



# CONTENTS

2022년 6월(통권 제69호)



## 회장 인사말

- 이병호 | 한국관개배수위원회 회장 취임 인사말 ..... 003

## 01 논문 및 기술정보

- 박진석 | 인공신경망(LSTM)과 생육정보를 이용한 오이 수확량 예측모델 개발 ..... 004
- 엄한용 | UAE 토양 특성과 비재배 ..... 015
- 나 라 | 토양-물-에너지-식량-탄소 넥서스 기반 농업환경보전 프로그램 영향 평가 플랫폼 설계 ..... 035
- 하창용 | 스마트 농촌용수 및 재해 관리를 위한 저수지 디지털 트윈 (Digital Twin) 플랫폼의 필요성 ..... 045
- 김 혁 | 북한의 농업용수 이용현황에 관한 연구 ..... 054
- 박병진 | 건설공사 품질관리 개선방안 ..... 067

## 02 국제 협력

- 이난희 | ICID 제72차 집행위원회의 및 제5차 아프리카지역회의를 다녀와서 ..... 072
- 김선호 | 국제개발협력사업(IDC) 성과측정을 위한 PDM 작성 및 농촌현장적용 사례 소개 ..... 083
- 이성희 | 농업농촌과 관계분야 국제교육 현황 및 발전방향 ..... 096

## 03 세계 관개배수

- 김주창 | 조선시대 제언사목(堤堰事目)과 선진 중국의 관개시설물 ..... 108
- 김준남 | 청산도 구들장논 농업시스템의 특징과 보전관리 방안 ..... 120

## 04 KCID 소식 ..... 130

## 05 ICID 소식 ..... 133

## 06 국제농업 동향 ..... 136

## 07 도서 소개 ..... 142

## 08 투고 안내 ..... 143



## 취임 인사말



이 병 호

한국관개배수위원회 회장  
한국농어촌공사 사장

존경하는 한국관개배수위원회 회원 여러분,

지난 4월 6일, 총회 의결로 한국관개배수위원회(KCID) 회장에 취임한 이병호입니다.

회원 여러분의 많은 노력과 헌신 덕분에 KCID는 관개배수 및 물 관련 분야 전문 연구개발 기구로서 국내를 넘어 국제적인 플랫폼으로 자리매김 하였습니다. 지난 임기동안 KCID를 훌륭하게 이끌어 오신 김인식 회장님과 여러 임원 여러분의 노고에 깊은 감사의 말씀을 드립니다. 아울러 오랜 시간 우리나라 농업과 관개배수 분야의 발전을 위해 노력해 오신 회원 여러분들과 단체회원 및 관련 기관 여러분께도 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

빈번한 가뭄과 홍수를 겪으면서도 우리 농업이 발전할 수 있었던 데는 지난 50여 년간 농어촌용수 관리 기술의 연구개발을 활성화하기 위한 KCID의 노력이 있었습니다. 전 세계가 기후위기·식량안보 위기에 직면한 지금, 국제기구 ICID(국제관개배수위원회)의 국가위원회로서 KCID가 대한민국을 대표하여 농업과 환경 분야 전반에 긍정적인 방향을 제시해 나갈 수 있도록 최선을 다하겠습니다.

KCID의 발전을 위해 헌신할 수 있는 기회를 주신 여러분께 다시 한번 깊은 감사의 말씀을 드립니다. 코로나가 남긴 상처를 회복하는데 여념이 없는 요즘, 회원 여러분의 가정에는 건강과 행복이 늘 함께하시길 기원합니다.

# 인공신경망(LSTM)과 생육정보를 이용한 오이 수확량 예측모델 개발

## Development of an AI-based Yield Prediction Model Using LSTM Algorithm and Cucumber Growth Information

박진석 \_ 서울대학교 생태조경·지역시스템공학부 지역시스템공학 전공, 글로벌 스마트팜융합전공, 박사과정(oneland111@snu.ac.kr)

송인홍 \_ 서울대학교 생태조경·지역시스템공학부 지역시스템공학 전공, 글로벌 스마트팜융합전공, 농업생명과학연구원, 부교수(inhongs@snu.ac.kr)

### 요약

본 연구에서는 시계열 생육정보와 LSTM (Long Short-Term Memory) 알고리즘을 이용해 AI 기반오이 수확량 예측모형을 개발하였다. 오이 생육데이터는 2018년 Wageningen 대학과 Tencent (4TU)가 주최한 Autonomous Greenhouse Challenge의 작물 재배 관측치를 통해 구축하였으며, 수확량 예측모형의 훈련 및 검증에 이용되었다. 수확량 예측모형은 인공신경망(ANN, Artificial Neural Network) 기반의 MLP (Multi Layer Perceptron)와 LSTM 알고리즘을 통해 설계하였고, 두 모형의 정확도 비교를 수행하였다. 모형 학습의 하이퍼 파라미터로 배치 크기 (batch size) 16, 학습 횟수 (epoch) 130을 적용하였다. 일별 수확량 모의 정확도에서 LSTM 모형은  $R^2$  0.98을 보여 MLP 모형 (0.88) 에 비해 좋은 예측성능을 보였다. 총 수확량 예측결과 관측치  $51.1\text{kg}/\text{m}^2$  와 비교하여 LSTM 모형에서  $48.2\text{kg}/\text{m}^2$  (94.4%) MLP 모형에서  $39.0\text{kg}/\text{m}^2$  (76.3%) 로 산정되어 두 모형 모두 과소 평가되었지만, LSTM에서 정확도가 높았다. 결론적으로, LSTM 모형은 시설 생육데이터 기반의 수확량 예측에 높은 정확도를 보여 적합한 모형으로 보이고, 학습된 모형에 근거해 시설, 노지 스마트팜 등의 추가 오이생육 데이터를 이용해 학습함으로써 현장적용이 가능할 것으로 생각된다.

### Abstract

The objective of this study was to develop an AI-based model to predict cucumber yield using time-series growth information and Long Short-Term Memory (LSTM) algorithm. The cucumber growth data provided during the Autonomous Greenhouse Challenge hosted by Wageningen university and Tencent (4TU) in 2018 was used for model training and verification. Two artificial neural network (ANN) models with Multi Layer Perceptron (MLP) and LSTM algorithms

were developed and compared in cucumber yield prediction performance. For training hyper parameters of the developed models, the batch size was set to be 16 and a total of 130 (13×10) training epochs were performed with 13 randomly-selected cucumber growth data out of the observed data set. For the daily cucumber yield prediction, the LSTM model showed the R<sup>2</sup> value of 0.98 and demonstrated better performance as compared to 0.88 of the MLP model in cucumber yield prediction. Overall the predicted cucumber yields were 48.2kg/m<sup>2</sup> (94.4%) and 39.0kg/m<sup>2</sup> (76.3%) and for the respective LSTM and MLP models and tends to be underestimated slightly when compared to the observed yield of 51.1kg/m<sup>2</sup>. It was concluded that the LSTM model can be used for cucumber yield prediction with high accuracy under greenhouse cultivation and applicable for field conditions with further model training by field growth information.

**Keyword: Yield prediction; ANN; LSTM; MLP; Cucumber**

## I. 서론

4차산업과 연계되어 원격 환경제어, 자동 생육관리로 고품질, 높은 생산성의 작물 생육이 가능한 스마트 농업이 대두되고 있다. 이에 맞춰 농식품부에서는 혁신성장 선도과제로 스마트팜 확산방안을 설정하고, 농업, 소비자, 연구기관, 기업 등이 연계된 산업생태계 조성을 위한 스마트팜 혁신밸리 조성 등을 추진하고 있다 (Jeong and Hong, 2019). 스마트팜의 활성화를 위해 농가소득에 직결되는 작물 생산량 예측, 작물 생육환경조절 등의 기술개발이 우선적으로 필요하다.

스마트팜이 적용되는 농지는 크게 영농형태에 따라 노지재배와 시설재배로 구분된다. 노지재배는 시설재배에 비해 넓은 재배면적을 가져 규모의 경제를 실현할 수 있으나, 생육 환경조절 범위가 제한적이고 정량적 영농 데이터의 수집이 어려운 실정이다. 이에 비교적 생육환경 조절이 용이하고 정량적 데이터의 수집이 가능한 시설재배지의 작물 재배에 근거해 스마트농업 기술개발이 선행된 후 향후 노지 재배지로의 스마트 농업 확장이 대안으로 제시되고 있다 (MAFRA, 2019).

작물 생산량 예측 노력으로 비생물학적 환경반응을 생물학적으로 해석하여 정량화한 작물 생육모델링 및 과거 데이터에 근거한 회귀분석 등의 연구가 수행되고 있다. 작물 모델링은 작물 종류, 기작 등에 따라 AquaCrop (Oh et al., 2017; Yoon et al., 2018;), WARM (Kondo, 2009), CERES-Rice (Timsina et al., 2006) 등의 모델개발을 통해 생산량 예측이 수행되었다. 하지만, 생육모델 구동은 작물별, 인자간 상호 작용별로 수치화된 계수의 정확한 입력이

필요하지만 정량적 계수 설정이 어려운 한계점이 있다. 이에 같은 영농조건에서 기후변화 등의 요인으로 발생하는 계수 변화에 따른 수확량 변동 예측 (Nkomozepe et al, 2014) 등에 일부 적용되고 있는 실정이다.

회귀분석을 통한 작물생산량 예측은 매개변수를 이용해 관측된 작물 생육데이터와 수확량 정보를 결합하고, 통계적으로 검정하여 생산량을 추정한다. 초기 선형회귀(Nagini et al., 2016, Na et al., 2017), 패널회귀(Choi et al., 2016)를 이용한 생산량 추정이 수행되었고, 매개변수의 규모를 증가시키고 매개변수 구조의 복잡성을 증가시킨 인공신경망을 이용한 수확량 예측 연구가 시도되고 있다. 특히, 인공신경망을 이용한 수확량 예측은 작물 모델링과는 달리 인자간의 상관관계 확인은 어렵지만, 충분한 과거 데이터가 존재할 경우 정확도 높은 예측이 가능한 특징이 있어 활용성이 큰 특징이 있다. 하지만, 구축된 과거 영농 데이터 부족으로 기상인자를 이용한 시군단위 연간 수확량 예측과 같은 넓은 범위에서의 작물 수확량 예측 등에 한정적으로 적용되고 있다 (Khaki et al., 2019; You et al., 2017; Khaki et al., 2020).

본 연구에서는 노지 스마트팜 활성화를 위한 노력으로 시설 오이의 작물 생육데이터와 그에 따른 수확량 데이터를 구축하고, 인공신경망 중 시계열 분석에 효과적인 LSTM (Long Short-Term Memory) 모형을 기반으로 오이 수확량 예측모형을 개발하는데 목적이 있다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 연구 흐름도

작물 생산량 예측모형 개발의 흐름을 그림 1에서 도시하였다. 수확량에 생육환경에 의한 영향이 크며, 노지·시설재배가 가능한 작물을 대상작물로 선정하고, 선행연구에 근거해 주요 생육 영향인자를 설정하였다. 시계열 해석에 유리한 LSTM 모델과 비교모형으로 MLP 모델의 두 모형을 생육량 예측모델로 구축하였다. 최종적으로 예측모형을 선정된 주요 생육 영향인자와 그때의 수확량을 이용해 모델학습 및 정확도 검정을 수행하여 적합 생육량 예측모형을 제시하였다.

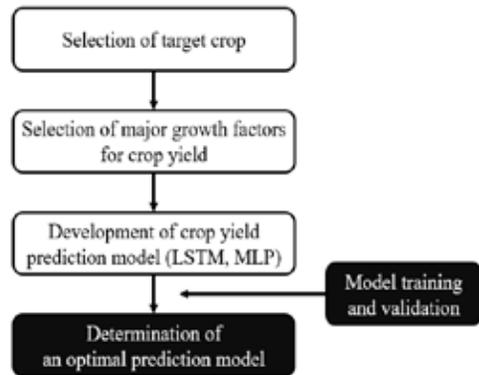


그림 1 | 연구 흐름도

## 2. 대상작물 선정 및 생육데이터 구축

본 연구에서는 대상작물로 시설재배 오이를 선정하였다. 해당 시설재배 오이는 생육환경에 따라 큰 작물 수확량 편차를 보여 환경조절 관리가 필수적인 작물이다. 오이의 생육정보는 네덜란드 Wageningen 대학과 Tencent가 2018년 공동 개최한 Autonomous Greenhouse Challenge에서 제공하는 실제 오이 재배 시기별 촬영 영상자료를 활용하였다 (Wageningen and Tencent (4TU), 2018). Autonomous Greenhouse Challenge는 무인 자동화 시설배재 환경에서 오이 생산을 위한 최적의 생육 조건을 조성함으로써 생산량은 물론 에너지 비용 등을 고려하여 생산성 향상을 목표로 총 6그룹이 참여하여 2018년 8월 14일부터 12월 7일까지 116일간 시설재배 오이 수확량 조사를 수행하였다. 참여한 6개 팀의 각 오이 재배과정을 담은 영상 및 누적 수확량 결과는 그림 2 (a), (b)와 같다.

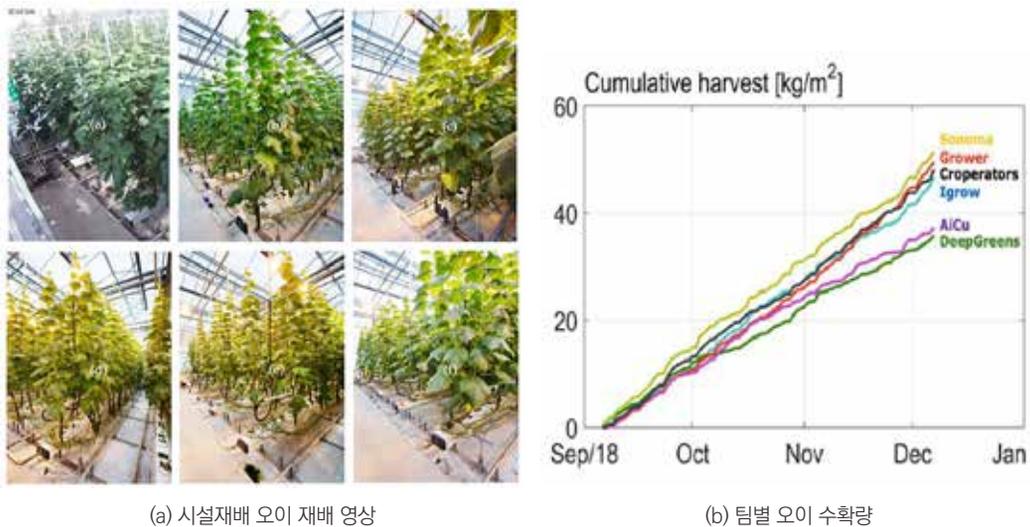


그림 2 | Autonomous Greenhouse Challenge의 오이 생육-수확량 데이터 예시 (Hemming et al., 2019)

## 3. 작물 수확량 영향인자 설정

작물 수확량은 많은 인자의 영향을 받고, 그 수치는 인자간 복잡한 상호연계 기작을 통해 결정된다. 다양한 생육환경 인자가 있지만, 각 인자의 수확량에 영향 정도를 명확히 결정할 수 없는 한계로, 수확량에 영향을 미치는 주된 인자의 선정이 필수적이다. 이에 본 연구에서는 기존 Aquacrop 등 기존 작물 생육모델 선행연구(Oh et al., 2017; Yoon et al.)를 바탕으로 작물 수확량에 주된 영향을 주는 인자를 선정하여 작물 수확량 예측 영향인자로 활용하였다.

생육환경 인자를 크게 기상인자, 관개인자, 재배인자의 세 가지로 구분하였다. 기상인자는 시설재배지 내의 기상을 대표하는 지표로 광원(High-pressure sodium lamp) 가동시간, 온도, 절대습도(상대습도), CO<sub>2</sub> 농도 등을 활용하였다. 선정된 데이터셋의 5분 단위 관측치를 활용하여 DB 구축이 수행되었다. 관개인자는 양액재배가 수행되는 시설재배 특징을 반영하여 기존 작물생육 모델의 토양인자 및 작물관리 중 관개 관리인자를 포괄하여 설정하였다. 관개인자의 대표 지표로는 관개량, pH, EC를 활용하였고, 각 지표는 일 단위 관측치를 활용하였다. 마지막으로 재배인자는 실제 작물 개체의 성장에 관련된 지표로, 주 단위로 관측된 잎의 형성속도 및 줄기길이, 잎의 수, 가지치기 비율을 활용하였다. 작물의 최종 수확량은 일별 누적 수확량 관측치를 이용하였다.

#### 4. 작물 수확량 예측 모형

인공신경망은 입력 인자별 가중치를 적용하여 하나의 결과를 도출하는 최소단위(perceptron)를 기반으로 perceptron의 배열, 데이터 전달 체계 등을 달리하며 여러 신경망이 개발되고 있다. 문제해결의 논리구조 등에 따라 같은 신경망에서도 학습효율, 정확도 등에서 큰 차이를 보이는 특징이 있어 적합한 구조의 신경망을 이용한 작물 수확량 예측모형의 개발이 필요하다.

선정된 오이 수확량 예측의 주요 입력자료인 생육환경 인자와 출력자료인 일별 오이 수확량은 일자별로 독립적 관계를 갖지 않고, 시간의 흐름에 상호 영향을 갖는다. 이에 본 연구에서는 시계열 데이터 학습반영이 가능한 LSTM 알고리즘을 이용하여 수확량 예측모델 개발을 수행하였다(그림 3 (b)). LSTM 알고리즘은 일자별 관측치를 이용해 모형의 매개변수 수정이 일어날 뿐만 아니라, 하루 이전의 학습치에 대한 변동을 반영해 추가 매개변수 수정이 이루어진다(그림 3 (b), 붉은색).

비교모형으로 perceptron의 다중배치를 통한 MLP를 이용한 모델 설계를 수행(그림 3 (a))하였으며, 이때 인공신경망의 매개변수 개수를 유사하게 설계하여 신경망의 논리구조에 따른 수확량 예측 정확도를 비교하였다. 두 신경망의 개발은 optimizer로 RMSprop을 활용하여 시계열 특성 반영이 명확하도록 하였고, Loss 함수로 MAE(Mean absolute error)를 이용하고 활성 함수로 신경망에서 주로 활용되는 ReLU(Rectified linear unit)를 사용하였다.

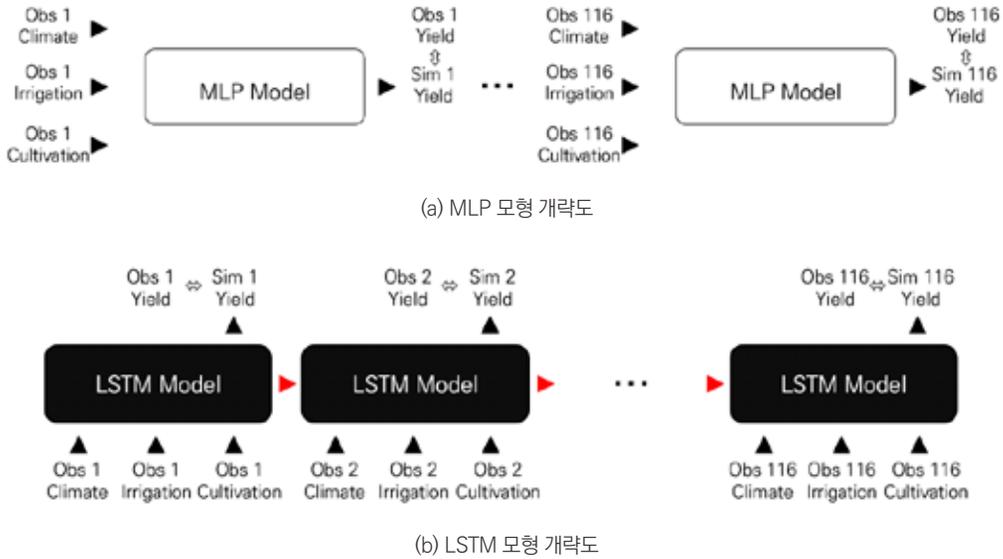


그림 3 | 인공지능망 기반 수확량 예측모델 개략도(Obs n: n일의 관측치, Sim n: n일의 모의치)

## 5. 정확도 검정

개발된 수확량 예측 모형의 정확도 검정에는 모의치와 관측치 간의 정확도 산정에 주로 활용되는 두 지표인  $R^2$  (Coefficient of determination)와 RMSE (Root mean square error)를 활용하였다. 각 지표의 산정은 아래 식 (1), (2)를 통해 수행되었다.

$$R^2 = \left( \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}} \right)^2 \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2} \quad (2)$$

이때,  $O_i$ 와  $P_i$ 는 각각  $i$ 일의 관측치 및 모의치를 의미하고,  $\bar{O}$ 와  $\bar{P}$ 는 각각 전체 기간 중 관측치와 모의치의 평균을 의미한다.  $n$ 은 관측일의 수를 의미한다.

$R^2$ 는 0과 1 사이의 값을 가지는데, 관측치와 모의치 간의 관계를 표현함에 있어 그 수치가 1에 가까울수록 두 변수 사이에 선형관계가 있음을 의미한다. 또한, RMSE는 오차를 정량적으로

판단 가능한 지표이다. 이에 본 연구에서는  $R^2$ 를 활용하여 개발된 수확량 예측모형의 전반적 정확도를 표현하고, 오차 정도를 RMSE를 활용하여 정량화하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 작물 수확량 예측모형 학습

구축한 Autonomous Greenhouse Challenge의 6팀의 116일간의 생육 데이터셋을 5분 간격 286개로 환산하여 데이터 구축을 수행하였다. 데이터 수를 고려하여 6팀의 데이터셋 중 무작위로 선정된 5팀(약 83%)의 데이터를 모델의 학습에 이용하고, 1팀(약 17%)의 데이터를 모델 검증에 이용하였다. 이를 바탕으로 구축된 총 학습자료는 580 set, 검증자료는 116 set이다.

인공신경망 모델은 모의치와 검정치 사이에 오차를 계산하고, 오차를 최소화하는 방향으로 모델 파라미터 수치를 조정하여 학습이 수행된다. 신경망 모델은 파라미터 개수에 따라 학습에 걸리는 시간 및 정확도 등에 영향을 받는다. 이에 본 연구에서는 Layer 형태에 따라 달리 설정되는 파라미터 개수를 개발한 LSTM, 비교의 MLP 두 모형에서 유사하게 설정하였다. 모형별 레이어의 형태 및 총 파라미터 개수를 표 1에 도시하였다.

표 1 | LSTM, MLP 모형의 구조와 매개변수 개수

	Layer	Output Shape	Parameter
LSTM Model	lstm	(None, 128)	72,192
	dense 1	(None, 12)	1,548
	dense 2	(None, 1)	13
	Total parameters:		73,753
MLP Model	Layer	Output Shape	Parameter
	dense 1	(None, 286, 128)	1,664
	batch_normalization	(None, 286, 128)	512
	dense 2	(None, 286, 512)	66,048
	batch_normalization	(None, 286, 512)	2,048
	dense 3	(None, 286, 1)	513
	Total parameters:		70,785

개발된 두 수확량 예측모델은 batch size 16으로 설정되어 학습이 수행되었고, 학습팀 랜덤선택 13회, 각 팀 자료당 학습 10 epoch가 수행되어 총 130회의 학습이 수행되었다. 그림 4에서 각 모형의 학습에 따라 산정된 MAE loss를 제시하였다. 학습의 경과에 따라 loss 수치가 줄어들며 2.0으로 수렴함에 따라 LSTM, MLP 모형에서 주어진 데이터를 이용한 학습이 완료된 것으로 판단하였다. 두 모형에서 모두 loss 값이 급격히 증가했다가 감소하는 구간 (LSTM 52&91 epoch, MLP 78 epoch)이 존재하는데, 이는 학습에서 임의로 선정된 서로 다른 팀의 생육정보를 이용하여 모델학습이 수행되어 나타난 결과로 생각된다.

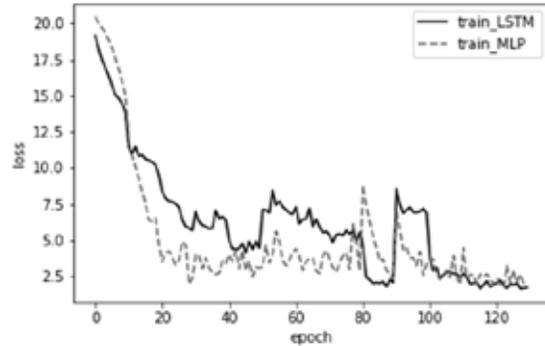


그림 4 | 학습횟수에 따른 MAE 오차

## 2. 일 단위 작물 수확량 모의

앞서 학습된 모델의 일 단위 수확량 검증은 구축된 6팀의 생육정보 중 임의로 선정된 SOMMA 팀의 정보를 이용하여 수행되었다. SOMMA 팀의 실제 시설 오이재배 수확량 및 LSTM, MLP 모형으로 모의된 수확량을 그림 5에서 제시하였다.

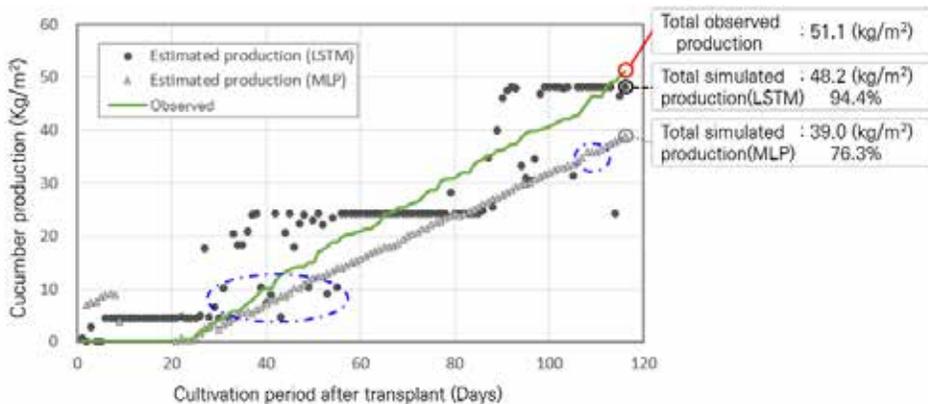


그림 5 | LSTM, MLP 모형간 일별 오이 수확량 예측치 비교

전반적으로 LSTM 모형은 계단형으로 그 값이 도출되는 경향을 보였고, MLP 모형은 일별 수확량 개형은 유사했으나, 비교적 수확량이 적게 산정되는 결과를 보였다. 두 모형에서 모두 누적 일별 생산량을 모의함에도 불구하고 과거에 비해 그 값이 작게 산정되는 오류를 보였는데 (그

림 5 blue circle), 단순 수치를 이용한 모형 학습과 가용 가능한 데이터 수의 부족으로 인해 나타난 학습과정의 오류로 생각된다. 추후 충분한 데이터를 바탕으로 추가 학습이 수행됨으로써 개선 가능할 것이다.

정확도 검정 결과 LSTM 모형에서  $R^2$  0.98, RMSE 6.9kg/m<sup>2</sup> 으로 산정되었고, MLP 모형에서  $R^2$  0.88, RMSE 6.5kg/m<sup>2</sup> 으로 평가되었다. 일별 수확량은 약 0.4kg/m<sup>2</sup> MLP 모형에서 좋게 평가되었으나, LSTM과 비교하여 약 5.8% 수준의 미미한 정확도 차를 보였다. 반면, 두 모형의  $R^2$  에서 LSTM 모형에서 전체 시계열에서 전반적으로 관측치와 선형적 관계를 갖음을 확인할 수 있었다.

작물재배가 끝난 116일 후의 최종 오이 수확량을 보았을 때, 관측치 51.1kg/m<sup>2</sup> 과 비교하여 LSTM 48.2kg/m<sup>2</sup> (94.4%), MLP 39.0kg/m<sup>2</sup> (76.3%)로 산정되었다. 두 모형에서 모두 실제 관측치에 비해 비교적 적은 수확량이 나올 것으로 모의 되었다. 최종 시설 오이 수확량에서 LSTM 모형 예측이 MLP 모형 예측에 비해 18.1%p 정확하게 모의되어 시설재배 오이의 일별 수확량 및 최종 수확량 모두에서 LSTM이 MLP에 비교하여 좋은 정확도를 보였고, 시계열 데이터 기반의 자료 모의에서 LSTM이 MLP에 비해 더 효과적임을 확인하였다. 하지만, 신경망의 특성상 LSTM 및 MLP 모형 모두 각 레이어의 형태 및 배치에 따라 상이한 결과를 보일 수 있어, 일별 수확량 예측 정확도 평가에 최적화된 모델제시에는 모형 구조변경에 따른 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 시설 오이 생육데이터를 기반으로, 시계열 자료 학습이 가능한 LSTM 수확량 예측모델 개발 및 오이 수확량 예측을 수행하였다. 특히, 인공신경망 모델은 신경망의 구조에 따라 정확도 차이가 큼을 고려하여 MLP 기반의 수확량 예측모델을 추가 개발하여 LSTM 모형과의 정확도 차이를 평가하였다.

개발된 LSTM, MLP 모델은 각각 73,753개, 70,785개의 유사한 파라미터 수를 갖도록 설계되었고, 주어진 1개년 6팀의 생육데이터 셋을 이용한 130회의 학습이 수행되었다. 두 모형의 학습은 epoch 증가에 따라 MAE loss 값이 2.0으로 수렴하여 주어진 데이터를 이용한 학습이 완료된 것으로 판단하였다. 향후 다년간의 생육데이터 셋 구축과 이를 이용한 추가적 모델학습으로 개발된 두 LSTM, MLP 모형의 정확도 개선이 가능할 것으로 생각된다.

일별 수확량 예측에서, 개발된 LSTM 모형에서  $R^2$  0.98로, MLP 모형( $R^2$  0.88)에 비해 관측치

와 선형적 정확도가 높은 결과를 확인할 수 있었다. 두 모형에서 RMSE는 MLP 모형이 LSTM 모형에 비해 약 5% 우수한 결과를 보였다. 작물 재배를 모두 마친 후의 수확량인 최종 수확량 예측에서 관측치  $51.1\text{kg}/\text{m}^2$ , LSTM  $48.2\text{kg}/\text{m}^2$  (94.4%), MLP  $39.0\text{kg}/\text{m}^2$  (76.3%)로 두 모형에서 모두 비교적 적은 수확량 예측이 수행되었으나 LSTM에서 94.4%의 우수한 정확도로 수확량 모의가 가능함을 확인하였다.

본 연구에서는 시계열 오이 생육데이터에 기반한 수확량 모의를 수행하였다. 오이의 생육은 기상, 관개, 재배 등 다양한 환경변수의 영향을 받지만, 구축 데이터의 한계로 시설재배지 내부의 생육데이터에 근거한 모의가 수행되었다. 향후 다년간의 작물 생육에 영향을 줄 수 있는 일사량, 외기온도 등의 외부 데이터의 추가 고려로 정확도 개선이 가능할 것으로 생각된다. 또한, 개발된 시설재배지의 오이 수확량 예측모델의 노지로 확장에는 해당 지역의 생육데이터에 기반한 전이학습 적용 등이 고려되어야 할 것이다.

## 감사의 글

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 농업기반 및 재해 대응기술 개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다(과제번호: 320051-3).

## 참고문헌

- Choi, Sungchun, and Jangsun Baek (2016) Garlic yields estimation using climate data. *Journal of the Korean Data and Information Science Society* 27.4 (2016): 969-977, DOI: 10.7465/jkdi.2016.27.4.969
- Hemming, Silke, et al. (2019) Remote control of greenhouse vegetable production with artificial intelligence—Greenhouse climate, irrigation, and crop production. *Sensors* 19.8 : 1807, DOI: 10.3390/s19081807
- Jeong, Yunyong, and Seungjee Hong (2019) An Analysis on the Process of Policy Formation of Smart Farms Dissemination applying Multiple Streams Framework. *Journal of Korean Society of Rural Planning*, 25.1 : 21-38, DOI: 10.7851/Ksrp.2019.25.1.021
- Khaki, Saeed, and LizhiWang (2019) Crop yield prediction using deep neural networks. *Frontiers in plant science* 10 : 621., DOI: 10.3389/fpls.2019.00621
- Khaki, Saeed, LizhiWang, and SotiriosV. Archontoulis (2020) A cnn-

- rnnframework for crop yield prediction. *Frontiers in Plant Science* 10 : 1750, DOI: 10.3389/fpls.2019.01750
- Kondo, M. (2009) Effect of global warming on rice culture and adoptive strategies. In Proc. International Symposium 'Rice research in the era of global warming', Taichung, Taiwan.
  - MAFRA (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs) (2019) The plan for the open-field smart-farm pilot project in 2020.
  - Nagini, S., TV Rajini Kanth, and B. V. Kiranmayee (2016) Agriculture yield prediction using predictive analytic techniques. 2016 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I). IEEE, , DOI: 10.1109/IC3I.2016.7918789
  - Na, Myung Hwan, Yuha Park, and Wan Hyun Cho (2017) A study on optimal environmental factors of tomato using smart farm data. *Journal of the Korean Data And Information Science Society* 28.6 : 1427-1435, DOI: 10.7465/jkdi.2017.28.6.1427
  - Nkomozepe, Temba, and Sang-Ok Chung (2014) Modeling future yield and irrigation demand of rice paddy in Korea. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 56.1 : 31-40, DOI: 10.5389/KSAE.2014.56.1.031
  - Oh et al. (2017) Analysis of Paddy Rice Water Footprint under Climate Change using AquaCrop. Doctoral dissertation, Seoul National University.
  - Timsina, Jagadish, and E. J. A. S. Humphreys (2006) Performance of CERES-Rice and CERES-Wheat models in rice-wheat systems: a review. *Agricultural systems* 90.1-3 : 5-31, DOI: 10.1016/j.agsy.2005.11.007
  - Wageningen and Tencent(4TU) (2018) DatasetReference:Autonomous Greenhouse Challenge. First Edition 4TU.ResearchData. Dataset. , DOI: 10.4121/uuid:e4987a7b-04dd-4c89-9b18-883aad30ba9a
  - Yoon et al. (2018) Estimation of Rice Yield and Crop Water Requirement Considering of Cropping Season by Climate Change. Doctoral dissertation, Seoul National University.
  - You, Jiakuan, et al. (2017) Deep gaussian process for crop yield prediction based on remote sensing data. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*. Vol. 31. No. 1.

# UAE 토양 특성과 벼 재배

## UAE Soil Characteristics and Rice Cultivation

엄한용 \_ 한국농어촌공사 농어촌연구원 (umhy@ekr.or.kr)

### 1. 서론

UAE는 건조한 사막지역으로 농업에 매우 불리한 환경조건을 갖고 있으며, 주요 식량 작물은 전량 수입에 의존하고 있다. UAE의 국민 1인당 쌀 소비량은 56.7kg(2017)으로 우리나라의 57.7kg(2020)과 비슷하나, 지속적으로 유입되고 있는 인도, 방글라데시, 필리핀을 포함한 아시아계의 인구비율이 높아지고 있어 쌀에 대한 수요가 지속적인 증가 경향을 보일 것으로 예상되고 있다. 한국과 UAE는 벼 재배를 위한 협력관계를 맺고 한-UAE 연구기관(농진청-UAE대학, International Center for Biosaline Agriculture: ICBA) 간 기술협력 MOU를 체결하였다. 이에 따라 한국의 농촌진흥청에서는 2019년 후반부터 UAE의 Sharjah 지역에 벼 재배 시험포장을 조성하여 시험재배를 실시하고 있다. 현재까지 벼 시험재배는 비교적 성공적인 성과를 거두고 있는 것으로 보고하고 있으며, 현재 한-UAE 긴밀한 협력관계 유지를 위한 사회적 중요 이슈로 부각되고 있다.

UAE에서의 농업은 주요작물이 대추야자이며 기타 적은 종류의 작물만이 재배되고 있다. 이러한 재배작물 종류의 단순성 및 곡물 등에 대한 재배 한계는 UAE의 자연환경이 건조한 기후와 적은 강수량으로 인한 충분한 농업용수의 확보 곤란과 더불어 모래질이 많은 사막토양으로 인한 낮은 비옥도, 과도한 투수량, 높은 토양 염분 함량 등에서 기인한다. 그러나 이러한 곡물재배 여건의 불리함에도 불구하고 UAE는 기상이변 및 세계 식량수요 불균형 등의 향후 발생할지 모를 식량난에 대비하기 위해 사막기후에서의 식량안보 구축에 다양한 노력을 기울이고 있다. 벼 재배 역시 주요 농업정책의 일환으로 추진되고 있어 벼 재배연구와 더불어 사막기후에서의 벼 재배 농업기반 구축을 위한 다양한 조사가 필요한 실정이다.

UAE에서 벼 재배를 위해서는 적절한 양의 농업용수 및 벼 재배에 적합한 토양의 확보와 점적 관개, 간단관개 등 물 절약형 관개방법 등의 방안 마련이 필요하다. 더불어 모래질 토양의 특성으로 인한 과도한 지하침투 억제를 위한 토양구조개선 등의 물리적인 개량 방법 모색으로 농업용수 사용 절약 기술 확보와 지속가능한 농지조성을 위한 방안의 탐색이 필요하다.

따라서 본고에서는 UAE의 토양분포 현황 및 농업지역의 토양특성, 현지에서의 토양관련 연구 자료 등을 조사하여 벼 재배 가능 토양 및 대상지역을 검토하고자 하였으며, 그 결과를 제시하고자 한다.

## 2. UAE의 농업 환경

### 가. 국토 및 지형

UAE 국토면적은 83,600km<sup>2</sup>이며, 이중 87%가 사막지역이다. 지형적으로는 페르시아만과 접한 연안지역과 걸프만과 접한 남서쪽 연안지역은 평탄하지만 오만과 접경을 하고는 있는 북동쪽은 해발 고도가 높은 산악지역이다. 각 토후국의 면적<sup>1)</sup>은 Abu Dhabi가 67,340km<sup>2</sup>로 국토면적의 85%차지하고 있으며, Dubai 4,114km<sup>2</sup>, Sharjah 2,590km<sup>2</sup>, Ras Al Khaimah 1,684km<sup>2</sup>, Fujairah 1,166km<sup>2</sup>, Umm Al Qai ain 755km<sup>2</sup>, Ajman 259km<sup>2</sup> 순이다(표 1, 그림 1, 그림 2).

표 1 | UAE 국가 개황도 및 토후국별 면적

토후국	면적(km <sup>2</sup> )	비율 %
Abu Dhabi	67,340	86.7
Dubai	3,885	5.0
Sharjah	2,590	3.3
Ras Al-Khaimah	1,684	2.2
Fujairah	1,165	1.5
Umm Al Qi ain	777	1.0
Ajman	259	0.3

1) [https://en.wikipedia.org/wiki/United\\_Arab\\_Emirates](https://en.wikipedia.org/wiki/United_Arab_Emirates)

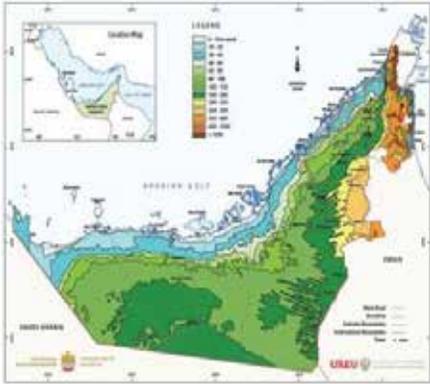


그림 1 | UAE의 지형도

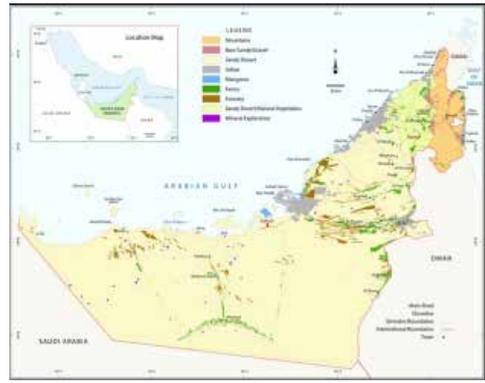


그림 2 | UAE 토지이용

출처: <https://www.uaeu.ac.ae/en/dvcrgs/research/centers/nwec/maps.shtml>

## 나. 기상 및 강수량

UAE의 여름 평균 일기온은 45°C 이상으로 작물재배에 적합하지 않으나, 11월부터 다음해 4월까지는 15~35°C 정도로 재배작물에 따라 재배가 가능하다. 해안 근처에서는 상대습도가 최대 100%에 이르는 경우도 있으며, 주기적인 급격한 먼지발생으로 작물재배에 영향을 주기도 한다.

년평균 기온변화를 살펴보면 점진적으로 평균기온이 상승하는 것을 볼 수 있으며 이는 기후 온난화에 따른 영향으로 볼 수 있을 것이다(그림 3). 계절적으로 여름철의 기온 상승폭이 크며 전 기간에 걸쳐 지속적으로 기온이 상승하고 있어 작물재배가 가능한 기간이 점진적으로 축소될 것으로 보인다.

