

KCID 기술정보지

세계 농업과 물

2023년 12월(통권 제72호)

www.ekcid.org





CONTENTS

2023년 12월(통권 제72호)



01 논문 및 기술정보

- 이항미 | 농지관리기금의 사회적 가치 수요 결정요인 003
- 연재흠 | 농업용 수로의 디지털 트윈: 도전과 기회 016
- 장은철 | 경사수로를 이용한 토석류 충격력과 전파속도 측정 방법 026
- 서상진 | 낙동강 하굿둑 개방에 따른 기수역 주변 농경지 지하수의 염분농도 변화 분석 040
- 방재홍 | 양수장의 월별 소비전력량을 활용한 농업용수 양수량 산정 방법의 개선 049

02 제25차 ICID 인도총회 한국참가자 논문 및 발표

- 윤희른 | 물-식량-에너지-탄소-수환경 넥서스 연계 분석을 통한 농업 재배활동 영향 평가 : 자원 이용 발자국을 중심으로 61
- 김마가 | TANK 모형과 결합된 ANN 유출 모형의 평가 71

03 국제 협력

- 신문호 | 국제관개배수위원회(ICID) 제25차 총회 및 집행이사회(IEC) 참가기 82
- 임상봉 | 공사ODD사업의 효율적 추진을 위한 모니터링 및 평가방안 92
- 이진영 | 한국국제협력단(KOICA) 학위연수사업소개 106

04 관개배수 역사

- 김주창 | 고려와 조선시대의 기설제(祈雪祭) 112

05 KCID 소식 117

06 ICID 소식 121

07 국제농업 동향 123

08 도서 소개 129

09 투고 안내 130

농지관리기금의 사회적 가치 수요 결정요인*

Determinants of the Demand for Social Value of Farmland Management Fund

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

요약

2021년부터 기금의 사회적 가치 실천방안은 기금존치 여부 평가에 반영되고 있다. 따라서 기금 존치 평가를 위해서는 이해관계자들의 사회적 가치에 대한 수요 파악이 선행될 필요가 있다. 이러한 맥락에서 본 연구에서는 농지관리기금을 활용해 직접 사업을 수행하고 있는 내부 이해관계자들을 대상으로 농지관리기금의 사회적 가치 증진을 위한 수요를 조사하였다. 그리고 순위 포로빗 모델(ordered probit model)을 활용해 농지관리기금의 사회적 가치 증진을 위한 수요를 실증분석 하였다. 분석결과를 바탕으로 농지관리기금의 사회적 가치 증진을 위한 과제를 제안하였다.

Keyword : 기금존치평가, 농지관리기금, 사회적 가치, 순위프로빗 모델

I. 서론

일반적으로 ‘기금(Fund)’은 특정 공공사업 자금을 마련하기 위해 정부가 예산과 별개로 운용, 집행할 필요가 있을 때 조성하는 자금이다. 기금은 국가와 지방자치단체가 연구·개발 사업이나 그 밖의 특정 정책사업 등 특정 부문의 육성과 개발을 촉진하기 위해 원활한 자금 지원을 하려고 하거나 국가와 지방자치단체가 직접 수행하는 사업에 수반되는 자금의 효율적인 운용과 관

* 본 연구는 한국농어촌공사 농어촌연구원(2021)의 「농지관리기금의 사회적 가치 제고 방안」의 연구결과를 수정 및 보완한 것이다.

리를 위해 설치하고 있다(<https://www.lawmaking.go.kr>).

농지관리기금은 「한국농어촌공사 및 농지관리기금법」 제 31조에 의해 조성되어 영농규모 적정화, 농지 집단화, 농지 조성 및 효율적 관리와 해외개발에 필요한 자금을 조달·공급하고 있다. 해당 기금을 활용해 농지은행사업, 대단위농업개발사업 등이 수행되고 있으며, 농지종합정보화, 간척농지활용 등을 지원하고 있다. 이 기금은 3년마다 존치평가를 받고 있다. 2021년부터는 「사회적 가치 실현을 위한 공공부문의 추진전략(2020.1.15.)」의 후속조치로 기금별 사회적 가치 실현방안을 마련하고, 이행해야 한다.¹⁾ 따라서 기금 재정운용 성과정에서 사회적 가치를 실현할 수 있도록 농지관리기금관리 주체는 기금별 특성을 감안한 사회적 가치 실현방안을 마련해야 한다.

하지만 아직까지 기금들의 사회적 가치에 대한 수요를 바탕으로 사회적 가치 증진 방안을 모색한 연구는 매우 부족한 실정이다. 일례로 복권기금 사업의 사회적 가치반영을 위해 복권 기금의 특성을 반영한 사회적 가치의 개념 도출, 사회적 가치를 반영할 수 있는 복권기금 성과평가 체계 개발을 통해 복권기금 사업의 사회적 가치 제고 방안을 모색하였지만(동국대학교 산학협력단, 2018), 내부 이해관계자들을 대상으로 복권기금의 사회적 가치 수요를 파악하지는 못했다. 한편 안경민·권상집(2020)은 신용보증기금의 사회적 가치를 도출하는데 있어서 내부 직원 총 6명을 대상으로 심층 면담을 통해 신용보증기금의 사회적 가치 창출 활동을 도출하고, 사회적 가치 방향성을 제안하였다. 하지만 이 연구도 사회적 가치 증진에 대한 수요를 파악하지는 못했다.

이러한 맥락에서 본 연구에서는 농지관리기금의 내부 이해관계자를 대상으로 사회적 가치에 대한 수요를 파악하였다. 그리고 분석결과를 바탕으로 해당 기금의 사회적 가치 증진을 위한 과제를 제안하였다.

1) 이러한 기금별 '사회적 가치 실현방안'은 국가재정법 제82조에 의거, 매 3년마다 기금 존치여부 평가에 반영되고 있다. 기금운용 평가의 목적은 기금운용의 실태를 평가하여 그 결과를 국민과 국회에 공개함으로써 기금운용의 투명성과 효율성을 제고하고, 기금운용에 대한 종합적이고 전문적인 분석을 통해 기금 정책 수립 및 제도 개선에 기여하기 위함이다(기획재정부, 2021).

II. 사회적 가치 개념과 농지관리기금의 주요 사업과 사회적 가치 개념

1. 사회적 가치 개념

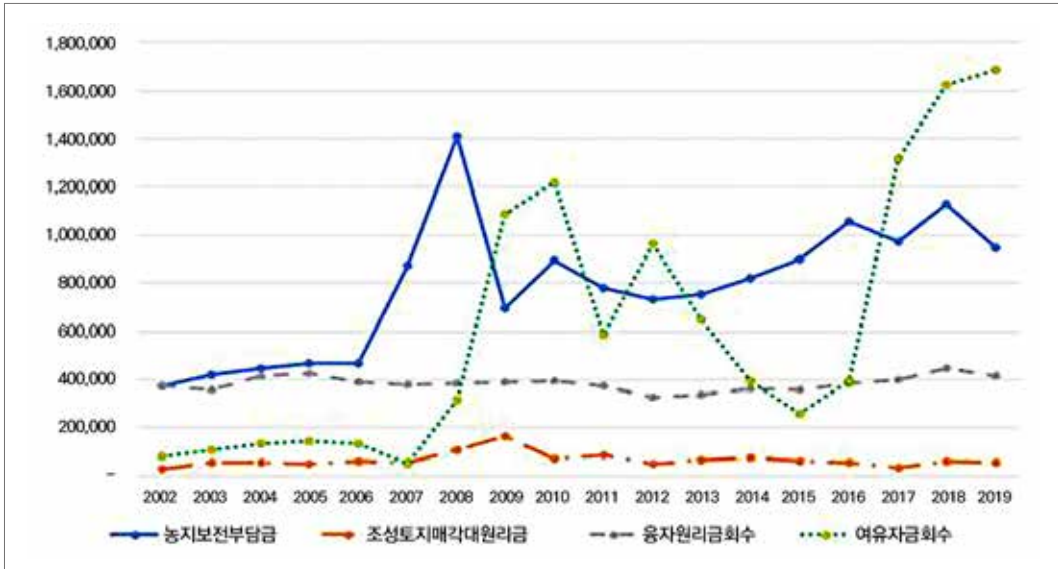
2020년 6월 1일에 발의된 「공공기관의 사회적 가치 실현에 관한 기본법안」에서 ‘사회적 가치’는 “인권, 안전, 환경, 사회적 약자 배려, 양질의 일자리 창출, 사회통합 등 공공의 이익과 공동체 발전에 기여하는 가치”로, 포스트 코로나 시대에 추구해야 할 핵심적 가치로 정의되고 있다. 다만, 사회적 가치는 공동체 및 사회마다 각각 중요시하는 가치 및 영역이 상이하다. 또한, 사회적 가치는 사회 및 시대마다 공동체가 중요시하는 가치가 다를 수 있으며, 하나의 규범적인 가치가 아닌 여러 영역으로 구분될 수 있다(미래창조과학부·한국과학기술기획평가원, 2016).

Poter et al.(2011)은 사회적 가치창출을 기업의 성공과 사회 및 주변 공동체의 번영이 밀접하게 연결되고 상호 의존적이라는 인식에 기반해 기업이 수익을 창출한 이후에 사회공헌 활동을 하는 것이 아니라 기업 활동 자체가 사회적 가치를 창출하면서 동시에 경제적 수익을 추구하는 것으로 정의하고 있다. 한국행정학회(2017)는 사회적 가치를 공공의 이익과 공동체의 발전에 기여할 수 있는 가치로 정의하였다. 그리고 현재 한국사회에서 중시되는 사회적 가치로 국내외에서 중요하게 꼽고 있는 인권, 안전, 노동, 일자리, 건강·복지, 사회적 취약계층 지원, 상생협력, 지역경제, 공동체복원, 책임 및 윤리경영, 환경, 참여 등 12개 영역을 제시하였다.

따라서 위의 사회적 가치 정의를 요약하면, 사회적 가치는 경제적 가치를 넘어 지속가능한 사회 및 공동체 발전에 기여하는 가치로 정의할 수 있고(정도채, 2019), 기업의 활동으로 인해 사회적 가치 창출을 위해서는 기술·경영뿐만 아니라 사회적 가치에 대한 전반적인 이해가 필요하다.

2. 농지관리기금의 주요 사업과 사회적 가치

농지관리기금은 영농규모의 적정화, 농지의 집단화, 농지의 조성 및 효율적인 관리와 해외농업 개발에 필요한 자금의 조달 공급을 목적으로, 「한국농어촌공사 및 농지관리기금법」제31조에 의해 운용되고 있다. 농지관리기금의 조성은 자체수입(농지보전부담금 납입금, 매립지 등의 매각대금 및 임대료, 해외농업개발수익금, 기금운용수익금, 공유수면매립면허권 현물출자 상환금)과 정부내부수입(정부 출연금, 특별회계·금융기관 및 다른 기금으로부터의 차입금, 공공자금관리기금으로부터의 예수금, 다른 기금으로부터의 출연금)이다. 농지관리기금의 조달 수입은 2002년 1,400,637백만 원에서 2020년 3,501,742백만 원으로 지난 20여년간 약 150% 증가해 연 평균 7.5%씩 증가하였다.



자료 : 농림축산식품부·한국농어촌공사(2020)

그림 1 | 농지관리기금의 조달 실적

농지관리기금은 용자사업(맞춤형 농지지원사업, 경영회생지원 농지매입사업, 농지연금사업, 농식품산업 해외진출지원사업), 투자사업(대단위농업개발(농지조성사업)), 보조사업(대단위농업개발(농지조성사업), 기금·사업에 필요한 운용비 등으로 구성된다. 농지관리기금의 용도는 용자사업 중 맞춤형 농지지원사업, 경영회생지원 농지매입사업에 약 62.4%가 운용되고 있다.

한편 농지관리기금은 ① (농지의 이용·관리)효율적인 농지관리, ② (농지의 보전)안정적인 농지관리, ③ (농지의 조성)생산적인 농지관리 기능을 통해 종합적인 농지관리 기능을 수행하고 있다. 먼저 농지의 이용·관리 기능에는 맞춤형 농지지원사업(前 농지규모화사업), 농지종합정보화사업, 대단위농업개발(간척농지활용지원)이 있다. 그리고 농지의 보전 기능에는 맞춤형 농지지원사업(공공임대용 농지매입사업), 경영회생지원 농지매입사업, 농지연금사업이 있다. 마지막으로 농지의 조성 기능에는 대단위농업개발사업(농지조성), 농식품산업해외진출지원이 있다.

이러한 맥락에서 농지관리기금을 활용한 사업으로 농촌사회와 농업이 안고 있는 사회문제를 해결하는 데 기여함으로써 기금 본연의 기능에 부합하는 성과를 측정하고, 농지관리기금이 농촌사회 문제 해결을 통해 기여하는 사회적 가치는 농지 공공성 증진 가치, 농촌 일자리 창출 가치, 농업(법)인 비용절감 편익, 고령농업인 복지증진 가치, 환경보전 가치로 구분할 수 있다.

표 1 | 농지관리기금 사업의 분류

사업구분	세부사업	사업성격	사업 내용	사업 목적
농지 은행 사업	농지매매	용자사업	- 우선지원대상 기준에 따라 농지 매매 중개 - 농지매입자금 장기 저리 융자	- 후계청년농, 청년농, 귀농인 등을 육성하여 지속가능한 농업 생산기반 구축 - 타작물 재배 지원을 통한 식량안보 증진 - 농촌 공동체 유지
	농지임대차	용자사업	- 우선지원대상 기준에 따라 농지 임대차 중개	
	공공임대용 농지매입	용자사업	- 고령농, 은퇴농 등의 농지를 매입한 후 우선지원 대상 기준에 따라 농지 공공 임대	
	농지교환·분합	용자사업	- 농지교환·분합을 통한 농지규모화 사업	
	경영회생지원 농지매입	용자사업	- 부채 농가의 농지 매입한 후 해당 농가에 농지 임대 및 농지 환매권 보장	- 부채농가의 농촌 이탈 방지
	농지연금	용자사업	- 농지를 담보로 고령 농업인에게 농지연금 제공	- 농지 유통화를 통해 고령 농업인의 노후 생활 안정 도모
대단위 농업 개발 사업	대단위농업개발	투자사업	- 간척농지 조성 및 농업생산기반 조성	- 대체농지 조성 등 농업생산기반 구축 - 식량안보 증진
	간척농지 활용지원	보조사업	- 간척지의 체계적 조사를 통해 간척농지의 다양한 농업적 이용 촉진	
	간척농지 영농편의	보조사업	- 조성된 간척농지의 방조제 및 배수갑문 유지관리, 담수로 환경관리 등을 통해 영농환경 개선	
농식품산업 해외진출지원사업		용자사업	- 농식품산업의 해외진출 자금 융자 지원	- 미래 해외 식량확보 기반 마련
		보조사업	- 농식품산업 해외진출을 위한 교육, 환경조사 및 컨설팅 등 지원	
농지종합정보화사업		보조사업	- 필지별 농지관리 정보체계 구축	- 농지의 효율적 관리

자료 : 농림축산식품부·한국농어촌공사(2020)

Ⅲ. 이용 자료와 연구 방법

1. 이용 자료

본 연구에서는 농지관리기금의 사회적 가치 증진 방안 및 구체적인 실행방안을 모색하기 위해 농지은행사업, 대단위농업개발사업, 농식품산업해외진출지원사업, 농지종합정보화사업, 기금운용 담당자 중 수행 업무 경력이 1년 이상인 405명을 대상으로 농지관리기금의 사회적 가치 수요를 조사하였다.²⁾ 이 중에서 농지은행사업 담당자가 330명(81.48%)으로 가장 많고, 이어서 대단위농업개발사업 담당자 49명(12.10%), 농식품산업해외진출지원사업 담당자 5명(1.23%), 농지종합정보화사업 담당자 6명(1.48%), 기금운용 담당자 15명(3.70%)이다. 조사 기간은 2021년 9월 8일부터 9월 16일까지이다.

2. 분석 방법

본 연구에서는 농지관리기금의 사회적 가치 증진을 위한 제도개선에 대해 어떤 요인들이 영향을 미치는지를 파악하기 위해 Greene(2000)의 순위 프로빗(ordered probit) 모델을 이용하였다. 순위 프로빗 모델은 종속변수가 범주변수로 범주가 서열척도 이상으로 측정되어 순위가 있는 경우 활용할 수 있다. 그리고 본 연구에서는 농지관리기금의 사회적 가치 증진을 위해 향후 도입해야 할 기금의 제도개선 수요에 대해 내부 이해관계자 설문조사 결과를 바탕으로 종속변수를 설정하고, 식 (1)과 같이 모델을 설정하였다.

$$\text{식 (1)} \quad L_i^* = \alpha' x_i + \mu_i$$

농지관리기금 제도개선을 나타내는 지표 L_i^* 는 잠재변수, x_i 는 설명변수 벡터, α' 는 추정계수, μ_i 는 오차항이고, 오차항(μ_i)은 표준정규분포를 따른다고 가정한다. L_i^* 는 관찰변수인 L_i 로 식 (2)와 같은 관계를 가지며, μ_j ($j = 0, \dots, J-2$)는 각 범주 사이의 경계를 나타내는 추정계수이다.

$$\text{식 (2)} \quad L_i = 1 \text{ if } L_i^* \leq \mu_0, \dots, L_i = J \text{ if } L_i^* < \mu_{J-2}$$

2) 본 연구에서는 내부 이해관계자인 농지관리기금 사업 담당자들만을 분석대상으로 선정하였다. 물론 사회적 가치 이해관계자로 협력사, 정책고객인 정부와 지자체, 일반고객인 농어민과 일반 국민 등이 있다. 하지만 이들이 농지관리기금의 사업 추진 목적 및 시행 과정에서 발생하는 다양한 사회적 가치를 인식하는 것은 매우 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 농지관리기금의 특성을 고려하여 내부 이해관계자인 임직원을 대상으로 농지관리기금 사회적 가치 인식도 및 추진 과제 등을 살펴보았다.

따라서 $\Phi(\cdot)$ 가 표준정규누적확률함수일 경우 농지관리기금 제도 개선 각각의 수요에 속할 확률은 식 (3)과 같다. 이러한 모델 설정을 통해 식 (1)의 계수는 식 (4)와 같이 추정할 수 있고, 본 연구에서는 최대우도추정방법(maximum likelihood estimation)으로 추정하였다.

$$\text{식 (3)} \quad \text{prob}(L_i = 1) = \Phi(\alpha'x_i), \dots, \text{prob}(L_i = 1) = 1 - \Phi(\mu_{j-2} - \alpha'x_i)$$

$$\text{식 (4)} \quad \log L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^J M_{ij} \log [\Phi(\mu_j - \alpha'x_i) - \Phi(\mu_{j-1} - \alpha'x_i)]$$

IV. 분석결과

1. 농지관리기금의 설립목적에 맞는 기능 수행과 사회적 가치 중요도 인식

전체 응답자의 92.82%는 농지관리기금이 설립목적에 맞는 기능을 수행하고 있다고 인식하고 있다. 이러한 농지관리기금의 설립목적에 맞는 기능은 담당 업무와 성별, 연령에 따라 통계적으로 유의미한 차이가 있다. 먼저 농지은행사업 담당자들의 92.73%, 그 외 사업 담당자들의 93.24%는 농지관리기금이 설립목적에 맞는 기능을 수행하고 있다고 인식하고 있다. 그리고 업무 경력 5년 미만 업무 담당자의 91.17%, 5년 이상 업무 담당자의 95.49%는 농지관리기금이 설립목적에 맞는 기능을 수행하고 있다고 인식하고 있다. 성별로는 남자의 94.22%, 여자의 90.74%는 농지관리기금이 설립목적에 맞는 기능을 수행하고 있다고 인식하고 있고, 20~30대 젊은층의 95.03%, 40대~50대 중장년층의 91.64%는 농지관리기금이 설립목적에 맞는 기능을 수행하고 있다고 인식하고 있다.

한편 전체 응답자의 94.81%는 농지관리기금의 사회적 가치가 중요하다고 인식하고 있다. 이러한 농지관리기금의 사회적 가치 중요도는 성별과 연령에 따라 통계적으로 유의미한 차이가 있다. 농지은행사업 담당자들의 93.94%, 그 외 사업 담당자들의 98.66%는 농지관리기금의 사회적 가치가 중요하다고 인식하고 있다. 업무 경력 5년 미만 업무 담당자의 94.40%, 5년 이상 업무 담당자의 95.48%는 농지관리기금의 사회적 가치가 중요하다고 인식하고 있다. 성별로는 남자의 93.80%, 여자의 96.32%는 농지관리기금의 사회적 가치가 중요하다고 인식하고 있고, 젊은층의 96.45%, 중장년층의 93.94%는 농지관리기금의 사회적 가치가 중요하다고 인식하고 있다.

표 2 | 농지관리기금의 설립목적에 맞는 기능 수행 여부에 대한 인식

단위 : %

구분		전혀 아님	아님	보통	그러함	매우 그러함	합계	통계값
전체 응답자		0.25	0.74	6.19	32.92	59.90	100.00	
업무	농지은행	0.30	0.30	6.67	34.85	57.88	100.00	$\chi^2 = 8.84^*$
	그 외	0.00	2.70	4.05	24.32	68.92	100.00	
경력	5년 미만	0.40	0.40	8.03	34.14	57.03	100.00	$\chi^2 = 6.39$
	5년 이상	0.00	1.29	3.23	30.97	64.52	100.00	
성별	남자	0.41	0.83	4.55	28.10	66.12	100.00	$\chi^2 = 11.51^{**}$
	여자	0.00	0.62	8.64	40.12	50.62	100.00	
연령	젊은층	0.00	0.00	4.96	42.55	52.48	100.00	$\chi^2 = 10.76^{**}$
	중장년층	0.38	1.147	6.84	27.76	63.88	100.00	

주 : * < 0.1, ** < 0.05

표 3 | 농지관리기금의 사회적 가치 중요도 여부에 대한 인식

단위 : %

구분		전혀 중요하지 않음	중요하지 않음	보통	중요함	매우 중요함	합계	통계값
전체 응답자		0.25	0.25	4.69	28.64	66.17	100.00	
업무	농지은행	0.30	0.30	5.45	29.39	64.55	100.00	$\chi^2 = 3.73$
	그 외	0.00	0.00	1.33	25.33	73.33	100.00	
경력	5년 미만	0.40	0.40	4.80	29.20	65.20	100.00	$\chi^2 = 1.42$
	5년 이상	0.00	0.00	4.52	27.74	67.74	100.00	
성별	남자	0.41	0.41	5.37	23.55	70.25	100.00	$\chi^2 = 8.88^*$
	여자	0.00	0.00	3.68	36.20	60.12	100.00	
연령	젊은층	0.00	0.71	2.84	36.88	59.57	100.00	$\chi^2 = 10.53^{**}$
	중장년층	0.38	0.00	5.68	24.24	69.70	100.00	

주 : * < 0.1, ** < 0.05

2. 농지관리기금 사회적 가치 제도 개선 수요

농지관리기금의 사회적 가치 증진을 위한 제도 개선으로는 처분유예 농지 감시관리 강화 수요가 가장 많다. 그리고 상속농지 신고제 도입, 농지선매협의회제 도입 순으로 제도 개선 수요가 많다. 사업담당자별로 구분해 살펴보면, 농지은행사업을 담당하고 있는 직원들은 농지관리기금의 사회적 가치 증진을 위한 제도 개선 수요로 처분유예농지 감시관리 강화 수요가 많다. 한편 농지은행사업 이외 담당자들은 농지관리기금의 사회적 가치 증진을 위한 제도 개선 수요로 상속농지 신고제 도입, 처분유예 농지 감시관리 강화, 농지선매협의회제 도입 순으로 제도 개선 수요가 많다. 따라서 이러한 농지관리기금 사회적 가치 증진을 위한 제도 개선 수요 결과를 통해 기금의 사회적 가치 증진을 위해서는 농지은행사업 및 제도 개선(신설)과 긴밀하게 연계되어야 할 필요가 있다.

표 4 | 농지관리기금 사회적 가치 증진을 위한 수요

단위 : %, 점

구분	전혀 중요하지 않음	중요하지 않음	보통	중요함	매우 중요함	담당 사업별 평균		
						전체	농지은행	그 외
상속농지 신고제 도입	2.73	4.96	27.79	36.23	28.29	3.82	3.76	4.06
처분유예 농지 감시관리 강화	1.23	2.47	21.73	32.59	41.98	4.11	4.12	4.06
농지선매협의회제 도입	0.74	4.94	33.09	35.31	25.93	3.80	3.76	3.97

주 : 전혀 중요하지 않음 = 1, 중요하지 않음 = 2, 보통 = 3, 중요함 = 4, 매우 중요함 = 5

3. 농지관리기금 사회적 가치 수요 결정요인 분석 결과

농지관리기금의 사회적 가치 증진을 위한 제도 개선 수요 결정요인을 순위 포르빗 모델로 추정 한 결과는 <표 5>와 같다. 로그우도 검정통계량 값(LR test)은 각각의 제도 개선 수요 모델에서 모두 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

첫째, 상속농지 신고제 도입에 대해 업무 경력이 짧을수록, 농지관리기금이 사회적 가치를 제공한다고 인식할수록 상속농지 신고제 도입 수요가 증가하는 것으로 나타났다.

둘째, 임대차 신고제 도입에 대해 업무경력이 짧을수록, 농지관리기금의 사회적 가치를 중요하

다고 인식할수록, 농지관리기금의 사업 성과를 사회적 가치보다 중요하게 인식할수록, 농지관리기금이 사회적 가치를 제공한다고 인식할수록 임대차 신고제에 대한 수요가 증가하는 것으로 나타났다.

셋째, 처분유예명령 유예 농지 감시·관리 강화에 대해 남자보다는 여자 직원일 경우, 업무경력이 짧을수록, 농지관리기금의 사회적 가치를 중요하게 인식할수록, 농지관리기금의 사업 성과를 사회적 가치보다 중요하게 인식할수록, 농지관리기금이 사회적 가치를 제공한다고 인식할수록 처분유예명령 유예 농지 감시·관리 강화에 대한 수요가 증가하는 것으로 나타났다.

넷째, 농지선매협의제 도입에 대해 업무경력이 짧을수록, 농지관리기금의 사업성과를 사회적 가치보다 중요하게 인식할수록 농지선매협의제 도입에 대한 수요가 증가하는 것으로 나타났다.

다섯째, 경영희생지원 농지매입사업 환매이자율 인하에 대해 연령이 많을수록, 농지은행사업을 담당할수록, 농지관리기금의 사회적 가치를 중요하게 인식할수록, 농지관리기금이 사회적 가치를 제공한다고 인식할수록 환매이자율 인하 수요가 증가하는 것으로 나타났다.

여섯째, 탄소중립추진단 설치에 대해 남자보다는 여자 직원일 경우, 연령이 많을수록, 농지관리기금의 사회적 가치 중요도를 중요하게 인식할수록, 농지관리기금이 사회적 가치를 제공한다고 인식할수록 탄소중립추진단 설치에 대한 수요가 증가하는 것으로 나타났다.

일곱째, 탄소가치은행 설립에 대해 남자보다는 여자 직원일 경우, 농지관리기금의 사회적 가치를 중요하게 인식할수록, 농지관리기금이 사회적 가치를 제공한다고 인식할수록 탄소가치은행에 대한 수요가 증가하는 것으로 나타났다.

이러한 분석결과를 통해 농지관리기금의 사회적 가치 증진을 위한 제도 개선 수요는 담당 직원의 인구통계학적 특징(성별, 연령), 담당 업무 특징(업무 경력, 담당 업무), 농지관리기금의 사회적 가치 특징(사회적 가치 중요도, 사업성과와 사회적 가치 비교, 사회적 가치 제공)에 따라 통계적으로 유의미한 영향을 미치는 변수가 다양한 것으로 나타났다. 다만, 농지관리기금 사회적 가치 제공 인식 변수는 농지관리기금 제도 개선 수요에 공통적으로 양(+)의 영향을 미치고 있다.

따라서 이러한 분석결과를 활용해 농지관리기금의 사회적 가치 증진을 위한 마스터 플랜(master plan) 수립이 필요하다.

표 5 | 농지관리기금 사회적 가치 증진을 위한 제도 개선 선택 요인

구분	상속농지 신고제 도입	임대차 신고제 도입	농지 감시 관리 강화	농지선매협 의제 도입	환매 이자율 인하	탄소중립 추진단 설치	탄소가치 은행 설립	
성별 (남자=1)	0.01 (0.10)	0.44 (0.36)	-0.24 (-1.96)	-0.06 (-0.56)	-0.06 (-0.48)	-0.39*** (-3.27)	-0.22* (-1.83)	
나이	-0.01 (-1.57)	-0.01 (-1.30)	0.01 (0.19)	-0.01 (-0.66)	0.02*** (2.74)	0.14** (2.33)	0.01 (1.36)	
경력	-0.01** (-1.81)	-0.01* (-1.91)	-0.01* (-1.74)	-0.02* (-2.42)	-0.01 (-1.15)	-0.01 (-0.49)	-0.01 (-0.88)	
담당 업무 (농지은행사업 = 1)	-0.34 (-2.31)	0.03 (0.22)	0.02 (0.20)	-0.22 (-1.53)	1.06*** (6.75)	-0.11 (-0.77)	-0.04 (-0.32)	
설립목적 기능	-0.02 (-0.22)	-0.07 (-0.70)	-0.14 (-1.27)	0.09 (0.87)	0.10 (0.86)	-0.03 (-0.37)	-0.15 (-1.40)	
사회적 가치 중요도	0.17 (1.49)	0.26** (2.29)	0.27** (2.38)	0.12 (1.05)	0.29** (2.34)	0.23* (2.02)	0.33*** (2.91)	
사업성과와 사회적 가치 중요도	-0.04 (-0.95)	-0.10** (-2.15)	-0.09* (-1.86)	-0.09* (-1.92)	-0.06 (-1.22)	0.03 (0.67)	-0.01 (-0.22)	
사회적 가치 제공	0.32*** (3.44)	0.27*** (2.88)	0.23** (2.44)	0.28*** (3.08)	0.22** (2.09)	0.22** (2.38)	0.21** (2.30)	
임 계 치	/cut1	-0.92* (-1.75)	-1.12** (2.07)	-1.19** (2.16)	-1.18** (2.14)	1.74** (2.90)	0.10 (0.18)	0.05 (0.96)
	/cut2	-0.40 (0.51)	-0.47 (0.52)	-0.70 (1.32)	-0.32 (0.61)	2.89*** (4.89)	0.68 (1.30)	0.45 (0.86)
	/cut3	0.69 (0.51)	0.51 (0.98)	0.45 (0.86)	1.03** (2.01)	3.69*** (6.15)	1.77*** (3.40)	1.54*** (2.96)
	/cut4	1.70*** (0.51)	1.62*** (3.11)	1.35** (2.59)	2.03*** (3.90)	2.40*** (3.60)	2.77*** (5.32)	2.34*** (4.50)
LR chi2	41.65***	35.01***	29.15***	42.23***	80.19**	33.95***	26.97***	

주 : * < 0.1, ** < 0.05, *** < 0.01. ()값은 t-값을 의미함

V. 요약 및 결론

농지관리기금의 사회적 가치 실현을 위해 본 연구에서는 총 405명을 대상으로 농지관리기금 사회적 가치의 수요를 파악하였다. 분석 결과, 향후 농지관리기금의 사회적 가치 실현 과제로 사회적 가치 종합계획 수립, 외부 소통 활동 확대, 사회적 가치 성과 측정 등이 높게 나타났다. 따라서 농지관리기금 사회적 가치 실현 과제를 설정할 때 이러한 수요 결과를 반영할 필요가 있다.

이러한 농지관리기금의 사회적 가치 수요는 구성원들의 인구통계학적 특징(연령, 성별)과 사업 수행 경력(업무 경력, 담당 업무)에 따라 통계적 유의성이 다양하게 나타났다. 따라서 향후 농지관리기금의 사회적 가치 증진을 위해서는 구성원들의 사회적 가치 인식 및 사회적 가치를 반영한 업무 환경 도입 등을 적극적으로 검토할 필요가 있다.

결론적으로 내부이해관계자(예를 들어 한국농어촌공사 임직원)들의 농지관리기금 사회적 가치 수요 결과를 반영한 농지관리기금 사회적 가치 추진 전략 및 세부 이행과제 등을 설정할 필요가 있다. 이를 위해 본 연구에서는 농지관리기금의 사회적 가치 수요 분석결과를 바탕으로 <표 6>과 같이 농지관리기금 사회적 가치 증진을 위한 제도 개선 및 신규 사업을 제안한다. 다만, 농지관리기금의 사회적 가치 실현을 위한 이행과제는 실행 가능성 및 타당성 등을 종합적으로 고려하여 설정할 필요가 있다.

표 6 | 농지관리기금의 사회적 가치 증진을 위한 이행 과제 제안

기간	세부 이행 과제	
단기 과제	관리측면	농지관리기금 사업운영위원회 설립 등 농지관리 거버넌스 구축, 농지관리기금 사회적 가치에 대한 공감을 형성하기 위한 홍보 및 교육 실시
	사업수행 평가 측면	농지관리기금 사회적 가치 성과 평가를 위한 지표 도입과 성과평가 본격 실시
	운영 투명성	농지관리기금 성과공유제 도입 기본계획 수립, 지역화폐·지역사랑상품권 도입, 사회적 가치 마일리지 제도 시범 도입, 사회적 가치 체크리스트 시범 도입, [가칭]유류농지 활용지원 사업 시범 추진
중기 과제	관리측면	농지관리기금 사업운영위원회 본격 운영, 사회적 가치 증진을 독려하기 위한 정책 수립
	사업수행 평가 측면	농지관리기금 사회적 가치 성과 평가방법의 고도화, 평가과정을 내부적으로 공개하고 평가 일정 등을 공유하여 업무 사항에 반영될 수 있도록 홍보체계 마련
	운영 투명성	농지관리기금 성과공유제 도입, 농지관리기금 검색자(수요자) 중심 검색 편의성 제고를 위한 홈페이지 개편 및 SNS 소통 시작, [가칭]사회적 가치 발전소 시범 운영

기간	세부 이행 과제	
장기 과제	관리측면	농지관리기금 사회적 가치 브랜드화
	사업수행 평가 측면	농지관리기금 사회적 가치 성과평가 결과를 공표하여 차기 사업 계획에 반영, 지속적인 사회적 가치 성과평가의 안정적인 도입 정착
	운영 투명성	농지우선매입협약권 도입, 경영회생 농지매입사업 환매율 이자 인하, 탄소중립추진단 참여와 지원, 탄소가치은행 참여와 지원, [가칭]유희농지 활용지원 사업 본격 추진, [가칭]사회적 가치 발전소 운영

참고문헌

- 기획재정부(2021), 「2021년 기금존치평가지침」.
- 농림축산식품부·한국농어촌공사(2020), 「2020년도 농지관리기금 업무편람」.
- 동국대학교 산학협력단(2018), 「복권기금의 사회적 가치 제고를 위한 사업 선정 및 평가체계 개선 연구」.
- 안경민·권상집(2020), “포용적 성장을 위한 신용보증기금의 사회적 가치 창출 : 사회적 경제 기업 및 일자리 창출 지원 사업을 중심으로”, 「지식경영연구」 21(2) : 21-40.
- 정도채(2019), “사회적 가치 창출을 위한 농업·농촌 정책 사례 및 시사점”, 「농어촌과 환경」 142 : 5-15.
- 한국행정학회(2017), 「사회적 가치 실현을 위한 평가방안 연구」.
- Porter, M.E., Kramer, M.R. (2011), Creating Shared Value, Harvard Business Review 89(1/2) : 62-77.
- <https://www.lawmaking.go.kr>

농업용 수리 시설물의 디지털 트윈: 도전과 기회

Digital Twin for Irrigation Facility: Challenges and Opportunities

연재흠 _ 강원대학교 지역건설공학과 부교수(jyeon@kangwon.ac.kr)

임경재 _ 강원대학교 지역건설공학과 정교수(kjlim@kangwon.ac.kr)

김종건 _ 강원대학교 지역건설공학과 조교수(jgkim@kangwon.ac.kr)

지봉준 _ 강원대학교 지역건설공학과 조교수(bjji@kangwon.ac.kr)

조준휘 _ 강원대학교 지역건설공학과 석사과정(xnxlwnsgnl@kangwon.ac.kr)

요약

본 연구에서는 기존 지리 정보 시스템(Geographic Information System, GIS)의 정보 표현 한계를 극복하고, 농업용 수리 시설물의 정보를 정확하게 나타내기 위해 3차원 GIS와 건물 정보 모델링 (Building Information Model, BIM) 개념을 통합한 새로운 정보 표현 방법을 제안한다. 무인 항공기 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV)와 현장 조사를 통해 수집한 농업용 수리 시설물의 정보와 지형 데이터를 결합하여, 수해지역의 디지털 트윈 모델을 생성하며, 웹 기반 GIS 플랫폼을 이용하여 수리 시설물의 정보가 포함된 디지털 트윈 모델을 시각화한다. 이를 통해 사용자가 별도의 소프트웨어 설치 없이 웹에서 수해지역의 수리시설 모델을 확인하고, 모델 클릭 시 세부 정보를 팝업창을 통해 정보를 직관적으로 확인 가능하다. 이는 농업 환경의 세부 정보의 표현과 농업용 수리 시설물의 효율적인 관리 및 계획 수립에 기여할 것으로 기대된다.

Abstract

In this study, a novel approach for representing information is introduced to address the limitations of conventional Geographic Information System (GIS), focusing on precise depiction of Irrigation Facility through the amalgamation of 3D GIS with Building Information Model (BIM) concepts. Terrain data, integrated with hydraulic structures information obtained via Unmanned Aerial Vehicle (UAV) and on-site surveys, facilitate the creation of a digital twin model for the area receiving benefits. The digital twin model, which includes the hydraulic structures information, is visualized using a web-based GIS platform. This enables direct, software-independent access and intuitive interaction with the hydraulic structures models through web browsers, where clicking on a model reveals its details in a popup window. The approach is anticipated to enhance the representation of details in agricultural settings and to aid in the effective management and planning of Irrigation Facility.

Keyword: Irrigation Facility information, GIS, BIM, Digital twin, Web-based GIS platform.

I. 서론

농업 지역의 공간 정보는 주로 지리 정보 시스템(Geographic Information System, GIS)을 활용하고 있다. GIS를 활용하여 농업용수 관리, 토양 유형 및 상태 등 농업의 다양한 변수를 파악하고 분석하는 데 사용했으며, GIS의 정보 표현으로 지형, 수문학적 요소 등을 분석하여 효과적인 관리가 가능하였다. 하지만 2차원 GIS는 실제 지형의 복잡한 형태와 특성, 특히 농지의 형태와 관개 배수 현황과 같은 공간 정보를 정확하게 표현하지 못하는 한계를 가지고 있다(Colaço et al., 2017). 또한 2차원 GIS에서 개선된 3차원 GIS 역시 넓은 범위 농업 지역의 모델 생성 시 세부 지형 및 수로와 같은 수리 시설물의 세부적인 정보 표현에 제한적이며, 실제 농업 환경과 비교하였을 때 현실성 부족하다. 따라서, 본 연구에서는 기존 농업에서 사용되는 GIS의 문제 해결을 위해 건설 분야에서 사용되는 건물 정보 모델링(Building Information Model, BIM)의 개념을 기존의 GIS에 적용하여 농업용 수리 시설물의 정보를 시각화하는 방법을 제안한다. BIM은 실제 건물을 3차원 모델로 생성하며 모델 선택 시 건물의 다양한 정보를 나타내어 정보를 효과적으로 확인 가능하다(Prasetyo and Rochman, 2021). 이는 건물의 건축 재료, 구조 요소 등의 정보들과 같은 건물의 생애 주기와 관련된 정보를 확인 및 분석하여 관리할 수 있다(Olanrewaju et al., 2022). 이를 통해 건물의 운영 및 유지 보수에 있어 정보 기반의 의사결정을 가능하게 하여, 건물의 생애 주기에 대한 지속가능성을 높일 수 있다(Wong et al., 2015). 세부 정보 저장 및 분석이 용이하다는 장점이 있는 BIM 개념이 도입된 디지털 트윈 모델을 웹 기반 GIS 플랫폼을 통해 GIS와 통합 및 시각화한다. 또한 단순 시각화만 제공하는 웹 기반 GIS 플랫폼의 단점을 BIM 개념을 통해 극복하며, 정보가 통합된 3차원 모델을 사용자가 별도의 소프트웨어 설치 없이 웹에서 수로 모델 클릭 시 세부 정보를 직관적으로 시각화하는 방법을 제안한다.

II. 방법론

본 연구의 연구 지역은 대한민국 강원도 원주시에 위치한 흥업 저수지 수혜지역 일대이다. 흥업 저수지는 만수 면적 약 25.1ha와 저수량 약 1,098,000m³의 규모이며(KRC, 2023), 수혜지역은 약 139.8 ha의 면적을 포함하며 주변에 고속도로와 대로가 존재하여 접근성이 좋다(그림 1).

