 한국, 농어촌공사의 해외 사업 개척을 위한 비즈니스를 성공적으로 이루 어낸 의미 있는 국제회의 참가가 아니었나 평가해 본다.

인도네시아, 태국, 미양마 주재워들을 통한 우호 인사들과의 접촉, 저개발 국가인 미양마, 우간 다 YPF(젊은 전문가)를 한국농어촌공사 지원으로 초청해 국제무대로 이끌어 낸 좋은 본보기였 다. 한국농어촌공사가 세계의 중심으로 나아가고자 하는 의지를 세계의 물 관련 전문가들에게 분명히 나타낸 만남의 장이 되지 않았나 생각한다.

2021년 모로코 마라케시. ICID 제72차 집행위원회의 및 제5차 아프리카 지역회의

2021년 11월 22일부터 30일까지 ICID 제72차 집행위원회의 및 제5차 아프리카지역회의가 모 로코 마라케시에서 개최되었다. 코로나19 팬데믹으로 2020년 개최될 예정이었으나 연기에 연 기를 거듭한 끝에 2021년 11월 말에나 겨우 개최될 수 있었다.

KCID에서는 최진용 ICID 부회장, 최강원 KCID 부회장, 이규상 전임이사, 이승원 농어촌연구 원 차장. 필자 등이 참석하였다. 특히 2020년 ICID Virtual 집행위원회의에서 ICID 부회장으 로 선출된 최진용 KCID 부회장(서울대 교수)은 다른 국가의 임원진과 상견례도 없이 1년을 보 낸 터라 더욱 의미 있는 회의 참가이기도 하였다.

'천년의 역사를 지닌 붉은 도시 마라케시', 마라케시에 붙는 수식어들이 많다. 마라케시는 인구 100만의 중도시인 오아시스 도시로 아랍인, 유럽인들의 휴양도시로 인기가 높다고 한다. 13세 기~16세기 중세 이슬람교의 대도시로 사워 및 궁전이 많으며, 1985년 유네스코 세계 문화유 산에 등재되었다.

'여행자들의 천국'이라고 불리우는 붉은 도시 마라케시는 늘 사람들로 북적이고, 수많은 물건 이 넘쳐나는 곳이다. 볼거리 가득한 골목길과 전통시장, 천년 세월이 담긴 왕궁과 성채들이 지 나가는 여행객들의 발길을 잡곤 한다. 마라케시 여행의 필수 코스인 '마조렐 가든'은 프랑스 유 명 패션 디자이너 이브 생 로랑이 가장 사랑했던 곳으로 이곳에서 예술적 영감을 많이 얻었다 고 한다.

01

04

05

09



ICID 부회장이며 ANAFIDE 회장인 호세 바탈리 교수와 기념촬영

모로코 회의에서 가장 인상적인 것은 사막에서 물을 다루는 방법을 알려준'무하마드 6세 물 박물관'이었다. 현장 견학지로 방문한 물 박물관은 모로코의 물 문명과 역사를 다루고 예전부터 물을 어떻게 활용해 왔는지 한눈에 알 수 있는 역사 박물관이다. 고대부터 물을 다루는 시스템이 어떻게 발전되어 왔는지, 사막에서도 물을 어떻게 저장하여 사용하고 있는지 물의 사용 역사를 알려준 물 박물관이다. 주로 건조지역 및 오아시스 농업용수 관리 및 물관리 기술과 전통적 지하수취수시설, 마라케시 지역 관개시설 및 유산 등을 잘 보여주고 있다.

모로코 회의는 ANAFIDE(토지개량관개배수환경 연합회)라는 협회에서 주관해 ICID 부회장이자 ANAFIDE 회장인 호세 바탈리 교수가 회의 전체 를 진두지휘하고 어메니티까지 챙기는 친절하고 자상한 우리네 할아버지 같은 좋은 인상을 받게

되어 컨퍼런스의 준비 및 회의 진행이 우리 기준에 비해 체계적이지는 않았지만 모로코 회의를 오래 기억하게 해주었다.

공사 29년 동안 최고의 자랑거리, 가장 기억에 남는 것이 뭐냐고 묻는다면??

공사 29년을 근무하면서 최고의 자랑거리, 가장 기억에 남는 것이 무엇이냐고 묻는다면, 필자는 두 가지를 서슴지 않고 말할 수 있을 것 같다.

첫째는 『농어촌연구원 50년사』 편찬이다.

여기저기 흩어져 있던 자료들을 『농어촌연구원 50년사』로 모아 집대성하였다. 지금 우리 농어 촌연구원 연구원들이 DB 차원에서 바이블처럼 이용하고 있다고 그 가치와 의미를 이야기하면 더없이 기쁘고 뿌듯하다.

누군가는 해야 할 일을 필자가 하게 되어 더 기쁘고 보람되며, 공사를 위해서 뭔가를 남기고 떠나는 마음이라 더 의미 있게 다가온다. 농어촌연구원의 역사가 필자와 갑장이라 그 일을 내가하게 돼서 더 의미 있다고 그렇게 편찬 후기에 쓴 적이 있어 마음이 훈훈해진다.



농어촌연구원 50년사

또 하나 보람되게 생각하는 일은 『한국관개배수위원회 50 년사」를 편찬한 일이다. 이 역시 KCID 창립 이래 산재해 있 던 KCID 역사 조각들을 하나하나 찾아서 끼워맞추듯 들추 어보고, 찾아보고, 확인해 보고...

그래도 다행인 것은 오랫동안 KCID 업무를 챙기고 있었던 터라 근 30여 년 동안 관계를 맺었던 각 대학의 교수님들. 농어촌공사 선배님들께서 아직 건재해 계시기에, 자료도 제공해 주고, 회고담도 들려주셔서 50년사를 편찬할 수 있 었다.