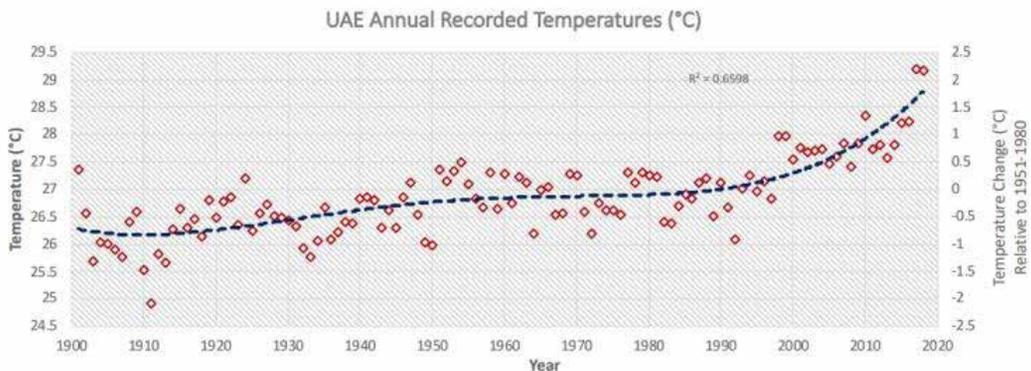


그림 3 | UAE 평균기온 변화

출처: The UAE State of Climate Report, 2021

연평균 강수량은 약 124mm 정도이며, 대부분 겨울철인 12월~3월 동안 80% 정도 내리며 집중 호우 성격을 보일 때가 있다. 지역적으로는 동해안은 124mm, 산악은 132mm, 자갈 평야지대는 108mm, 저지대 사막은 75mm 정도로 추정되고 있으며, 북동쪽 산지는 160mm의 가장 높은 양을 받는 반면 남쪽 사막은 북서쪽에서 40mm 미만의 연평균 강수량을 보이고 있다(그림 4).(Amal Aldababseh, et al. 2018)

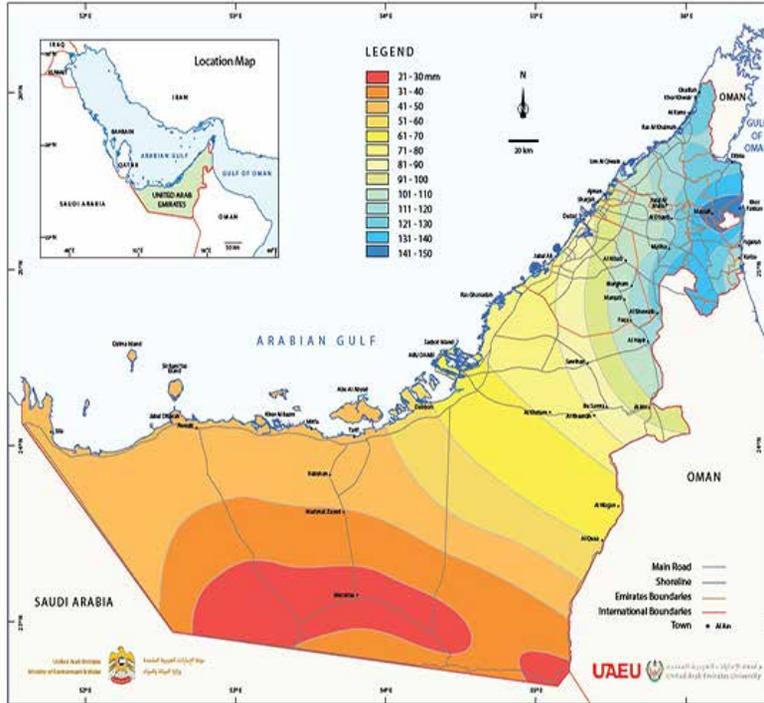


그림 4 | UAE의 지역별 연평균 강수량 분포도

출처: <https://www.uaeu.ac.ae/en/dvcrgs/research/centers/nwec/maps.shtml>

## 다. 토양

UAE는 사막건조 기후대에 위치하고 있으며 국토의 대부분이 모래로 이루어진 사질계 토양으로 보수력과 보비력이 낮고 삼투량이 크며, 건조기후에 따른 높은 증발량으로 토양 중 염류집적 발생 등 작물재배에 적합하지 않다. 실제 강수량보다 과다한 증발량으로 염류집적이 많이 발생하며 지역에 따라서는 40 dS/m EC 이상의 고염도 토양도 존재하고 있는 것으로 보고된다. 주요 토성은 사질계 토성을 보이나 일부 구간에서는 점토 및 미사질의 토양도 보고된다. 토양비옥도는 매우 낮으며, 더불어 건조 또는 매우 건조한 토양수분상태를 보인다. 토양 깊이는 토양 유형에 따라 다르게 나타나고 있으나 토양도 등을 이용하여 파악한 농업용지의 경우에는

대부분 유효토심이 깊은 것으로 보인다.

## 라. 농업용수 현황

UAE의 수자원은 자연에서 얻는 aflaj 관개시스템<sup>2)</sup>, Oasis, 댐 등과 같은 지표 수원과 천층 및 심층 지하수이며, 이외 해수담수화, 하수처리수 재활용 등이 있다. UAE의 가장 많은 물수요는 생활 및 산업용수로서 전체의 약 40% 차지한다. 농업용수 중 재배용수가 39%, 자연경관용수 11%, 산림용수 10% 순이다(Mohamed al mulla, 2011.).

농업용수는 대부분 지하수에 의존하고 있으며, 일부지역에서는 해수 담수화시설을 이용하여 공급하고 있다. 주요 농업용수원인 지하수의 경우 총량은 약 6,400억<sup>m<sup>3</sup></sup>이지만 이용가능량은 3% 수준이며, 이 중에서 약 20억<sup>m<sup>3</sup></sup> 정도만이 염도가 낮은 담수이다(표 2).

UAE에서의 장기 물 수요전망에 따르면 농업용수에 대한 수요가 급격히 증가하여 2025년에는 8,561백만<sup>m<sup>3</sup></sup>의 농업용수가 필요할 것으로 예상되어 하수처리수의 이용을 적극 검토하고 있으나 전통문화와 종교 등의 영향으로 그 사용이 쉽지 않을 것으로 보인다(표 3).

표 2 | UAE 물 사용량 및 용수원별 공급량(단위:백만<sup>m<sup>3</sup></sup>)

구분	사용량	용수원별 공급량			
		지하수	해수담수화	하수재활용	소계
농업용수	1,754	1,687	67	-	1,754
생활산업용수	1,789	87	1,600	102	1,789
자연경관	478	60	131	287	478
산림용수	456	456	-	-	456
합계	4,477	2,290	1,798	389	4,477

표 3 | UAE의 수요처별 용수 수요량 경년 변화 및 2050년 추정 전망치

구분	2002	2005	2010	2015	2020	2025	2050
생활용수	830.7	1,045.5	1,571.9	2,363.2	3,274.6	4,923.2	6,646
산업용수	332.9	381	477.1	597.3	715.1	895.4	1,791
농업용수	2,340.6	2,753	3,637.8	4,865.5	6,207.1	8,561	8,561
합계	3,504.2	4,179.5	5,686.8	7,826	10,196.8	14,379.6	19,138

2) · 지하수를 이용하여 관개수로로 물을 흘려보내는 전통적 관개방식

### 마. 지하수 현황<sup>3)</sup>

북동부 산악지역의 지하수위는 20~50m에 분포하나, 농업이 발달한 Al-ain, Al Dahid, Al Hamaranyah 지역에는 과도한 지하수 사용으로 인해 급격히 지하수위가 저하되어 문제점으로 보고되고 있다. 현재 강우 등에 의해 UAE에서 보충되는 지하수량보다 20배 이상 많은 양의 지하수를 사용하고 있어 1990년대 중반까지 지하수위는 10년간 10m 정도 낮아지는 추세였으나, 이후 인구증가 등 경제성장에 따라 10년간 70m씩 저하되는 심각한 사례로 보고되고 있다.

지하수 수질은 염도와 pH가 높아 수처리 없이 사용하기에 어려움이 있다. 해안지역 염도는 50,000ppm 이상으로 보이며 북동부 산악지역과 전통적 Oasis 농업지역 등 일부지역은 2,000ppm 이하이며 그 이외 지역은 2,000~10,000ppm 수준이다(UAE State of Environment Report, 2015). 일반적으로 대부분 농가에서는 지하수를 취수하여 역삼투 방식의 염도 처리와 pH 조절 등을 위한 수처리 시설을 설치하여 사용하고 있다(그림 5).

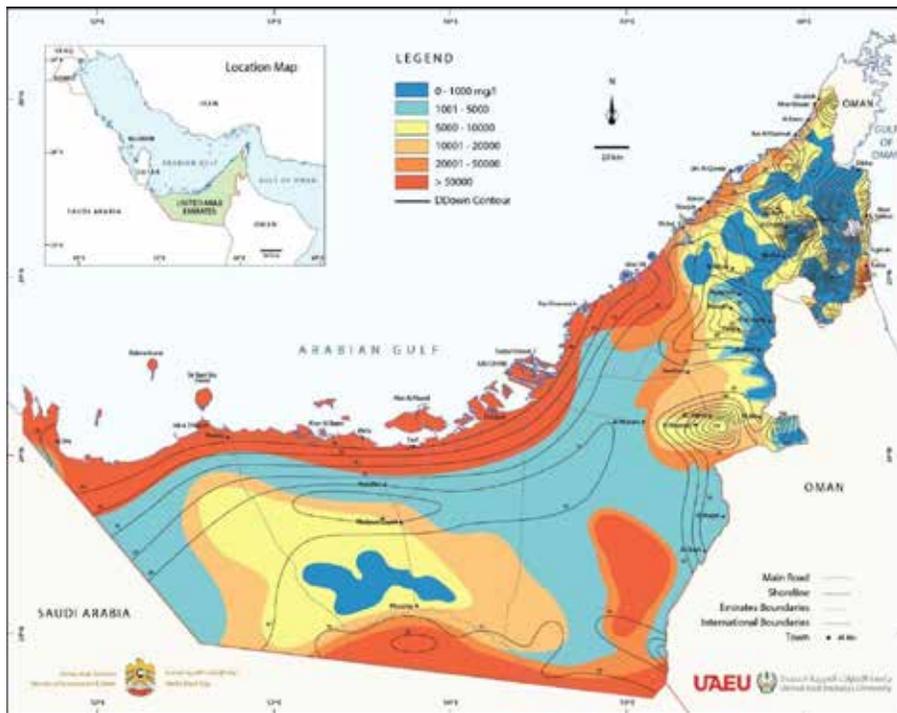


그림 5 | 지하수 염분농도분포

출처 <https://www.uaeu.ac.ae/en/dvcrgs/research/centers/nwec/maps.shtml>

3) [https://water.fanack.com/uae/#\\_ftn2](https://water.fanack.com/uae/#_ftn2)

### 3. UAE의 토양

#### 가. 토양조사

UAE에서의 토양조사는 USDA의 Soil Taxonomy를 이용하여 Abudhabi 에서는 2006~2007 에, 북부지역은 2010~2012까지 실시되었으며, Dubai는 2005년 원격 감지의 위성 데이터 (IRS-P6 LISS IV)를 사용하여 Keys to Soil Taxonomy(USDA, 2003)에 따라 분류하였다. 이후 UAE 전체에 대한 국가 토양 지도로 통합하기 위해 조사방법 및 조사시기, 조사결과 간의 차이로 인해 발생된 원래 경계와 토양 분류 차이를 수정한 결과, UAE의 토양은 UAE는 2개의 토양목, 6개의 아목, 10개의 대군, 74개의 토양통으로 분류되었다(Mahmoud Ali Abdelfattah & Colin Pain2012).

#### 나. UAE의 토양

UAE는 2개의 토양목(Aridisols 및 Entisols), 6개의 아목(Salids, Gypsid, Calcids, Psamments, Orthents 및 Cambids) 및 10개의 대군(Aquisalids, Calcigypsid, Haplocalcid, Haplocambid, Haplogypsid, Haplosalid, Petrocalcid, Petrogypsid, Torriorthent 및 Torripsamment)으로 분류되었으며, 대군 중 지배토양은 Torripsamments(75%)로, 지형의 차이(낮음<5m, 중간 5-10m 및 높음>10m)에 따라 세 가지 지도 단위로 구성되어 있다. 다음으로는 Haplosalids(5.4%), Petrogypsid(3.8%),

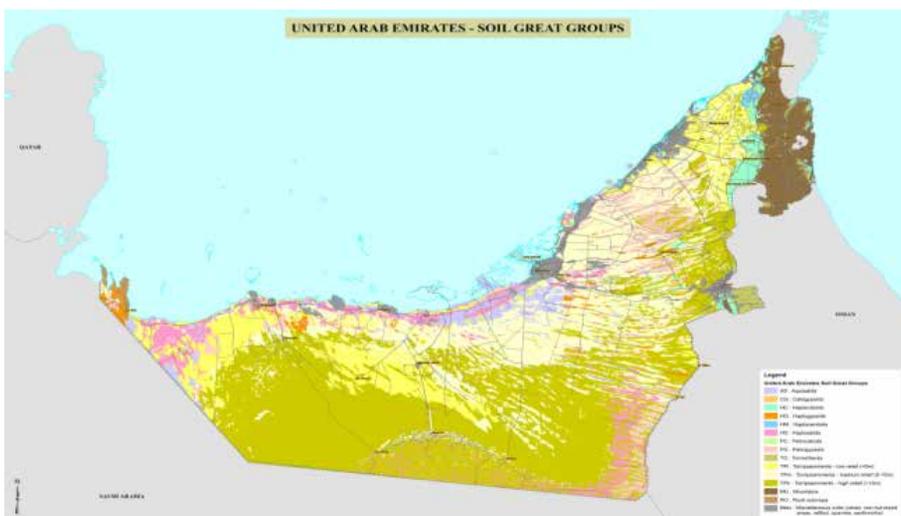


그림 6 | UAE 토양도(<https://www.emiratessoilmuseum.org/uae-soil-map>)

Aquisalids(3%), Haplocalcids(1.7%), Haplogypsids(1%), Torriorthents(0.9%), Haplocambids(0.3%), Calcigypsids(0.2%) 및 Petrocalcids(0.1%)순으로 분포하고 있다. 나머지 부분은 산(4.8%), 암석 노두(0.5%) 및 기타(3.3%)로 구성되어 있다(그림 6).

각 대군의 특성을 고려하여 관개농업의 적합성을 살펴보면 다음과 같다.

Aquisalids는 염분농도가 높은 토양으로, 해안 및 내륙의 배수가 불량한 사브카(sabkha) 지역에 주로 분포하고 있어 토양 표면에서 염분집적을 관찰할 수 있으며, 지표 근처의 염분 지하수로 인해 관개 농업에 부적합하다. Calcigypsids는 토성이 사질이고, 토양 중 석고 함량이 높기 때문에 관개 농업에 적합하지 않다. Haplocalcids는 심토의 상부에 탄산칼슘이 축적되어 있으며, 토성은 사질 또는 양토이나 제한적으로 관개농업이 가능한 것으로 알려져 있다. Haplocambids는 cambic층위 형태의 구조 또는 색상을 가진 점토질의 심토층을 가지고 있으며, 심토층위에 탄산칼슘이나 석고가 충분히 축적되어 있지 않아 관개농업에 매우 적합한 것으로 알려져 있으며, 주요 농업지역으로 이용되고 있다. Haplogypsids는 높은 석고 함량과 낮은 토양심도로 인해 관개 농업에 대한 적합성이 제한적이다. Haplosalids는 저지대 또는 사브카 평야에서 관찰되며, 염분함량이 매우 높은 고염도 토양으로 관개농업에 적합하지 않다. Petrocalcids는 비교적 얇은 심도에 위치한 탄산칼슘 경반층으로 인해 관개농업에 적합하지 않으며, 역시 Petrogypsids도 비교적 얇은 심도에 위치한 탄산칼슘 경반층 및 토양 내 과도한 석고 함량으로 인해 관개농업에 적합하지 않다. Torriorthents의 대부분은 35% 이상의 자갈 함량을 보이며 층적선상지와 산지에 인접한 평야와 산지계곡 내에 주로 분포하고 있으며, 토양 중 많은 자갈 함량으로 인해 관개농업에 적합하지 않다. Torripsamments 토양은 풍적모래로 이루어진 모래 언덕과 모래평지로 나타나며, 일부 토양은 자갈이 거의 또는 전혀 없다. 지형높이에 따라 3등급(<5m, 5-10m, >10m)으로 구분되어 낮은 경사지는 관개농업에 적당한 것으로 간주되고 있다.

이러한 토양특성을 고려할 때 UAE 토양 중 관개농업에 적합한 토양은 대량 0.2% 정도이며, 제한적으로 관개농업이 가능할 것으로 판단되는 토양은 Torripsamments의 5m 이하의 경사지를 포함하여 약 22.4%이고, 산악지 등을 포함한 나머지 토양은 염, 자갈, 경반층 등의 제한인자로 인해 관개농업의 실행이 어려울 것으로 판단된다.

그림 7에는 UAE 토양에 대한 참고자료로 기후와 식생의 영향을 뚜렷이 받아 형성된 토양분류인 WRB 토양분류를 적용한 토양도를 제시하였다. UAE에서 WRB 토양에 대한 정확한 자료의 습득이 어려워 토양도로 판단 할 때 작물재배에 유리한 Cambisol은 북부 일부 지역에만 소규모로 나타나고 있다. 이 지역을 제외한 대부분의 지역은 Arenosol이 우세하며, USDA 토양 분류에서의 Torripsamments와 유사한 분포를 보이는 것으로 조사 되었다. Arenosols는 모

래질의 토양으로 부식질의 함량이 낮고, 점토 함량이 낮거나 거의 없으며 토양증위 발달이 거의 없는 토양이다. 따라서 과도한 투수성과 낮은 비옥도로 인해 농업적으로 사용하려면 세심한 관리가 필요한 토양이다. 그 외의 토양 역시 염류나 석고의 함량이 높은 Gypsisol, Calcisol, Solonchak 등이 분포하고 있어 전반적으로 UAE의 토양은 작물재배에 매우 불리한 조건을 갖고 있는 것을 알 수 있다.

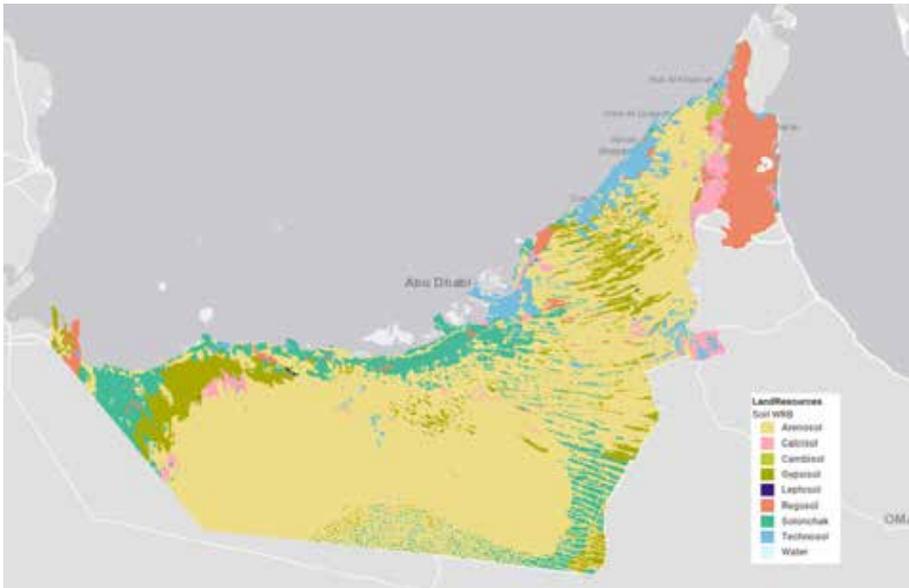


그림 7 | WRB(World Reference Base) 토양도(<https://enviroportal.ead.ae/map/>)

## 다. 지역별 토양 현황

UAE의 토양조사 사업은 2012년 완료되었으며 이 결과를 바탕으로 다양한 토양특성 파악 및 활용 등에 대한 다양한 연구가 이루어지고는 있으나, 각 토후국의 경제적 능력 등의 차이로 그 편차가 심한 편이다. Abu Dhabi는 UAE에서 가장 부유한 토후국으로 ADAFSA(Abu Dhabi Agriculture and Food Safety Authority)를 통해 농업분야에 대한 다양한 투자 및 연구가 이루어지고 있는 반면, 여타 토후국의 경우 농업분야에 대한 역할이 크지 않은 것으로 보인다. 따라서 UAE 국가적 차원의 농업지역 토양에 대한 파악에 어려움이 있다. 그럼에도 불구하고 Abu Dhabi에서 토후국내의 주요농업지역의 “Soil Salinity Management Plan(2019)”을 통해 농업지역의 토양 및 농업용수에 대한 일부 자료를 검토할 수 있어 그 내용을 소개하며, Abu Dhabi의 경우 UAE 전체면적의 86.7%를 차지하고 있어 대표성을 갖는다고 볼 수 있을 것이다. Abu Dhabi이외의 지역에 대해서도 파악 가능한 범위 내에서 소개하고자 한다.

## 1) Abu Dhabi의 농업지역 토양

UAE의 Abu Dhabi 환경청(Environment Agency - Abu Dabi, 이하 EAD)에서는 관개를 고려한 Abu Dhabi 지역의 토양과 토양관개 적합성 파악을 위해 유엔식량농업기구(FAO)에서 일반적으로 사용되는 토지 적합성 분류 접근 방식인 “토지 평가를 위한 프레임워크(Framework for Land Evaluation, 1976)”를 통해 토지적합성 등급(S1~S3, N1~N2)<sup>4)</sup>을 분류하여 사용하고 있으며, 주요 관개농업지역 16개 지역에 대해 토양염도 관리계획을 수립하여 토양관리를 실시하고 있다(Environment Agency-ABU DHABI. 2019). 이에 따르면 Abu Dhabi의 관개 농업지역의 경지 중 FAO의 토지 적합도 “S1”을 만족하는 경지는 없으며, 대부분 “S2 ~ S3”에 해당하는 것으로 보고되고 있다. 일반적인 특성을 보면 유효토심이 깊고, 흩단의 토양구조를 갖고있어 토양구조의 발달이 없거나 미약하다. 표토의 경우 낮거나 보통의 수준의 염분 및 석고함량을 보이며, 일반적으로 낮은 토양생산성 등의 특징을 보인다. 지형적 특성으로는 토양기복이 5m 이하로 낮은 것으로 알려져 있다(그림 8).

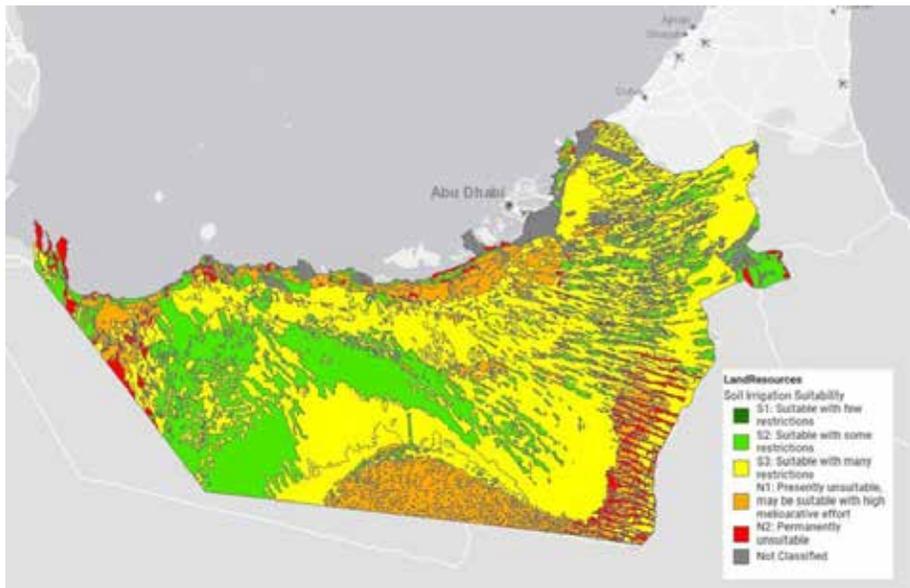


그림 8 | Au Dhabi 지역 토양관개 적합성 지도(<https://enviroportal.ead.ae/map/>)

4) S1 Highly suitable, S2 moderate suitability, S3 marginal suitability, N1 currently unsuitable, N2 permantly unsuitable

관개농업지역 16개지역(그림 9)에 대해 토양염도관리계획을 바탕으로 검토된 토양의 특성을 평가해본 결과는 다음과 같다(표 4).

Abu Dhabi 관개농업지역 토양의 토성은 사토 ~ 양질사토의 사질계토양이며, 일부 심토층에 석고 및 칼슘의 집적층을 관찰할 수 있으며, 지형적으로는 평탄화가 된 상태이다. 토양의 유효 토심은 일부지역을 제외하고는 대부분 1m 이상의 토심을 보이고 있다. 토양염도는 일부 토양을 제외하고는 개략 ECe 4,000-8,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 보통 정도의 염도를 보여주고 있어 주의하여 관리할 경우 염도문제의 상당부분을 해결할 수 있을 것으로 보인다. 지하수의 경우 과도한 관개 및 관개관로의 누수에 의한 지하수층이 나타나기도 하나, 일부 구간에서는 지하수가 확인되지 않는 지역도 있다. 토양비옥도는 낮은 유기물 함량, 사질토양의 낮은 보수·보비력 등으로 인해 전반적으로 낮은 비옥도를 보이고 있다. 토양배수는 일부 심층의 경반층에 의해 저해받기도 하나 대부분의 지역 토성이 사질계 토성으로 양호~매우 양호하다. 토양 투수성 역시 과다한 것으로 나타난다.

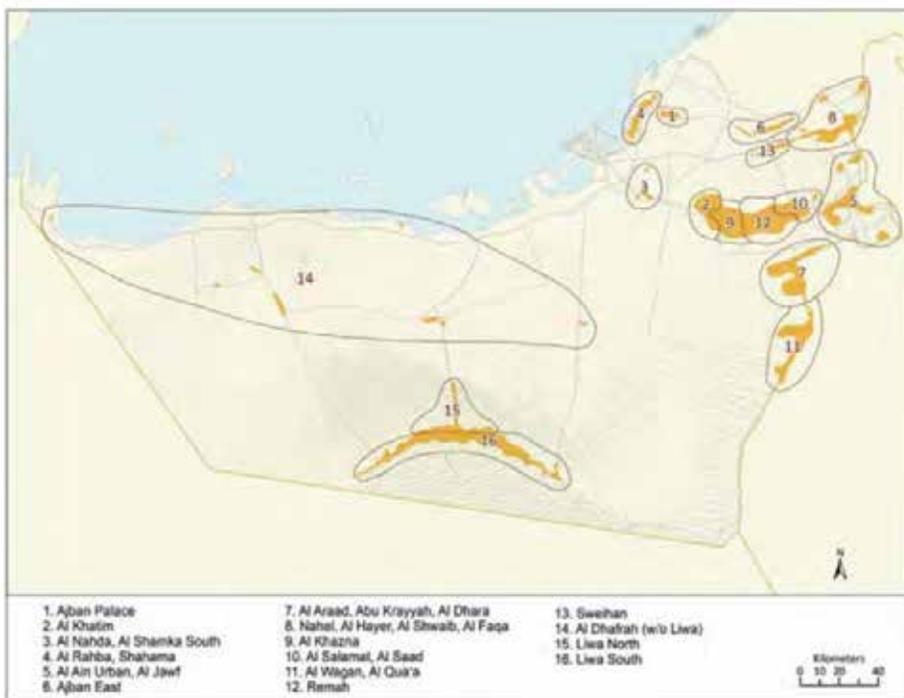


그림 9 | 아부다비 주요 관개농업지역

표 4 | Abu Dhabi 관개농업관리 16개지역 토양특성(요약정리)

No	지역	토양특성							
		토성	일반적 특성	유효토심	SALINITY (EC <sub>e</sub> μS/cm)	지하수	비옥도	배수	투수성
1	Ajban Palace	LS	Calcic/gypsic layers, lithic conditions	Limited 50~100cm	2,000-4,000 low~ moderate	By leakage or over-irrigation	Moderate	Limited by hardpan/lithic layers	Moderate
2	Al Khatim	S	Calcic, gypsic layers	> 150 cm	16,000-40,000 strongly saline	None	Low to moderate	Well	Good to excessive
3	Al Nahda, Al Shamka South	S	Calcic, gypsic layers	> 150 cm	2,000-8,000 low to moderate	By leakage or over-irrigation	Low to moderate	Well	Good to excessive
4	Al Rahba, Shahama	LS	Calcic/gypsic layers, lithic conditions	50~100cm	200-4,000 slightly saline	By leakage or over-irrigation	Moderate	Limited by hardpan/lithic layers	Moderate
5	Al Ain Urban, Al Jawf	LS	Calcic/gypsic layers, wadi gravels	> 150 cm	2,000-4,000 low to moderate	By leakage or over-irrigation	Moderate to good	Moderate to good	Good
6	Ajban East	LS	Petrogypsic, petrocalcic layers	80~120 cm	8,000-40,000 medium to strong	By leakage or over-irrigation	Moderate to good	Limited by hardpan	Moderate
7	Al Araad, Abu Krayyah, Al Dhahra	S	Levelled dunes	> 150 cm	8,000-40,000 medium to strong	Absent	Low	Excessive	Very good
8	Al Hayer, Nahel town, Al Shwaib, Al Faqa	S	Levelled dunes	> 150 cm	2,000-4,000 slightly saline	Absent	Low	Excessive	Very good
9	Al Khazna	S	Calcic, gypsic layers	> 150 cm	4,000-8,000 Moderate salinity	By leakage or over-irrigation	Low to moderate	Well	Good to very good
10	Al Salamat, Al Saad	LS	Calcic, gypsic layers	> 150 cm	4,000-8,000 moderate salinity	By leakage or over-irrigation	Moderate	Well	Good
11	Al Wagan, Al Qua'a	S	Calcic, gypsic layers, Levelled dunes	> 150 cm	8,000-16,000 medium saline	Absent/by leakage or over-irrigation	Low to moderate	Excessive/well	Good to very good
12	Remah	S	Levelled dunes	> 150 cm	2,000-8,000 low to moderate	Absent	Low	Excessive	Very good
13	Sweihan	S	Petrogypsic, petrocalcic layers	80~120 cm	8,000-40,000 medium to strong	By leakage or over-irrigation	Moderate	Limited by hardpan	Moderate
14	Al Dhafra (without Liwa): Silah, Al Marfa, Madinat Zayed, Ghayathi, Al Fadhiya	S	Calcic, gypsic layers	> 150 cm	4,000-40,000 moderate to v.high	By leakage or over-irrigation	Low to moderate	Well	Good
15	Liwa North	S	Levelled dunes	> 150 cm	4,000-8,000 moderate	Absent	Low	Excessive	Very good
16	Liwa South	S	Levelled dunes	> 150 cm	8,000-40,000 medium to v.high	By leakage or over-irrigation	Low	Excessive	Very good

## 2) 북동부 지역

UAE의 북동부지역의 토양은 대부분 모래나 자갈로 이루어진 충적토양으로 토양모재는 풍적 모래, 저지대 해안 지역의 해양 퇴적물 및 충적층의 세 가지 범주로 나눌 수 있다. 더불어 Hajar 산맥의 다양한 암석지대로부터 형성된 토양이 분포하고 있다. 북동부 산악지역은 반려암을 주암석으로 하는 산악지형이며 암석 노출지가 많고 식생이 발달하지 않아 적은 강우(연 100mm 이내)에도 불구하고 유출수에 의한 토양 침식량이 많아 인위적으로 작토층을 형성한 지역 외에서는 작물재배가 어려운 것으로 판단된다.

또한 이 지역에는 산악지형을 이용한 홍수방제 및 지하수 충전용 댐이 다수 설치되어 있으나, 댐 조성 하류지역의 하성충적층은 자갈이 많고 표토가 거의 발달 하지 않은 토양으로 작물 재배에 적합하지 않은 것으로 판단된다. 또한 하천 또는 범람지역 역시 자갈과 돌이 많은 토양으로 조사되었다. 이 지역에서 일부 인위적 작업을 통해 작토층을 형성하고 작물을 재배하는 경우를 볼 수 있었으나, 대부분 소규모였으며, 사유지로 토양조사를 실시하기는 어려웠으나, 대부분 점적, 살수관개 등의 기법을 이용하여 농사를 짓는 것으로 보인다. Ras Al Khaimah 주변 지역에 충적층으로 형성된 Cambids가 소규모 분포하고 있어 주요 농업지역으로 활용되고 있다(그림 10).

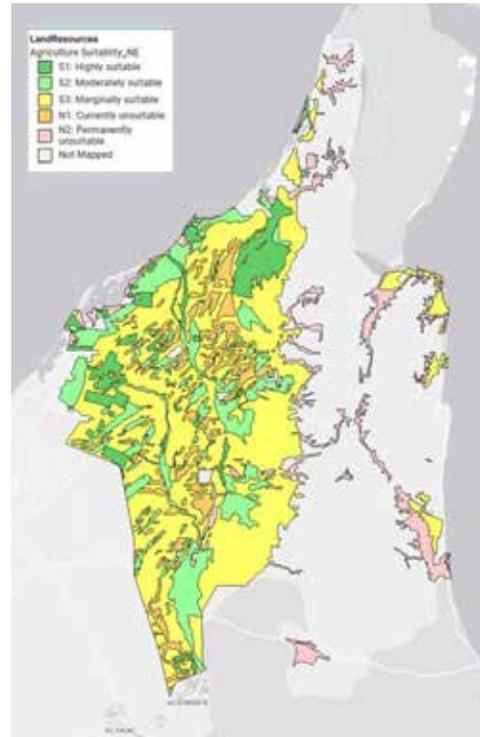


그림 10 | 북동부 지역 농업적합도  
(<https://enviroportal.ead.ae/map/>)

## 3) Dubai area

Dubai 지역의 토양은 일반적으로 모래와 석회질이 많으며, 상대적으로 유기물이 부족한 토양으로 미개발지가 많이 분포하고 있다. 해안 지대와 저지대의 토양은 염도가 높으며, 사막지역 역시 높은 토양 염도를 보이고 있다. 지형은 대부분의 지역이 해변, 갯벌, 염전 및 해안 평야 위의 모래언덕 등으로 이루어져 있다. 일반적으로 두바이의 모든 토양은 석회질이며, 건조 지역에 속하기 때문에 토양수분이 건조한 상태이다. 따라서 두바이 지역 토양의 주요 문제로는 매

우 적은 강우량, 극심한 온도 변화, 강한 바람과 모래 폭풍에 의한 침식, 사질계 토양, 낮은 토양비옥도, 높은 토양 염도, 열악한 자연 식생, 지하수 자원의 열악한 품질 및 점진적 고갈 등이 있다(B. R. M. Rao. et al. 2019).

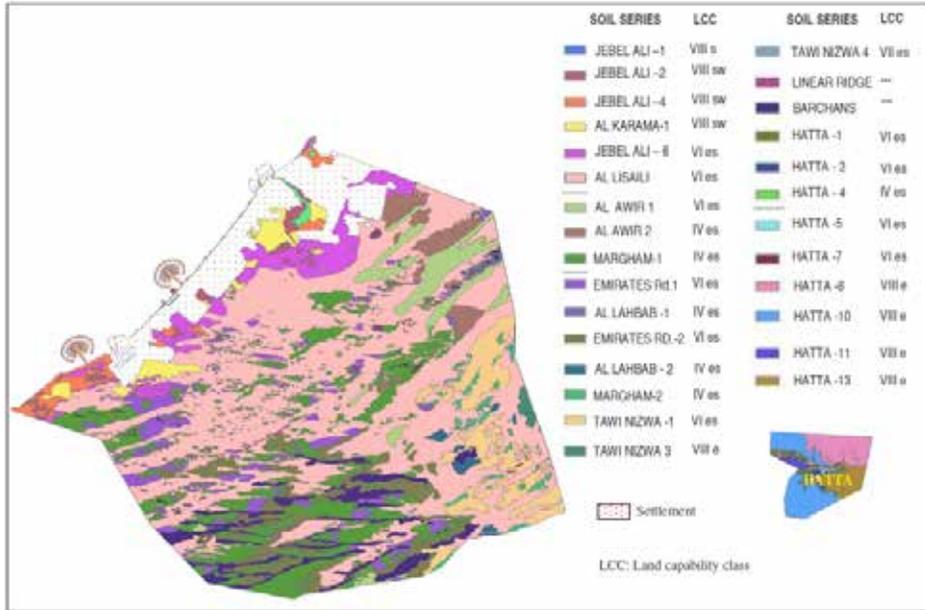


그림 11 | Dubai 토양도 및 토지이용적합도

B. R. M. Rao. et al.(2019)은 두바이 지역의 토양의 토지적성 등급을 “All India Soil Survey and land use Survey(1970)”의 조사매뉴얼을 이용하여 분류한 결과, 두바이 지역은 극도로 건조한 지역으로 토지적성 등급을 4등급, 6~8등급으로 나눌 수 있었다. 토지적성 4등급은 얇은 토심으로 뿌리신장에 제약은 있으나 적절한 관개방안을 확보 할 경우 영농은 가능하나, 6~8등급 토양은 얇은 토심, 심한 토양침식, 가파른 경사 등으로 영농이 불가능 한 것으로 보고 하고 있다(그림 11).

#### 4) 토양염도

강수(P)와 잠재적 증발산(PET)의 비율인 건조지수(P/PET)를 이용한 토지 유형분류로는 아습(0.5 - 0.65), 반건조(0.2 - 0.5), 건조(0.05 - 0.2) 및 매우건조(<0.05)유형으로 분류되는데 매우 건조 지역은 진정한 사막으로 간주된다(Mahmoud A. et al. 2014). 건조지역의 경우 토양염도가 높아 작물생산이 저하 될 수 있다. 이러한 지역의 염분상승의 요인은 다양하여 강수량 부족으로 인한 증발산과의 불균형, 염분 함유 지하수의 상승 및 증발에 의한 염류 집적, 과도한 비

료 사용으로 인한 염류집적 등 다양한 요인이 고려될 수 있다.

UAE는 건조지수가 0.05 미만인 물 부족 국가로 매우건조지대에 위치하고 있어 토양염도에 대한 관리의 중요성이 널리 인식되고 있고 토양 및 지하수의 염분 관리에 대한 다양한 노력을 기울이고 있는 것으로 보인다.

그럼에도 불구하고 UAE에서 보고되고 있는 0~50cm 토심에 대한 염분분포 지도(그림 12, 13)<sup>5)</sup>를 이용하여 두바이 지역을 제외한 지역의 개략적 염분 분포를 파악한 결과 해안지역의 경우에는 해수 침입 등으로 염도가 높은 것으로 보이나 산악지를 제외한 내륙지역의 경우에는 염분함량이 높지 않은(none~very slightly salinity) 것으로 조사되고 있다. 이러한 결과는 내륙 지역에서의 농지개발에 유리한 조건으로, 충분한 관개용수가 확보된다면 많은 지역이 농업지역으로 전환될 가능성이 높은 것으로 볼 수 있다. 물론 일부 토양의 경우 심토에서 염분이나 석고집적층 등이 있어 영농 활동에 지장을 줄 수 있으므로 염분 상승 등에 대한 관리가 필요하다. 표 5에는 관련 문헌들을 활용하여 UAE 토양의 0-50cm 토층의 염분농도 분포면적을 나타내었다(Mahmoud A. Abdelfattah and Shabbir A. Shahid. 2014., Mahmoud A. Abdelfattah & Anil T. Kumar.2014). 자료에 따르면 비교적 작물재배가 용이할 것으로 보이는 염분농도범위인 0~8dS/m 범위의 토양이 약 80%이상 차지하고 있는 것으로 나타났다.

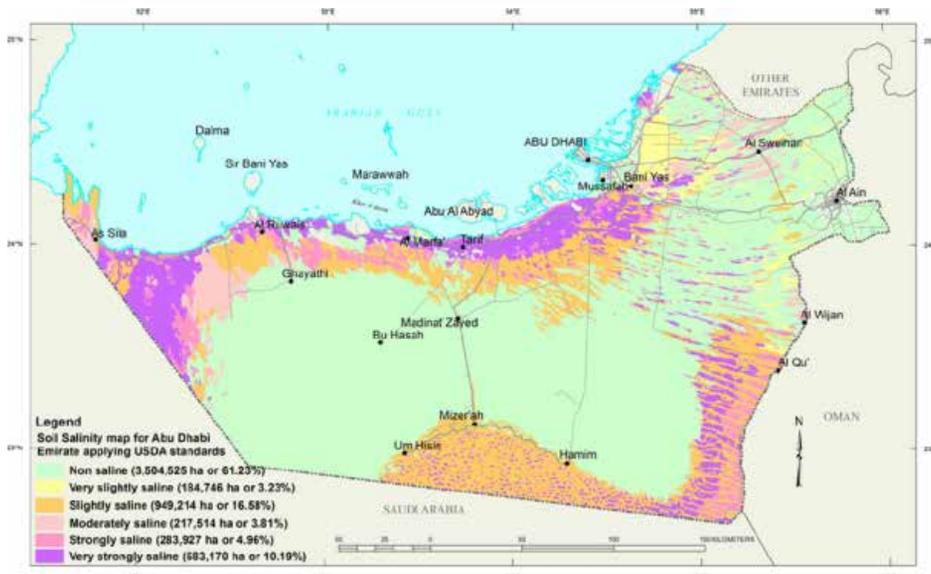


그림 12 | Abu Dhabi 토양 염도분포도(0~50cm)

5) <https://enviroportal.ead.ae/map/> 에서 편집하여 수록

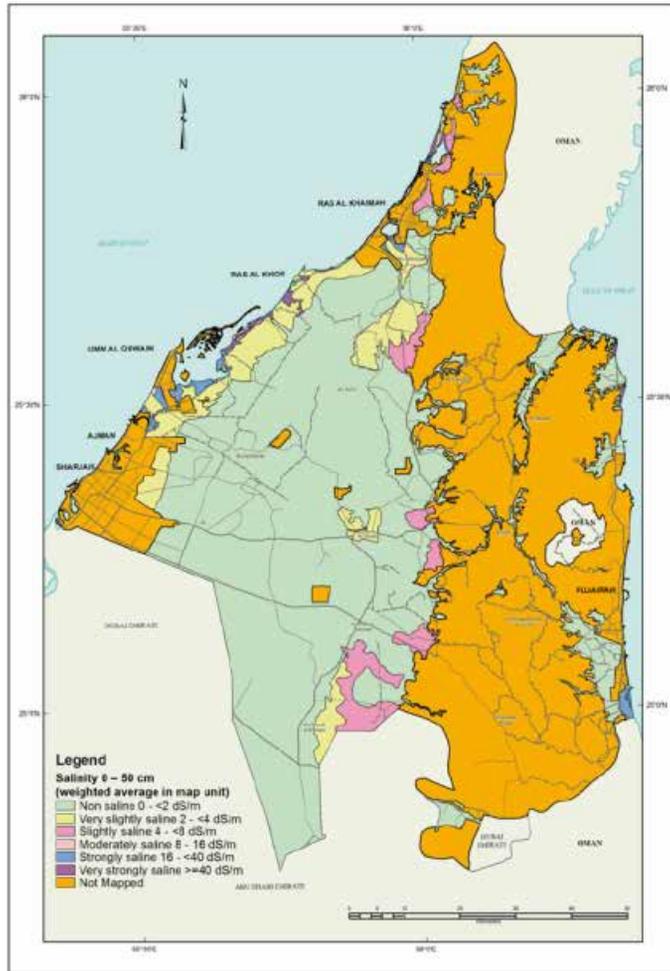


그림 13 | 북동부지역 토양 염도분포도(0~50cm)

표 5 | UAE 토층 0~50cm 범위 내 염분 분포면적

Rating category	Non saline	Very slightly saline	Slightly saline	Moderately saline	Strongly saline	Very strongly saline	Total area (ha)
ECe (dS/m)	0 to <2	2 to <4	4 to <8	8 to <16	16 to <40	≥40	
Yield restriction	Salinity effects mostly negligible	Yields of very sensitive crops may be restricted	Yield of many crops restricted	Only tolerant crops yield satisfactory	Only a few very tolerant crops yield satisfactory	Halophytes are the only option	
Total area (ha)	3,839,171	225,158	968,709	218,005	287,827	683,409	6,222,279
%	61.7	3.6	15.6	3.5	4.6	11.0	-

## 라. 아부다비 벼 재배지 검토

벼 재배지 선정을 위해서는 벼 재배환경에 대한 고려가 필요하다. 일반적으로 재배환경 인자로는 토양, 지형, 기후, 수자원, 토양관리 등이 고려된다. 우리나라의 논농업지의 특성을 살펴보면 우리나라는 몬순기후를 전형적으로 나타내는 지역으로, 여름에 강우가 많고, 대체로 평탄지나 곡간지에 분포되어 있다. 평탄지의 논은 배수 약간불량 또는 불량이며, 곡간지의 논은 배수가 불량하다.