흥업 저수지 수혜지역은 다양한 지형, 식생, 농경지 등의 특징을 갖추고 있으며, 체계적으로 관리(수풀, 잡초 제거 등)하여 주변 환경을 양호한 상태로 유지하였다. 이는 조사 지역 접근에 유리하며, 수풀 또는 잡초 등이 지형, 수리 시설물 등을 가리지 않아 현장 조사와 무인 항공기



그림 1 | 흥업 저수지 수해지역

(Unmanned Aerial Vehicle, UAV) 촬영 시 정확한 정보 수집이 가능하다. 또한, 농업용수 공급을 위한 수로는 콘크리트 수로로 구성되어 있는데, 콘크리트 수로는 표면이 불규칙한 흙 수로에 비해 상대적으로 표면이 매끄럽고 균일하여 UAV 촬영 사진의 품질 향상 및 모델링이 유리하다는 장점이 존재한다(Ren and Zhang, 2022).

1. 현장 조사

수해지역 전체의 정보(지형, 환경, 수문, 수로 등)를 파악하고 수집하기 위해 현장 조사를 실시하였다. 현장 조사는 조사자가 직접 확인하는 방법과 무인 항공기를 활용하여 전체 지역 촬영 두 가지 방법을 병행하였다. 먼저 조사자를 통해 수해지역의 토지 이용 현황, 수리 시설물, 수로의 위치, 용수 배수 위치 및 방향이라는 세 가지의 주요 항목을 중점적으로 확인하였다.

가. 토지 이용 현황

토지 이용 형태는 농업 환경에서, 특히 농업용수 사용에 영향을 미치는 요소이므로 현장의 토지 이용 현황을 조사하였다. 이를 통해 토지의 사용 방식(논, 밭, 하우스), 주로 어떤 종류의 농작물이 재배되는지, 토지의 경사, 토양의 유형 등에 대한 정보를 수집하였다.

나. 수리 시설물

물의 유량을 제어하고 측정하는 데 사용되는 수문 및 유량 계측기 등과 같은 수리 구조물의 형태, 위치를 조사하였다.

다. 수로 위치, 용수 배수 위치 및 방향

수로의 위치 및 재질을 통해 어떤 경로로 물이 흐르고 배분되는지, 용수 및 배수 위치와 방향을 통해 농지 내 물의 유입 및 배수 패턴을 파악하여 물의 분포와 순환을 확인하였다.

2. 무인 항공기 촬영

조사자의 현장 조사와 더불어 수해지역 일대를 고해상도로 촬영하기 위해 DJI사의 Mavic 2 (<https://www.dji.com/mavic-2>) UAV를 사용하였다(그림 2). 비행 고도는 120M로 설정하였으며, 비행 경로를 사전에 계획하여 저수지와 수해지역 모두 포괄되도록 설정하였다(그림 3).



그림 2 | 연구에 사용된 UAV.

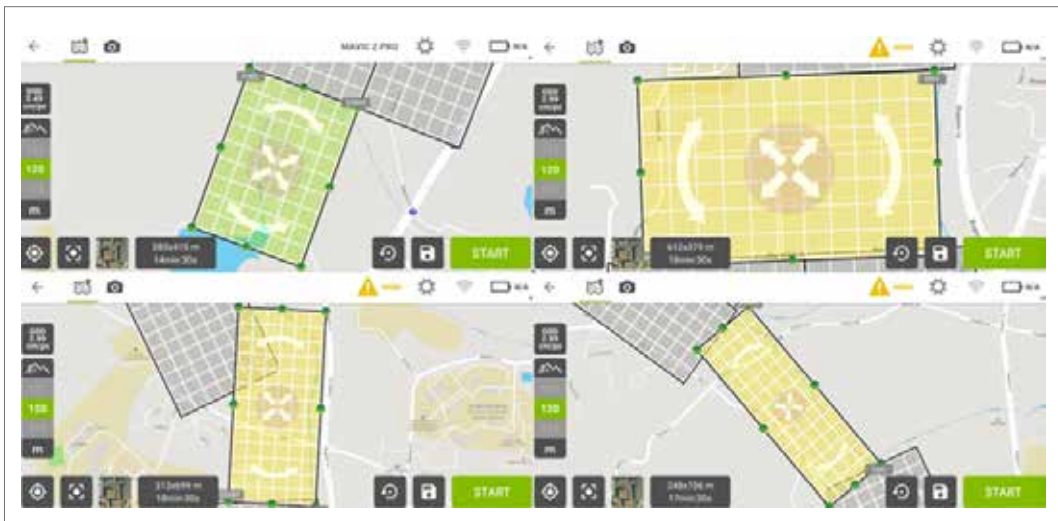


그림 3 | 촬영을 위한 비행경로 설정

3. 디지털 트윈 모델 생성

UAV를 통해 촬영된 수해지역의 사진들을 사진 측량 기법을 통해 디지털 트윈 모델을 생성하였다(그림 4). 사진 측량 기법은 고해상도의 2차원 이미지에서 3차원 공간 정보를 추출하는 방법이다. 사진 측량 기법의 핵심 원리는 두 가지 이상의 2차원 이미지가 겹칠 때, 각 이미지에서의 사물의 겹친 부분의 공통 특징점과 위치 차이를 이용하여 그 사물의 3차원적 위치를 계산하여, 정밀하게 재현이 가능하다(Westoby et al., 2012). 사진 측량 기법을 통해 실제 수해 지역과 유사하게 3차원 모델이 생성되었으나, UAV로 촬영한 사진 중 수풀이나 잡초, 그림자 등으로 가려져 정확하게 식별하지 못한 지형이나 수로 등의 세부 사항이 존재하였다. 이러한 문제점은 UAV의 촬영 각도나 높이, 그리고 환경적인 요인 등으로 인해 불가피하게 발생하는 경우가 많다. 따라서 이러한 부분들과 토지 지형 및 이용 상황, 수위 표출, 농작물의 성장 등 보다 정밀하게 표현하기 위해 현장 조사 자료를 바탕으로 보정 작업을 진행하였다.

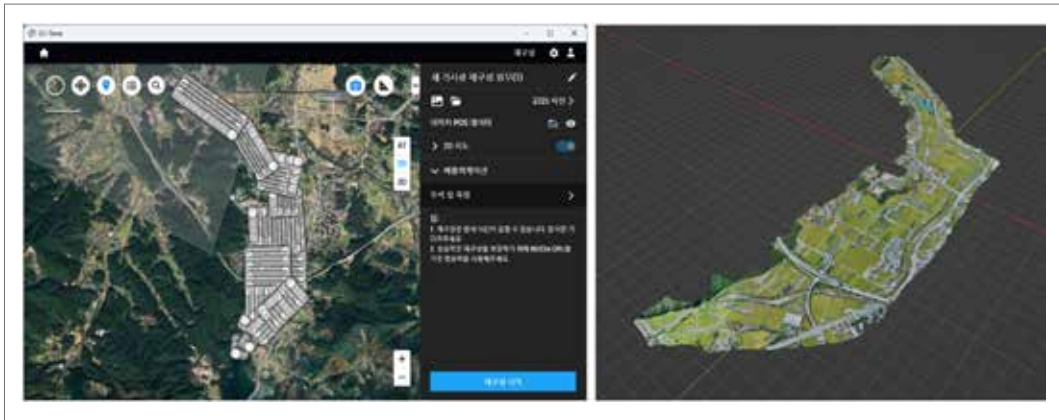


그림 4 | 사진 측량 기법을 통한 3D 모델 생성

4. 3차원 모델과 정보의 시각화

생성된 수해지역의 3차원 모델과 지리 정보는 웹 기반 GIS 플랫폼을 활용하여 시각화하였다. 웹 기반 GIS 플랫폼을 통한 시각화를 위해 Graphics Library Transmission Format(gltf)와 3D Tiles 같은 현대적인 3차원 모델 데이터 표준으로 저장이 필요하다(Schilling et al., 2016). glTF는 3차원 모델의 효율적인 전송과 로딩을 위해 개발된 표준 파일 형식이며 JavaScript Object Notation(JSON) 형식의 glTF와 이진 파일 형식인 Graphics Library Binary(glb) 두 가지 확장자를 가진다. glTF 형식은 3차원 모델과 그들의 속성을 포함하며, 이러한 형식은 파일이 가볍고 편집하기 용이하다는 장점을 가지고 있다(Miao et al., 2017). 이와 반대로 .glb 형식

은 모든 관련 데이터를 하나의 파일로 압축하여 효율성과 전송 속도를 극대화한다(Tóth et al., 2021). 3D Tiles는 대규모의 3차원 모델 데이터를 포함한 공간 정보의 효율적인 표현과 전송을 가능하게 하는 표준 파일 형식이다. 3D Tiles는 트리 구조를 가지며, 또한 사용자가 데이터를 조회할 때 현재 시점에 따라 필요한 데이터만 나타내어 데이터 용량을 최소화하고 빠른 전송 및 로딩 속도를 나타낸다(Chen et al., 2018). 웹 기반 GIS 플랫폼은 3D Tiles와 같은 다양한 데이터 형식 지원으로 대규모 데이터의 효과적인 관리 및 분석을 가능하게 하며, 3차원 모델과 지리 정보의 통합을 가능하게 하여 실제 환경의 복잡성, 세부 특성을 보다 사실적으로 나타낼 수 있다(Lafrance et al., 2019). 특히 특정 객체 선택 시 해당 객체의 관련 정보의 직관적인 시각화로 정보의 이해를 향상시키며, 이러한 접근성과 정보 제공은 정보 기반의 의사결정을 더욱 효과적으로 수행할 수 있게 하여 농업용 수리 시설물의 유지 보수 이력 관리에 활용될 수 있다.

III. 결과 및 고찰

현장 조사와 UAV 촬영을 통해 홍업 저수지 수혜지역 전체의 디지털 트윈 모델 생성에 필요한 상세한 지리 정보를 획득할 수 있었다. UAV를 활용하여 수혜지역 전체의 전반적인 지형, 토지 이용 현황, 주변 환경 등의 지리 정보를 고해상도로 촬영하였으며(그림 5), 이러한 UAV 촬영은



그림 5 | UAV를 통한 수혜지역 촬영 결과



그림 6 | 현장 조사 결과

수해지역 전체에 대한 지리 정보를 동일 높이와 각도에서 일관성 있고 빠르게 취득하는 데 중요한 역할을 하였다. UAV 촬영과 더불어 실시한 현장 조사는 UAV 촬영으로 식별하지 못하는 논 밭이나 수로 내부에 존재하는 용수 및 배수관이나 수풀 및 그림자 등의 환경으로 인해 가려진 세부 지형 및 수로와 같은 수리 시설물 등의 정보를 파악하기 위한 현장 조사를 통해 확인하였으며, 확인된 정보를 수기로 기록 및 사진 촬영을 통해 상세한 정보를 기록하였다(그림 6).

디지털 트윈 기반의 3차원 모델링을 통해 홍업 저수지 수해지역의 전반적인 모습과 다양한 특성들(토지 이용 형태, 주변 환경 등)을 고해상도로 재현하였으며, 실제 홍업 저수지 수해지역 일대와

비교를 해봤을 때 실제와 유사하게 구현이 된 걸 확인할 수 있다(그림 7). 수해지역의 디지털 트윈 모델은 상세 정보와 결합하였으며, 웹 기반 GIS 플랫폼에서 지원하는 표준 데이터 형식인 glTF와 3D Tiles으로 저장하였다. 이러한 표준화된 데이터 형식을 통해 웹 기반 GIS 플랫폼 환경과 높은 호환성을 보장하며, 용량이 크고 세부 정보가 많은 고해상도 모델들도 효율적인 모델 업로드를 통해 풍부한 시각화가 가능하였다. 웹 기반 GIS 플랫폼에서 정보가 포함된 3차원 모델과 지리 정보를 통합하여 지도상 실제 위치에 나타나도록 하였으며 특정 모델을 클릭 시 해당 모델의 세부 정보(준공연도, 점검일, 관리 상태 및 주체 등)가 팝업창에 표시되도록 구현하였으며(그림 8), 이를 통해 정보를 얻고자 하는 실제의 특정 모델(수리 구조물 등)의 구체적인 정보의 직관적인 확인이 가능하다.



그림 7 | 실제 수해지역을 가상 환경에 구현



그림 8 | 팝업창을 통해 수리 시설물 정보 표시

또한, 이런 방식의 정보 표현은 기존의 수로나 수문, 유량 계측기 등과 같은 구조물의 유지 보수 이력 등을 기록한 서류 기록물의 분실 및 훼손 가능성, 수정의 어려움, 텍스트 문서의 단점인 특정 유지 보수 이력이 어떤 수리 구조물에 해당되는 정보인지 직관적인 식별이 어렵다는 단점(Elamin et al., 2009)을 극복하고 모델과 세부 정보의 1 대 1 매칭을 통한 시각화로 유지 보수 이력 관리에 효과적인 방법을 제공한다. 각 수리 구조물의 상세 정보를 지속적으로 업데이트함으로써, 수혜지역의 이용 현황, 관리 상태 등과 같은 정보의 질을 향상시키고 보다 직관적으로 파악할 수 있다.

IV. 결론

본 연구에서는 강원도 원주시 흥업 저수지 수혜지역 농업의 다양한 정보를 디지털 트윈과 웹 기반 GIS 플랫폼을 활용하여 Web에 시각화하는 방법을 제안하였으며, 본 연구의 주요 결과는 다음과 같다.

현장 조사 및 UAV 촬영으로 수집된 정보를 바탕으로 수혜지역의 디지털 트윈 기반의 3차원 모델을 생성하였으며, 이 과정을 통해 농업 환경의 복잡성을 사실적으로 반영하였으며, 관개, 배수, 수리 시설물 등의 세부 정보를 포함함으로써 실제 현장과 유사하며, 이를 통해 보다 정확한 상세 모델을 제공하였다.

웹 기반 GIS 플랫폼에 실제 수혜지역의 3차원 모델과 각 모델의 세부 정보를 지리 정보와 통합

하여 웹에 실제 위치에 시각화하였으며, 모델 선택 시 실제 구조물에 대한 정보의 직관적인 확인으로 세부 정보 표현의 한계를 극복할 수 있었다.

현장 방문 필요 없이 실내 환경에서 기록된 정보와 실제 현장 상태의 비교 분석이 가능하며, 서류 및 텍스트 문서로 정보 기록 시 발생하는 분실, 훼손, 직관적인 확인 불가 등의 단점 극복이 가능하다.

추후 연구를 통해 수리 시설물의 정보 표현과 함께 농작물의 성장, 수로의 수위 변화와 같은 실제 데이터를 기반으로 시간의 흐름에 따른 변화를 시각화한다면 농업 환경의 복잡한 패턴의 체계적인 분석으로 농업 환경 및 수자원 관리 분야의 연구와 실무에 기여할 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 농업기반 및 재해대응기술개발 사업의 지원을 받아 연구되었음(322081-3).

참고문헌

- Chen, Y., Shooraj, E., Rajabifard, A., Sabri, S., 2018. From IFC to 3D tiles: An integrated open-source solution for visualising BIMs on cesium. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 7(10): 393. Doi: 10.3390/ijgi7100393.
- Colaço, A.F., Trevisan, R.G., Molin, J.P., Rosell-Polo, J.R., Escolà, A., 2017 A method to obtain orange crop geometry information using a mobile terrestrial laser scanner and 3D modeling. *Remote Sensing* 9(8): 763. Doi: 10.3390/rs9080763.
- Elamin, M.B., Flynn, D.N., Bassler, D., Briel, M., Alonso-Coello, P., Karanicolas, P.J., Guyatt, G.H., Malaga, G., Furukawa, T.A., Kunz, R., 2009 Choice of data extraction tools for systematic reviews depends on resources and review complexity. *Journal of clinical epidemiology* 62(5): 506-510. Doi: 10.1016/j.jclinepi.2008.10.016.
- Korea Rural Community Corporation(KRC), 2023. Current State of Agricultural Production Infrastructure.
- Lafrance, F., Daniel, S., Dragičević, S., 2019. Multidimensional web GIS approach for citizen participation on urban evolution. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 8(6): 253. Doi: 10.3390/ijgi8060253.
- Miao, R., Song, J., Zhu, Y., 2017. 3D geographic scenes visualization based on

WebGL, 2017 6th International Conference on Agro-Geoinformatics. IEEE. 1-6. Doi: 10.1109/Agro-Geoinformatics.2017.8046999.

- Olanrewaju, O.I., Kineber, A.F., Chileshe, N., Edwards, D.J., 2022. Modelling the relationship between Building Information Modelling (BIM) implementation barriers, usage and awareness on building project lifecycle. *Building and Environment* 207: 108556. Doi: 10.1016/j.buildenv.2021.108556.
- Prasetyo, I.A.N., Rochman, T., 2021. Perencanaan dan Pemodelan 3d Struktur Gedung Co-Working Space 4 Lantai Soekarno Hatta Kota Malang Berbasis Building Information Modeling (BIM). *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)* 2(1): 78-84. Doi: 10.33795/josmrk.v2i1.765.
- Ren, L., Zhang, D., 2022. A Simple and Effective Modeling Method for 3D Porous Irregular Structures. *Processes* 10(3): 464. Doi: 10.3390/pr10030464.
- Schilling, A., Bolling, J., Nagel, C., 2016. Using glTF for streaming CityGML 3D city models, *Proceedings of the 21st International Conference on Web3D Technology*. 109-116. Doi: 10.1145/2945292.2945312.
- Tóth, R., Zichar, M., Hoffmann, M., 2021. Improving and Measuring Spatial Skills with Augmented Reality and Gamification, *ICGG 2020-Proceedings of the 19th International Conference on Geometry and Graphics*. Springer. 755-764. Doi: 10.1007/978-3-030-63403-2_68.
- Westoby, M.J., Brasington, J., Glasser, N.F., Hambrey, M.J., Reynolds, J.M., 2012. 'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology* 179: 300-314. Doi: 10.1016/j.geomorph.2012.08.021.
- Wong, J.K.W., Zhou, J., 2015. Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM: A review. *Automation in construction* 57: 156-165. Doi: 10.1016/j.autcon.2015.06.003.

『경사수로를 이용한 토석류 충격력과 전파속도 측정방법』 단체표준 등록

장은철 _ 한국농어촌공사 농어촌연구원(jec1004@ekr.or.kr)

1. 머리말

가. 토석류 실험연구의 필요성

지구온난화에 따른 기후변화로 전세계적으로 산사태 및 토석류에 의한 피해가 매년 크게 발생되고 있다. 2010년부터 2018년까지 총 2,107 ha의 피해가 발생하였으며, 복구비로 총 4,128 억원(연평균 459억원)이 소요되었다. 특히 2011년 7월 우면산 주위에서 산사태가 발생하여 18명이 사망하는 등 큰 피해 발생하였다.

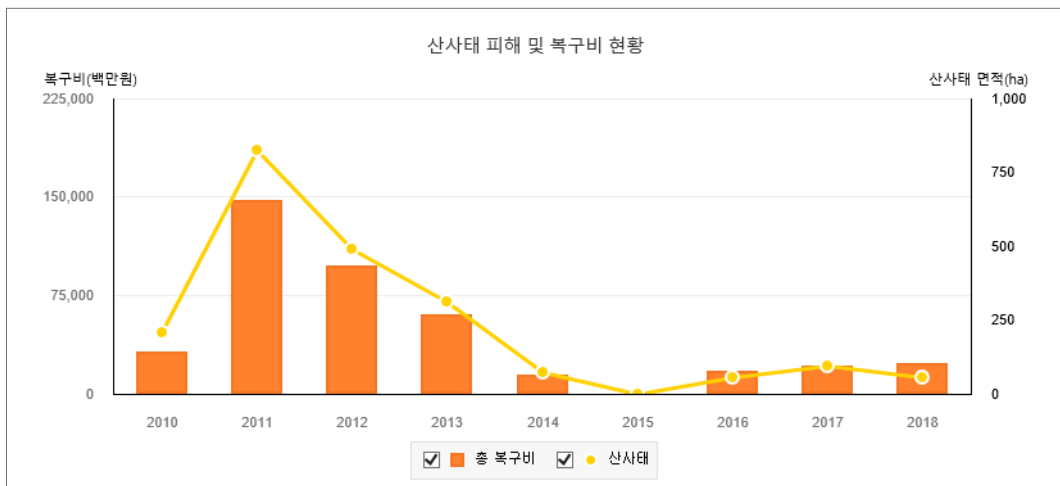


그림 1 | 산사태 피해 및 복구비 현황(출처: e-나라지표)

필리핀에서 2003년 San Ricardo town에서 토석류에 의해 154명의 사망자가 발생했으며, 2006년 Guinsaunon 산사태로 1200명 이상, Bicol 지역에서 태풍 내습에 따른 산사태로 1200명 이상의 사망자가 발생하는 등 1999년부터 2018년까지 20년간 총 3,052명의 사망자가 발생하였다.

국내뿐만 아니라 세계적으로도 산사태 발생에 따른 토석류 피해가 빈번하게 발생하고 있으나 아직 토석류 거동에 대한 물리적인 특성을 규명하고, 실험 등을 통한 면밀한 검토가 어려운 상황이며, 토석류로 인한 피해범위 및 강도 예측을 위한 기술력 확보가 필요한 상황이다.

나. 국내외 관련 연구

국내에서 수행된 대부분의 토석류 관련 연구들은 해외에서 주로 수행된 기초연구 결과를 이용한 응용연구(토석류 피해 발생예측, 위험지도 작성, 토석류 방지 구조물 개발 등)가 대부분이다. 따라서, 국내에서도 토석류와 관련하여 자체적인 기초연구를 수행하여, 국내 여건에 맞는 토석류의 특성과 관련된 기술력 축적이 시급한 실정이다.

토석류의 수리모형실험과 관련하여 김기환 등(2008)이 국내에서 처음으로 수로 실험을 통해 토석류에 대한 모형실험을 수행하는 등 의미 있는 성과를 도출하였으나, 수로의 길이 60cm 가량인 소규모 실험이었다. 김영일과 백중철(2010)은 전체 길이 8m의 실험수로를 이용하고 경사각도를 조절하여 토석류에 대한 실험을 수행하였으며, 토석류의 함수비, 경사각 등에 따른



그림 2 | USGS의 토석류 실험사진 (Iverson et al., 2010)

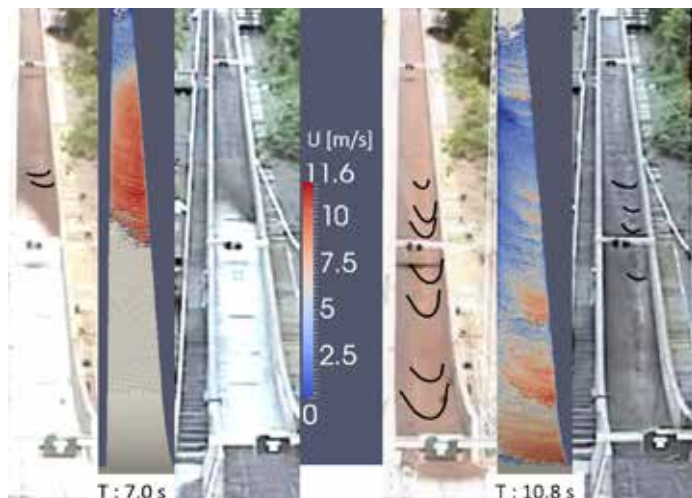


그림 3 | OpenFOAM을 이용한 수치해석 결과와 USGS 실험수로의 실험 결과 비교(Boetticher et al., 2015)

흐름특성을 규명하였다. 손신혜와 백중철(2013)은 길이 약 820m의 실험구역에서 실규모 실험을 수행하여, 토석류의 수위와 수직 응력, 연행작용 등을 규명하는 큰 성과를 도출하였으나, 실규모 실험의 한계로 다양한 조건에서는 실험을 수행하지 못하였다.

국외에서는 실규모 실험을 통한 토석류의 두께, 압력, 유속 및 퇴적형상 등의 실질적인 연구를 수행중에 있으며, 미국 USGS에서는 1994년부터 현재까지 90m 길이(경사 31도)의 대형 급경사 실험수로를 이용하여 수많은 토석류 흐름 실험을 수행하였으며, 이를 통해 토석류의 흐름 특성에 대한 원천적인 이론 규명과 수치해석 모델 구축에 큰 역할을 수행하였다(Iverson 등, 2010). 그러나, 미국 USGS에서는 수로의 경사각 조절이 불가능하여, 31도의 고정된 경사에서만 실험이 수행되었다.

다. 토석류 수리실험 단체표준 취지

토석류에 대한 국내외 연구는 크게 수치해석과 수리모형실험 분야로 구분할 수 있다. 그러나, 현재까지 토석류 실험에 대한 표준실험방법과 기준이 정립되지 않아 실험 결과의 신뢰성을 명확히 증명하기 어려운 실정이다.

이에 한국농어촌공사 농어촌연구원에서는 토석류의 충격력과 전파속도를 정량적으로 파악하기 위해 시험절차, 시험방법 및 적정한 측정자비의 사양 등의 표준을 제시하여 시험의 불확실성을 최소화하고, 명확한 프로세스에 따른 시험 결과의 신뢰성과 일관성 확보를 목적으로 『SFS-F KOCED 0048-7586 경사수로를 이용한 토석류 충격력과 전파속도 측정방법』단체표준을 등록하였다

2. 본론

가. 단체표준 개요 및 현황

산업표준화법 제27조(단체표준의 제정 등)제1항 단체표준의 정의는 공공의 안전성 확보, 소비자 보호 및 구성원들의 편의를 도모하기 위하여 특정의 전문 분야에 적용되는 기호·용어·성능·절차·방법·기술 등에 대한 표준이다. 표준의 구분은 제정주체와 유형으로 구분되며, 제정의 주체는 그림 4와 같으며, 유형에 따른 구분은 KS A ISO/IEC Guide2 따라 기본표준, 용어표준, 시험표준, 제품표준, 프로세스표준, 서비스표준, 인터페이스표준, 데이터표준 등으로 구분된다.

금회 제정한 “경사수로를 이용한 토석류 충격력과 전파속도 측정방법”은 단체표준의 시험표준이며, 시험표준은 시험방법에 대한 표준으로서, 가끔 표본추출, 통계적 방법의 사용, 시험순서와 같이 시험에 관한 표준이다.

표 1 | 단체표준(Standards of Private Sector,SPS) 개요

구분	내용	관련 법률
정의	• 공공의 안전성 확보, 소비자 보호 및 구성원들의 편의를 도모하기 위하여 특정의 전문 분야에 적용되는 기호·용어·성능·절차·방법·기술 등에 대한 표준	산업표준화법 제27조 제1항
제정단체 요건	• 「중소기업협동조합법」에 따른 중소기업협동조합(또는 협동조합연합회) • 소비자보호, 공산품의 품질향상 또는 산업활동과 관련된 서비스의 품질 향상을 목적으로 하는 비영리법인 ※ 국토교통연구기관운영원은 단체표준 제정단체로 승인받음(2017.07.27.)	산업표준화법 시행규칙 제27조 제1항
단체표준 요건	• 해당 단체표준에 관한 이해관계인의 합의에 따라 제정된 것일 것 (합의성) • 관련 분야의 한국산업표준 또는 다른 단체표준과 중복되지 아니할 것(중복성) ※ 추가적으로 KS A 0001을 따라야 함(형식성)	산업표준화법 시행규칙 제19조 제2항



그림 4 | 제정주체에 따른 표준의 구분

2023년 11월 17일 기준 국내 건설분야 단체표준 등록 현황은 분야별 총 3,923건이며, 토건분야는 이중 203건(5.2%), 기계분야 970건(24.7%), 전기분야 751건(19.2%), 조선항공분야 449건(11.5%), 전자분야 423건(10.8%), 자원분야 316건(8.1%), 정보분야 259건(6.7%) 등으로 나타나고 있으며, 토석류 시험표준은 토건분야에 해당된다.

시험관련 단체표준의 제정은 총 5단계의 절차 순서로 진행되며 단체표준 초안 작성부터 제정신까지는 약 4개월, 제정신청부터 중소기업중앙회 심의회까지는 3~4개월의 기간이 소요된다.



그림 5 | 단체표준 제정 프로세스

『SFS-F KOCED 0048-7586 경사수로를 이용한 토석류 충격력과 전파속도 측정방법』단체표준은 2022년 4월 6일 단체표준 초안 작성을 시작으로 2023년 10월 31일 한국표준협회 등록 게재까지 1년 6개월의 기간이 소요되었다.

표 2 | 단체표준(Standards of Private Sector, SPS) 개요

순번	수행일	주요 내용	비고
1	2022. 4. 6	단체표준 초안 작성	한국농어촌공사 농어촌연구원
2	2022. 4. 6.~ 5. 16	초안 검토 및 수정	국토교통연구인프라운영원 및 농어촌연구원
3	2022. 4. 18	단체표준 심사위원 위촉	
4	2022. 6. 17	제1차 단체표준심사위원회	보완 및 수정
5	2022. 7. 27.~ 8. 30.	이해관계인 의견수렴 (홈페이지 게시 및 관계기관 공문발송/설문조사)	의견수렴 및 반영
6	2022. 9. 6	제2차 단체표준심사위원회	단체표준(안) 의결
7	2022. 10. 14	중소기업중앙회 제정신청	국토교통연구인프라운영원
8	2023. 3. 28	중소기업중앙회 1차 심의	-
9	2023. 4. 3	1차 심의 결과통보	재심의
10	2023. 4. 3.~ 6. 28	단체표준(안) 보완 및 제출	보완 및 수정
11	2023. 8. 29	중소기업중앙회 2차 심의	-
12	2023. 9. 6	1차 심의 결과통보	보완 후 등록
13	2023. 10. 27	중소기업중앙회 등록확정	등록 완료
14	2023. 10. 31	단체표준종합정보센터 등록게재	한국표준협회

나. “경사수로를 이용한 토석류 충격력과 전파속도 측정방법” 단체표준 내용

1) 적용범위

이 표준은 실내 실험실의 경사수로를 활용한 토석류 발생 시험시 토석류가 경사면을 내려와 부딪히는 충격력과 전파되는 속도의 측정방법에 대해 규정한다. 이 표준에서 경사수로의 경사는 15° ~ 30° 범위로 한정하며, 토석은 KS F 2527, 4.3 따라 잔골재(입자 크기: 0 mm ~ 5 mm)로 분류되는 모래와 굵은 골재 357(입자 크기: 5 mm ~ 50 mm)로 분류되는 자갈을 대상으로 한다. 토석과 물의 함수율은 20 % ~ 50 %로 한정한다. 이 표준은 토석류의 흐름현상을 파악하기 위한 수치해석의 검증을 위한 시험에 적용되며, 수치해석 결과와 비교 검토가 용이한 토석류의 전파속도와 충격력에 대한 시험방법에 적용한다.

2) 시험장비와 조건

• 경사수로

경사수로는 토석류가 수로 경사면을 따라 아래로 흘러 내려올 수 있도록 수로경사를 15°~30° 범위로 한다. 경사수로는 유입부, 경사부, 수평부로 구성된다.

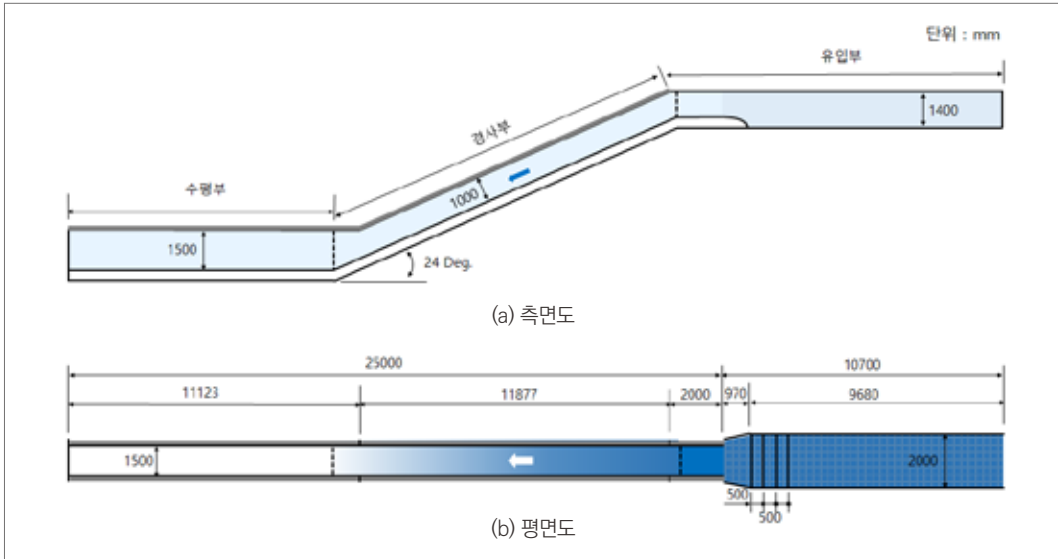


그림 6 | 경사수로 예시

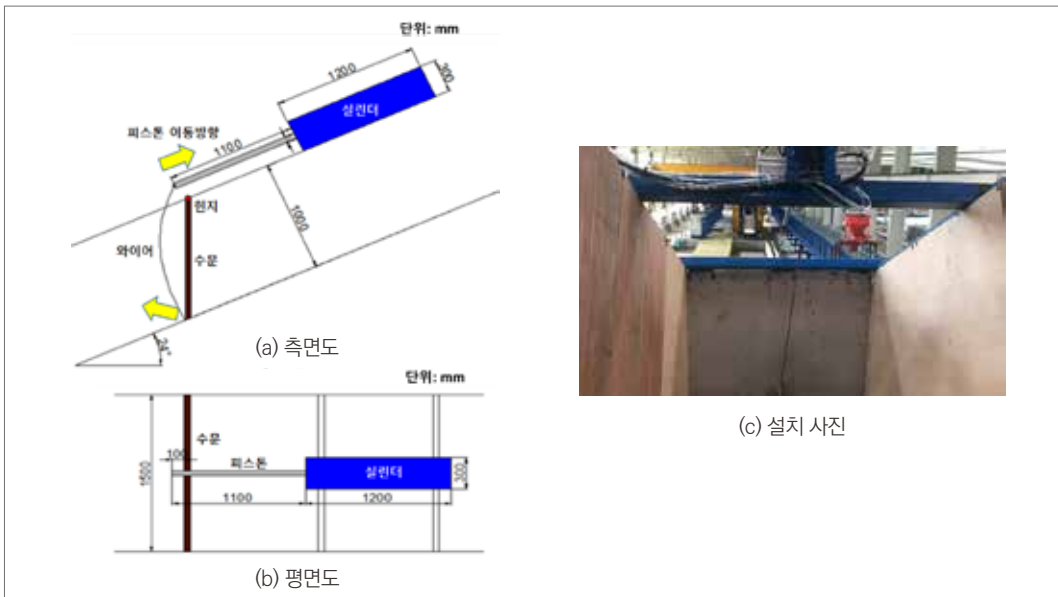


그림 7 | 토석류 발생장치 예시

- 토석류 발생장치

토석류의 발생을 위해서는 수로경사면에서 모래와 물의 혼합재료가 흘러내려가는 것을 방지하는 수문 역할을 하는 토석류 발생장치가 필요하며, 이 장치는 최소 2 t 이상의 흙과 물의 중량을 지탱할 수 있도록 설치한다.

- 로드셀(Loadcell)

로드셀은 토석류에 의한 충격력을 측정하는 장치로 경사수로의 수평부에 설치하며 아래의 최소 제원을 만족하도록 한다. 시험 시 아래의 제원을 초과하여 측정범위가 나타나면 고사양 로드셀로 교체하여 재시험을 시행한다.

- 데이터 독취 : 100 개/s 이상 데이터 취득

- 측정범위 : 0 N ~ 200 N

- 고속 카메라

토석류의 속도를 측정하기 위해서 고속 카메라는 아래의 최소 사양 이상을 사용한다.

- 촬영 속도: 100 frame/s 이상 촬영

- 촬영 시간 한도 : 100 frame/s 이상 촬영 속도 조건에서 최소 3분 이상 촬영

- 총 픽셀 : 20 megapixels 이상

- 픽셀크기 : 5 mm/pixel 이하

3) 시험방법

본 시험에서의 토석은 하천바닥에서 흐르는 물에 의해 이동하는 모래와 자갈을 대상으로 하며 토석류의 충격력과 전파속도 측정방법의 순서도는 그림 6과 같으며, 동일한 함수비조건으로 3회 시험을 수행한다.

- 시험 준비

a) 토사의 입도분석은 KS F 2302의 4절 체분석에 따른다.

b) 건조기에 1 000 g의 토사를 넣고 (105 ± 5) °C에서 24시간 건조시킨 후 토사의 중량과 체적을 측정하여 건조단위중량을 계산한다.

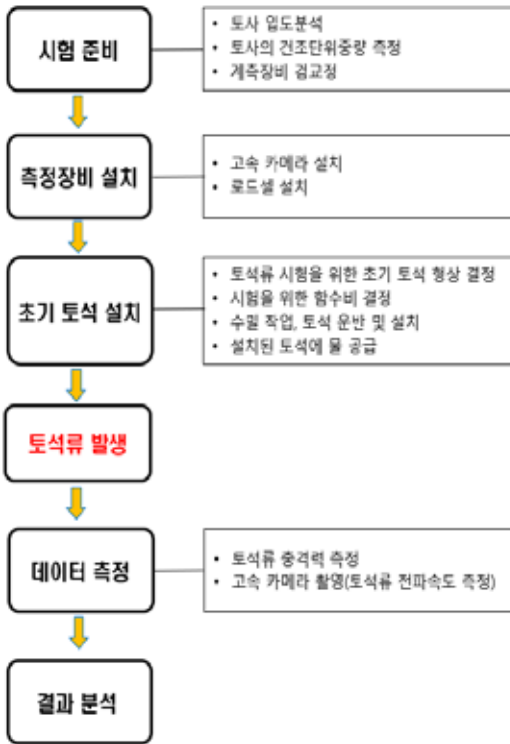


그림 8 | 토석류 발생장치 예시

c) 토사의 공극률은 KS F 2384에 따른다.

• 측정장비 설치

a) 카메라는 흐름이 방해되지 않도록 경사수로 수평부 상부에 별도의 거치대를 제작하고 경사수로 전체를 화면에 담을 수 있는 거리에 경사수로 수평부와 수평이 되도록 설치한다

b) 토석류 흐름 깊이가 5 cm 이상의 경우 카메라를 수로 측면에 설치하여 토석류의 전파속도와 흐름 깊이를 측정할 수 있다.

c) 로드셀은 경사수로 수평부에 경사수로 방향으로 설치한다. 로드셀은 가능한 경사부 끝단에 가깝게 설치하여 최대 전파속도에서의 충격력을 측정할 수 있도록 한다.

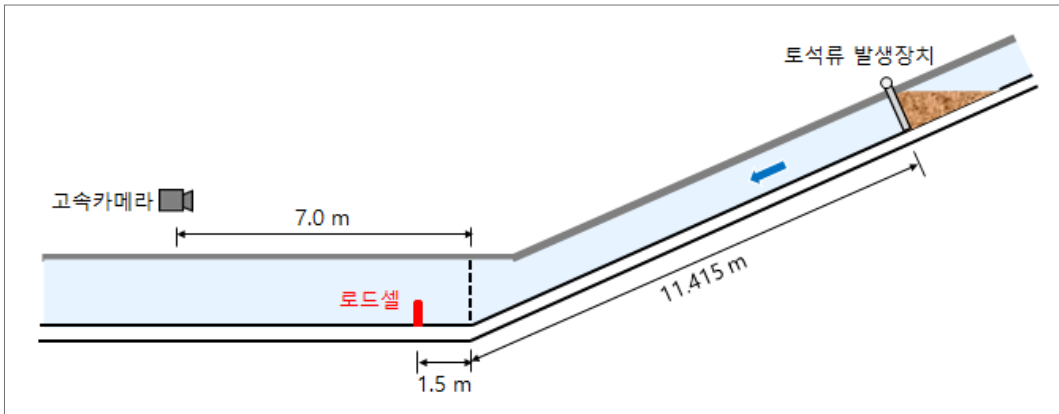


그림 9 | 측정장비 설치도(예시)

• 초기토석 설치

a) 토석류 시험을 위해 토석류 발생이 용이한 초기 토석 형상, 토석 체적 및 토석 중량을 결정한다.