특히 김주창 고문님은 농어촌연구원, KCID를 망라하여 농 공학 분야 역사의 산증인이시다. 자료도 기꺼이 제공해 주

시고 추억담도 작 성해 주시고. 이분이 안 계셨다면 우리 자 료들은 영원히 추억의 뒤안길로 묻혀버렸을지도 모른다. 고 맙고 참 감사한 분이다. 이런 분들이 살아 계시는 동안 더 많 은 자료들을 요청해서 정리해 놓는 것이 공사를 위해서도 KCID를 위해서도 참 의미 있는 일이리라.

이런 자료 정리를 통하여 새로운 역사가 정립되고 또 앞으로 나아갈 방향이 제시될 수도 있을 것이다. 한국농어촌공사 역 사. 농어촌연구원 역사. KCID 역사가 재정립될 수 있는 '뜻 있는 사업'이 또 하나 탄생되기를 기대해 본다.



한국관개배수위원회 50년사

세계관개시설물유산 등재 제도를 정착시켜 세계 속의 NGO로 성장시키다.

세계관개시설물유산(WHIS, World Heritage Irrigation Structures) 제도란 국제관개배수위원 회(ICID)가 일정기준을 만족하고 역사적인 가치가 있는 관개배수 구조물에 대하여 유산으로 인 정하는 제도이다.

즉, 세계적으로 농업발전에 대한 기여와 기술의 우수성, 건설 당시의 혁신성, 환경을 고려한 설 계. 고유성 및 문화적 전통 보유 등 탁월한 농업유산을 유지·보존하는데 그 의의가 있다. 농림축 산식품부가 주관하는 국가중요농업유산(KIHAS) 제도와 FAO(국제연합식량농업기구)가 주관하 는 세계중요농업유산(GIHAS) 제도와 함께 우리가 그 의의를 잘 새겨 발전시켜 나가야 하는 부 분이기도 하다.

01

04

05

09

특히 세계관개시설물유산 등재 제도는 물의 효율적 사용을 고려하여 현상 유지보다는 관개시설 구조를 개선·수리하여 사용가능한 활용측면을 강조하는 부분이 있기도 하다. 2022년 11월말 현재, 17개국 140개가 등재되어 있으며, 우리나라에서는 김제 벽골제·수원 축만제(2016), 수원 만석거·당진 합덕제(2017), 고성 둠벙(2020), 완도 청산도 구들장논·강진 연방죽(2021), 의성소류지 관개시스템(2022) 등 8개이다.

KCID 사무총장으로 다시 부임하여 2020년부터 4개의 관개시설물을 등재시켰다. 이 사업은 우리나라 관개시설물의 국제적인 위상을 제고시키고 각 지역의 농업유산을 활용한 부가가치를 창출시키는 일 뿐만이 아니라 지역브랜드, 문화 관광 상품으로도 활용할 수 있는 참 의미 있는 일이기도 하다.



KCID 사무총장 재임동안의 세계관개시설물유산 등재 인증패 및 등재 기념사진

KCID의 발전을 위한 응원군이 되겠습니다.

KCID는 필자의 친정 같은 곳이다. 친정이 여자들의 든든한 방패, 그리움이듯, 30대 초반 공사에 입사하여 이제 머리가 희끗희끗해지면서 퇴직을 하지만 KCID는 나의 청춘을 바친 곳이라 그 관심과 사랑은 애틋하다.

KCID가 잘 됐으면 좋겠고, 잘한다는 소리를 들으면 더 없이 기분이 좋다. 반대의 경우면 참 많이 속상해진다. KCID 업무를 하면서 체계를 잡으려고 무던히도 애썼으며, 대내외의 관심을 불러일으키려고도 애를 많이 썼지만 한계에 부딪치기도 했다.

사업을 확대시켜 보려고 노력도 해봤지만 환경적인 요인으로 쉽지 않은 경우도 많았다. 하지만 퇴직을 한 후 자연인이 되더라도 필요한 부분이 있으면 KCID가 더욱 발전해 나갈 수 있도록 기 꺼이 도울 생각이다. 응원군으로 말이다.

아듀(Adieu) KRC ~~ 아듀(Adieu) KCID ~~

KCID NEWS



ICID 세계관개시설물유산(WHIS) 심포지엄 개최

2022년 8월 31일, KCID와 한국농어촌공사는 농림축산식품부, 국제관개배수위원회(ICID), 한 국대댐회(KNCOLD)의 후원으로 ICID 세계관개시설물유산(WHIS, World Heritage Irrigation Structures) 심포지엄을 세종시 베스트웨스턴호텔에서 공동으로 개최하였다. 이번 심포지엄은 한국농어촌공사 관계자와 지자체 및 학계 전문가 등이 참석한 가운데 WHIS 인증제도의 활성화 와 지자체 발전방안을 모색하기 위하여 마련되었다.







단체사진

환영사 및 축사

WHIS 인증제도 소개







지자체 발표

지자체 발표

패널토론

01

02

04

06

07

09

심포지엄에서는 KCID 부회장인 최강원 농어촌연구원장, 농식품부 농업기반과 이재천 과장, ICID 부회장인 최진용 서울대 교수의 환영사 및 축사에 이어, KCID 이규상 전임이사가 세계관 개시설물유산 제도에 대하여 소개하였다. 이어서 5개 지자체의 담당자들이 세계관개시설물유산 등재지 현황 소개와 유지관리에 대하여 공유하였다.