UAE는 우리나라와 비교한다면 사막 건조 기후로 인해 벼농사에 매우 불리한 지역으로 볼 수 있다. 토양의 경우 사질계 토양으로 비옥도가 낮고 삼투량이 커서 물소비량이 많은 단점이 있다. 더욱이 매우 적은 강우량으로 인해 벼농사에 필수 요소인 충분한 양의 관개용수 확보가 어렵다는 것이다. 그러나 재배여건의 불리함에도 불구하고 농진청에서 추진 중인 사막 시험 벼 재배 결과에서는 충분한 양의 관개용수가 확보 가능할 경우 시비를 통한 비옥도 개선, 차수층 조성 등 토양물리적 구조개선 등을 통해 벼 재배 가능성을 확인할 수 있었다. 비옥도 개선 및 토양구조 개선은 예산 및 기술력의 문제로 해결이 가능할 것으로 보이므로, UAE에서 벼 재배를 위한 최우선 해결과제는 충분한 양의 농업용수 확보가 될 것이다.

UAE Abu Dhabi 토후국에서의 작물재배적지 선정과 관련한 연구결과(Amal Aldababseh. .et al. 208)에서 전체 토지의 7%만이 곡물재배에 가장 적합(S1)하고 20%는 적당히 적합(S2)하며 16%는 다소 부적합(S3)하며, 여타 지역의 경우 배수, 기후, 토양 능력 및 수자원의 제한 등으로 부적합한 것으로 보고하고 있다(표 6, 그림 14). 본 연구에서 작물재배에 있어서 토양 염도, 토양 토성, 유효토심, 경사, 용수공급의 적절성 및 농업용수염도 등의 영향을 주요인자로 보고 있으며, 이중 농업용수의 공급을 가장 중요한 인자로 검토하고 있다. 따라서 물을 많이 사용하는 곡물 특히 벼에 있어서는 수자원의 가용성이 더욱 중요한 인자로 고려되는 것을 알 수 있다.

표 6 | UAE Abu Dhabi 토후국 곡물재배 가능지역 면적

토지적합성(곡물류)	S1	S2	S3	N1	N2
면적/Ha	406,374	1,162,680	914,341	2,223,767	1,015,934
%	7	20	16	39	18

본 연구에서 곡물재배 적성 등급이 S1과 S2로 검토된 지역의 특성을 고려할 때 이 지역에서 벼 재배 역시 가능할 것으로 보인다. 이 지역의 토성은 사토로 물관리에는 불리하나 토양염도가 6dS/m 이하로 벼 재배 토양염도 기준인 4dS/m를 초과함에도 불구하고 정도가 크지 않아 충분한 물관리가 이루어 질 경우 관리가 가능할 것이다.

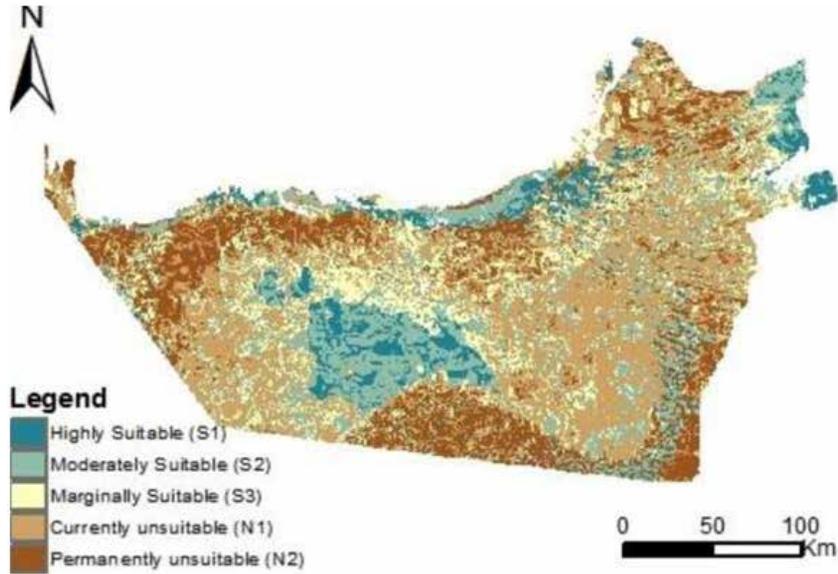


그림 14 | UAE Abu Dhabi 토후국 곡물재배 가능지역 위치도

Abu Dhabi의 경우 하수처리수의 농업용수 재활용 계획에 따라 하수처리수 공급망을 구축하고 있으며, 이러한 시설은 곡물재배가능지로 제시된 구역을 영향권으로 하고 있다. 따라서 하수처리수의 활용이 가능할 경우 벼 재배에 필요한 농업용수공급에 무리가 없을 것으로 판단된다. 다만 관련기관에 문의 결과 무료 공급은 어렵고 생활용수로 공급되는 제염수를 사용하는 것보다 저렴한 비용으로 공급이 가능할 것이라는 답변을 들은 바 있어 용수 공급비용에 대한 고려가 필요하다.

Abu Dhabi를 제외한 지역에서는 곡물재배와 관련된 환경, 자원 등에 관한 자료의 획득에 어려움이 있을 수 있으므로 벼 재배지를 검토할 때 우선적으로 용수공급의 적절성을 고려하여 선정 후 제한인자에 대한 검토를 하여 선정하면 무리가 없을 것으로 판단된다.

#### 4. 맺는말

UAE 벼 재배와 관련하여 적지 선정을 위해 실시한 UAE 토양에 대한 자료 등을 검토한 결과는 다음과 같다.

벼는 물이 있는 논에서 재배하는 작물이지만 수생식물은 아니다. 하지만 벼의 생리 작용에 필요한 생리수와 벼가 자라는 입지 환경을 조절하기 위한 환경수를 공급하기 위해서 필요하다. 이중

절대 필요량을 요구하는 것은 환경수로서는 벼의 생장조절, 양분의 공급과 흡수조절, 환원과 산화의 조절, 토양수 내에 용해된 유해물질의 배제, 온도조절, 사용한 농약의 희석/용해, 잡초 발생 억제, 간척지에서는 염분 상승 억제 및 희석 등과 관계하고 있다. F.G. Dou et. al.(2016) 등의 연구에 따르면 벼 재배에 있어서 수량은 품종과 토양, 물관리의 상호의존적 작용에 영향을 받는다고 하였으며, 담수재배가 호기상태의 재배보다, 점토질 토양이 사질 토양보다 높은 수량을 얻을 수 있었다고 보고하고 있다. 이는 벼 재배지 토양은 적당한 보비력, 보수력, 적절한 삼투량 등의 조건이 필요하다는 것을 보여주는 결과이다. 그러나 UAE는 대부분 사질계 토양이며, 강수량이 매우 적은 건조지역으로 벼와 같이 물 사용량이 많은 작물의 재배에는 불리한 조건을 갖고 있다.

UAE는 거의 전 국토가 사질계 토양으로 이루어져 있어 토성을 고려하여 양질의 토양을 선택하는 것은 거의 불가능하다. 따라서 벼 재배 대상지를 물색할 때 토성보다는 제한인자의 관점에서 검토되어야 한다. UAE 토양의 주요 토양제한인자로는 석력의 함량, 과다한 염분, 경반층, 석고집적층, 탄산칼슘 집적층의 유무 등을 검토할 수 있다. 이외에 경지조성을 고려하여 지형의 경사 또는 기복, 용수공급의 용이성 등을 검토하여야 한다. 이러한 관점에서 UAE에서 벼 재배지를 선정할 때에 FAO에서 제안하고 있는 토지적성등급(Land suitability class)(FAO, 1976)을 참고할 수 있을 것이다. 벼 재배 제한인자와 농지조성의 용이성 등을 고려할 때 관개 농업 적성 등급 S1~S2의 등급을 갖는 지역에서 벼 재배가 가능할 것이다, 그러나 S1의 조건을 충족하는 지역은 기존 농업지역으로 이용되고 있으며 극히 제한된 지역에서만 나타나고 있어 실제 확보에 어려움이 예상된다. S3 지역의 경우에는 비교적 높은 표토의 염분함량으로 벼 재배에 제한받을 수 있으며, 토양기복이 심하고, 경사가 비교적 높아 경지조성 하는데 비경제적일 수 있다. 따라서 벼 재배지의 경우 S2 지역이 제안될 수 있을 것이다. 이러한 지역의 경우 Abu Dhabi 환경청에서 운영하고 있는 EAD EnviroPortal Viewer(<https://enviroportal.ead.ae/map/>)에서 확인이 가능하다.

UAE에서 벼 재배지를 선택할 때 우선적으로 FAO 적성 등급을 확인하는 등의 다양한 자료를 활용하는 것 이외에 현지 조사가 필요하다. 기존 자료들에 따르면 많은 지역의 표토 중 염분 함량이 낮은 것으로 보고되고 있으나, 기후적으로 매우 건조하므로 물관리 기법(담수재배, 고랑재배 및 점적관개)에 따라 다양한 염류에 의한 현상이 발생할 수 있다. 점적관개의 경우 장기적으로 적용될 경우 염류상승으로 표토층에의 염류집적이 발생할 수 있을 것이다. 따라서 물관리 기법으로 점적이나 고랑재배 등을 선택할 시에는 가능한 표층의 염분농도가 낮은 지역을 선정하는 것이 필요하며, 적극적인 토양 혼합, 또는 세척 등으로 토양 염분을 희석, 제거하는 방안이 필요할 것이다.

건조사막지역에서의 벼 재배는 물관리가 중요할 것이며, 충분한 용수공급이 어려울 경우 염분 문제는 가장 우선순위에 두어 검토해야 할 인자이다. 담수조건 없이 점적관개 등으로 관개가

이루어질 경우 염류상승으로 인한 염류집적 현상이 발생할 수 있다. 따라서 충분한 관개가 가능한 지역 또는 주기적인 세척이 가능한 재배조건을 선택하여야 할 것이다. 이외에도 다양한 토양조건, 관개수 접근성, 기후 등 다양한 평가 인자를 이용한 토양-관개 적합성 평가를 실시하여 벼 재배지를 선택하고 가장 합리적인 물관리 방안을 마련할 필요가 있다. 또한 낮은 토양 비옥도와 열악한 토양 물리성을 개량하기 위한 유기물 시용과 토양개량제의 사용을 적극 검토할 필요가 있을 것이다.

## 사사

※ 이 원고는 농촌진흥청의 연구비 지원으로 수행된 「UAE 사막환경에서 지속 가능한 벼 재배 종합기술 개발(과제번호:PJ016256)」 과제의 일부이며 이에 감사드립니다.

---

## 참고문헌

- Mohamed al mulla, 2011, UAE State of Water Report. Second Arab Water Forum, Cairo, 20-23 November 2011.
- UAE State of Environment Report. 2015. Ministry of Environment and Water, 2015.
- Mahmoud Ali Abdelfattah & Colin Pain. 2012. Unifying regional soil maps at different scales to generate a national soil map for the United Arab Emirates applying digital soil mapping techniques. Journal of Maps. vol4
- Environment Agency-ABU DHABI. 2019. Soil salinity Management Plan.
- FAO. 1976. Framework for Land Evaluation, FAO Soils bulletin 32
- B. R. M. Rao, M.A.Fyzee , G. Sujatha & Milind Wadodkar. 2019. Soil resource appraisal of Emirate of Dubai for optimun landuse planning.
- Mahmoud A. Abdelfattah and Shabbir A. Shahid. 2014. Spatial Distribution of Soil Salinity and Management Aspects in the Northern United Arab Emirate. Sabkha Ecosystems: Volume IV: Cash Halophyte and Biodiversity Conservation.
- Mahmoud A. Abdelfattah & Anil T. Kumar.2014. A web-based GIS enabled soil information system for the United Arab Emirates and its applicability in agricultural land use planning. Arab J Geosci
- Amal Aldababseh, MarCrop ouane Temim, Praveen Maghelal, Oliver Branch and Volker Wulfmeyer. 2018. Multi-Criteria Evaluation of Irrigated Agriculture Suitability to Achieve Security in an Arid Environment, Sustainability
- Fugen Dou ,Junel Soriano,Rodante E. Tabien,Kun Chen. 2016. Soil Texture and Cultivar Effects on Rice (Oryza sativa, L.) Grain Yield, Yield Components and Water Productivity in Three Water Regimes, PLoS ONE

# 토양-물-에너지-식량-탄소 넥서스 기반 농업환경보전프로그램 영향 평가 플랫폼 설계

## Design of Agricultural Environmental Conservation Program Impact Assessment Platform Based on Soil-Water-Energy-Food-Carbon Nexus

나라\_전남대학교 지역·바이오시스템공학과 (nara4180@naver.com)

유승환\_전남대학교 지역·바이오시스템공학과 부교수 (yoosh15@jnu.ac.kr)

이상현\_충북대학교 지역건설공학과 조교수 (sanghyun@chungbuk.ac.kr)

최진용\_서울대학교 생태조경·지역시스템공학부 교수 (iamchoi@snu.ac.kr)

성재훈\_한국농촌경제연구원 환경자원연구부 연구위원 (jsung@krei.re.kr)

허승오\_농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과 연구관 (soilssohur@korea.kr)

손정우\_농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과 연구사 (son094@korea.kr)

01

02

03

04

05

06

07

08

## 1. 서론

### 가. 농업환경보전프로그램과 넥서스

우리나라 농업정책은 농업 생산활동으로 인해 발생하는 환경부하 문제를 개선하려는 제도들이 단편적 및 분산적으로 추진되어 왔으며, 이로 인하여 농업생산단계의 환경문제에 대한 인식 부족과 함께 사전예방 차원의 적극적인 대응체계를 갖추지 못하고 있다(국회입법조사처, 2021). 또한 생산성 중심의 고투입 농법으로 농업분야 환경부담에 대한 우려가 가중되고 있으며, 이에 따른 환경부하 문제에 대한 정책적인 지원방안 마련이 미흡한 상황이다.

한편, 농림축산식품부에서는 농업 생산활동으로 농촌지역에 긍정적인 영향을 주는 환경자원을 보전하기 위해 2018년부터 마을단위의 농업환경보전프로그램 사업을 시행 중에 있다(농림축산식품부, 2020). 사업지구를 대상으로 5년 동안 농업비점, 생태계, 농촌경관 및 농업유산 분야 등 각종 농업환경보전 활동을 실시하며, 가시적 성과평가 방안 마련의 필요성 증대 및 농업

환경보전프로그램의 효율성 제고와 대외적 당위성 확보가 필요한 상황이다.

농업환경보전프로그램의 성과지표는 농업환경보전 활동에 근거한 부분과 환경개선 결과에 근거한 부분으로 나누어서 고려할 수 있다. 농업환경보전 활동은 그 효과가 즉각적으로 나타나지 않고 수많은 인과관계가 영향을 미친다(임영아 외, 2020). 한편, 넥서스는 자원 간의 상쇄작용(Trade-off)과 상승효과(Synergy)를 분석하여 외부 요인이 물-식량-에너지에 끼치는 영향을 통합적으로 평가하고 이를 의사결정에 이용하는 것으로(최은희 외, 2019), 농업환경보전프로그램 세부 활동의 이행에 따라 토양, 물, 식량 및 에너지 등 주요 자원은 변화하고 각 자원은 상호 영향을 주고 받으므로 넥서스로 접근할 수 있다. 따라서 농업환경보전프로그램의 효과평가를 위해 토양-물-에너지-식량-탄소 넥서스를 접목한다면 새로운 방향의 농업환경정책을 제시할 수 있을 것이다.

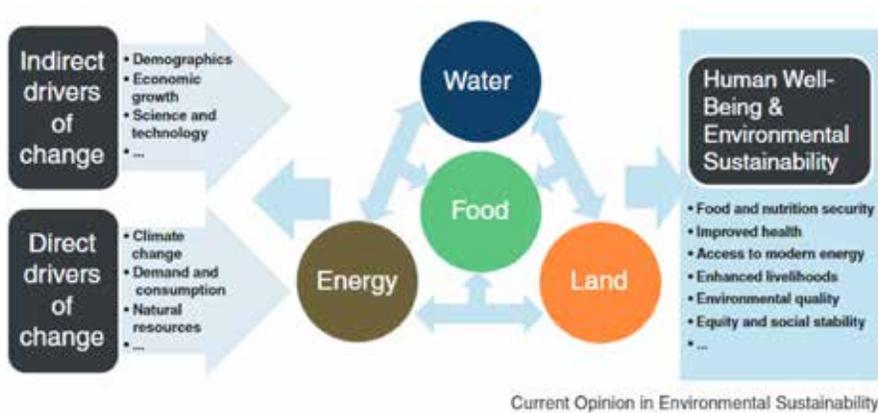


그림 1 | 농업환경보전프로그램의 환경진단을 위한 토양-물-에너지-식량 넥서스 구축 및 연계분석 (Claudia et al., 2013)

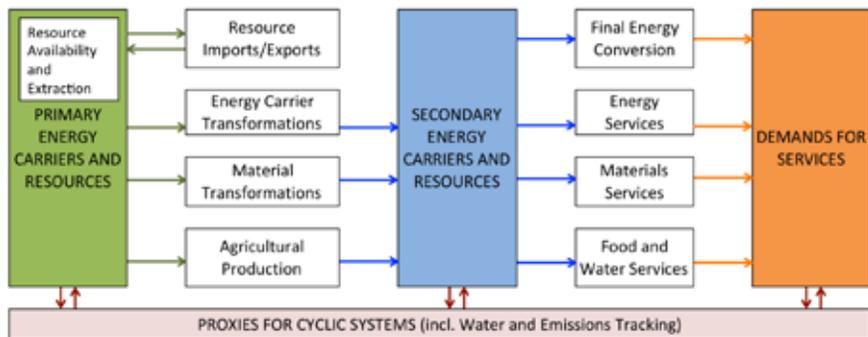


그림 2 | CLEW 모델 시스템(Manuel Weirich, 2013)

## 나. 국내외 농업환경보전프로그램 및 넥서스 관련 연구

국내 농업환경보전프로그램 관련 이행점검 사례에는 환경보전프로그램 이행시 인센티브를 제공하는 제도로 생물다양성관리계약제도, 친환경농업직접지불제, 경관보전직접지불제 등이 있다. 해당사업은 모두 이행점검을 통해 계약의 이행상태를 점검하고 인센티브를 제공하고 있다. 현재 진행 중인 농업환경보전프로그램은 현장지원조직, 주민협의회 및 행정협의회 등을 바탕으로 사업시행 계획, 이행점검, 농업환경조사, 실적 평가, 개선사항 도출에 대한 가이드라인을 제공하고 있다. 하지만 현재까지 농업환경보전프로그램에 대한 환경적 영향 및 사업시행 계획의 효과성 평가 등에 대한 연구는 진행된 바가 없다. 이와 더불어 토양, 물, 식량, 에너지 등 농업자원 간 연계분석 관련 연구는 다양하나, 토양-물-에너지-식량-탄소 넥서스를 구축한 연구는 부족한 실정이다.

농업환경 관련 제도에 대한 해외 연구는 다양하며, 현재까지 지속적으로 진행 중이다. 예를 들어, 유럽연합(EU, European Union)은 새로운 공동농업정책 등에 대한 회원국들의 효과적인 대응을 지원해 주기 위해 MIND STEP 프로젝트, AGRICORE 프로젝트, BESTMAP 프로젝트 Horizon 2020을 실시했으며, 시너지 효과를 극대화하기 위해 웹페이지 “Agrimodels cluster”를 운영하고 있다. 이러한 프로젝트들의 특징은 농업, 농촌, 환경, 기후 정책 관련 의사결정을 지원하기 위한 농가 각각의 의사결정을 모형화하고, 다양한 지역단위 모형과 연계하여 농가의 활동으로 인한 농업환경변화를 정확하게 예측할 수 있다는 점이다. 또한, 농업자원 간 연계분석을 위한 넥서스 개념 및 플랫폼 관련 연구는 지속적으로 진행 중이며, 넥서스 플랫폼 예시로는 CLEW, WEF Nexus Tool 2.0, WEAP-LEAP 등이 있다. 기존의 물-에너지-식량 넥서스에서 시작해 토지, 기후, 탄소 등과의 추가적인 연계를 통해 넥서스를 구성하는 연구로 확대되고 있다.

농림축산식품부에서는 2018년부터 농업·농촌을 전통적인 식량생산 공간에서 환경보전과 문화·복지 등을 아우르는 공간으로 조성하고, 생산성 중심의 고투입 농업활동으로 인한 토양오염 등 농촌환경문제에 효과적으로 대응하고자 농업환경보전프로그램 사업을 시행 중에 있다. 신규 예산 확보를 통해 2019년 5곳 마을을 시작으로 프로그램을 본격 도입했고 2020년에는 사업 대상지 20곳을 추가하였다. 2022년에는 40곳을 추가 선정하여, 현재 전국 65곳 마을에서 이 프로그램을 시행하고 있다. 농업환경 개선이 필요한 지역을 대상으로 사업시행계획을 수립하고, 토양·용수·대기·경관 등 다양한 환경보전 활동을 시행 중이며, 농업환경 보전 활동은 토양·용수·대기·경관·생활·유산·생태 분야별 개인 또는 공동 활동으로 구성되어 있다(표 1).

표 1 | 농업환경보전프로그램 활동 내용

활동	분야	단위 과제	세부 활동
개인	토양	적정양분 투입	완효성 비료 사용하기
		외부양분 투입 감축	농사 후 남은 농업부산물 잘라 논·밭에 환원
			휴경기 녹비작물 재배 및 토양환원
		토양침식 및 양분유출 방지	벗짚 등 농업부산물로 경사진 밭 덮기
			경사진 밭 둘레에 빗물이 돌아가는 이랑 만들기
			경사진 밭 끝에 초생대 설치하기
	경사진 밭 끝에 침사구 설치하기		
	생태	농약사용 저감	천적으로 해충 방지하기
			제초제 없이 잡초 제거하기
			과수원에서 초생 재배하기
			태양열로 토양 소독하기
		시설하우스에 방충망 설치하기	
	농업생태계 보호	덤병(물웅덩이) 조성 및 관리('22 신규)	
	대기	온실가스 감축	경운 최소화
바이오차 투입('22 신규)			
축산악취 저감		축산악취 저감을 위한 미생물 제제 사용하기	
공동	용수	농업용수 수질개선	오염된 하천·저수지 청소 및 수생식물 식재
		양분유출 방지 등	논 배수물꼬 설치 및 물관리
	생활	생활환경 개선 (농촌비점 발생 최소화)	영농폐기물 공동수거 및 분리배출
			생활폐기물 공동수거 및 분리배출
	생태	농업생태계 보호	생태계에 유해한 생물 제거
			덤병(물웅덩이) 조성 및 관리
			농경지 이용 멸종위기종 조류 먹이공급
	경관	농촌경관 개선	공동공간 관리 및 청소
			공동공간에 꽃과 나무 심기
			빈집 및 불량시설 경관 정비
	유산	농업유산 보전	농경의례 및 공동체문화 전승
			전통적 농업기술의 유지 및 계승
전통적 토지이용 경관의 보전			
전통적 수리관개시설의 활용 및 보전			

## 다. 연구개발의 필요성

농업환경보전프로그램은 농업용수 사용량 절감, 수질개선, 온실가스 감축 및 생물다양성 증진 등을 목적으로 농업환경 보전 및 개선을 위한 세부 활동을 실시한다. 각 세부 활동은 개별 자원 뿐만 아니라 타자원의 변화와 자원 간의 연계에도 영향을 미칠 수 있기 때문에 이를 통합적으로 분석 후 정량화하며 농업자원 간의 연계 해석 시스템을 기반으로 사용자 기반의 시나리오를 적용 및 평가할 필요가 있다.

농업환경보전프로그램의 비용 효율적인 향상을 위해서는 증거 기반의 사업시행계획이 필요하며, 모니터링과 평가를 바탕으로 한 사업의 지속적인 개선이 필요하다. 또한, 환경적 성과를 바탕으로 한 농업환경보전프로그램의 계획, 모니터링 및 평가를 위해서는 환경개선 정도를 계측하는 생물물리학적 모형과 비용 효율성을 평가할 수 있는 경제학적 모형의 통합이 필수적이다.

공익직불제 실시와 농업환경보전프로그램 운영에 따라 국가 단위의 농업환경자원 관리를 위한 농업환경정책 수립 및 실천전략이 필요하다. 따라서 농업환경보전프로그램의 평가기준 및 성과평가 체계를 구축할 필요가 있으며, 이를 위하여 환경진단방법 및 평가 지표를 개발해야 한다. 토양-물-에너지-식량-탄소 넥서스 기술은 다양한 농업자원의 연계성 기반의 환경진단 및 평가에 효율적인 도구가 될 수 있을 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 넥서스를 활용한 농업환경보전프로그램의 평가의 필요성에 따라, 생물물리학적 모형과 경제학적 모형을 적용한 농업환경보전프로그램 환경진단을 위한 넥서스 플랫폼 기술을 개발하고자 한다.



그림 3 | 연구개발의 중요성

## 2. 넥서스 플랫폼 기술 개발

### 가. 생물물리학적 모형 개발 및 적용

넥서스 플랫폼을 구성하는 생물물리학적 모형의 개발 및 적용을 위하여, 토양, 물, 에너지, 식량 등 농업자원 간 연계 해석을 위한 각 자원별 특성 및 자원 간의 연관관계를 정량화한 기초자료를 수집하고 농업자원별 기초자료를 바탕으로 생물물리학적 모형을 위한 인벤토리를 구축한다. 다음으로 농업환경보전프로그램의 세부 활동 중 토양-물-에너지-식량-탄소 넥서스를 통해 자원 간 연계분석을 수행할 활동을 선정한 후, 각 시나리오에 따른 자원별 연계해석을 위한 생물물리학적 모형의 기초적인 토양-물-에너지-식량-탄소 넥서스 프레임워크를 구축하고자 한다.

농업환경보전프로그램 시나리오에 따른 농업자원 간 연계해석의 시범적용 및 분석을 위한 생물물리학적 모형을 구성·개발하고, 자원 간 연계분석을 위하여 APEX 모형을 활용하였으며, APEX 모형은 토양특성, 기후, 관개방법, 작물생육 등을 고려하여 경운, 시비, 관개, 작목, 농약, 최적관리기법(BMP, Best Management Practices) 등에 따른 환경영향평가에 활용하고자 한다. 또한 농업환경보전프로그램 세부 활동 시나리오에 따른 자원별 결과를 모의하여 자원 간 영향을 분석할 예정이다.

농업환경보전프로그램의 사업대상지의 확대 적용 및 넥서스 기반의 생물물리학적 모형을 구축한 후, 농업 자원별 시나리오 구축 및 시나리오에 따른 자원별 결과를 분석한다. 또한 비료 시비 조절 및 토양 침식 방지(토양), 간단관개 및 물꼬 높이 조절(용수), 경운 최소화(온실가스 감축) 등 토양, 물, 에너지 자원의 투입에 따른 식량 자원의 변화와 온실가스 배출량 변화 등을 모의하고자 한다.

생물물리학적 모형의 연계분석 평가를 위한 토양-물-에너지-식량-탄소 넥서스 기반 평가지표는 농업자원별 항목 선정(수질측정 인자, 온실가스 배출량 등) 또는 농업자원별 결과를 취합하여 산정할 수 있는 평가지표를(지속가능성 지표 등) 개발하며, 평가지표에 기반한 농업자원의 지속가능성 및 농업 환경영향평가를 실시한다. 다음으로 농업환경보전프로그램의 대상지역에 수행한 세부 활동별 데이터를 생물물리학적 모형과 비교 및 검증하고 시나리오별 지표 결과를 통해 시나리오별 토양-물-에너지-식량-탄소 자원 간 평가를 실시한다.

### 나. 경제학적 모형 개발 및 넥서스 플랫폼 활용 방안 도출

농업환경보전프로그램 환경진단 넥서스 플랫폼을 구성하는 경제학적 모형 개발을 위하여, 미국, 호주, 유럽 등의 해외 농업환경지불프로그램을 분석하고 경제협력개발기구(OECD,

Organization for Economic Cooperation and Development), 경제연구국(ERS, Economic Research Service) 등 해외 농업환경지불 관련 연구에 대한 문헌 연구를 수행한다. 농업환경보전프로그램에 대한 분석 및 평가는 프로그램 예산, 자격 기준, 등록·인센티브, 행정 비용 및 비용효율성 등으로 구성된다. 농업환경지불프로그램 평가 모형에 대한 문헌 연구 후, 사례 지역 선정 및 경제학적 모형 구축을 위하여 관련 자료를 식별 및 수집하고 농업환경보전 프로그램을 대상으로 한 농가 단위 모형 개발할 예정이다. 경제학적 모형은 농업환경보전프로그램 환경진단을 위한 평가 지표와 통합되며, 사례지역을 바탕으로 한 시뮬레이션 분석 및 모형의 적합성 평가를 시행한다. 다음으로 정책 시나리오 구성 및 분석을 통하여 농가소득, 농업환경평가지표, 예산을 중심으로 비용 효과적 측면에서의 현행 농업환경보전프로그램 개선사항을 도출하고자 한다. 또한, 효과적인 농업환경보전프로그램 운영을 위한 자료 수집 및 관리 방안을 제시하고, 넥서스 플랫폼을 바탕으로 한 농업환경보전프로그램 교육 및 컨설팅, 사업 시행 계획 수립 활용 방안 연구는 환경보전 형태별 실천 기술 패키지 설계, 실천 기술 우선순위 평가, 지급 방법 등 비용 효과적인 프로그램 설계방안 연구 등을 포함할 예정이다(그림 4).



그림 4 | 농업환경보전프로그램을 바탕으로 한 시뮬레이션 모형

#### 다. 농업환경보전프로그램 환경진단을 위한 넥서스 플랫폼 구축

농업환경보전프로그램 환경진단을 위한 넥서스 플랫폼 구축을 위하여, 다양한 기초자료의 수집 및 조사 결과를 바탕으로 데이터베이스 구축 및 인벤토리 작성 후, 모델링을 통한 자원별 정

량화를 위한 포트폴리오를 구축한다. 다음으로 토양, 물, 에너지, 식량 자원 등의 주요 농업자원을 고려한 농업환경보전프로그램 실천 매뉴얼을 적용 및 평가할 수 있는 자원관리평가시스템을 설계한 후, 생물물리학적 및 경제학적 모형의 연계를 통한 농업환경보전프로그램 환경진단 넥서스 분석 기술을 개발 예정이다. 또한 시스템다이나믹스를 활용하여 복잡한 요인들의 단일방향 연계성뿐 아니라 피드백을 통한 쌍방향 연계성까지 분석하고자 한다.

다음으로 생물물리학적-경제학적 모형이 연계된 농업환경보전프로그램 환경진단 넥서스 플랫폼의 적용성을 분석한다. 다양한 농업환경보전프로그램 세부 활동에 대한 시나리오를 적용하여, 그 결과로 환경진단의 합리성을 평가하고 이를 바탕으로 넥서스 플랫폼을 보완하고자 한다. 다양한 시나리오를 농업환경보전프로그램 환경진단 넥서스 플랫폼에 적용하여 자원별 지속가능성을 평가 및 비교한 후, 본 연구에서 제시되는 지속가능성 등과 관련한 평가지표를 활용하여 농업자원의 환경적 영향 및 경제적 효과를 평가하고자 한다(그림 5).

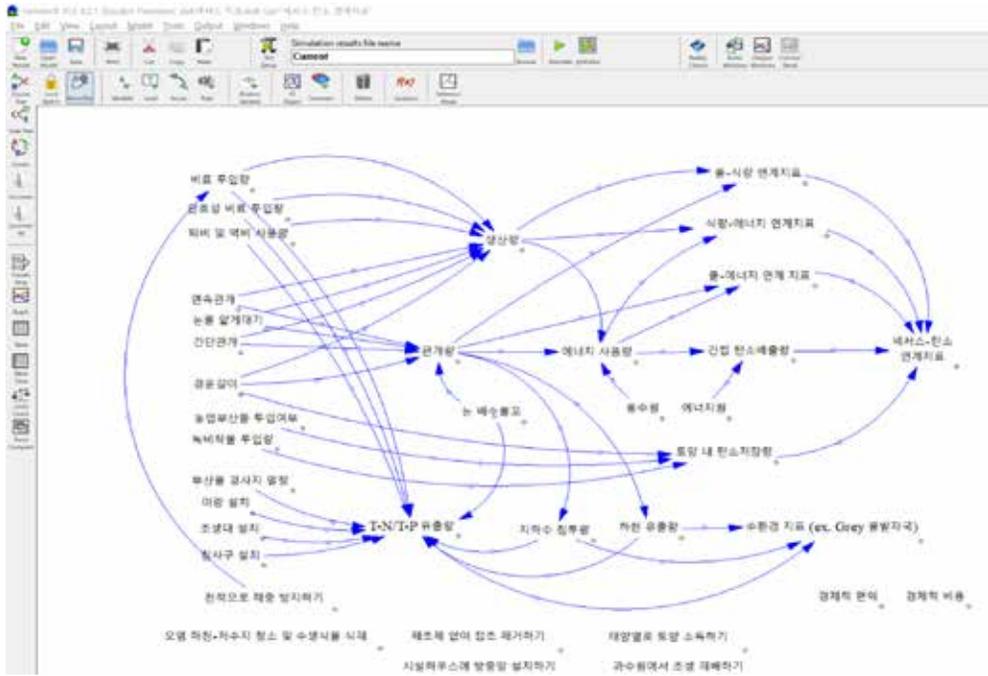


그림 5 | 시스템다이나믹스 넥서스 연계지표

## 라. 농업환경보전프로그램 환경진단을 위한 넥서스 플랫폼 개발효과

농업환경보전프로그램은 농촌 및 농업 환경의 지속가능성을 확보하기 위하여 추진되는 보조금 정책으로서, 프로그램의 이행을 통한 농촌 및 농업 환경의 지속가능성을 평가할 수 있는 지표의 개발이 필요하다. 따라서 본 연구에서 구축된 토양-물-에너지-식량-탄소 넥서스의 생물물리학적 모형을 활용하여 농업환경보전프로그램의 시행에 따른 지속가능성을 평가할 수 있다. 개발된 지속가능성 지표는 농업환경보전프로그램을 넥서스 관점으로 평가함으로써 자원의 지속가능성 개념으로 사업을 평가하는 것에 활용이 가능하다. 넥서스 기반의 농업환경보전프로그램 평가는 개별자원의 관리정책이 타 자원에 미치는 영향을 통합적으로 보여줄 수 있는 도구로서 의사결정 및 정책제안과 같은 활용도가 높을 것으로 기대되며, 나아가 각 자원관리 부처간의 효율적인 협업을 유도할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서 구축된 넥서스 플랫폼은 의사결정지원도구로 활용할 수 있으며, 증거 기반의 환경보전 형태별 실천기술 패키지 설계, 실천기술 우선순위 평가, 지급 방법 등을 포함한 비용효과적인 농업환경보전프로그램 설계가 가능하다. 농업환경보전프로그램에 대한 비용효율성을 분석함으로써, 신규 사업 선정 및 예산 배정, 교육-컨설팅에 필수적인 자료를 제공할 수 있다. 또한 증거 기반 농업환경지불프로그램 구축을 위한 자료수집 및 관리방안을 제시함으로써, 향후 농업환경지불프로그램의 수립과 모니터링, 그리고 평가에 관한 가이드라인으로 활용할 수 있다.

## 3. 맺는말

본 연구에서 구축된 토양-물-에너지-식량-탄소 넥서스를 구성하는 생물물리학적 모형은 넥서스 개념의 과학적 지속가능성 평가 모델로서 국제연합식량농업기구(FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations)와 OECD 등 국제기구에서 지속가능성 평가 모델로 제안되고 있으며, 개별자원의 관리정책이 타 자원에 미치는 영향을 통합적으로 보여줄 수 있는 기술이다. 또한 물-식량-에너지-토지-생태 자원의 상호간 영향을 고려한 통합적인 관점에서의 자원 관리 정책 수립 및 정책 평가에 이용할 수 있으며, 넥서스 플랫폼은 자원관리 부처간의 효율적인 협업을 유도할 수 있다. 경제학적 부분에 대한 연구는 농업환경지불프로그램 수립 및 평가 모형 구축에 관한 최초의 국내 연구이며, 따라서 향후 선택형직불을 포함한 우리나라 농업환경지불프로그램에 관한 의사결정지원도구 구축에 매우 유용하게 활용될 수 있다.

농업생태계의 건전성 확보로 장기적 차원에서의 사회·경제적 기회비용을 절감할 수 있으며, 농업경쟁력 강화를 위한 농업정책의 효율성 및 경제적 투입자원의 효율성을 높일 수 있다. 또한 미래 기후변화에 대응 및 적응하기 위해서는 자원관리간의 상호 협력체계가 필수적일 것으로

판단되며 본 연구의 결과는 농촌자원의 유기적인 통합관리를 위해서 활용될 수 있다. 본 연구에서 구축된 환경진단 넥서스 플랫폼은 지속가능한 농업을 위한 농업환경보전활동에 대한 효과를 통합적으로 검증하고, 넥서스 기반으로 개발된 통합 플랫폼은 농업환경보전프로그램을 자원의 지속가능성 개념으로 평가함으로써 정책 및 영농의 의사결정 지원도구로 활용할 수 있을 것이라 기대한다.

## 사사

※ 본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 국가농경지환경자원관리기술개발 사업의 지원을 받아 연구되었음(PJ01602501, 연구개발과제명: 농업환경보전프로그램 평가지표 개발 및 이행점검 플랫폼 구축)

---

## 참고문헌

- 국회입법조사처, 「농업환경관리제도 현황과 입법·정책과제」, 2021.12.07.
- 농림축산식품부, 「2021년도 농업환경보전프로그램 신규 사업대상지 공모 -사업신청 희망 마을, 5월말까지 시·군에 사업신청서 제출, 9월 농식품부에서 사업대상지 확정-」, 2020.5.8.
- 임영아, 정학균, 이정화, 2020, 농업환경보전 프로그램 발전 방안, 한국농촌경제연구원
- 최은희, 이승현, 2019, SNAK(Smart Nexus for Agriculture in Korea)을 위한 자원 요인 조사 및 실증기반구축, 한국농공학회지 61(1), pp.36-43.
- Claudia Ringler, Anik Bhaduri, Richard Lawford, 2013, The nexus across water, energy, land and food (WELF): potential for improved resource use efficiency, Current Opinion in Environmental Sustainability, 5(6), pp.617-624
- Manuel Weirich, 2013, Global resource modelling of the climate, land, energy and water (CLEWS) nexus using the open source energy modelling system (OSEMOSYS)

# 스마트 농촌용수 및 재해 관리를 위한 저수지 디지털 트윈 (Digital Twin) 플랫폼의 필요성

## The Need for A Reservoir Digital Twin Platform for Smart Rural Water and Disaster Management

하창용\_한국농어촌공사 농어촌연구원 미래농어촌연구소 스마트기반연구부 (cyha@ekr.or.kr)

정기문\_한국농어촌공사 농어촌연구원 미래농어촌연구소 스마트기반연구부 (gimoon1118@ekr.or.kr)

송성호\_한국농어촌공사 농어촌연구원 미래농어촌연구소 스마트기반연구부 (shsong@ekr.or.kr)

## 1. 서론

2016년 스위스 다보스 포럼에서 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT), 로봇기술, 드론, 가상현실(VR) 등이 주도하는 차세대 산업혁명으로 제시된 4차 산업혁명은, 최근 유통부터 농업까지 실생활과 밀접하게 관련된 많은 분야에서 디지털 대전환으로 확대되고 있다. 과거 1차 산업혁명(1760~1840)은 철도·증기기관의 발명 이후 기계적 생산을 촉발하였으며, 2차 산업혁명(19세기 말~20세기 초)은 전기와 생산 조립라인 등의 분업을 통한 대량 생산체계 구축하였다(그림 1). 이후 3차 산업혁명은 1990년 말부터 반도체와 메인프레임 컴퓨팅, PC, 인터넷의 통한 정보기술 시대로 발전되었다. 2016년 삼성 뉴스룸 스페셜 리포트에 따르면 과거 수십년 이상의 기간이 소요된 것과 달리 3차 산업혁명 시작 이후 20년 정도 경과된 현재, ‘속도’와 ‘범위’, 마지막으로 ‘효과’ 측면에서 4차 산업혁명에 진입하고 있다. 또한, 전세계에 영향을 미친 코로나19는 기존 패러다임의 변화와 비대면 서비스의 확대로 이어져, 각국의 디지털 전환(digital transformation) 경쟁을 가속화하고 있다. 우리나라도 디지털 전환의 흐름을 선도하고자 다양한 정책을 통해 경제·사회 전반의 디지털 혁신을 추진 중에 있다. 그 중에서 디지털 전환을 실현하기 위한 주요 기술로 도시·산업 혁신과 안전, 의료, 에너지, 농업 등 다양한 분야에 적용 가능한 **디지털 트윈(digital twin)**을 주목하고 있으며, 주요 선진국들 역시 경쟁적으로 주력 산업과 기반시설의 디지털 전환을 위해 디지털 트윈 관련 정책을 적극 추진 중에 있다.