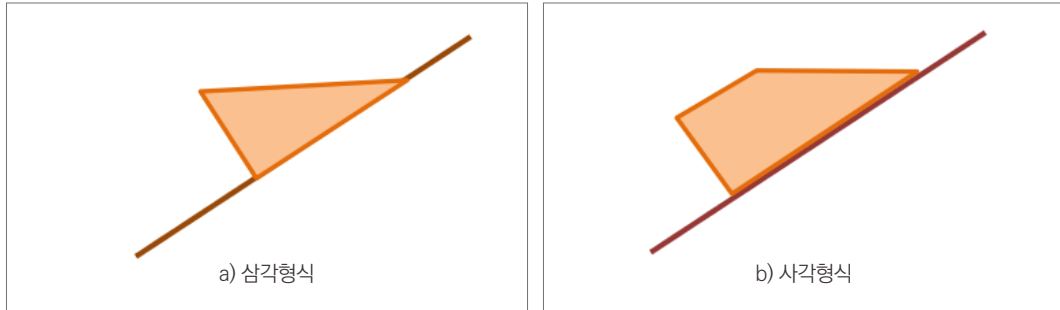


그림 10 | 초기 토석 형상(예시)

b) 초기 함수비를 20 % ~ 50 % 사이에서 결정한다. 일반적으로 20° 이상 경사에서 함수비가 20 % 이상일 때 토석류가 발생하며, 토석에 비해 물의 비중이 크지 않도록 함수비가 50 % 이하가 되도록 한다.

c) 토석류 시험은 물과 토석이 혼합되므로 토석류 발생장치 수문에서 물이 새어나오지 않도록 비닐등을 이용하여 수밀작업을 수행한다.

d) 토석이 모래와 자갈로 혼합 구성될 경우 콘크리트 믹서를 사용하여 잘 섞여진 상태로 준비한다.

e) 잘 섞여진 토석을 운반하여 토석류 발생장치에 설치한다.

f) 물의 양을 정확히 측정하여 설치된 토석에 물을 공급한다.

• 토석류 발생

토석류 발생장치를 순간적으로 개방하여 토석류를 재현한다. 토석류 발생을 위해 수문은 0.5 s 이내에 개방되도록 하여 토석이 수문에 흡착되지 않도록 한다.

• 데이터 측정

a) 토석류 충격력 측정

- 순간적인 토석류의 충격력을 측정할 수 있도록 100 개/s ~ 200 개/s의 데이터 취득이 가능한 로드셀을 활용하여 초기 측정장비의 0점 확인후 측정을 시작하여 토석류의 흐름이

완전히 멈춘후까지 측정한다. 시험은 동일한 함수비 조건에서 3번 실시하여 결과를 분석한다.

b) 고속 카메라 촬영

- 토석류가 발생하기 이전부터 촬영을 시작하며 100 frame/s 이상으로 토석류 발생 상황을 촬영한다.

• 결과 분석

a) 토석류 충격력

- 로드셀의 충격력 변화 시계열을 취득하여 분석한다.

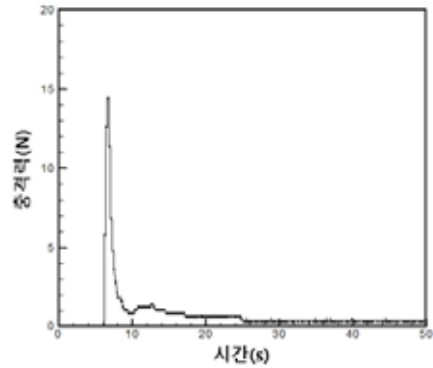


그림 11 | 토석류 충격력 분석 결과(예시)

그림 A.1은 토석류 충격력 측정장치의 예시로서 전면 패널의 크기는 10 cm × 10 cm이며, 로드셀의 측정범위는 0 N ~ 200 N 이다.



a) 정면

b) 측면

그림 12 | 초기 토석 형상(예시)

b) 토석류 전파속도

- 수로 바닥에 1 m 간격으로 횡단선을 도시하고, 고속 카메라를 활용하여 발생한 토석류가 2개의 횡단선을 지나가는 시간을 확인함으로써 다음 식과 같이 전파속도를 계산한다.

$$\text{토석류 전파속도 } (V) = \frac{\text{횡단선의 간격 } (L)}{\text{2개의 횡단선을 지나는 시간 } (t)}$$

- 토석류의 전파속도는 3개 구간(경사면의 20 % 지점, 50 % 지점, 80 % 지점)에서 측정된 값의 평균값으로 한다.
- 우측의 그림은 선형회귀분석을 통한 전파속도 분석결과도의 예시이다.
- 토석류의 전파속도는 아래 그림과 같은 방법으로 촬영하여 계산한다. 그림 12 (a) 횡단선 ①과 ②의 간격은 $L=1.0$ m이며, 2개의 횡단선을 지나는 시간(횡단선 ②에 도달시간 - 횡단선 ①에 도달시간)은 $t = 0.22$ s로, 전파속도는 4.55 m/s이다. 토석류의 도달시간은 토석류의 어떤 부분이라도 횡단선에 최초 도달시점을 기준으로 한다.

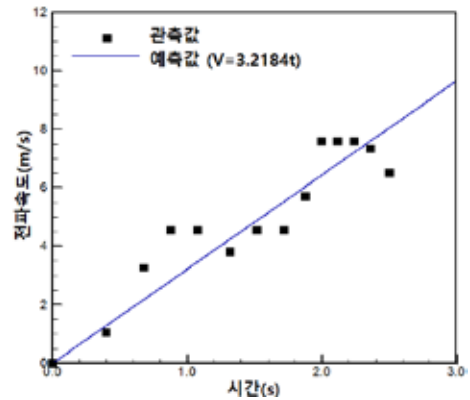


그림 13 | 토석류 충격력 분석 결과(예시)

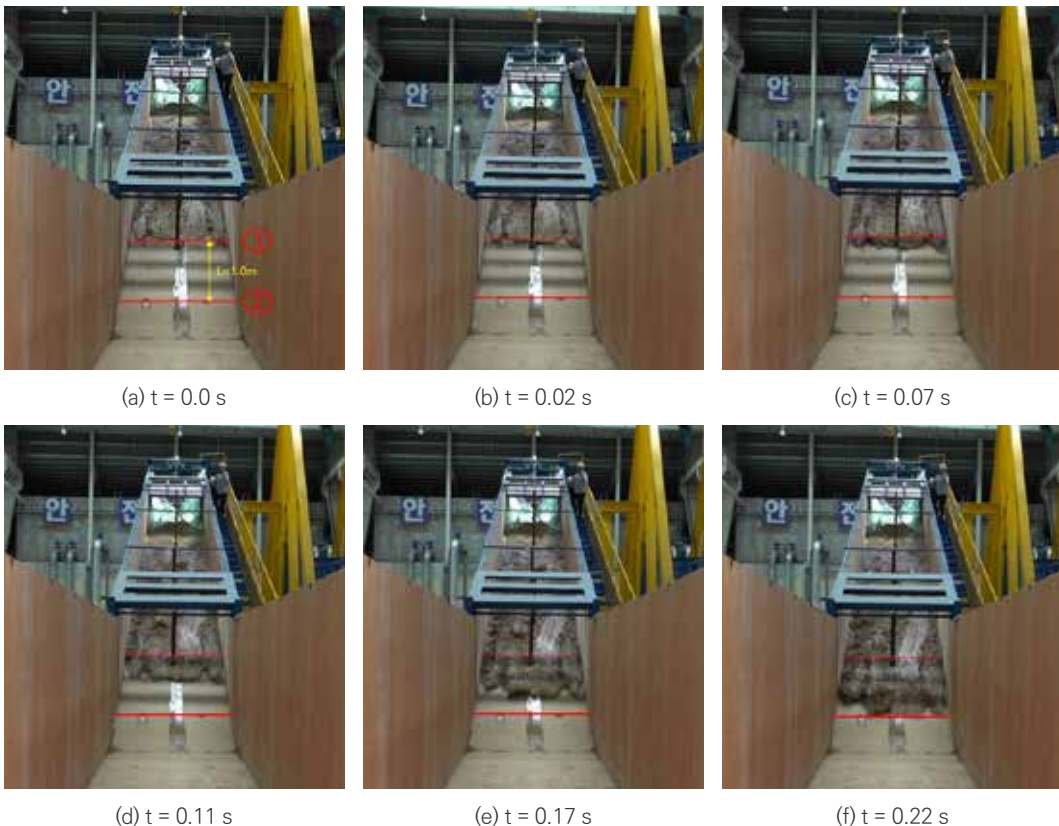


그림 14 | 고속카메라 토석류 흐름 촬영 (예시)

3. 맺는말

토석류는 집중호우 시 토사 내 함수량의 증가로 인해 또는 지진, 화산 발생 시 지각 변동으로 인해 사면의 저항력이 약화되어 발생한다. 이러한 토석류는 재해를 일으키는 매우 위험한 자연 현상이며, 그 규모에 따라 하류부에 큰 피해를 발생시킬 수 있다.

국내에서 수행된 토석류 관련 연구들은 해외에서 주로 수행된 기초연구 결과를 이용한 토석류 피해 발생예측, 위험지도 작성, 토석류 방지 구조물 개발 등의 응용연구가 대부분이며 소규모 모형을 제작하여 수리실험이 진행되었다. 김기환 외(2008)은 토석류 확산형태와 흐름 속도에 대한 모형실험을 수행하였으며, 김영일과 백중철(2011)은 토석류 유동과 퇴적 특성에 대한 실험을 수행하였다. 미국의 경우 미지질조사국(USGS, U.S Geological Survey)에서 1994년부터 지금까지 100 m 길이의 대형 경사수로를 이용하여 토석류 수리모형실험을 수행하고 있으며 이를 통해 토석류의 수위, 충격력, 전파속도, 유출 후 퇴적형상 등에 대한 다양한 실험데이터를 제시하고 있다. 그러나, 현재까지 국내외 토석류 실험에 대한 표준실험방법과 기준이 정립되지 않아 실험결과와 신뢰성을 명확히 증명하기 어려운 실정이다.

이에 단체표준 개발을 위한 국제융합 수리분야 단체표준 협의체를 구성하고, 이해관계인들의 의견을 반영한 토석류 충격력과 전파속도 측정방법에 대한 단체표준(안)을 2022년 4월 6일에 작성하였으며, 2022년 6월 17일 단체표준심사위원회에서 심의하여 단체표준(안)을 보완·수정하였다. 이후 여러 차례에 걸쳐 이해관계자들의 의견을 수렴하였고, 2022년 7월 27일부터 2022년 8월 30일까지 운영원 홈페이지에 제정(안) 예고와 안내를 거쳐 단체표준(안)에 대한 합의를 도출하였다. 그 결과 2022년 9월 6일 단체표준심사위원회에서 심의하여 최종안을 의결하였고, 2023년 10월 중소기업중앙회의 심의를 거쳐 이를 표준으로 제정하였다.

이 표준은 토석류로 인한 가장 직접적인 피해 인자인 토석류의 충격력과 전파속도를 정량적으로 파악하기 위한 시험 표준으로 시험 절차, 시험 방법 및 적절한 측정장비의 사양 등을 제 공함으로써 시험의 불확실성을 최소화하고, 명확한 프로세스에 따른 시험 결과의 신뢰성과 일관성을 확보하였다.

향후 이 표준은 토석류와 관련한 수치해석 및 수리실험 연구자 및 전문가의 연구에 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 판단되며, 한국농어촌공사 농어촌연구원에서도 토석류 실험시설을 이용하여 토석류 관련 산사태 등의 재난을 선제적으로 예방할 수 있는 연구를 지속적으로 수행하여 재난방호에 앞장설 수 있도록 노력할 예정이다.

감사의 글

이 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었습니다. [과제번호 RS-2021-KA162349]

참고문헌

- 김기환, 이동형, 김대희, 이승호, “토석류 흐름 상태 특성 파악을 위한 모형실험 연구”, 한국지반환경공학회 논문집, 9(5) (2008): 83-89.
- 김영일, 백중철, “사각형 수로에서 토석류 흐름 수리모형 실험”, 대한토목학회 정기학술대회,(2010): 279-282.
- 손신혜, 백중철, “토석류 거동 분석을 위한 실제규모 실험 연구”, 대한토목학회 정기학술대회, (2013): 2279-2281.
- Feizi Khankandi, A., Tahershamsi, A., Soares-Frazão, S. “Experimental investigation of reservoir geometry effect on dam-break flow”, J. Hydraul. Res., 50(2012): 376–387.
- Gray, J.M.N.T. “Granular flow in partially filled slowly rotating drums”, J. Fluid Mech., (2001): 441, 1–29.
- Iverson, R.M., Logan, M., LaHusen, R.G., Berti, M. “The perfect debris flow? Aggregated results from 28 large-scale experiments”, Journal of Geophysical Research, 115, F03005, 2010.
- Iverson, R.M. “Scaling and design of landslide and debris-flow experiments”. Geomorphology 244: 9-20, 2015.
- Scheidl, C., Chiari, M., Kaitna, R., Mullegger, M., Krawtschuk, A., Zimmermann. T. and Proske, D. “Analysing debris-flow impact models, based on a small scale modelling approach”, Surveys in Geophysics 34(1): 121-140, 2013b
- 사전재해영향성검토협의 실무지침, 행정안전부 고시 제 2017-13호(2017.10.24)
- 토목용어사전, 대한토목학회
- 단계보고서(2022), 국제융합수리 표준실험절차 개발 연구과제, 건설분야 성능기반 표준실험절차 개발사업
- KOLAS-G-008:2021 교정대상 및 주기설정을 위한 지침
- 하천설계기준해설, 국토교통부(2019)

낙동강 하굿둑 개방에 따른 기수역 주변 농경지 지하수의 염분농도 변화 분석

서상진_ 한국농어촌공사 농어촌연구원(sagnjin2218@ekr.ro.kr)

1. 낙동강 기수역 현황

가. 낙동강 기수역 농업 및 기상현황

낙동강 하굿둑으로부터 약 15 km까지 부산광역시 강서구 일대 기수역 인근으로는 논농사 뿐만 아니라 대파, 미나리, 토마토와 같은 밭 작물 재배가 이루어 지고 있다. 해당 지역(부산광역시 강서구 대저1동, 대저2동, 강동동, 가락동) 내 농가인원은 총 6,270명에 농지면적은 총 2,803ha(논 2,166ha, 밭 637ha)로 평상 시 농업용수 공급은 서낙동강, 평강천, 맥도강을 흐르는 하천수를 통해 공급되며 용수공급이 중단 되는 11월부터 이듬해 4월까지의 지하수를 농업용수로 이용한다. 특히 하천수위가 하강하는 가뭄 시 15 km 지점에 위치한 대저 및 평강수문 개방을 통해 물 공급이 이루어 지고 있으며 홍수 시 맥도 및 녹산수문 개방으로 인근 농경지 침수 피해를 예방하고 있다. 해당 지역 주변에 위치한 부산기상관측소에서 최근 30년 간 강수량을 분석하였을 때 연 강수량은 1,554.19 mm로 우리나라의 평균 연 강수량 약 1,306.3 mm에 비해 비교적 강우가 많이 내리는 지역으로 용수 공급 기간 중 농업용수 수량 문제 보다는 염해 피해, 녹조 문제 등 수질 문제가 대두되는 지역이다.

나. 낙동강 기수역 지하수 이용현황

해당 지역 내 지하수 이용현황에 대하여 비닐하우스 밀집지역을 중심으로 총 1,284공에 대한 한국수자원공사의 조사결과, 실제 이용공 988공, 불용공 21공 등 1,009공의 지하수 시설을 현장에서 직접 확인하였으며, 84공은 지하수 시설이 없는 것으로 조사되었다. 그 외 191공은 조사가 불가한 시설로 시설 유·무 확인이 불가 하였다. 조사 된 1,009공의 지하수 시설 중 농업용

지하수가 870공(86%)로 가장 많았으며 생활용 지하수가 123공(12%), 공업용 및 기타 지하수는 16공(2%)으로 대부분의 지하수가 농업용으로 이용되고 있다. 지하수 굴착심도는 대부분의 관정이 5~10 m 미만에 설치되어 논농사가 시작되는 5월 지하수 이용량이 가장 많았고 겨울철 일부 시설하우스 단지 근처에서 지하수를 많이 이용하는 것으로 조사되었다.

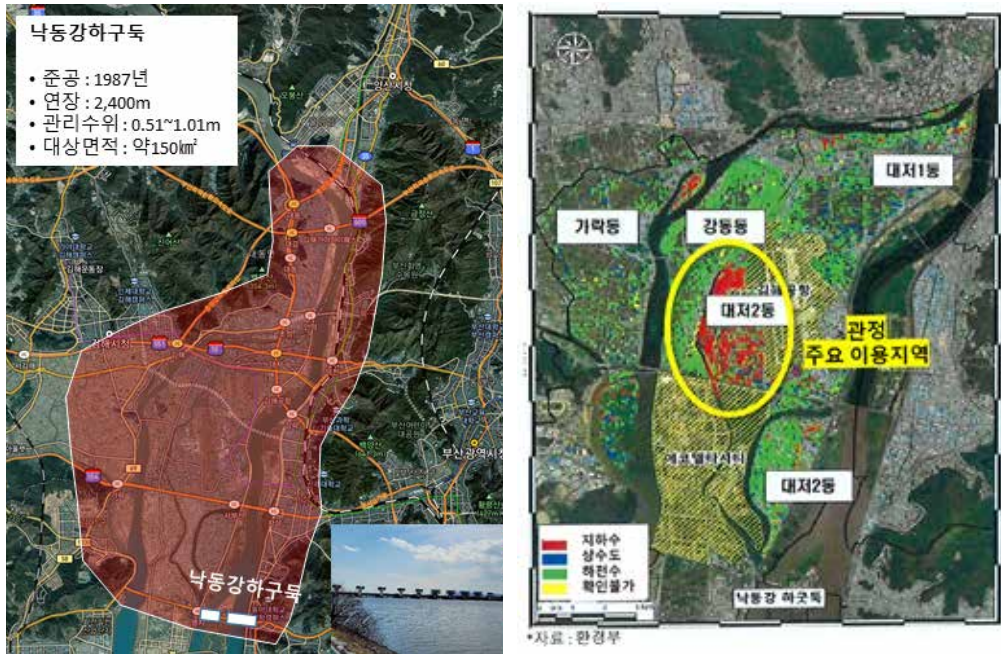


그림 1 | 낙동강 기수역 현황

다. 낙동강 하굿둑 시험 개방

낙동강 하굿둑은 부산 강서구 일대 용수 공급과 서쪽 김해평야의 염해피해 방지를 목적으로 1983년 3월 공사를 시작하여 1987년 11월 준공 되었다. 하굿둑으로 인하여 연 750백만 의 용수 공급이 이루어 졌으며 김해평야의 약 6천 ha의 농경지에 염해피해 방지 효과를 얻게 되었다. 이러한 긍정적인 효과에도 불구하고 바닷물과 강이 섞이는 기수역을 인위적으로 막음으로써 낙동강 수질악화, 퇴적물 오염 발생, 기수역 생태계에 서식하는 생물종의 서식처가 파괴되는 등 여러 가지 부작용이 발생 하였다(환경부, 2021). 따라서 지속가능한 생태계 물순환, 해수 유통을 통한 수질개선, 기수역 확보를 통한 생태계 복원 등 하굿둑 개방에 대한 필요성이 꾸준히 언급되고 있다. 반면 낙동강 기수역 주변 농민들은 하굿둑 개방에 따른 농경지 지하수 염분 피해에 대한 우려로 인하여 이해 당사자들 간의 의견 충돌이 계속되고 있다.

이에 환경부에서는 낙동강 하굿둑으로부터 약 15 km 인근에 위치한 상수도 취수원 및 서낙동강 유역의 농업활동에 영향이 없도록 시범적으로 해수 유입을 추진하였으며 21년도 1 ~4차 시험 개방 운영결과 계절적 특성에 의한 염분거동은 확인되었으나 지하수 및 구조물에는 해수 유입에 따른 특별한 염분변화는 확인 되지 않았다. 이에 따라 22년 1월 28일 낙동강물관리위원회에서는 하구 기수생태계 복원을 위해 염분피해 방지가 가능한 범위 내에서 하굿둑 개방 횟수를 당초 연 4개월에서 매월 대조기로 늘리되 하굿둑 상류 15 km 지점 도달 시 유입을 중단하는 것으로 의결하였다. 향후 생태계 복원을 위한 하굿둑 개방 횟수 및 시간이 증가할 가능성이 있으며 이에 따라 기수역 농경지의 지하수에 미치는 영향에 대한 선제적 분석 및 대비가 필요하다.

라. 지하수 담수-염수 경계

보통 해수의 밀도는 약 1.023 ~ 1.030 g/cm³로 담수 지하수의 밀도 약 1.0 g/cm³보다 커서 해수가 지하수 아래로 형성된다. 실제로 눈으로 볼 수는 없지만 낙동강 하굿둑 기수역 또한 마찬가지로 해수가 담수 지하수 아래에 위치하며 특히 담수-해수 경계면에서는 두 수체가 점진적으로 변하는 전이대를 보이게 된다.

담수-해수 경계면은 Ghyben-Herzberg 이론에 따라 강우에 따른 지하수위 상승으로 경계면이 하강하거나, 지하수위 하강으로 경계면이 상승하게 된다. 특히 지하수 과잉 양수로 발생하는 경계면의 상승 형태를 상승추(Upconing)라고 하며 실제 기수역 농경지의 지하수 이용 시 염분피해를 발생시킬 수 있다. 낙동강 기수역 또한 마찬가지로 담수-해수 경계면이 형성되어 있을 것으로 판단되며 외부 요인에 따른 경계면의 상승 혹은 하강을 확인하기 위하여 심도별 EC검층을 실시 하였다.

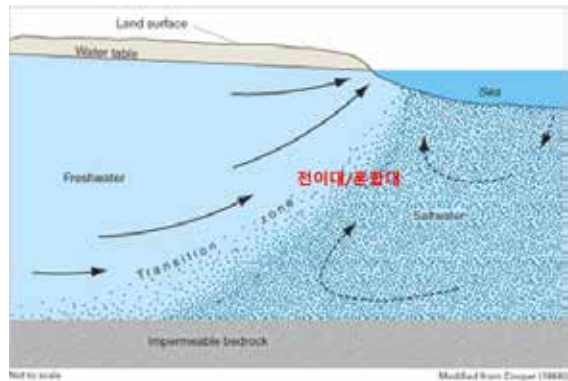


그림 2 | 녹담수-해수 전이대(미국지질조사소)

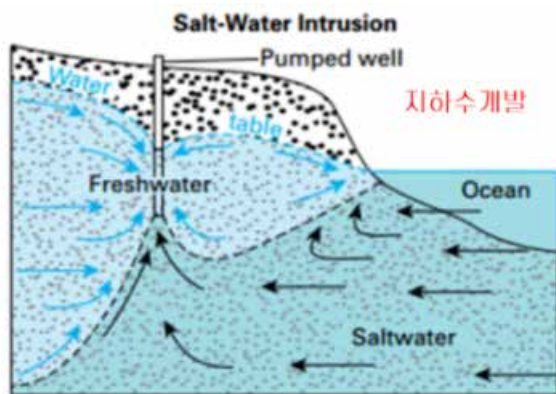


그림 2 | 녹담수-해수 전이대(미국지질조사소)

심도별 지하수 EC 검층은 낙동강 기수역 농경지에 지하수를 많이 이용하는 맥도강 및 대저2동 김해공항 인근에 위치한 총적 관측공에 대하여 실시 하였다. <그림1>에서 맥도강 및 대저2동 김해공항 인근으로 지하수를 가장 많이 이용하고 있는 것을 확인할 수 있으며 주로 논농사를 포함하여 짝짤이 토마토와 같은 하우스 작물 재배와 대파, 마늘과 같은 노지 작물 재배가 이루어 진다. 맥도강 인근에 위치한 대저2동2, 맥도 관측공과 김해공항 인근에 위치한 대저2동3-1, 대저2동3-2 관측공 총 4공에 대하여 지표 케이싱으로 부터 공 내 하부까지 약 1 m 간격으로 50 m 구간에 대하여 EC검층을 실시 하였으며 23년 1년 간의 기간 중 월별 1~ 2회 실시하여 실제로 담수-해수 경계면이 기간별로 이동하는 양상을 확인 하였다.

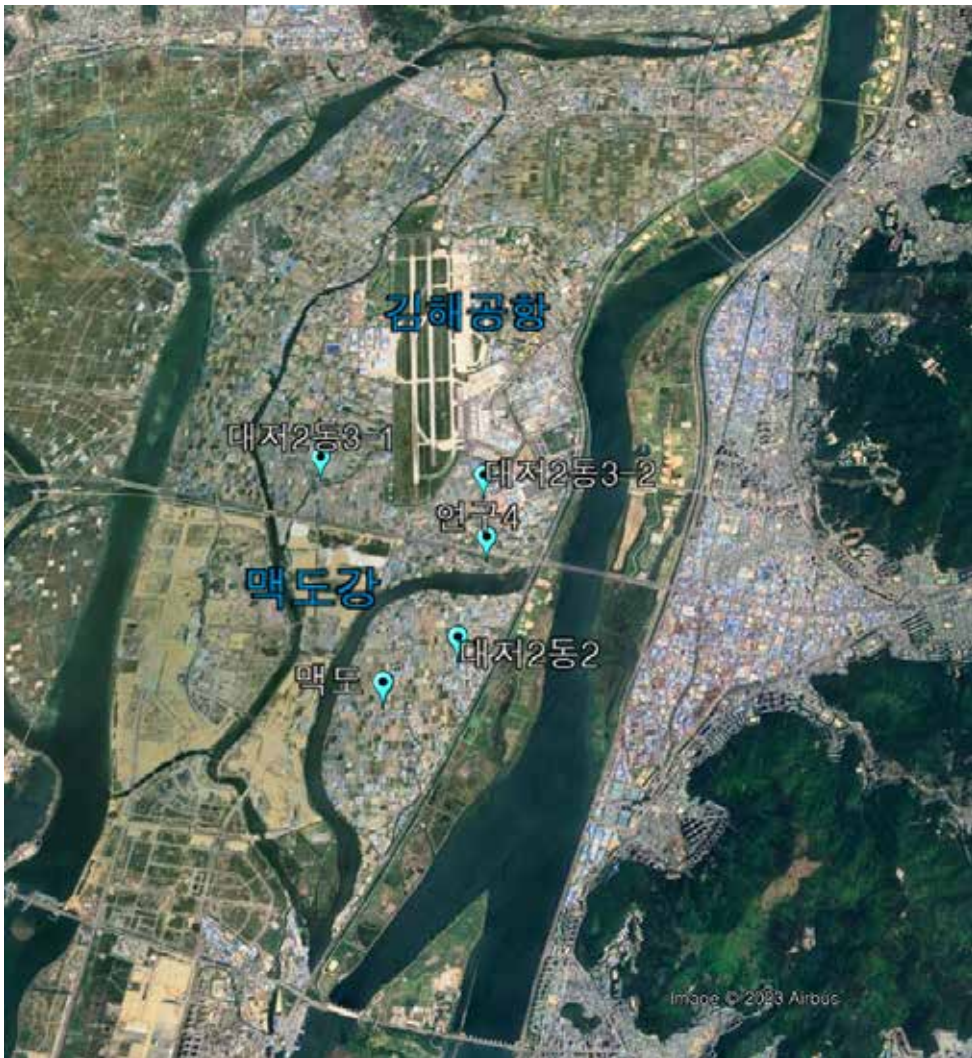


그림 4 | 분석대상 관측공(한국수자원공사 제공)

2. 지하수관측공 수위/전기전도도 조사결과

가. 맥도강 인근 관측공 조사결과

한국수자원공사에서 운영 중인 대저2동2 및 맥도 층적 관측공의 23년도 지하수위 및 전기전도도 분석을 실시 하였다. 해당 지역은 평강천을 통해 유입되는 맥도강 하천수를 농업용수로 주로 이용하며 대저2동2 관측공 인근에 일부 농업용 지하수를 이용하는 것으로 조사되었다. 두 관측공의 직선거리는 약 1 km, 관측공 표고는 1.49 EL.m, 맥도는 1.33 EL.m로 거의 동일하며 센서는 -1.51 EL.m, -7.67 EL.m에 설치 되었다. 지하수위 및 전기전도도는 큰 변화 없이 일정한 값을 나타내며 맥도 관측공의 수위가 대저2동2 관측공의 수위보다 약 1.5 m 이상 높게 나타난다. 전기전도도는 대저2동2 관측공이 약 10,000, 맥도 관측공이 약 40,000 범위로 강우 혹은 계절적 요인에 따른 변화는 없는 것으로 분석 되었다. 특히 23년 대조기 낙동강 하굿둑 개방 기간 동안 전기전도도의 상승 구간은 나타나지 않았다.

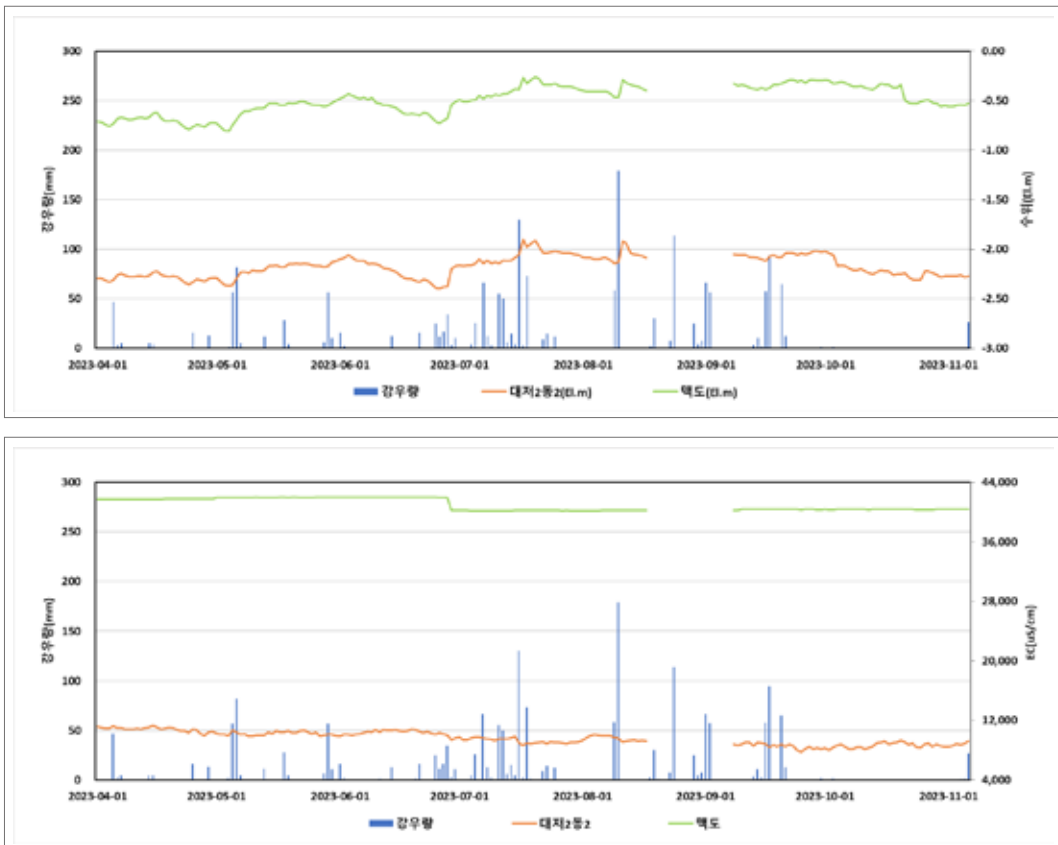


그림 5 | 대저2동2, 맥도 관측공 수위/전기전도도

대저2동2 관측공 및 맥도 관측공의 심도별 EC검층 결과 대저2동2 관측공의 경우 케이싱 기준으로 약 하부 10 m 구간에서 담수-염수의 경계면이 형성되어 있는 것을 확인 할 수 있다. 맥도 관측공의 경우 경계면이 뚜렷하게 나타나지 않으며 경계면이 지표 근처까지 상승하여 대부분의 구간이 해수 영역으로 나타난다. 특히 대저2동2 관측공의 경우 강우 혹은 계절적 변화에 따른 담수-해수 경계면의 이동은 나타나지 않았으나 지하수 과잉 양수 시 경계면의 상승으로 지표 하부 10 m 이상으로 해수 영역대의 지하수가 양수 될 수 있으므로 각별한 주의가 요구된다. 맥도 관측공 인근은 이미 지표 상부까지 해수 영역대로 나타남에 따라 지하수 이용이 제한적일 것으로 판단된다. 23년 대조기 낙동강 하굿둑 개방 기간 동안 담수-해수 경계면의 이동은 나타나지 않았다.

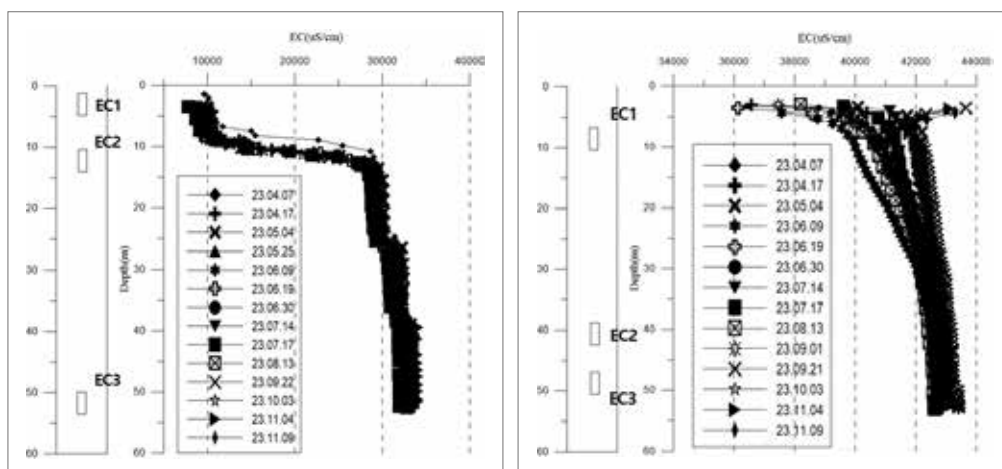


그림 6 | 대저2동2, 맥도 관측공 EC검층 결과

나. 김해공항 인근 관측공 조사결과

한국수자원공사에서 운영 중인 대저2동3-1 및 대저2동3-2 층적 관측공의 23년도 지하수위 및 전기전도도 분석을 실시 하였다. 해당 지역은 맥도강 인근 농경지와 마찬가지로 평강천 및 이를 통해 유입되는 맥도강 하천수를 농업용수로 주로 이용하며 특히 낙동강 기수역 농경지 내에서 가장 많은 지하수를 이용하는 구역이다. 지하수위의 경우 센서 이상으로 데이터 분석에 어려움이 있으나 대저2동3-1 관측공의 지하수위는 큰 변화 없이 일정한 값을 나타낸다. 또한 대저2동3-1 관측공의 전기전도도는 큰 변화 폭을 보이는데 이는 담수-해수 경계면이 상승 혹은 하강을 반복하면서 나타나는 현상으로 판단된다. 두 관측공의 직선거리는 약 2 km, 대저2동3-1 관측공 표고는 1.67 EL.m, 맥도는 1.64 EL.m로 표고값은 거의 일치하며 센서는 -4.43 EL.m, -4.36 EL.m에 설치 되었다. 대저2동3-1 관측공의 경우 전기전도도 상승구간이 나타나는데 23년 대조기 하굿둑 개방 기간과의 연관성은 나타나지 않았다.

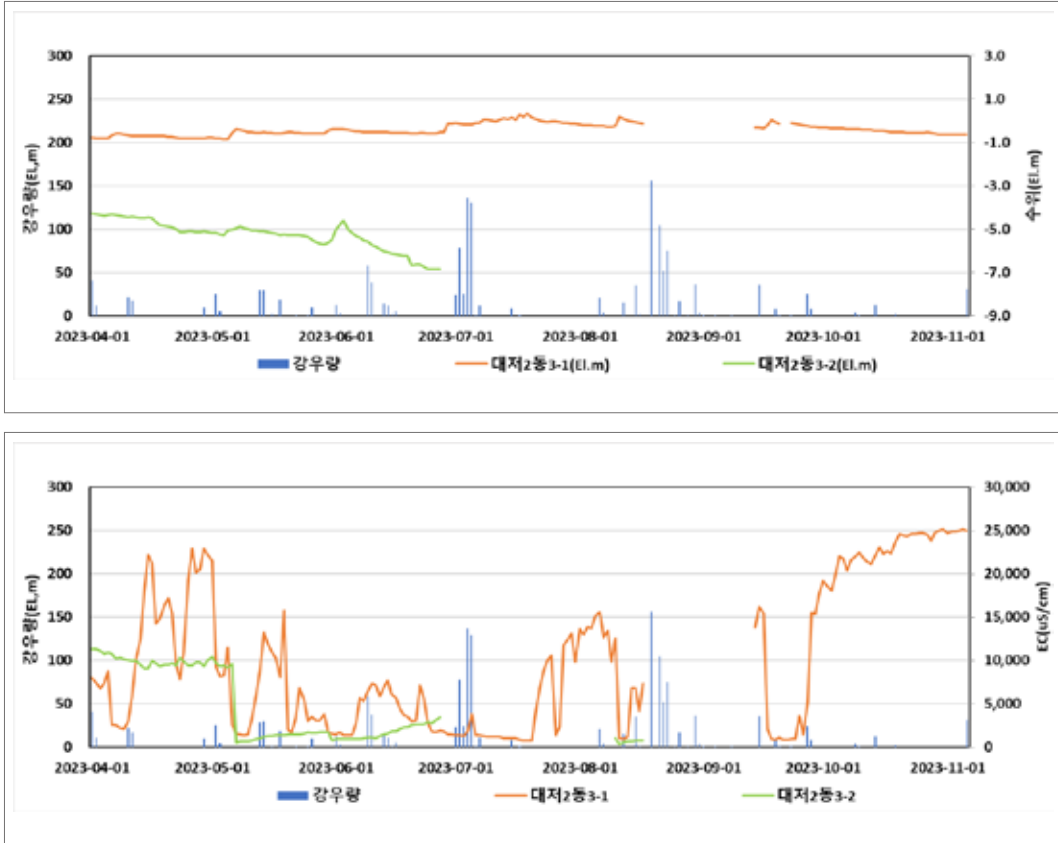


그림 7 | 대저2동3-1, 3-2 수위/전기전도도

대저2동3-1, 3-2 관측공의 심도별 EC검층 결과 대저2동3-1 관측공의 경우 지표 하부 약 15~20 m 구간에서 담수-염수의 경계면이 형성되어 있는 것을 확인 할 수 있다. 특히 매월 경계면의 이동이 극심하게 나타나며 우기 시 상부층이 담수 영역대로 나타나고 그 외 기간에서는 다양한 변화를 나타낸다. 대저2동3-2 관측공의 경우에도 지표 하부 약 10 m 구간에서 담수-염수의 경계면이 형성되어 있으며 대저2동3-1 관측공과는 달리 경계면 상부층은 대부분 담수 영역대의 전기전도도를 나타내고 있으나 경계면 하부층에서 다양한 변화를 나타낸다. 이를 통해 대저2동3-1 관측공 인근에서는 담수-해수 경계면을 기준으로 경계면이 지표 상부로 이동하고 대저2동3-2 관측공은 공 하부로 이동하는 것으로 보인다. 해당 지역은 지하수를 많이 이용하는 지역으로 앞서 맥도강 인근 지역과 마찬가지로 지하수 과잉 양수에 따른 경계면 이동에 각별히 주의할 필요가 있다. 앞서 맥도강 인근 관측공과는 달리 23년 대조기 낙동강 하굿둑 개방 기간 동안의 경계면 이동은 확인되었으나 연관성은 떨어지는 것으로 나타났다.