이어진 패널 토론에서는 세계관개시설물유산 등재 활성화를 위한 의견들이 논의되었으며 타 인 증제도와 연계하여 등재지의 보존관리 및 복원을 통해 지자체 사업활성화의 계기가 되는 것이 중요함이 강조되었다. 토론의 좌장을 맡은 KCID 최강원 부회장은 이번 심포지엄을 통해 우리나라 주요 관개시설물들의 과거, 현재, 미래를 공유하며 WHIS의 유지관리와 활성화에 기여할 수 있기를 바란다고 말했다.

의성 소류지 관개시스템, ICID 세계관개시설물유산(WHIS) 등재

2022년 10월 6일 제73차 ICID 국제집행위원회에서 경북 의성군 소류지 관개시스템이 세계관 개시설물유산(WHIS)으로 등재되었다. 의성 소류지 관개시스템은 삼한시대 고대국가인 조문국시대부터 2천여 년의 농업역사를 가진 관개시설물로서, 비가 적게 오는 불리한 농업환경을 극복하기 위하여 수통과 못종 관개시스템으로 용수 사용량 조절을 가능하게 하였으며, 2020년 농림축산식품부 제10호 국가중요농업유산으로도 등재된 역사적·기술적 관개시설물이다.

KCID는 의성 소류지 관개시스템의 세계관개시설물유산 등재를 2022년 주요 사업계획 중 하나로 수립하고, 지속적으로 자문회의를 개최하여 내·외부 전문가의 의견을 수렴하였으며 지자체와 협력하는 등 등재를 추진해왔다. 이번 등재로 국내에서는 김제 벽골제, 수원 축만제, 수원 만석거, 당진 합덕제, 고성 둠범, 강진 연방죽, 청산도 구들장 논에 이어 총 8곳이 등재되었다.





세계관개시설물유산 등재 수여식







인증서 및 인증패

세계관개시설물유산 등재 언론보도(캡처) (출처: https://news.kbs.co.kr)

ICID 제24차 총회 및 제73차 집행위원회 참가

ICID 제24차 총회 및 제73차 집행위원회가 호주 애들레이드 컨벤션센터에서 2022년 10월 3 일부터 10일까지 8일간 개최되었다. 한국 대표단은 KCID 최강원 회무부회장, 이규상 전임이 사, 이승원 사무국장을 비롯하여 ICID 최진용 부회장 그리고 ICID 분과위원 및 논문을 제출한 전무가 등 20여 명이 참가하였다. KCID는 이번 총회에서 『미래 관개관리를 위한 통합적 접근 법」을 주제로 열린 국제 심포지엄에서 국가보고서를 발표하였으며, 국제집행위원회의와 각 총 회 세션 및 기술 분과위원회의 등에 참석하였다.

이번 집행위원회에서는 올해 KCID에서 추진한 의성 소류지 관개시스템이 세계관개시설물유 산(WHIS)으로 등재되어 인증서와 인증패를 받았으며, 논문을 발표한 젊은 전문가 중, 최고 발 표 학생상에 한경대학교 이희진(박사과정, Poster부문 1위)과 윤동현(박사과정, Oral부문 2위) 이 각각 수상의 영애를 안는 큰 성과를 올렸다. 그 외에도 KCID는 INWEPF 및 INCID 일본대 표단과의 실무회의, 차기 ICID 회의 개최국들의 리셉션, ICID 최진용 부회장의 운영위원회 및 국가위원회의 참석 등을 통해 국제 네트워크를 구축하였으며 최신연구 및 사업동향을 파악하 고 국가간 협력을 강화하는 계기를 마련하였다.







제24차 총회

기술분과위원회의

01

02

04

06

07

09





국제심포지엄 한국보고서 발표

제73차 집행위원회의







최고 발표 학생상 시상

최고 발표 학생상 수상자

상장

연안개발 분과위원회 세미나 개최

KCID 연안개발 분과위원회는 2022년 10월 13일 대구 인터불고 호텔에서 열린 한국농공학회 학술발표회에서 특별세션으로 『연안개발을 위한 친환경 에너지 확보 기술』을 주제로 세미나를 개최하였다. 세미나는 연구원 및 전문가로 이루어진 20여 명의 분과위원이 참석한 가운데 조력, 수상태양광, 해수열, 파력발전, 양수발전의 친환경 연안개발에 대한 5개의 주제발표로 진행되었다.

연안개발 분과위원회 이병욱 간사(농어촌연구원)는 공진형 파력발전 기술개발에 대하여 발표하였으며 특히, 악천후에도 안전하며 내구성이 강한 발전 장치를 개발하기 위해 수행중인 연구에 대해 소개하였다. 농어촌연구원 백동해 주임연구원은 준3차원 동수역학 수치모델인 Delft3D-FLOW 모델을 활용한 방조제 연계 발전시설 운영 수리특성 분석법에 대하여 발표하였다.

세미나를 주최한 송현구 연안개발 공동분과위원장(농어촌연구원 국제융합수리시험센터장)은 앞으로도 연안개발 분과위원회가 조력, 태양광 관련 추진중인 사업의 기술지원을 위하여 사업 별 실시간 지원체계를 구축하여 운영하고 기술지원 TF를 구성하는 등의 활발한 활동을 이어갈 것이라고 밝혔다.

01

02







행사장

송현구 공동분과위원장 개회사

주제발표

KCID 후원 2022년 수자원 SOC 안전포럼 개최

한국농어촌공사 농어촌연구원이 주관하고 KCID가 후원하는 2022 수자원 SOC 안전 포 럼이 2022년 12월 1일, 양재 The-K 호텔에 서 개최되었다. 포럼의 주제는 『한국의 댐·저 수지 안전 Network Weaving』으로 농어촌연 구원과 K-Water연구원, 한국수력원자력 수 력처, 국토안전관리원 기반시설본부 4개의 기



관의 전문가들이 참석한 가운데 열렸다. 포럼에서는 전 방재학회장인 박무종 한서대 교수를 비롯한 학계 전문가들이 수자원 전망 및 수자원 SOC 방재관련 기술 및 정책 등을 주제로 강 연하였으며, 이어서 기관별 실무자들이 사업 및 연구 소개와 협업·동반 성장을 위한 자유토 론을 진행하였다. 이번 포럼은 기후변화와 노후화에 대한 댐 재개발 및 안전·유지관리를 위한 기술개발과 정책에 대하여 정보를 공유하고 수자워 안전 네트워크를 강화하는 방안을 마련하 는 좋은 기회가 되었다.