농업분야는 농업기계의 무인농업과 스마트 농업 플랫폼 등 특정 분야에서만 한정적으로 연구 개발되고 있다. 농업용 저수지와 농촌용수 분야에서는 디지털전환 노력을 하고 있었지만, 디지털 트윈 플랫폼의 인식은 초기 단계에 있다. 따라서, 본론에서는 디지털 트윈의 구체적인 개념과 다양한 분야의 적용사례, 농업용 저수지 디지털 트윈 필요성을 알아보고, 디지털 트윈 플랫폼을 통하여 4차 산업혁명의 핵심 요소 기술을 융합하고 데이터 기반의 과학적인 농촌용수관리 및 재해대비 농업용저수지 관리방향을 소개하고자 한다.

**초입기 들어간 제4차 산업혁명**

순서	연도	특징
1차	1784	증기, 물, 기계적 생산설비
2차	1870	분업, 전기, 대량생산
3차	1969	전자, IT, 생산 자동화
4차	?	디지털-피지컬 시스템 통합

그림 1 | 산업혁명의 변천사(삼성뉴스룸 스페셜 리포트, 2017\*)

\* 삼성뉴스룸 스페셜 리포트(2017)에서 세계경제포럼(WEF, 2016)에 발표한 자료를 재이용함.

## 2. 디지털 전환

### 가. 디지털 트윈

디지털 트윈이란 가상 세계(digital)에 실제 사물의 물리적 특징을 동일하게 반영한 쌍둥이(twin)를 3차원(3D) 모델로 구현하고, 이를 실제 사물과 실시간으로 동기화한 시뮬레이션을 거쳐 관제·분석·예측 등을 통하여 해당 사물에 대한 현실 의사결정을 지원하는 기술이다. 디지털 트윈 개념은 2003년 Florida Institute of Technology의 Michael Grieves가 PLM(product lifecycle management) 분야에서 최초로 제안하였다. 이로 인하여 과거 개념적으로만 존재하던 기술이 최근 AI·XR·5G 등 다양한 요소기술의 등장 이후 구현이 가속화되었다. 그리고 이전부터 산업현장에서 활용되어온 CAD, BIM, GIS 기술 등이 D.N.A(Data·Network·AI) 기술과 융합하였다. 융합기술 분야인 만큼 명확한 범위를 정의하는 것은 어렵지만, 3D 객체 및 데이터 기반의 실시간 시뮬레이션을 공통 필수 요소로 인식하고 있다(그림 2).

디지털 트윈을 이용하면 가상 공간에서 시뮬레이션을 통해 시간과 비용을 절약하면서도 실제 실험과 유사한 결과를 도출할 수 있다. 또한 실제 실행과정에서 발생할 수 있는 위험 사고를 예방할 수 있어 안전하고, 의사결정이 필요한 모든 산업에 적용 가능하다는 확장성까지 보유하고 있다. 특히 '2050 탄소중립 시나리오'의 본격화와 더불어 에너지·교통 등 탄소배출량과 관련 깊은 산업들이 주요 경제·사회 이슈로 대두됨에 따라, 디지털 트윈은 실험용 시제품 생산을 감축하는 친환경 발전과 연결되어 메타버스(metaverse)와 함께 탄소중립의 기반 기술로 주목받고 있다. 글로벌 컨설팅기업인 엑센츄어에서는 향후 디지털 트윈 서비스 확산 시 2030년까지 실질 탄소배출량이 7.5억톤 감소할 것으로 예측하였으며, 이는 2020년 전세계 탄소 배출량의 23.8% 수준으로 전망하고 있다(과학기술통신부, 2021).

현재 디지털 트윈의 국내외 인식과 동향을 살펴보면 국외에서 싱가포르가 디지털 트윈의 잠재적 가치를 조기에 인식하여 미래 도시 계획 및 관리를 위한 『버추얼 싱가포르』를 2015년부터 추진하여 진행하고 있다. 초기에는 폐쇄형 플랫폼으로 구축되어 확장성 및 데이터관리 등에 제약이 발생함에 따라, 최근에는 개방형 플랫폼으로 전환을 시도하고 있다. 이후 영국에서 2018년부터 싱가포르 사례 분석과 자국의 강점인 데이터 공학과 연계한 AI를 활용하여 전 세계 디지털 혁신 중심지로 도약하기 위한 『국가 디지털 트윈』전략을 추진하고 있다. 미국은 과학기술자문위원회(PCAST)를 중심으로 디지털 트윈을 산업 분야인 미래공장의 핵심 요소로 인식하고 제조 경쟁력 강화를 위한 전략을 제시하였다. 초기에는 항공·발전 제품공정 최적화와 설비 고장예측 및 모니터링 등 제조업의 서비스화를 위한 기술로 도입하였으나, 그 이후에는 입증된 효과를 토대로 에너지·물류 등 다양한 산업에서의 생산성 향상과 비용 절감을 위한 디지털 트윈 수요가 증가하고 있다. 국내의 경우 정부에서는 4차 산업혁명에 대응하기 위해 디지털 트윈 요소기술(D.N.A+XR)의 발전을 통한 기반 마련을 하였으며, 이런 요소기술 기업의 성장, 융합 서비스 확산 등을 통해 디지털 트윈 분야 성장의 단초를 마련하였다(표 1).

표 1 | 국내 디지털 트윈 요소 기술 관련 정책 추진내용

구분	내용
Data	- 2019. 01: 데이터-AI경제 활성화 계획 - 2020. 02: 데이터 3법 개정 - 2021. 02: 데이터 119 프로젝트 시행
Network	- 2019. 04: 세계 최초 5G 상용화에 이어 5G+전력 수립 - 2019 : 세계 최고 수준 5G망 구축, 스마트폰 세계시장 점유율 1위 달성
AI	- 2019. 12: 인공지능 국가 전략 수립 [전문기업-인재육성, 기술경쟁력 확보, 新서비스 활성화에 대한 미래 비전 제시]
XR	- 2020. 12: 비대면 사회로의 급속한 전환에 대응, 가상융합경제 발전전략 수립 ⇒ XR 융합 확산, 인프라 확충

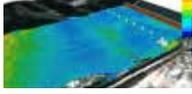


그림 2 | 디지털 트윈 요소기술 개념도(과학기술정보통신부, 2021)

## 나. 디지털 트윈 적용사례

과학기술정보통신부에서는 디지털 트윈의 공공부문 선도를 위해 디지털 트윈 실증 사업 및 핵심기술 개발에 주력하고 있으며, 국토교통부는 트윈의 기반이 되는 공간정보구축을 중심으로 추진하고 있다. 또한 많은 지방자치단체에서는 스마트시티 서비스 도입의 일환으로 다양한 모의실험을 통한 문제 해결 및 정책 결정을 지원하는 ‘디지털 트윈 도시’ 추진하고 있다. 민간분야에서는 대기업 중심의 수요확대를 통해 투자 및 선도 사례를 창출하고 있으며, 중소기업은 디지털 트윈 시장으로 공급 비즈니스를 확대하고 있다. 실제 적용사례로는 의사 결정이 필요한 모든 산업의 다양한 분야에서 적용하고 있다(표 2). 특히, 안전 분야에서는 환경부와 수자원공사가 섬진강유역의 하천관리를 위하여 디지털 트윈 기반 댐-하천 물관리 플랫폼을 개발하고 있으며, 국방 분야에서는 한국형 차세대 전투기 KF-21 개발을 위한 설계·엔지니어링·제조 과정에 디지털 트윈 플랫폼을 활용하고 있어 에너지, 물류, 제조부터 안전, 국방까지 수많은 분야에서 활용하고 있다.

표 2 | 분야별 디지털 트윈 추진 현황(과학기술정보통신부, 2021)

구분	추진 현황	
철강	- 포스코 A&C에서 철강 생산공정 시공 중 발생하는 공기 지연, 공사비 증가, 안전사고 발생 등의 리스크를 최소화하기 위해 디지털 트윈 적용	
조선	- 한국조선해양에서 세계 최초로 LNG 운반선 가상 시운전 솔루션을 개발, 연료엔진 등 핵심설비 성능 검증 및 시운전 비용 30% 절감예상	
차량	- 현대자동차에서 소나타 등 차량 설계에 디지털 트윈 적용하고, 향후 전기차 설계 및 시범 생산 분야에도 트윈 적용 계획	
건설	- 두산인프라코어에서 굴착기 등 건설기계와 현장을 디지털 트윈으로 구현하는 건설 공정 시뮬레이터 개발 프로젝트 추진	
물류	- LG CNS에서는 전문조직 'Logistics DX LAB'을 구성하고, 물류센터 최적화를 목표로 디지털 트윈·IoT 등 R&D에 연간 30억 원 투자	
에너지	- SKT에서 5G 기반 스마트 발전소 구축 협약을 통해 원전 설비를 가상으로 구현해 실시간 모니터링하는 안전 운용 시스템 개발 - 한국서부발전은 화순풍력단지의 풍력발전기에 진동·온도·속도 데이터를 분석하는 실시간 진단 및 고장예측 시스템 구축 및 실증	
공장	- GS칼텍스는 2030년 완성을 목표로 전남 여수공장 생산시설을 관리하는 '디지털 트윈 기반 통합관제센터' 구축	
농업	- LG U+는 PTC와 업무협약을 통해 트랙터 원격진단 등 5G, 디지털 트윈 기반 스마트 농업 서비스 플랫폼 구축	
도시	- 서울시가 S-MAP을 통해 교통, 기상 데이터 등 분석 기반 도시건축 행정 및 관광, 홍보 서비스 지원을 위한 플랫폼 구축	
안전	- 한국수자원공사와 환경부에서 섬진강 유역에 대하여 수자원 인프라의 디지털 트윈 기반 안전관리를 위한 요소기술 개발 및 디지털 플랫폼 시험 구축	
국방	- 항공우주산업에서 한국형 차세대 전투기 KF-21 개발을 위한 설계·엔지니어링·제조 과정에 디지털 트윈 플랫폼 활용	

### 3. 농업용 저수지에 대한 디지털 트윈 플랫폼

#### 가. 농업용 저수지 디지털 트윈의 필요성

4차 산업혁명에 따라 농업 분야에서는 디지털 농업으로 스마트팜과 첨단 무인자동화 농업생산단지 등과 같은 디지털화, 첨단화 전환이 가속화되고 있다. 이에 따라 사물 인터넷(IoT)과 센서기술, 5G 통신망, 인공지능을 이용한 무인 트랙터, 드론 등을 이용하여 스마트 농업 활동 등에 활용하고 있으며, 농촌용수 공급 분야에서도 과학화, 표준화, 디지털화를 추진하고 있다. 한국농어촌공사에서는 재해 및 수자원관리 과학화를 위한 시설투자 계획 단계에서부터, 디지털화 실현을 위한 계획이 순차적으로 진행하고 있다. 이를 위하여 디지털 농촌용수 관리가 현장에 적용이 될 수 있는 시범유역을 선정한 후, 스마트 정밀 계측망 구성을 통하여 DB구축, 유입량 및 수요-공급량 분석 등의 실증 연구를 추진하고 있다. 또한, 저수지 스마트 물관리 기술개발, 데이터 품질관리, 농업용저수지 홍수예측 등 다양한 기술들을 개발하고 있으나, 이런 다양한 기술과 데이터들을 통합하고 융합할 수 있는 플랫폼의 부재로 개별 기술로 남아 기술 및 데이터의 활용성과 요소기술의 확장성이 떨어져 있는 상황이다. 농업용 저수지 재해 예방, 농촌용수 관리 현대화 및 농업용 저수지의 스마트 관리전환이 원활하게 이루어지기 위하여 센서 기술과 연계한 디지털 트윈이 적용된 플랫폼 개발이 필요할 것으로 판단된다. 디지털 트윈 플랫폼은 현장 상황의 실시간 반응을 넘어 모델링 및 예측을 통한 의사결정지원과 타 디지털 트윈과의 융합을 통하여 통합물관리 시대 국가 물관리 정책에 필요한 데이터와 디지털 기반의 대국민 서비스를 제공할 수 있을 것이다.

이를 위하여 농업용 저수지에 대한 디지털 트윈 기술의 발전 단계와 핵심기술 분류별 연구개발 로드맵 수립이 필요하다. 과학기술정보통신부(2021)는 디지털 트윈 핵심 기술을 4가지로 분류하는데, 이를 이용하여 각 분류별로 농업용 저수지에 맞는 디지털 트윈 핵심 기술 적용이 필요하다(그림 3). 첫 번째로는 현실세계를 가상세계로 표현하는 디지털 트윈 가상화 기술이다. 두 번째는 현실 세계에서 변화되는 부분에 대하여 가상세계에서 실시간으로 표출시키는 디지털 트윈 동기화 기술이며, 세 번째는 현재 변화되는 부분이 아니라 미래에 발생할 수 있는 변화에 대하여 모델링하고 시뮬레이션을 하는 디지털 트윈 모델링 및 시뮬레이션 기술이다. 마지막으로 개별적 물리대상들이 상호 연계된 복합 디지털 트윈 재구성되고 상호작용을 하는 연합 디지털 트윈 기술이다. 현재 대부분의 플랫폼이 2단계(관제) 중심의 기술에 머물러 있으며 향후 3단계(모의), 4단계(연합) 단계로 발전해 나아가고 있다. 따라서 향후 농업용 저수지 디지털 트윈 플랫폼도 핵심기술 확보와 단계별 기술 개발을 통해 4차 산업혁명 디지털 전환 경쟁에서 우위를 선점하여야 할 것이다.

현재 대부분 분야에서 2단계까지 구현될 수 있도록 기술 개발이 되어 있으며, 많은 분야에서

관계단계에서 모의단계로 넘어가서 모의 결과를 통해 의사결정이 될 수 있도록 플랫폼을 개발하고 있다.



그림 3 | 디지털 트윈 기술발전 단계(level) (과학기술정보통신부, 2021)

농업용 저수지 디지털 트윈에서는 우선 저수지의 상류, 저수지 제체부, 하류부(수해지역)에 대한 가상세계를 가상화 기술을 통해 구현하여야 한다. 그러기 위해서 오픈소스 3D Web기반 GIS 플랫폼과 그 플랫폼에 농업용저수지 트윈 구축에 필요한 3D 객체데이터(용·배수로, 제수문, 사통, 배수문 등)가 필요하다. 이후 2단계 발전 단계인 모니터링을 위하여 사물인터넷, 5G 통신망, CCTV, 드론 등의 요소기술을 적용하여 정밀계측망을 구성함에 따라, 두 번째 핵심기술인 현실세계와 가상세계를 동기화시킬 수 있다. 그리고 가상세계의 정보를 반영한 모델링 및 시뮬레이션을 통하여, 재해에 대한 농업용 저수지의 안전성 평가와 농촌용수 공급-수요 예측, 유지관리 소요예측 등의 결과를 제공하는 기술이 필요하다. 이를 위하여 관리자의 의사결정을 지원할 수 있는 디지털 트윈 플랫폼의 기술 발전이 수반되어야 한다. 나아가 표준화된 농업용 디지털 트윈 플랫폼으로 전국 저수지를 대상으로 확장이 되고 농업용 저수지의 디지털 트윈이 구축이 된다면 마지막에는 타 디지털 트윈들(디지털 국토정보기술, 하천 등)과 연합되어 상호연계된 복합 디지털 트윈으로 재구성이 될 수 있을 것이다. 또한 이런 단계까지 디지털 트윈이 발전하기 위해서는 폐쇄적이지 않고 오픈소스 기반에 표준화된 플랫폼으로 개발이 중요하다.

## 나. 농업용 저수지 디지털 트윈의 구성

농업용 저수지 디지털 트윈 플랫폼의 구성은 저수지를 중심으로 저수지의 상류, 저수지, 저수지 하류를 단일 유역 기준으로 구성이 필요하다(그림 4). 상류부에는 유입량 계측에 필요한 강

우량계, 지하수위계, 유량계 등을 구성하여 모니터링을 실시하고, AI 학습으로 강수예보를 통한 유입량 예측모듈 및 현재 저수지 수위와 연계된 유입량의 예측이 가능하다. 결과적으로 저수지 운영에 대한 의사결정 지원 시스템 등이 가능하며, 디지털 트윈의 3, 4단계로 발전될 수 있다(그림 5). 저수지에서는 상류부에서 유입되는 유량, 현재 계측되는 수위, 수온, 수질계측값, 사통 및 취수탑 운영 정보, 재해 예방계측 정보 등을 실시간으로 표출할 수 있도록 2단계 모니터링 단계가 될 수 있도록 트윈을 구축하여야 한다. 그 이후 모니터링 정보를 고려하여 저수지 재해에 대한 예·경가 가능하도록 시스템, 상류부-저수지-평야부 데이터 기반으로 농촌용수 공급 최적방안 제시될 수 있도록 디지털 트윈을 발전시켜야 할 것이다. 평야부와 하류 하천은 수위계와 유량계, 침수량계, 지하수위계등의 계측을 통해 하류부의 상황 모니터링이 될 수 있도록 2단계를 구축하고 그 데이터를 기반으로 농촌용수 수요량, 물이동 및 회귀율 등에 대한 모델링 고도화, 용수공급 의사결정 지원 시스템 개발이 필요하다.



그림 4 | 농업용 저수지 디지털 트윈 구성

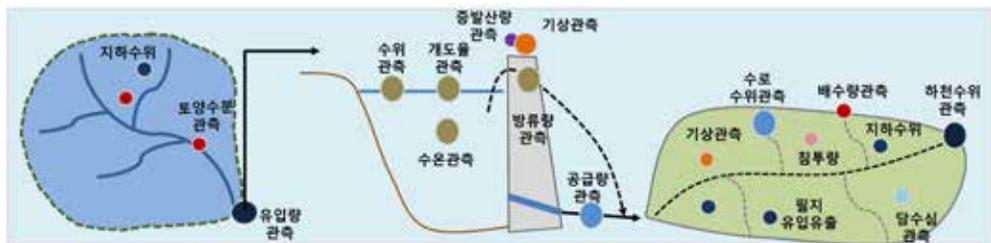


그림 5 | 농업용 저수지 디지털 트윈 계측망 구성 모식도

## 4. 맺는말

코로나19 극복을 위한 전 세계의 디지털 전환 열풍은 제4차 산업혁명을 가속화시키고 있으며, 우리나라도 대부분 산업부분에서 디지털 전환을 실현하기 위해 노력하고 있다. 농업분야는 여러 가지 어려움으로 디지털 전환에 뒤처져 있지만, 최근의 국제정세 악화에 따른 각국의 식량 안보 위기에 대응하기 위해서는 시급히 극복해야 할 과제이다.

따라서, 디지털 전환의 거대한 흐름을 이용하여 농업용 저수지 디지털 트윈 플랫폼 구축을 위한 로드맵 첫 단계인 모사단계부터 추진해 나간다면, 4차 산업혁명의 주요 키워드 ‘초연결’은 머리 속으로만 생각하는 것이 아니라 우리들의 앞에 복잡·다양한 현실 세계가 가상현실 속에서 다른 기반시설의 트윈과 상호 연계되어 나타날 것이다. 그럼 농업분야의 디지털화뿐만 아니라, 현실 세계에서의 4차 산업기술이 자연스럽게 녹아 들어가 새로운 생태계가 형성되어 있을 것이다. 또한, 재해에 대한 사전 예측을 통한 안전한 농어촌 구현과 과학적이고 최적화된 농업 용수관리를 통한 풍요로운 농어촌을 구현할 수 있을 것이다.

### 참고문헌

- 과학기술정보통신부 디지털사회기획과, 2021, 한국판 뉴딜 2.0, 초연결 신산업분야의 핵심 디지털 트윈 활성화 전략 보고서.
- 삼성 뉴스룸, 2016, 디지털, 세상을 뒤집다 ② 경제경영\_4차 산업혁명은 이미 시작됐다. 스페셜 리포트.
- 삼성 뉴스룸, 2017, 4차 산업혁명, 한마디로 요약하면 ‘디지털-피지컬 통합’ 스페셜 리포트.
- 송종국, 2017, 4차 산업혁명과 농업농촌, 한국농촌경제연구원 농업전망 2017 특별강의 자료.

# 북한의 농업용수 이용현황에 관한 연구

## A Study on the Utilization of Agricultural Water in North Korea

김 혁 \_ 한국농어촌공사 농어촌연구원(농어촌정책부)(kh82117@ekr.co.kr)

### 1. 머리말

북한의 농업에 관한 문제는 ‘고난의 행군’으로 불리는 1990년대 중반부터 시작되어 27년간 지속되어 왔다. 북한의 경제위기는 1990년대 초 사회주의권 붕괴로 인한 무역질서의 변화와 자연재해로 인한 곡물 피해가 더해지면서 걷잡을 수 없이 확대되었다. 특히 자연재해로 인한 곡물생산량이 1993년 830만 톤(북한주장) 수준에서 1996년에 210만 톤대로 급락하면서 북한 주민의 대량 아사로 이어졌다. 농진청의 분석 결과에 따르면 2021년 기준 북한의 농업생산량은 469만 톤 수준으로 1990년대 경제위기 직후의 상황을 크게 벗어나지 못하고 있다는 점이다.

본 연구자는 이러한 북한의 농업생산량 침체가 수십 년이 지난 지금까지 지속되고 있는지에 대한 원인을 농업용수 이용현황과 실태를 통해 분석하고자 한다. 농업용수는 농업생산에서 가장 필수적인 요소로 곡물생산량에 결정적인 영향을 미친다. 특히 농업용수를 효과적으로 이용하는 데 필요한 기반시설은 일정한 곡물생산량을 보장하기 위한 농업의 핵심적인 기반이라는 점에 주목할 필요가 있다.

따라서 본 연구는 북한의 농업용수 이용현황과 그 실태를 농업기반시설과 함께 파악함으로써 북한의 곡물생산량 증대의 한계를 분석하는 것을 목표로 한다. 먼저 연구의 목적을 달성하기 위해 북한의 체제형성기 농업정책과 농업용수 이용을 위한 대규모 관개사업을 검토하고자 한다. 두 번째는 주요 농업용수 이용현황과 실태를 파악하고 곡물생산량의 침체와 어떻게 연계되는지를 분석하고자 한다. 마지막 결론을 통해 북한의 농업용수 이용실태가 곡물생산량에 미치는 영향과 한계를 제시하고자 한다.

## 2. 북한의 체제형성기 농업정책

북한은 이미 오래전부터 경작지와 농업용수를 확보하기 위해 다양한 정책을 추진해왔다. 북한은 1946년 3월 5일 토지개혁법령을 발표하고 지주, 민족반역자, 일본인, 종교단체 소유의 토지를 무상몰수하고 빈농을 비롯한 농민들에게 무상으로 분배하는 조치를 추진했다. 이 과정에서 토지의 무상몰수뿐만 아니라 몰수한 토지의 모든 관개시설도 무상으로 '북조선임시인민위원회'(정부 전신)에 귀속시키는 조치도 함께 추진했다(북조선임시인민위원회, 1946).

토지개혁법령이 선포된 후 18일 뒤인 1946년 3월 23일에는 '모스크바3국외상회의' 결정에 따라 추진된 미소공동위원회가 발족함에 따라 북조선임시인민위원회의의 명의로 추진될 임시정부 '20개조정강'을 발표했다. 20개조정강은 임시정부 수립에 따른 국가의 모든 재원을 확보하기 위한 강령으로 제11조에서 최초로 관개업과 관련된 모든 일체의 시설을 무상으로 몰수해 국가가 관리할 것을 명시했다(북조선임시인민위원회, 1946).

이 같은 토지법령과 20개조정강은 북한체제 형성초기 농경지와 농업용수 시설을 국가소유로 귀속시키는 최초의 정책들이었다. 여기서 중요한 부분은 무상몰수는 철저한 토지소유권의 박탈을 의미한다면 무상분배는 농민들의 무상으로 토지의 경작권을 인정한다는 점이다. 따라서 무상몰수, 무상분배의 원칙은 처음부터 토지 소유의 국유화를 목표로 했다.

북한이 물 관리를 위해 처음으로 추진한 사업은 개수로 사업으로 일제강점기부터 추진된 보통강개수 공사를 완공하는 것이었다. 보통강 개수공사는 장마철마다 잦은 범람으로 인해 일제강점기인 1937년부터 추진한 보통강 개보수 공사였다. 1937년 80만 명의 노동자를 동원해 공사가 시작되었으나 지속적인 범람으로 인해 공사 완공이 지연되는 상황이 지속되었다. 특히 1942년에는 보통강이 범람해 2,000정보의 경지와 1,000여 가구가 유실되고 도로와 농작물이 침수되었으며, 상당한 수의 인명피해가 발생하는 등 피해가 지속되었다(동아일보, 1937).

보통강 개수공사는 1946년 5월 12일 시작해 7월 21일 완공함에 따라 김일성은 '일제강점당국이 10년 가까운 시간동안 해내지 못한 일을 짧은 기간에 완성'했다고 강조하기도 했다. 개수공사는 약 5km의 개수로를 새로 건설하고 제방 높이를 높이는 작업으로 사용된 토량만 42만<sup>m</sup>에 달하고 동원인력은 57만9,000명에 달하는 대규모 개수사업이었다. 보통강 개수공사가 완공됨에 따라 보통벌과 대타령리 일대의 농촌마을과 농경지를 홍수로부터 보호할 수 있게 되었다(김일성, 2권, 1979).

1940년대 후반에는 다수의 농민이 이용할 수 있는 농경지가 인구증가로 부족한 상황에 직면하게 된다. 북한지역은 당시 평지가 25%, 산지가 75%에 달해 경작을 할 수 있는 농경지는 절대

적으로 부족한 상황이었다. 예컨대 1946년 분배한 경작지 규모와 분배받은 가구수를 비교해보면 농가 1호당 분배면적은 약 1.3ha로 ha당 쌀수확량 1.7t(옥수수의 경우 985kg)에 불과했다. 특히 당시는 곡물 소비가 높았고 가족 구성원이 평균 5.4명으로 가족 전체가 생활하는데 필요한 식량으로는 역부족이었다(국립출판사, 1961).

또한 1947년 당시 일본과 만주지역으로부터 유입되는 인구로 인해 전체인구가 급증하는 상황이었다. 1946년 당시 북한의 전체인구 925만7천 명에서 1949년 말에는 962만2천만 명으로 짧은 기간 37만 명이 증가했다. 김일성은 1947년 1월 1일 신년사에서 급증하는 인구의 식량 수요를 충족하기 위해 새로운 경작지를 개간하여 경지면적을 확대하고 수리시설을 정비 및 신축해 식량을 증산할 것을 강조했다. 뿐만 아니라 1948년에는 관개시설을 확대해 천수답을 수리안전답으로 전환하고 밭을 소출량이 높은 논으로 식량생산 구조를 변경할 것을 강조했다(김일성, 3권, 1979).

따라서 1947년 2월 19일 발표된 인민경제발전계획에서는 경지면적을 8만ha로 확대하고 논관개면적을 증대하기 위해 1억 5,500만 원 투자를 결정했다. 또한 20만 톤 화학비료 공급을 제시하고 1946년 대비 알곡 총 수확량을 30만 톤 이상 증산할 것과 도단위 관개공사 추진(평남개천관개-12억 원 예산)을 강조하는 등 다양한 농업생산성 증대를 위한 사업을 추진했다(김일성, 4권, 1979).

그 결과 1947년 한 해 동안 밭작물 파종 면적은 2만ha가 증가했으며, 논벼 파종 면적은 3만 5천ha가 확대되었다. 또한 55개소의 관개공사가 완공됨에 따라 2만2,600ha(국가 2만, 농민 자체 2,600)가 수리답으로 전환되었다. 알곡생산에서도 1946년 당시 알곡생산량(벼, 옥수수) 189만8천 톤에서 1949년에는 265만4천 톤으로 증가했으며, 논 1ha 당 벼 수확고는 2.7 톤에서 3.0 톤, 옥수수는 898kg에서 1.3 톤으로 성장했다(국립출판사, 1961).

### 3. 북한의 주요 관개사업 현황<sup>1)</sup>

북한의 농업용수 이용을 위한 관개사업은 6.25전쟁 과정을 거치면서 상당수 파괴되었다가 전후복구건설이 추진되면서 나타나기 시작한다. 북한의 관개사업은 전후복구건설 3개년계획 기간(1954-1956) 평남-개천관개를 시작으로 본격화되었는데 이는 이미 토지개혁법령이 추진된 1946년부터 농업생산성을 끌어올리기 위해 추진했던 평남-개천 관개사업이 1950년까지 완료

---

1) 교육도서출판사, 1990, 『농업지리』, 『물자원』 참조.

되지 못하고 6.25 전쟁으로 파괴되었다가 전후복구 3개년계획 기간 동안 본격적으로 추진된 것이다. 이때부터 추진된 관개사업은 6개 사업으로 오늘날 북한 관개체계의 근간을 이루고 있다.



그림 1 | 자연개조 5대 사업 추진 모습

출처 : 조선중앙TV, 2021.



그림 2 | 1986년 완공된 서해갑문 모습

출처 : 조선과학백과사전출판사, 2004.

평남관개는 1953년 8월 5일 제6차 전원회의에서 전후복구 3개년계획에 포함되면서 추진되었다. 김일성은 ‘모든 것을 전후인민경제복구발전을 위하여’라는 제목의 보고에서 농촌경리복구 발전의 기본방향으로 ‘파괴된 저수지와 관개시설을 복구와 전쟁 전 착수했던 평남관개공사를 3개년 계획안에 포함해 1955년부터 본격적으로 추진할 것’을 강조했다. 특히 평남관개가 관개사업의 첫 대상으로 주목받은 이유는 청천강하류지역이 평안남도의 대표적인 농경지인 열두삼천리벌과 동시에 간척 대상이 많은 지역으로 농업용수와 간척지 개발용수가 절실했기 때문이다.

평남관개는 대동강과 청천강의 물이 유입되는 연풍호를 수원으로 안주시, 숙천군, 평원군, 덕천, 대동을 연결하는 관개수로로 1956년 5월 완공되었다. 평남관개는 연풍호를 수원으로 열두삼천리벌의 용수를 공급하게 되는데 전체 관개면적은 10만ha, 관개수로의 연장길이는 총 2,000km(간선 5개, 지선 13개)에 달한다. 연간저수량은 3억3천 톤으로 연계시설로는 14개의 저수지, 693개의 양수장, 800여 개의 지하수 시설, 100여 개의 퇴수양수시설, 6개의 보, 15개의 기타시설이 있다.

기양관개공사는 5개년 계획기간(1957-1961) 추진된 대표적인 관개체계로 평안남도 대안군, 증산군, 남포시 농업용수를 공급하기 위해 추진된 대표적인 관개공사 사업이었다. 기양관개는 순환식 관개체계로 평남관개를 연결해 용수가 부족한 저수지와 평남관개에 물을 보충해주는

역할과 기능을 수행한다. 즉 기양관개는 용수조절 및 보충관개로 대안군(현재 대안구역), 증산군, 온천군 일대의 부족한 농업용수를 공급하고 말단 서해안의 간척지개발에 필요한 제염용 용수로도 활용된다.

기양관개는 대동강의 물을 최초 수원으로 기양1단계, 기양2단계 양수장을 거쳐 태성호에 저수한 물을 남포시 강서구역, 천리마구역, 항구구역, 대안구역, 룡강군과 온천군, 증산군, 대동군으로 보내는 관개수로로 1959년 4월(1년8개월) 완공되었다. 기양관개는 대동강에서 끌어올린 태성호의 용수를 수원으로 6만6천ha의 논을 관개하며, 수로의 연장길이는 1,800km에 이른다. 기양1단계의 대동강 수원 취수량은 3억 톤으로 태성호 저수용량의 2~3배에 이르며, '간접조절방식'의 태성호 저수량을 조절하는 역할을 한다. 기양관개의 주요 연계시설은 저수지 48개, 저류지 8개, 저수탑 23개, 양수장 1,500여 개소, 지하수시설 2,670여 개소, 소규모 저류지 50여 개소가 있다.

압록강관개는 5개년계획기간(1957-1961)에 추진된 대표적인 관개체제로 동림군, 철산군, 선천군, 광산군, 운전군, 정주시를 비롯한 평안북도 서해지역의 농업용수를 공급하기 위한 관개수로이다. 압록강관개는 삼교천과 청강을 수원으로 하는 만풍호를 중심으로 남쪽 매봉체계(만풍호-매봉저수지)와 서쪽의 대하체계(만풍호-대하저수지-삼교천-천마강-피현보)로 나누어 단계별로 공사가 추진되었다.

압록강관개는 3년간의 공사 기간을 거쳐 1961년 1단계가 완공됨(관개전체 1964년 9월 완공)에 따라 동림군, 선천군, 철산지구를 시작으로 농업용수를 공급하기 시작했다. 압록강관개의 관개면적은 전체 9만ha, 용수로 전체 길이는 3,000km, 순환식 저류조절 기능을 하며, 대하체계의 신암1단계, 신암2단계 양수장을 통해 연간 1억2천 톤의 농업용수를 관개한다. 주요 시설로는 3곳의 모체저수지(순환식: 만풍호, 매봉저수지, 대하저수지)와 20여 개소의 저수지, 2,000여 개소의 양수장, 피현취입보와 청강취입보를 비롯한 여러 개의 취입보가 조성되어 있다. 김정일체제에 들어서 2천리 물길공사의 하나인 태천발전소-운전, 정주, 광산 물길공사가 완공되면서 평북도의 주요 관개체제로 자리잡았다.

어지돈(서흥호)관개는 5개년계획기간(1957-1961) 사리원시, 봉산군, 은파군, 황주군 일대의 주요 관개면적에 대한 농업용수를 공급하기 위해 추진된 관개수로이다. 어지돈관개는 봉산군 청계리의 서흥호에 자체유역에서 유입된 물과 갈수기 은파천의 물을 양수해 저수하고 황주천 상류의 1억2천 톤 규모의 연탄호를 조성해 순환식 관계체제로 건설되었다.

어지돈관개는 1949년 구상되었던 것으로 알려져 있으나 6.25 전쟁으로 공사가 추진되지 못하다가 1957년 10월 착공해 1단계 관개공사가 추진되었으며, 1959년 4월에 1단계 통수식이 거행되었다. 서흥강, 안파천, 재령강을 이어 황해남도 재령관개 물길과 연결되는 2단계공사, 퇴

수물길공사가 완공되어 1970년 어지돈관개체계가 완성되었다. 전체 관개면적은 42,000ha, 수로연장 길이는 150km에 달한다.

연백관개는 장수호, 구암호, 9.18저수지, 광명저수지가 서로 연결하는 관개체계로 청단군, 해주시 연안군, 배천군의 논밭을 대상으로 용수를 공급한다. 연백관개는 5개의 물길체계로 장수호, 구암호, 레의저수지, 9.18저수지, 은파-용매도 물길을 포함하고 있으며, 황해남도 연백별 대단위 논과 밭에 용수를 공급하기 위한 순환식 관개체계로 건설되었다.

연백관개는 1958년 장수호 저수지 확장을 시작으로 청단군 구월반도까지 이어지는 1979년 9.18저수지 건설, 은파호-룡매도물길 체계까지 상당히 오랜기간 진행된 대규모 관개사업이었다. 연백관개체계의 주요 저수지들과 연계된 중소규모의 저수지만 20여 개, 총저수량은 3억 4천500만 톤에 달하며, 관개면적은 6만ha, 수로연장 길이는 608km에 이른다.

재령관개는 황해남도 북부지역 은파호, 명수저수지, 복우저수지, 구월저수지, 어천저수지를 연결하는 대규모 순환관개로 신천군, 재령군, 삼천군, 안악군, 은천군, 은룡군, 룡연군 등 10개 군에 농업용수를 공급한다. 재령관개는 은파호-은천물길, 은파호-신천연결물길, 은파호-장수호 급수관개체계로 은파호의 물을 논밭에 관개하는 순환관개 체계이다.

재령관개는 1974년 은파호 착공을 시작으로 3년 후인 1977년 11월 완공되었으며, 북한 최대의 저수량을 자랑한다. 은파호와 연계된 주요 저수지는 17개에 달하며, 전체 관개면적은 4만 5천ha, 전체 저수량은 27억 톤에 달한다. 특히 1989년 2천리 물길공사가 추진됨에 따라 전체 관개면적은 10만여ha로 크게 증가한 것으로 알려지고 있다.

이 밖에도 북한에는 지구별 소규모 관개 지구들이 있다. 동해안 지역의 어랑관개, 길주관개, 영광지구, 금야강지구, 안변지구, 서해안의 구성-박천지구, 순천-평성지구, 평양-순안지구, 광탄지구, 신계-곡산지구, 개성지구, 평강지구 등 11개의 중소규모 관개지구가 있으며, 해당 지구의 농업용수를 보장하기 위해 하천, 저수지, 호수 등을 주요 수원으로 활용하고 있다.

북한의 수리화 사업은 해방 후부터 1970년대까지 본격적으로 추진되었으며, 당시 추진된 대표적인 관개체계를 중심으로 1989년 '2천리물길공사'를 비롯해 관개수로, 강·하천 관개수로, 지하 관개수로, 저류지, 저수지 확대 등 다양한 관개사업을 추진해왔다. 특히 김정은체제에 들어서 일부 관개수로 개보수 공사와 간척지개발을 위한 관개수로 확장 등 용수공급을 체계화하고 효율적으로 관리하기 위한 사업을 추진해왔다(노동신문, 2021).

## 4. 북한의 농업용수 이용현황과 실태

북한의 전체 수자원량은 약 1,408억 톤으로 이중 손실량은 약 577억 톤이며, 강, 하천의 유출량은 831억 톤에 달한다. 북한의 수자원 전체 이용량은 556억 톤으로 이중 지표수가 98.7%(549억 톤), 지하수가 1.3%(7억 톤)이다. 북한의 수자원 부분별 이용현황으로는 공업용수가 전체 이용량의 85.4%(475억 톤)를 차지해 압도적으로 높은 비율을 보이고 있으며, 농업용수 12.8%(71억 톤), 생활용수 1.8%(10억 톤)를 차지한다.

북한의 수자원 이용현황에서 공업용수가 압도적으로 높은 이유는 전체 475억 톤 중 455억 톤이 전력생산에 이용되기 때문이며, 전력용으로 사용된 물의 일부는 농업용수, 공업용수로 활용하고 있다. 북한의 전력용수 비중이 높은 이유는 전력생산구조에서 나타나는데 화력발전소 대비 수력발전소에서 생산되는 전력이 53%(128억kWh)에 달하기 때문이다. 이같은 수력발전의 의존성은 오히려 전력용수의 집중에 따른 농업용수 부족으로 이어진다(교육도서출판사, 1990, 농업지리).

북한의 농업용수 이용량은 71억 톤으로 이중 지표수 98.6%(70.3억 톤), 지하수 1.4%(1억 톤)이다. 북한의 농업용수 이용구조는 1970년대까지 조성된 수리화의 후속 조치로 관리 및 유지보수에 집중해왔기 때문에 현재까지도 저수지와 양수장 의존률이 상당히 높게 나타나고 있다. 농업용수 전체 이용율에서 저수지와 양수장에 의한 농업용수 이용비율이 82%로 높은 의존도를 보이고 있다.

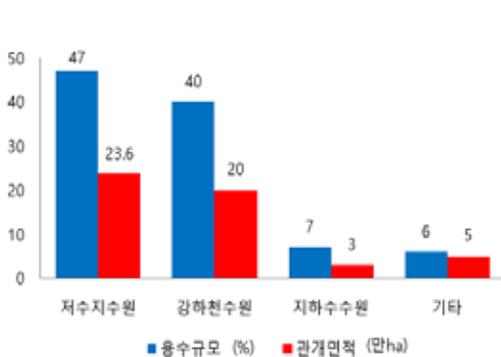


그림 3 | 수원별 이용률과 관개면적

출처: 한국농어촌공사 내부자료 참조

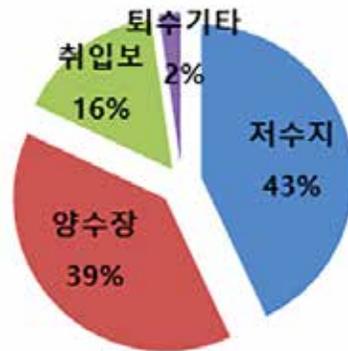


그림 4 | 시설별 이용규모

출처: 한국농어촌공사 내부자료 참조

북한의 농업용수 수원별 이용률과 관개면적을 보면 농업용수의 수원은 저수지 수원이 47%, 강·하천 수원이 40%를 차지해 농업용 수원의 대부분이 저수지와 강·하천에 의존하고 있음을 알 수 있다. 반면 지하수 수원의 농업용수는 7%, 기타(말단저류, 퇴수이용 등)는 6% 규모로 이

용률이 낮게 나타나고 있다. 관개면적에서도 용수규모에 따른 관개면적 차이가 나타나고 있으나 기타의 경우 예외적으로 말단 저수량 대비 관개면적이 높게 나타나 말단의 폐수를 저수해 재이용하고 있음을 알 수 있다(그림 3).