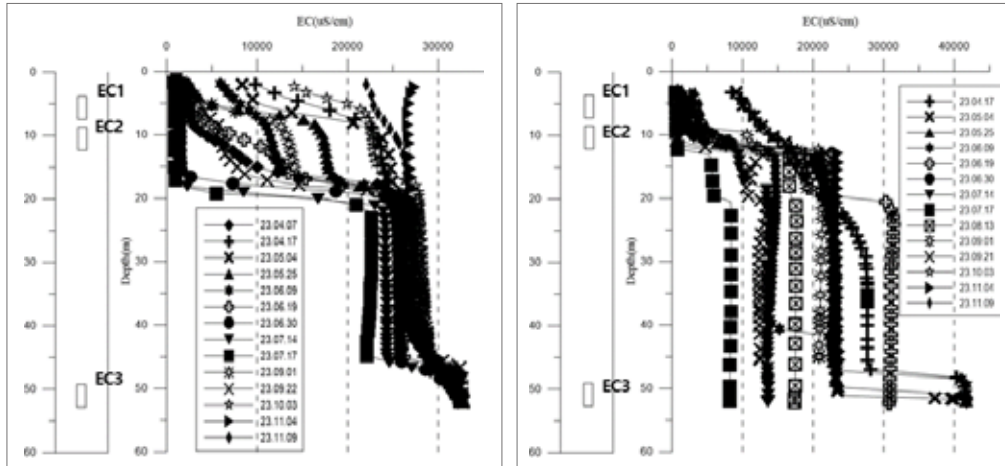


그림 8 | 대저2동3-1, 3-2 관측공 EC검측 결과

3. 요약 및 결론

낙동강 하굿둑은 1987년 준공하여 연 750백만의 용수를 공급 가능하게 하였다. 그 외에도 약 6천ha의 김해평야에 농경지 염해피해 방지로 농업 생산량의 증대 효과를 발생시켰다. 이러한 긍정적인 효과에도 불구하고 낙동강 하굿둑 건설 이후 생태계 서식처의 파괴로 인하여 생물종의 다양성이 감소하고 녹조로 인한 수질이 악화되는 등 환경 문제가 꾸준히 대두되고 있다. 특히 대한민국의 대표적인 강들 중 한강, 금강, 낙동강, 영산강을 대상으로 물 부족 문제를 해결하고 수해 예방을 위하여 과거 4대강 사업을 실시하였으나 사업 이후 강의 유속이 느려지고 물이 정체되면서 녹조현상이 심화되고 수생태계 또한 파괴되면서 보 해체에 대한 관심이 늘어나면서 낙동강 하굿둑 개방에 대한 논의 또한 꾸준히 이루어지고 있다. 이에 따라 한국수자원공사에서는 19년도부터 개방 실증시험을 통해 주변 농경지 지하수에 영향을 미치는지 여부에 대해 조사하고 꾸준히 모니터링을 실시하고 있다. 특히 부산시 강서구 대저동, 강동동, 가락동은 한국농어촌공사 김해지사의 용수 관리구역으로 농민들은 하굿둑 개방에 따라 염분이 농경지와 지하수에 영향을 미쳐 피해가 클 것을 우려하고 있다. 현재 하굿둑 개방에 따른 농경지 지하수의 변화에 대하여 모니터링을 실시하고 있지만 이는 일정 심도에 센서를 설치하여 특정 구간에 대해서만 측정되고 있으며 기간별 전체 구간에 대하여 전기전도도가 어떻게 이동하는지에 대한 분석이 필요하다.

특히 지하수를 많이 이용하고 있는 맥도강 인근, 대저2동 김해공항 인근 지역에 위치한 지하수

관측공에 심도별 EC검층을 실시하였을 때 일부 관측공에서 담수-해수 경계면이 나타나는 것을 확인하였다. 특히 대저2동 김해공항 인근의 경우 우기 시 경계면 상부로 담수영역의 전기전도도가 나타나지만 그 외 기간에 해수 영역에 가까운 전기전도도가 나타나기도 하였으며 경계면 하부로의 이동 또한 나타났다. 해당 지역은 대부분 지하수 모터 설치심도가 지표 하 5 ~ 10 m에 불과하며 이러한 담수-해수 경계면의 이동에 따라 농민들의 지하수 이용에 큰 영향을 미칠 수 있다. 올해의 경우 비교적 많은 양의 강우가 내림에 따라 지하수위의 급격한 하강은 나타나지 않았으나 향후 가뭄 시 지하수위 하강 및 지하수 과잉 양수로 인한 경계면 상승으로 농민들의 지하수 이용에 영향을 끼칠 수 있다.

실제 올해 낙동강 하굿둑 개방은 대조기 기간 중 하루 1시간 남짓 짧은 시간 동안 이루어지고 있으며 이에 따른 하천수 및 인근 지하수에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 판단되나, 하굿둑 개방에 따른 해수침입 뿐만 아니라 외부 환경 요인의 변화에 따른 담수-해수 경계면의 이동으로 인한 지하수 영향에 대한 분석 및 조사도 철저히 이루어져야 할 것으로 판단된다. 이를 토대로 향후 낙동강 뿐만 아니라 4대강 보 해체에 따른 농경지 지하수에 미치는 영향에 대한 선제적 대응이 필수적이다.

참고문헌

- 2020년 낙동강하굿둑 개방 영향조사 및 대책사업 보고서, 환경부, p.1-1. 2-8, 2-12
- 낙동강하굿둑 인근 현장관측조사 및 분석 보고서, 한국수자원공사, p.1-1.
- 낙동강하굿둑 운영개선 및 생태복원 방안, 환경부
- 해수침투조사 보고서, 한국농어촌공사, p.16
- <https://blog.naver.com/hydrolee2/223130330436>
- 물정보포털, <http://water.or.kr>
- 물환경정보시스템, <http://water.nier.go.kr>

양수장의 월별 소비전력량을 활용한 농업용수 양수량 산정 방법의 개선

Improvement of Agricultural Water Pumping Volume Calculation Method Using Monthly Electric Energy Consumption

방재홍 _ 서울대학교 대학원 생태지역시스템공학부(jaehong999@snu.ac.kr)

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

01

02

03

04

05

06

07

08

09

요약

본 연구에서는 한국농어촌공사 관리 1,970개 양수장을 대상으로 월별 전력사용량 자료를 활용해 연별 관개용수 양수량을 산정하였다. 한국농어촌공사의 기존 양수량 산정 방식을 개선한 방법을 제안하였으며 이 방법을 통해 2016년부터 2020년까지 5년간 양수량을 구하고 기존 방식으로 산정한 양수량과 비교분석하였다. 제안한 방법의 신뢰성을 검토하기 위해 상세 가동 정보가 존재하는 184개 양수장의 실제 양수량을 계산해 검증을 수행하였다. 월별 전력사용량 자료의 오류와 이상치를 제거하는 자료 정제 (data cleaning) 결과 관계기인 4월~10월의 자료를 활용하였으며 유효 자료는 연별로 (2016년부터 2020년) 77%, 75%, 88%, 88%, 52%로 나타났다. 단위면적당 양수량 산정 결과 5개년 평균 4,143mm로 나타났으며 이는 저수지의 단위면적당 공급량의 2배를 상회하는 값으로 상당히 많은 양의 용수를 공급하고 있는 것으로 판단되었다. 상세 정보를 활용한 양수량 자료로 검증한 결과 결정계수 (R^2)는 0.839로 동일한 경향성을 가지는 것을 확인할 수 있었다. RMSLE는 0.32, MAE는 2,496,509 m^3 로 나타나 결과 참고 및 활용시 염두에 두어야 할 것이다. 본 연구 결과는 향후 월별 전력사용량을 활용한 양수량 산정시 방법론과 신뢰성 측면에서 참고할 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract

In this study, the annual irrigation water pumping volume was calculated using monthly electric energy consumption for 1,970 pumping stations managed by the Korea Rural Community Corporation. We proposed an improved method of the Korea Rural Community Corporation's existing pumping amount calculation method. Through this method the pumping amount for 5 years from 2016 to 2020 was obtained and compared with the pumping amount calculated using the existing method. To examine the reliability of the proposed method validation was performed by calculating the actual pumping volume of 184 pumping stations for which detailed operation information exists. As a result of data cleaning to remove errors and outliers in monthly electric energy consumption, data from April to October, the irrigation seasons, were used, and the effective data was 77%, 75%, 88%, 88%, and 52% by year (2016 to 2020). The calculation of the amount of water per unit area showed a five-year average of 4,143 mm, which is more than twice the supply per unit area of the reservoir, and it was judged to be supplying a considerable amount of water. As a result of validation using pumping volume data with detailed information, it is confirmed that the coefficient of determination (R^2) was 0.839, showing the same tendency. RMSLE was 0.32 and MAE was 2,496,509 m^3 , which suggests that utilization should be considered with caution. The results of this study are expected to be useful in terms of methodology and reliability when calculating water pumping volume using monthly electric energy consumption in the future.

Keyword: Pumping station, Water supply calculation, Monthly electric energy consumption, Water pumping volume

I. 서론

기술의 발달로 농업 분야의 모니터링 기반 시설이 점차 늘어나고 있으며, 축적되는 농업용수 관련 자료는 기하급수적으로 증가하는 추세이다. 한국농어촌공사는 우리나라 농업의 주요 기반 시설인 저수지와 양수장의 효율적 운영을 위해 센서 구축 및 자료 관리에 심혈을 기울이고 있다. 양수장의 경우 공급면적이 큰 양수장의 자세한 일별 양수기 가동시간 정보 등을 저장하고 있으며 필요한 경우 토출부에 유량계를 설치해 실시간으로 수위 및 유량을 확인할 수 있는 환경을 구축하고 있다.

양수장은 하천 수면이 농경지보다 낮아 자연 유하를 통한 물 공급을 할 수 없을 때 하천물을 퍼 올려 농경지에 공급하는 시설이다. 양수장은 주로 저수지가 없는 지역이나 물공급이 부족한 수혜구역 말단 지역에 설치되어 왔으나 최근 재배 작물의 변화, 수혜 구역의 편입, 보강 등 농경

지 변동으로 빈번히 설치되고 있다. 우리나라 전체 수리답면적 696,428 ha 중 양·배수장 수혜 면적은 176,735 ha로 약 25.4 %에 육박하며, 보조수원공으로 활용되는 양·배수장 (이하 양수장)은 321,414 ha 의 면적에 보충급수한다 (MAFRA, 2019). 양수장은 운용의 편리함으로 인해 최근 주수원공으로써 자주 사용되고 있으며 관련 계측 자료의 관리와 활용이 점차 중요해지고 있다.

국내 양수장 관련 연구는 주변 환경에 따른 적정 지하수 양수량 결정(Choi et al., 2010; Nam et al., 2015; Cho et al., 2017; Kim and Chang, 2018), 양수량 산정 방법의 검증(Choi et al., 2000; Jeoung and Park, 2003; Ryu et al., 2017; Jin et al, 2018)과 관련된 연구가 주를 이뤘다. 양수장 운영 자료 및 물리식을 활용해 양수가 미치는 영향 분석, 모형을 활용해 주변 하천 및 지하수와의 연계성을 모의하는 등 (Kim et al. 2012; Chung et al., 2017) 의 다양한 연구가 2000년대 초반부터 진행됐으나 자료 획득의 어려움 등으로 인해 연구 범위가 단일 양수장에 한정되어 있다.

현재 한국농어촌공사에서는 수천 개에 달하는 양수장 관련 자료를 저장하고 있으며, 일부 주요 양수장에 대해서는 상세한 가동시간 및 양수량 자료를 저장, 축적하고 있다. 즉, 과거에는 획득이 어려웠던 자료가 이용 가능한 상황이며 농업용수 공급 측면에서 해당 자료를 활용해 다양한 분석을 시도할 수 있는 가능성이 열려있다.

이러한 가능성 탐색을 위해 본 연구에서는 2천여 개에 가까운 주요 양수장의 월별 전력량 자료와 양수기 제원을 활용해 월별 양수량을 산정, 검증하였으며, 강수량과의 상관관계 분석, 지역별 양수량 비교를 시행하였다. 이는 향후 농업수문 자료 빅데이터 분석 연구에 있어 기반 자료로 활용될 가능성이 큰 것으로 사료된다.

II. 재료 및 방법

본 연구에서는 한국농어촌공사에서 운영하는 주요 양수장의 월별 전력사용량과 양수기 사양 자료 등을 활용해 대상 양수장의 양수량을 산정 및 분석하였다. 연구는 자료 수집, 양수량 산정, 양수량 검정의 순서로 진행하였으며, 자세한 내용을 <그림 1>에 연구 흐름도로 나타내었다.

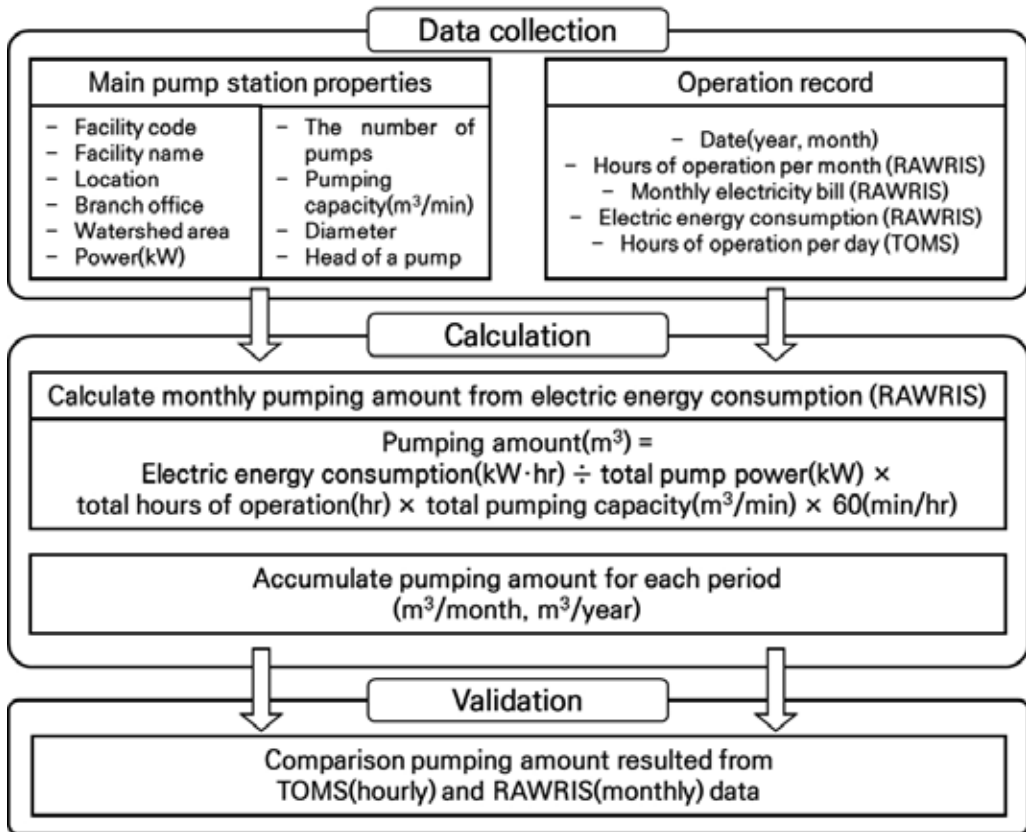


그림 1 | Flow chart of this study

1. 대상 양수장 선정

우리나라 농업용수 양수량을 산정하는 정확한 방법은 전국에 산재한 양수장 관련 자료를 전수 조사해 공급량을 산정하는 것이다. 그러나 지방자치단체 관리 양수장은 자료 관리가 미흡하며, 한국농어촌공사 관리 양수장은 수혜면적이 넓은 주요 양수장 위주로 자료를 관리하고 있어 전수조사는 한계가 있는 것으로 판단되었다. 한국농어촌공사 관리 양수장 3,802개소의 수리답면적은 147,983 ha로 우리나라 전체 양수장 수혜면적 176,735 ha의 83.7 %에 육박하여 대부분을 차지하고 있다 (MAFRA, 2019). 이 중 수혜면적이 30 ha 이상인 양수장 1,970개소를 본 연구의 대상 양수장으로 선정하였다. 대상 양수장의 총 수혜면적은 약 121,851 ha로 개소수는 51.8 % 정도지만 수혜면적은 약 82.3 %로 대부분을 차지하였다.

2. 양수장 자료 수집 및 정제

1) 양수장 제원 및 월별 전력사용량 자료 수집

양수량 산정에 필요한 양수장 관련 자료는 한국농어촌공사로부터 수집하였다. 제원 자료는 1,970개 대상 양수장의 양수기 동력 (kW), 유량 (m³/min), 양수 방식 등의 상세한 제원 정보를 포함하며 월별 전력사용량 자료는 2016년부터 2020년까지 5년 동안 양수장 표준시설코드, 사용년도, 사용월, 월별 전력사용량 (kWh), 월별 가동 시간 (h), 월별 전기 요금 (원), 월별 양(배)수량을 포함한다. 이때, 월별 양수량 자료는 오측이 많으며 품질을 신뢰할 수 없어 쓰레기 값 (garbage data)으로 취급하여 실제 양수량 계산에 활용하지 않고 있다. 산정한 양수량의 신뢰성 검증을 위한 자료로 일부 양수장의 양수기별 가동시간 자료를 한국농어촌공사 용수시설 통합운영관리 시스템 (TOMS, Total Operation Management System)으로부터 수집하였다. 해당 자료는 양수기별, 시간별로 고도화된 모니터링 시스템을 갖추고 있어 신뢰할 수 있는 양수량 값을 산출하고 있으므로 검증 자료로 충분할 것으로 사료되었다.

2) 양수장 월별 전력사용량 자료의 정제

수집한 전력사용량 자료를 양수량 산정의 입력자료로 활용해 신뢰할 수 있는 결과를 도출하기 위해서 해당 자료의 오류와 이상치를 제거하는 정제 작업 (data cleaning)이 선행되어야 한다. 월별 전력사용량 자료에는 다양한 형태의 오류, 누락, 이상치를 포함하고 있다. 이에 본 연구에서는 기록별 (record) 누락자료, 월별 전력사용량이 0인 자료를 선제적으로 배제하였다. 월별 가동 시간 자료는 값의 범위가 0부터 3,241,080까지 물리적으로 불가능한 값이 다수 존재하여 자료 자체적으로 오류가 많은 것으로 판단되어 계산 과정에서 배제하였다. 한국농어촌공사로부터 받은 원자료는 위와 같은 품질관리를 거친 후 월별 양수량을 산정하였다.

3. 양수량 산정 및 검증

1) 양수량 산정 방법의 개선

본 연구에서는 한국농어촌공사 관리 1,970개소 양수장의 월별 전력사용량 자료를 활용해 산정한 양수량을 산정하였으며 기존 산정 자료와 비교하였다. 한국농어촌공사의 기존 양수량 산정 방식의 일부분을 개선해 신뢰성 높은 양수량 산정 결과를 도출하고자 하였다.

한국농어촌공사의 기존 양수량 산정 방식은 월별 전력사용량 (kWh)을 양수기의 동력 (kW)으로 나누어 가동시간 (h)을 구한 후 펌프 유량 (m³/min)과 환산계수 60 (min/h)을 곱해 양수량을 구하게 된다. 이때, 월별 전력사용량은 양수장 전체의 전력소비량을 나타내는 값이나 양수

기 동력은 양수기 1개의 동력인지 모든 양수기의 동력인지 구체적으로 명시되어 있지 않다. 양수장에는 동일한 동력과 유량을 가진 펌프가 설치되어 있는 경우도 있으나 보조 펌프 혹은 두 개 이상의 간선에 송수하는 경우 서로 다른 동력 및 유량을 가진 다양한 종류의 펌프가 설치되어 있는 경우도 존재한다. 따라서, 기존 양수량 산정식으로는 계산 과정상 모호한 부분이 존재할 수 있으며 실무자가 다수인 경우 서로 다른 방법으로 양수량을 산정하는 오류가 발생할 수 있다.

본 연구에서는 월별 전력사용량을 이용해 양수량을 산정하는 경우 언제나 동일한 값을 도출하는 방법을 제시해 양수량 산정 과정을 일반화하고자 하였다. 이는 양수장에 설치된 양수기의 총 동력을 활용하는 방식으로 양수장별로 가상의 양수기를 한 대만 운용하는 것으로 가정하고 계산하는 방식이다. 가상의 양수기 동력과 유량 (이하 대표 동력, 대표 유량)은 실제 양수장에 존재하는 양수기 동력과 유량의 총합과 같게 되며, 월별 전력사용량은 가상의 양수기에서 소비되는 전력량이 된다. 단, 이 방법은 실제 양수기별 가동시간이 같다는 전제를 기본으로 한다.

이와 같은 방법은 정확성 측면에서는 다소 부족할 수 있으나 방대한 자료 (massive data)를 활용해 전체적인 경향을 파악하는 측면에서는 충분한 것으로 보인다. 양수량 산정식은 다음과 같다.

$$Q = \sum_{n=1}^N Q_n \quad (1)$$

$$Q_n = H_n \times q_n \times 60 \quad (2)$$

$$H_n = \frac{P_n}{W_n} \quad (3)$$

$$W_n = \sum_{l=1}^{N_n} W_{n,l} \quad (4)$$

$$q_n = \sum_{l=1}^{N_n} q_{n,l} \quad (5)$$

여기서, Q 는 양수량 총합 (m^3), Q_n 은 n 번째 양수장의 양수량 (m^3), N 은 양수장의 총 개수, H_n 은 n 번째 양수장의 대표 가동시간 (h), q_n 은 n 번째 양수장의 대표 유량 (m^3/min), P_n 은 n 번째 양수장의 전력소비량 ($kW \cdot h$), W_n 은 n 번째 양수장의 대표 동력 (kW), N_n 은 n 번째 양수장의 양수기 개수, $W_{n,l}$ 은 n 번째 양수장의 l 번째 양수기의 개별 동력 (kW), $q_{n,l}$ 은 n 번째 양수장의 l 번째 양수기의 개별 유량 (m^3/min)이다.

2) 양수량의 검증

월별 전력사용량을 활용해 산정한 양수량을 검증하기 위해 주요 양수장 184 개의 일별 가동시간 자료를 활용해 산정한 양수량과 비교 분석을 실시하였다. TOMS에서 추출한 자료는 양수기별로 일별 가동 스케줄이 시분초 단위로 분류되어 있다. 상세한 운영 자료를 활용해 구한 양수량을 실제 값으로, 월별 전력사용량으로 구한 양수량을 비교 값으로 하여 두 양수량을 비교 평가하였다. 평가 지표로는 아웃라이어 (outlier)에 덜 민감한 MAE (Mean absolute error)와 RMSLE (Root mean squared log error), 그리고 R2 (coefficient of determination)이 있다. 각 지표의 계산 방법은 하단의 식과 같다.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (|y_i - \hat{y}_i|) \quad (6)$$

$$RMSLE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\log(\hat{y}_i + 1) - \log(y_i + 1))^2} \quad (7)$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (8)$$

여기서 n 은 표본 개수, y_i 는 i 번째 모델값, \hat{y}_i 는 i 번째 실측값, \bar{y} 는 표본 평균을 의미한다.

III. 연구 결과

1. 양수장 월별 전력사용량 자료 정제 결과

월별 전력사용량 자료를 양수량 산정에 사용하기 위해서는 자료의 객관성이 확보되어야 하며 오류 자료와 이상치 제거가 선행되어야 한다. 본 연구에서는 1,970개 양수장의 제원 자료와 월별 전력사용량 자료를 수집하여 자료를 정제한 후 양수량 산정에 활용하였다.

양수량 계산 과정 중 양수장별 대표 가동시간이 중간 산출물로 얻게 되는데, 이는 가상의 양수기 한 대가 한 달 중 가동된 시간을 의미하므로 물리적 최대시간인 31일 (744시간)을 초과할 수 없다. 1,970개 양수장 자료 중 대표 가동시간이 이를 초과하는 자료, 전력사용량이 0인 자료, 그리고 나머지 정상 자료의 비율을 구하여 그래프로 나타내었다 <그림 2>.

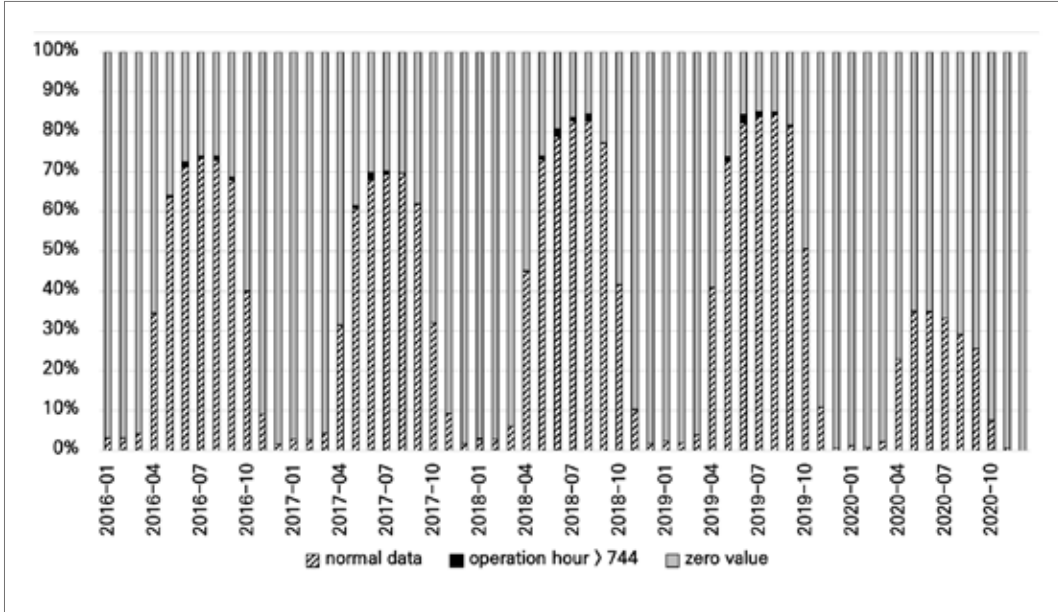


그림 2 | Data condition after data cleaning

매년 1월~3월, 11월~12월에는 월별 전력사용량이 0 자료인 양수장 비율이 90% 이상이었으며 해당 기간은 비관개기로서 양수장을 거의 가동하지 않는 것을 확인할 수 있었다. 관개 초기와 말기인 4월과 10월에는 정상적인 자료 비율이 5월~9월 정상 자료의 절반 정도로 나타났으며, 이는 지역별 관개 시점과 종점의 차이에 기인한 것으로 보인다. 따라서 본 연구에서는 관개 시기의 양수량만을 산정하기 위해 1월~3월, 11월~12월의 전력사용량을 제외하고 계산을 진행하였다. 또한, 월별 최대 가동시간인 744시간 이상 가동한 것으로 나타나는 양수장 자료는 한 달 동안 모든 양수기를 연속 가동한 것으로 수정하여 양수량 산정에 반영하였다.

2. 양수량 산정 결과

대상 양수장 1,970개소의 월별 전력사용량 자료를 활용해 2016년부터 2020년까지 5년간 양수장 양수량을 산정하였다. 품질관리된 월별 전력사용량과 양수량 산정 식 (1) ~ (5)에 따라 산정된 양수량을 모두 합하여 농업용수 양수량을 구하였다. 한국농어촌공사의 기존 양수량 산정 방법에 따라 계산된 양수량 (Orig.)과 본 연구에서 제시한 방법에 따라 산정한 양수량 (Impr.)을 <표 1>에 정리하였다.

표 1 | Comparison of irrigation water supply by pumping station (Original and improved)

Year	2016		2017		2018		2019		2020	
Method	Orig.	Impr.	Orig.	Impr.	Orig.	Impr.	Orig.	Impr.	Orig.	Impr.
Pumping amount (Mm ³) (a)	4,671	4,937	3,204	3,840	5,845	5,220	4,537	4,531	2,967	3,525
Deviation from Orig. data (%)	5.70%		19.85%		-10.69%		-0.13%		18.82%	
Number of effective data	1,242 (63%)	1,520 (77%)	1,186 (60%)	1,471 (75%)	1,520 (77%)	1,723 (88%)	1,661 (84%)	1,724 (88%)	1,462 (74%)	1,015 (52%)
Beneficial area of effective pump station (1,000ha) (b)	91	105	68	94	95	105	108	114	98	113
Unit irrigation supply (mm) (a)/(b)	5,156	4,703	4,689	4,064	6,146	4,963	4,202	3,973	3,012	3,114

연간 월별 전력사용량이 0이 아닌 값을 가져 양수량을 계산할 수 있는 양수장 자료를 유효자료 (effective data)라고 명명하였으며, 연도별 유효자료와 유효 양수장의 수혜면적을 같이 나타내었다. 개선된 방법 활용 자료의 경우 2016년에는 유효자료가 1,520개로 76.9%, 2017년은 74.6%, 2018년은 87.1%, 2019년은 87.3% 그리고 2020년은 51.5%로 나타났다. 이는 기존 산정 방식에 따른 유효자료보다 높은 수치로 자료의 활용 가능성이 기존 방법보다 높은 것을 확인할 수 있었다.

연도별, 산정 방식별로 유효자료 개수와 유효 양수장 수혜면적이 서로 다르므로 동일한 기준에 따른 비교를 위해 산정한 총 양수량을 유효 양수장 수혜면적으로 나누어 단위면적당 양수량 (혹은 공급량)을 산정하였다. 본 연구 결과에서 산정된 양수량은 전국 양수장 수리답면적인 174,521 ha (MAFRA, 2021) 중 많게는 64.9%, 적게는 54.1%를 담당하는 양수장의 양수량을 구한 것이라 할 수 있다. 단위면적당 공급량은 장마가 길었던 2020년에는 3,114mm로 가장 적었으며 폭염이 길고 가뭄이 심했던 2018년에는 4,963mm로 나타났다. 강우량의 경년 변화로 인해 양수량 변동 폭이 상당히 크게 나타났으며, 특히 관행적으로 알려진 저수지의 단위면적당 공급량과 비교하면 상당히 많은 양을 공급한 것을 확인할 수 있었다.

3. 양수량 검증 결과

월별 전력사용량 자료를 활용해 산정한 양수량이 어느 정도의 신뢰도를 가지는지 검증하기 위해 TOMS의 양수기별 운영 자료를 활용한 값과 비교해 MAE, RMSLE, R2를 산정하였다 <표 2>.

표 2 | Validation indices of this study

Index	RMSLE	MAE	R ²
value	0.32	2,496,509	0.839

TOMS에서 가져온 2019년도 주요 양수장 양수기별 운영 일지에 의거해 산정한 양수량과 월별 전력사용량으로 구한 양수량의 비교를 위해 동일 기간 자료가 존재하는 184개 양수장의 표본을 선정하였다. 결정계수는 0.839로 높게 나타나 동일한 경향을 가지는 것을 확인할 수 있었다. MAE는 2,496,509m³이었으며 RMSLE 값은 0.32로 나타난 것을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구의 양수량 산정 결과 확인 및 참고시 평가 지표값을 염두에 두어야 할 것이다.

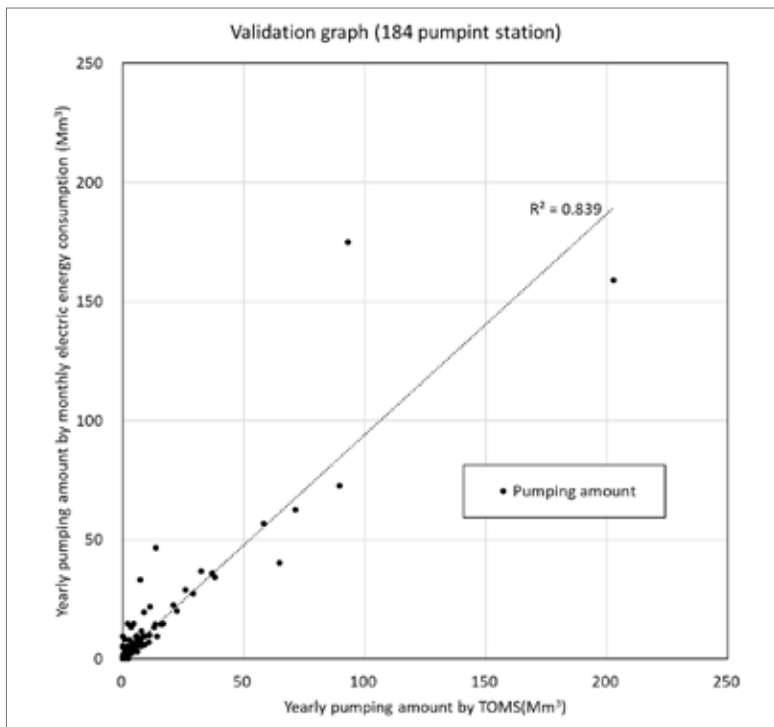


그림 3 | Validation result of this study

IV. 결론

본 연구에서는 농업수문환경 측정 기반의 확장으로 기하급수적으로 증가하는 자료의 활용을 위해 월별 전력량자료 기반 양수장의 농업용수 양수량을 산정 및 검증하였다. 한국농어촌공사에서 운영하는 수혜면적 30 ha 이상의 양수장 1,970개소를 대상으로 연구를 진행하였으며 2016년부터 2020년까지 5개년의 월별 전력사용량 자료를 정제한 후 양수량을 산정하였다.

비관개기인 1월~3월, 11월~12월에는 월별 전력사용량이 0인 양수장 비율이 90% 이상으로 나타나 4월~10월까지의 자료만을 활용하였으며, 대표 가동시간이 한 달을 초과하는 자료는 한 달간 양수기를 연속 가동한 것으로 수정해 양수량 산정에 적용하였다. 또한, 양수장 산정 방식의 매뉴얼화를 위해 양수장에 한 대의 가상의 양수기만 운영하는 것으로 가정하였으며, 가상의 양수기 동력과 유량은 실제 양수장에 설치된 양수기의 총 동력과 총 유량으로 간주해 계산을 실시하였다.

1,970개 양수장의 월별 전력사용량 자료 중 유효자료는 51.5%에서 87.3%까지 연도별로 편차가 있었으며 유효자료의 수혜면적은 전국 양수장 수리답면적 기준 최소 54.1%에서 최대 64.9%까지 범위를 가졌다. 연도별 양수량 산정 결과 2016년에 49억 3,700m³, 2017년에 38억 4,000m³, 2018년에 52억 2,200m³, 2019년에 45억 3,100m³, 2020년에 35억 2,500m³ 을 양수 공급한 것으로 나타났으며 한국농어촌공사에서 산정한 기존 양수량과 편차가 적게는 -0.13%에서 많게는 19.85%까지 연도별로 다양한 편차를 보였다. 단위면적당 양수량은 2016년부터 2020년까지 4,703mm, 4,064mm, 4,963mm, 3,973mm, 3,114mm였으며 특히 가뭄이 심했던 2018년도의 단위면적당 양수량이 가장 큰 것을 확인할 수 있었다. 5개년 평균값은 4,143.4mm로 일반적인 저수지의 단위면적당 양수량으로 알려진 1,600mm의 두 배를 상회하는 값으로 상당히 많은 양을 공급하는 것으로 판단되었다.

월별 전력사용량 자료를 활용해 산정한 양수량의 신뢰성 검토를 위해 양수기별 상세 가동 시간을 기록하고 있는 184개 양수장을 대상으로 검증을 하였다. 검증 결과 결정계수는 0.839로 높은 상관성을 가졌으며 RMSLE가 0.32, MAE는 2,496,509m³로 나타나 향후 양수량 산정시 해당 지표값을 염두에 두어야 할 것으로 사료되었다.

본 연구에서는 양수장의 월별 전력사용량 자료를 활용해 관개용수 공급량을 산정하였으며 한국농어촌공사의 기존 양수량 산정 과정의 모호한 부분을 개선한 방식을 제안하였다. 산정한 양수량의 신뢰성 확보를 위해 184개 양수장의 상세 가동 시간 정보를 활용한 양수량과 비교 검증하였다. 본 연구 결과는 양수기별 가동 정보와 같이 상세한 자료가 없는 양수장의 총 양수량 산정 과정에서 방법론, 자료 신뢰성 측면에서 참고할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- Cho BW, Yun U, Moon SH, Lee BD, Cho SY, Kim YC, Shin J, Hwang S, Ha K (2017) Optimal pumping rate of a water well at Imgokri, Sangju city. The Journal of Engineering Geology 27(3): 255-265, DOI: 10.9720/kseg.2017.3.255
- Choi HM, Lee JY, Cheon JY, Jun SC, Kwon HP (2010) Estimation of optimal pumping rate, well efficiency and radius of influence using step-drawdown tests. The Journal of Engineering Geology 20(2): 127-136.
- Choi JK, Son JG, Koo JW, Yoon KS, Kim YJ (2000) Monitoring of irrigation water supply and water quality from a pumping station. KCID J. 7(1): 19-26.
- Chung IM, Kim NW, Lee J, Chang SW (2017) Evaluation of water supply capacity using groundwater abstraction contributing to streamflow. J Korea Water Resour. Assoc. 50(12): 889-896, DOI: 10.3741/JKWRA.2017.50.12.8
- Jeoung JH, Park SK (2003) Calculation of pumping rate considering the change of groundwater level. KCID J. 10(1): 80-88.
- Jin HS, Roh Y, Cha JH (2018) Research on estimation of water-intake using amount of electricity consumption by pumping. 2018 Korea Water Resour. Assoc. Conference: 368-372.
- Kim MG, Chang SW (2018) Optimal groundwater development estimation to prevent saltwater intrusion in western Jeju island. Journal of the Korean Society of Civil Engineers 38(4): 527-535, DOI: 10.12652/Ksce.2018.38.4.0527
- Kim NW, Lee J, Lee JE, Won YS (2012) Development of relational formula between groundwater pumping rate and streamflow depletion. J. Korea Water Resour. Assoc. 45(12): 1243-1258, DOI: 10.3741/JKWRA.2012.45.12.124
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (2021) Statistical yearbook of land and water development for agriculture. Korean Rural Community Corporation, Rural Research Institute, 870 Haean-ro, Sangnok-gu, Ansan-si, Gyeonggi-do, Korea.
- Mok JK, Jang BJ, Park YC, Oh JS, Lee GC, Kim KJ (2018) Estimation of optimal pumping rate by step-drawdown tests at combined well and open-closed loops geothermal systems. J. Geol. Soc. Korea 54(4): 415-424, DOI: 10.14770/jgsk.2018.54.4.415
- Nam KH, Lee HY, Kim G, Jeong GC (2015) Estimation of groundwater contamination and pumping capacity for purification in animal carcass deposal site. The Journal of Engineering Geology 25(1): 45-55, DOI: 10.9720/kseg.2015.1.45
- Ryu HS, Jeon WH, Kwon K, Lee JY (2017) A comparison of estimated groundwater consumption using existing formulae with actual pumped volumes in the Haean basin, Korea. J. Soil Groundwater Environ. 22(4): 1-8, DOI: 10.7857/JSGE.2017.22.4.001

물-식량-에너지-탄소-수환경 넥서스 연계 분석을 통한 농업 재배활동 영향 평가 : 자원 이용 발자국을 중심으로

Cultivation Activity Scenarios Evaluation using Water-Energy-Food-Carbon-Water quality Nexus: Focusing on Resources Footprint

윤푸른 _ 서울대학교 글로벌 스마트팜 혁신미래양성 교육연구단 글로벌 스마트팜 융합전공 연수연구원 (vnfms3259@snu.ac.kr)

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

허승오 _ 농촌진흥청 국립농업과학원 농업환경부 연구관 (soilssohur@korea.kr)

손정우 _ 농촌진흥청 국립농업과학원 농업환경부 연구사 (son094@korea.kr)

Pu Reun Yoon, Post-doctoral researcher, Integrated Major in Global Smart Farm, Global Smart Farm Educational Research Center, Seoul National University, Republic of Korea, Email: vnfms3259@snu.ac.kr

Jin-Yong Choi, Professor, Department of Rural Systems Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Republic of Korea, Email: iamchoi@snu.ac.kr

Seung-Oh Hur, Senior Researcher, Division of Soil and Fertilizer, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Republic of Korea, Email: soilssohur@korea.kr

Jeong-Woo Son, Researcher, Division of Soil and Fertilizer, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Republic of Korea, Email: son094@korea.kr

요약

인구 증가와 경제 성장에 따라 식량 수요가 증가하고 있으며, 향후 기후변화로 인한 재해 및 기후 변동성은 더욱 증가할 것으로 예측된다. 안정적인 식량 공급을 위하여 생산성 중심의 고투입 농법으로 농업분야의 환경부하에 대한 우려가 가중되고 있는 실정이다. 이에 환경부하를 저감하고 농업환경을 개선하기 위하여 토양, 물, 대기 등 분야별 농업활동을 제안하는 농업환경보전프로그램과 같은 정책이 시행되고 있다. 또한, 중요자원인 물과 에너지 자원의 수요와 중요성이 증가하고 있으며, 각 자원은 타자원에 영향을 미치고, 자원 간 관계는 외부 환경조건에 영향을 받는다. 따라서 넥서스 개념을 적용하여 농업자원, 탄소배출, 수질 등 넥서스 요소들 간의 상호 연관성과 상충 및 상승효과를 분석하는 것이 필수적이다. 관개, 시비, 경운 및 보전 활동과 같은 농업 재배활동은 물, 에너지, 식량 자원, 탄소 배출 및 수환경과 같은 넥서스 요소에 영향을 미치며, 외부 환경조건과 재배활동의 영향이 동시에 작용할 수도 있다. 재배활동의 영향평가를 위해서는 물-에너지-식량-탄소-수환경 넥서스 구축이 필요하며, 재배활동 시나리오에 따른 넥서스 요소 간 종합적인 연계분석이 필요하다.