04

06

07

09



ICID NEWS



ICID 제24차 호주총회 및 제73차 집행위원회 개최

ICID 제24차 총회 및 제73차 집행위원회가 호주 애들레이드 컨벤션센터에서 2022년 10월 3 일부터 10일까지 8일간 개최되었다. 코로나19로 인하여 두차례 연기되어 제23차 멕시코 총회이후 5년 만에 열린 이번 총회에는 총 64개국 2,000여 명이 참석하였으며 150여 편의 학술논 문이 제출 및 발표되는 등 성대하게 치러졌다.

10월 4일 열린 국가위원회 및 임원단 회의에서 ICID Dr.Ragab Ragab 회장은 라오스 국가위원회의 ICID 가입(2023년 예정)을 한국이 지원하기로 한 결정에 감사를 표하며 신규 회원국가입을 위한 저개발국 지원을 독려하였으며, 코로나19와 우크라이나 전쟁으로 인한 ICID 재정위기에 따른 각 국가위원회의 적극 지원을 요청하였다. 10월 10일 열린 집행위원회에서는 ICID 비전 2030 로드맵 관련 추진 진행사항이 발표되었으며, 임원선거에서는 인도, 프랑스, 남아공 후보(각 1명, 임기2022-2025)가 부회장으로 선출되었다.







행사장 전경 총회 개회식 전시회장

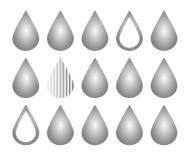
ICID 제25차 인도총회 및 제74차 집행위원회 개최 추진

ICID는 제25차 총회 및 제74차 집행위원회를 인도 비작 (Visakhapatnam)에서 2023년 11월 1일부터 8일까지 개최할 예정이다. 제25차 인도총회의 주제는 『Tackling Water Scarcity in Agriculture』이며 △질문64: What alternative water resources could be tapped for irrigated agriculture?, △질문65: Which on-farm techniques can increasewater productivity? 의 주제로 논문발표와 심포지엄 등이 진행될 예정이다. ICID는 '23년 상반기에 논문 접수 및 심사를 진행할 예정이다.



ICID 차기 회의 일정

날짜	회의명	개최장소
2023.1.25~27	제10차 국제마이크로관개컨퍼런스	모로코 다클라
2023.11.1~8	제25차 총회 및 제74차 집행위원회의	인도 비작
2024.9.1.~7	제9차 아시아지역회의 및 제75차 집행위원회의	호주 시드니
2025.9.7~13	제4차 세계관개포럼 및 제76차 집행위원회의	말레이시아 쿠알라룸푸르



01

02

04

06

07

09

국제농업 동향



한국농어촌공사, 농업가뭄 모니터링 기술 고도화 세미나 개최

한국농어촌공사(사장 이병호)는 선제적 가뭄 대응을 위해 2022년 11월 28일 광주광역시 김대 중컨벤션센터에서 각계 전문가를 초청한 '농업가뭄 모니터링 기술 고도화 세미나'를 개최하였다. 이번 세미나는 최근 남부지방이 역대 최악의 가뭄을 겪고 있는 상황에서 공사와 각계 전문가 40여 명이 한자리에 모여 농업가뭄 모니터링 기술고도화를 통한 선제적 농업가뭄 대응 방안을 논의했다는 것에 의의가 있다.

이날 주제 발표에서는 한영규 센터장(한국농어촌공사 농업가뭄센터)은 '농업가뭄 모니터링 기술 고도화 중장기 계획', 최민하 교수(성균관대학교)는 '인공위성을 활용한 농업가뭄 모니터링', 남원 호 교수(한경대학교)는 '미국의 위성영상 기반 가뭄 모니터링 및 예경보시스템'을 각각 발표했다.

이어진 종합토론에서는 윤광식 교수(전남대학교)를 좌장으로 충남대 박종석, 이광야 교수와 전남 농업기술원 기옥재 팀장, 신안 농업기술센터 이정훈 주무관, 한국농어촌공사 영산강사업단홍경필 부장이 참석하여, △논가뭄 및 밭가뭄 모두 모니터링 가능한 자체기술 확보 필요성 △인공위성을 활용한 밭가뭄 모니터링 기술개발 △스마트팜의 작물 최적 생육상태모니터링으로



받작물 정보 확보 △받작물 가뭄 현장 대응체계 및 최근 가뭄발생 상황 △가을 가뭄에 밭작물 용수공급 사례 등에 대해 논의했다.

토론자들은 기후변화를 넘어 기상이변 수 준으로 발생하고 있는 가뭄에 대비하기 위해 실질적으로 적용가능한 기술개발과 추진 방안에 대한 고민이 필요하다는 데 의견을 모았다. 김규전 수자원관리이사는

"국가의 식량안보를 위협할 수 있는 가뭄상황을 선제적으로 대응할 수 있도록 공사가 주축이 되어 가뭄 모니터링 기술개발을 적극적으로 추진해 나가겠다"고 전했다.

☞ 출처: 농수축산신문 및 한국농어촌공사 홈페이지-사이버홍보-보도자료

농림축산식품부, 2022 글로벌 농업 ODA 포럼 개최

농림축산식품부는 '변화하는 환경속에서 식 량안보 및 영양확보를 위한 국제개발 협력방 안 모색'을 주제로 2022년 11월 21일~22일 양일간 국제농업 공적개발원조 토론회(글로 벌 농업 ODA 포럼)를 개최하였다.