북한의 시설별 이용규모를 보면 저수지에 의한 용수공급이 43%, 양수장에 의한 용수공급이 39%, 취입보가 16%, 퇴수 및 기타이용이 2% 수준으로 나타나고 있다(그림 4). 앞서서도 잠깐 언급했지만 퇴수 및 기타 이용은 북한의 서해안 지역의 대단위 논에서 사용된 물을 연안의 말단지역에 저수했다가 주변 경작지의 부족한 용수문제를 해결하거나 간척지 개발지구의 제염작업에 활용하는 것으로 9.18저수지가 대표적이다.

북한의 농업용수 이용과 관련하여 주요 시설에는 저수지, 양수장, 취입보, 지하수 등이 있다. 저수지는 전체 2,000개소(2019기준)로 이중 3만 톤 이상의 저수지가 800여 개소에 달한다. 저수지에 의한 저수량은 29억4,600만 톤에 달하고 관개면적은 41만ha로 북한 전체 논의 72%에 이르며, 1억톤 이상의 저수지(만풍, 서흥, 연탄, 태성, 구암 등)가 8개소가 있다. 8개소의 저수량은 13.6억 톤으로 농업용 저수지 총 용적의 45.3%를 차지하고 저수지 유역면적은 620만ha에 달한다(교육도서출판사, 1990, 물자원).

북한 농업용수 이용에서 저수지 다음으로 중요한 시설은 양수장으로 1단양수장에서 다단양수장으로 전체 2만3천 개소이며, 관개용수는 27억4,000만톤, 관개면적은 23만6,000ha에 달한다. 양수장은 저수지가 약 9,000여 개소, 강·하천 1만여 개소, 지하수 3,000여 개소가 있으며, 이 밖에도 굴포, 저류지, 보를 수원으로 하는 양수장들이 구성되어 있다. 다만, 김정은체제 이후 정책적으로 ‘자연흐름식’ 관개체계를 추진함에 따라 2만3천여 개소의 양수장이 현재 약 2만여 개소로 축소된 것으로 추정된다(교육도서출판사, 1990, 물자원).



그림 5 | 남강-미루벌 다단양수장 모습  
출처 : 조선향토대백과(2004)



그림 6 | 기양관개 1단계 양수장 모습  
출처 : 조선향토대백과(2004)

북한의 농업용수 이용에서 취입보와 지하수가 차지하는 비중은 높지 않으나 용수규모는 적지 않은 것으로 나타났다. 취입보를 이용한 농업용수는 전체의 15.7%를 차지하며, 수력발전으로 활용된 퇴수를 농업용수로 이용하는 체계를 가지고 있다. 취입보에 의한 농업용수는 대부분 대규모로 조성되며, 최대 크기를 자랑하는 성천강보는 취수능력은 28m<sup>3</sup>/s로 관개면적만 13,000ha이다. 이 밖에도 지하수 시설은 전국에 4만여 개소로 약 5천만 톤의 용수를 공급하며, 관개면적은 3만여 ha에 달한다.

지역별 농업용수 이용현황에서 농업대단위 지역인 서해안을 중심으로 농업용수 이용이 집중되어 있다. 저수지를 중심으로 한 농업용수 이용현황에서 서해안 지역인 평안남북도, 황해남북도가 전체 저수지 개소의 63%, 저수지 총용적의 77.6% 관개면적의 80%(32만8,000ha)에 달한다. 특히 평안남북도, 황해북도의 경우 저수량의 60~80%가 1억 톤 이상의 저수지에 집중되어 있으며, 황해남도는 저수량의 70% 이상이 5,000만 톤 이하의 중소규모 저수지에 의존하는 등 지역에 따라 편차가 큰 것으로 나타난다(교육도서출판사, 1990, 물자원).

반면, 동해안 지역의 경우 대규모의 농업용수가 필요한 대단위 농업지대는 제한적이며, 대부분 독립적인 농업지대를 형성하고 있어 저수지 개소 수의 규모 대비 저수량이 낮은 것이 특징이다. 함경남북도, 강원도의 저수지는 전체 512개소, 농업용 주요 저수지의 64%, 저수용적은 3억1,345만 톤, 관개면적은 약 4만2,000ha에 불과하다.

종합하면 북한의 농업용수 이용현황은 유형별, 지역별 현황에 따라 크게 달라지는 것을 확인할 수 있다. 유형별로 놓고 볼 때 농업용수 수원은 대규모 저수지와 강·하천에 의존하고 있으며, 양수장에 의한 용수공급이 절대적이라고 할 수 있다. 지역별로는 농업대단위를 이루고 있는 서해안을 중심으로 평안도와 황해도의 농업용수 이용규모가 다수를 차지하며, 평안도, 황해북도의 대규모 저수지 이용과 달리 황해남도는 지형적 특성에 따른 소규모 저수지가 다수를 차지하는 것을 알 수 있다.

북한의 농업용수 이용현황과 달리 이용실태는 상당히 심각한 수준이다. 근본적으로 남북한을 비교했을 때 북한의 논 면적과 농업용수 사용량 대비 기반시설이 열악한 것으로 확인된다. 북한의 부족한 농업생산 기반시설은 농업생산성 침체의 근본적인 원인이라는 점에 주목할 필요가 있으며, 이용실태를 구체적으로 파악하기 위해 남북한 농업용수 이용현황을 비교해보면 아래의 표 1과 같다.

표 1 | 남북 농업용수 관련 주요 시설 현황

구분	북한	남한(2021)	남한대비
논면적(ha)	571,000	823,895	69.3%
용수규모(억톤)	71	31	2.3배
저수지(개소)	2,000	17,106	11.6%
양수장(개소)	23,000	7,774	3배
취입보(개소)	5,400	18,201	29.6%
관개수로(km)*	4,648	69,644	6.67%
저수지수리답(ha)	410,000(72%)	425,000(62%)	
양수장수리답(ha)	460,000(발포함)	174,000(25.5%)	
보수리답(ha)	89,647(15.7%)	50,000(7.45%)	

\* 관개수로는 간선과 지선만 대상으로 함

출처 : 교육도서출판, 1990, 물자원, 농림축산식품부 한국농어촌공사, 2021, 참조.

먼저 남북 농업용수 이용에서 나타나는 가장 큰 특징은 북한의 논 면적이 남한의 논 면적 대비 69.3%에 그치지만 농업용수 이용규모는 무려 2.3배에 달한다는 점이다. 다시 말해 남한보다 논 면적이 적은 반면 농업용수 사용량은 2배 이상 높다는 점이다. 이 같은 현상은 북한의 농업용수 이용과 관리의 비효율성을 의미하며, 동시에 농업용수가 과소비와 더불어 용수손실률 또한 상당히 높은 것을 의미한다.

두 번째로 북한의 농업용수량은 2배 이상인 반면 저수지의 개수는 남한의 11.6% 수준에 그침으로써 저수지 대부분이 대용량 용적률에 의존하고 있음을 알 수 있다. 중요한 것은 남한의 저수지는 중소규모 저수지를 경작지와 근접한 지역에 대량으로 조성하고 장거리관개를 줄임으로써 농업용수 손실률을 낮추고 용수를 효율적으로 이용한다는 점이다. 이 같은 사실과 비교했을 때 북한은 대규모 저수지를 기점으로 장거리 관개에 의존함으로써 높은 손실률과 더불어 효율적인 관리에 한계를 가지고 있음을 알 수 있다.

세 번째로 북한의 양수장 이용현황을 보면 남한의 3배에 달한다는 점이다. 양수장은 북한의 지형적인 특성으로 고려하더라도 상당히 많은 부분을 차지하고 있다. 양수장의 의존성 문제는 과거 전력공급이 원활하던 1980년대까지는 가동률을 충분히 보장할 수 있었으나, 경제위기 이후 악화된 전력산업으로 인해 사실상 회복하지 못하고 있다. 특히 전력시설의 노후화 등으로 양수장 가동에 필요한 전력을 제때에 공급하지 못한다는 문제를 안고 있다. 물론 김정은체제 이후 '자연흐름식 관개체계'를 적극적으로 권장하고 있으나 양수장에 의한 용수공급 의존도는

여전히 높은 수준이라는 점이다.

네 번째로 북한의 취입보가 남한의 29.6% 수준으로 상당히 부족한 상황이다. 북한의 취입보는 농업용수를 확보하기 위한 시설이기보다는 기본적으로 전력을 생산하기 위한 시설로 조성되었기 때문에 농업용수 확보를 위한 취입보는 절대적으로 부족하다. 보에 의한 수리답은 남한의 수리답 면적보다 많은 89,647ha(전체의 15.7%)이지만 용수공급의 우선순위에서 농업용수는 상대적으로 제약을 받을 수밖에 없어 실질적인 관개면적은 훨씬 적을 것으로 판단된다.

다섯 번째로 북한의 농업용수 이용에서 가장 큰 문제는 수십년간 조성한 장거리 관개체제로 부족한 물을 장거리 용수로 통해 확보하는 과정에서 손실률이 높은 문제점을 안고 있다. 남한의 주요 관개수로는 57%가 구조물인데 반해 북한의 경우 대다수가 흙으로 만들어진 토공수로 토침률과 증발량이 상당히 높아 용수의 중도 손실이 크다. 여기에 토공수로 보수공사가 매년 인력동원에 의존해 쉽게 붕괴되고 봄, 여름철 수로관리가 어려워 유속이 느려지며, 제방 독을 따라 곡물(콩, 깨 등)을 심어 제방이 쉽게 무너져 내리는 문제도 심각한 수준이다.



그림 7 | 황해남도 가뭄피해 면적 13억5,069만㎡  
출처 : 뉴데일리, 2015.06.17.



그림 8 | 황해남도 홍수피해 모습  
출처 : 조선중앙TV, 2020.08.07.

북한의 농업용수 이용문제는 결과적으로 장기간 농업생산성 침체의 주요 원인으로 곡물생산에 악영향을 미친다. 북한의 대표적인 대단위 지구인 서해안 지역에는 기후변화에 따른 가뭄과 수해가 1년 단위로 반복되고 그에 따른 농작물 피해, 경작지 피해가 지속되고 있다. 가장 큰 문제는 자연재해를 대비할 수 있는 기반시설이 열악하고 그로 인한 관개배수 시스템이 원활하게 작동하지 않는다는 점이다.

예컨대 농업에 유리한 기후조건이 갖춰진 2019년을 제외한 자연재해는 2015년 서해안 가뭄으로 인한 농작물 피해, 2016년 대홍수 발생으로 인한 경작지 파괴, 2017년 황해남북도 갈수기 가

뭍, 2018년 황해남북도 8월 수해, 2020년 황해남도 수해, 2021년 황해남도 가뭄 등 기후변화에 따른 피해가 반복적으로 나타났다(그림 7, 그림 8). 이 같은 피해의 근본적인 문제는 농업용수의 이용과 관리에서 관개배수에 필요한 기반시설의 기능과 역할이 제대로 작동하지 못한 결과다.

그 결과 북한의 곡물생산량은 지속적으로 침체되고 있다. 통계청에서 추정한 북한의 곡물생산량을 보면 2016년 498만 톤, 2017년 457만 톤, 2018년 411만 톤, 2019년 554만 톤, 2020년 458만 톤, 2021년 469만 톤으로 나타났다. 물론 북한의 곡물생산량 통계를 정확한 수치로 보기는 어렵지만 곡물수요량 650만 톤에는 크게 미치지 못할 뿐만 아니라 장기적인 곡물생산량 침체의 국면을 벗어나지 못하고 있다. 결과적으로 북한의 농업용수 이용의 효율적 관리를 위한 농업기반시설이 제대로 갖춰지지 않는 한 북한의 농업생산성 증대 또한 기대하기 어렵다(농진청).

## 5. 맺음말

북한의 토지국유화, 농업기반의 국유화 사업은 1946년 토지개혁법령과 20개조정강을 통해 나타났다. 체제형성 초기부터 토지개혁법령을 통해 경작지의 소유권과 기반시설을 국유화로 전환함으로써 사회주의 계획경제의 기반을 마련했다. 오늘날 북한의 농업용수 이용현황과 실태를 이해하는데 중요한 요소라고 할 수 있다.

북한의 농업용수 확보를 위한 기반조성사업 정책은 1950년 6.25 전쟁 이후부터 본격화되었다. 북한의 관개체계 조성사업은 1955년부터 평남관개를 시작으로 기양관개, 압록강관개, 어지돈관개, 연백관개, 재령관개까지 확대되었다. 특히 대규모 관개체계 조성사업은 모두 서해안의 대단위 지역에 필요한 용수공급을 목적으로 추진되었으며, 오늘날 북한의 농업용수 이용체계의 근간이 되었다.

하지만 북한의 농업용수 이용에서 장거리 관개체계가 오히려 용수손실에 중요한 요인이 되고 있다. 북한의 장거리 토공수로에 의한 용수의 증발과 스밈량은 30% 수준에 달하며, 그 원인중 하나는 수중생물의 장성에 따른 유속의 하락에서 나타난다. 그 결과 간선의 상단 지역에서 용수를 많이 쓰면 말단지역에는 물 부족 현상을 겪게 되며, 말단지역에서는 물 부족으로 곡물생산량이 하락하는 결과로 이어지고 있다.

또한, 관개체계를 중심으로 한 용수공급 문제는 수문시설과 설비의 노후화로 인해 기후위기를 대비하는데 한계를 가지고 있다. 북한의 서해안 지대는 지속적인 가뭄과 수해가 해마다 반복적으로 나타나고 있으며, 이를 대처하기 위한 수문시설과 설비가 노후화로 인해 기능을 제대로 발휘하지 못한다. 여기에 전력부족으로 인해 시설가동률이 현저히 떨어져 인력에 의존하는 수

문 관리가 많다. 이 같은 문제는 가뭄을 대비한 물 공급, 폭우를 대비한 수문개방 한계로 이어져 농경지의 곡물피해로 나타나게 된다.

북한의 열악한 농업용수 이용실태는 대단위 농업생산지역의 곡물생산량 하락에 절대적인 영향을 미치고 있다. 북한의 주요 곡창지대인 서해안 지역(평안남북도, 황해남북도, 남포시)은 북한 전체 곡물생산량의 69~72%를 차지하는 지역으로 자연재해에 따른 곡물생산량 하락에 직접적인 영향을 받는다. 즉 대표적인 농업 대단위 지역인 서해안에 열악한 기반시설로 인해 가뭄과 폭우를 제대로 대처하지 못함으로써 북한 전체 곡물생산량의 급락으로 이어진다는 점이다.

결론적으로 북한의 농업용수의 이용현황과 달리 그 이용실태는 심각한 것으로 나타나고 있으며, 이는 농업용수 이용의 한계에 따른 식량생산량의 침체로 이어지고 있음을 확인할 수 있었다. 다시 말해 북한의 곡물생산 증대를 위해서는 근본적으로 농업생산기반에 대한 개선사업이 선행되어야 한다. 농업용수를 효율적으로 관리 및 이용하기 위해서는 농업생산기반이 뒷받침되지 않는 이상 북한의 안정적인 곡물생산증대는 기대하기 어렵다고 할 수 있다.

---

## 참고문헌

- 농진청, 『북한통계』
- 북조선임시인민위원회, 1946년 3월 5일, 『북조선토지개혁에 대한 법령』
- 북조선임시인민위원회, 1946년 3월 23일, 『20개조정강』
- 노동신문, 2021년 5월 18일, 「황해남도 2단계 물길공사 준공」
- 조선중앙TV, 2020년 08월 07일, 「보도」
- 뉴데일리, 2015년 06월 17일, 「北 '100년 만의 왕가뭄에 피해 심각」
- 동아일보, 1937년 6월 03일, 「八十萬勞動者로 普通江改修에 着手!」
- 김일성, 1979, 『김일성저작집』, 2권.
- 김일성, 1979, 『김일성저작집』, 3권.
- 김일성, 1979, 『김일성저작집』, 4권.
- 국립출판사, 1961, 『조선민주주의인민공화국 인민경제 발전 통계집: 1946~1960』
- 농림식품부 한국농어촌공사, 2021, 『2020년 농업생산기반정비통계연보』
- 교육도서출판사, 1990, 『조선지리전서: 농업지리』
- 교육도서출판사, 1990, 『조선지리전서: 물자원』
- 조선과학백과사전출판사, 평화문제연구소 공저, 2004, 『조선향토대백과』
- 한국농어촌공사, 내부자료.

# 건설공사 품질관리 개선방안

박병진 \_ 한국농어촌공사 농어촌연구원(2070150@ekr.or.kr)

## 1. 머리말

우리나라 건설공사는 500억 원 이하의 중소규모 건설공사가 상당부분 차지하고 있으며, 전문 인력의 부족 및 예산상의 문제로 인하여 품질관리가 미흡한 실정으로 부실시공의 우려가 상당하다. ○○아파트 공사 중 붕괴는 계절 및 시공 여건을 고려하지 않고, 예산절감을 목적으로 급속시공에 의한 구조체 붕괴의 물적재해와 사망자 발생의 인적재해가 발생하였다. 건설공사의 특성상 품질관리 부실은 부실공사를 야기하고, 이는 공사 중 및 준공 후 공용 중에도 안전에 위해요인으로 작용한다.



a) ○○아파트 붕괴



b) 옹벽 사면 붕괴

그림 1 | 건설공사 품질관리 미흡에 의한 재해사례

품질관리는 설계단계부터 시공·준공·유지관리단계에 이르러 철저한 검토와 관리를 통하여 건설공사 목적물의 품질을 확보하여 시공중·사용중 재해예방 뿐만 아니라, 시설물 안전성에 대한 품질인증시스템의 실질적인 구축을 위한 제도적 개선이 필요한 실정이다. 따라서, 생애주기 모든 단계에 걸쳐 사회적 여건 및 실질적인 현장적용성을 고려한 체계적인 품질관리를 통하여 안전한 건설공사 및 시설물 사용이 가능하다.

품질관리와 안전관리를 비교하자면, 품질관리는 최소의 비용으로 건설공사 목적물의 적정 품질 확보에 주목적이 있다며, 안전관리는 근로자의 재해예방에 주목적을 두고 있는 점에서 차이가 있다. 또한 품질관리는 5M(인적·재료적·기계설비·경제·공법) 요인을, 안전관리는 4M(인적·기계설비·작업·관리) 요인을 주요 관리대상으로 하고 있다.

표 1 | 품질관리와 안전관리 비교

구분	품질관리	안전관리
목적	경제적 품질관리	근로자 재해예방
법령	건설기술진흥법	산업안전보건법, 건설기술진흥법 시설물안전 및 유지관리에 관한 특별법 등
관리대상	인적 요인(Man) 재료적 요인(Materials) 기계·설비적 요인(Machine) 경제적 요인(Money) 공법적 요인(Method)	인적 요인(Man) 기계·설비적 요인(Machine) 작업적 요인(Media) 관리적 요인(Management)

최근 「산업안전보건관리법」의 전면개정과 「중대재해처벌법」의 제정 등 재해예방을 위한 법적·제도적 개선이 활발하게 진행되어 공사 중 사람을 대상으로 한 안전관리체계 및 비용이 상당히 개선되어왔으나, 안전의 기초이며 기술적 바탕인 「건설기술진흥법」의 중·소규모건설현장 품질 강화 및 부실시공 예방을 위한 비용예산투자대비 고품질의 성과물과 안전확보를 위한 제도개선이 절실히 필요한 실정이다.

## 2. 본론

최근 재해예방을 위한 안전관리에 관한 법적·제도적 개선이 지속적으로 진행되고 있는 반면 품질관리는 상대적으로 소외되고 있다. 그 예로서 소규모 건설현장에서 안전관리에 관한 의무사

항을 이행하기에 기술인력과 시간이 부족한 실정이고, 설상가상으로 품질관리 업무가 상대적으로 소외되고 있어 부실공사의 우려가 심각한 수준이다.

소규모 건설공사에서 품질관리는 당연히 이행되어야 할 기본적인 전제임에도 불구하고 상대적으로 무관심으로 인하여 점차 중요성이 감소하고 있어 향후 부실공사에 의한 중대재해가 발생할 가능성이 크기 때문에, 이를 해소 할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

## 1) 건설품질전문기관 기술지도

건설업의 품질관리는 공사금액에 따라 품질시험계획과 품질관리계획 대상 사업장으로 구분되고 있으며, 품질전문가가 아닌 발주자·도급자에 의해서 확인 및 검사가 이뤄지고 있는 실정이다.

「산업안전보건법」의 ‘건설재해예방전문지도기관’과 유사한 역할을 수행할 ‘건설품질전문기관’ 활동으로 일선현장의 품질관리 실태점검·개선, 기술 향상을 통한 재해예방을 할 수 있다.

## 2) 품질검사대행기관 의무확인검사

「건설기술진흥법」 제60조(품질검사의 대행 등) 제1항에 따르면 건설공사의 발주자 등은 품질검사대행기관에 시험·검사를 대행하게 할 수 있다’라고 한바, 도급자의 자체품질시험량의 일부를 ‘품질전문기관 의무확인 검사’를 실시하여 건설공사 품질실태 확인 및 신뢰향상을 위한 제도가 필요하다.

## 3) 품질검사 대행의 불합리한 계약 법 강화

「건설기술진흥법」 시행규칙 제53조 제1항의 별표6에 따르면, ‘입찰에 참가하는 업자는 산출된 품질관리비를 조정 없이 입찰금액에 반영’하여야 하는 조항이 있으나 이에 관련한 벌칙이 존재하지 않는 실정이며, 품질검사 대행업자와의 계약에 대한 조항 또는 규칙이 존재하지 않은 실정이다. 이에 도급자와 품질검사 대행업자 간의 불합리한 계약에 따른 품질검사 결과의 신뢰성이 확보되지 않는 실정으로 발주자-품질검사 대행기관 간의 계약에 관한 법적 벌칙조항의 신설 등 제도개선이 필요하다.

## 4) 시공 중 긴급구조안전검토

「건설기술진흥법」 시행규칙 제60조(안전관리비) 제1항에는 안전관리비 사용범위가 ①안전관

리계획의 작성 및 검토 또는 소규모안전관리계획의 작성, ②안전점검, ③발파·굴착 등의 건설공사로 주변건축물 등 피해방지대책, ④공사장 주변의 통행안전관리대책, ⑤계측 등 안전모니터링 장비 설치·운용, ⑥가설구조물의 구조안전성 확인에 사용할 수 있다.

공공공사에는 본구조물에 대한 긴급구조안전성 검토를 실행할 수 있는 제도가 부재하여 시설물 시공 중 예상치 못한 긴급사태 또는 부실시공 확인 등에 적극적인 대비가 불가능한 실정이다. 따라서 긴급구조안전검토를 실시하여 적은 비용으로 사전 위험요인을 파악·제거를 함으로써 품질과 안전 두 마리 토끼 모두 확보할 수 있다.

### 5) 적정 품질확인시험비

설계에 반영되는 품질시험비 중 전문기관 품질확인시험 단가는 각 단위시험별 인건비, 공공요금, 재료비, 장비손료, 시설·교정비로 구성되어 있으며, 매년 품질시험단가를 기관별로 수립하고 있다. 전문기관 품질확인시험 단가구성은 시험에 대한 비용만 반영되어 있어 시험부실 및 시험성적서의 신뢰를 저하시키는 요인으로 작용할 수 있다. 따라서 정책적으로 품질시험 전문기관의 품질확인시험비용에 대한 운반비 및 관리비 등 준비 및 관리비용을 반영하여 적정 대가에 의한 품질시험의 실시로 신뢰성을 확보함으로써 부실공사를 원천 차단할 필요성이 있다.

## 3. 맺음말

건설공사의 품질은 발주자, 설계자, 시공자, 사용자 등 인적요인과 시공환경, 재료, 비용 및 제도적 요인 등에 의하여 영향을 받기에 세심한 관리가 필요하다. 품질관리의 실패는 부실공사로 직결되어 시공중 뿐만 아니라, 공용중에도 재해가 발생할 수 있기에 사회적·제도적 여건과 현장여건을 고려한 계획단계부터 공사 및 철거단계까지 철저한 관리가 필요하다. 다양한 영향요인에 대해 표준적 및 특수성에 대비할 수 있는 제도적인 개선과 마련을 통하여 경제성을 추구하는 한편, 안전성을 확보하면서 고품질의 건설공사가 될 수 있도록 모두의 관심이 필요하다.

건설공사 품질관리의 재정립을 위하여 향후 다양한 방안 또는 의견이 제시될 수 있기에 변화하는 사회에 따라 타 법령과 함께 조화할 수 있는 지속적·유지적인 제도개선을 실시하여야 한다.

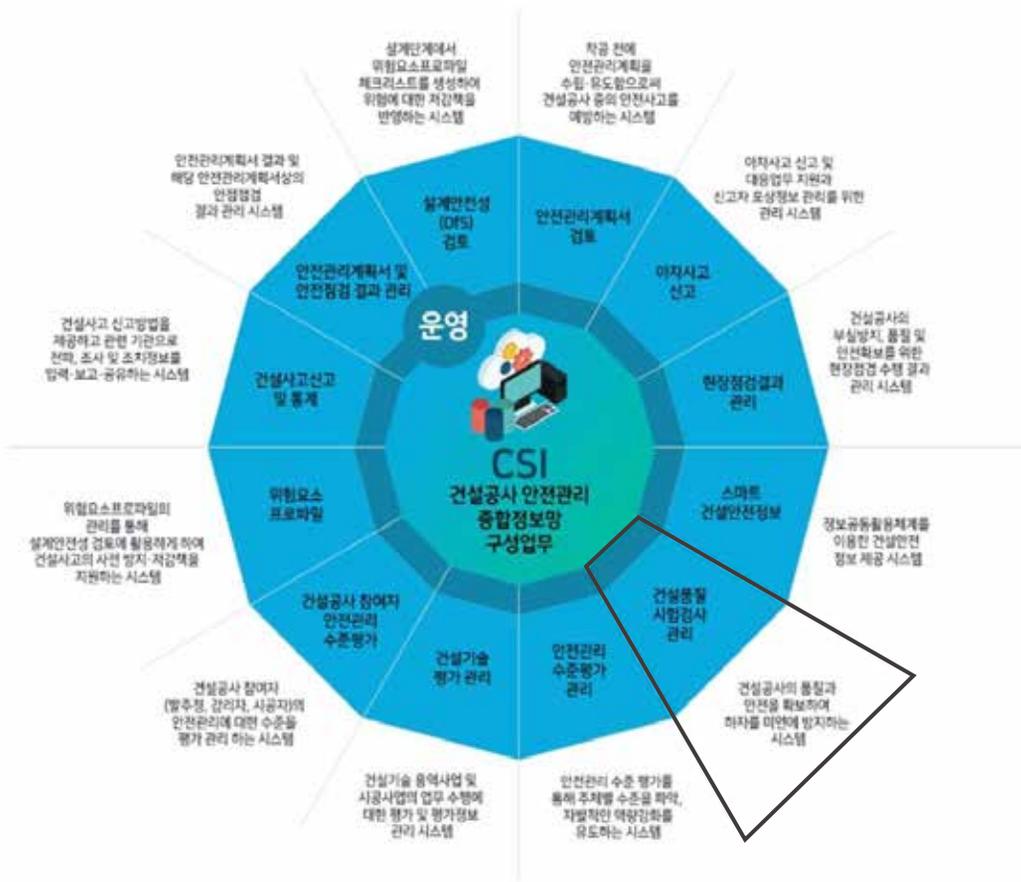


그림 2 | 건설공사 안전관리 종합정보망

### 참고문헌

- 건설기술진흥법
- 산업안전보건법
- 시설물 안전 및 유지관리에 관한 특별법
- 건설공사 안전관리 종합정보망

# ICID 제72차 집행위원회의 및 제5차 아프리카지역회의를 다녀와서

- 천년의 역사를 지닌 붉은 도시 모로코 마라케시 -

이난희 \_ 한국관개배수위원회 사무총장(imnanilee@gmail.com)

## 1. 머리말

약 2년간의 코로나19 팬데믹은 사람들을 무척이나 위축시키고 무기력하게 만들어 비행기를 탈 수도 해외에 나갈 엄두도 낼 수가 없었다. 하지만 2021년 11월 20일부터 12월 1일 기간 중 개최되었던 ICID 모로코 집행위원회의는 그나마 코로나 팬데믹이 조금은 잠잠해진 시기라 국제 회의 참석의 러브콜이 쉽 없이 날아왔다.

인천에서 모로코 마라케시까지 중국, 러시아, 덴마크, 독일, 프랑스 등 5개국을 거쳐 파리에 도착, 또 프랑스 드골 공항에서 5시간을 기다려 모로코행 국제선으로 3시간 반을 날아 밤 11시가 되어서야 마라케시 공항에 도착했다. 21시간, 거의 하루 만에 멀고 먼 곳, 아프리카 모로코에 도착한 것이다. 밤늦게 도착한 우리 일행은 가장 여행하기 좋다고 하는 11월이라지만 한국에서는 익숙하지 않은 후덥지근한 공기를 안고 숙소에 짐을 풀었다.

우리가 좀처럼 가기 힘든 북아프리카 북서부에 위치한 모로코는 알제리와 접경해 있다. 모로코 왕국은 오랜 전통을 자랑하는 세계적인 문화예술의 나라로 도시의 구석구석에서 모로코의 전통 생활양식을 엿볼 수 있으며, 각 지역의 특성이 담긴 다채로운 행사와 축제가 가득한 곳이다.

## 2. 5개국을 거쳐서 도착한 모로코

우리가 도착한 마라케시는 9세기 베르베르인의 수도로 건설되어 오랜 역사를 자랑하는 고대 도시로 세계 여행객들이 많이 찾는 여행지 중의 하나이다. 면적은 71만 850km<sup>2</sup>로 한반도의 3.2



모로코 회의에 참석한 ICID 회장단 및 각국 대표자 기념사진

배에 달하며, 인구는 37.3백만 명으로 세계 40위가 된다고 한다.<sup>1)</sup>

모로코에서 농업<sup>2)</sup>은 산업의 근간이다. 따라서 농업 부문의 작황에 따라 경제성장률의 변화가 좌지우지 된다. 모로코에서 농업은 전통적인 산업으로서 약 400만 명 이상이 농업분야에 종사하고 있으며, GDP의 약 14.5%를 차지하는 대표적인 산업이다. 전체 농경지는 약 870만 ha이고, 950만 필지로 나뉘어져 있어 전형적인 소규모 영세 농업의 형태를 보이고 있으며, 관개농업은 전체 농지의 15%만을 차지하고 있다고 한다.

모로코 정부는 농업생산물<sup>3)</sup>의 수출화 전략에 힘을 쓰고 있다고 한다. 감귤류, 사과, 배, 딸기 등 과일류와 감자, 양파, 토마토 등 야채를 주로 유럽에 수출하고 있으며, 미국, 러시아 등으로 수출 다변화를 위해 노력하고 있다. 또한 불안정한 세계 곡물시장과 기후변화에 대응하고 안정적

1) 네이버 백과사전, 모로코 개황, 2018. 4

2) 박성진, 유민정, 2017, 한국농촌경제연구원(KRED) 세계농업정보 Vol. 208, 모로코의 농업현황

3) KOTRA 해외비즈니스 포털, kotranews, 2018. 12. 30., <http://dream.kotra.or.kr>

인 농산물 생산, 공급과 더불어 농업을 모로코 경제성장의 동력으로 육성하기 위해 2009년 4월 농업개발정책(Plan Vert)을 공표하고 2020년까지 약 100억 디람(모로코 화폐 단위)의 부가가치 창출 목표를 설정하기도 했다.

또한 모로코 농업인들은 소득 수준이 중하위권으로 전적으로 날씨와 관개에 의존하며 전통적인 방법으로 농사를 짓기 때문에 농업의 경쟁력을 높이기 위해서 관개시설 확충, 농업장비 현대화가 절실한 실정이라고 한다.

### 3. 여행자들의 천국, 붉은 도시 마라케시

마라케시는 모로코 중부, 그랜드 아틀라스산맥 북쪽에 위치하고 있으며, 관개농업이 이루어지는 비옥한 하우즈 평야가 있는 인구 100만의 중도시이며, 오아시스 도시로 아랍인, 유럽인들의 관광 휴양지로 인기가 높다고 한다. 13세기~16세기 중세 이슬람교의 대도시로 사원 및 궁전이 많으며, 1912년 프랑스가 점령했었다. 1985년 옛 시가는 유네스코 세계문화유산에 등록되었다.<sup>4)</sup>

여행을 좋아하는 여행자들은 “마라케시는 뜨겁고 역동적이다”라고 말한다. 늘 사람으로 북적이고 수많은 물건이 넘쳐나는 곳, 볼거리 가득한 골목길과 전통시장, 천 년 세월이 담긴 왕궁과 성채들이 지나가는 여행객들의 발길을 잡곤 한다.

온통 붉은 황토색 하나로 통일된 색채, 일관된 모양의 주택들을 보며 북부 아프리카의 건축양식을 이해하게 된다. 실 새 없이 오가는 택시, 버스, 오토바이, 그리고 꽃마차의 행렬까지 정신이 없을 지경이다. 마라케시 사람들은 잠도 안 자는지 이른 새벽부터 늦은 밤까지 쉬 없이 움직이는 인간 군상들의 행렬이 계속되는 걸 목격했다. 숙소



제마 엘프나 광장의 다양한 모습들

4) 네이버 지식백과, 마라케시, 세계인문지리사전, 2019.

에서 회의장 까지 그리고 회의장 주변을 걸어서 며칠을 왔다 갔다 하면서 본 모습들이다.

특히, 온갖 모양의 상품들과 다양한 음식들의 경연장인 듯, 촌스럽지만 진기 명기한 매직 쇼 들이 펼쳐지는 곳, 제마 엘프나 광장의 모습은 마라케시를 대표하는 명소이다. 하루는 우리 일행들이 엘프나 광장에 있는 마라케시 야시장에 저녁을 먹고 나가보았다. 야시장의 특별한 경험을 시도해 볼까 망설임도 잠깐 코로나 팬데믹 시기의 검증 안 된 음식들을 먹어볼 용기 있는 사람들은 없었기에 눈으로만 보고 귀로만 즐겼다.

음식을 만들어 내는 연기와 음악인지 기도인지 알 수 없는 수많은 소리들, 마술인지 요술인지 다양한 구경거리로 잠시도 눈을 뗄 수 없었던 제마 엘프나 광장은 중세 이후부터 마라케시 메디나 지구(아랍지구)의 교역과 사교의 장이라고 한다.

천년 가까운 세월을 견뎌온 온갖 진기한 골동품과 오만가지의 먹거리들이 즐비한 곳, 전 세계에서 몰려든 지구촌 사람들이 각기 다른 서로의 모습을 보여주고, 서로를 기꺼이 마주하려 오는 곳, 아프리카인지 유럽인지 혼돈되는 곳, 아시아와 중동의 문화적인 혼합, 사랑과 열정이 모여드는 곳, 그곳이 마라케시이다.

#### 4. 푸른 동화 속 세상 ‘마조렐 가든(Majorelle Garden)’

흔히 코발트블루라고 알고 있는 마조렐 블루는 마라케시 마조렐 가든에서만 볼 수 있는 강렬한 트레이드 마크 컬러이다. 코발트블루 벽을 배경으로 조경된 아름다운 정원과 마라케시 이슬람 박물관을 갖춘 마조렐 가든은 정원 곳곳에 화려한 건축물과 분수, 각양각색의 화분과 조각들이 배치되어 있으며, 다양한 새들의 서식지인 정원은 모든 생물과 다채로운 즐거움을 선사한다.<sup>5)</sup> 300여종의 식물들이 어우러져 어느 각도에서나 풍경화 같아 인생 샷 찍기에는 최고의 장소이다.

마조렐 가든은 1947년에 대중에게 개방된 이후 마라케시 여행객의 필수 코스가 될 정도로 인기가 높은 곳이다. 우리가 잘 알고 있는 프랑스 유명 패션 디자이너 이브 생 로랑이 가장 사랑했던 곳으로 이곳에서 예술적 영감을 많이 얻었다고 한다.<sup>6)</sup> 사후 그가 묻혀있는 곳이기도 하다.

한번 보면 결코 잊혀지지 않는 이 강렬한 색상, 그 비밀은 오랜 시간 속에 축적된 이 도시의 역

5) 네이버 지식백과, 마라케시, 모로코 개황, 2018. 4.

6) 권상웅 대구대학교 문화예술학부 교수, 천 개의 도시, 천 개의 이야기, 모로코 마라케시, 모로코의 '붉은 진주', 2018

사성과 포용성에 있을 터인데, 붉은 흙벽돌과 푸른 야자수가 어우러진 도시의 색깔도 오래오래 기억에 남을 것 같다.



강렬한 색상이 인상깊은 마조렐 블루 칼러



이브 생 로랑이 잠들어 있는 마조렐 가든

## 5. 2021 ICID 모로코 회의

ICID 제72차 집행위원회의 및 제5차 아프리카지역회의가 개최된 모로코 회의는 코로나19 팬데믹으로 2020년 개최될 예정이었으나 연기에 연기를 거듭하여 2021년 11월 말에나 겨우 개최될 수 있었다.

KCID에서는 최진용 ICID 부회장, 최강원 KCID 부회장, 이규상 전임이사, 이승원 농어촌연구원 차장, 필자 등이 참석하였다. 특히 2020년 ICID Virtual 집행위원회의에서 ICID 부회장으로 선출된 최진용 KCID 부회장(서울대 교수)은 다른 국가의 임원진과 상견례도 없이 1년을 보낸 터라 더욱 의미 있는 회의 참가였다.

### 1) ICID 제72차 집행위원회의

제72차 집행위원회의에서는 코로나 오미크론의 급작스런 확산으로 회의가 잠정 중단 되는 바람에 11월 24일 Virtual 회의(줌)로 진행되었으며, 동시에 전 세계로 생중계되어 각국의 대표들을 화상으로 불러내 의견을 나누기도 하였다.

주요 참석자는 ICID 회장 및 부회장단, 모로코 ICID 관개배수위원회, ANAFIED(모로코 토지개량관개배수환경연합회), 각 국가 대표 그리고 ICID 관계자들이 참석한 가운데 개최되었다.

주요 의결 내용은

- ▶ 전차대회(제71차 집행위원회의)의 주요사항 보고
- ▶ ICID 운영전략, 재정계획 등에 대한 논의
- ▶ ICID 2030 비전 및 액션플랜 발표
- ▶ 적극 회원국의 활동 보고: 이집트, 필리핀, 우즈베키스탄
- ▶ Watsave Awards, 최고 논문상, 세계관개시설물유산 등재 시상식
- ▶ 차기회의 개최지 결정
  - 2022년: 제73차 집행위원회의 및 제24차 총회(호주 아들레이드)
  - 2022년: 제10차 국제마이크로 국제회의(모로코 아가디르)
  - 2023년: 제74차 집행위원회의 및 제4차 관개포럼(중국 베이징)
  - 2023년: 제75차 집행위원회의 및 제25차 총회(인도 안드라 프라데시)
  - 2024년: 제76차 집행위원회의 및 제9차 아시아지역회의(호주 시드니)
  - 2025년: 제77차 집행위원회의 및 제5차 관개포럼(말레이시아 쿠알라룸푸르)
- ▶ 차기 회의 등록비 결정
  - (2022년) 제24차 호주 총회(US\$800)
  - (2022년) 모로코 제10차 마이크로 컨퍼런스(US\$500)
  - (2023년) 제74차 베이징 집행위원회의 & 제4차 세계관개포럼(US\$800)
- ▶ ICID 부회장 선출(2021~2024)
  - Mr. All Reza Salamat(이란)
  - Mr. Aziz Fertahi(모로코)
  - Dr. Tsugihiko Watanabe(일본)
- ▶ 기타: 향후 ICID 회의는 오프라인 개최와 참여를 원칙으로 계획하고 운영할 예정



제74차 집행위원회의 모습



ICID 모로코 회의, 배너 앞에서 참가자 기념 촬영

## 2) 제5차 아프리카지역회의

모로코가 주관한 아프리카지역회의의 주제는 ‘아프리카 농업의 더 나은 회복력을 위한 지속가능한 관개관리’로 논문발표 및 관련 워크숍, 전시회 등이 개최되었다. 특히 아프리카 지역회의는 우리 한국과 같은 아시아 지역의 농업환경과 많은 차이가 있을 뿐 아니라 코로나 팬데믹이라는 복병 때문에 현장견학 프로그램이 축소되어 많은 것을 보고 견학할 수 있는 기회를 빼앗긴 거 같아 아쉬움이 큰 회의였다.

하지만 모로코 회의는 ANAFIDE(토지개량관개배수환경연합회)라는 협회에서 주관을 해 ICID 부회장이며 ANAFIDE 회장인 호세 바탈리 교수께서 회의 전체를 진두지휘하고 어메니티까지 챙기는 친절하고 자상한 우리네 할아버지 같은 좋은 인상을 받게 되어 컨퍼런스의 준비 및 회의 진행이 우리 기준에 비해 체계적이기는 않았지만 모로코 회의를 오래 기억하게 해주었다.



제5차 아프리카 지역회의 및 워크숍



ANAFIDE 회장과 함께 기념사진

## 6. 기술분과위원회의 및 워크숍 참석

기술분과회의는 11월 25일부터 11월 28일까지 개최되었으며, 참석자별로 나누어 관심있는 분과에 참석하여 각 분야별 세계 트렌드 및 이슈들을 챙겼다.