01

02

03

04

05

06

07

08

09

따라서 본 연구에서는 물-에너지-식량-탄소-수환경 넥서스를 활용하여 농업 재배활동 시나리오에 따른 넥서스 요소 간 연계분석을 하고자 하였다. 재배활동 시나리오는 농업환경보전프로그램의 다양한 재배활동을 포함하여, 논과 밭에서 수행되는 물관리, 비료관리, 경운관리, 보전 활동 등으로 구성되었다. 물-에너지-식량-탄소-수환경 넥서스는 재배활동 시나리오에 따른 넥서스 요소별 표준화된 값을 도출하도록 구성하였다. 넥서스 요소별 모의는 APEX 및 APEX-Paddy 모형을 활용하였으며, 에너지 사용과 탄소 배출을 모의하기 위해 통계자료 및 국가 온실가스 배출계수를 수집하였다. 이에 따라 재배활동 시나리오에 따른 물-에너지-식량-탄소-수환경 넥서스를 구축하고, 넥서스 요소 간의 관계를 정의하며, 넥서스 요소별 결과를 모의하였다. 마지막으로 각 넥서스 요소에 가중치를 적용하고, 넥서스 통합 지표를 활용하여 자원의 관리 및 지속가능한 이용에 대한 평가를 수행하였다. 본 연구는 한정된 자원을 효율적으로 활용하고 환경부하 및 탄소배출량을 줄이기 위하여 다양한 재배활동을 적용하기 위한 정책 의사결정 도구로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract

The food demand is increasing with population growth, and climate crisis presents 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 focused on productivity increase. Accordingly, in order to reduce environmental load and sustain the agricultural environment, activities such as AECF (Agricultural Environment Conservation Program), which proposes crop cultivation activities in the field of soil, water, atmosphere, are being implemented. In addition, the demand and importance of water and energy resources, which are important in the agricultural sector, are increasing, and each resource affects other resources, and the relationship between resources is affected by external environmental conditions. Therefore, it is essential to analyze the inter-connections and trade-offs/synergy between nexus elements, including agricultural resources, carbon emissions and water quality, by applying the Nexus concept. Crop cultivation activities such as irrigation, fertilization, tillage, and conservation practices have a significant impact on water, energy, food resources, carbon emissions, and water quality. Furthermore, the nexus elements affected by crop cultivation activity are different, and the influence of external conditions and crop cultivation activities could act simultaneously. For the impact evaluation of crop cultivation activities, it is necessary to establish a water-energy-food-carbon-water quality nexus, and a comprehensive analysis between nexus elements under the crop cultivation activity scenario is required. Therefore, this study conducted a linkage analysis according to the crop cultivation activity scenario. Crop cultivation activity scenarios included water management, fertilizer management, tillage management, conservation practices, performed in paddy and upland. The water-energy-food-carbon-water quality nexus was configured to derive standardized values for each nexus element, including agricultural resources, carbon and water quality elements, and was linked to nexus elements that change according to the crop cultivation activity scenarios. The APEX/APEX-Paddy model was used to simulate the nexus elements. Besides, statistical data and national greenhouse gas emission factors were collected to simulate energy use and carbon emissions. Accordingly, the water-food-energy-carbon-water quality nexus under the crop cultivation activity scenario was constructed, defining the relationship between nexus elements, and the results of nexus elements were simulated. Finally, the evaluation for resource management and sustainable use is performed using nexus elements integration index by applying the weight for each nexus element. This study is expected to be used as a policy decision-making tool for applying various crop cultivation activities to efficiently use limited resources and reduce environmental load and carbon emissions.

Keyword: Water-energy-food-carbon-water quality nexus; Crop cultivation activity; Resources footprint; APEX model; System dynamics; Nexus elements integration index

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 AEC (Agricultural Environment Conservation Program) to preserve and improve the agricultural environment through regional management measures. In addition, the demand and importance of water and energy resources, which are essential in the agricultural sector, are increasing, and each resource affects other resources, and the relationship between resources is affected by external environmental conditions. Therefore, it is essential to analyze the inter-connections and trade-offs/synergy between nexus elements, including agricultural resources, carbon emissions and water quality, by applying the Nexus concept. Cultivation activities such as irrigation, fertilization, tillage, and conservation practices of AEC have a significant impact on water, energy, food resources, carbon emissions, and water quality. In addition, the nexus elements affected by cultivation activity are different, and the influence of external conditions and cultivation activities could act simultaneously. For the impact evaluation of cultivation activities, it is necessary to establish a water-energy-food-carbon-water quality nexus, and a comprehensive analysis between nexus elements under the cultivation activity scenario is required. Therefore, this study included conducting a linkage analysis according to the cultivation activity scenario using integrated system dynamics. Cultivation activity scenarios consisted of water management, fertilizer management, tillage management, conservation practices, and other activities, and each part included related cultivation activities mainly performed in paddy and open-field.

II. Materials and Methods

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

AEC (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. Cultivation activity scenarios using AECp consisted of water management, fertilizer management, tillage management, conservation practices, and other activities, and each part included related cultivation activities mainly performed in paddy and open-field. The study area is Mundang-ri, Dosan 2-ri village located in Hongseung-gun, 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 topaddy, fields	10-11	84	7075.6
Soil 2-2	Cultivation of green manure crops and soil return during fallow period	11-12	36	1,625
Soil 3-1	Covering sloping field with rice straw	-	-	-
Ecology 1-1	Preventing pests as natural enemies	5-10	2	185.3
Ecology 1-2	Get rid of weeds without herbicides	5-10	67	2641.4
Atmosphere 1-1	Minimizing tillage	4-5	43	2806.5
Atmosphere 2-1	Using microbial agents to reduce livestock odors	4-12	6	23.1
Water 2-1	Controlling drainage levee and agricultural water management	-	-	-
Total		-	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.

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).

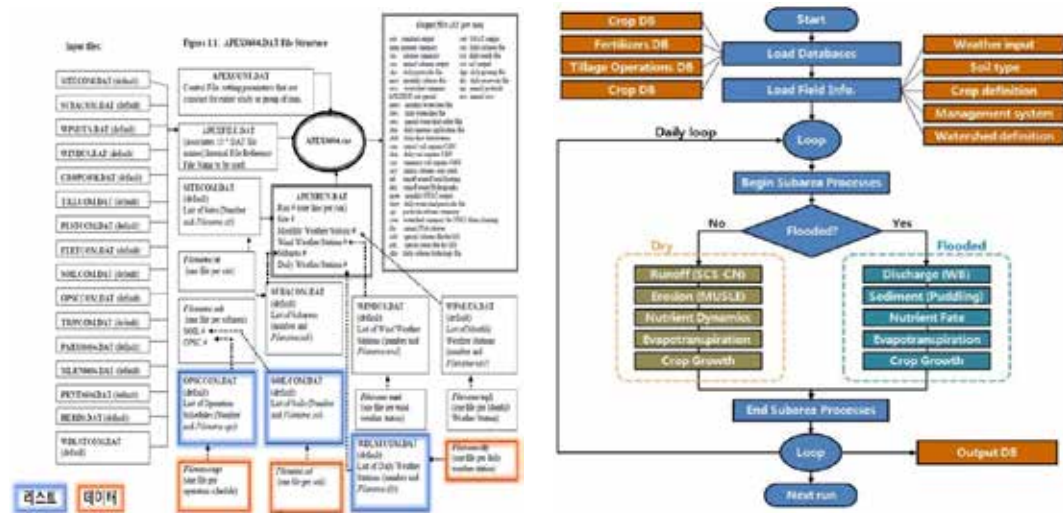


Figure 1 | Algorithm of APEX/APEX-Paddy model

3. Scenarios of water management activities (Case study) (Controlling drainage levee and agricultural water management (irrigation))

The purpose of water management activities is reducing nutrient outflow and saving agricultural water and the activities 2-1 is ‘controlling drainage levee and agricultural water management’ in AECP. In addition, 8 scenarios were applied, and the height of drainage levee was adjusted to 80mm and 120 mm, 2 cases (Table 2). The irrigation method consisted of continuous flooding, midseason drainage, shallow flooding and multiple flooding (30 days continuous flooding + shallow flooding) according to the ponding and trigger depth, as shown in the Table 2 and Figure 2.

Table 2 | Scenarios of water management activities (Controlling drainage levee and agricultural water management (Irrigation))

Scenario	Controlling drainage levee	Irrigation method (agricultural water management)	
CF_8	Conventional (80mm)	Continuous flooding	Ponding depth: 80mm Trigger depth: 20mm
CF_12	Control (120mm) (↑)	Continuous flooding	
MD_8	Conventional (80mm)	Midsummer drainage	Ponding depth: 80mm Trigger depth: 20mm
MD_12	Control (120mm) (↑)	Midsummer drainage	
SF_8	Conventional (80mm)	Shallow flooding	Ponding depth: 40mm Irrigation interval for drying paddy: 10 days
SF_12	Control (120mm) (↑)	Shallow flooding	
CSF_8	Conventional (80mm)	Multiple flooding (30 days CF + SF) Continuous flooding (30days) +Shallow flooding method	
CSF_12	Control (120mm) (↑)		

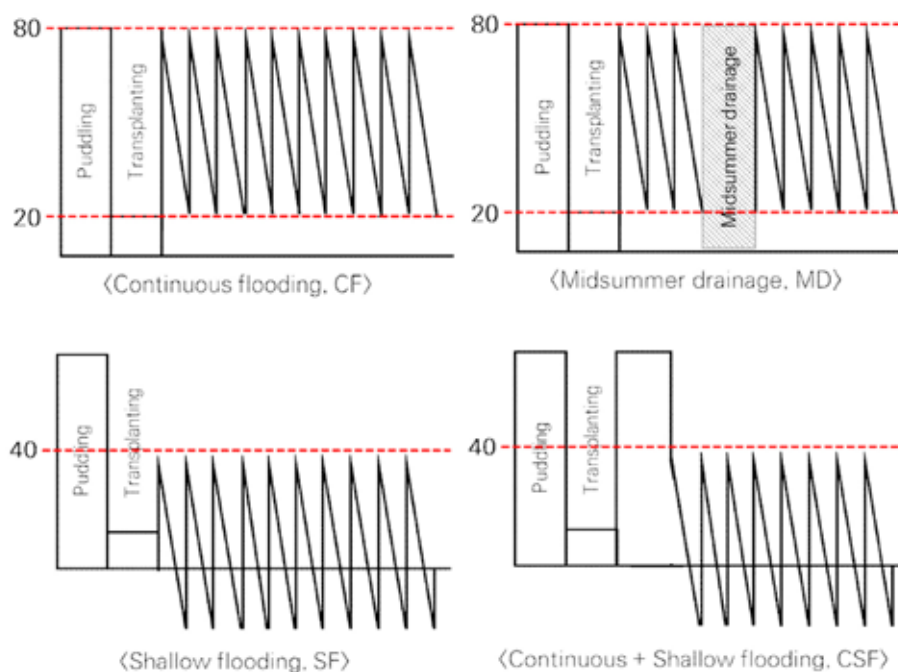


Figure 2 | Irrigation method scenarios of water management activities (Controlling drainage levee and agricultural water management (Irrigation))

III. Results and discussions

1. Results for Water-Energy-Food-Carbon-Water quality Nexus (Case study)

The nexus elements (Water, Energy, Food, Carbon, Water quality) results for W-E-F-C-WQ Nexus (Water-Energy-Food-Carbon-Water quality Nexus) were simulated under scenarios of water management activities (Table 3, Figure 3).

Table 3 | Results for W-E-F-C-WQ Nexus under scenarios of water management activities

Scenarios	Food (F)	Water (W)	Energy (E)	Carbon (C)	Water quality (WQ)
	(ton/ha)	(mm)	(GJ)	(tCO ₂ eq)	(kg/ha)
CF_8	5.79	748.1	16.06	9.19	20.93
MD_8	5.63	760.6	21.00	8.59	20.15
SF_8	6.14	453.3	20.05	5.98	20.52
CSF_8	5.80	535.3	15.79	6.67	18.57
CF_12	5.71	672.4	14.82	9.03	17.01
MD_12	5.53	694.5	19.92	8.45	17.99
SF_12	6.01	421.6	19.53	5.91	18.60
CSF_12	5.70	496.4	15.16	6.59	16.76

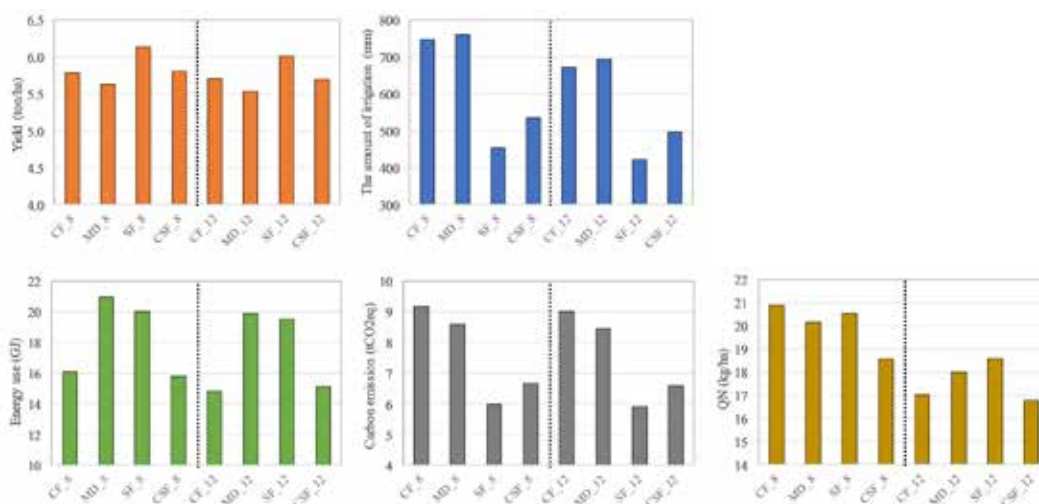


Figure 3 | Results for W-E-F-C-WQ Nexus under scenarios of water management activities (Case study)

2. Index results for Water-Energy-Food-Carbon-Water quality Nexus under scenarios of water management activities (Case study)

The nexus elements results were standardized for comparison between scenarios and presented as follows (Figure 4). The standardization method used the maximum-minimum method.

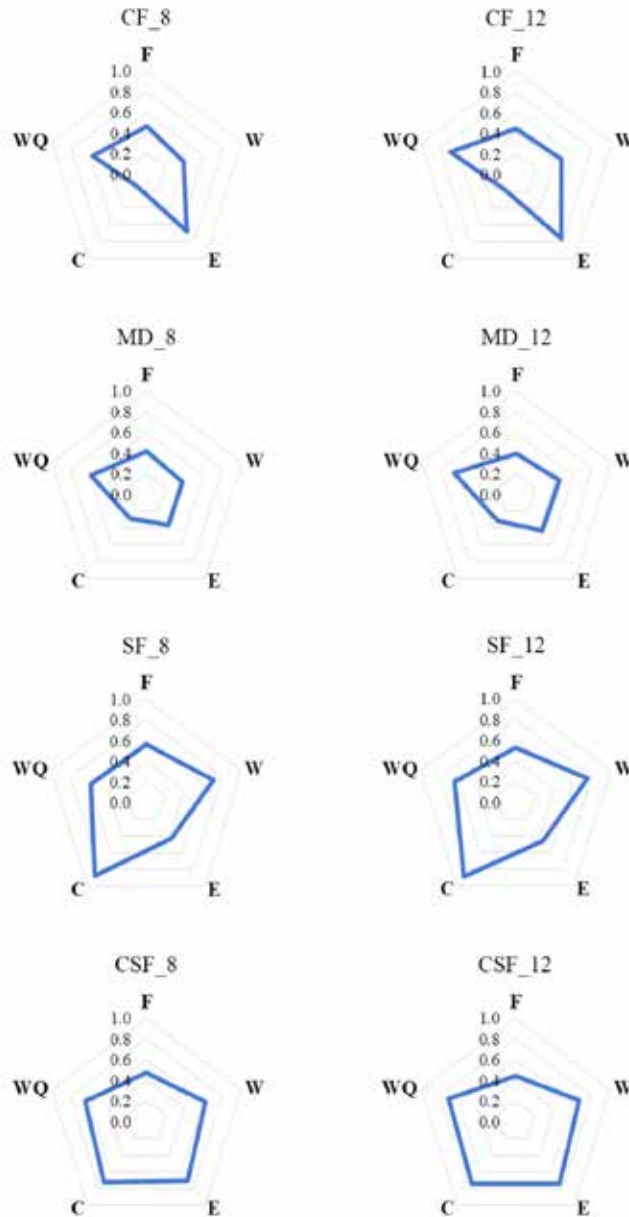


Figure 4 | Index results for W-E-F-C-WQ Nexus under scenarios of water management activities (Case study)

3. Water-Energy-Food-Carbon-Water quality Nexus system under agricultural cultivation activities

Agricultural cultivation activities such as irrigation, fertilization, tillage, and conservation practices of AECP have a significant impact on water, energy, food resources, carbon emissions, and water quality. In addition, the nexus elements affected by cultivation activity are different, and the influence of external conditions and cultivation activities could act simultaneously. Therefore, the Water-Energy- Food-Carbon-Water quality Nexus system under agricultural cultivation activities was defined as follow (Figure 5) using integrated system dynamics. Cultivation activity scenarios consisted of water management, fertilizer management, tillage management, conservation practices, and other activities, and each part included related cultivation activities mainly performed in paddy and open-field. In the future study, as in the case study above, nexus elements under agricultural cultivation activities would be simulated, and the relationship between cultivation activities and agricultural resources would be analyzed and quantified.

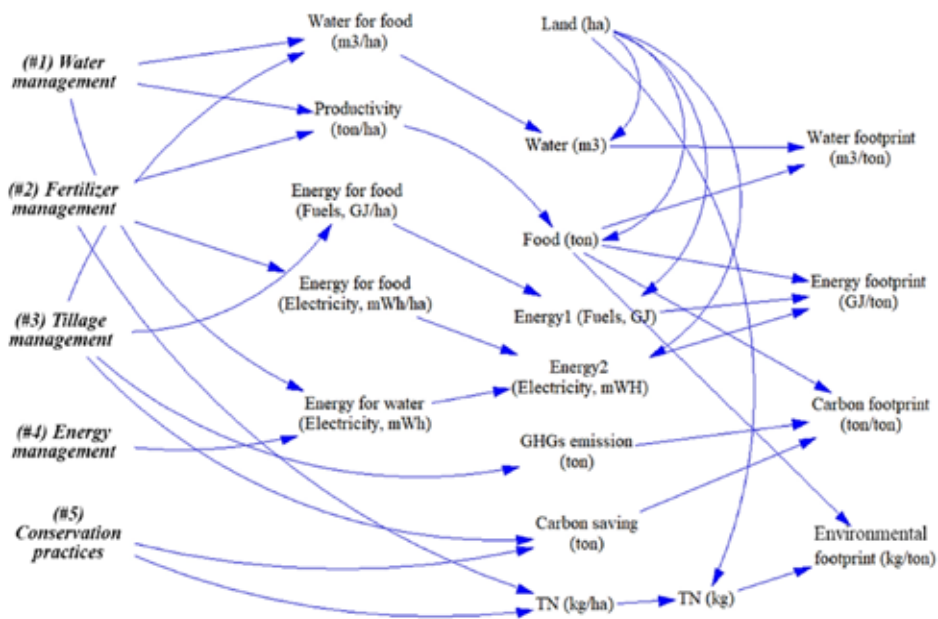


Figure 5 | W-E-F-C-WQ Nexus system under agricultural cultivation activities (Example)

IV. Conclusions

The purpose of this study is analyzing the inter-connections and trade-offs/synergy between nexus elements, including agricultural resources (water, energy, food), carbon emissions and water quality, by applying the Nexus concept. Therefore, the basic data about agricultural resources and selected pilot sites were collected, and scenarios of agricultural cultivation activities were constructed. In addition, the Water-Energy-Food-Carbon-Water quality Nexus under agricultural cultivation activities was defined. Nexus analysis is carried out by evaluating resource use and environmental impacts under cultivation activities and comparing between the standardization results of scenarios. In the future, it would be quantified trade-off/synergy between nexus elements by applying the weight for each element in consideration of resource limits, environmental impact, and economic factors.

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

TANK 모형과 결합된 ANN 유출 모형의 평가

Evaluation of ANN Runoff Model Combined with TANK Model

김마가 _ 서울대학교 조경·지역시스템공학부 지역시스템공학전공 (mnkm53@snu.ac.kr)

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

Maga Kim, Department of Rural Systems Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Republic of Korea, Email: mnkm53@snu.ac.kr

Jin-Yong Choi, Professor, Department of Rural Systems Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Republic of Korea, Email: iamchoi@snu.ac.kr

요약

유출은 농업에서 수자원 계획 및 수질 관리에서 중요한 요소로 수자원의 효율적인 활용을 위해 강우-유출에 따른 시간적, 공간적 수자원의 분포를 정확하게 아는 것이 중요하다. 특히 최근 기후변화의 심화로 극한 기상의 빈도와 강도가 증가하고 있어 유출을 정확하게 파악하는 것이 더욱 중요해졌다. 그러나 강우-유출은 토양, 식생, 유역형상 등을 포함한 여러 유역 인자와 기상조건 등의 복잡한 관계에 영향을 받아 비선형성을 지니며, 각 변수들의 시공간적 변동성으로 인한 불확실성 때문에 유역 유출은 모형화가 어려우며 모형의 매개변수를 보정하는데 많은 시간과 노력을 필요로 한다.

TANK 모형은 Sugawara (1972)에 의해 개발된 개념적인 강우-유출 모형으로, 유역을 3~4단의 저류 탱크 형태로 가정하고 관련 매개변수를 최적화 하여 해당 유역에 대한 유출을 수행한다. TANK 모형은 다른 유출 모형에 비해 유출 해석에 필요한 입력자료 및 매개변수의 수가 적어서 관측 자료가 충분하지 않은 유역에 대해서도 적용할 수 있다는 장점이 있으나 매개변수가 추정되지 않은 유역의 경우 신뢰성이 다소 떨어진다. 한국에서는 Kim and Park (1988)이 농업용 저수지의 상류 유역 특성에 맞게 수정 3단 TANK를 제시하고 유역면적과 토지이용면적비를 이용하여 매개변수를 추정 회귀식을 제시한 바 있다. Kim and Park (1988)이 제시한 TANK 모형 매개변수 추정 회귀식은 필요한 입력자료가 적고 이용이 우나 소유역을 대상으로 하고 있어 적용 대상에 한계가 있으며, 회귀식을 개발할 당시와 비교하여 토지이용에도 변화가 있었기 때문에 지금에 이르러서는 신뢰성이 다소 낮다. ANN 모형은 인간의 두뇌를 모방한 계산 모형으로 수문과 자연현상과 같은 비선형 문제를 해결하는데 탁월한 것으로 알려져 있다. 최근에는 축적된 방대한 양의 자료와 컴퓨팅 파워의 개선으로 신경망을 이용한 강우-유출 해석 연구가 활발하게 이루어지고 있으며, 다른 머신러닝 혹은 기존 수문모형과 연계하여 강우-유출의 정확도를 높이려고 하는 연구 또한 활발히 이루어지고 있다.

본 연구에서는 수정 3단 TANK 모형을 이용한 강우-유출 해석을 수행하고 이를 ANN 모형과 결합하여 모형의 정확도를 향상시키고자 하였다. 수정 3단 TANK 모형에서 기존의 매개변수 추정식을 이용한 강우-유출 해석 결과를 관측 유출량과 비교하여 모형의 정확도를 평가하였으며, 해당 결과를 ANN 모형의 입력자료로 하여 개선된 강우-유출 해석을 수행하였다. 본 논문의 결과는 수집한 유출량 측정 간격이 커서 모형의 성능이 전체적으로 낮은 것으로 나타났으나 이후 1일 간격 유출량 측정 자료에 모형을 적용한 결과 TANK 모형과 ANN 모형을 결합한 TANK-ANN 모형은 TANK 모형에 비해 상당히 향상된 성능을 보였다. 또한 ANN 모형은 선행유출량의 유무에 따라 성능 차이가 크게 나타나므로 TANK-ANN 모형은 관측된 선행유출량 자료가 없는 유역에서의 유출량 예측에 활용할 수 있을 것으로 기대된다 (해당 내용과 관련된 포스터 자료를 부록에 첨부함).

Abstract

Runoff is a crucial factor in agricultural water resource planning and management. Runoff affects many parts of flood control, conservation of water resources, and management of pollution in the hydrological field. So it is vital to determine the temporal and spatial distribution of water resources according to the rainfall-runoff process. However, the rainfall-runoff process has non-linearity and is hard to analyze because it is affected by complicated relations between weather conditions and various watershed components, including soil properties, vegetation, land use, and the shape of the watershed. So, The rainfall-runoff analysis is challenging to model and requires lots of time and effort to calibrate model parameters.

The TANK model is a conceptual rainfall-runoff model that Sugawara (1972) developed, which assumes a watershed as three or four stages of tanks and analyses the rainfall-runoff process of the watershed with optimized model parameters. The TANK model is more straightforward and requires fewer input parameters than the other rainfall-runoff models. It has advantages that can be utilized under lacking observation data of a watershed because the necessary input data and parameters are fewer than in other models. But it shows fewer reliabilities for a watershed where parameters are not estimated. In Korea, the modified 3-TANK model was suggested by Kim and Park (1988), which is used for analyzing runoff of the upstream watershed of the agricultural reservoir. The modified 3-TANK model has three tanks and four discharge outlets. Kim and Park (1988) also suggested regression equations to calculate the parameters of the model with watershed and land use area. It is also included in HOMWRS (Hydrological Operation Model for Water Resources System), which is widely utilized for practices in Korea. However, it also has limitations because the model is suggested for small watersheds, and there is a difference in land use from when the parameter regression equations were developed.

ANN (Artificial Neural Network) is a computation model imitating the human brain, known as a proper model to analyze non-linearity, including hydrological and natural. There is much research utilizing ANN, and it becomes more due to the amount of stored measuring data and advancement in computer power. Many studies in the hydrological field tried to improve the performance of estimating runoff using ANN and combining ANN and other machine learning or hydrological models. Therefore, in this study, estimation of runoff utilizing the modified 3-TANK model and combined ANN and 3-TANK model were conducted to improve model performance and reliabilities. The combined ANN model consisted of a 3-layer simple neural network using ReLU (Rectified Linear Unit) function for the activation function. The weather conditions and the results of the modified 3-TANK model were utilized as input data for the ANN model. The combined model's performances were compared to the current modified 3-TANK model and measuring runoff data.

Keyword: Runoff; Rainfall-runoff analysis; TANK model; Artificial neural network

I. Introduction

Runoff is the crucial factor for hydrological analysis to manage water resources (Ahn et al., 2002). Hydrological analysis of runoff is divided into long-term runoff analysis and flood analysis. Especially, long-term runoff, continuous hydrological event, is used for a determination of reservoir capacity, using irrigation water for multipurpose, development and management of water resources and establishment of water resource plans (Yoon et al., 1998).

The reaction of the watershed, which is the unit of water resources production, causes runoff. To interpret and predict these rainfall-runoff phenomena, deep understanding of the rainfall-runoff process should be necessary. But because the watershed, which is the connector of the rainfall-runoff process, is made up of complex characteristic factors such as topography, vegetation, land use, soil, and weather condition, the watershed induces a non-linear change. The existing linear models have disregarded interpretation of non-linear data in the past, but it can be possible because of advances in computation recently (Oh et al., 2008). The artificial neural network (ANN), which imitates the calculation process of human (Lee and Park, 2003), can model natural phenomena that have a non-linear characteristic such as meteorological or hydrological event. Because of these features, the ANN models are utilized in many realms of water resources and environment, rainfall-runoff interpretation, rainfall distribution, drought, groundwater flow (Choi and Kang, 2000).

TANK model is conceptual rainfall-runoff model, it assumes three to four conceptual reservoirs with two to three outlets and optimizes related parameters to perform runoff analysis on the watershed. 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). The modified 3-stage TANK model is easy to use because it uses the land use area ratio to estimate parameters. However, it is challenging to apply to large watersheds because it is targeted at small watersheds. It is also less accurate because it doesn't adjust parameters for each subwatershed.

Therefore, in this study, we combined the TANK model and ANN to calibrate the results of the TANK model. The runoff amount estimated by the TANK model was applied as training data for the ANN, and it was compared with the ANN trained with rainfall and prior runoff amount.

II. Materials and Methods

1. Artificial Neural Network (ANN)

The ANN model, which simplifies the neuron and synapse of the human brain, is the computational model, made up of simple operators combinations. The ANN model can solve the problem only with given data, even if there's no algorithm or direct solving method (Yeo et al., 2010). Also, ANN models are valuable for modeling complex non-linear and multi-dimension In-Out relation.

The processing nodes, which are arranged on each layer, are the fundamental components of the ANN model. The outputs of the nodes from a layer deliver to nodes of the next layer through connection strength (Ryu et al., 2002). Multi-layer perceptron (MLP), which is the typical structure of ANN models, is consist of more than three layers mostly (Seo et al., 2017). The layer where information are entered called the input layer and the layer on which processed information appears called the output layer and all of the layer between the input layer and output layer called the hidden layer. The hidden layers can be many depending on the structure of the ANN model (Atkinson and Tatnall, 1997). MLP with hidden nodes, which is consist of three layers, performs the same operation as following equation.

$$\begin{aligned} o(x) &= f\left(w_0 + \sum_{j=1}^J w_j \cdot f\left(w_{0j} + \sum_{i=1}^n w_{ij}x_i\right)\right) \\ &= f\left(w_0 + \sum_{j=1}^J w_j \cdot f\left(w_{0j} + w_j^T X\right)\right) \end{aligned} \quad (1)$$

where $x = \{x_i, i=1, 2, \dots, n\}$: input vector, f : activation function, $o(x)$: output vector, w_0 : bias for output nodes, w_j : connection strength, $w_{ij} = \{w_{ij}, i=1, 2, \dots, n\}$: connection strength vector of j^{th} hidden node, w_{0j} : bias for j^{th} hidden node (Günther and Fritsch, 2010). Figure 1 is the general structure of MLP which has No. of n_i input nodes, n_h hidden nodes, and n_k output nodes.

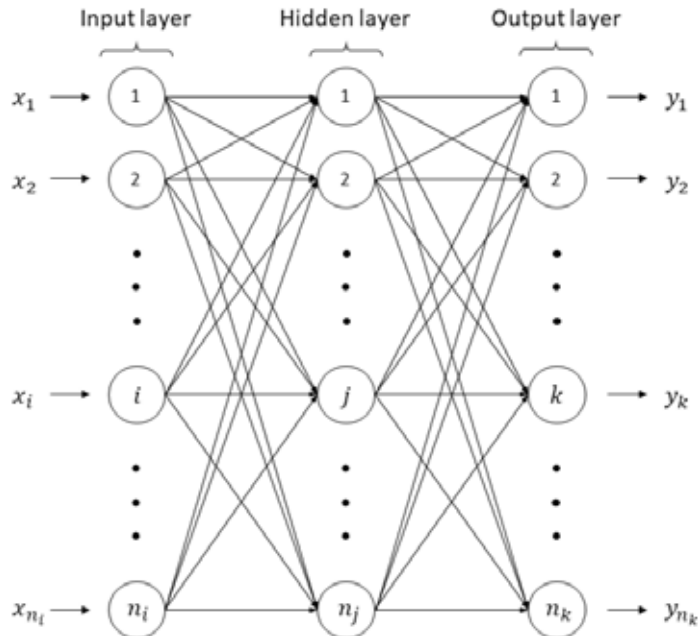


Figure 1 | General structure of multi-layer perceptron

2. TANK model

TANK model, which is developed by Sugawara, is a conceptual rainfall-runoff model (Sugawara, 1972). TANK model has a respectively simple algorithm for interpretation of complex rainfall-runoff phenomena and needs input data and parameters which is a lesser number (Koo et al., 2006). TANK model is consist of three or four conceptual tanks, and each tank has two or three discharge outlet. TANK model assumes the watershed as three or four stages of tanks, and carry out the runoff interpretation of watershed by optimizing parameters. TANK model simulates rainfall, evapotranspiration and surface runoff in the upper tank, and simulates interflow and infiltration conceptually by water transfer between each tank. TANK model has advantages that can be applied to watershed lacking in observational data because necessary input data and parameters for runoff interpretation are few, but it cannot ensure runoff interpretation for a watershed where parameters are not estimated (Kim and Kim, 2012).

In Korea Kim and Park (1988) suggested a modified 3-TANK model, which has three tanks and four discharge outlet, for upper stream watershed of the agricultural reservoir of Korea. In this study, the modified 3-TANK model is used for the estimation of runoff. The parameters of the TANK model are calculated according to the regression equations suggested by Kim and Park (1988). The modified 3-TANK model estimate runoff according to the following equations.

$$Q_t = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (ST_{i,t} - h_{ij}) a_{ij} \quad (2)$$

where Q_t : total runoff on day t (mm), i : No. of tanks, j : No. of discharge outlet, $ST_{i,t}$: storage water level of i^{th} tank according to unit time t (mm), h_{ij} : height of j^{th} discharge outlet in i^{th} tank (mm), a_{ij} : coefficient of j^{th} discharge outlet in i^{th} tank

$$ST_{1,t} = ST_{1,t-1} + R_t - ET_t - I_{1,t} - Q_{1,t-1} \quad (3)$$

$$ST_{i,t} = ST_{i,t-1} + I_{i-1,t-1} - I_{i,t} - Q_{i,t-1} \quad (4)$$

Where R_t : precipitation on day t (mm), ET_t : evapotranspiration on day t (mm), $Q_{i,t}$: discharge of i^{th} tank on day t (mm), $I_{i,t}$: infiltration of i^{th} tank on day t (mm)

$$Q_{i,t} = (ST_{i,t} - h) i j \times a_{ij} \quad (5)$$

$$I_{i,t} = ST_{i,t} \times b_i \quad (6)$$

Where b_i : infiltration coefficient of tank i^{th} (Ahn et al., 2015)

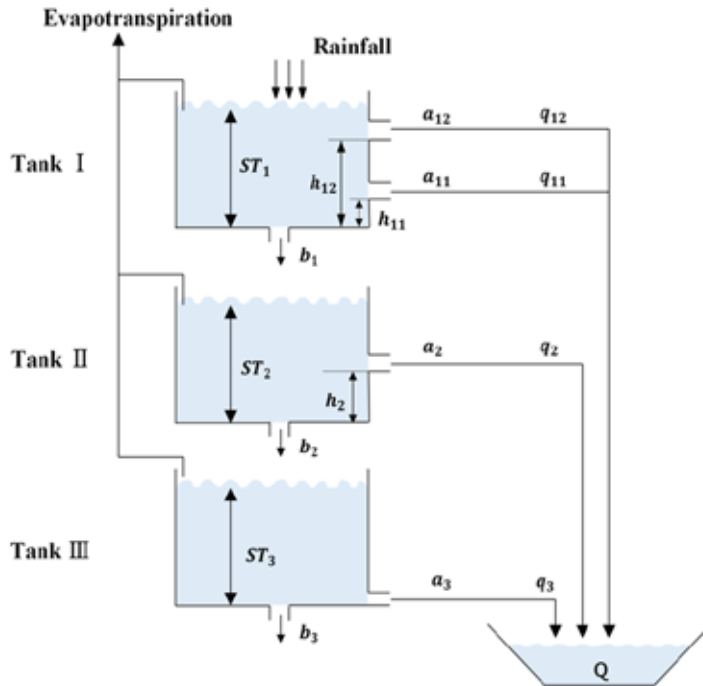


Figure 2 | Schema of the modified 3-TANK model (Kim and Park, 1988; Song, 2017)

III. Results and discussions

In this study, TANK model and ANN model were applied for Okdong watershed. The runoff data estimated by TANK model were utilized as input data of TANK-ANN model. Table 1 and 2 are the statistical parameters for each model.

Table 1 | Statistical parameters of ANN model result

Watershed	Case	R ²	RMSE (m ³ /s)	MAE (m ³ /s)
Okdong	1	0.417	20.271	8.798
	2	0.445	19.765	8.019
	3	0.427	20.081	8.000
	4	0.410	20.427	8.122
	5	0.502	22.785	10.129
	6	0.239	23.336	9.937

Table 2 | Statistical parameters of TANK-ANN model result

Watershed	Case	R ²	RMSE (m ³ /s)	MAE (m ³ /s)
Okdong	1	0.441	19.851	8.357
	2	0.431	19.977	8.134
	3	0.245	23.308	10.896
	4	0.477	19.162	6.888
	5	0.453	19.679	7.283
	6	0.429	20.022	6.693
	7	0.542	17.933	6.604
	8	0.450	19.759	7.340
	9	0.468	19.442	9.937

The cases are categorized according to the inputs to the ANN model, with each case being a combination of rainfall and antecedent runoff or a combination of rainfall and TANK model results. The target data used in this study is a relatively small number of flow rates measured at 6-8 day intervals since August 2004, and there is no information on the antecedent runoff in the immediate past. As a result, the model's performance was rather low, and there was no significant difference based on the combination of inputs. Figure 3 shows a scatter plot of the observed flow versus the model results.

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

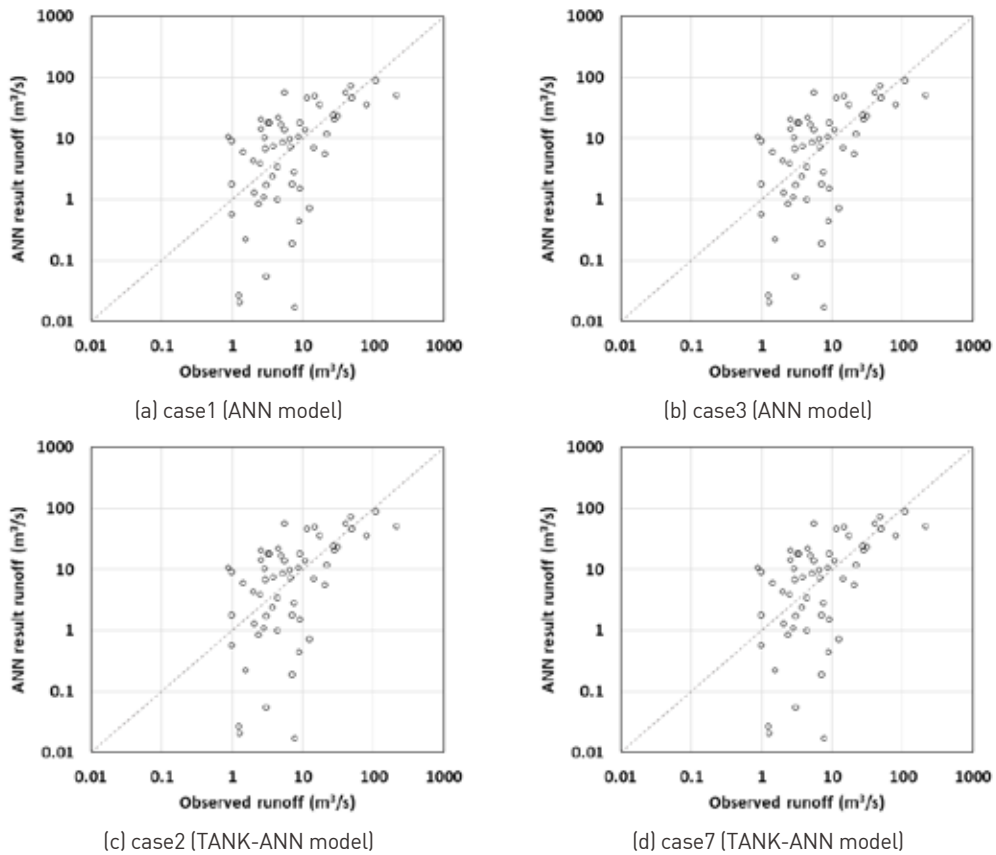


Figure 2 | Schema of the modified 3-TANK model(Kim and Park, 1988; Song, 2017)

In Fig. 3 (a) and (b), the results of estimating high flows according to the input data are slightly different. However, it can be seen that the low flows in the scatterplot are clustered when the antecedent runoff is included as input data. Fig. 3 (c), (d) show denser scatter plots compared to (a) as a result of replacing the antecedent runoff portion of the input with the results of the TANK model, applying the direct antecedent runoff as the input instead of the 6-8 day antecedent runoff. Each neural network model was inferior in its ability to estimate the high-flow part due to insufficient data and the lack of high-flow events in the flow measurement results at 6 to 8 days intervals. However, the results were improved to some extent by introducing data from the TANK model as input data. In addition, it was confirmed that the trend of runoff was reflected in Fig. 4, and it is considered that there is room to improve the performance by configuring the model to reflect the runoff characteristics of the basin in addition to the TANK model.