정황근 농림축산식품부장관은 개회사를 통해

올 한해 기후변화, 코로나19 확산 등으로 전 세계가 심각한 식량 위기를 겪고 있어 국제사회의 협력이 더욱 절실히 요구되고 있음을 강조하면서, 농식품부도 국제사회 구성원들과 함께 세계 식량문제 해결을 위한 2030 지속가능발전목표(SDGS) 달성을 위해 최선을 다하겠다고 밝혔다.

반기문 글로벌녹색성장기구(GGGI) 이사장은 축사에서 "코로나19. 러-우 사태 등으로 전 세 계가 심각한 식량 위기를 겪고 있으며, 식량안보, 빈곤과 굶주림, 기후변화 위기로 인한 농업 분야 손실 등의 문제를 해결하기 위하여 국제사회의 협력과 노력이 매우 중요하고 꼭 필요하 다. 앞으로도 농식품부와의 공적개발워조(ODA) 사업을 통해 세네갈 등 개도국 발전을 위해 적 극 노력하겠다."라고 말했다.

본 행사는 분쟁, 기후변화, 탄소중립, 전염병의 4개 주제로 구성되며, 각 주제와 관련하여 3개씩 총 12개의 발표와 토론이 진행되었다. 한국농촌경제연구원(KREI), 한국국제협력단(KOICA), 민 간기업, 대학 등 국내 공적개발원조(ODA) 담당 기관 및 민간·학계 전문가 등이 토론자로 참여하 여 각 국제기구에서 추진하고 있는 다양한 식량안보 위기 대응방안에 대해 논의하였다.

김첩 농식품부 국제협력총괄과장은 "분쟁 및 기후변화 위기 등 식량안보와 관련한 공적개발원 조(ODA) 수요가 증가하고 있는 상황에서 국제 이슈 해결에 기여하면서 우리나라에 도움이 되 는 공적개발원조(ODA)를 추진하는 것이 중요하다"라고 언급하였다.

또한 "이번 국제 농업 공적개발원조 토론회(글로벌 농업 ODA 포럼)를 계기로 지속가능발전목 표 달성을 위해 제시된 다양한 농업 분야 협력과제들이 각 국제기구에서 어떻게 발굴·추진되고 있는지 점검하고 개도국에도 널리 공유할 수 있도록 준비할 예정이다"라고 밝혔다.

☞ 출처: 농림축산식품부 홈페이지-알림소식-보도자료

01

04

08

09

한국농어촌공사-유네스코와 물분야 국제교육 MOU 체결



한국농어촌공사(사장 이병호)와 유네스코 물안보 국제연구교육센터(센터장 신봉우)는 2022년 9월 26일 물분야 국제교육 협력 양해각서(MOU)를 체결하고,국제교육사업 등 기후변화에 따른 세계물문제 해결에 상호협력하기로 했다.

한국농어촌공사는 1976년부터 개도 국 공무원을 대상으로 연수를 해왔으며 2017년에는 국제교육교류센터를 설치

해 지금까지 120여 개국, 4,200여 명에게 농업·농촌개발, 농업용수개발 및 관리 등에 대한 연수를 실시해 왔다.

유네스코 물안보 국제연구교육센터는 2017년 설립된 국내 유일의 물분야 전문 국제기구로 글로벌 물문제 해결을 위한 개도국의 물 안보 전략지원 차원의 연수 및 교육업무 등을 수행하고 있다.

양 기관은 이번 협약을 통해 물분야 공동 교육사업을 개발·추진하고, 전문가의 교육강사 지원 등 인적교류 및 교육과정 교안의 공동개발 등의 분야에 대해 적극 협력하기로 했다.

앞서 두 기관은 8월 유네스코 주관으로 시행된 중앙아시아 스마트물관리 전문가 초청 연수에서 공사가 농업용수 전문교육과 현장 견학을 지원하는 방식으로 참여하여 참석자들로부터 호명을 받으면서 향후 두 기관의 협력이 개도국의 농업용수를 포함한 글로벌 물 문제 해결에 기여할 것으로 기대되고 있다.

인재개발원 최병윤 원장은 "전 세계적으로 기후위기로 인한 물과 식량안보 문제에 직면한 가운데 양 기관의 협력이 개도국의 지속가능한 성장에 기여하기를 기대한다"며 "농업용수를 포함한 물분야 국제 교육의 활성화로 공사의 경험과 기술력을 전파하는데 앞으로도 최선을 다하겠다"고 말했다.

☞ 출처: 한국농어촌공사 홈페이지-사이버홍보-보도자료 및 충청뉴스

농림축산식품부, 아시아 지역의 식량안보 강화방안 논의

농림축산식품부 박범수 차관보는 2022년 10월 26일, 제22차 아세안+3 농림장관회의(영상, 라오스 의장국)에 참석하여 역내 식량안보 강화를 위한 아세안과 한국·중국·일본 간의 협력

방안에 대해 논의하였다.

박범수 차관보는 기조연설을 통해 최근 농식품 공급망의 교란과 기후변화로 인해 식량 위기가 심화되는 상황에서 아세안+3 농림장관회의가 역내 식량안보를 위한 중요한 논의의 장이 되고 있다고 평가하였고, 식량안보, 기후변화 대응, 농가소득 제고 등 3가지 분야에서 아세안+3 협 력의 중요성을 강조하였다.