### ▶ 관개현대화분과(WG-M&R)

- 관개현대화 및 활성화 관련 분과 워크숍 개최

### ▶ 아프리카 지역회의 주제별 워크숍

- 다양한 규모의 관개시스템 관리 워크숍 개최

### ▶ 아시아지역분과(ASRWG)

- 분과위원회 회원국별 활동보고 및 국제 워크숍 개최 (주제: 코로나19가 아시아 농업용수

관리에 미치는 영향), 제9차 아시아지역 컨퍼런스 개최를 위한 호주 협력 요청 등

- ▶ 물식량 에너지분과(WG-WEF)
  - 분과위원회의 회원국별 활동보고 및 코로나19 팬데믹으로 인한 물-식량-에너지 넥서스 관련 위기의 증대와 대응정책 등
- ▶ 기후변화분과(WG-CLIMATE)
  - 분과위원회의 회원국별 활동보고 및 기후위기와 코로나19 등 자연재해와 팬데믹으로 인한 농업용수 분야의 파급효과 등
- ▶ 연안개발분과(WG-SDTA)
  - 분과위원회의 회원국별 활동보고 및 기후변화로 인한 해수면 상승에 대응하는 정책 및 기술적용 사례 및 연구성과 등 공유
- ▶ 역사분과위(WG-HIST)
  - 분과위원회 활동보고 및 '세계 관개배수의 역사' 출판물 관련 한국측 자료 추가보완 요청 (ICID 사무총장) 확인 등



ICID 기술분과위원회 세션 모습

## 7. 청산도 구들장논, 강진 연방죽 세계관개시설물 유산으로 등재

KCID는 2016년부터 세계관개시설물유산(WHIS, World Heritage Irrigation Structure) 등재 사업을 추진해 오고 있다. 이 사업은 국제관개배수위원회(ICID)가 농업발전에 대한 기여, 기술의 우수성, 건설당시의 혁신성, 문화적 전통성 등 기준을 만족하고 역사적인 가치가 있는 관개배수 구조물에 대하여 세계 유산으로 인정하는 제도이다.

전세계 17개국 121개의 시설물이 유산으로 등재되어 있다. 2022년 6월 현재, 전세계 17개국 121개의 유산이 등재되어 있으며, 일본과 중국이 전체의 58%를 차지하고 있어, 두 나라의 역사와 문화, 기록에 대한 관심을 엿볼 수 있다. 우리나라에서는 김제 벽골제와 수원 축만제

(2016년), 수원 만석거와 당진 합덕제(2017년), 고성 둑병 관개시스템(2020년), 청산도 구들장 논과 강진 연방죽(2021년) 등 7개 시설물들이 등재되었다.

세계관개시설물유산으로 등재된 강진 연방죽의 주체인 강진군에서도 이상심 부군수를 위시하여 문춘단 강진군 의회 농업경제위원장, 송승언 친환경농업과장, 위길복 건설과장 등 다수의 강진군 관계자들이 참가하여 더욱 수상식을 의미롭게 만들었다.

모로코 회의에서 등재된 청산도 구들장 논은 ‘전통 온돌문화를 적용하여 벼농사 재배를 가능케 한 독특한 관개구조물’로, 강진 연방죽은 ‘다섯 개의 작은 저수지(방죽)를 연결하여 생활용수 및 농업용수 등 수자원 확보를 위한 특별한 관개 구조물’로 인정받아 인증서 및 인증패를 수여 받았다.

2001년에 세계관개유산으로 등재된 국가는 중국(3), 인도(4), 한국(2), 이라크(2), 일본(2), 모로코(1), 스리랑카(2) 등 7개국 16개의 시설물이 유산으로 등재되었다.

세계관개시설물유산 등재는 우리 농어촌의 사라져가는 농업유산들을 발굴하고 보전·전승해 나갈 수 있을 뿐만 아니라 세계 물 관련 전문가들에게도 한국의 농업문화 및 농업기술을 소개하고 인식시킴으로써 농업유산을 활용한 지역 브랜드와 문화관광 상품으로 부가가치 창출을 연계시켜 볼 수 있는 좋은 계기가 된다.



강진 연방죽의 세계관개시설물유산 등재 수상 모습



강진 연방죽 인증서



청산도 구들장 논 인증패

## 8. 사막에서 물을 다루는 방법을 알려준 무하마드 6세 물 박물관

현장 견학지로 방문한 무하마드 6세 물 박물관은 모로코의 물 문명과 역사를 다룬 박물관으로 모로코가 예전부터 물을 어떻게 활용하며 살아왔는지에 대한 역사 박물관이다. 그리고 고대부터 물을 다루는 시스템이 어떻게 발전되어 왔는지, 사막에서도 물을 어떻게 저장하고, 사용하는지, 물의 사용 역사를 알려준 물 박물관이다. 주로 건조지역 및 오아시스 농업용수 관리 및

물 관리 기술과 전통적 지하수 취수시설, 마라케시 지역 관개시설 및 유산 등을 잘 보여주는 박물관이다.

물이 부족한 아랍에서 모로코는 아틀란티스 산맥을 끼고 있기에 물은 부족하지 않았던 것으로 짐작해 본다. 아틀란티스 산맥에서 내려오는 물들을 잘 활용하여 지금까지지 터전을 닦고 살고 있는 축복받은 나라가 아닐까 싶다.



참가자 전원 기념촬영



무하마드 6세 물박물관



보기 쉽지 않은 아프리카 농업의 관개 모습 및 수로

## 9. 디아스포라가 될 뻔한 잊지 못할 에피소드

회의 기간은 2021년 11월 22일부터 12월 2일까지 모로코 관개배수위원회와 ANAFIED (토지 개량관개배수환경연합회) 주관으로 계획되었으나 코로나 오미크론 변이 바이러스의 급속한 확산과 모로코 당국의 마라케시 국제공항 봉쇄 예고로 11월 28일 이후 일정이 전면 중단이 되어 부랴부랴 귀국길에 올라야만 했다.

예기치 못한 갑작스런 변고에 전 ICID 참석자들은 불안함과 긴장 속에 조직위원회의 결정에 적극 협조했으며, 출국 전 통과의례인 PCR 검사와 결과를 조심스럽게 마음 졸이며 기다렸다. 다음날 제3국인 카타르 도하를 거쳐 서울행 비행기에 올라서야 한숨을 돌릴 수 있었다. 참석자 모두는 웃으며 “디아스포라(Diaspora, 국제 난민)가 될 뻔했다”며, 코로나19가 준 평생 잊지 못할 추억의 에피소드로 지금에야 편하게 얘기할 수 있을 것 같다.

국제회의의 묘미는 만나 악수하고 근황을 묻고 그 지역의 특성을 살피며, 새로운 사람을 만나고, 새로운 세계의 변화를 감지하고, 서로 얼굴을 맞대고 의견을 공감·공유하는 정서적 향유는 필자만의 고집스런 바램일까? ‘백문이 불여일견’이라고 했던가...

## 10. 맺는말: KCID가 재도약할 수 있는 또 한 번의 계기가 마련되기를...

필자는 1994년부터 KCID 업무를 전담해 왔고, 현재 이 자리에서 올 연말 퇴임을 준비하고 있다. KCID에 대한 남다른 애정을 가졌던 산·학·연 각계의 전문가 분들이 아니었다면 KCID는 이러한 위치까지 오르기 쉽지 않았을 것이다.

2001년 ICID 서울대회, 2014년 광주총회, 2019년 YPF 포럼 개최 등 국제행사를 치루기 위하여 각자의 위치에서 내 일처럼, 하나의 목표를 위하여 결집했으며, 최선을 다해 힘을 모아주었다. 그러한 결과들이 지금 ICID 국제사회에서도 KCID의 위상을 지켜주고 있다.

많은 선배님들이 고생 속에 담아놓은 세계 속의 '물 전문가' 집단이라는 굳건한 조직을 만들어 낸 것을 회고하며, 2020년에는 『한국관개배수위원회 50년사』를 편찬하여 발간했다. KCID 50년사는 KCID의 그간의 활동과 성과를 있는 그대로 담아냈으며, 지난 반세기 동안 KCID의 발자취를 되돌아 봄과 동시에 한국 관개배수 기술이 세계 속으로 성장·확산되어 나가고 있음을 보여주고 있다.

이러한 지난 50년 간의 노력과 성공사례를 경험으로 하여 제2의 KCID 발전을 제안해 보고자 한다. 서울 아시아 지역회의 개최는 지금으로부터 21년 전, 2014년 광주 총회는 벌써 8년이 흘렀다. 제2차 서울 아시아지역회의 개최 혹은 서울총회 개최라는 새로운 큰 목표가 설정되면 또다시 KCID를 중심으로 그간 소원해지거나 흩어졌던 우리 분야의 '물 전문가'들이 결집할 수 있는 계기가 되지 않을까? 큰 그림을 그려본다.



마라케시 지역의 문화를 엿볼 수 있는 전통 문화 행사

### 참고문헌

- 네이버 백과사전, 모로코 개황, 2018. 4
- 박성진, 유민정, 2017, 한국농촌경제연구원(KREI) 세계농업정보 Vol. 208, 모로코의 농업현황
- KOTRA 해외비즈니스 포털, kotranews, 2018. 12. 30., <http://dream.kotra.or.kr>
- 네이버 지식백과, 마라케시, 세계인문지리사전, 2019.
- 네이버 지식백과, 마라케시, 모로코 개황, 2018. 4.
- 권상응 대구대학교 문화예술학부 교수, 천 개의 도시, 천 개의 이야기, 모로코 마라케시, 모로코의 '붉은 진주', 2018

# 국제개발협력사업(IDC) 성과 측정을 위한 PDM 작성 및 농촌현장적용 사례 소개

- 베트남 라오까이 농촌종합개발사업 및 에콰도르 관개향상사업 -

Introduction of the PDM (Project Design Matrix) design to evaluate the IDC (International Development Cooperation) project in the rural area - Vietnam Lao Cai KOICA project -

김선호 \_ 국제농촌개발원 대표, 전)한국농어촌공사 해외사업 운영단장(shkim\_world@naver.com)

01

02

03

04

05

06

07

08

## 1. 서론

우리가 잘 알고 있는 국제연합(UN)은 전세계 193개 회원국이 가입되었고, 2030년까지 국제 사회의 최대 공동목표인 지속가능개발 목표(SDGs, Sustainable Development Goals)를 설정한 바 있다. SDGs 중에서 첫 번째 목표는 빈곤 퇴치(No Poverty), 두 번째 목표는 기아 해소와 식량안보 달성 및 지속가능 농업 발전(Zero Hunger)로 정하고 빈곤과 먹거리 이슈를 최우선 과제로 설정하고 있다.

또한, 최근에 더욱 심각해지고 있는 기후변화 이슈와 자연환경 등 외부영향을 절대적으로 받고 있는 농업농촌개발 분야는 정책에 의한 실행전략 수립이나 현장에서의 실행 또한 어려운 분야라고 할 수 있다.

사실, 국제개발협력사업에서 성과나 평가에 큰 의미를 부여하는 분위기는 최근에야 조성되기 시작했고, 막상 그 가시적인 성과를 정당한 평가를 거쳐 다각적인 면으로 알리고 홍보하는 일에는 미흡했던 것이 사실이다. 최근 들어 국제개발협력(IDC, International Development Cooperation) 사업결과를 OECD 기준에 의거 적절하게 평가하고 알리는 사업도 점차 증대하고 있는 것은 추세이다.

한편, IDC 사업에서 평가에 사용하고 있는 대표적인 관리 툴(Tool)로 PDM(Project Design Matrix)를 들 수 있다. 몇 단계의 조사와 작업을 거쳐 설계된 PDM의 사용으로 프로젝트의 입안·실시·평가 전 과정을 통해 프로젝트를 일관성 있게 집행·관리에 사용하고 있는 것이 사실이다.

본 원고에서는 현재 국제개발협력사업 농업·농촌개발을 포함한 거의 전 분야에서 사용중인 PDM 작성을 위한 일반적인 작업절차를 포함하여 논리구조와 완성한 PDM 설계(예)를 제시하고, 이어서 PDM 활용의 선행사례로 베트남 북부 라오까이지방에서 실행된 KOICA 사업에서 성과평가를 위해 활용하였던 PDM 설계와 과정들을 사례를 소개하고자 한다.

## 2. 프로젝트형사업 PDM 작성 절차와 구성

### 가. IDC 사업과 PDM의 관계

PDM은 IDC 사업 형성(formulation)의 마지막 단계에서 완성되는 시트(sheet)인 바, IDC사업 형성 과정을 간략히 소개하고자 한다.

농업농촌개발분야의 IDC 사업은 대상지역 선정, 현장자원(resources)의 활용, 지역 정부와의 협업 등 내외적 가용자원을 최대한 활용하여 사업을 계획, 설계하고 실행해야 하기에 현장의 충분한 조사를 먼저 실시하게 된다. 이런 조사를 바탕으로 프로젝트형 IDC 사업이 탄생된다고 보면 된다. 아래 그림 1은 IDC 사업 형성절차를 보여주고 있다. 즉, 그림의 ④ 논리모형(Logical framework)과 PDM은 이러한 사업형성 조사의 마지막 단계의 작업이라고 보면된다.

한편, 아래 그림 ① ~ ③의 과정은 사업형성의 선행과정으로서 먼저, IDC 대상 선정지역의 자원조사 등을 포함하는 현장조사를 시작으로 지역의 이해관계자(주민, 지역공무원 등)와 토론과 검증작업 등을 실행하게 된다. 이러한 현장조사 결과로 문제트리(Problem Tree) 작성이 가능하다. 문제트리는 문제들의 근원적인 원인과 결과를 구별해내는 작업을 진행한다.

이후 작업으로 금번 IDC 사업으로 해결할 수 있는 사업활동(Project Activity) 들을 사업기간과 예산규모를 감안하여 정하고, 사업의 논리모형과 PDM 초안을 만들게 된다. 아래 그림은 PDM 설계완성에 앞서 현장에서 이루어져야 하는 단계별 작업을 보여주고 있다. 한편 본 원고에서는 네 번째 ④단계인 “논리모형 및 PDM” 단계를 중점으로 소개한다.

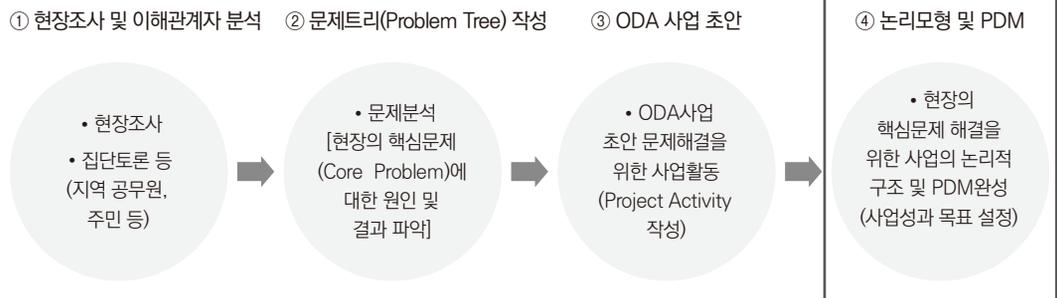


그림 1 | 국제개발협력사업 형성절차와 PDM

### 나. 논리모형 작성

이제 PDM을 완성하는데 사전작업으로서 사업내용을 논리적 구조로 표현하는 프로젝트의 논리모형(logframe)을 살펴보기로 한다(그림 2). 프로젝트의 논리는 “사업활동(activity)으로 사업산출물(output)이 완성되고 그 산출물이 다시 사업의 성과(outcome)와 목표(objective) 혹은

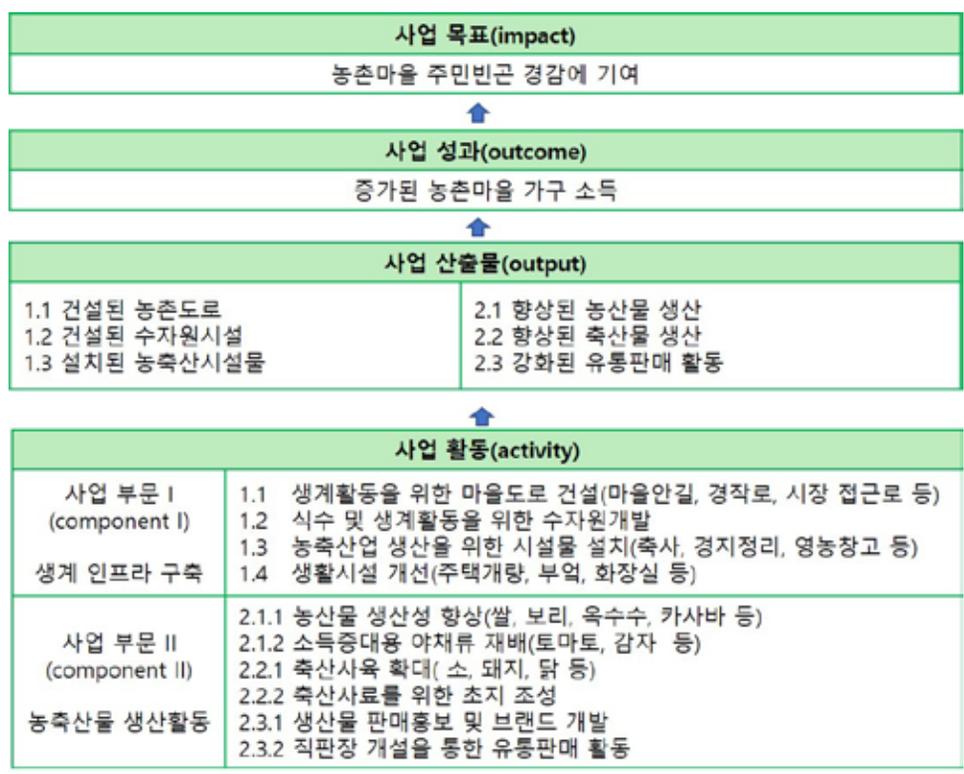


그림 2 | 논리모형(예) - 농촌지역개발사업

impact)에 영향을 미친다” 라는 사업변화과정을 나타낸 논리적인 가정(logical assumption)의 체계라고 말할 수 있다. 이런 논리는 프로젝트가 정한 사업활동들이 만들어낼 사업산출물을 만들어내고 이를 바탕으로 사업성과를 달성하여 결국 사업목표가 이루어진다는 가정을 미리 설정(Assumption)하는 것이라고 할 수 있다.

한편, 농업농촌 개발분야를 사용하여 아래 그림과 같이 사업논리모형을 설명하였다. 사례로 설명하고 있는 사업의 기초단계(basic level)인 사업부문 “I. 생계인프라 구축”, “II. 농축산물 생산 활동”에 속한 사업활동을 무난히 종료한다면 각각의 사업활동의 완성으로 사업산출물(“1.1 건설된 농촌도로, 2.1 향상된 농산물 생산” 등)을 얻게 되고, 결국 “농촌마을의 가구소득 향상” 이라는 사업성과를 가져올 수 있다는 가정적인 논리가 될 것이다.

## 다. PDM 시트 이해

PDM이라 함은 사업 실행자(Project implementer)가 수행하는 모든 활동, 산출물, 성과, 영향 등을 사업 과정별로 평가받게 될 때 사용할 검증수단(Means of verification)과 지표(Indicator) 등에 관하여 사업참여자 간의 사전약속을 설명하고 있는 시트가 PDM이라고 할 수 있다. 아래 그림 3의 PDM 양식에서 맨 좌측열(A영역)의 “Narrative Summary(요약)”에는 Impact(영향)-Outcome(성과)-Output(산출물)-Activity(활동)이 서술된다. 즉 최하위의 활동(Activities)이 실행되면 산출물(Output)이 만들어지며, 이의 결과로 성과(Outcome)가 나타나며 사업지역에 긍정적 영향(Impact)을 가져 온다는 논리적인 표현이 담겨져 있다. 이는 이후에 설명할 사업의 논리모형의 구조와도 동일하다.

한편 중간열(B영역)의 Objectively verifiable indicator(객관적 검증지표)와 Means of verification(검증수단)은 좌측열에 요약한 사업활동의 변화들을 어떠한 검증 지표(indicator)로 어떻게 측정(verification)할 것인가를 설명하게 된다. 또한, 맨 우측열(C영역)에는 “Assumption/Risk(중요가정/위험)”과 “Pre-condition(선행조건)”을 작성하게 되는데, 사업의 단계별 실행과 변화과정에서 예고없이 찾아올 수 있는 천재지변 등 사업의 방해요소를 적고 관리하게 된다. 또한 선행조건의 경우 주로 정부측사업참여자의 의무사항(예산, 자원투입 등)을 적는다.

Narrative Summary (요약)	Objectively Verifiable Indicators (객관적 검증지표)	Means of Verification (검증수단)	Assumptions/Risk (중요가정 / 위험)
Impacts (영향)			
Outcomes (성과)			
Outputs (산출물)			
Activities (활동) 	Inputs (투입물)		Pre-conditions (선행조건)

그림 3 | 일반적인 PDM 양식

## 라. 완성한 PDM(예)

위에서 설명한 PDM에 관한 이론적인 내용을 바탕으로 사업 현장 조사를 거치면 아래 표 1과 같은 PDM이 완성될 수 있다. PDM은 사업 생애를 함께 하며 사업활동 완료 여부 등을 모니터링하고 관리하는 데 사용되며, 사업 흐름에 따라 설정한 검증지표를 활용하여 실시하는 단계적인 자체평가에도 유용하게 쓰이는 시트(Sheet)이다. PDM 시트는 사업을 한눈에 파악할 수 있다는 실무적인 장점이 있다. 다양한 사업참여자와 공유해야 하는 사업 기간, 예산, 협력 기관, 주요활동, 예상 산출물, 성과 등 종합적인 사업정보가 한 시트에 포함되어있기 때문이다. 사업 실행기관으로서 사업을 관리하는 측면에서도 PDM을 통해 사업 완성도를 점검할 수 있다. 예를 들어, 농업 생산성 향상률(%)과 같은 수치를 주기적으로 점검하면서 초기에 설정한 목표치와의 비교를 통해 성과가 부진할 때는 다른 대안을 고민할 기회를 만들어주기 때문이다. 또한, 사업을 평가할 때, 평가자가 제3자로서 객관적인 시선으로 지표를 검증하는 데에도 PDM은 매우 유용한 역할을 한다. PDM에는 대표 사업활동을 명시했으나, 실상 사업활동을 수행하기 위한 여러 개의 소활동(Sub-activity)들을 포함하고 있는 경우도 있다. 하지만 최대한 한눈에 볼 수 있도록 작성된 PDM에는 장기간 사업의 모든 활동을 담기에는 한계가 있다.

표 1 | PDM 작성(예) - 농촌개발사업

Narrative Summary (요약)	Objectively Verifiable Indicators (객관적 검증지표)	Means of Verification (검증수단)	Assumptions/Risk (중요가정/위험)
<b>Impacts (영향)</b> 1. 사업수혜국 식량확보(food security) 2. SDG 1. 빈곤종식	○○국 사업마을 빈곤율 조사	1. 사후 평가 2. 종료선 조사 3. 정부 DB	- ○○국 정치적 안정 - 중앙부처의 조사 협력
<b>Outcomes (성과)</b> 1. 증가된 소득증대	1. 농가소득 증대율 (15%)	1. 종료선 조사 2. 사업 보고서	- 산지 직판장 운영 활성화 - 지역거버넌스 역량
<b>Outputs (산출물)</b> 1.1 건설된 농촌도로 1.2 건설된 수자원 시설 1.3 설치된 농축산시설물 1.4 개선된 주거환경  2.1 향상된 농산물 생산 2.2 향상된 축산물 생산 2.3 강화된 유통판매 활동	1.1 건설된 농촌도로 길이 1.2 건설된 용수시설 수 1.3 설치된 농축산시설물 수 1.4 개선된 주거환경 가구 수  2.1 농산물 생산증가(30%) 2.2 확대된 축산물 두수 2.3 구축된 직판장 수	1. 현장확인 및 사업보고서  2. 기초선 조사  3. 종료선 조사	- 지역정부의 사업참여 의지 - 주민참여의지 및 기술습득 태도 - 소액금융 시스템의 정상적 운영
<b>Activities (활동)</b> 1.1 생계활동을 위한 마을도로 건설 1.2 식수 및 농축산 활동을 위한 수자원 개발 1.3 농축산업 시설물 설치 1.4 주거환경 개선활동	<b>Inputs (투입물)</b> KOICA (사업예산) 00 백만불 (사업기간) 2022-2025  수원기관 (분담재원) 00 만불 [지원내용] 공무원 사업참여, 사무실, 전문가 신분보장, 관세 편의 등	<b>Pre-conditions (선행조건)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 사업참여자 확정</li> <li>• 도로부지 확보</li> <li>• 시설물부지 확보</li> <li>• 지역정부 참여</li> <li>• 자연재해 피해</li> </ul>	
2.1.1 쌀 등 농산물생산성 향상 2.1.2 소득증대용(토마토 등) 채소재배 2.2.1 축산사육(소, 돼지 등) 확대 2.2.2 축산사료를 위한 초지 조성 2.3.1 농산물 브랜드개발 2.3.2 직판장 개설			

### 3. PDM의 현장활용 사례

#### 가. 베트남 라오까이 사업개요

본 사업은 베트남 라오까이성 주민 빈곤감소, 역량강화, 생활개선, 라오까이정부의 행정효율성 및 소수민족 자치역량 강화를 사업목적으로 베트남 북부 라오까이성 지방단위에서 실행한 전형적인 농촌종합개발사업이다. 사업실행기간(2014~2018) 3년으로 총사업비 14백만불-한국측)이 투입되었다. 한편, 총 6개 사업부문으로 구성되어 있는 등 통합적인 지방단위사업이라고 할 수 있다. 성정부내 4개 군 28개 꼬문(한국의 읍에 해당)이 사업에 직접적으로 참여했고 라오까이 지방 단위 행정부서 대부분이 주도적으로 사업실행에 참여하였다. 자세한 사업부문과 사업 활동은 아래 표 2에서 설명하였다.

표 2 | 라오까이 행복프로그램 사업구성

사업부문	참여 지방기관	사업활동	사업부문	참여 지방기관	사업활동
마을도로	도로국	<ul style="list-style-type: none"> <li>4개군 28개 꼬문</li> <li>콘트리트포장 L=366km</li> </ul>	교육	교육국	<ul style="list-style-type: none"> <li>교사역량강화 프로그램</li> <li>방과후 교육프로그램</li> </ul>
소득 증대	농촌개발국	<ul style="list-style-type: none"> <li>사업대상지: 8개시범마을</li> <li>수행자: 농촌개발국</li> </ul>	보건 / 여성	보건국 여성연맹	<ul style="list-style-type: none"> <li>의료인력 역량강화(심화)</li> <li>의료인력 역량강화(기본)</li> <li>새마을운동시범마을 건강증진 활동</li> </ul>
새마을/ NRD	NRD과	<ul style="list-style-type: none"> <li>도·군 공무원교육(295명)</li> <li>꼬문 공무원 및마을리더 교육(1,216명)</li> <li>마을주민 교육(718명)</li> <li>교육 프로그램 준비</li> </ul>	지방 행정	내무국	<ul style="list-style-type: none"> <li>현지교육 360명</li> <li>워크숍 3회</li> <li>초청연수 2회</li> <li>자매결연 추진</li> </ul>

#### 나. 평가관리를 위한 PDM 활용

앞서 PDM은 개발협력사업의 관리뿐만 아니라, 실행과 결과를 평가하기 위해 현장에서의 성과측정에 활용된다고 설명하였다. 한편 프로젝트의 성과측정 조사는 기초선조사(Baseline survey)와 종료선 조사(Endline survey) 등 사업 시기별로 일관성 있게 PDM을 활용하여 사업의 변화과정을 측정하고 정리하게 된다. 한편, 사업초기에는 기초선조사를 통해 사업활동과 측정할 지표의 적정성 여부를 판단하며 향후 사업시기별(중간, 종료 이후) 사업의 산출물, 성과물 등을 측정하여 PDM을 완성해 나가게 된다(표 3).

표 3 | 사업시기별 PDM 작성 내용

사업 시기	검증 수단(Means of verification)	검증가능 단계
사업 초기	기초선 조사(Baseline Survey)	사업활동 및 지표 적정성 등
사업 중간	중간선 조사(Middleline Survey)	산출물(Output)
사업 종료	종료선 조사(Endline Survey)	산출물(Output) 성과물(Outcome) 일부
사업 이후	사후평가조사(Post-evaluation Survey)	성과물(Outcome) 영향(Impact)

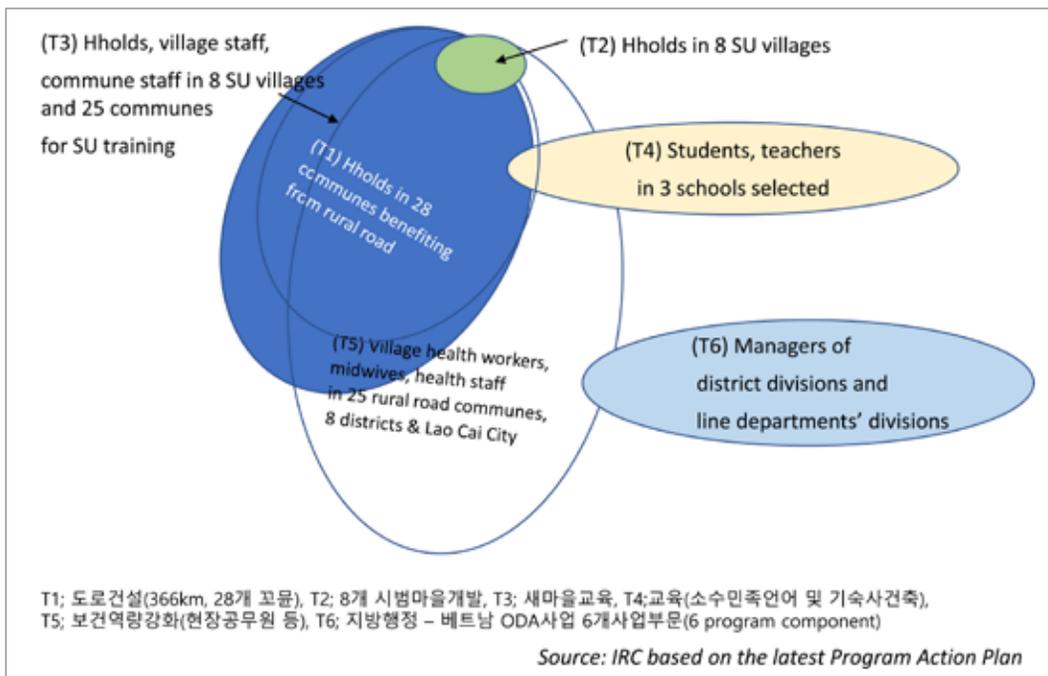
### 다. 조사를 위한 설문대상자분류

베트남 ODA 사업은 6개의 사업부문내에 다양한 하위사업활동으로 설계된 종합형 농촌종합개발사업인 점이 사업의 전체 수혜자를 대표하는 설문대상 표본집단을 추출해내는 데에는 불리한 구조였다. 사업부문별로 지방내 군(district) 혹은 꼬문(commune) 등이 상이하게 사업활동에 참여한 사실이 많았다. 아래 표 4는 기초선조사를 위한 사업부문별 모집단을 구분하여 정리하였고 이어지는 아래 그림 4는 사업수혜자와 대표 표본집단 추출결과를 보여주고 있다.

표 4 | 기초선조사를 위한 사업부문별 질의대상자구분

사업부문	BLS*	모집단(population)
1. 도로건설	T1	농촌 도로건설의 혜택을 누릴 28 꼬문의 가구
2. 8개시범마을 개발	T2	소득 창출 및 기타 활동 (마을 주민의 제안에 따라 다름)의 혜택을 누릴 8 SU 마을의 가구
3. 새마을운동	T3	SU 훈련의 혜택을 누릴 8 개의 SU 마을의 가구, 마을 직원, 꼬문 직원 및 25 꼬문
4. 교육	T4	미리 선택된 세 학교의 학생과 교사
5. 보건	T5	마을 보건 종사자 및 조산사, 꼬문 보건 직원, 지방 의료진, 모든 8 개의 Saemaoul Undon (SU) 마을의 여성 연합, 농촌 도로 하위 구성 요소로 덮인 25 개의 꼬문 및 기타 8 개 지구 및 라오까이 시;
6. 지방행정	T6	라인 부서 및 지구 부서의 정부 공무원

\* BLS; Baseline survey; 6개 사업부문을 편의상 T1~T6로 구분함



SU: Saemaedul Undong; Hholds (Household)

그림 4 | 기초선조사를 위한 사업부문별 질의대상자 모집단

## 라. 표본조사 설정(예)

사업초기에 실시된 기초선조사를 위한 표본조사 설정 중 아래 표 5는 도로건설(T1)과 8개 시범마을개발(T2)의 양적조사를 위한 표본추출사례를 보여주고 있다. 특히, 사업수혜자가 약 1만8천가구가 상회하는 도로건설의 경우 군집표본추출법(Cluster Sampling Approach)을 사용하였고, 상대적으로 사업수혜자(약 480가구)가 작은 시범마을의 경우 무작위추출(Random Sampling Approach) 방법으로 조사자를 선정하였다. 기초선 조사에 얻어진 값(Value)은 추후 사업활동이 종료시점에 이루어지는 종료평가를 통해 변화과정을 거친 후 그 차이 값을 얻게 된다.

표 5 | 응답대상자(표본집단) 선정조건

**T1: 도로건설부문 표본집단** - 약 1만8천가구에 달하는 모집단에 대한 90%의 신뢰도와 허용오차 5%를 가지는 권장표본집단은 377이다. 군집표본추출법(Cluster Sampling Approach)을 활용하여 도로사업대상 30개 마을그룹을 우선 선정하고 마을당 무작위로 13개의 농가를 선정하고 최종 390개 조사대상자(informant)를 선정함.

**T2: 시범마을부문 표본집단** - 단순 무작위추출법(Random Sampling Approach)을 활용하여 시범마을 약 460농가에 대한 95% 신뢰구간 5% 오차범위를 가지는 권장표본 크기는 210명이다. 8개시범마을을 별로 26개 농가를 선정하고 최종 210개 조사대상자를 선정함.

## 마. 사업 시기별 PDM 활용

라오까이정부측과 합의한 사업활동을 담은 액션플랜을 바탕으로 2015년 초반에 베트남 라오까이사업의 실행초기 단계에서 기초선조사를 실시했다. 동 기초선조사에서는 사업산출물(output)이 사업목적과 성과달성을 위해서 기준과 조건, 그리고 목표치가 현장에서 확인되고 설정될 수 있었다. 사업종료에 이루어지는 종료평가에 앞서 2016년도에 현장운영 MIS(경영정보시스템)을 추가로 실시하여 사업초기대비 변화를 측정하였다. 동 MIS 운영은 각 사업부문별 군단위 담당자를 지정하고 현장을 정기적으로 방문조사를 통해 유선 혹은 공문으로 결과를 수집하는 형태로 진행하였다. 이후 사업종료기에는 종료선 조사를 실시하여 사업초기 설정한 측정지표와 기준/목표치를 비교 검토한 후 사업성과를 전반적으로 평가할 수 있었다. 아래 표 6은 사업계획, 실행, 종료 단계마다 T1(도로건설) 및 T2(8개시범마을)의 사업활동별 목표치 달성여부 등을 시기별 측정결과를 보여주고 있다.

표 6 | PDM 관리사례 - 베트남 라오까이행복사업

사업 시기	측정지표 (objectively Verifiable Indicators)	기준 / 목표치	기초선조사 2015년도	2016 하반기 (M I S)	종료선 조사	사업 종료기	
						달성도	달성률 <sup>1)</sup>
사업 목적/ 영향	1. 생활수준이 향상되었다고 응답한 수혜자비율	30.0%	(589 농가)		51.0% <sup>2)</sup> (58.2% - SU, 47.2% - Non-SU)	51.0%	100 %
사업 성과 (Outcome)	1. 마을에서 면까지 소요시간 감소율*	10.0%	(589 농가)		25.4%	25.4%	100 %
	3.1 가구별 소득 증가율	10.0%	0 % (59.9백만동 <sup>3)</sup> /연/ 가구)	14.7% (68.7백만동/ 연/ 가구)	25.1% (68.7백만동/ 연/ 가구)	25.1%	100 %
	3.2 가구별 사육두수(물소)	10.0%	0 % 1.5마리/ 가구	32.0% 1.98마리/ 가구	46.0% 2.19마리/ 가구	46.0%	100 %
사업 산출물 (Output)	1.1 건설된 농촌도로 길이	366.0km		155.8km	366.0km	366.0km	100 %
	3.2.1 농축산 기술훈련 수혜자수	2,400명		1,553명	4,814명	4,814명	100 %
	3.3.1 소액금융 수혜가구 수	150가구		167가구	216가구	216가구	100 %

- MIS(Management Information System); PMC사업단 자체 정기 데이터 자료수집 조사결과(반기 혹은 연 단위로 데이터 수집함)

- ( ) : 측정대상 농가

- \* : 조사항목은 종료선 조사에 추가한 indicator임, ;

- SU농가, Non-SU농가<sup>4)</sup>

- 1 USD=22,450 VND (Vietnam Dong, Dec 31, 2015, Online Currency Converter)

1) · 달성률 = (누적치/목표치) x 100

2) · 51.0%= (58.2%\*208+47.2%\*390)/ 598; 각 수치의 표본수(SU=208, Non-SU=390)를 반영한 평균값이다

3) · 59.9백만동 ≒ 2,668US\$/Year/Household

4) · SU농가: 8개 마을개발사업부문에 사업활동에 참여한 8개 SU(새마을) 마을을 의미함,  
Non-SU농가: 도로건설에만 참여했던 28개 꼬문 농가를 의미함

## 바. 에콰도르 관개사업 평가사례

이제 필자가 평가자로 참여한 에콰도르 침보라스 주 관개수로건설 및 영농기술지원 2차 사업(2014~2018, 2240백만 원)의 PDM 활용사례를 소개하고자 한다. 동 사업은 관개시설 확충 및 영농역량 강화를 통한 지역 주민의 농업생산성 향상과 소득 증대에 기여함을 목적으로 하였다.

주요 사업내용으로는 △관개용수 확보 및 물관리 역량강화 △영농지원 및 기술훈련 △소액금융서비스 접근성 향상 등 세 개의 사업부문(Project component)로 구성되어 있다.

이 사업의 평가를 위해 평가참여자들은 여러 조사(문헌, 면담, 설문, 현장)를 수행하였는데, 특히 현지 수요반영 여부, 영농기술의 활용성, 영농 지원 시설의 유용성, 농업용수 가용성, 농업생산성 증가 여부, 미소금융의 참여여부 및 유용성, 자조조직 참여 여부, 사업에의 여성 참여 및 의견 반영 여부, 전반적인 만족도 등을 중점적으로 조사하였다. 평가기준은 서구 IDC사업 평가를 위해 준용하는 OECD기준(적절성, 효율성, 효과성, 지속가능성 등)을 적용하였다.

에콰도르 침보라스 주 농촌현장의 생계문제를 해결하기 위해서는 대부분 유사사업과 마찬가지로 다 분야(관개, 영농기술, 재정 접근성 등)의 사업활동이 계획되고 실행되어야 함을 알 수 있다. 아래 표 7은 이 사업의 세 개 사업부문(project component)중에서 “△관개용수 확보 및 물관리 역량강화”에 대한 사업성과 측정 사례를 보여주고 있다.

표 7 | 산출물(outputs) 측정결과 - “관개용수 확보 및 물관리 역량강화” 사업부문

성과달성도	성과지표(OVI*)	기획 단계		수행 단계		대비 결과 (B-A)	지표입증수단 (MOV)
		기초선 (Baseline/A)	목표치 (Targets)	중간선 (Midline)	종료선 (Endline/B)		
산출물(output) 1. 개선된 관개수로시스템	1.1 계획대비 관개시설 구축 여부	-	1.1. 관개지선 8.3km, 저류조 2,600㎡, 관개 지거 4.5km	-	1.1. 관개지선 9.4km, 저류조 2,000㎡, 관개 지거 12km	달성	인수인계서 현장조사 종료보고서

\* objectively verifiable indicator

표 7 | 산출물(outputs) 측정결과 - “관개용수 확보 및 물관리 역량강화” 사업부문

성과달성도	성과지표(OV*)	기획 단계		수행 단계		대비 결과 (B-A)	지표입증수단 (MOV)
		기초선 (Baseline/A)	목표치 (Targets)	중간선 (Midline)	종료선 (Endline/B)		
성과(outcome) 1. 사업지 3개 마을 농업용수 보급을 향상	1.1 농업용수 보급을 향상 - 당초: 관개면적 착수 대비 10% 증가 <sup>5)</sup>	-	1.1. 관개면적 218ha <sup>6)</sup>	-	1.2. 관개면적 218ha	달성	인수인계서 현장조사

## 4. 결론

현재 국제개발협력사업의 사업관리, 성과측정, 평가 등에 활용되고 PDM의 일반론적인 조사 및 작성과정, 논리구조완성에 의한 PDM 작성들을 개략적으로 설명하였다. PDM 활용사례로 베트남 북부 라오까이지방에서 실행된 KOICA사업에서의 PDM 사례와 사업 시기별 조사(기초선, 종료선 등) 결과 사례로 살펴보았다. 또한, 에콰도르 관개사업의 사후평가 작업내용 중에서 PDM 기반 기획단계 대비 수행단계 평가결과 중에서 “관개용수 확보 및 물관리 역량강화” 사업 부문의 평가내용을 일부 소개하였다.