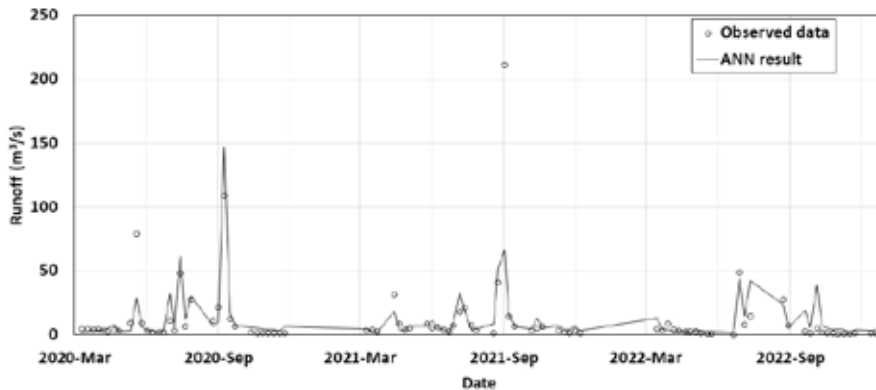


Figure 4 | Time series graph of case 7 (TANK-ANN model)

IV. Conclusions

In this study, the ANN model and TANK-ANN model were applied to estimate runoff in Okdong watershed. The results of each model showed somewhat lower performance, which may be due to the lack of training data measured at 6-8 day intervals. In addition, due to the lack of high-flow events, the ability to estimate high-flow was somewhat reduced. However, the TANK model was applied to confirm the possibility of replacing the antecedent flow data. As a result, it was found that the model's performance was improved when the input data included observed antecedent flow or the TANK model's flow than when only rainfall data was applied as input data. Nevertheless, the performance improvement was insignificant because the accuracy of the runoff analysis results of the TANK model needs to be higher. However, there is room for improvement by introducing additional factors other than rainfall as input data or changing the structure of the model.

REFERENCES

- Ahn, J. S., Song, J. H., Kang, M. S., Song, I. H., Jun, S. M., Park, J. H. 2015. Regression equations for estimating the TANK model parameters. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 57(4), 121-133.
- Ahn, S. J., Lee, J. K., Han, Y. S., Jun, K. W. 2002. Flood runoff analysis using runoff forecasting model. *Journal of The Korean Society of Civil Engineers* 22(3-B), 311-319.

- Atkinson, P. M. & Tatnall, A. R. L. 1997. Introduction neural networks in remote sensing. *International Journal of Remote Sensing* 18(4), 699-709.
- Choi, J. K. & Kang, M. S. 2000. Application of neural network to water resources. *Journal of Korean National Committee on Irrigation and Drainage* 7(2), 248-258.
- Günther, F. & Fritsch, S. 2010. Neuralnet: training of neural networks. *The R Journal*. 2(1), 30-38.
- Kim, C. G. & Kim, N. W. 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. & Park, S. W. 1988. Simulating daily inflow and release rates for irrigation reservoirs(I): modeling inflow rates by a linear reservoir model. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 30(1), 50-62.
- Koo, B. Y., Jung, I. W., Bae, D. H. 2006. A study on baseflow parameters estimation of TANK model. In *Proceedings of the Korean Water Resources Association Conference, 1970-1974*
- Lee, J. K. & Park, S. J. 2003. Comparative study on peak flow prediction using multilayer neural network. *Journal of The Korean Society of Civil Engineers* (2B), 105-114.
- Oh, C. R., Jin, Y. H., Kim, D. R., Park, S. C. 2008. Study on development of artificial neural network forecasting model using runoff, water quality data. *Journal of Korean Water Resources Association* 41(10), 1035-1044.
- Ryu, J. H., Lee, S., Won, J. S., 2002. Weight determination of landslide factors using artificial neural networks. *Economic and Environmental Geology* 35(1), 67-74.
- Seo, Y. M., Choi, E. H., Yeo, W. K. 2017. Reservoir water level forecasting using machine learning models. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 59(3), 97-110.
- Song, J. H., 2017. Hydrologic analysis system with multi-objective optimization for 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.
- Yeo, W. K., Seo, Y. M., Lee, S. Y., Ji, H. K. 2010. Study on water stage prediction using hybrid model of artificial neural network and genetic algorithm. *Journal of Korean Water Resources Association* 43(8), 721-731.
- Yoon, Y. N., Yoo, C. S., Ahn, J. H., Yang, I. T. Koh, D. K. 1998. An analysis on the variation of long-term runoff characteristics of basin before and after dam construction: I .Estimation of NWS-PC model parameters using GIS. *Journal of The Korean Society of Civil Engineers* 18(II -5), 449-459.



Evaluation of ANN Runoff Model Combined with TANK Model

Maga Kim* - Jin-Yong Choi**

* Ph.D. Candidate, Department of Rural Systems Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Republic of Korea, Email: mnmk53@snu.ac.kr
 ** Professor, Department of Rural Systems Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Republic of Korea, Email: iamchoi@snu.ac.kr

1 Introduction

- Runoff is a crucial factor in agricultural water resource planning and management because it has many implications for hydrological fields, such as flood control, drought response, and pollution management.
- Runoff is a phenomenon of interaction between a watershed and rainfall. It has non-linearity and uncertainty due to complex relations among topography, soil properties, vegetation, land use, and weather conditions and it is challenging to model and time-consuming to calibrate model parameters.
- Artificial neural network (ANN) models have the advantage of being easy to access because they learn based on data rather than expressing physical phenomena mathematically. However, as they are black box models, it is difficult to reflect changes in physical elements inside the model, and model performance is greatly affected by data quality. In addition, there are differences in model performance depending on not only data quality but also the composition of the input data. In the case of daily runoff prediction, the amount of preceding runoff significantly affects model performance.
- The TANK model is one of the conceptual models that assumes a watershed as three or four storage tanks to estimate the runoff. It is more straightforward and requires fewer input parameters than other models. For this reason, it has advantages that can be utilized under rapidly changing data of watershed, however, it still requires parameter calibration to gain higher reliabilities for each watershed.
- The TANK model conceptually incorporates the physical rainfall-runoff process. So utilizing the TANK model's result as input can concentrate for the ANN model, which cannot represent physical phenomena. Also, ANN can improve the TANK model's result by data-based learning, and antecedent runoff is able to be replaced by the TANK model result.

Purpose of the study

Conducting general runoff analysis by combining ANN and a modified 3-TANK model and evaluating the performance of the model

- Utilize meteorological data, potential evapotranspiration, and antecedent runoff as input data for simple input of ANN.
- Using observed runoff and simulated runoff by the TANK model as runoff input and compare the performance.

2 Materials & Methods

The Dodong A watershed, located on the northeastern side of Korea, was the subject area. Initially, runoff data measured every 6-8 days were used as the target, and inputs were constructed combine of spatial and antecedent runoff (observed runoff 30-6 days before), simulated runoff by TANK within 4 days. However, the model's performance was relatively low, and the study was conducted with other watersheds and daily interval runoff data.

Subject watershed

- The subject watershed is the Soyang river dam watershed located north side of South Korea, including five weather stations.
- Weather data for training machine learning model were estimated using area-weighted method base on Thiessen polygon.
- Daily runoff data from Water Resources Management Information System (WAMIS) in Korea utilized to train the model.

Sub-basin	Area (km ²)	Mean Elevation (m)	Date period
Soyang river dam watershed	2,384.72	454.4	1974-2012

Area-weighted precipitation

Station	Area (km ²)	Elevation (m)	Area Ratio (%)	Weighted Area (km ²)	Weighted Elevation (m)	Total
Andong (A)	1,000.50	517.43	41.96	1,000.50	517.43	2,384.72
Posong (B)	60.52	11.79	2.58	60.52	11.79	2,384.72

Modified 3-TANK model

- The TANK model is proposed by Supawara (1972) and generally simulates surface outflow from the upper tank and base outflow from the lower tank.
- Kim (1988) proposed a modified 3-TANK model considering that the runoff lag time is short and the base runoff slope is steep in small and medium-sized watersheds in Korea. Also, Kim and Park (1988) suggested parameter estimation reduction equations for the modified 3-TANK model based on the land use ratio of the watershed.
- In this study, the target basin was divided into several sub-basins of less than 10,000 ha, and the total runoff of the basin was calculated by adding the runoff of each sub-basin.

Artificial Neural Network (ANN) model

ANN model was used in the form of a feed-forward neural network. The input layer consisted of meteorological data, potential evapotranspiration, and antecedent runoff. The hidden layer consisted of 10 neurons, and the output layer consisted of 1 neuron. The transfer function used in the hidden layer was the sigmoid function, and the transfer function used in the output layer was the linear function. The ANN model was trained using the Levenberg-Marquardt algorithm.

Layer	Input	Output	Transfer Function
1	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
2	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
3	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
4	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
5	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
6	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
7	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
8	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
9	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
10	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
11	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
12	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
13	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
14	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
15	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
16	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
17	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
18	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
19	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
20	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
21	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
22	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
23	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
24	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
25	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
26	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
27	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
28	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
29	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid
30	Area-weighted precipitation	Runoff	Sigmoid

In this study, the performance of the ANN, ANN-TANK, ANN (with linear regression), and modified 3-TANK was compared. Also, components of the TANK model process, including ST (storage of each tank) and runoff of each tank, were applied as input to ANN. Thus, ANN-TANK and ANN (with linear regression) were compared with ANN (with linear regression) and ANN-TANK. ANN-TANK and ANN (with linear regression) were compared with ANN (with linear regression) and ANN-TANK.

3 Evaluation method

Modeling Method	Application	Modeling Method	Application
ANN	Indicates linear relationship between observed data and simulated data Satisfactory $R^2 > 0.60$	ANN	Indicates whether simulated data reflect the tendency of observed data Satisfactory $BIAS > 0.30$
ANN-TANK	Included the lag and credit/transfer time observed data and total runoff Satisfactory $SPRASE < 10$	ANN-TANK	Model outputs of flow for low flow Satisfactory $BIAS > 0.30$

3 Results & Discussion

- Overall, the performance of cases using area-weighted data (case 1-8) was better. Also, area-weighted data (case 9-10) used more input data and notes. It makes complexity of the model higher while model structure is equal.
- The performance of the cases using 6-station data was higher than 3-station data despite the shorter data period. However, the 6-station data used more recent measuring data which can affect the later performance because the later data period was relatively recent.
- The performance of the case without antecedent runoff data as input was lower than the other cases, confirming that antecedent runoff data is the primary input. However, the difference in performance is not significant. So, applying the ANN model to other basins and comparing the performance is necessary to verify the effects of antecedent runoff input on model performance.
- When comparing the case using observed runoff to the case using the TANK model's result, both cases performance were higher than without applying the runoff. Also, the later showed better results in some cases. Because the observed data has limitations on applying it to further future simulation, the

Case	Input	Model	R^2	BIAS	SPRASE	BIAS	SPRASE	BIAS	SPRASE
1	Area-weighted precipitation	ANN	0.681	0.415	1.220	0.811	0.811	0.294	0.291
2	Area-weighted precipitation	ANN	0.681	0.415	1.220	0.811	0.811	0.294	0.291
3	Area-weighted precipitation	ANN	0.681	0.415	1.220	0.811	0.811	0.294	0.291
4	Area-weighted precipitation	ANN	0.681	0.415	1.220	0.811	0.811	0.294	0.291
5	Area-weighted precipitation	ANN	0.681	0.415	1.220	0.811	0.811	0.294	0.291
6	Area-weighted precipitation	ANN	0.681	0.415	1.220	0.811	0.811	0.294	0.291
7	Area-weighted precipitation	ANN	0.681	0.415	1.220	0.811	0.811	0.294	0.291
8	Area-weighted precipitation	ANN	0.681	0.415	1.220	0.811	0.811	0.294	0.291
9	Area-weighted precipitation	ANN-TANK	0.711	0.371	1.160	0.841	0.841	0.274	0.271
10	Area-weighted precipitation	ANN-TANK	0.711	0.371	1.160	0.841	0.841	0.274	0.271
11	Area-weighted precipitation	ANN-TANK	0.711	0.371	1.160	0.841	0.841	0.274	0.271
12	Area-weighted precipitation	ANN-TANK	0.711	0.371	1.160	0.841	0.841	0.274	0.271
13	Area-weighted precipitation	ANN-TANK	0.711	0.371	1.160	0.841	0.841	0.274	0.271
14	Area-weighted precipitation	ANN-TANK	0.711	0.371	1.160	0.841	0.841	0.274	0.271
15	Area-weighted precipitation	ANN-TANK	0.711	0.371	1.160	0.841	0.841	0.274	0.271
16	Area-weighted precipitation	ANN-TANK	0.711	0.371	1.160	0.841	0.841	0.274	0.271
17	Area-weighted precipitation	ANN-TANK	0.711	0.371	1.160	0.841	0.841	0.274	0.271
18	Area-weighted precipitation	ANN-TANK	0.711	0.371	1.160	0.841	0.841	0.274	0.271
19	Area-weighted precipitation	ANN-TANK	0.711	0.371	1.160	0.841	0.841	0.274	0.271
20	Area-weighted precipitation	ANN-TANK	0.711	0.371	1.160	0.841	0.841	0.274	0.271

- Among the 18 cases, 10 cases are the ANN model combined with the TANK model (ANN-TANK model) except case 1, 2, 5, 6, 8, and 10, which use only weather data or weather data with antecedent observed runoff data.
- Also, the runoff estimation value TANK and ANN (with linear regression) was carried out. The result showed that ANN-TANK model showed a more accurate result than other in the log-scale scatter plot graph.
- The TANK and ANN were applied for the same period of test data in the ANN model (case 1) and showed less fit and less than the ANN model and uncalibrated value in R^2 or SPRASE.

ANN-TANK model

- ANN-TANK model showed a more accurate result than other in the log-scale scatter plot graph.
- The TANK and ANN were applied for the same period of test data in the ANN model (case 1) and showed less fit and less than the ANN model and uncalibrated value in R^2 or SPRASE.

ANN (with linear regression)

- ANN (with linear regression) showed a less accurate result than ANN-TANK model.
- The ANN (with linear regression) showed a less accurate result than ANN-TANK model.

4 Conclusions

- The ANN model using area-weighted data performed better under the same model structure if the data's complexity increases. The model's complexity should increase to improve the performance.
- The model performance was better when antecedent observed runoff was included in the input, and replacing antecedent observed runoff with simulated runoff by TANK also showed good performance. It seems if antecedent observed runoff data is unavailable, it can be replaced with simulated TANK runoff.
- However, applying the ANN model to other basins is needed to verify the model performance because the performance of the ANN without antecedent runoff was not seriously bad compared to ANN with antecedent runoff.
- The ANN-TANK model showed better performance than the TANK model. Also, it showed a similar performance compared to the ANN model using observed data using observed data for simulations when predicting the future because there is no runoff data before measuring runoff. From this study, simulated runoff by TANK seems to be able to replace observed data in the ANN-TANK model.

국제관개배수위원회(ICID) 제25차 총회 및 집행이사회(IEC) 참가기

신문호 _ 후쿠시마대학교 농과대학 교수(moono@agri.fukushima-u.ac.jp)

1. 머리말

국제관개배수위원회 ICID(International Commission on Irrigation and Drainage)는 관개 배수에 관한 과학적, 기술적 지식을 통해 식량과 섬유(Fiber) 공급을 세계적 수준으로 강화하는 것을 목표로 1950년에 설립된 비영리·비정부 국제기구(본부: 뉴델리)이다.

2023년 ICID는 11월1일(수)부터 11월8일(수)까지 인도 안드라프라데시주(Andhra Pradesh)에서 첫번째로 큰 도시이자 중요한 항구도시인 비사카파트남 (Vishakhapatnam)에서 제25차 총회 및 제74차 국제집행이사회¹⁾(IEC, International Executive Council Meeting)가 동시에 개최되었다.

참가자는 모든 국가위원회와 그 구성원, 회원국 국민, 기타 국제기구 및 초청된 비회원국으로 구성되며 필자는 개인자격으로 참석하여 연구 성과를 발표(포스터)하고 교류활동을 진행하였다.

1) KCID홈페이지 문헌 등을 살펴보면 IEC의 한국어 표기가 국제집행이사회와 국제집행위원회가 혼재되어 있으나 본 참가기에서는 국제집행이사회(IEC)로 표기하였다.

2. ICID의 회의 및 활동

ICID는 매년 국제집행이사회(IEC) 및 상임위원회(기술위원회, 재무위원회 등), 지역회의 등을 개최하며 각국위원들이 참석하여 ICID의 정책, 운영 등에 관한 논의와 기술정보 교환 등을 수행한다. 통상적으로 ICID는 국제집행이사회(IEC)와 함께 3년에 한 번씩 총회(ICID Congress), 지역회의(RC, Regional Conferences), 세계관개포럼(WIF, World Irrigation Forum)을 순환적으로 개최한다(그림1).

가. 총회(ICID Congress)

ICID는 1951년부터 3년에 한 번씩 총회(ICID Congress)를 개최하고 있다. 총회는 관개, 배수, 홍수관리 분야에서 해결해야 할 미래 과제에 초점을 맞추고 있으며 농업용수 관리에 관련된 다양한 글로벌 이슈의 해법을 논의하고 도출하기 위한 목적으로 관개용수의 미래에 대해 논의하고 있다. 2023년에는 “농업에서의 물부족 해결”을 주제로 관개 농업을 위해 어떤 수자원을 활용할 수 있는가?(Question 64)와 현장 기법 중 물 생산성을 높을 수 있는 기술에는 어떤 것이 있는가? (Question 65)를 중심으로 검토하였고 이와 관련된 세미나와 심포지엄도 개최되었다(표1).

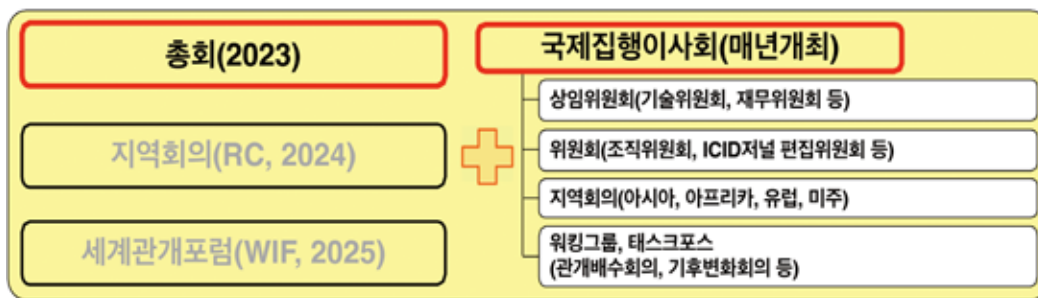


그림 1 | 인도 비사카파트남에서 개최된 2023년 ICID

Theme: 농업에서의 물부족 해결(Tackling Water Scarcity in Agriculture)
Question 64 관개 농업을 위해 어떤 대체 수자원을 활용할 수 있는가? (What alternative water resources could be tapped for irrigated agriculture?)
64.1 기존 관개용수의 공급원 강화(Reinforcing conventional sources of irrigation water)
64.2 비전통적 수자원 활용하기(Tapping non-conventional sources of water)
64.3 농업인들의 역량 강화(Empowerment of farmers)
Question 65 현장기법 중 물 생산성을 높일 수 있는 기술에는 어떤 것이 있는가? (Which on-farm techniques can increase water productivity?)
65.1 기존 시설의 관리 개선(Improving management of existing facilities)
65.2 농업 관행 개선(Improved Agronomic practices)
65.3 관개용수의 효율적 활용(Efficient Application of Irrigation Water)
스페셜 세션: 인도의 물 부문 과제에 대한 지속 가능한 솔루션 (Sustainable Solutions to Water Sector Challenges in India)
심포지엄: 현대식 관개 서비스를 위한 경로와 기술 (Theme: Pathways and Technologies for Modern Irrigation Services)

나. 국제집행이사회(IEC, International Executive Council Meeting)

ICID의 최고 의사결정기구인 국제집행이사회(IEC)는 ICID의 업무를 관리할 수 있는 권한을 가지고 있다. 국제집행이사회(IEC)는 매년 회의를 개최하여 운영 및 기술 업무를 처리하고 있으며, 국제집행이사회(IEC) 연례회의에 앞서 워킹그룹(Working Group) 회의 및 태스크포스(Task Force)의 회의와 PCSO, PCTA, PFC 등이 개최된다(그림2).

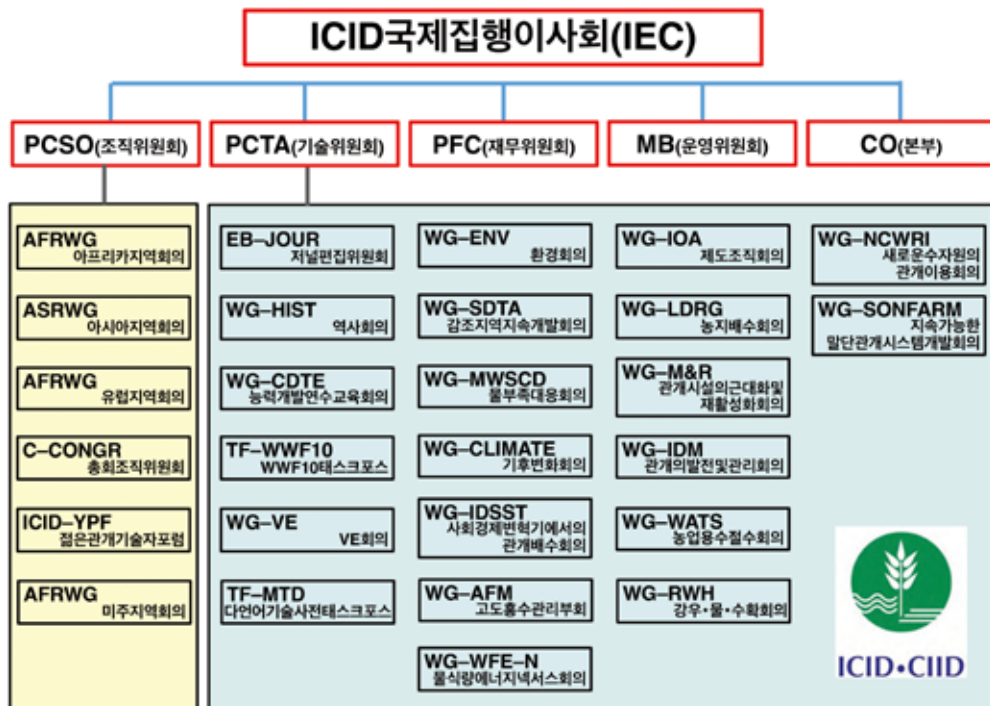


그림 2 | ICID 국제집행이사회(IEC, International Executive Council Meeting)

다. 지역 회의(RC, Regional Conferences)

ICID는 지역 회원들이 관심 있는 주제에 대해 지역회의(아시아, 아프리카, 유럽, 미주)를 개최한다. 지역회의는 지역 고유의 문제나 과제를 해결하기 위해 해당 지역 국가들에게 공통의 플랫폼을 제공하며 일반적으로 국제집행이사회(IEC)와 병행하여 개최되지만 단독으로 개최하기도 한다. 제9차 아시아 지역회의는 2024년 9월 1일부터 9월7일까지 호주 시드니에서 제75차 국제집행이사회(IEC)와 같이 개최될 예정이다.

라. 세계관개포럼(WIF, World Irrigation Forum)

3년에 한 번씩 개최되는 세계관개포럼은 정책입안자, 전문가, 연구기관, NGO, 농업인 등 다양한 분야, 다양한 규모의 관개에 관련된 모든 관계자들이 한자리에 모여 논의하는 것을 목적으로 한다. 수자원의 고갈이 우려되는 상황에서 관개 농업에 대한 해결책을 모색할 수 있는 플랫폼을 제공하고 있다. 제4차 세계관개포럼(WIF4, 4th World Irrigation Forum)은 2025년 9월 7일부터 9월 13일까지 말레이시아 쿠알라룸푸르에서 제76차 국제집행이사회(IEC)와 같이 개최될 예정이다.

마. 워킹그룹(Working Group)

ICID 자문그룹은 2015년에 수립된 'ICID Vision 2030'을 바탕으로 전략을 수립하고 2016년 11월 태국 치앙마이에서 개최된 제67차 국제집행이사회(IEC)에서 2017년부터 21년간의 5개년 프로젝트 관리(Milestone) 및 행동계획을 수립하였다. 2017년 10월 멕시코시티에서 열린 제68차 국제집행이사회(IEC)에서 ICID 사무국과 자문그룹은 이러한 성과를 'ICID Roadmap to Vision 2030'으로 정리하였다.

ICID의 비전과 목표를 실현하기 위한 전략과 행동계획은 연동계획(Rolling plans)으로 다양한 전략에 따라 식별된 행동계획은 연례 국제집행이사회에서 정기적으로 모니터링 되며, 전략 자체는 3년마다 검토 및 미세조정이 이루어진다. 이에 따라 각 워킹그룹에서는 행동계획에 따라 지난 회의록에 대한 후속 조치와 함께 행동계획의 진행 상황을 검토하고 있다.

현재 18개의 워킹그룹이 있으며 이 중 9개 워킹그룹은 2023년을 끝으로 활동이 종료될 예정이고 새로운 워킹그룹이 개설되어 2024년부터는 11개의 그룹이 활동할 계획에 있다.

3. ICID 주요일정 및 활동내용

필자는 농업수리시설의 유지관리와 차세대 물관리시스템의 재구축, ODA 등에 관심을 가지고 있어 총회세션은 Question 65를 중심으로 참석하였고, FAO와 JICA의 Side Event, 아시아지역회의, 기후변화 워킹그룹 회의, ICID저널편집위원회, 기술위원회, IEC 전체회의 등에 참석하였다. 2023년 ICID 주요일정 및 필자의 활동일정을 표2와 같다.

각 세션에서의 활동내용은 총회 요약(Wrap-up) 회의에서 활동 내용이 보고 되어 필자가 참석하지 않은 세션의 정보도 얻을 수 있었다. 또한, 지역회의, 워킹그룹회의, 각종위원회 회의 등도 집행이사회(IEC) 회의에서 요약내용이 보고되어 필자가 참석한 회의 내용은 두번 들을 수 있었으며 다른 회의 내용도 정보를 얻을 수 있었다. 국제집행이사회(IEC) 회의, 워킹그룹 회의 등은 각 국가위원회와 그 구성원이 아니어도 참석이 가능하였고 발언도 할 수 있어 필자도 자유롭게 참석할 수 있었다.

표 2 | 2023년 ICID 주요일정 및 필자의 참가일정

행사일	ICID 주요일정	필자의 참가일정
11/1(수)	- 등록	이동(인천공항→텔리공항)
11/2(목)	- 제25차 총회 개회식 - 기념강연 - 총회세션/국제 워크샵/ - 장관급 비공개회의 - 문화 프로그램 및 컨퍼런스 만찬	이동(텔리공항→비사카파트남공항) 등록 및 제25차 총회 개회식 기념강연 Session-2 총회 Question 65.3(1/7) Session-5 총회 Question 65.3(2/7) 문화 프로그램 및 컨퍼런스 만찬
11/3(금)	- 총회세션 - 국제 워크샵/부대행사 - 현지 투어 - 호주 국가위원회 환영리셉션	Session-9 총회 Question 65.1(1/2) Session-12 총회 Question 65.1(2/2) Session-15 총회 Question 65.2(1/1) Session-18 총회 Question 65.3(7/7) 호주 국가위원회 리셉션
11/4(토)	- IEC 전체회의(이사회 시상) - INCID 총회 특별세션 - 국제 심포지엄/부대행사 - 제25차 ICID 총회 요약(Wrap-up) - 현지 투어	Side Event-12 FAO-JICA Session I Side Event-12 FAO-JICA Session II IEC 전체회의 제25차 ICID 총회 요약(Wrap-up)
11/5(일)	- ICID 워킹그룹 회의 - 젊은 전문가 교육 프로그램 - 기술/문화 투어 - ICID 재무위원회(PFC) 회의	아시아지역회의(ASRWG)-I 아시아지역회의(ASRWG)-II 기후변화회의(WG-CLIMATE)-I 기후변화회의(WG-CLIMATE)-II
11/6(월)	- ICID 워킹그룹 회의 - ICID 조직위원회(PCSO) 회의 - 말레이시아 국가위원회 환영리셉션	ICID저널편집위원회(EB-JOUR)-I ICID저널편집위원회(EB-JOUR)-II ICID 조직위원회(PCSO) 회의 ICID 조직위원회(PCSO) 회의II 말레이시아 국가위원회 환영 리셉션
11/7(화)	- ICID 기술위원회(PCTA) 회의	ICID 기술위원회(PCTA) 회의
11/8(수)	- 국제집행이사회(IEC) 연례회의 - 폐회식	국제집행이사회(IEC) 연례회의 & 폐회식 이동(비사카파트남공항→텔리공항)
11/10(금)		이동(텔리공항→인천공항)

01

02

03

04

05

06

07

08

09



(a) 국제집행이사회(IEC) 연례회의



(b) FAO-JICA Side Event



(c) KCID 회장과 Marco 신임회장



(d) 최진용 교수의 공로상 수상



(e) 호주 주최 리셉션



(f) 서울대학교 참석자들과 함께

사진 1 | 행사참석 및 교류활동

가. 한국관개배수위원회(KCID) 등의 활동내용

한국에서는 KCID 회장(농어촌공사 이병호 CEO)이 참석하여 국제집행이사회(IEC) 연례행사에서 ICID 회장 부회장 선거 및 운영에 관한 투표권 행사하고 다른 나라 대표들과 인적 교류 등을 진행하였다. 또한, 회무부회장(농어촌연구원 서상기 원장)이 FAO-JICA가 주체하는 Side Event-12에 패널로 참석하여 ODA등에 필요한 관개, 배수 기술 등을 주제로 토론하였다.

한편, 11월 7일에는 일본, 말레이시아, 인도네시아, 이란, 타이완 등의 대표단을 초청하여

KCID 회장이 주최하는 교류회를 개최하였다.

서울대학교에서는 ICID 부회장인 최진용 교수와 윤푸른 박사, 김마가 박사과정이 참석하여 연구성과 발표 및 각종 행사에 참석하였고 ICID에서의 활발한 활동이 인정되어 최진용 교수가 공로상을 수상하였다.

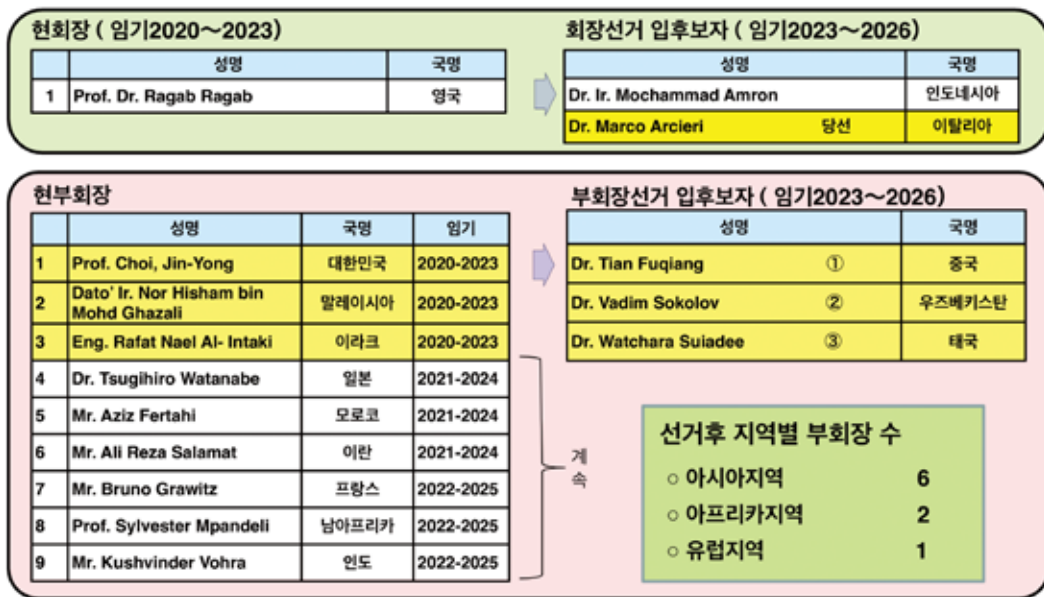


그림 3 | ICID 회장 및 부회장 명단 및 선거결과

나. 국가위원회 환영 리셉션 및 선거운동

ICID 행사에서는 차기 개최국(호주)과 차차기 개최국(말레이시아)이 주최하는 공식 환영리셉션이 개최되었다. 해당 리셉션은 초대받은 각국 대표가 참석할 수 있는 행사였으나 필자도 한국 대표단과 함께 참석하여 많은 교류와 정보를 얻을 수 있었다.

ICID의 회장 및 부회장 9명의 임기는 3년이며 회장은 총회가 열리는 해에 선거를 실시하고 부회장은 매년 3명씩 선거를 실시한다. 올해 임기가 만료되는 Prof. Dr. Ragab Ragab 회장의 후임자를 뽑는 선거에는 2명의 후보가 출마하였고 선거운동이 활발하게 진행 되었으며 마지막 날 진행된 연례회의에서 이탈리아의 Dr. Marco Arcieri 전 부회장이 당선되었다. 또한 임기가 만료되는 부회장(서울대학교 최진용 교수 외2명)의 후임자를 뽑는 선거에서는 입후보자가 3명인 관계로 투표는 후보자의 순위만을 결정하기 위해 실시되었고 그 결과는 그림3과 같다.

다. 일본의 활동내용

필자는 일본 후쿠시마대학에서 근무하고 있어 일본농업농촌공학회, PAWEES 등에서 교류하던 일본과 타이완의 연구자들을 ICID 행사장에서 다시 만날 수 있었다. 일본은 한국과 달리 농림수산성(한국의 농림축산식품부)의 농촌진흥국의 공무원들뿐만 아니라 대학교, 연구소, 민간기업 등에서 20여명이 참석을 하였다.

일본의 경우 한국의 KCID와 같은 일본국내ICID위원회를 구성하고 있으며 사무국은 농림수산성 농촌진흥국 정비부 설계과에서 담당하고 있다. 특히, 토지개량사업, 농지정비사업, 설계기준 등의 심의기구인 “농업농촌진흥정비회의”에 ICID의 활동 지침, 참가보고서 등을 제출하고 관리를 받고 있어 정부차원에서 많은 지원을 통해 활동하고 있었다.

일본국내ICID위원회는 대학 13명, 연구소 3명, 국제교류 민간기업 2명, 관련협회 1명으로 총 19명의 위원으로 구성되어 있으며 위원장은 ICID 부회장인 교토대학 Tsugihiko Watanabe 명예교수가 담당하고 있다.

각 위원들은 전문분야에 맞게 ICID의 각종 워킹그룹에 배치하고 있으며 농림수산성 예산으로 매년 ICID에 참석하고 활동내용은 사무국에 보고를 하도록 하고 있다. 또한, 일본 ICID협회가 일본국내ICID위원회의 활동을 지원하고 있다.

2023년 ICID에는 일본국내ICID위원회(14명), 농림수산성(4명), 민간기업에서 참석하였고 Side Event개최 및 위원으로부터 7건의 발표가 있었다.

라. ICID 활동에 관한 향후과제

ICID는 국제학술대회 국제회의와 비교하여 대회기간이 길고 비용이 많이 들어 한국의 연구자 및 관련기관에서의 많은 참석은 어려움이 있어 보였다. 금번 기술위원회(PCTA)에서도 대회기간을 줄일 수 있는 방안에 대해서 토론하였고 개최기간을 줄이는 방향에는 합의에 이르렀다.

한국 KCID에서도 많은 노력을 하고 있지만 각종 워킹그룹, 위원회에서 한국을 알리고 ODA 사업에도 활용하기 위해서는 ICID 활동에 연속성이 필요하기 때문에 농림축산식품부의 지원과 함께 KOICA, 국제협력단체, 민간기업, 한국농공학회 등과도 연계하여 예산문제를 해결함과 동시에 학계, 연구소, 공무원 등이 포함된 위원회를 구성할 필요가 있다고 생각되었다.

현재 한국에서는 한국농어촌공사 농어촌연구원 안에 KCID 사무국을 설치하여 일부 직원이 겸직을 하고 있으나 일본의 사례와 비교해보면 향후 해외 ODA 사업과 연계하여 한국농어촌공사 해외사업처에 사무국을 두는 것이 더 바람직하다고 생각되었다.

4. 맺는말

본 글에서는 국제교류, ODA 등에 관심이 많은 농공인들의 많은 참여가 있었으면 하는 바람에 ICID에 처음으로 참석하는 사람이 이해하기 쉽게 구성하였으며 필자 또한 ICID에 처음 참석하여 관개배수에 관한 국제정세 및 많은 관련정보를 습득할 수 있었고 많은 사람들과 교류할 수 있었다.

필자는 현재 연구년으로 서울대학교 농업생명과학연구원 객원연구원으로 ICID 부회장을 역임하고 있는 최진용 교수님 연구실에서 연구 활동에 전념하고 있다. ICID는 처음으로 참석하였으나 출국하기 전에 최진용 교수님께 많은 정보를 얻을 수 있었고 현지에서도 많은 참석자들을 소개해주시고 안내해 주셔서 인적 교류와 스케줄 관리를 편하게 할 수 있었다.

서울대학교 최진용 교수의 부회장 임기가 2023년 11월말일로 종료되었다. ICID에서 한국의 위상을 알리기 위해서는 새로운 부회장, 회장 선거에 출마하여 활동할 수 있도록 정부의 지원이 필요하다고 생각되며 2029년 ICID 제27차 총회 및 제 80차 국제집행이사회(IEC)를 한국에서 개최하는 것을 제안 드리고자 한다.

참고문헌

- 농림수산성, ICID (국제관개배수위원회), <https://www.maff.go.jp/j/nousin/kaigai/ICID/>
- ICID 홈페이지, <https://icid-ciid.org/event/detail/25>
- 이희진, 문영식, 신지현, 2022년 ICID 제24차 총회 참가기, 세계 농업과 물, 2022

01

02

03

04

05

06

07

08

09

공사 ODA사업의 효율적 추진을 위한 모니터링 및 평가 방안

Monitoring and Evaluation Measures for Effective KRC's ODA Projects

임상봉 _ 한국농어촌공사 농어촌연구원 미래농어촌연구소(imsb@ekr.or.kr)

요약

본 연구에서는 많은 개도국으로부터 주목을 받고 있는 한국농촌개발 ODA사업을 효과적으로 추진하는 방안으로서 모니터링 및 평가 방법을 분석하여 제시하였다. 이를 위하여 성과 중심 모니터링과 평가의 특징 및 공사 ODA사업의 특징을 고려하여 사업 유형별 성과 지표를 도출하고, 활용가능한 샘플 조사표를 예시적으로 제시하였다. 또한 공사 ODA사업 모니터링 및 평가 추진방안으로서 ① 단계별 모니터링과 평가 업무 수행체계의 확립, ② 조사대상 선정의 유연성 확보, ③ 혁신 및 성과 확산 시각의 견지, ④ 참여적 접근법의 적극 활용 등을 제안하였다.

Abstract

In this study, methods of monitoring and evaluation were presented, in order to help implementing ODA projects for Korea's rural development, which have been noted from many developed and developing countries. For this purpose, project performance indicators were derived and sample survey forms for measuring the indicators were suggested, by considering the characteristics of performance-oriented monitoring and evaluation and KRC's projects. Moreover, some monitoring and evaluation measures were presented such as ① the establishment of M&E implementation system, ② the maintenance of flexibility in selecting survey respondents, ③ pursuing for innovation and performance extension perspectives, ④ utilization of participatory approach.

Keyword: monitoring and evaluation, M&E, PME, KRC, rural development, Korea

I. 서론

Mosley(1986)는 일찍이 “원조 효과성의 미시-거시 역설”이라는 관점에서 개별사업은 성공적으로 평가되는 경우가 많으나, 해외원조사업 전체적으로는 효과가 낮은 점을 지적하고, 이의 개선이 필요함을 역설하였다(한국농어촌공사 농어촌연구원, 2022). 공사는 해외사업에 대한 오랜 경험과 독보적인 전문성을 보유하고 있고, 우리나라의 ODA 예산이 증가하고 있음에도 공사 브랜드 성격의 지속가능한 사업모델 구축에 어려움을 겪고 있다. 공사는 해외사업 수주자와 국제협력(ODA) 사업 발주자의 위상을 동시에 갖고 있으므로 이러한 특성을 적극 활용하여 해외사업 발전 모델을 확립하고, 이에 대한 성과를 입증할 필요가 있다.

ODA사업이 장기간 지속됨에 따라 사업성과 제고에 대한 요구가 강하게 제기되고 있는 가운데, 성과지향형 사업특화 추진전략을 시급히 마련할 필요가 있는데, 모니터링 및 평가 방안 마련은 이러한 전략수립에 결정적으로 기여할 것으로 기대된다. 특히, 우리나라는 ODA 원조국 대열에 뒤늦게 뛰어든 후발주자로서 기존 선진국들이 겪고 있는 원조피로도(aid fatigue)를 극복하고 국제원조사업의 활성화에 기여해야 하는 막중한 책무를 부여받고 있는 상황이다. 이에 본고에서는 성과 중심 모니터링과 평가의 특징을 분석, 도출하고, 공사 ODA사업의 현황과 특징에 대한 분석을 토대로 공사 ODA사업 유형별 성과지표를 설정, 제시하고, 실무에 적용가능한 조사표를 예시적으로 제시하며, 공사 ODA사업의 효율적 추진을 위한 모니터링 및 평가 방안을 제시하고자 한다.