특히 역내 식량안보 차원에서 아세안+3 비상 쌀 비축제(APTERR)를 통한 쌀 지원을 지속하는 한편, 올해 라오스에서 추진 중인 전략작물 생산 예측시스템 구축사업을 다른 아세안 국가로 확대해나가기로 하였다. 아울러 역내 기후변화 대응과 농가소득 제고를 위해 지능형농장(스마 트팜) 시설 구축과 농업기술 보급, 교육 · 훈련 등에 대한 지속적인 지원을 약속하였다.

참가국들은 이번 회의를 통해 아세안+3 비상 쌀 비축제도(APTERR)와 아세안+3 식량안보 정 보시스템(AFSIS)의 진행 상황, 그 밖에 「2016~2025 아세안+3 협력전략(APTCS)」에 따른 9 개* 농림분야의 협력 성과를 공유하고 향후 전략 등에 대하여 의견을 교환하였다.

* 「2016~2025 아세안+3 협력 전략」(APTCS)의 9개 분야: ① 식량안보 강화, ② 바이오매스 에너지 개발, ③ 지속가능한 산림관리, ④ 기후변화 완화 및 적응, ⑤ 동식물 위생 및 질병 통제, ⑥ 역량강화, ⑦ 정보시스템 강화, ⑧ 농산물생산성 향상, ⑨ 연구개발

아세안 국가들은 아세안+3 비상 쌀 비축제(APTERR)가 아세안 지역이 코로나19, 기상재해 등 으로부터 대처하는 데 중요한 도움이 되고 있음을 평가하며, 한국과 일본이 지난 3년간 7천 톤 (한국 4천 톤)의 쌀을 지원한 것에 대해 깊은 감사의 뜻을 표하였다. 우리나라는 2017년부터 현재까지 아세안+3 비상 쌀 비축제(APTERR)를 통해 총 1만 9천 톤의 쌀을 지원했으며. 올해 는 1천 톤의 쌀을 미얀마와 필리핀에 재해 대비용으로 지원한 바 있다.

참가국들은 식량안보를 강화하는데 회복력 있고 지속 가능한 농업과 식품 시스템이 필수적이 라는 데 공감하면서, 순환농업의 촉진, 지속 가능한 식품 시스템의 구축, 기후변화 적응 및 완 화를 위한 개발, 스마트 및 디지털 농업 등의 분야에서 협력을 강화해나가기로 하였다.

☞ 출처: 농림축산식품부 홈페이지-알림소식-보도자료

식량·기후 위기 속 지속가능한 식품 콜드체인에 대한 투자가 중요

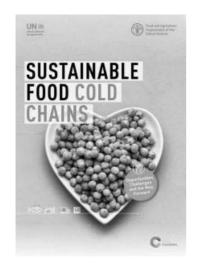
2022년 11월 12일, UN은 식량불안과 지구 온난화가 심화되고 있어 정부, 국제개발 파트너, 각 산업이 기아를 완화하고 지역사회에 생계를 제공하며 기후변화에 적응하기 위해 지속가능 한 식품 콜드체인에 투자해야 한다고 발표했다.

이날 제27차 유엔기후변화협약 당사국총회에서 발표된 유엔환경계획(UNEP)과 유엔식량농업 기구(FAO)의 '지속가능한 식품 콜드체인 보고서'는 식품 콜드체인이 온실가스 배출 증가를 피 01

04

08

09



하면서 2050년까지 추가적으로 20억 명을 먹여 살리는 도 전과제를 완수하고, 농촌 지역사회의 회복력을 활용하는 데 있어 매우 중요하다는 것을 조명한다.

본 보고서는 FAO, 오존 사무국(Ozone Secretariat), UNEP OzonAction 프로그램, 기후 및 청정대기 연합(Climate and Clean Air Coalition)과의 협력하에 UNEP 주도의 냉각 연합(Cool Coalition)의 프레임워크 내에서 개발되었다. Inger Andersen UNEP 사무총장은 "국제사회가 기후·식량위기를 해결하기 위해 행동에 나서야만 할 때, 지속가능한식품 콜드체인은 엄청나게 큰 차이를 만들어 낼 수 있다"라고 말했다. 그녀는 "이러한 식품 콜드체인은 우리가 단번에

식품 손실 감축, 식량안보 제고, 온실가스 배출 둔화, 빈곤 완화 등을 달성할 수 있게끔 한다"라고 덧붙였다.

☞ 출처: FAO한국협회-세계 농수산 동향

한국농어촌공사, 재해예방을 위한 스마트 통합시스템 구축

한국농어촌공사(사장 이병호)는 농식품부와 함께 기후변화에 따른 재난안전관리를 위해 2023 년부터 스마트 재해예방 통합관리시스템 구축을 추진한다고 2022년 8월 16일 밝혔다. 한국농 어촌공사는 2003년부터 저수지와 방조제 739곳에 지진계측기와 누수계측기, 제방변위계측기*를 각각 설치해 재해예방을 위한 계측을 하고 있으나, 개별 계측의 경우 종합적 판단 대응이 어렵고 대규모 저수지 위주로 설치되어 있어 중소규모 저수지의 재해 대응을 위한 시스템이 절실한 상황이다. 특히 최근 극한기후 현상이 자주 발생하면서 준공된 지 30년 이상 경과 된 저수지가 대부분인 농업용 저수지에 대한 안전관리의 필요성이 더욱 커지고 있다.

이에 공사는 중·소규모 저수지(30만㎡ 이하)를 포함한 전체 저수지(3,421개소)에 대하여 강우량 계, 누수계, 변위계 등 계측장치를 묶음으로 설치하고 이를 재해예방계측시스템과 공사가 운영 중인 물관리 시스템을 연계하여 비상상황 발생 시 신속 대응이 가능한 의사결정시스템을 구축할 계획이다.