베트남 사업 사례의 경우 다소 종합적인 농촌종합개발사업 성격으로서의 사업 실행과 병행하여 추진된 기초선조사, 종료선 조사 내용 등 PDM을 활용하여 성과측정한 결과를 파악할 수 있으며, 에콰도르 사업 사례는 농촌지역의 대표적인 인프라 유형인 관개지구 개발관련하여 PDM 상의 기획단계 지표설정과 사업종료 후 지표측정 등의 평가사례를 볼 수 있었다.

5) 당초 기초선 조사(2016.5)시 사업대상마을(4개마을, 완공은 3개 마을)의 “순 유량 50%증가”를 지표로 사용하였으나 공학적 측정은 가능하나 현실적으로 현장에서의 측정은 어려움. 또한, 기초선 조사 보고서에 의하면 3개 마을 총 토지/농지 면적을 175ha, 관개면적을 160ha로 조사하였는바, 실제 가능관개면적인지 여부가 불명확함. 특히 조사서 본문에 “관개 시스템을 이용할 수 있다고 해서 모든 구획이 효과적으로 이 서비스를 활용할 수 있는 것은 아니다.”라고 서술하고 있는바, 관개가능면적의 정의와 기준 그리고 조사결과가 불명확함. 한편 최종개정 PDM V5(2018.12) “관개면적 10%증가”로 변경하였는바, 동 지표를 적용하였음.

6) 한편, 종료선 조사 결과, Llio 마을의 관개면적이 “당초 38ha에서 18.3ha로 오히려 - 19.7ha 관개면적이 줄었지만 시설구축정비 후 정상가동되면 관개면적은 변동될 것이다”라고 언급하는 등 측정결과가 불명확함. 따라서, 침보라스 주정부 관개국의 자료 및 청문조사결과, 관개면적 218ha는 기획단계 목표치로 보아도 무방하고, 2차 사업 관개계획에 의거 완공한 관개면적으로 보는 것이 적절함

PDM은 현재 국내외에서 진행하고 있는 농업농촌개발분야를 포함한 프로젝트형 IDC 사업의 사업실행 과정과 결과 등의 성과측정에 중요한 수단으로 사용되고 있는 것이 사실이다. 특히, 농업농촌개발분야 사업은 토지, 물, 기후 등 자연자원을 필수적으로 활용해야 하기에 기상 이변, 자연재해 등으로 인해 사업성과에 상당한 부정적 영향을 받는 경우가 허다하다.

농업농촌개발분야 사업의 실행환경의 특수성에 유의하여 사업지연에 따른 대책, 재해상황에 따른 조치 및 해결방안 등을 사전에 PDM상 (“중요가정/위험”, “선행조건” 등)에 명기하고 사업기간 중 더욱 유의하여 관리할 필요가 있다고 본다. 결국 이러한 지속적이고 효과적인 PDM 관리는 사업의 성과를 전반적으로 배가시킬 수 있을 것이다.

---

## 참고문헌

- 김선호, 국제농촌개발원 대표, 전)한국농어촌공사, 2021, 국제개발협력 사업현장이해, 한국학술정보, p 158 ~ 173
- 한국국제협력단, 사업종료보고서(베트남 라오까이행복프로그램, 2018), p 12 ~ 15
- 한국국제협력단, 에콰도르 침보라스 주 관개수로건설 및 영농기술지원2차사업 종료평가 결과보고서
- 한국국제협력단 홈페이지 [https://www.koica.go.kr/sites/koica\\_kr/index.do](https://www.koica.go.kr/sites/koica_kr/index.do)

# 농업농촌과 관개분야 국제교육 현황 및 발전방향

이성희 \_ 한국농어촌공사 인재개발원 국제교육교류센터 차장(sain@ekr.or.kr)

## 1. 머리말

한국은 전 세계적으로 가장 짧은 시간 동안 급속도로 발전한 국가이다. 1960년대 이후 농업농촌 개발 및 식량자급을 위한 우리의 노력은 국가발전의 원동력이 되었다. 한국과 같은 경제발전을 꿈꾸는 저개발 국가들은 한국의 경험을 배우기를 희망하고 있다. 또한, 앞서 해외로부터 원조를 받았던 국가로서 한국의 경험을 나눠주는 것은 의무이기도 하다.

공사는 우리나라 농업농촌 발전에서 매우 중요한 역할을 수행하였다. 공사는 이러한 기술과 노하우를 전수해주고자 외국인 초청연수를 1976년 처음 실시하였다. 이후 반세기 동안 초청연수 뿐만 아니라, 다양한 기술용역사업에 참여하여 저개발 국가의 농업농촌 발전에 기여하고 있다.

공사는 국제교육을 전담하는 “국제교육교류센터”를 2017년 정규조직으로 만들고, 본격적인 국제교육을 활성화시키기 위하여 노력하였다. 그러던 중 2020년 코로나 팬데믹으로 인하여 국제교육 분야에도 많은 영향이 있었다.

기존에 한국을 직접 방문하던 초청연수와 해외 현지로 나가서 진행하던 현지연수 등이 어려워 지게 됨에 따라 비대면 교육이라는 온라인 교육시스템이 국제교육에도 도입이 되면서, 전환점을 맞이하게 되었다.

농업농촌분야 국제교육의 현황과, 코로나 팬데믹 이후 달라진 국제교육 동향 및 향후 발전방향에 대하여 알아보려고 한다.

## 2. 국제교육의 중요성과 현황

### 가. 국제교육의 중요성

1945년 미국의 원조를 시작으로, 원조를 받던 우리나라가 원조를 제공하는 1991년 한국국제협력단(KOICA)을 설립하였고, 2000년 OECD DAC(개발원조위원회)의 수원국 명단에서 제외되면서 수원국 지위를 졸업하게 되었다. 이후 2009년 한국이 OECD DAC에 24번째로 가입하면서, 원조 수원국에서 공여국으로 전환된 최초의 성공사례를 보여주는 국가가 되었다. 이에 따라, 국제사회에서의 우리나라의 역할과 기대가 한층 높아지게 되었다.

한편, 우리나라의 공여의 역사는 놀랍게도 1963년 연수생 초청훈련 연수, 1967년 전문가 파견 사업, 1969년 기술협력사업으로 거슬러 올라가게 된다. 1960년대 겨우 1인당 GDP 100달러에 불과했던 우리나라가 일찍이 공여국으로서 역할을 수행했다는 것은 매우 놀라운 사실이다.

1987년에 창설된 대외경제협력기금(EDCF)을 활용한 유상원조를 시작으로, 1991년 한국국제협력단(KOICA)을 통한 무상원조 등 1990년대 들어 본격적인 원조사업이 시작이 되었다. 원조 사업의 형태는 수원국가에 다양한 프로젝트(농림수산, 교통, 수자원, 에너지, 환경 등)와 개발컨설팅 등을 수행하는 것도 있지만, 학위과정 및 일반연수(초청연수 등)와 같이 무형적인 지식을 전수하는 사업도 있다.

원조의 여러 형태중 학위과정, 일반연수와 같은 “국제교육”분야는 가장 쉽게 접근할 수 있고, 장기간의 프로젝트 수행을 통해 나타나는 유형의 성과물(도로, 댐 등) 보다 더 지속가능한 성과를 나타낼 수 있다. 특히, 저개발국가에서는 아직 식량부족에 시달리고 있고, 식량문제는 해결했다 하더라도 대부분의 인구가 농촌에 거주하면서 농업에 종사하고 있으므로 농업농촌의 발전은 국가발전의 근간이 되는 필수불가결한 요소이다.

이를 위하여, 1960년대 이후 현재까지 한국의 경제발전을 이루는데 견인차 역할을 했던 농업농촌 발전에 대한 경험과 노하우를 배우기 위한 수요는 끊이지 않고 있다. 한국은 1960년대 이후 1인당 100달러 수준의 빈곤국가에서 현재 35천 달러 수준의 세계 10대 경제대국으로 발전하였다. 한국의 발전은 반세기만에 이루어낸 만큼, 오래전 과거의 경험이 아닌, 당시 참여했던 정책입안자, 기술자들의 생생한 노하우와 자료, 살아있는 현장을 가지고 있는 국가이다. 이것이 국제교육 분야에서 다른 선진 국가와 차별화된 가장 큰 장점이다.

01

02

03

04

05

06

07

08

## 나. 국제교육의 현황

### (1) 우리나라 ODA(공적원조) 사업 현황

우리나라 ODA규모는 1990년 61백만불(약 700억원)을 시작으로, 2010년 1조원, 2015년 2조원, 2018년 3조원을 넘어, 2022년 4조원 규모로 매우 빠르게 증가하고 있고, DAC회원국중 15위 수준(19년 기준)이다.

우리나라에서 ODA사업에 참여하고 있는 중앙부처(외교부, 농식품부 등)는 44개이고, 양자간 원조 80%, 다자간 원조 20%로 구성되어 있다. 이중 양자간(공여국과 수원국간의 직접적인 지원) 무상원조는 약 50% 수준으로, 수원국을 대상으로 하는 국제교육은 여기에 속해있다.

표 1 | 우리나라 ODA사업 규모(2017~2022, 국무조정실)

구분	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년
총 ODA (십억원)	2,635.9	3,048.2	3,200.3	3,427.0	3,754.3	4,042.5
양자간 무상원조 (십억원)	1,175.5	1,329.6	1,352.6	1,590.1	1,667.9	1,886.5

주 : 매년 국무조정실에서 발표하는 “국가개발협력 종합시행계획”의 확정 예산 기준

### (2) 우리나라 국제교육 현황

우리나라의 ODA사업중 국제교육(학위과정을 제외한 일반연수)은 약 700억원으로 2% 이하로 매우 낮은 수준이며, 26개 중앙부처가 참여하고 있다. 2020년까지 증가세를 보이다가 코로나로 인하여 현재 잠시 정체가 된 상황이다. 코로나 회복 이후, 내년부터는 국제교육이 다시 활성화가 될 것으로 예상된다.

표 2 | 우리나라 ODA사업중 국제교육 규모(2017~2022, 국무조정실)

구분	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년
중앙부처(개)	23	25	26	26	26	26
과정수(개)	274	296	290	350	352	368
예산(억원)	573.4	591.8	607.9	839.9	680.6	683.1

주 : 매년 국무조정실에서 발표하는 “국가개발협력 종합시행계획”의 확정 예산중 연수사업

### (3) 한국국제협력단(KOICA) 국제교육 현황

우리나라 ODA사업중 국제교육의 약 50%는 한국국제협력단에서 주관하고 있다. 한국국제협력단에서 수원국으로부터 연수사업에 대한 제안서를 접수받아, 연수과정을 최종 확정하고, 매년 기관 공모를 통하여 연수시행기관을 선정한다.

KOICA의 국제교육은 2017년 이후 연평균 약 200개의 연수과정, 300억원 수준에 머물러 있다. 2020년 코로나로 국제교육이 정체된 것이 가장 큰 이유로 보여진다. KOICA 연수과정중 농림수산분야는 9% 수준으로(18개 과정, 27억) 다른 공공행정 50%, 기술환경에너지 25%에 비하여 비중이 매우 낮은 편이다. 따라서, 향후 농림수산분야에 대한 국제교육이 확대될 필요가 있다.

표 3 | 한국국제협력단(KOICA) 국제교육 규모(2017~2022)

구분	2017년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	평균
전체	과정수(개)	215	214	186	76	222	233	191
	예산(억원)	344	307	309	138	355	311	294
농림수산 분야	과정수(개)	17	18	16	6	24	26	18
	예산(억원)	29	26	22	8	37	38	27

주 : 2017~2020년 자료는 코이카 홈페이지 "통계시스템"

2021~2022년 자료는 국무조정실 "국가개발협력 종합시행계획" 확정예산 기준

## 3. 농업농촌 국제교육 현황과 발전방향

### 가. 공사 국제교육의 시작

1908년 이후 114년간 한국의 농업농촌발전을 위한 정책지원과 사업을 수행해왔던 한국농어촌공사는 1967년 해외기술용역사업을, 1976년 초청연수를 처음 시작하였다.

한국은 개발과정에서 중앙부처는 정책수립, 법과 제도정비, 예산확보를 하고, 사업수행은 정부산하의 공기업(농림축산식품부-한국농어촌공사, 국토교통부-한국도로공사/한국토지주택공사, 환경부-한국수자원공사/한국환경공단, 산업통상자원부-한국전력공사 등)을 통하여 실행하는 역할분담 체계를 가지고 있었다.

따라서, 한국농어촌공사와 같이 농업농촌개발 사업발굴에서부터 사업수행, 유지관리까지의 전

과정을 직접 수행한 경험은 개발도상국에게 큰 도움이 된다. 수원국에서 직접 해외사업을 수행하는 것 뿐만 아니라, 국제교육을 통하여 경험과 노하우를 전수하는 것도 중요하다. 이러한 배경으로 한국농어촌공사는 1976년 초청연수를 시작으로 현재까지 118개국에 4,197명(21년 기준) 대상으로 연수를 시행하였다.

한국농어촌공사의 국제교육의 역사는 2016년 이전과, 2017년 이후로 나뉜다고 볼 수 있다. 2016까지는 본사 해외사업관련 부서에서 직접 연수를 수행하였는데, 공사가 수주하는(KOICA, EDCF, ADB 등)하는 해외기술용역사업의 구성요소(예, 관개저수지 건설사업 : 저수지 건설, 공무원 역량강화)로서 수행하는 연수가 대부분이었다.

표 4 | 한국농어촌공사 국제교육교류센터 국제교육(2012~2016)

구분	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년
과정수(개)	13	8	8	7	7
연수생(명)	227	99	70	54	114

공사는 해외사업 확대와 아울러, 농업농촌개발 노하우를 개발도상국에 전수하기 위한 전담조직을 설치하였고, 국제교육을 위한 시설을 건립하게 되었다. 2017년 국제교육교류센터를 인재개발원 소속의 정규조직으로 독립시키고, 경기도 안산의 농어촌연구원 부지에 국제교육교류센터 건물(본관 1동, 게스트 하우스 3동)을 2015년 착공하여 2018년 8월 개원하였다.

## 나. 국제교육센터의 출범과 성과

국제교육교류센터는 2017년 이후 보다 체계적이고 다양한 형태의 국제교육을 실시할 수 있게 되었다. 해외기술용역사업에 포함된 자체연수 이외에, 한국국제협력단 글로벌연수, 공공기관 및 민간기업의 위·수탁연수를 수행하여 재원을 다각화하였다. 또한, 연수의 형태도 연수장소(한국 초청연수, 현지연수, 제 3국 연수)뿐만 아니라 연수기간(단년연수, 다년도연수), 연수국가(단일국가, 다국가) 등 다양한 방식의 연수를 시행하였다.

연수분야도 기존 농업농촌개발, 농촌용수 등 인프라 위주의 연수에서, 기후변화, 산림 등 연수의 영역을 넓혀나가면서 과거 3개년(2014~2016년) 평균 7과정, 사업비 4억 원에서, 센터 출범이후(2017~2019) 평균 17과정, 사업비 17억 원으로 대폭 확대되었다. 이로서 한국농어촌공사의 국제교육이 도약할 수 있는 발판을 마련하였다.



국제회의장(280석)



대강의실(99석)



소·중강의실(9개, 324석)



전산교육실(54석)



1인 숙소(200실)



식당(128석)

그림 1 | 국제교육교류센터 전경 및 시설 현황

국제교육교류센터는 국제교육을 통하여 대외적으로는 한국국제협력단(KOICA) 글로벌 연수 사업의 가장 중요한 협력파트너가 되었고, 농촌진흥청, 한국농촌경제연구원, 대학 등 농업분야 ODA업무를 수행하는 기관 및 전문가와의 교류도 확대되었다. 아울러, 내부적으로는 해외사업 처에서 수행하는 해외사업(인니 NCICD 컨설팅사업 등)의 성공적인 추진을 지원하였다.

표 5 | 한국농어촌공사 국제교육교류센터 국제교육(2017~2022)

구분	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년(p)
과정수(개)	14	22	16	3	9	14
연수생(명)	352	336	352	61	181	240
사업비(억원)	13.8	15.9	18.4	2.4	9.2	12.0
교육방식	대면연수			비대면(온라인) 연수		

## 다. 코로나로 인한 국제교육 전환기

공사의 국제교육이 확대되어가는 상황에서, 2020년 코로나가 발생으로 국제교육에 큰 위기가 찾아왔다. 그동안 국제교육은 초청연수, 현지연수 등 연수생과 직접 대면하는 연수를 시행하여 왔는데, 2020년 코로나로 인하여 대면연수가 불가능하게 됨에 따라 국제교육에도 변화가 필요한 시점이 되었다. 대면연수가 불가능해진 상황에서 대안으로 제시된 것이 비대면(온라인) 연수이다.

그러나, 온라인 연수를 시행하기 위해서는 연수에 참여해야 하는 수원국의 조건(교육장비, 인터넷 등)이 맞아야 하고, 연수기관들의 온라인 연수에 대한 참여의지와 노련한 경험이 필요하다.

한국국제협력단(KOICA)에서 비대면(온라인) 연수로 변경하기로 하였으나, 수원국가의 상황 때문에 연수 참여를 포기하거나, 연수기관에서 예정된 연수를 포기하는 일이 발생되었다. 따라서 2020년은 예년에 비하여 약 30% 수준에 불과한 76개 과정을 온라인으로 시행하게 되었다.

이러한 상황속에서도 국제교육교류센터는 2020년 처음으로 한국국제협력단(KOICA)의 온라인 연수 3개 과정을 시행하였는데, 국제교육을 수행한 오랜 경험과 의지, 유능한 인력이 있었기 때문에 가능하였다.

표 6 | 대면교육과 비대면(온라인) 교육 장단점

구분	대면 연수(초청 등)	비대면 연수(온라인)
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>강사와 상호작용이 가능(질의응답, 토론)</li> <li>강의, 토론 등 연수 집중도가 높음</li> <li>현장견학, 실습, 경험 등 가능</li> <li>연수분야이외 한국의 문화 등 다양한 체험가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>예산의 제한 없이 교육인원 확대가능</li> <li>강의 영상이 있어 사전·사후 및 반복학습 가능</li> <li>연수생들의 학습 장소, 시간에 제한이 없음</li> <li>영상기법을 통하여 다양한 교육컨텐츠 제공가능</li> <li>해외 강사 등 공간적 제한 없이 강사참여 가능</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>초청 연수인원과 예산에 제한이 있음</li> <li>시차, 날씨, 건강 등 외부요인에 영향이 큼</li> <li>숙박, 식비 등 연수단 인솔에 따른 인력소모</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>강사와의 상호작용이 어려움(질의응답, 토론)</li> <li>강의녹화, 자막번역 등 시간이 많이 소요됨</li> <li>현지 기기, 통신, 전력 사정에 따른 영향이 큼</li> <li>연수생의 업무형편 등에 따라 참여율에 영향이 큼</li> <li>시차로 인하여 실시간 세미나 진행 어려움</li> <li>연수생간의 그룹 활동(액션플랜 등)이 어려움</li> <li>독립된 시간, 장소가 확보되어야 집중도 유지</li> <li>현장견학, 체험실습 등이 불가능함</li> </ul>

2020년 이후 온라인 연수를 시행해본 결과, 대면연수와 다른 몇 가지 장단점을 가지고 있다. 온라인 연수는 연수생 입장에서 인원, 시간과 장소에 대한 제한이 없이 연수 참여가 가능하고, 강의 영상이 파일형태로 존재하기 때문에 사전·사후 및 반복학습이 가능하다는 장점이 있는 반면, 강사와의 활발한 질의응답 및 토론에 어려움이 있고, 한국의 발전된 모습을 직접 눈으로 보고 경험할 수 없다는 것이 단점이다. 또한, 개도국의 현지여건상 기자재(PC 등) 및 통신(인터넷 접속), 전기(전력공급) 등 학습조건이 열악한 곳이 많으므로 온라인 연수의 성패에 큰 영향을 미치는 문제가 발생하였다.

국제교육교류센터에서는 비대면(온라인) 연수가 가지고 있는 한계에도 불구하고, 코로나 시대의 새로운 대안으로 2020년부터 처음 시도된 온라인 연수의 성과 제고를 위하여 노력하였다.

이러한 노력의 결과로, 한국국제협력단(KOICA) 글로벌연수 신규 공모에서 2021년 5개 과정, 2022년 4개 과정(응모 기관중 최다)이 선정되었다. 연수참여 분야도 기존에 주력으로 해오던 농업 농촌개발분야에서 산림, 신재생에너지(태양광 발전)까지 넓히는 계기가 되었다. 이는 비대면(온라인) 연수를 수행한 경험, 수행할 수 있는 역량을 갖춘 연수기관이 많지 않아 상대적으로 국제교육교류센터의 강점이 부각된 결과이다.

2022년 6월 현재 코로나 상황이 호전되고 있으나, 아직은 금년도에 예정되어 있는 대부분의 연수는 온라인 연수로 진행될 예정이다. 다만, 내년부터는 대면연수(초청연수)가 다시 시작될 것으로 예상됨에 따라, 최근 3년간(2020~2022년) 시행해왔던 비대면(온라인) 연수방식이 새로운 국면을 맞이하게 되었다.



그림 2 | 국제교육 비대면(온라인) 연수 관련 사진

## 라. 코로나 이후의 국제교육 발전방향

### (1) 국제교육 방식의 변화

국제교육교류센터는 2017년 설립이후 본격적인 국제교육이 활성화 될 수 있는 계기를 마련하였으나, 2020년 예기치 않은 코로나의 영향으로 인하여 국제교육 과정이 급격히 줄어들게 되어 큰 위기를 맞이하게 되었다. 그러나 비대면(온라인) 연수라는 새로운 방식을 도입함으로써 국제교육의 역량은 확대되게 되었다.

그러나, 코로나가 끝난 이후 현재의 비대면(온라인) 연수를 중단하지는 않을 것이다. 비대면(온라인) 연수의 단점에도 불구하고, 대면(초청) 연수를 보완해주는 장점이 있기 때문에, 서로의 장점을 살려서 혼합한 형태로 진행될 것으로 보여진다. 예를 들어, 초청연수 시행이전에 기초 또는 이론교육(예, 한국 농업농촌의 이해 등)을 온라인으로 실시하고, 초청연수 기간 중에는 심화교육 또는 현장견학 위주로 시행하는 등 다양한 혼합방식이 가능하다.

표 7 | 혼합방식(온라인+초청연수) 운영방안

구분	혼합방식	비고
1	1차년도는 온라인 연수 2차, 3차년도는 초청연수	<ul style="list-style-type: none"> <li>초청연수가 어려운(업무, 건강 등) 연수생들은 온라인 연수 참여</li> <li>1~3차년도 연수생이 동일해야 함</li> <li>온라인 연수와 초청연수간의 기간이 길어 연계성 낮음</li> </ul>
2	초청연수 이전에 기초교육은 온라인으로 시행 1~3차년도 공통으로 온라인(사전)+초청연수	<ul style="list-style-type: none"> <li>온라인 교육으로 기초교육, 이론교육, 연수사전 OT 등을 실시</li> <li>초청연수에 대한 준비 및 이해도가 높아짐</li> <li>기초 또는 이론교육을 온라인 연수로 대체하고, 초청연수 기간중 심화학습, 현장견학/실습 등 진행가능</li> </ul>
3	초청연수기간중, 중요강의는 온라인으로 현지(수원국)와 연결하여 실시간 강의시행 (실시간 중계방식)	<ul style="list-style-type: none"> <li>현지와의 시차, 통신이 양호할 경우 도입가능</li> <li>초청연수에 참여하지 못하는 연수생을 대상으로 시행가능</li> </ul>

### (2) 연수수요 및 분야의 다변화

국제교육교류센터는 농식품부 ODA 사업을 통한 연수를 확대해 나가려고 한다. 이는 연수 재원을 다각화할 뿐만 아니라, 한국과 수원국간의 농업관련 정부간 협력채널을 통하여 파악된 연수수요에 맞춰, 공사가 축적한 농업농촌개발의 경험과 노하우를 전수하고, 수원국의 정책 및

사업발굴 등에 직접적인 효과를 기대할 수 있기 때문이다.

이러한 노력의 일환으로, '22년 농식품부ODA 사업으로는 최초로 “인도네시아 농업용수 및 농업생산기반시설 운영관리 역량강화(’22~’24년)” 연수를 시행하게 되었다. 앞으로, 개도국의 농업용수분야에 대한 수요가 높기 때문에 동일주제의 연수과정을 여러 국가를 대상으로 시행할 수도 있고, 농업용수 이외 농지관리(농지은행) 등 분야를 다양화하여 시행할 수 있을 것이다.

또한, 공사의 사업영역이 신재생에너지 분야(태양광, 풍력, 지열 등)까지 확대되고 있고, 이는 기후위기 대응을 위하여 개발도상국가에서 새롭게 높은 관심을 가지고 있는 분야이다. 작년(21년) 공사에서 최초로 신재생 에너지분야 연수 2개(알제리 태양광발전, 에콰도르 태양광발전)를 시행한 것은 매우 의미가 크다. 이를 통해 신재생에너지 분야 사내 전문가를 양성하고, 사외 전문가들과의 네트워크를 구축할 수 있게 되었다.

스마트팜, 농업용수 기후변화, 신재생 에너지 등 공사의 사업영역이 다양해지고 있고, 이러한 경험을 바탕으로 국제교육의 참여분야도 다변화해 나갈 수 있다.

### (3) 연수성과 확산 및 사업화

국제교육의 목적은 장기적으로는 한국의 발전 경험과 노하우를 배움으로서 수원국(개발도상국)의 농업농촌과 국가발전을 도모하는 것이다. 이를 위해 수원국의 정부정책과 사업추진을 담당하는 공무원을 대상으로 교육을 실시하고, 연수생의 개인 역량개발 뿐만 아니라, 소속 부서의 동료들에게 배운 지식을 전파하여 조직 역량개발까지 확산되도록 해야 한다.

국제교육에서 연수성과물로 강조되는 것이 액션플랜(Action Plan)이다. 국별보고(Country report)를 통해 도출된 수원국의 문제점을 교육을 통해 습득한 지식을 바탕으로, 문제해결을 위한 다양한 정책과 사업구상안 등 실행계획을 작성해보고, 연수 종료후 이를 발전시켜 실제로 정책반영 및 사업화 등을 추진하도록 해야 한다. 사업추진에 필요한 재원은 유무상 원조 등 다양한 방법이 있을 수 있다. 공여국 및 세계은행 등 다자개발은행(MDB)은 수원국의 수요를 기반으로 사업을 발굴하기 때문에, 수원국에서 필요한 사업을 논리적이고 체계적으로 제안하는 것은 중요하다. 따라서, 국제교육을 통해 수립된 액션플랜이 사업으로 반영되도록 할 수 있다.

한편, 연수를 수행하는 연수기관 입장에서는 농업농촌개발에 대한 경험과 노하우를 전수하는 지식공유 측면도 있지만, 수원국의 공무원들과의 긴밀한 인적 네트워크를 구축하고, 공사의 국제적 인지도를 높임으로서, 공사의 해외사업 진출에 교두보를 마련하고자 하는 목적도 있다.

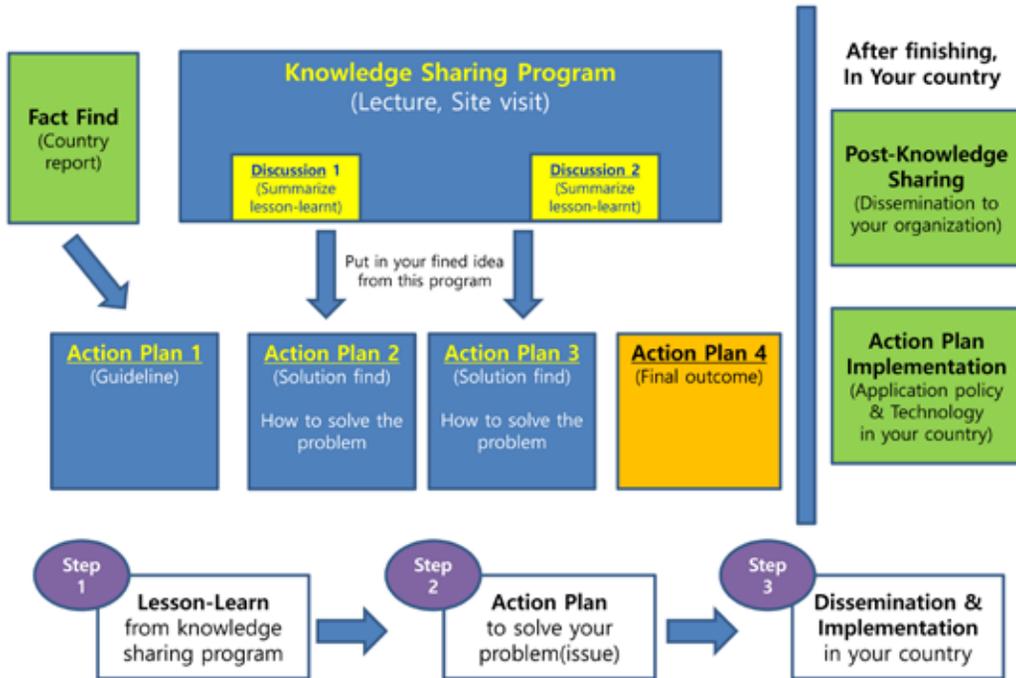


그림 3 | 국제교육 흐름도

따라서, 대면연수가 공사의 해외사업을 위해서는 효과가 더 클 것이다. 또한 국제교육에 참여 하는 연수생들과 공사와의 우호적인 관계성을 유지하고, 지속적인 인적 네트워크를 구축하기 위해서는 체계적인 연수생 관리와 꾸준한 정보교류가 필요하다.

#### (4) 관개분야의 변화

관개분야는 국가의 농업농촌발전을 위해서 우선 선행되어야할 핵심분야이다. 관개분야의 개발 과 발전 없이는 농업생산성 향상과 농업인의 소득증대를 이루어 낼 수 없기 때문이다. 따라서 그동안 국제교육 분야에서는 관개시설 개발 등에 대한 연수수요가 많았다.

그러나, 아프리카 국가들은 아직도 관개개발 확충이 더 필요한 반면, 동남아시아 국가들은 최근 관개개발 보다는 이미 구축된 관개시설의 관리를 고도화 하고, 홍수/가뭄에 대한 대응능력을 키울 수 있을 것인지에 대한 수요가 늘어나고 있다. 이를 통칭하여 “관개 현대화 (Modernization of Irrigation system)”라고 부를 수 있다.

앞으로는 국제교육 분야에서도 관개시설 자동화/정보화, 안전관리, 재해대응능력 확대 등 “관개 현대화”에 대한 수요가 늘어날 것으로 전망된다.

## 4. 맺는말

노벨경제학상을 받은 쿠즈네츠 교수는 “저개발국가가 공업발전을 통해 중진국까지 갈수는 있지만 농업과 농촌의 발전 없이는 선진국이 될 수 없다”고 하였다. 이는 선진국으로 발전하기 위해 농업농촌의 발전이 그만큼 중요하다는 의미이다.

많은 개발도상국가들이 한국의 농업농촌발전의 경험과 노하우를 배우기를 원하고 있다. 1908년 이후 114년간 한국의 농업농촌발전을 위한 정책지원과 사업을 수행해왔던 한국농어촌공사는 개발도상국에 많은 지식을 공유해줄 수 있는 역량을 가지고 있다. 이런 측면에서 본격적으로 국제교육을 활성화시키기 위하여 2017년 국제교육센터가 출범한 것은 매우 의미있는 일이다. 2020년 갑작스러운 코로나로 인하여 국제교육이 중단될 위기에 처해 있었지만, 비대면(온라인) 교육으로 전환하여 현재까지 국제교육을 실시하고 있다.

코로나 종식이후 대면교육이 다시 시작되면, 비대면(온라인) 교육을 접목시키는 등 다양한 방식의 연수가 시행될 것이고, 연수수요와 분야도 다변화될 것으로 전망된다. 국제교육의 목적은 연수생들을 대상으로 한 학습적인 효과뿐만 아니라, 해당 국가의 발전을 도모할 수 있도록 정책과 사업에 반영되도록 하는 것이 중요하다. 이를 위하여 가시적인 성과를 달성할 수 있는 연수방안을 발전시켜 나가야 한다. 또한, 국제교육을 통하여 우리나라가 해외사업을 확대해 나갈 수 있는 마중물이 되도록 보다 체계적인 연수생에 대한 사후관리 필요할 것이다.

공사의 국제교육교류센터가 우리나라 농업농촌발전 지식공유의 플랫폼 역할을 잘 수행할 수 있도록 많은 관심과 지원이 이루어지기를 기대한다.

### 참고자료

- 대한민국 ODA통합홈페이지 [www.odakorea.go.kr](http://www.odakorea.go.kr)
- 한국국제협력단(KOICA) 통계조회서비스. <https://stat.koica.go.kr>
- e-나라지표. [www.index.go.kr](http://www.index.go.kr)
- 국무조정실 국가개발협력 종합시행계획(2017~22022)
- 한국농어촌공사 국제교육교류센터 내부자료(2017~2022)

# 조선시대 제언사목(堤堰事目)과 선진 중국의 관개시설물

김주창 \_ 한국관개배수위원회(KCID) 고문, ICID 역사분과위원 (kjckim@naver.com)

## 1. 머리말

조선시대에 사용된 “사목(事目)”이란 용어는 국어사전에 “공적인 일에 관한 규칙”이라고 나오  
고, “절목(節目)”이란 용어는 국어사전에 “법률이나 규정 따위의 낱말의 조(條)나 항(項)”이라고  
나오므로 일반적으로 “규정”이라고 볼 수 있다.

조선시대에 제언(堤堰)에 대한 단편적인 규정들은 1485년(성종 16년)에 반포된 경국대전(經國  
大典), 1746년(영조 22년)의 속대전(續大典), 1785년(정조 9년)의 대전통편(大典通編)에 수록되  
어 있다. 그리고 제언에 관한 전문적인 규정은 조선왕조 전체에서 제언사목이 1662년에 한번,  
제언절목이 1778년에 한번 제정되었다.

제언사목은 2019년 인도네시아에서 개최된 ICID 회의의 3rd World Irrigation Forum에  
서 International Workshop on Historical Water Sustainability (HIST)에 “RESERVOIR  
REGULATIONS IN 1662 BY THE GOVERNMENT OF JOSEON DYNASTY, KOREA”라는  
제목으로 필자가 ICID 역사분과위원회(ICID WG-HIST)에서 발표하였다.

## 2. 제언사목

제언사목은 현대적인 용어로는 “저수지 규정”이라고 볼 수 있으며, 진흥청(賑恤廳)에서 만들었  
고 비변사등록(備邊司謄錄) 22책(현종 3년 1월 26일(음))에 수록되어 있다.

제언사목을 만든 목적은 임진왜란 등으로 인해 사라진 관개사업 관련 정부기관인 제언사를 다시 설치하는 것과 저수지, 즉 제언에 대한 설치, 유지관리, 행정사항 등을 규정하여 전국적으로 이를 지켜나가도록 함으로써 관개농업을 발전시키는데 있다고 할 수 있다.

제언사목은 제언의 설치와 관리에 대한 것으로 15개 조항이며, 내용은 제언의 설치에 관한 인력동원, 공사자재 확보, 공사감독, 토지보상, 공사방법; 행정처리 측면에서 공사감독의 선발, 각종 보고, 공적에 대한 포상 및 처벌; 유지관리 측면에서 제언 내에서의 불법경작 방지; 그리고 사회적 문제로 한발시의 백성의 구제 등을 다루고 있다.

그리고 제언사목의 4) 6) 8) 11) 12) 항목에서는 중국의 관개사업 사례들을 들어 설명하고 있는데 고대 중국의 관개시설들은 인공수로를 만들어 하천의 물을 돌리는 것으로 관개면적도 대규모이며, 시기도 기원전으로 오래된 것들이 있다.

또, 제언사목은 한자로 기록되어 있음으로 한글 번역판을 다음 박스 안에 수록하였다. 한자로 기록된 원문은 비변사등록에서 찾아볼 수 있다.

### 제언사목 (한글 번역본)

- 1) 제언사(堤堰司)를 다시 설치하고 도제조는 삼공으로, 제조는 호조판서와 진휼청당상이 겸임하고 낭청은 호조 판적사(版籍司) 낭관으로 임명할 것을 이미 어전에서 결정하였으니 이에 따라 거행하라.
- 2) 농사는 천하의 근본이고 먹는 것은 백성의 하늘이다. 백성을 인도하여 농사를 짓게 하고 수로를 내는데 전력을 다하는 것은 실로 이 왕정(王政)의 먼저 할 바요, 성인(聖人)의 큰 의무이다. 이제 우리나라 국운이 불행하여 해마다 흉년이 오고 기근이 너무 극심하여 사람이 다 죽게 되었으니 이러한 때를 당하여 모두 재앙을 구제하고 환난을 막을만한 방법을 강구하는데 전력을 다하지 않을 수 없다. 앞으로 가뭄을 대비하는 계획은 오직 제언과 수로를 넓히고 힘써 관개하는 데에 있다. 옛사람이 이르기를, "수전(水田) 제도는 인력(人力)에서 연유되기 때문에 진실로 사람이 노력을 다하면 지리(地利)를 얻을 수 있다." 하였다. 오늘의 급한 일도 여기에서 벗어나지 않는다.
- 3) 우리나라는 예부터 제언이 곳곳마다 설치되어 각 도와 각 읍에 제언의 모양, 길이와 너비의 크기가 다 대장에 기록되어 있다. 근래에 와서 행정이 부실해지고 준법정신마저 해이해져서 오래된 제언은 파괴되고 메워지며, 여러 궁가(宮家)에서는 관청에서 경작권을 받기도 하고, 또 지방 토호(土豪)들은 제언 내에서 불법으로 경작하면서도 조금도 꺼려함이 없어, 예부터 내려오는 저수지가 말라버려 관개의 이익이 사라지니 진실로 마음 아픈 일이다. 이 명령이 내린 후에 각 읍 수령은 모든 지역 내의 제언을 일일이 친히 조사하여 무너진 곳은 완전하고 굳건하게 개축하고 메워진 토사는 모두 파내어 시기에 맞게 저수해야 한다. 제언 내의 토지는 모두 측량하고 각 궁가에 허가했던 곳과 지방 토호가

불법 경작한 곳은 모두 환수한다. 이후에 만일 불법 경작자가 있으면 수령이 감사에게 보고하고 벌을 내린 후에 제언사에 보고하고 법에 따라 온 가족을 변방으로 이주시킨다. 수령 가운데서 이 명령을 이행하는 데 태만한 자는 중벌로 다스리고, 향소의 색리(곡물 수납 담당자)가 잘못하면 비변사 경옥(京獄)에 끌어다가 법에 따라 처벌할 것이다.

- 4) 제언을 만들어 저수하면 큰 혜택을 받는다. 물이 먼 곳까지 미치어 큰 이익이 됨으로 제언과 하천에 수로를 개척하고 물을 대는 것보다 더 중요한 것은 없다. 대개 큰 하천 하류에는 큰 들이 있어 물을 끌어들이어 관개하면 그 혜택이 수 천석에 이르러 이익이 매우 크다. 중국의 예로 정국(鄭國) 백공(白公)은 경수(溼水)를 끌어들였고[鄭國白公 導溼水], 정당시(鄭當時)는 위수(渭水)를 뚫어 수로를 개척하였으며[鄭當時 穿渭渠], 사기(史起)는 장수(漳水)를 끌어들이어 업(鄴) 땅에 관개하였고[史起 引漳溉鄴], 이빙(李冰)은 강을 뚫어 촉(蜀) 땅에 관개하였고[李冰 鑑江灌蜀], 분수(汾水), 회수(淮水), 영수(潁水)에도 또한 수로를 뚫었다. 이는 모두 큰 강들이나 일찍이 제방을 만들고 물을 대어 크게 풍년의 효과를 얻었다. 우리나라는 하천과 못에 제방을 수축하지 않아 혜택을 주는 물을 모두 쓰지 못하고 방류해 버린다. 비록 잠시 가뭄이 와도 흉년의 큰 걱정을 면치 못하니 진실로 애석하다. 이제 는 오로지 제방을 쌓는 데에 힘을 기울여 재해를 방지하도록 하라.
- 5) 모든 하천에서 보(淤)를 쌓아 물을 끌어 관개할만한 곳은 민간에게 알리고 그곳 사람들로 하여금 비변사나 도나 혹은 고을에 신고하게 한 후, 수령은 몸소 자세히 조사하여 감사에게 보고하고 감사는 각 고을 보고를 받아 다시 비변사에 보고한다. 보를 쌓는 일꾼인 역군(役軍)은 그 지방 전부(田夫-농민)로 부역하도록 하고 전부(田夫)가 부족하면 본읍 연군(烟軍-부역 인부)을 동원하도록 한다. 공사가 커서 본읍 연군으로 완공할 수 없으면 인근의 연군으로 정해진 숫자를 동원하여 공사를 마치도록 하라.
- 6) 모든 부역에 근실하기로는 승군(僧軍) 같은 사람들이 없는데 승려들이 평소에 하는 일 없이 놀고먹는 것은 오로지 농민의 곡식 공양에 생활을 의지하기 때문이다. 오늘에 이르러 각기 그 인력을 동원하여 농민들이 가뭄을 대비하는 일에 조력하는 것은 그 사리가 당연하다. 옛날 소식(蘇軾)은 서호(西湖)에 제방을 만들 때에 승려에게 도첩(度牒: 종이 되었을 때에 주는 허가증)을 주어서 일을 시켰으니[蘇軾 築堤西湖 請得度牒] 이것은 실로 옛사람들이 이미 시행하였던 일이다. 이제 마땅히 승군을 동원하여 부역을 시키되 그 가운데 도첩이 있는 자는 날짜를 감하여 일을 시키고 도첩이 없는 자는 20일 한정으로 부역을 시킨 뒤에 도첩을 만들어 주어라.
- 7) 대개 큰 강에 제방을 쌓는 데는 당연히 많은 나무와 돌이 사용된다. 본읍 수령은 미리 제방 쌓을 곳에 별도로 시장(坊市)을 개설하고 감사에 보고하여 사람들이 이웃 탄 시장으로 가는 것을 금지시키고 시장에 나가는 사람은 모두 이 시장에 모여 나무와 돌을 모으도록 하라.
- 8) 인력동원 즉 역군은 여유가 있는 고을에서는 모두 관례에 따라 동원하여 부역을 시키도록 하고 가난이 심한 곳의 굶주린 백성들에게는 반드시 관(官)에서 가족의 수에 따라 식량을 공급해야 한다. 이런 곳에서는 구제곡물(救濟穀物)을 나누어주어 음식을 바로 먹게 하고 구제정책과 제언공사를 아울러

행하는 것이 필요하다. 이는 옛날 범문정(范文正) 같은 이들에게서 많이 있었던 일이며, 주자(朱子)도 구황조(救荒條) 가운데에서 역시 큰 제언을 수축할 때[昔范文正諸人, 多有之者, 朱子於荒政條件中, 亦有修築大陂堤] 굶는 사람들이 나와 일하면서 살아가도록 하였으니, 지금도 또한 이에 따라 거행하라.