II. 공사 ODA사업 모니터링 및 평가 지표의 설정과 측정 방안

1. 성과 중심 모니터링과 평가의 특징

사업 모니터링 및 평가는 수원국의 사업의 지속과 확대 추진을 위한 극거가 될뿐만 아니라 공여국에서 해당사업의 예산을 확보하여 ODA사업을 지속적으로 추진하는 데에도 큰 영향을 미치게 된다. 그리하여 ODA사업과 관련된 많은 이해당사자들이 사업성과에 대해 큰 관심을 보이게 되는데, 이 과정에서 사업성과의 정도와 객관성 문제가 중요한 이슈로 부각되게 된다.

1990년대 이후 대두된 원조 피로현상에 대한 대안으로 개발협력사업 성과관리를 통해 원조효과성을 높이겠다는 논의가 나타나기 시작한 이후, 성과분석 모형에 기초하여 다양한 성과관리 도구들이 사용되기 시작하였다(박수영과 김수진, 1015). 성과 중심 모니터링과 평가(Result-based M&E)는 프로젝트의 계획부터 모니터링 및 평가까지 전 과정에 걸쳐 산출물과 목표를

01

02

03

04

05

06

07

08

09

관리하는 행위로 정의된다. Morra Imas와 Ray(2009)는 성과 중심 모니터링과 성과 중심 평가를 구분하여, 설명하고 있다(한국국제협력단 역, 2016 재인용).

성과 중심 모니터링은 목표(goal) 달성을 위해 진행되는 과정을 측정하기 위해 주요 지표에 대한 정보를 지속적으로 수집하고 분석하는 과정으로, 성과 중심 평가는 적절성·효율성·효과성·영향·지속가능성을 판단하기 위한, 계획되거나 진행 중이거나 종료된 프로젝트 또는 프로그램에 대한 평가로 개념화하고 있다. 이들은 전통적인 모니터링과 평가와 성과 중심 모니터링과 평가의 차이를 투입물(Inputs) - 활동(Activities) - 산출물(Outputs) - 성과(Outcomes) - 영향력(Impacts)이란 5가지 요소로 구성되는 변화이론을 고려하여 설명하고 있는데, 그 개념은 표1 및 그림1과 같이 제시할 수 있다.

표 1 | 전통적 M&E와 성과 중심 M&E 비교

전통적 M&E	성과 중심 M&E
<ul style="list-style-type: none"> • 프로젝트 또는 프로그램 이행에 초점 • 프로젝트와 프로그램 실행에서 투입물, 활동, 산출물을 모니터링하고 평가하는데 초점 	<ul style="list-style-type: none"> • 전통적 접근방식과 성과평가를 결합 • 전통적인 모니터링과 평가방식에 결과, 영향 또는 일반적인 성과를 평가하는 방식의 결합

자료: 한국국제협력단 역(2016: 140-141)의 내용을 연구자가 표로 정리

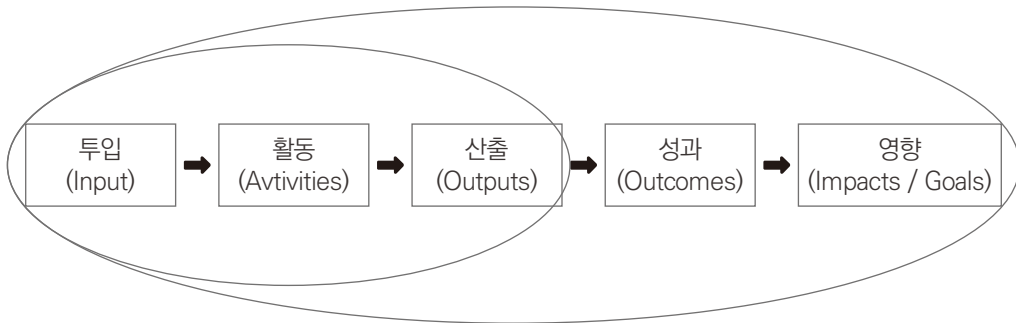


그림 1 | 전통적 M&E와 성과 중심 M&E 강조영역

2. 공사 ODA사업의 현황과 특징

1) 공사 ODA사업의 개요

한국농어촌공사의 ODA사업은 국제농업협력사업 형태로 이루어지고 있으며, 해외사업처 국제협력부에서 담당하고 있다(표2 참조).

표 2 | 한국농어촌공사 ODA사업의 개요

구 분	국제농업협력사업(ODA)
특 징	정부정책사업, 국고보조
사업내용	개도국 농업농촌개발, 영농기술전수, 관개시설, 축산기술 등 농림축산 분야 무상원조 지원
기 간	2011년 ~ 현재
성과 ('20년 현재)	14개국 26개 사업 종료

농림축산식품부 산하 및 관련 기관별로 사업영역 및 역할 분담이 이루어지고 있다. 농촌진흥청과 산림청은 별도 예산으로 자체적인 계획을 수립하여 추진하고, 공사와 농정원은 프로젝트형 ODA사업을, 그밖의 기관은 컨설팅형 사업을 담당하고 있다.

사업 전반에 대한 관리와 평가 기능이 분리되어 있다(권율 등, 2021). ODA사업의 관리주체는 한국농촌경제연구원에서 담당하다, 2011년부터 공사로 변경되었고, ODA사업의 평가 기능은 2018년부터 공사에서 한국농촌경제연구원으로 이관되었다. 공사는 프로젝트형 사업의 발굴, 발주, 시행 및 사후관리 외에 사업별 기초선 조사 및 모니터링 등 성과관리를 담당하고, 농촌경제연구원에서는 종료평가 및 사후평가 등을 담당하고 있다.

3. 공사 ODA사업의 추진 현황

1) 공사 ODA 사업의 현황

공사의 국제농업협력사업 중 2021년 12월 현재 완료된 사업은 표3에서 보는 바와 같이 29개 사업이다. 2022년 1월 현재 신규 및 계속사업 24개가 진행 중이다.

01

02

03

04

05

06

07

08

09

표 3 | 공사 국제농업협력사업 종료사업 현황

(‘21.12월 현재)

연번	국가명	사업명	사업기간	단계	사업비
1	캄보디아	쌀산업 일관체계 구축사업	‘10~’12	완료	24억
2	필리핀	농촌종합개발사업	‘10~’13	완료	11억
3	모잠비크	영농기술교육시스템 구축사업	‘10~’13	완료	13억
4	DR콩고	추엔계 농촌종합개발사업	‘10~’12	완료	19억
5	캄보디아	캄푹주 농촌종합개발사업	‘11~’14	완료	35억
6	캄보디아	산림복구 및 산림연구시설 구축사업	‘11~’15	완료	40억
7	베트남	채소 계약재배 시범단지 조성사업	‘11~’15	완료	30억
8	미얀마	우수농산물 재배기술 전수사업	‘11~’13	완료	15억
9	가나	농업관개시설 설치 지원사업	‘11~’13	완료	25억
10	카메룬	벼농사 기계화단지 조성사업	‘11~’14	완료	23억
11	르완다	농업 및 동물자원 개발사업	‘11~’13	완료	17억
12	에티오피아	관개시설 개보수사업	‘11~’14	완료	23억
13	에티오피아	농업용수 개발사업	‘11~’14	완료	23억
14	인도네시아	벼농사 기계화단지 조성사업	‘12~’14	완료	17억
15	몽골	축산물가공 및 위생관리시스템 지원사업	‘12~’15	완료	25억
16	미얀마	농촌개발 및 영농기술전수사업	‘13~’16	완료	28억
17	라오스	시엡쿠양주 관개시설 설치사업	‘12~’17	완료	44억
18	모잠비크	영농기술보급 및 농업생산성증대사업	‘14~’17	완료	27억
19	카메룬	벼재배단지활용 교육연구시설 조성사업	‘14~’18	완료	30억
20	베트남	국립가축질병센터 역량강화사업	‘14~’18	완료	27억
21	르완다	사료생산 및 수확후처리 지원사업	‘14~’18	완료	43억
22	캄보디아	쌀산업발전을 위한 건조저장시설구축사업	‘15~’18	완료	30억
23	가나	아쿠마단 농촌개발 및 채소단지 관개사업	‘15~’18	완료	37억
24	라오스	쌍퉁군 농촌개발 및 영농기술센터지원사업	‘15~’19	완료	51억
25	미얀마	농업생산성 증대를 위한 시범단지 조성사업	‘16~’19	완료	39억
26	우즈벡	시설농업 지원 및 기술전수사업	‘16~’19	완료	40억
27	필리핀	MIC 사업지구 농촌개발사업	‘15~’20	진행	27억
28	우간다	곡물가공식품 제조기술 전수사업	‘17~’20	진행	17억
29	볼리비아	씨감자 생산체계 구축 및 생산기술 전수사업	‘16~’21	진행	40억

자료: 한국농어촌공사 내부 자료

2) 사업유형별 활동 특성

모든 공사 ODA 사업에는 초청 연수, 현지 연수, 기자재 지원 등 3개 활동이 공통으로 포함되고 있다. 초청 연수는 파트너 국가의 관련 업무 종사 고위급 공무원 대상과 실무자 대상 그리고 주민 대상 등 크게 3가지 유형으로 진행되었다.

기자재 지원은 사업 운영을 위한 차량, 농기계, 사무집기, 실습 기자재 등 다양한 형태로 제공되었다. 현지 연수(workshop) 활동은 영농기술 교육과 제공된 설비 및 기자재 운영기술 교육 형식으로 이루어졌다. 현지 연수와 유사하나, 동물 질병 진단이나 RPC 운영 등 특수한 역량이 필요한 사업에서는 이를 컨설팅으로 분류하고 있다.

사업유형 별로 추진한 활동 내용은 표4와 같다. 사업의 대표적 활동을 분류한 것으로서, 많은 사업에서는 서로 다른 유형의 사업 활동을 중복적으로 수행하고 있는 특성이 있다. 시범포 활동이 대표적으로서, 이 활동은 농산업이나 농업용수 자원사업 유형에서도 수행되고 있다.

표 4 | 공사 ODA 사업 유형별 주요 활동

사업 유형	세부 활동	비고
농산업	<ul style="list-style-type: none"> • 가공시설 및 설비 • 가공공장 운영 관련 컨설팅 • 건조시설 • (저온)저장시설 	<ul style="list-style-type: none"> • 쌀, 옥수수, 육가공 및 유가공 • 경영 컨설팅이 수반되어야 함
농업용수	<ul style="list-style-type: none"> • 지하수 조사 • 관개용 댐/보 건설 • 점적관개 • 관정개발 • 팜폰드(farm pond) • 관개수로 • 양수장 • 스프링쿨러 • 저류조 축조 • 이설도로 	<ul style="list-style-type: none"> • 이용자 조직 육성이 요구됨
농촌지도 (축산, 농업연구, 농업개발, 식량작물 생산포함)	<ul style="list-style-type: none"> • 시범포 • 영농 실습시설 • 퇴비장 • 비닐하우스 • 교육센터 건립 • 육묘장 • 소득사업(양계, 양어, 양잠 등) • 양액 재배온실 	
	<ul style="list-style-type: none"> • 질병센터 건립 • 경지(조성)정리와 용·배수로 조성 • 기계화 단지 • 다목적(농기계 등) 창고 	<ul style="list-style-type: none"> • 경지정리와 용·배수로 조성은 관개사업과 유사하나, 사업목적이 배재배 단지 조성임
농촌개발	<ul style="list-style-type: none"> • 마을도로 • 농산물 집하장 • 공동작업장 • 식수개발 및 급수시설 • 회관 건립 • 직업훈련 	

4. 공사 ODA사업 유형별 성과지표의 선정

허장 등(2020)은 우리나라 국제농업협력사업의 개발효과성 제고를 위한 정책개선 방안 연구를 통해 농식품부에서 2010~2020년 동안 추진한 프로젝트 형 65개의 사업의 성과지표를 분석하였는데, 사용된 성과지표의 문제를 다음과 같이 지적하고 있다.

- 65건의 ODA 사업에서 사용된 성과지표는 모두 23개로 사업 건수 대비 제한적인 성과지표를 사용하고 있음
- 사용된 성과지표 중에는 사업목표 달성 및 성과 측정과는 거리가 먼 지표(예: 공정률, 예비공정 대비 실적 등)가 사용된 경우가 있음
- 대체로 해당 사업의 특성을 잘 반영할 수 있는 성과지표가 적절히 사용되지 않고 있음
- 사업의 효과를 측정하는 성과지표가 산출물에 대한 단기지표인지, 성과물 또는 파급효과로 나타나는 중장기 지표인지 구분하지 않고 무분별하게 사용되고 있음

중장기 지표의 경우, ODA 사업에 기인한 효과를 측정하기 위해서는 다양한 외생변인을 통제해야 하므로 성과지표의 설정 및 수집에 더욱 주의를 기울이고, 농림업 분야에서 추진된 다양한 사업의 성과지표를 수집하여 지표 풀(pool)을 구성하고, 지표체계를 정비할 필요가 있음을 강조하고 있다. 이들은 국내 농림분야 ODA 사업을 추진하는 유관기관에서 시행한 사업의 성과지표를 망라하여 200개가 넘는 성과지표를 검토하여 측정이 불가능하거나, 개념이 모호한 것을 제외하여 130개의 지표를 선정하였다.

- 측정하고자 하는 사업 효과가 단기에 나타나는 단기지표인지 또는 사업의 종료나 사후에 효과가 나타나는 중장기 지표인지를 구분하였는데, 활동 및 산출물에 대한 측정지표는 단기 지표로, 성과 및 파급(영향)효과에 대한 측정지표는 중장기 지표로 구분함
- 사업의 유형을 농촌종합개발, 농업생산기반 구축, 농산물가치사슬 지원, 농업기술교육, 농식품 안전, 정책컨설팅, 축산, 산림 등 8개 유형으로 구분하여, 각 유형별 단기와 중장기 지표를 제시함

이들이 선정한 지표는 측정산식을 함께 제시하고 있는데, 여기에서는 사업 유형 별 지표만을 표 5와 같이 제시하고자 한다.

표 5 | 공사 ODA 사업 유형별 성과(Outcome)지표 pool

사업 유형	Outcome 지표
농산업	<ul style="list-style-type: none"> • (작목/축산) 농업 생산성 • 농업인 평균 소득 • 수확 후 손실을 감소 • 농기업의 판매 또는 매출 • 농산물 가공품 매출액
농업용수 자원	<ul style="list-style-type: none"> • (작목/축산) 농업 생산성 • 농업인 평균 소득 • 생산적이고 지속 가능 농경지 면적 비율
농촌지도	<ul style="list-style-type: none"> • (작목) 농업 생산성 • 병해충 방생 감소율 • 권장 기술 수용율 • 신기술로 인한 소득증가 • 컨설팅 결과, 정부 정책 또는 시책 채택 건수 • 지난 1년간 교육·훈련 수혜자 수
축산	<ul style="list-style-type: none"> • 가축 출산율 또는 생산성 • 가축 질병 감소율
농업연구	<ul style="list-style-type: none"> • 연구 결과의 실용화 건수
농업개발	<ul style="list-style-type: none"> • (작목/축산) 농업 생산성 • 농업인 평균 소득 • 생산적이고 지속 가능 농경지 면적 비율
식량작물 생산	<ul style="list-style-type: none"> • (작목) 농업 생산성 • 농업인 평균 소득
농촌개발	<ul style="list-style-type: none"> • (작목) 농업 생산성 • 농업인 평균 소득 • 주관적 삶의 질 향상 (사업 전 대비 삶의 질 만족) / 거주지로서의 지역사회 만족 • 기초 서비스 접근 향상 가구 비율

* 굵은 글씨 지표는 SDGs 지표와 일치하는 지표임

01

02

03

04

05

06

07

08

09

5. 사업성과 측정을 위한 조사표 작성방법

1) 주민 조사표 샘플

상황에 따라 사업성과 지표를 다양하게 활용하기 위해서 지표 pool을 관리할 필요가 있지만, ODA사업 성과 모델을 토대로 핵심 지표를 관리할 필요가 있다. 이에 대한 지표를 예시하면 다음과 같다.

가) 농업생산성 조사

농업인프라개선사업 지구와 종자보급사업 지구는 모두 농업생산성을 높이기 위한 목적을 지니고 있다. 사업 목적을 고려하여, 농업인프라개선사업 지구에 대해서는 생산성 관련 지표를 관개지역과 비관개지역을 비교하고, 종자보급사업 지구에 대해서는 신품종과 재래종 간의 생산성 차이를 비교토록 한다.

표 6 | 농업인프라개선사업 지구의 쌀 생산성 조사

구 분		관개지역	비관개지역
논 수확량	우기	t/ha	t/ha
화학비료 사용량		kg/ha	kg/ha
쌀 생산으로 인한 총수입(ha당)			
쌀 생산으로 인한 총비용(ha당)			
쌀 생산을 통한 총소득(ha당)			

표 7 | 종자보급사업 지구의 작물 생산성 조사

구 분		관개지역	비관개지역
수확량		kg/ha	kg/ha
생산으로 인한 총수입(ha당)			
생산으로 인한 총비용(ha당)			
생산을 통한 총소득(ha당)			

나) 소득 조사

사업내용에 농업 및 농외 소득사업이 포함된 경우, 소득조사표를 예시하면 표8과 같다.

표 8 | 수혜농가와 비수혜농가의 소득조사

구 분	수혜지역(수혜농가)	비수혜지역(비수혜농가)
가구당 농업소득	kg/ha	kg/ha
1인당 농업소득		
1인당 비농업소득		
1인당 가구소득		

※ 마을공동소득이 있는 경우 별도 표기

다) 수혜자 참여도 조사

사업에 대한 주민참여는 사업의 성공을 위한 핵심 요소로 볼 수 있다. 교육은 주민의 의식변화와 행동변화를 일으키는 중요한 요인이므로, 이에 대한 실적을 체계적으로 조사할 필요가 있다(표9 참조). 또한 사업 관련 혁신사항의 수용은 사업의 성과를 최종적으로 결정짓는 사항이라 볼 수 있다. 사업내용에 따라 신제품 종자보급, 예방백신 접종, 시설 설치, 농법 개선 등 혁신사항을 규정하고, 이에 대한 수용 실태를 조사를 통하여 파악토록 한다(표 10 참조).

한편, 농촌지역사회에서는 혁신의 수용이 집단적인 의사결정 형태로 이루어지는 경우가 많다. 주민조직의 결성 및 강화는 사업의 성공으로 이끄는 데 중요한 역할을 하게 될 것이다. 이에 대한 조사표를 예시하면 표11과 같다.

표 9 | 교육 참여 실적

구 분	교육 참여 실적
교육 참여 프로그램 수	
교육 참여 횟수	
교육 참여자 수	
마을 현장교육 횟수	

※ 마을 단위 또는 사업지구 단위로 조사함

표 10 | 혁신 수용 실태

구 분	혁신 수용 실적
혁신 보급 종류	신품종 종자, 가축전염병 예방백신, 버 건조저장, 현대화 농법 등
혁신 종류별 수용 농가 수	
조직적 혁신 수용 실적	마을공동사업, 마을공동활동 등

※ 마을 단위 또는 사업지구 단위로 조사함

표 11 | 사업조직 구성 및 조직 활동 참여 실적

구 분	조직 활동 실적
조직구성 현황	조직도, 조직구성원 수, 조직운영 기간
주요 조직 활동	회의 수, 회의록
조직활동 참여 실적	공동수익사업 참여자 수

※ 마을 단위 또는 사업지구 단위로 조사함

III. 공사 ODA사업 모니터링 및 평가 추진 방안

1. 수원국과 M&E 공동수행에 대한 협의의사록에의 반영

ODA사업의 성공적인 추진을 위해서는 원조국과 수원국 간에 긴밀한 협력이 필수적이다. 공사는 ODA사업 성과를 높이고, 이를 입증하기 위한 방법론을 체계화하고, 이를 효과적으로 실행하기 위한 사항을 사업추진 이전 단계에서부터 협의의사록에 반영할 필요가 있다.

2. 단계별 모니터링과 평가 업무 수행체계의 확립

장단기 사업추진 목표를 토대로 M&E 계획을 수립하고, 실행하여 사업성과를 입증하고, 사업을 개선하는 데 활용할 필요가 있다. 이를 위하여 M&E 계획수립 과정을 통하여 지표 설정과 조사 설계 작업을 수행하고, M&E 학습 및 역량강화를 체계적으로 수행하여 업무가 효율적으로 추진될 수 있도록 하여야 할 것이다(그림2 참조).

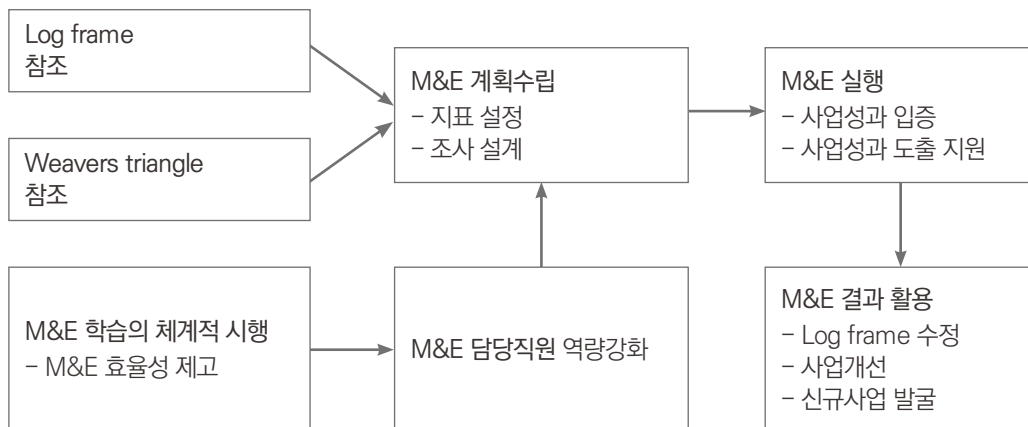


그림 2 | 단계별 모니터링과 평가 업무 추진체계

01

02

3. 조사대상 선정의 유연성 확보

모니터링이 평가와 한 세트에 개념화되어 있는 이유는 모니터링을 통하여 사업성과를 견인하고, 평가를 통해서 이를 객관적으로 입증하기 위한 것이라 할 수 있다. 참여적 모니터링 및 평가가 바로 이를 지향하는 접근법이라 볼 수 있다. 전통적인 접근법에서는 사업성과를 객관적으로 측정하고 입증하는 데 주안점을 두었는데, 원조피로도가 나타난 데에서 알 수 있는 것처럼, 전통적인 접근법의 한계가 분명한 만큼, 사업성과의 객관성 입증에 위한 비교집단 선정은 그 중요성이 떨어진다고 볼 수 있다.

03

조사대상 주민을 선정하는 데 있어서 성과의 객관성 입증에 중점을 두다보면 평가자와 사업대상 주민 사이에 심리적 간극이 벌어지고 불신이 싸이는 결과를 가져오게 된다. 그보다는 사업 초기부터 교육적 관점에서 주민들에게 사업에 대해 잘 이해시키고 사업성과를 높이는 쪽으로 노력을 기울이는 것이 바람직하며, 모니터링과 평가 자체도 주민들의 것이 되도록 분위기를 형성하고 유도할 필요가 있다. 이러한 관점에서 보면, 확률적 분포에 기반한 표본추출의 관점에서 조사대상자를 선정하는 데 중점을 두기보다는 주민들이 모니터링과 평가과정에 가능한 한 많이 적극 참여토록 하는 데 중점을 둘 필요가 있다.

04

05

06

4. 핵심 및 성과 확산 시각의 견지

사업평가자 입장에서는 성과를 객관적으로 측정하고 입증하는 데 골몰한 나머지 비교대상 지역을 통제하는 데 강조점을 두는 경우를 보게 된다. 그렇지만, 혁신의 확산 관점에서 보면, 인근 지역이나 타 지역도 사업성과를 확산할 대상으로 보아야지, 사업성과의 객관성 확보를 위

07

08

09

하여 통제대상으로 보아서는 안되는 것이다. 이는 윤리적으로도, 사업도입 취지에 비추어 봐도 바람직한 것으로 볼 수 없는 것이다. 사업지구 이외의 지역도 추후 사업후보 대상지로 보고, 성과를 확산하는 데 보다 더 주안점을 두어야 할 것이다.

5. 참여적 접근법의 적극 활용

참여적 접근법을 통하여 사업목표와 목표달성 방법을 사업수혜주민과 공유하고, 참여적 사업 모니터링 및 평가 관점을 통하여 그들과 함께 사업목표 달성 정도를 파악하고 측정하는 것이 바람직하다. 새마을운동을 통하여 농촌개발에서 추구했던 협동정신은 사업수행과정에서 뿐만 아니라 사업 모니터링 및 평가 과정에서도 필요한 것이다.

IV. 결론

ODA사업의 성과를 높이기 위해서는 원조국과 수원국이 함께 협력하며, 공동의 노력을 기울여야 한다. 무엇보다도 사업목표를 명확히 설정한 가운데, 사업성과를 성취하기 위해 노력해야 할 것이며, 이러한 바탕 위에 그 성과를 체계적으로 입증토록 해야 할 것이다.

성과 중심 평가방식이 전통적인 평가 방식의 범위를 뛰어넘어 실제적인 사업효과를 다룰 수 있는 실용적인 측면이 있지만, 자칫하면 그 범위가 지나치게 넓어 모호성의 함정에 빠질 우려가 있다. 이러한 문제를 극복하기 위해서는 핵심성과 지표에 초점을 맞추되, 지나치게 지표측정의 정확성에 함몰되지 말고, 참여적 접근법과 결합하여 성과를 선순환적으로 이루어가는 데 중점을 둘 필요가 있다.

이를 위하여 사업 특성과 유형을 고려하여 핵심지표를 설정하되, 이를 사업수혜주민과 공유하고, 데이터 수집도 주민과 함께 수행토록 한다. 이렇게 함으로써 주민들이 사업 성취 정도를 명확히 파악할 수 있고, 사업성과를 높이기 위하여 무엇을 해야 하는지를 잘 알게 되어 궁극적으로 참여적 모니터링 및 평가가 사업성과를 높이는 데 기여하게 되는 것이다.

지속가능한 개발에서부터 농촌개발 사업 유형과 특징을 잘 이해하는 토대 위에 실용적인 관점에서 핵심 성과관리 지표를 설정하고, 참여적 접근법을 통하여 수혜자 주민과 함께 관련 데이터를 수집함으로써 진정한 의미의 '성과기반 사업 모니터링 및 평가 체계'를 갖추게 될 것이다. 사업성과를 입증할 뿐만 아니라 높은 성과를 실현하는 것, 그것이 바로 사업 모니터링 및 평가가 궁극적으로 지향하고 추구해야 할 방향이 되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국농어촌공사의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 권을 등. 2021a. ODA 시행기관에 대한 역량진단 모델 개발. 대외경제정책연구원.
- 권을 외 5인. 2021b. ODA 시행기관의 성과관리체계 개선방안 연구. 대외경제정책연구원.
- 박수영·김수진. 2015. 변화분석(Theory of Change)과 개발 협력사업 성과관리 고찰. 국제개발협력, 2015년 2호: 91-110.
- 정진철 외 4인. 2022. 국제농업협력사업(ODA) 성과관리체계 개선방안 연구. 농림축산식품부 연구용역 결과보고서.
- 한국국제협력단 역. 2016. SDGs 연계 성과프레임워크 수립 및 활용 방안.
- 한국농어촌공사 농어촌연구원. 2022. 한국농어촌공사 ODA사업의 모니터링 및 평가체계 구축 방안. 한국농어촌공사 농어촌연구원.
- 허장 외 5인. 2020. 국제농업협력사업(ODA)의 개발효과성 제고를 위한 정책개선 방안. 한국농촌경제연구원, 농림축산식품부.
- IFAD. 2002. A Guide for Project M&E: Managing for Impact in Rural Development.
- IFAD. 2015. Evaluation Manual. Insideout. 2005. M&E In's and Out's. Insideout 3(October/November).
- Kusek, J. Z. and A. C. Rist. 2004. Ten Steps to a Results-Based Monitoring and Evaluation System. Washington, D.C.: World Bank.
- Mosley, Paul. 1986. "Aid-effectiveness: The Micro-Macro Paradox." Vol.17, No. 2. IDS Bulletin. Institute of Development Studies. pp. 22-27.
- Neymeyer, Susanne. 2022. "7 steps for setting-up a monitoring and evaluation system". ActivityInfo. <https://www.activityinfo.org/blog/posts/2022-01-06-seven-steps-for-setting-up-a-monitoring-and-evaluation-system.html>. 2022. 1. 6.
- NIDOS. 2022. http://www.intdevalliance.scot/application/files/5715/0211/8537/MEL_Support_Package_4th_June.pdf. 2022.9.19. 발췌.
- OECD. 2002. OECD Glossary of Key Terms in Evaluation and Results-Based Management. DAC.

한국국제협력단(KOICA) 학위연수사업 소개

이진영 _ 경북대학교 농업토목·생물산업공학부(jinyounglee@knu.ac.kr)

1. 서론

한국국제협력단(KOICA)은 대한민국의 국제개발 사업을 주관하는 외교부 산하 위탁집행형 준정부기관으로 개발도상국의 빈곤 감소 및 삶의 질 향상, 여성, 아동, 장애인, 청소년의 인권 향상, 성평등 실현, 지속가능한 발전 및 인도주의를 실현하고, 협력대상국과의 경제 협력 및 우호협력관계 증진, 국제사회의 평화와 번영에 기여하기 위하여 1991년 설립되었다. 설립 이후 2023년 현재 아시아, 아프리카 등 27개국 이상의 중점협력국에서 각 지역별 특성을 고려한 사업을 추진하고 있으며 10대 분야별 중기전력과 환경, 성평등, 인권 및 평화 등 범분야를 종합적으로 고려하여 사업을 추진하고 있다.

VISION

양질의 교육을 통한 포용적 발전



MISSION

**협력대상국 교육시스템 개선 및 교육주체 참여 제고를 통해
모든 인간의 교육권 향상에 기여**

그림 1 | 한국국제협력단 교육 분야 비전 및 미션

KOICA는 교육, 보건, 거버넌스·평화, 농촌개발, 물, 에너지, 교통, 도시, 과학기술혁신, 기후 행동, 성평등, 인권 사업분야가 있으며 이 기회를 통해 본고에서는 경북대학교에서 진행 중인 교육사업의 일환인 '일반대학원 식량안보 및 농업개발학과(KOICA 석사 및 박사 학위과정) 사업'을 소개하고자 한다. 해당 사업은 국제개발연구원에서 시행하고 경북대학교 농업토목·생물산업공학부, 응용생명과학부에서 수행하고 있다.

2. 사업소개

가. 사업목적 및 대상

본고에서 소개하고자 하는 경북대학교에서 수행 중인 'KOICA 석사 및 박사 학위과정사업'의 목적은 대한민국의 개발과정에서 축적한 농업생산 및 농업공학 분야 고유의 경험과 비교우위 기술을 중점협력국에 공유하고 실질적으로 활용가능한 실용 학문 중심 인적 역량강화를 지원함으로써 중점협력국 및 개도국의 식량자급 시스템 구축과 농가소득의 증대, 경제사회발전에 기여하는 것을 목표로 두고 있다. 해당 사업을 위해 경북대학교는 석사 및 박사학위과정 연수생을 중점협력국에서 선발하였다. 해당 사업기간 동안 석사과정 90명, 박사과정 3명으로 총 93명의 연수인원을 선발할 계획이다. 해당 연수생들은 자국에서 농업생산 분야 공무원 또는 공공부문에서 종사하던 이들이며 선발된 연수생들은 농업공학 역량강화 석사학위과정, 농업생산성 역량강화 박사학위과정 등 2023년 기준 총 4개의 프로그램을 통해 석사·박사 학위를 취득할 수 있다.

또한 해당 사업은 대한민국 정부의 '제3차 국제개발협력 종합기본계획'과 외교부 산하 KOICA의 '농촌개발 중기전략(2021-2025)'에서 추구하는 지속 가능한 농림·수산업 생산 증대 및 시장성강화, 포용적이고 지속 가능한 농산어촌 개발, 기후변화 대응 및 기아 해소와 같은 삶의 질 향상과 같은 전략목표와도 부합하며 국내외 교류활성화 및 사회기여, 소통강화와 같은 경북대학교의 중단기 발전계획과도 연관성이 매우 높다.

나. 사업운영계획 및 현황

경북대학교 농업토목·생물산업공학부에서는 'KOICA 석사 및 박사 학위 과정'사업 중 '농업공학 역량강화 석사 학위연수사업'을 진행하고 있으며 연수생 선발은 각 차시별 석사과정 연수생 15명을 선발할 예정이며 총 45명의 연수생을 선발할 예정이다. 본고를 작성하는 2023년 기준 1차 연수생 선발을 통해 11명의 학생들이 농업공학 역량강화 석사 학위연수사업을 통해 국

01

02

03

04

05

06

07

08

09

내에 거주하며 교육과정에 따라 농업생산 분야의 전문성을 강화하고 있는 실정이다. 해당 과정 연수생들은 경북대학교 일반대학원의 학사일정에 맞춰 예비과정, 정규1학기, 정규2학기, 정규3학기를 거친 후 겨울방학기간동안 최종완성 논문 제출과 공학석사학위를 취득할 수 있다.

표 1 | 농업공학 역량강화 석사 학위과정 학사일정

기간	일자		내용	비고
예비과정	2023.8.17.~ 08.31.	08.18. 08.18. 08.21.~08.25. 08.21.~08.23. 08.29.~08.30.	<ul style="list-style-type: none"> 경북대 환영식 OT 경북대 캠퍼스 투어 특강 정규 1학기 등록 현장 견학 	한국어교육 성교육 새마을 교육 현장 견학(1회) 문화 체험(2회)
정규1학기 (15주)	2023.09.01.~ 12.21.	09.01. 09.01.~09.08. 09.02.~09.04. 10.20.~10.26. 12.15.~12.21.	<ul style="list-style-type: none"> 정규 1학기 개강 지도교수 배정 정규 1학기 수강신청 중간고사 기말고사 	최대 15학점 수강 한국어교육(필수) 현장견학(3회) 친교행사(1회)
겨울 계절학기 (3주)	2023.12.22.~ 2024.01.12.	12.22. 01.12.	<ul style="list-style-type: none"> 계절학기 개강 계절학기 종강 	최대 3학점 수강 현장 견학
겨울방학 (10주)	2023.12.21.~ 2024.02.29.	12.23.~01.12. 02.13.~02.15. 02.14.~02.20. 02.20.~02.23.	<ul style="list-style-type: none"> 동계 인턴십프로그램 정규 2학기 수강신청 한국어시험(졸업요건) 정규 2학기 등록 	현장견학(1회) 문화체험(1회) 봉사활동(2회)
정규2학기 (15주)	2024.03.01.~ 06.20.	03.01. 03.14.~03.15. 04.19.~04.25. 06.14.~06.20.	<ul style="list-style-type: none"> 정규 2학기 개강 수강정정 중간고사 기말고사 	최대 12학점 수강 한국어교육(선택) 현장견학(2회) 친교행사(1회)
여름 계절학기 (3주)	2024.06.21.~ 07.12.	06.21. 07.12.	<ul style="list-style-type: none"> 계절학기 개강 계절학기 종강 	최대 3학점 수강 현장 견학
여름방학 (10주)	2024.06.20.~ 08.31.	06.21.~07.12. 08.06.~08.08. 08.20.~08.23.	<ul style="list-style-type: none"> 하계 인턴십프로그램 정규 3학기 수강신청 정규 3학기 등록 	현장견학(1회) 문화체험(1회)
정규3학기 (15주)	2024.09.01.~ 12.17.	09.01. 09.23.~09.27. 10.07.~10.09. 10.25.~12.03.	<ul style="list-style-type: none"> 정규 3학기 개강 논문발표신청서 제출 심사용 논문제출 논문발표 및 심사 	현장견학(2회) 친교행사(1회) 문화체험(1회) 국제컨퍼런스(1회) 봉사활동(2회)
겨울방학 (10주)	2024.12.20.~ 2025.02.28.	12.15. 12.20. 01.05. 02.21.	<ul style="list-style-type: none"> 과정 수료식 연수생 귀국 최종완성논문 제출 학위수여식 	연수생 귀국 후 온라인 활용 논문제출

★ 휴업일에는 별도의 보강 일자 지정 및 보강 실시

또한 공학석사학위 취득을 위한 수리시설공학특론, 수리환경공학, 농업기계학, 수리구조물특론과 같은 농업토목·생물산업공학부의 전공과목 수강을 통해 한국의 우수한 선진농업기술을 중점협력국에 전파함과 동시에 다양한 교수법을 제공하여 연수생의 농업생산 분야 전문성을 강화함과 동시에 역량 제고가 가능하다.

표 2 | 농업공학 역량강화 석사 학위과정 주요 커리큘럼

기간	교과과정명	교수	시간	학점
예비과정	오리엔테이션 및 캠퍼스 투어(OT & Campus Tour) 한국어 및 한국문화(Basic Korean & Korean Culture) 성교육(Sex Harassment Prevention Education) 논문작성 교육 및 액션플랜 교육	황화석	100	없음
정규 1학기 (9월)	수리시설공학특론 (전공필수) (Advanced Irrigation Structures Engineering)	최경숙	45	3
	수리환경공학 (Hydraulic Environment Engineering)	신용철	45	3
	농업기계학 (Mechanization for Farming)	박두산 황화석	45	3
	수리구조물 특론 (Advanced Topics in Agricultural Hydraulic Structures)	이진영	45	3
	생물산업 모델링 및 분석 (Bio-Industrial Modeling and Analysis)	김완수	45	3
	수리시설을 위한 지속가능한 보강재료 (Sustainable Materials for Reinforcement of Agricultural Hydraulic Structures)	변용훈	45	3
	용수자원시스템 설계 및 운영 (Water Resources System Design and Operation)	신용철	45	3
	농산 가공시스템 공학 (Agricultural Processing System Engineering)	박두산 하유신	45	3
	농업 유압시스템 (Agricultural Hydraulics)	심성보	45	3
	농업 경제의 이해 (Agricultural Economic Understanding)	김승규	45	3
겨울 계절학기	현장실습 1 (전공필수) 분반 (Field Seminar 1)	최경숙 황화석	45	3

01

02

03

04

05

06

07

08

09

기간	교과과정명	교수	시간	학점
정규 2학기 (3월)	수질 환경공학 (Water Quality and Environmental Engineering)	신용철	45	3
	수리구조물을 위한 고급 복합재료 역학 (Advanced Mechanics of Composite Materials for Agricultural Hydraulic Structures)	이진영	45	3
	스마트팜 공학 (Smart-Farm Engineering)	박두산	45	3
	농업 수리시설을 위한 고급 지반조사 (Advanced Subsurface Characterization Methods for Agricultural Hydraulic Structures)	변용훈	45	3
	농업 정보공학 (Agri-Informatics Engineering)	김완수	45	3
	동식물 센서 공학 (Animal and Plant Sensing Engineering)	박두산	45	3
	농업기계 설계학 (Special Topics in Agricultural Machinery Design)	심성보	45	3
	농산 가공시스템 공학 및 실습 (Agricultural Process System Engineering and Practice)	하유신	45	3
	농업 정책의 이해 (Agricultural Policy Understanding)	김승규	45	3
	액션플랜 (Action Plan)	황화석	45	3
여름 계절학기	현장실습 2 (전공필수) 분반 (Field Seminar 2)	최경숙 황화석	45	3

3. 사업기대효과

경북대학교에서 수행하고 있는 학위연수사업을 통해 중점협력국과 경북대학교, 더 나아가 대한민국과 수원국 간에서 발생할 수 있는 시너지효과는 크게 기술전파, 교육, 문화, 상호교류적 협력효과가 예상된다.

I. 기술전파

대한민국의 우수한 선진농업기술을 중점협력국에 전파함과 동시에 농업의 부가가치를 높여 농업이 국가발전의 신성장동력으로 되게끔 육성하고 국가 산업구조를 2차(가공) 및 3차(서비스)

로의 변화를 촉진한다. 또한 기초 학습역량 및 노동시장 수요에 부합한 인력 양성을 통해 산업 발전에 기여가 가능하며 이를 통해 전자정부 도입의 재고와 행정효율화 및 ICT 활용역량 강화를 통한 ICT의 활용성 및 수용성 강화가 가능할 것으로 생각된다.