- * 제방변위계측기: 저수지 제방 사면 지반 움직임의 위험을 감지해 예·경보하는 시스템
- ☞ 출처: 한국농어촌공사 홈페이지-사이버홍보-보도자료

『스마트농업 육성 및 지원에 관한 법률』 제정안 국무회의 통과

「스마트농업 육성 및 지원에 관한 법률」제정안이 2022년 11월 8일 국무회의를 통과하였다. 정부는 '농업의 미래성장 산업화'를 국정과제로 설정하고 스마트농업의 확산을 추진 중이다. 하지만, 그간 스마트농업 관련 지원과 육성에 필요한 법적 근거가 없어 산업계와 농업 현장에 서 법 제정 요구가 많았다.

이번 제49회 국무회의 의결로 스마트농업의 체계적인 육성ㆍ지원을 뒷받침하는 최초의 법안 이 정부 내 모든 과정을 거치고 국회 제출을 앞두게 되었다. 법안은 스마트농업 육성 및 지원체 계를 명문화하고, 산업발전에 필요한 기반 조성과 보급 및 확산을 위한 정책방향을 명시적으로 담고 있다.

법안은 총 5장 25개 조문으로 구성되었으며, 법안의 주요 내용은 스마트농업 육성 및 지원 체 계. 스마트농업을 위한 기반 조성, 보급 및 확산관련 등이다.

법안이 국회를 통과하면 스마트농업 육성 및 지원을 종합적이고 체계적으로 추진할 수 있는 제 도적 기반을 갖추게 되며, 스마트농업이 본격적으로 확산되어 농업의 생산성 및 경쟁력을 향상 시켜 기후변화, 농촌 고령화 등 농업의 도전과제를 극복하는데 기여할 것이다.

정황근 농림축사식품부 장관은 "이 법안에 스마트농업 발전으로 농업혁신을 이루겠다는 정부 의 의지와 농업인 및 업계 관계자들의 염원을 담았다"라고 하면서. "스마트농업 육성 및 지원에 관한 법률이 국회를 통과할 수 있도록 다각적인 노력을 기울이겠다"라고 밝혔다.

☞ 출처: 농림축산식품부 홈페이지-알림소식-보도자료

04

08

09

도서 소개

식량위기 대한민국

저자 | 남재작



식량 위기 '퍼팩트 스톰' 경고! 전 세계 식량 위기가 임박했다. -세계식량계획(WFP), 식량농업기구(FAO) 코로나 위기 다음은 식량 전쟁이다. 식량을 구하려는 필사적 시도가 벌어질 것. -UN

인도의 밀과 설탕 수출 제한, 우크라이나-러시아 전쟁으로 곡물 수확량 감소, 미국 남서부의 극심한 가뭄과 곡물 가격 상승 등 연일 우리의 식탁을 위협하는 뉴스가 나온다. 전쟁 장기화가 아니더라도 기후변화와 인구 증가로 전 세계는 갈수록 심각한 식량난을 마주할수밖에 없다. 곡물의 80퍼센트를 수입하는 우리나라는 특히 해외 의존도가 높다. 대대적인 식량 부족 사태가 일어났을 때 한국이 OECD 국가 중 가장 선제 타격을 받게 될 것은 명확하다. 미국, 유럽, 호주 등은 이미식량난 대비를 마쳤고, 중국도 이에 대한 준비에 들어갔다. 우리는 어떤 준비를 하고 있을까?

유엔 기후변화 전문가이자 코이카 농업 ODA 전문가 남재작 박사는 "탄소중립과 식량 안보 없이는 더 나은 미래를 논할 수 없다"라고 말한다. 특히 식량자급률 이 매우 낮은 한국은 이 위기에 가장 취약함에도 전혀 준비되지 않았다고 주장한다. 국내 최초로 기후변화 와 식량난을 같이 풀어낸 《식량위기 대한민국》은 우리 가 외면하고 싶어 하는 기후 위기에 대한 올바른 지식 과 함께 여섯 번째 대멸종에서 벗어날 수 있는 해답을 모색해 나간다. 1.5도의 상승은 우리에게 어떤 영향을 끼칠지, 기후변화로 일어날 식량 위기를 어떻게 대처해야 할지, 한국은 탄소중립에 도달할 수 있을지 등 통찰력 있게 이야기한다. 예전으로는 이제 되돌아갈 수없는, 앞으로 30년은 지금까지 인류가 살아보지 못한전혀 다른 지구를 경험할 것이다. 그럼에도 세계가 함께 노력하고, 한국이 대안을 논의하고, 개인이 위기를 인식한다면 아직 희망은 있다.

저자는 한국이 직면한 위기 앞에 식량 안보와 농업 발전의 중요성을 강조하며 탄소중립 달성을 위해 실현가능한 대안들을 제시하고 있다. 기후 위기와 식량문제가 서로 연결되어 있다는 것을 인지시켜 주며 미래를어떻게 예측하느냐에 따라 위기에 대한 대처가 달라질수 있다고 한다.

예전에는 그저 먼 얘기로만 생각했던 기후변화와 식 량위기를 이제는 피부로 느끼고 인식을 바꿔야 한다. 우리는 계속해서 위기를 내다보고 미래를 도모해야 한다.



세계농업과 물 투고안내

원고 작성 방법

- 아래한글 프로그램 사용(한글 '07 이상)
- 용 지: A4(210mm×297mm)
- 백: 상15, 하10, 좌25, 우25 • 여
- 체: 신명조 • 서
- 글자크기: 제목 : 견고딕 18 Point 본문: 신명조 10 Point
- 자 가: ()
- 장 평: 100%
- 줄 간 격: 200%
- 타: 워고는 성과품 최고 12페이지를 초과하여 게재하지 못합니다.

원고 집필 및 체계

- 한글 작성을 원칙으로 하고, 한글 원고는 내용 흐름상 한자나 영문을 써야 할 경우 괄호()속에 표시합니다. 예) 가뭄지수(Drought index)
- 제목, 저자명, 본문, 참고문헌 순서로 작성한다.
- 모든 원고의 제목은 국문과 영문으로 작성합니다.
- 저자정보는 저자명, 소속, 이메일 주소를 기입합니다.
- 4명 이상의 공저의 경우, 2열로 나누어 작성합니다.
- 논문의 경우. 초록(Abstract) 및 Keyword를 필히 기입해야하며 초록은 국문과 영문으로 동시 기재합니다. (초록은 300 단어 정도, 15행 내외)

원고 집필 및 체계

- 집필 번호는 다음의 순서로 합니다.
 - 논문: I., 1., 1), 가), (1), (가), ①
 - 논문 외: 1., 가., 1), 가), (1), (가), ①
 - I., 1., 가. 등 상위 3단계의 제목들은 고딕체 굵은 글씨를 사용합니다.

그림 및 사진

- 그림, 사진, Fig, Picture의 번호와 제목은 그림 하단에, 표, Table의 번호와 제목은 표의 상단에 좌측정렬로 국문 또는 영문으로 표기합니다.
- 각각의 표기는 그림 1, 사진 1, 표 1, Fig 1, Picture 1, Table 1의 형식으로 다음의 예와 같이 표기합니다.
- 예) 표 1. 밭식량작물 주산지 지정 기준
- 원고에 삽인된 그림, 사진 및 표의 제목과 내용은 국문 또는 영문으로 통일합니다.

용 어

- 사용 언어는 국문을 원칙으로 하며, 필요시 한자, 영어, 일어 등을 병기할 수 있습니다.
- 국문 논문의 본문 중 영어 단어는 인명 지명 등 고유명사 이외에는 소문자를 사용합니다.
- 기술 용어는 한국농공학회에서 발행한 〈농공기술용어사전〉의 용어와이에 준하는 용어를 사용하고 필요한 경우 괄호 안에 영문 등의 원문을 삽입합니다.
 - ※필요한 경우, KCID 사무국에 요청바랍니다.
- 장, 절의 제목에 영어 단어를 사용 시에는 각 단어의 첫 자는 대문자로합니다.

참고문헌

• 원고 끝에 순서에 따라, 논문일 경우, 저자명, 발행연도, 논문명, 게재지명, 게재 페이지를 기재하고, 단행본일 경우는 저자명, 발행연도, 책명, 발행처명, 인용페이지를 기재합니다. 인용 문헌 표기는 국문, 영문, 일문 및 기타 언어 문헌 순으로 합니다. 예) 이근후, 윤용철, 서원명, 2001, 온실재배 풋고추의 필요수량, 한국관개배수회지 7(2), pp.26-33.

- 국문은 저자명의 가나다순으로, 영문은 저자명 중 성(family name)의 알파벳순으로 작성합니다.
- 동일 저자의 문헌은 출판연도 순서로 작성합니다.

송부방법

• 원고파일 1부를 KCID사무국에 이메일(kcidkr@gmail.com)로 제출합니다.

연락처

한국관개배수위원회 사무국

- 주소: 경기도 안산시 상록구 해안로 870, 한국농어촌공사 농어촌연구원 글로벌연구동 KCID 사무국
- Tel: 031-400-1675,1676
- Fax: 0505-300-0471
- E-mail: kcidkr@gmail.com

학술 및 기술교류 분과위원회 명단

위 원 장 최 진 용 (서울대학교 농업생명과학대학 지역시스템공학 전공 교수)

부위원장 송 인 홍 (서울대학교 농업생명과학대학 교수)

간 사 홍 은 미 (강원대학교 농생대 농업환경융합학부 교수)

위 원 장 태 일 (전북대학교 농생대 지역건설공학과)

유 승 환 (전남대학교 농업생명과학대학 교수)

임 경 재 (강원대학교 농업생명과학대학 교수)

장 민 원 (경상대학교 지역환경기반공학과 교수)

김 영 득 (한국농어촌공사 환경사업처 부장)

김 동 인 (한국농어촌공사 해외사업처 처장)

황 세 운 (경상대학교 지역환경기반공학과 교수)

서 동 욱 (한국농어촌공사 강원지역본부 영북지사 차장)

이 상 현 (충북대학교 교수)

이 재 남 (한국농어촌공사 농어촌연구원 미래농어촌연구소 주임연구원)

최 순 군 (농촌진흥청 기후변화생태과 연구사)

윤 남 규 (농촌진흥청 연구운영과 연구관)



표지 기획의도

관개, 배수, 홍수조절, 하천개수 및 환경보전 등의 이미지를 물로 표현. 인공적인 큰 물방울의 형태로 자연의 물순환을 보완하고, 효율적으로 조절할 수 있음을 시각화하였다.

KCIO 기술정보지 세계 농업과 물

Korean National Committee on Irrigation and Drainage

등록번호 **경기 사-0009** 등록일자 **1994. 7. 11**

발 행 일 2022년 발 행 인 **이 병호**

발 행 처

2022년 12월 31일

사단법인 한국관개배수위원회

경기도 안산시 상록구 해안로 870, 한국농어촌공사 농어촌연구원 글로벌연구동 KCID 사무국 Tel. 031) 400-1675~6 E-mail kcidkr@gmail.com www.ekcid.org

은행계좌 **농협 317-0009-1157-21**

※ 비매품입니다.

대한민국 농어촌의 희망과 미래를 선도하는 **한국농어촌공사 농어촌연구원**



지역사회 연구



미래농업 연구



수리시험



수자원·환경연구

선도적인 기술창출로 **농어업의 미래**를 열어가겠습니다

kr 한국농어촌공사 농어촌연구원