II. 교육

농업공학 역량강화 석사 학위과정 주요 커리큘럼과 같은 농업생산 분야와 밀접한 관련이 있는 다양한 전공 과목에 대한 교수법을 제공하여 연수생의 농업생산 분야 전문성 강화를 도모함과 동시에 연수생의 역량 제고가 가능할 것으로 보인다. 또한 중점협력국의 직업교육에 대한 높은 개발수요와 대한민국의 강점인 고용 연계 직업훈련프로그램 간 시너지효과로 중점협력국의 자체역량 및 농업생산기반 구축, 경제사회발전에 기여할 수 있는 핵심인재 양성에 기여하여 중점협력국의 사회 및 경제발전에 기여할 수 있을 것으로 보인다.

III. 문화

연수생의 주요 커리큘럼에 필수적으로 포함되어있는 한국어교육, 새마을 교육, 현장견학, 문화 체험 및 친교행사와 같은 교육과 지역사회 봉사활동, 국제컨퍼런스와 같은 다양한 교외활동을 통해 한국문화를 쉽게 접하고 이해할 수 있게하여 한국에 대한 관심과 이해 제고에 큰 기여가 가능할 것으로 보인다.

IV. 상호교류

경북대학교와 중점협력국과의 우호협력관계 및 상호교류 증진에 기여하여 교육분야 사업뿐만 아닌 다양한 분야의 지원 효과성에 강화가 가능할 것으로 보인다. 이러한 상호교류를 통해 다양한 분야에서 전문성 있는 파트너와 협업하여 협력사업의 효과성을 높이고, 개도국의 민간부문 역량 강화가 기대된다.

참고문헌

- 경북대학교 ‘일반대학원 식량안보 및 농업개발학과(KOICA 석사 및 박사 학위과정)사업운영 회의자료
- ODA ‘제3차 국제개발협력 종합기본계획’
- ODA ‘21년 국제개발협력 종합시행계획’
- 국제협력단 ‘2023 KOICA 국가지원계획(CP)’

고려와 조선시대의 기설제(祈雪祭)

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

1. 서언

고려시대부터 조선시대까지 기후와 관련하여 드리던 제사로 가뭄이 계속되어 비가 내리기를 비는 기우제(祈雨祭), 장마처럼 장기간 내리는 비가 그치고 맑은 날이 오기를 비는 기청제(祈晴祭: 禳祭라고도 함) 그리고 겨울에 눈이 장기간 오지 않을 때 드리는 기설제(祈雪祭)가 있다. 그 외에도 겨울에 날이 추워지기를 비는 기한제(祈寒祭)도 있었다.

이런 제사들은 인간의 힘으로 어쩔 수 없는 일들을 하늘의 뜻으로 알고 천지신명께 제사를 드림으로써 해결하기를 바라는 구시대의 관습이었다고 할 수 있다.

그런데 기우제는 많은 사람들이 알고 있고, 기청제도 조금 알려졌다고 보이지만, 기설제는 별로 알려지지 않았다고 볼 수 있다. 그렇지만 이런 제사들을 왜 지냈는지 살펴보면 기우제는 봄과 여름에 관개가 필요해서, 기청제는 여름에 배수가 필요해서, 그리고 기설제는 겨울에 관개가 필요해서 드렸다고 해석할 수가 있다.

2. 기설제의 목적

기설제는 겨울에 눈이 내리기를 바라고 드리는 제사임으로 기설제의 목적은 눈이 내리면 어떤 이익이 생기는지 찾아보면 알 수 있다. 눈이 내려서 생기는 이익은 과학적으로 확실한데 다음과 같다.

가. 눈이 오면 보리, 밀 등의 겨울작물의 동해를 방지하여 다음 해에 풍년농사가 된다. 눈이 많이 내려 지면을 덮으면 보리나 밀의 새싹이 이불을 덮는 효과가 나타나 동해를 입지 않고 겨울을 보내기 때문에 다음 해 봄에 생육상태가 좋아진다. 눈이 내리지 않으면 보리나 밀의 새싹이 얼고 심지어 뿌리까지 얼어죽기 쉽다.

나. 눈이 오면 천천히 부분적으로 녹으면서 보리나 밀의 뿌리에 수분공급이 원활하게 되어 뿌리가 잘 발달하고 생육이 충실해진다.

다. 눈이 와서 지면을 덮으면 눈이 녹으면서 토양으로 침투하여 토양함수량을 높여주고 겨울 가뭄을 예방한다. 겨울의 눈은 겨울철의 관개라고 볼 수 있다. 토양에 저장되었던 물이 봄철에 식물에 수분을 공급해주기 때문이다.

3. 기설제의 역사 기록

기설제에 관한 기록은 고려시대에 처음으로 나온다. 『고려사』 세가(世家) 권4 1016년(현종 7년) 11월을 비롯하여 1086년(선종 3년) 10-11월, 1090년(선종 7년) 12월, 1091년(선종 8년) 11월, 1104년(숙종 9) 11월까지 이어진다.

조선시대에는 1545년(명종 즉위년) 11월부터 시작하여 1866년(고종 3년) 3월까지 약 320여 년 간에 21개 년에 기설제가 있었다.

기설제는 1년에 한 번 또는 여러 번 지냈고, 대개 음력 11월 또는 12월에 시행되고 아주 드물게 음력 10월 또는 1월에 시행되는 경우도 있었다.

1100년대부터 1500년대의 기간에는 기설제의 기록이 거의 없었고 숙종 4년부터 숙종 45년까지의 40여 년간에는 12개 년에 기설제가 시행되었는데 이는 그 시대에 겨울작물에 대한 겨울눈의 효과를 잘 알았기 때문이라고 추정할 수 있다.

특히, 숙종 16년과 30년에는 1년에 4회의 기설제가 시행되어 아주 특별한 경우로 볼 수 있다.

기설제는 겨울철의 기우제로 볼 수 있는데, 기우제와 달리 제사를 지내는 장소도 다양하지 않고, 기설제와 관련되는 조치도 없이 간단하게 시행되었다.

현대에 와서는 보리와 밀 같은 겨울작물의 재배가 많지 않아 눈이 많이 오기를 바라는 곳은 강원도 산간지방의 스키장뿐이라고 볼 때, 시골 농촌에서 자란 사람들에게는 눈 내리는 날의 추억이 아쉬울 것이다.

표 1 | 기설제의 역사 기록

연도	출처	일자(음력) 및 내용
1016 [현종 7년]	고려사 세가 권 제4호	11/16: 여러 산천(山川)과 성신(星辰)에게 기설제(祈雪祭)를 지냈다.
1086 [선종 3년]	고려사 세가	10/기유일. 눈이 내리기를 빌었다.
1090 [선종 7년]	고려사 세가	12/임진일. 눈이 내리기를 빌었다.
		12/경자일. 각처의 신묘(神廟)에서 재차 눈을 빌었다.
		12/임인일. 다시 눈을 빌었다.
1091 [선종 8년]	고려사 세가	11/경술일. 사직단에서 눈이 내리기를 빌었다.
1104 [숙종 9년]	고려사 세가	11/계유일. 종묘와 사직의 신령들에게 눈을 내려달라고 빌었다.
1545 [명종 즉위]	명종실록 2권	11/17: 겨울이 이미 깊는데 한 번도 눈이 내리지 않았습니다. 중국에는 기설제를 지내는 예가 있기 때문에 중종조(中宗朝)에서도 이런 때를 당하여 기설제를 지내려 했으나 실행하지 못 하였습니다. 이제 기설제를 지내는 것이 어떻겠습니까?" 하니, 전교하기를, 기설제는 아뢴 대로 하라." 하였다.
		11/23: 기설제(祈雪祭) 헌관(獻官) 등에게 숙마(熟馬), 아마(兒馬), 전죽(箭竹) 등의 물건을 차등 있게 하사하였다.
1594 [선조 27년]	서울육백년사 연표	12/9: 기설제를 기우제의 예에 따라 삼각산, 목격산, 한강에서 행하고, 이어서 사직, 종묘, 풍운뇌우와 북교(北郊)에서 행하게 함.
1669 [현종 10년]	현종실록 16권	1/3: 종친을 보내어 종묘, 사직(社稷) 및 북교(北郊)에서 기설제를 지냈다.
1678 [숙종 4년]	숙종실록 7권	12/6: 중신(重臣)을 보내어 종묘, 사직 및 북교에서 기설제를 지내게 하였다.
1681 [숙종 7년]	숙종실록 12권	12/3: 중신을 보내어 종묘와 사직에서 기설제를 지냈다.
1682 [숙종 8년]	숙종실록 13권	10/30: 북교에서 기설제를 지냈다.
		11/29: 중신을 보내어 두 번째 기설제를 종묘, 사직단 및 북교에서 지냈다.
		12/16: 세 번째의 기설제를 풍운뇌우산천단(風雲雷雨山川壇)과 우사단(霽祀壇), 삼각산, 목격산, 한강 등 다섯 곳에서 지냈다.
1685 [숙종 11년]	숙종실록 16권	11/13: 초여드렛날에 중신을 보내서 기설제를 종묘와 사직단(社稷壇) 및 북교(北郊)에서 행하기를 청합니다." 하니 윤허했다.
1686 [숙종 12년]	숙종실록 17권	11/3: 중동(仲冬)에 이르도록 눈이 내리지 않았으므로, 기설제를 지내기를 청하니 임금이 그대로 따랐다.

연도	출처	일자(음력) 및 내용
1690 [숙종 16년]	숙종실록 22권	11/22: 임금이 겨울철이 반을 지냈는데 큰 눈이 아직 내리지 않는다 하여 기설제를 설행(設行)하라고 명하였다.
		12/8: 중신을 보내어 종묘, 사직, 북교에서 기설제를 지내게 하다.
		12/11: 예조에서 기설제를 다시 지낼 것을 말한다.
		12/15: 승지, 중신을 풍운, 뇌우(雷雨), 산천(山川), 우사(雩祀), 삼각산, 목역산, 백악산, 한강 등에 보내 기설제를 지내게 하였다.
1696 [숙종 22년]	숙종실록 30권	12/7: 예조(禮曹)에서 기설제를 설행(設行)하기를 청하니, 윤택하였다.
1697 [숙종 23년]	숙종실록 31권	11/16: 겨울철이 절반이나 지났으나, 눈이 내리지 않아 모맥(牟麥: 보리)이 모두 얼어 손상되었으므로, 기설제를 종묘, 사직, 북교에서 지내도록 명하다.
1700 [숙종 26년]	숙종실록 34권	12/9: 중신(重臣)을 보내어 기설제를 종묘, 사직, 북교에서 행하였다.
1701 [숙종 27년]	숙종실록 35권	11/14: 중신을 보내어 기설제를 종묘, 사직, 북교에서 설행(設行)하였다.
1704 [숙종 30년]	숙종실록 40권	11/20: “눈이 쌓여야 풍년이 드는데 세 차례나 내릴 눈이 아직 없으니, 내년 농사 걱정이 크다. 기설제를 곧 거행하라.” 하였다.
		11/23: 중신들을 보내어 종묘, 사직과 북교에 나누어 기설제를 드렸다.
		11/29: 중신과 근시(近侍)를 명산대천(名山大川)에 보내 눈 오기를 빌었으나, 오히려 따뜻하여 눈이 내리지 않음.
1719 [숙종 45년]	숙종실록 64권	11/30: 예조에서 겨울이 이미 저물어 가는데 아직 큰 눈이 내리지 않고 있으므로, 중신을 보내어 종묘, 사직, 북교에서 기설제를 올리기를 청했다.
1721 [경종 1년]	경종실록 5권	11/27: 종묘, 사직, 북교에서 기설제를 행하라고 명하였다.
1733 [영조 9년]	영조실록 36권	11/15: 눈이 내리지 않아 가을보리가 해를 입을 우려가 있으니, 기설제를 행하라고 명하였다.
1836 [헌종 2]	헌종실록 3권	12/12: 기설제를 행하였다.
1853 [철종 4년]	철종실록 5권	12/16: 기설제를 행하였다.
1861 [철종 12년]	철종실록 13권	12/17: 기설제를 행하였다.
1866 [고종 3년]	고종실록 3권	12/3: 기설제를 행하였다.

4. 결론

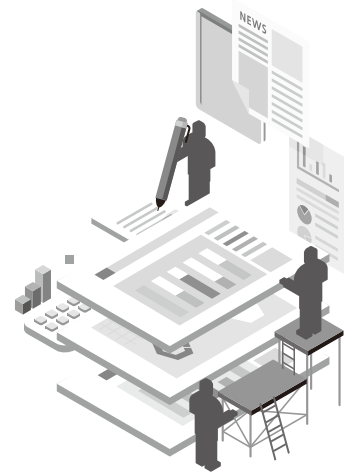
기설제라는 용어는 겨울철에 눈이 내리기를 기원하는 제사로서 과학적인 관점에서는 큰 의미가 없다고 볼 수 있지만 기설제의 목적인 겨울작물의 동해방지, 작물 뿌리의 발달, 토양함수량 증가 등은 과학적으로 인정되는 것으로 우리 선조들의 큰 지혜가 엿보인다.

역사 기록에서 숙종왕 때 특별하게 한 달도 안 되는 기간에 네 번씩이나 기설제를 많이 지냈는데 그 이유를 찾기는 어려울 것 같다. 물론 제사를 드리는 사람과 장소를 바꾸어가며 지낸 것은 눈이 내리기를 바라는 조급함 때문이었을 것으로 추정할 수는 있다.

겨울철의 기설제가 봄, 여름철의 기우제와 같은 목적을 가지고 있다고 생각하면 기설제를 이해하는데 도움이 될 것이다.

현대에는 겨울에 눈이 내리면 교통에 방해가 되어 거의 모두가 불편을 겪지만 70여 년 전 함박 눈을 맞으며 오솔길을 걷던 기억은 노년 세대의 추억으로 남아있다.

KCID NEWS



기후 및 환경 분과위 세미나 개최

KCID 기후·환경 분과위원회는 8.14(월) 줌 화상회의를 통해 『최신 SSP 기후변화 시나리오 기반 미래기후 전망』을 주제로 세미나를 개최하였다. 분과위원장 외 분과위원들과 외부 전문가 8명이 참석한 가운데 기후변화 전문가 경상대 황세운 교수가 해당 주제로 발표하는데 이어 최신 SSP 기후변화 시나리오 개요 및 활용방안, SSP 기후변화 시나리오에 따른 글로벌 기후변화 전망, 한반도 미래 기후 변화 전망, 미래 전반기 한반도 극한기상 전망에 대한 내용을 중심으로 다양한 의견들을주고 받았다. 세미나를 주최한 강문성 기후 및 환경 분과위원장(서울대 교수)은 앞으로도 국내외 전문가와 학술 교류 및 참석을 통해 활발한 활동을 이어갈 것이라고 밝혔다.



KCID 기후 및 환경 분과위원회 화상회의



‘최신 SSP 기후변화 시나리오 기반’ 발표

KCID 주관 제22차 아시아·태평양 농업정책(APAP) 포럼 개최

한국농어촌공사 농어촌연구원, APAP포럼 사무국이 주최하고 (사)한국관개배수위원회, (사)세계농정연구원이 주관하는 제22차 아시아·태평양 농업정책 포럼이 9.14.(목)~9.15.(금) 한국농어촌공사 인재개발원에서 개최되었다. 이번 포럼은 『지속 가능한 농촌변화와 역내 식량 안보를 촉진하는 농업시스템 주류화』라는 주제로 한국, 중국, 일본, 인도네시아, 필리핀 등 12개국이 참석한 가운데 아시아·태평양 지역의 농업 관련 다양한 이슈에 대응하여 참여국들의 해결 방안과 사례 등을 공유하였다. 9.14.(목)에는 ‘농식품 공급체인과 디지털 기술에 관한 지역적 관점’이라는 주제로 발표와 토론이 진행되었으며, 9.15.(금)에는 중국 북경대학교 Jikun Huang교수를 비롯한 전문가들이 ‘농업생산시스템과 디지털 기술에 관한 국가적 관점’에 관하여 발표하고 사례들을 공유하였다. 참석자들은 이번 포럼이 지속 가능하고 포괄적인 역내 농업·농촌개발을 위한 효과적인 정책과 전략을 모색하는 방안을 마련하는 좋은 기회가 되었다고 평가하면 앞으로도 이러한 자리를 통해 지속적으로 교류를 이어가자고 뜻을 모았다.



축사



발표



질의응답

시설안전 및 현대화 분과위원회 세미나 개최

KCID 시설안전 및 현대화 분과위원회는 10월 5일(목), 통영 금호마리나리조트에서 ‘농업기반 시설물 안전관리 패러다임 변화’라는 주제를 가지고 세미나가 개최하였다. 세미나에서는 20여 명의 분과위원이 참석한 가운데 한국농어촌공사 농어촌연구원 허준 책임연구원이 ‘왕신저수지 월류 발생에 대한 시사점’에 대해 발표하였으며, K-water연구원 김성훈 AI 연구센터장은 수자원, 환경분야 SOC 관리를 위한 AI/ML 기술 적용에 대해 소개하였다. 세미나를 주최한 박영진, 임성훈 시설안전및현대화분과위원회 공동분과위원장은 앞으로도 활발한 활동을 이어갈 것이라는 뜻을 밝혔다.



행사장



주제 발표

ICID 제25차 총회 및 제74차 집행이사회 참석

ICID 제25차 총회 및 제74차 집행이사회가 인도 비사카파트남에서 11.1(수)~11.8(수)까지 8일간 개최되었다. KCID 이병호 회장을 주축으로 한 한국 대표단은 서상기 회무부회장, 김관호 전임이사, 김경미 사무국장, 주란 사무과장을 비롯하여 ICID 최진용 부회장과 논문을 제출한 서울대 학생들이 참석하였다. 이번 총회는 『농업에서의 물 부족 해결(Tackling water scarcity in agriculture)』이라는 주제로 개최되었으며 국제집행위원회(IEC) 회의를 비롯한 총회 세션, 다양한 Side event(FAO-JICA세션 등), 세계관개시설물유산(WHIS) 시상 및 등재식, 각 분과위원회의 등의 행사들이 개최되었다. 11월 8일(수) 열린 국제집행위원회(IEC) 회의에서는 차기 회장(Dr.Marco Arcieri, 이탈리아) 및 부회장 3인(Dr.Tian Fuqiang, 중국, Dr.Vadim Sokolov, 우즈베키스탄, Dr.Watchara Suiadee, 태국)이 선출되었으며 ICID 부회장 최진용(서울대 교수)은 2023년까지 임기를 마치며 ICID로부터 감사패를 받았다. KCID 대표단은 차기 ICID 회의 개최국들이 주최한 리셉션(호주, 말레이시아)에 참석하여 각 국가위원회들과 네트워크를 구축하였으며 국제 사회의 최신 연구 및 사업 동향을 파악하고 국가 간 협력을 강화하는 계기를 마련하였다.

01

02

03

04

05

06

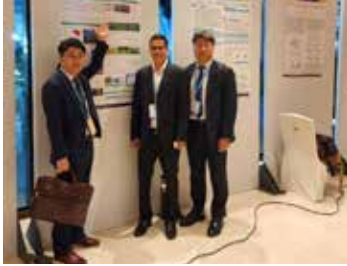
07

08

09



제25차 총회 개최 및 참석



ENV 분과위원회의



Side event-FAO-JICA 세션 패널토론



인도관개시설 현장견학(메가드리게다 저수지)



제75차 집행이사회의 회장·부회장 투표



ICID부회장 최진웅 퇴임 감사패 수여



ICID 국제집행위원회 참석자 단체사진



ICID NEWS



ICID 제25차 인도총회 및 제74차 집행이사회 개최

ICID 제25차 총회 및 제74차 집행이사회가 인도 비사카파트남 래디슨블루 리조트에서 11.1(수)~11.8(수)까지 8일간 개최되었다. 이번 총회에는 총 24개국 1,000여명이 참석하였으며 한국에서는 학술논문 3건을 제출 및 발표하며 성대하게 치러졌다.

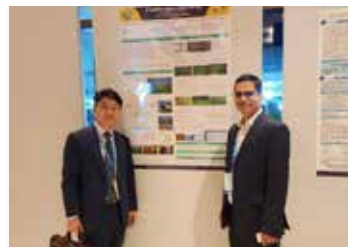
11.2(목)에 열린 총회 개회식에서 ND Gulhati 기념강연으로 '기후 회복력 있는 인프라를 통한 물과 식량 안보 보장'이라는 주제로 Hon'ble Mr. Gajendra Singh Shekhawat (Jal Shakti 부처연합내각 장관)이 강연하였다. 11.8(수) 열린 집행이사회에서는 73차 IEC회의 이후 주요 성과를 설명하며 IEC가 심의해야 할 사안들에 대해 의논하였으며 ICID 건물 재개발을 통한 재정적 지속가능성 달성 조치 및 경과에 대한 개선방안을 마련하고자 하였다. 임원선거에서는 회장에는 이탈리아 Dr.Marco Arcieri가 부회장은 중국 Dr.Tian Fuqiang, 우크라이나 Dr. Vadim Sokolov, 태국 Dr.Watchara Suiadee 순으로 선출되었다.(임기2023-2026). 한편 ICID는 향후 행사 개최 후보지 추천 요청에 대해 이라크 관개부위원회는 2025년 4월 첫 주에 바그다드 국제 물 컨퍼런스의 부대행사로 제 11차 국제 마이크로 관개 컨퍼런스 개최를 희망하였다.



행사장 전경



총회 개최 참석



포스터 관람

ICID 제9차 아시아지역회의 및 제75차 집행이사회 개최 예정

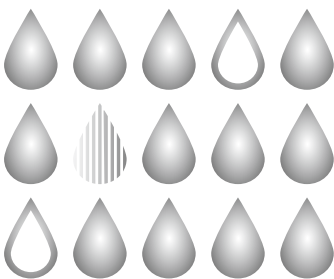


ICID는 제9차 아시아지역회의 및 제75차 집행이사회를 호주 시드니에서 2024년 9월 1일부터 7일까지 개최할 예정이다. 이번 컨퍼런스의 주제는 『Irrigation’s role in delivering economically viable food security and sustainable urban

green spaces in an increasingly unpredictable climate』이며 논문발표와 심포지엄 등이 진행될 예정이며 ICID는 ‘24년 상반기에 논문 접수 및 심사를 진행할 것이다.

ICID 차기 회의 일정

날 짜	회의명	개최장소
2024.9.1.~9.7.	제9차 아시아지역회의 및 제75차 집행이사회의	호주 시드니
2025.9.7.~9.13.	제4차 세계관개포럼 및 제76차 집행이사회의	말레이시아 쿠알라룸푸르
2026.10.12.~10.18.	제26차 총회 및 제77차 집행이사회의	프랑스 마르세유
2027.	제5차 세계관개포럼 및 제 78차 집행이사회의	중국 베이징



국제농업 동향



농어촌공사, 꿀벌 보호 밀원수림 조성 협력

– 한국농어촌공사·주한 슬로베니아 대사관·한스자이델재단 한국사무소, 강원지역 밀원조성 MOU체결

한국농어촌공사(사장 이병호)는 24일 주한 슬로베니아 대사관, 한스자이델재단 한국사무소와 멸종 위기에 처한 꿀벌을 보호하고, 생태계 복원을 위해 ‘밀원수림 조성 업무협약’을 체결했다.

이번 협약은 꿀벌 실종에 대응하기 위해 ‘세계 벌의 날(5.20)’을 제정한 주한 슬로베니아 대사관과 한스자이델재단 한국사무소와 협력하여 공사 소유의 강원도 현남 저수지 주변 유희부지에 밀원을 조성하기 위해 추진됐다.

협약에 따라 쉬나무(Bee-bee Tree) 등 밀원수 식재를 통해 꿀벌의 중요성과 생물 다양성의 가치 증대를 기대하고 있으며, 이를 위해 기관들은 기획·부지제공(공사), 사업비 분담(공사, 슬로베니아 대사관, 한스자이델 재단)으로 역할을 나누어 적극 협력할 예정이다.

이병호 사장은 “꿀벌 보호를 위해 동참해 준 주한 슬로베니아 대사관과 한스자이델재단에 감사 드린다”며 “앞으로도 공사 유희부지를 활용하여 꿀벌 생태계와 양봉농가 소득 안정화에 도움이 될 수 있도록 노력하겠다”고 전했다.

출처: 한국농어촌공사 홈페이지-사이버홍보-보도자료



한국농어촌공사가 24일 주한 슬로베니아 대사관 및 한스자이델재단 한국사무소와 '강원지역 밀원 조성'을 위한 MOU를 체결했다.

01

02

03

04

05

06

07

08

09

농어촌공사, 기후위기 대응 지하수 자원의 효율적 활용 방안 모색

농림축산식품부와 한국농어촌공사는 11월 2일부터 3일까지 양일간 충남예산 스피라스리솜리조트에서 농어촌 지하수 활용 증대 및 효율적 이용·관리를 위한 '2023년 지하수자원관리 워크숍'을 진행하였다.

전국 지하수 관리업무 담당 공무원, 전문가 등 300여명이 참석한 이번 워크숍은 △농업용수와 지하수개발 △농업생산기반정비 정책(농업용지하수 관리)방향 △지하수관측망을 활용한 농업가뭄 관리 정책 제언 등 지하수자원 관리·활용을 도울 수 있는 다양한 선진기술과 최신동향을 소개하고 효율적인 이용방안을 모색하는 방향으로 진행되었다.

특히, 공사의 지하수댐*, 지하수함양** 등 대용량 미래 지하수자원 공급 기술 사례 공유는 가뭄·호우 등 물 관련 기후 재난이 급증하고 있는 상황에서 농식품부, 지자체 관계자의 깊은 공감과 호응을 얻었다.

* 지하수댐: 모래·자갈층이 두껍게 발달한 지역의 지하지층에 인공 물막이벽을 설치, 지하수위를 상승시켜 지하수를 확보하는 시설물

** 지하수함양: 비닐하우스 등 지하수를 많이 사용하는 지역에 부족한 지하수를 보충하기 위하여 수량이 풍부한 인근 하천수에 지하수층에 인위적으로 주입

아울러, 영농기 대비 비급수기 발작물에 대한 지하수 공급관리, 지하수시설물 유지관리 등에 대한 실무 중심의 교육을 통해 참석자의 지하수자원 관리의 이해를 높였다.

한국농어촌공사 김규전 수자원이사는 “작년 한 해는 전 세계에서 발생한 기후 재난이 직전 20년간 평균보다 많았다”며 “이번 워크숍을 통해 농식품부, 지자체 등 정보 교류와 협력 강화로 지하수자원을 활용한 치수 대책을 확대하는 계기가 되기를 바란다”고 전했다.

공사는 2001년부터 효율적이고 체계적인 농촌 지하수관리를 위해 ‘지하수자원관리사업’을 추진하는 한편 ‘KRC 지하수 기술 나눔센터’ 운영을 통해 지자체·농어민을 대상으로 지하수·지질분야의 기술을 지원해 오고 있다.

☞ 출처: 한국농어촌공사 홈페이지-사이버홍보-보도자료

농어촌공사, 녹조라떼 막는 녹조청소로봇 선보여

한국농어촌공사(사장 이병호)는 국립과천과학관에서 열리는 「2023 대한민국 과학기술대전(11.9~11.12)」에 공사 부설 농어촌연구원이 개발한 ‘녹조청소로봇’(인공지능 무인자율이동 조류포집장치)이 사회문제형 국가 R&D 우수기술로 전시된다고 밝혔다.

‘녹조청소로봇’은 농업용 호소 수변에 몰려있는 녹조를 흡입·처리하는 장치로 인공지능(AI) 활용을 통해 인력투입 없이 스스로 녹조 감시·제거가 가능하다. 또한, 컴팩트한 구조로 제작·개발되어 저수지 간 이동이 용이하며 수변 수심이 낮은 곳의 접근성과 수초대 녹조 제거 성능이 우수하다.

해당 기술은 환경부·한국환경산업기술원의 지원을 받아 시행한 실증한 연구로 (주)삼호인넷, (주)코레드, (주)이엔이티와 공동 연구 진행해 왔으며, 지난 8월 기술 시연회 등을 통해 녹조 제거에 있어 현장 인력투입 한계 극복, 관제시스템을 통한 용이한 점검·관리 등 기존 녹조 문제 해결 능력을 인정받아 과학기술정보통신부와 한국과학기술연구회에서 선정한 사회문제해결형 국가 R&D 우수 성과로 선정되었다.

서상기 농어촌연구원장은 “깨끗하고 안전한 농업용수관리를 위해 최선을 다할 것”이라며 “특히 최근 심각해지는 기후변화에 대응하기 위해 신기술 등을 적극 활용하여 농업기반시설물 관리에 힘쓰겠다”고 말했다.

출처: 한국농어촌공사 홈페이지-사이버홍보-보도자료

농림축산식품부, 케이(K)-스마트농업으로 여는 신(新) 중동 붐

농림축산식품부(장관 정황근, 이하 농식품부)는 지능형농장(스마트팜)과 케이-푸드(K-Food)를 중심으로 중동과의 협력 성과를 발굴하기 위해 한훈 농식품부 차관을 단장으로 한 제3차 서틀경제협력단을 9월 9일(토)에 사우디로 파견한다. 이번 방문에서 한훈 차관은 한국의 지능형농장(스마트팜)과 식품 등 수출기업들의 중동 진출 확대를 적극 지원하는 한편 고위급 회담을 통해 정부 간 스마트농업 분야 협력을 강화한다.

정부는 정상외교의 성과를 구체화하고, 신규 협력 과제도 발굴하기 위하여 분야별로 나눠 서틀경제협력단을 현지에 파견하고 있다. 1, 2차 서틀경제협력단이 각각 산업부, 문체부 주도로 아랍에미리트(UAE)로 파견되었고, 이번 3차 서틀경제협력단은 농식품부 주관으로 사우디로 향한다. 농식품부는 지능형농장(스마트팜)·식품·설비(플랜트) 분야 기업인과 함께 한-사우디 비즈니스 토론회(포럼), 기업 간 상담회, 한국 농식품 시식회 개최 등을 통해 중동 수출길 개척에 나선다. 지난 1월 대통령의 아랍에미리트(UAE) 순방 당시 5,600만불 규모의 업무협약(MOU)을 체결하는 등 중동지역에서 높아지고 있는 한국형 지능형농장(스마트팜)에 대한 수요를 반영한 것으로, 이번 행사를 계기로 케이(K)-스마트농업, 케이-푸드(K-Food)의 사우디 진출 확대가 기대된다.

한훈 차관은 알-무사이티(Al Musaiti) 사우디 환경수자원농업부 차관과의 면담을 통해 양국 간

스마트농업 부문의 협력을 구체화·공고화하기 위한 방안을 논의한다. 이어 한훈 차관은 카타르 로 이동하여 알-수베이(Al Subaie) 카타르 자치행정부 장관과 면담을 갖고 도하 국제원예박람회(23.10월 개막)를 포함하여 양국 간 협력 사항 등을 함께 논의할 계획이다.

한훈 차관은 “최근 중동지역은 식량안보 강화를 국가의 주요 의제로 삼고 있어 한국 지능형농장(스마트팜)에 대해서 높은 관심을 가지고 있는 상황”이라며, “이번 서틀경제협력단 파견으로 한국 스마트팜, 농식품 수출기업 등이 중동 지역 진출 확대의 발판을 확실하게 마련할 수 있게 되기를 희망한다.”라고 밝혔다.

출처: 농림축산식품부 홈페이지-보도자료

지능형농장(스마트팜) 기술동향 공유 및 협력을 위해 산·학·연이 한자리에!

농림축산식품부·과학기술정보통신부·농촌진흥청이 공동 주최하고, 「스마트팜연구개발사업단(단장 조성인, 이하 사업단)」이 주관하는 「2023년도 하반기 지능형농장(스마트팜) 토론회(심포지엄) 및 교류의 날(네트워킹 데이)」이 9월 21일(금) 13시 노보텔 엠버서더 서울 용산에서 개최된다.

이번 토론회(심포지엄)은 농업의 미래 성장산업화로 지능형농장(스마트팜)이 주목받고 있는 가운데 산학연 관계자와 연구자들이 함께 국내외 지능형농장(스마트팜) 기술 동향, 지능형농장(스마트팜) 수출전략, 지능형농장(스마트팜) 혁신 단지 운영 현황 등에 대한 정보공유를 통해 협력 관계를 구축하는 시간으로 구성된다.

특히 미국·일본의 축산분야 지능형농장(스마트팜) 연구동향, 인공지능·데이터를 활용한 유럽의 지능형농장(스마트팜) 기술현황, 동남아·중동·북방지역 지능형농장(스마트팜) 수출전략에 대한 주제발표를 통해 개발된 기술의 현장 적용과 지능형농장(스마트팜) 수출 활성화를 위한 연구개발 방향을 모색할 수 있을 것으로 기대한다.

농림축산식품부 윤원섭 농식품혁신정책관은 “스마트농업은 기술집약적인 산업으로, 연구개발(R&D)을 통한 기술경쟁력 확보와 더불어 관련 기업의 참여 확대가 그 어느 분야보다 중요하다”라며, “국내외 기술동향과 수출전략 등을 참고해서 연구개발 및 정책을 지원해 나가도록 하겠다.”라고 밝혔다.

출처: 농림축산식품부 홈페이지-보도자료

농림축산식품부, 중동 사막에서 케이(K)-스마트팜의 활로를 찾는다

카타르 도하를 방문 중인 농림축산식품부(장관 정황근, 이하 농식품부) 정황근 장관은 10월 24일(화) 알-수베이(Al Subaie) 카타르 자치행정부 장관과 만나 양국 간 스마트팜 산업 및 연구개발 협력 확대를 논의하였다.

카타르는 사막 기후를 극복하고 신선채소와 사료작물 등의 자급률을 높이기 위한 방안으로 첨단기술을 활용하는 스마트농업에 주목하고 있으며, 농식품부는 한국의 농산업체가 관련 사업에 참여할 수 있도록 정부 간 협력 강화를 추진하고 있다.

정황근 장관은 한국의 스마트농업 기술교육 및 실증 관련 공공기반시설인 ‘스마트팜 혁신밸리’ 모델을 소개하며, 카타르 국부펀드의 한국 스마트팜 공공투자 협력을 제안하였다. 알-수베이 장관은 한국 농업의 발전과정과 기술력에 관심을 보이며 양국의 이익에 기반하여 한국과 기술 협력을 확대하겠다고 답했다.

정황근 장관은 “카타르는 국가차원의 식량안보전략을 통해 토마토, 오이 등 주요 신선농산물의 자국내 생산기반 강화를 적극 추진하고 있다”면서, “양국 정부 간 스마트팜 협력 양해각서(MOU) 개정을 시작으로, 카타르 경제실무단 방한 및 한국 스마트팜 연구진의 카타르 방문 등을 논의하였다.”라고 밝혔다. 정황근 장관은 “공공부문의 교류를 발판으로 우리 농산업이 중동 식량안보 강화에 중요한 파트너로 성장해나가길 희망한다.”라고 덧붙였다.

☞ 출처: 농림축산식품부 홈페이지-보도자료

농림축산식품부, 지능형(스마트)축산단지 사업 개편, 미래형 축산모델 조성 박차

농림축산식품부(장관 정황근)는 노후·난립한 축사를 정보통신기술 기반(ICT 인프라)을 구비한 첨단단지로 집적하기 위한 지능형(스마트) 축산단지 조성 사업의 내용을 2024년부터 큰 폭으로 개편했다고 밝혔다.

주요개편 내용은 다음과 같다. 먼저 지능형(스마트)축산단지 조성규모를 15ha 내외에서 3ha 이상으로 완화하여 농촌지역 토지이용현황과 공간활용 계획 등을 적극 반영할 수 있도록 하였다. 이를 통해 조성사업의 주체인 시·군은 활용가치가 높지 않은 외곽지역 3ha 규모의 협소한 토지 등도 사업부지로 활용할 수 있게 되었다.

둘째 노후 축사가 밀집한 지역도 재개발 방식을 통해 지능형(스마트)축산단지로 조성할 수 있도록 하였다. 이에 따라 신규 부지 확보로 인한 민원이 대폭 감소하고 환경영향평가 등 관련 인·허가 절차가 간소화되어 사업 추진에 탄력을 받을 것으로 기대된다.

끝으로 조성되는 지능형(스마트)축산단지를 「농촌공간 재구조화 및 재생지원에 관한 법률 (2024.3.29. 시행예정)」에 따른 축산지구로 지정하도록 하여 축산업을 위한 지속적인 관리와 투자를 촉진할 수 있도록 한다는 구상이다.

농림축산식품부는 개편된 2024년 지능형(스마트)축산단지 조성사업 시행지침에 따라, 지자체 대상 사업 공모(23.11~24.1월)를 거쳐 사업자를 최종 선정(24.2월)하고, 4년간 지능형(스마트)축산단지 조성을 지원한다는 계획이다.

농림축산식품부 김정욱 축산정책관은 “개편내용의 실효성을 높이기 위해 노후 양돈단지가 위치한 충남 논산을 찾아가 현장의견을 수렴하였으며, 이번 사업 개편으로 미래형 축산모델 구축과 농촌지역의 정주환경을 동시에 보전할 수 있을 것으로 기대된다”고 밝혔다.

출처: 농림축산식품부 홈페이지-보도자료



도서 소개

북한은 왜 경제개혁에 실패하는가?

- 북한의 경제개혁과 관료정치

저자 | 한기범

도서출판 선인

추천 | 한국관개배수위원회 사무국



북한은 우리에게 있어 '가깝고도 먼' 나라다. 북한은 매일 우리가 접하는 뉴스에서 어렵지 않게 듣는 소식들의 주 체인데 반해 실상은 한 발자국도 들어가 볼 수 없는 곳이기도 하다. 2012년 북한에서는 김정은 정권이 출범했으며, 이후 새로운 젊은 지도자의 개혁적인 정책들과 함께 한동안 북한 경제는 성장 신호를 보여주기도 하였다. 하지만 오래 지나지 않아 북한의 경제는 다시 침체 또는 퇴행하는 모습을 보여주고 있다.

이 책은 이러한 북한의 경제개혁에 대해 문제 의식을 가진 저자가 2019년에 내놓았던 '북한의 경제개혁과 관료 정치'에 김정은 정권 경제개혁 후퇴 과정을 더한 증보판이라 할 수 있다. 저자는 2009년 북한의 '정책결정과정의 조직행태와 관료정치'를 주제로 박사학위를 받았으며, 과거 북한 분야를 담당해 온 고위 정보공무원 출신이기도 하다.

현재까지 북한의 경제 개혁이 실패했다는 점은 누구나 쉽게 짐작할 수 있는 부분이다. 이 책의 저자는 거기에서 한 걸음 더 나아가 그렇다면 '북한은 왜 경제개혁에 실패했을까'라는 질문에 대한 답을 북한의 관료정치 측면에서 분석하고 있다. 이 책은 분량이 600페이지가 넘는다. 그 만큼 조금은 인내심을 가지고 북한의 겉모습을 넘어 내부를 들여다보고 싶은 독자들에게 이 책을 추천하고자 한다.

01

02

03

04

05

06

07

08

09



세계농업과 물 투고안내

원고 작성 방법

- 아래한글 프로그램 사용(한글 '07 이상)
- 용 지: A4(210mm×297mm)
- 여 백: 상15, 하10, 좌25, 우25
- 서 체: 신명조
- 글자크기: 제목 : 견고딕 18 Point 본문: 신명조 10 Point
- 자 간: 0
- 장 평: 100%
- 줄 간 격: 200%
- 기 타: 원고는 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 삽입된 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 용어와 이에 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 대문자로 합니다.

01

02

03

04

05

06

07

08

09

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

위원장 최진용 (서울대학교 농업생명과학대학 지역시스템공학 전공 교수)

부위원장 송인홍 (서울대학교 농업생명과학대학 교수)

간사 홍은미 (강원대학교 농생대 농업환경융합학부 교수)

위원 장태일 (전북대학교 농생대 지역건설공학과)

유승환 (전남대학교 농업생명과학대학 교수)

임경재 (강원대학교 농업생명과학대학 교수)

장민원 (경상대학교 지역환경기반공학과 교수)

김영득 (한국농어촌공사 환경사업처 부장)

김동인 (한국농어촌공사 해외사업처 처장)

황세운 (경상대학교 지역환경기반공학과 교수)

서동욱 (한국농어촌공사 강원지역본부 영복지사 차장)

이상현 (충북대학교 교수)

이재남 (한국농어촌공사 농어촌연구원 미래농어촌연구소 주임연구원)

최순균 (농촌진흥청 기후변화생태과 연구사)

윤남규 (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.

KCID 기술정보지 세계 농업과 물

Korean National Committee on Irrigation and Drainage

등록번호 경기 사-0009
등록일자 1994. 7. 11

발행일 2023년 12월 31일
발행인 이병호
발행처 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



수리시험



지역사회 연구



수자원·환경연구



미래농업 연구



선도적인 기술창출로 **농어업의 미래**를 열어가겠습니다