- 9) 도랑을 파서 물을 대는 곳에는 비록 전답의 손해가 있더라도 이로움이 많고 손해는 적다. 그래도 경중의 차이가 있어, 피해를 당하는 전주(田主)가 원하지 않고 동의하지 않을 수 있다. 그럴 때에는 법에 따라 도랑을 파되 원 전답 피해자를 생각하고 도랑의 몽리(蒙利) 토지를 비교해서 계산해주라.
- 10) 무릇 큰 하천은 대개 바닥이 모래임으로 모래와 진흙으로만 가로막는다면 한차례 비에도 바로 무너진다. 이 같은 곳은 반드시 큰 나무를 비탈지게 세우고 가로로 얹으면 다음 그 뒤를 받쳐서 가옥의 간살 모양처럼 요동하지 못하도록 해야 한다. 둑 하단에는 돌을 많이 쌓아야 하고, 돌이 없으면 소나무 가지를 많이 쌓아 물이 넘쳐 파괴되는 것을 예방해야 견고해진다. 제언을 쌓는 모든 곳에는 반드시 이런 뜻을 자세히 알게 하여 아홉 길쭈름 되는 둑을 쌓을 때 한 삼태기의 흙이 모자라 후에 파손되는 일이 없도록 하라.
- 11) 수리(水利)를 널리 일으키고 농사를 권장하는 일은 수령이 제일 먼저 힘쓸 일이다. 명도정부자(明道程夫子)는 상원(上元) 읍을 다스릴 때에 조운사(漕運使)의 보고를 기다리지 않고 먼저 1천 역부를 선발하여 제언을 크게 쌓아서[明道程夫子 攝上元邑 不待報漕, 徑發千夫 盛殷築堤] 해마다 풍년이 들도록 했고 범문정(范文正)도 큰 제언을 막아 백성을 이롭게 하였으니[范文正 亦築大堤 以利民] 선유(先儒)와 대현(大賢)들도 모두 이러한 일에 노력하였다. 어찌 오늘의 책임자로서 본받을 바가 아니겠는가. 수령은 각각 성의를 다하여 기필코 이로운 일을 흥기시키고 재해를 구제하되 현저하게 공적을 이룬 자는 그 공적의 대소에 따라 차례로 포상할 것이다.
- 12) 곳곳에 제방 쌓을 곳이 많은데 지형과 물의 흐름을 제대로 따르지 않아 막은 곳이 바로 무너진다면 백성의 노력이 허사가 됨으로 애석하고 크게 염려가 된다. 이와 같은 일은 인재를 잘 선택하여 책임을 맡기면 성공할 수 있고 실패가 없을 것이다. 옛날 호안정(胡安定) 선생은 호학(湖學)에 수리재(水利齋)를 설치하고 한사람을 가르쳤으니 이것이 바로 학자다운 일이다. [昔胡安定, 湖學, 置水利齋, 以教一人, 此正學者事也]. 수령은 널리 지역 내의 인재를 탐문하되 전(前) 조관(朝官)과 생원, 진사, 유생을 물론하고 반드시 계략과 재능이 있는 사람을 선택하여 감독을 맡기도록 하고, 감사도 역시 도내에 널리 탐문하여 반드시 인재를 구하여 각처로 나누어 보내되 모두 제언사 감역관(監役官)의 칭호로 추천하도록 하며 음식을 제공한다. 모든 품관(品官-품계를 가진 벼슬아치)과 산관(散官-일정한 직무가 없는 벼슬아치) 중에서도 일을 잘 알고 재능이 있는 사람으로 책임을 감당할만한 자가 있으면 모두 발탁하여 책임을 맡기고 성과를 이루도록 하라. 시골 벽촌에서도 등용할만한 인재가 있으나 조정에서 널리 알지 못하여 초야에서 일생을 마친 자가 매우 많을 것이니 진실로 애석하다. 이제 이와 같은 일에 또한 그 재능을 사용할 줄 알고, 만일 잘 헤아리고 주관하여 제언과 수로를 만드는데 공이 가장 많고 효과를 나타낸 사람이 있으면 힘써 발탁하고 실

제의 보직을 주어 일하게 하라.

13) 제언과 방천(防川)을 쌓는 진행과정을 도에 조목조목 보고하고 한편 비변사에 보고하면, 비변사는 때때로 낭관을 보내어 진행과정과 수령, 감역관 등의 근면과 태만을 살펴보고 상벌을 시행할 것이다. 지금 얼어붙은 토지가 점차 풀리고 농사철이 점점 임박하니 제언 공사가 시급하다. 감사와 수령은 각별히 명심해서 빨리, 거행하여 태만하게 늦추는 폐단이 없도록 하라.

14) 인신(印信)은 호조에서 보관하고 있는 옛 제언사 인장을 사용하라.

15) 미진한 조목은 추후에 마련할 것이다.

### 3. 고대 중국의 관개시설물

제언사목에는 중국의 관개시설물 여러 개를 사례로 들고 있다. 이는 당시 선진국이었던 중국의 사례들을 알고 있었으며 이를 통해 제언사목을 더욱 잘 알리고 이해하기 쉽도록 하기 위한 것이었다고 볼 수 있다.

표 1 | 제언사목에 포함된 중국의 관개시설 등

No	시설명칭	설치시기	위치	설치자	수계	비고
1	도강언(都江堰) /蜀渠	BC 256	四川省 都江堰市	李冰	岷江: 양자강 지류	UNESCO 세계유산, ICID 관개시설물유산
2	정국거(鄭國渠)	BC 246	陝西省 三原縣	鄭國	涇水(涇河): 渭水の 지류	ICID 관개시설물유산
3	백거(白渠)	BC 95	陝西省 三原縣	白公	涇水(涇河): 渭水の 지류	
4	위거(渭渠)	BC 129	陝西省	鄭當時	渭水(渭河): 黃河의 지류	
5	서문거(西門渠)	BC 4, 3 세기	陝西省 藍田縣	西門豹, 史起	漳水(漳河): 渭水の 지류	西門豹: BC 4세기 史起: BC 3세기
6	築堤	11세기	上元邑	明道程(程顥)	-	程顥: 1032-1085
7	築堤	11세기	-	范文正(范仲淹)	-	范仲淹: 989-1052
8	築堤 및 救濟穀物	11-12세기	-	范文正, 朱子	기근 때에 구호곡 제공	范仲淹: 989-1052 朱熹: 1130-1200
9	사상가, 교육가	11세기	-	胡安定(胡瑗)	수리(水利) 등 전문교육	胡瑗: 993-1059
10	西湖/소제(蘇堤)	1089	浙江省 杭州市	蘇軾 (1037 ~1101)		UNESCO 세계유산, 준설도로 만든 제방

주: 涇水, 漳水, 渭水는 고대의 이름이고 현재는 涇河, 漳河, 渭河임

중국 역사에서 진나라 때 3개의 대규모 관개사업이 시행되었는데, 첫째는 도강언(都江堰)으로 가장 오래되고 규모도 큰 것으로 유네스코 세계문화유산과 ICID 세계 관개시설유산으로 지정될 만큼 훌륭한 것인데 촉(蜀) 지방의 군수인李冰이 주도했다는 것에서 훌륭하다고 할 수 있다.

둘째는 영거(靈渠)로 2개의 강을 연결한 수로, 즉 양자강(揚子江)의 지류인 상강(湘江)과 주강(珠江)의 지류인 리강(漓江)을 연결하는 수로이며, BC 214년에 설치된 것으로, ICID 세계관개시설유산으로 지정되어 있으나 제언사목에는 설명이 포함되어 있지 않다.

셋째는 정국거(鄭國渠)이다. 정국거는 경하(溇水: 渭河의 지류)에서 물을 취수하여 수로로 동쪽으로 물을 대어 넓은 지역에 관개하고 낙수(洛水: 渭河의 지류)에 연결한 수로이며, ICID 세계관개시설물유산으로 지정되어 있다.

한편, 서호의 제방은 서호의 바닥을 준설하는데 따르는 흙을 처리하기 위한 것인데 중국 북송(北宋)의 유명한 시인인 소동파(蘇東坡)가 이 지방의 수령으로 있을 때 만든 것이고, 또 제방을 쌓을 때 승려등록증을 주면서 승려들을 동원했다는 것에 의미가 있다고 본다.

또한, 다산 정약용 선생의 목민심서 11권 공전(工典) 6조 제2조 천택(川澤)편에도 鄭國渠, 白渠, 李冰의 蜀渠(都江堰), 武帝의 渭渠 등의 기록이 나온다(鄭國開溇水爲渠, 李冰開蜀渠, 漢武帝開渭渠·龍首渠(嚴熊穿渠, 得龍首骨)·白渠, 此皆古渠, 嗣茲以降, 渠不可勝數矣). 그리고, 우리나라에서는 渠를 湫라고 한다(吾東方, 言渠謂之湫)라는 기록도 있다.

중국의 사례 중 그 이름에 거(渠)가 붙은 것은 하천에 취입보를 만들고 새로운 긴 수로를 만들어 넓은 면적에 관개용수를 공급했던 것이고, 서호의 경우는 기존 호수의 준설사업으로 생기는 준설토를 처리하기 위해서 제방을 건설한 특별한 경우이다.

### 3.1 李冰과 都江堰 (Dujiangyan irrigation system)

李冰은 BC 256년에 진(秦)나라의 촉(蜀-현재의 四川省)의 군수로서 양자강의 지류인 민강(岷江)에 도강언(都江堰)이라는 취입보를 만들었다. 도강언은 사천성 관현(灌縣) 도강언시(都江堰市)에 위치하며 현재 관개면적은 701,000ha이고, UNESCO 세계문화유산과 ICID 세계관개시설물유산으로 등재되어 있다.

도강언은 강의 중간에 있는 섬으로 물길이 갈라지는 곳에 위치하여 한쪽의 강에 취입보를 설치하고 다른 쪽의 강은 여수로와 같은 역할을 하도록 함으로써 취수 관리와 홍수관리가 잘 되는 특성을 가지고 있다.

그리고 취입보는 대나무를 길게 쪼개서 엮은 망태에 조약돌을 넣어 만든 돌망태를 쌓아서 만들었으며, 침식방지가 필요한 부분도 돌망태로 표면을 덮어서 보호함으로써, 쪼갠 대나무, 조약돌, 나무말뚝 지지대 등이 공사의 주요 재료가 되었다.

특히, 대나무 돌망태는 참으로 훌륭한 건설재료였다. 대나무의 강도가 크고 잘 썩지도 않아 현대의 철선 돌망태에 비교해도 크게 문제가 되지 않을 정도였다. 이런 대나무 돌망태를 발명하여 사용한 것이 도강언을 성공적으로 만든 하나의 원인이었다고 할 수 있다.



그림 1 | 岷江, 揚子江, 都江堰 위치



그림 2 | 대나무 돌망태 쌓기

### 3.2 鄭國 白公과 溇水

제언사목에 있는 “정국백공 도경수(鄭國白公 導溇水)”는 언뜻 보기에는 하나의 시설에 대한 것으로 보이지만 실제로는 溇河(溇水)에 鄭國渠와 白渠라는 2개의 다른 취입보와 수로가 다른 시대에 설치된 것을 의미한다.

정국거는 BC 3세기에, 백거는 BC 1세기에 설치되었고 취수하천과 일부 관개지역이 같아서 정국거와 백거를 합해서 정백거(鄭白渠)라 불리기도 했다.

#### 가. 鄭國과 鄭國渠(Zhengguo canal irrigation system)

鄭國은 중국의 전국시대 한(韓)나라 사람으로 수리전문가였는데 진(秦)나라의 국력을 약화시켜 한나라를 침공하지 않도록 하기위해 그를 사신으로 진나라에 보내 큰 관개사업을 하도록 진나라 진시황을 설득하게 하였다.

鄭國은 경하(溇河: 黃河의 지류인 渭河의 지류)에서 물을 취수하여 수로로 동쪽으로 물을 대어 넓

은 지역에 관개하고 낙수(洛水: 渭河의 지류)에 연결하는 수로 3백여 리를 만들자고 건의했다.

공사가 BC 246년에 시작하여 절반쯤 되었을 때, 진나라는 한나라의 음모를 알고 그를 죽이려고 했지만 “수로를 완공하는 것이 진나라에 이익(渠成亦秦之利)”이라는 鄭國의 해명에 따라 공사를 계속하게 하여 완공하였다. [사기(史記) 권 29 하거서(河渠書)]

그 결과 관중(關中)지방(陝西省 中部의 渭河 流域에 있는 平野)에 풍년이 계속되어 진나라가 부강해지고 진나라가 전국을 통일하는데 경제적으로 크게 기여하였으며, 정국거(鄭國渠) 또는 정거(鄭渠)라고 불리게 되었다.

정국거는 중국 陝西省 三原縣에 위치하고 있으며, 현재의 관개면적은 97,000ha로 ICID 세계 관개시설물유산에 등재되어 있다.

### 나. 白公과 白渠(Baiqu canal)

白渠는 중국 漢나라 武帝 2년(BC 95) 鄭國渠의 남쪽에 새로 만든 수로로 관중(關中)지방(陝西省 中部의 渭河 流域에 있는 平野)에 관개용수를 공급하였다. 정국거의 하류부에 漢의 조중대부(趙中大夫)인 白公이 건설을 제안했기 때문에 白渠라는 이름이 붙었으며, 涇水의 곡구(谷口)에서 역양(櫟陽)을 지나 渭水까지 수로를 만들어 渭水로 물이 흘러들어가게 했다. 총 길이는 200리 정도였는데, 배가 다니는 운하로 사용되고 관개를 통해 4,500여 경(頃)에 물을 덜 수 있었다.

그리고 당나라 때에는 정국거가 수로의 침전과 퇴적으로 거의 폐지되었고 백거가 만들어졌는데 백거는 3개의 수로, 즉 태백거(太白渠), 중백거(中白渠), 남백거(南白渠)로 각각 건설되었다.



그림 3 | 鄭國渠와 白渠

### 3.3 鄭當時와 渭渠(Weiqu canal)

정당시(鄭當時)는 전한(前漢)의 무제(武帝: BC 141~BC 87) 때 대사농(大司農: 국가의 재정 경제 담당 장관)이었던 관리로 관개사업을 위한 수로 건설에 공헌한 사람이다. 渭渠는 陝西省 長安縣에 위치하며 渭河의 물을 취수하여 장안(長安)에서 화음(華陰)까지 보내며 주변지역을 관개하는 인공수로로서 BC 129년까지 수만명의 인원이 동원되어 건설되었다.

### 3.4 史起와 漳水와 鄴지방

史起는 위양왕(魏襄王, 미상~BC 296) 때 업(鄴) 지방의 수령이 된 후에 주민들을 동원해서 장수(漳水: 陝西省 藍田縣 秦嶺山에서 나오는 하천으로 渭水의 지류)에서 취수하던 기존의 폐지된 서문거(西門渠)를 크게 수축하여 척박한 업 땅에 관개용수가 공급되게 하였다.

서문거는 위문후(魏文侯 25년, BC 400) 때에 업(鄴) 지방의 수령이었던 서문표(西門豹)가 만든 12개의 수로로 100여 년이 지나 폐지된 상태였다.

서문거로 인해서 주민들의 농업생산이 증가하고 그 지역을 부유하게 만들었으며, 후에 중국 한나라와 당나라의 수도이었던 장안(長安-현재의 西安)의 중요한 용수공급원이 되었다. [한서(漢書) 권 29 구혁지(溝洫志)].

### 3.5 明道程夫子, 攝上元邑, 不待報漕, 徑發千夫, 盛殷築堤

明道程夫子(1032~1085)는 이름이 정호(程顥)이고 호가 明道인 북송의 학자이다. 夫子는 선생님이란 뜻으로 붙인 것이다.

정호가 上元邑을 다스리고 있을 때, 1천 역부를 선발하여 제언을 크게 쌓아서 해마다 풍년이 들도록 했다는 것이다.

### 3.6 范文正과 亦築大堤

범문정은 중국 남북조 시대 북송(北宋)의 정치가(989~1052)로 본명은 범중엄(范仲淹)이다. 범중엄은 가난한 집에서 태어나 재상까지 되었다. 고사성어인 선우후락(先憂後樂)은 “세상에 근심할 일은 먼저 걱정하고, 즐거워할 일은 나중에 즐긴다(‘先天下之憂 而後天下之樂(선천하지우 이후천하지락)’는 그의 글에서 비롯된 말이다.

그는 큰 제방을 건설하였으며 주위의 존경을 받아 범문정공(范文正公)으로 불리웠다.

### 3.7 范文正과 朱子(救濟穀物)

송나라의 范文正은 이름이 범중엄(范仲淹)으로 11세기에 항주를 맡아 다스릴 때 큰 흉년이 들자 부자의 곡식을 풀어 가난한 자를 먹이기 위하여 날마다 호상(湖上)에서 잔치를 벌여 놀게 하였고 또 절과 창고 등을 새로 수리하고 짓게 하여 하루에 1천 명의 인부가 일하여 먹을 수 있게 하였으며 이에 따라 그 해에 절강성(浙江省) 일대에는 유민이 없었다고 하였다. [송사(宋史) 권 314 범중엄전(范仲淹傳)].

그리고 송나라 때 주희(朱熹)가 11세기에 남강(南康)을 다스릴 때 그 고을에 크게 가뭄이 들자, 흉년 구제 정책을 다방면으로 강구하여 많은 인명을 살렸다는 기록이 있다. [송사(宋史) 권429 도학(道學) 3 주희전(朱熹傳)].

### 3.8 胡安定과 水利 教育

송나라의 胡安定은 이름이 胡瑗 (993—1059으로 北宋의 교육가(教育家)이고 사상가(思想家)였다. 호원은 교육 이론, 실천을 통합하여 그 시대에 교육 개혁을 이룩하여 교육 분야에서 큰 업적을 남겼다.

학생들을 선발해서 문학, 행정, 군사, 수리(水利) 등 각 분야별로 교육을 하여 국가에서 필요로 하는 전문가를 양성하는 제도를 만들었고, 기숙사 제도를 만들어 효과적인 교육을 시행할 수 있게 하였다.

호원의 교육제도에 따라서 그 시대에 각 분야별 전문가들이 출현하였고, 수리(水利)분야, 즉 관개분야에서도 유명한 전문가들이 역사에 이름을 남기고 있다.

### 3.9 蘇軾과 西湖의 蘇堤(Su causeway)

소식(1037~1101)의 호는 동파(東坡)로 중국 북송(北宋)의 유명한 시인이다. 서호(西湖)는 자연적으로 만들어진 호수이며 여기에는 3개의 인공 제방이 있는데 백제(白堤), 소제(蘇堤), 양공제(楊公堤)이다.

백제는 당나라때 白居易가 만들었고, 소제는 송나라 때 蘇軾이, 양공제는 명나라 때 楊孟瑛이 그 지방의 수령으로서 축조한 것이다.

3개의 제방은 모두 물을 가두기 위한 제방이 아니고 서호의 수심이 얕아 호수 바닥을 준설하면서 생긴 준설토를 버리기 위해 만든 것이다. 특히 소제는 송나라 철종(1086-1094) 때 소식이 항주통판(杭州通判)으로 임명되어 와서 기존 호수 바닥에 침전된 진흙을 파내어 저수량을 키우며 준설토로 제방을 쌓았는데, 이것이 기존의 제방(白堤)보다 더 길고, 넓었다.

한자로는 제(堤)이기 때문에 하천제방인지 저수지 제방인지 구분이 안되지만, 영어로는 causeway, 즉 “습지나 물이 고인 땅을 지나가도록 높게 쌓아서 만든 도로” (raised road or path that goes across wet ground or water)임으로, 그 의미를 더욱 확실하게 알 수 있다.

서호는 절강성 항주시 서호구(浙江省 杭州市 西湖区)에 위치하며, 그 크기는 동서가 2.8km, 남북이 3.3km이고 만수면적이 5.66km<sup>2</sup>, 둘레가 15km, 최대수심이 2.8m이다. 서호의 소제는 소제춘효(蘇堤春曉)라고 하여 봄에 제방에 늘어선 버드나무와 복숭아 나무에서 싹이 트고 꽃이 피는 봄의 풍경으로 유명한 관광지가 되어 있고, UNESCO 문화유산으로 등재되어 있다.



그림 4 | 西湖와 제방(白堤, 蘇堤, 楊公堤)

우리나라의 수원에 있는 서호(西湖)와 비교하면 이름은 같지만 중국의 서호가 만수면적은 약 26배, 둘레는 약 8배로 훨씬 더 크다. 특히 수원의 서호에는 항미정(杭眉亭)이라는 정자가 있는데 이는 '항주(杭州)의 미목(眉目)'이라는 소동파의 시(詩)에서 따왔다고 한다. [杭州之有西湖 如人之有眉目: 杭州에는 西湖가 있는데 사람이 눈썹을 가진 것과 같다.]

제언사목에서 중국의 서호를 인용한 것은 제방을 쌓을 때, 소동파가 승려들을 동원했으며 그들에게 도첩(度牒: 신분증명서)을 준 것을 인용해서 규정을 만들었기 때문이다. 승군(僧軍)을 동원하여 부역을 시키되 도첩이 있는 자는 기간을 줄이고 도첩이 없는 자는 20일 한정으로 부역을 시킨 뒤에 도첩을 만들어 주게 한 것이다.

### 3.10 분수(汾水), 회수(淮水) 및 영수(潁水)에 만든 수로들

분수는 위수(渭水)보다 동쪽의 하류에서 황하(黃河)로 유입하는 지류이고, 회수는 12세기에 황하(黃河)가 범람하여 이 강의 하류를 차지하고 물길이 퇴적물로 막혀 강의 본류가 남쪽으로 방

향을 바꾸어 양주(揚州)에서 양자강으로 들어가게 된 강이며, 영수는 회수의 가장 큰 지류이다. 이들 하천에는 인공적인 수로들이 만들어져 있어 제언사목에 인용된 것으로 보인다.

## 4. 맺는말

조선왕조의 제언사목은 1662년에 제정된 우리나라 최초의 저수지 관련 종합규정이다. 저수지에 관련된 15개 조항으로 구성되어 있으며 저수지 설치에 필요한 인력동원, 자재, 토지보상, 공사방법, 공사감독, 감독 선발, 각종 보고, 포상, 처벌 등은 물론이고 공사 완공 후의 불법경작 대책, 한발시의 기근 대책 등도 포함되어 있다.

특별한 것들로써 중국의 관개사업 사례들을 들어서 설명하는 것들이 포함되어 있는데 그 내용이 너무 간략하여 이를 이해하기 쉽도록 여기에 설명을 추가하였다. 기원전 수백 년 전부터 지방의 수령들이 하천에서 취수하여 대형 인공수로를 만들고 이를 그 지역의 관개용수 공급에 이용하였다는 것과 이로 인해 농산물 생산이 크게 증가하였다는 것이 놀라운 일임을 알려주고 있다.

조선왕조의 저수지(제언) 설치 및 관리에 대한 규정인 제언사목은 지금부터 360년 전에 정부에서 제정 발표한 것으로 세계적으로도 자랑할 만하고, 관개사업에 종사하는 모든 사람들이 알고 기억해 둘 만한 사항이라고 생각한다.

---

## 참고문헌

- ICID 홈페이지[icid.org]
- 備邊司謄錄
- 중국 百度百科
- ZHOU KUIYI (周魁一), A CONCISE HISTORY OF IRRIGATION IN CHINA, 1990
- Dujiangyan (都江堰), Zhengguoqu (鄭國渠), WIKIPEDIA
- Kim, Ju-Chang and Lee, Seok-Woo, RESERVOIR REGULATIONS IN 1662 BY THE GOVERNMENT OF JOSEON DYNASTY, KOREA, ICID, International Workshop on Historical Water Sustainability (HIST), 3rd World Irrigation Forum, September 2019, Bali, Indonesia

# 청산도 구들장논 농업시스템의 특징과 보전관리 방안

김준남 \_ 전라남도 완도군청 경제산업국 농업축산과 농업정책팀 팀장

## 1. 머리말

청산도는 전남 완도에서 19.2km 떨어진 다도해 최남단 섬이지만, 육지만큼 농업이 발달한 지역으로 임진왜란(1592~1598) 이후 현재와 같은 촌락의 형태가 갖춰지면서 본격적으로 농업과 관련한 기술과 지식 문화가 형성되기 시작하였다. 그 결과 17세기부터 20세기 중반까지 '구들장논'이라는 독특한 형태의 다랑논이 조성되어 섬 주민들의 생계를 책임졌다.

구들장논의 가장 큰 특징은 일반적인 다랑논과 달리 돌을 쌓아 만든 암거 형태의 '통수로'를 갖는 것으로, 이 수로를 이용해 위아래 논의 연속적인 물 관리가 이루어진다. 구들장논이라는 명칭도 통수로의 구조와 형태가 한옥 온돌의 구들장을 닮았다 하여 붙여진 것으로 지역주민들은 '방독논'이라고도 부른다. 이러한 관개 시스템을 갖는 다랑논은 세계에서 청산도가 유일하며, 2013년 국가중요농업유산 제1호 지정과 2014년 세계중요농업유산 등재로 그 중요성을 인정받았다.

본래 청산도는 경사가 급하고 돌이 많아 농업에 불리한 자연조건을 가진 섬이다. 이런 조건에서도 주민들은 섬에서의 생활을 포기하지 않고 마을에서 가까운 구릉지의 경사면을 개간하고, 여기서 나온 돌과 흙을 이용해 다랑논 형태의 '구들장논'을 만들었다. 구들장논은 섬 안에서도 대봉산(378.8m), 보적산(330m), 매봉산(387.7m) 등 해발 300m 내외의 산지에 둘러싸인 섬의 중앙 분지지역에 분포한다. 청산도의 동부권에 속한 부흥리, 양중리, 상동리, 청계리 일대가 대표적인 구들장논 분포지역으로 마을과 인접한 산지의 경사면을 따라 구들장논이 계단식으로 조성되어 있다.

본 고에서는 농업환경의 불리함을 극복한 청산도 구들장논 농업시스템의 특징과 그 가치를 살펴보고 분포 및 관리현황을 파악함으로써 보전관리의 지속성 확보를 위한 전략을 제시하고자 한다.



그림 1 | 청산도 구들장논 농업시스템 집중분포지역

## 2. 본문

### 가. 청산도 구들장논 농업시스템 특징

청산도 구들장논은 지역주민들이 농업환경의 불리함을 이겨내기 위한 노력의 결과물로서 윗논에서부터 아랫논까지 연속된 물관리 방식을 적용하여 인위적으로 돌을 쌓아 조성한 넓은 범위의 경작지로 청산도 지역 고유의 전통농업시스템이다.



그림 2 | 청산도 구들장논 대표 특징 '통수로'

세계중요농업유산의 5가지 가치 기준에 따라 청산도 구들장논은 다음과 같은 가치를 보유하고 있다.

첫째, 식량과 생계수단 확보 측면에서 청산도 구들장논은 논과 밭의 범용적 활용을 토대로 일반 계단식논과 달리 이모작이 가능하여 청산도 지역만의 작부체계를 형성하고 있다. 지금까지도 3~9월에는 벼와 청보리를 10~2월에는 봄동과 마늘 등을 한 해 번갈아 생산하며 이모작 방식을 고수하고 있다. 그러나 전반적으로 청산도 내 인구 유입이 미비하고 평균연령도 높아 초 고령화지역으로 변화 한지 상당한 시간이 흐름에 따라, 청산도 거주인구 대부분 농업에 의한 경제활동보다 도청항 주변의 관광 및 서비스업에 의한 경제활동이 주된 생계수단으로 변화하였고 직접적인 농산물 생산과 판매 수익 창출보다 구들장논을 활용한 경관작물 식재, 토지임대 등에 의한 부가적인 수익창출을 통해 생계유지 방식이 변화하고 있다.



그림 3 | 논(벼), 밭(마늘) 이모작

둘째, 지역 및 전통지식시스템 측면에서 청산도 구들장논은 한국 전통주택 고유의 난방기술인 ‘온돌’구조가 적용된 논으로 아궁이와 같은 형태의 관개와 배수를 조절하는 암거 구조의 통수로를 조성, 국제적으로 보기 드문 논 조성방식을 보유하고 있으며, 논을 경작하고 가꾸는 농업기술 또한 청산도 구들장논에 맞춰 독특한 관개기술과 경운기술의 발달로 노동집약적인 농업방식이 보편화되었으나 여전히 다수의 농가에서 이모작의 농업활동 방식을 고수하고 있으며, 지리적 특성상 기존 방식을 고수하여 경작활동을 유지 중인 논 또한 존재한다. 청산도 구들장논 고유의 구조적 특징 및 경관을 유지해나가며 정비·관리해 나가기 위해 2018년부터 휴경 구들장논 복원·정비 활동을 통해 부흥리, 양중리, 청계리, 상동리 주요 구들장논 분포지역을 대상으로 ‘청산도 구들장논 보존협의회’가 앞서서 노력 중이다.



그림 4 | 구들장논 연속관개시스템

셋째, 전통문화 및 공동체 측면에서 청산도는 타지역과의 교류가 어려운 지리적 여건상 귀한 쌀 문화를 바탕으로 해초류와 서류 등을 섞어 먹는 고유의 전통음식과 도서지역만의 장례문화 ‘초분’ 등 농·어업이 공존하는 청산도만의 독특한 문화가 발달하였다. 또한, 돌이 흙보다 많은 토양

으로 논과 마을 등 돌을 쌓는 적석문화와 경작 활동을 함에 있어도 인공 보를 관리하는 ‘보작인’제도, 소를 나누어 쓰는 ‘소연두’제도 등 마을 단위의 협동노동이 이루어져왔다. 그러나 현재 청산도 내 인구감소 및 고령화로 당제와 갯제의 경우 마을별 간헐적으로 개최되고, 도서 지역의 장례문화인 초분은 2012년 이후로 사라지는 등 다수의 전통농경문화가 전승자 부족으로 사라지거나 간소화되는 추세이다.



그림 5 | 전통농업방식 ‘소연두’

넷째, 농업생물다양성 측면에서 청산도 구들장논은 산간지형의 계곡을 따라 인공적으로 조성된 경작지로서 연속관개시스템을 기반으로 산림과 마을을 연결하는 생태순환축 역할을 하여 생물다양성 증진에 기여하고 있다. 2018년도 모니터링 결과, 친환경농업의 지표이자 야생동물 보호종이었던 ‘긴꼬리투구새우’의 서식범위가 청산도 전역으로 확대되고, 주로 1~2급수에서 서식하는 하루살이류 5종과 가재, 옆새우, 강도래 등이 새롭게 관찰됨에 따라 청산도 구들장논의 농업 생물다양성이 증진됨이 확인되었다. 청산도 내 관리지역에 속하는 거주지역 및 주변 농경지를 제외한 청산도 토지 면적의 대다수가 자연환경보전지역에 속하여 생태적 우수성은 상당하며, 연차별 조사를 통해 마을 간 농업생물다양성 또한 유사한 조사 결과가 나타났다.



그림 6 | 긴꼬리투구새우 개체수 증가

다섯째, 경관적 측면에서 청산도 구들장논은 지리적으로 섬 중앙의 산간지역에 위치하여 ‘해안-주거지-구들장논-산림’으로 이어지는 청산도 대표 농·어촌경관을 연출하며, 미시적으로는 독특한 구조와 더불어 마치 돌담 위에 논을 올려놓은 듯한 문화경관을 보인다. 현재 청산도 구들장논의 경관은 농업활동 저하로 기존 경작지의 휴경화 및 산림 천이가 이루어지는 부분과 관광지 중심의 무계획적인 건물과 시설 등의 개발이 과거의 전통농업경관에서 점차 변화되는 양상을 보이고 있다.



그림 7 | 구들장논 복합경관

01

02

03

04

05

06

07

08

## 나. 청산도 구들장논 분포 및 관리 현황

2014년 13개 법정리 주민증언조사, 현장조사, 실측조사 등 1~3차에 걸친 구들장논 분포현황 조사 결과 8개 법정리에 총 895필지 65.3ha의 구들장논이 분포하는 것으로 조사되었다. 조사 당시 구들장논의 연속관개시스템 특징을 보유하고, 통수로, 샛밭 등 구들장논의 구조적 특징이 우수한 지역을 우선하여 일반지역, 집중분포지구, 특별보전관리구역 순으로 3가지 관리구역을 제안하였다.

2021년 구들장논 분포현황 보완조사를 통해 토지대장을 기준으로 지목 변경된 필지와 임야 필지를 제외하고 총 857필지, 62.1ha의 구들장논이 분포하는 것으로 확인되었다.

표 1 | 2014년 구들장논 분포현황 조사

구분	일반지역			집중분포지구				합 계		실측조사(통수로)		
	필지 수	면적(ha)	비율(%)	필지 수	면적(ha)	특별보전관리구역		비율(%)	필지 수	면적(ha)	필지 수	면적(ha)
						필지 수	면적(ha)					
국산리	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
당락리	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
도청리	67 [66]	5.05 [5.02]	7.7	-	-	-	-	-	67 [66]	5.05 [5.02]	3	0.29
동촌리	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
신흥리	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
읍 리	6 [5]	1.49 [0.22]	0.3	-	-	-	-	-	6 [5]	1.49 [0.22]	2	0.08
지 리	5 [4]	0.49 [0.38]	0.6	-	-	-	-	-	5 [4]	0.49 [0.38]	5 [4]	0.49 [0.29]
모도리	16 [12]	1.99 [0.80]	1.2	-	-	-	-	-	16 [12]	1.99 [0.80]	6 [5]	0.61 [0.43]
여서리	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
부흥리	-	-	-	317 [305]	21.98 [20.98]	21	1.97	36.3	338 [326]	23.94 [22.95]	28 [27]	3.19 [2.76]
상동리	-	-	-	165 [151]	12.30 [10.67]	9	0.42	19.5	174 [160]	12.76 [11.13]	20 [19]	1.46 [1.39]
양중리	-	-	-	201 [196]	17.49 [14.92]	6	0.82	25.4	207 [202]	18.30 [15.74]	12 [11]	2.07 [1.15]
청계리	82	5.87	9.0	-	-	-	-	-	82	5.87	8	0.66
총 계	176 [169]	14.90 [12.29]	18.8	683 [652]	51.77 [46.58]	36	3.25	81.2	895 [857]	69.89 [62.11]	84 [79]	8.85 [7.05]

\* [ ] : 2021년 토지이용현황 기준, 2014년 구들장논 분포현황 대비 임야 제외(7필지), 토지지목변경(대지, 잡종지 등)제외(31필지)

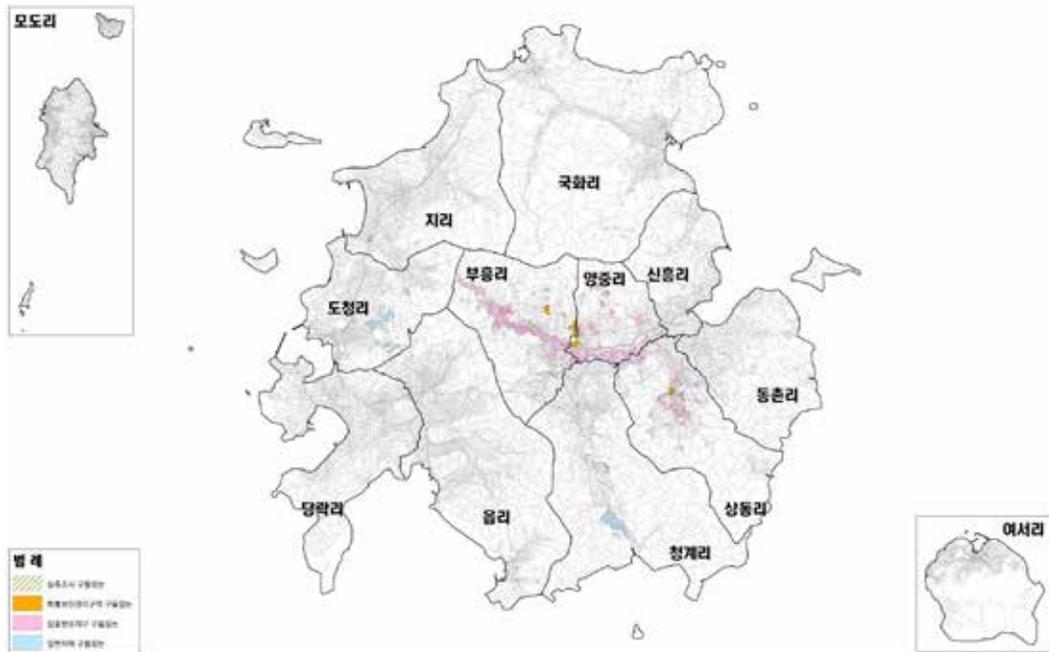


그림 8 | 청산도 구들장은 분포현황 조사

청산도 구들장은 주민 관리주체인 구들장논보존협의회 주도로 휴경 구들장논 복원·정비를 위한 ‘공동경작단’이 별도 조직되어 2018년부터 2021년까지 부흥리, 상동리, 양중리, 청계리 4개 법정리를 중심으로 총 148필지, 9.63ha의 휴경 구들장논을 복원·정비하였으나 2018년 복원·정비한 5.94ha(88필지)의 부흥리의 일부 구들장논이 일회성으로 마무리되어 현재 구들장논 보존협의회에서 누적해서 연차별로 관리 중인 휴경 구들장논은 총 60개 필지, 3.69ha이다.



그림 9 | 휴경 구들장논 복원·정비 활동 모습

1차로 산림화된 휴경 구들장논을 복원하고, 2차로 1차 정비로 드러난 붕괴된 석축 및 통수로의 보수 후 3차로 칼라보리, 유채, 메밀 등 경관작물을 식재하여 농경지로서 지속해서 이용될 수 있도록 연차별로 관리 중이며, 현재 22개 필지, 1.28ha의 휴경 구들장논을 추가적으로 복원·정비할 계획 수립과 기존 복원·정비지를 경관적 활용 이외 소득 작물 재배를 통한 소득 창출까지 이을 방안을 모색 중이다.

표 2 | 연차별 구들장논 복원·정비 활동 현황

구분		부흥리	상동리	양중리	청계리	합계
2018년	필지수	6 [88]	-	-	-	6 [88]
	면적(ha)	0.19 [5.94]	-	-	-	0.19 [5.94]
2019년	필지수	6	5	13	9	33
	면적(ha)	0.23	0.25	0.69	0.75	1.92
2020년	필지수	-	5	2	3	10
	면적(ha)	-	0.26	0.20	0.27	0.73
2021년	필지수	-	9	-	2	11
	면적(ha)	-	0.63	-	0.20	0.84
누계	필지수	12	19	15	14	60
	면적(ha)	0.42	1.15	0.89	1.22	3.69
2022년 [예정]	필지수	14	-	-	8	22
	면적(ha)	0.90	-	-	0.38	1.28

\* [ ] : 2018년 당해 시범적으로 시행한 구들장논 복원·정비 대상지로 누계 제외

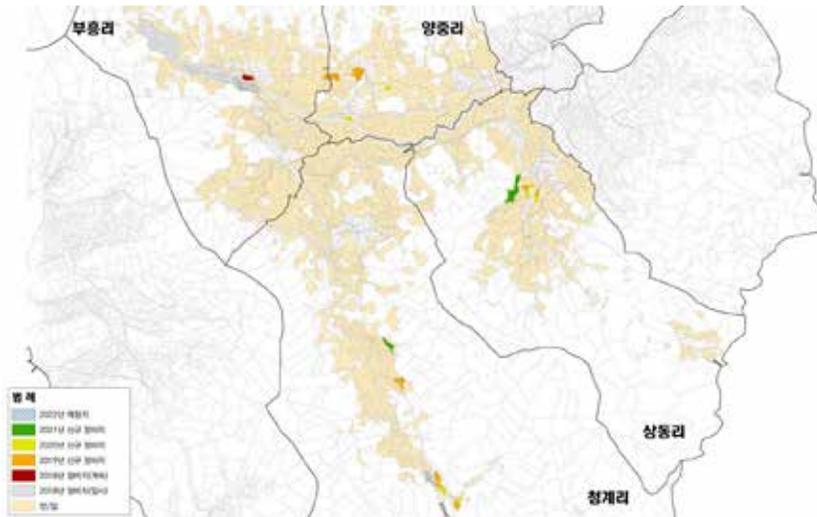


그림 10 | 연차별 휴경 구들장논 복원·정비 활동 대상지(종합)

## 다. 청산도 구들장논 보전관리 전략

전라남도는 2022년 3월 기준으로 국가중요농업유산 16개 자원 중 6개 자원(완도, 구례, 담양, 보성, 장흥, 강진)과 국가중요어업유산 11개 자원 중 6개 자원(보성, 신안, 완도, 광양) 6개 자원을 보유하고 있는 대표 농어업지역이다.

2020년 3월 제정된 전라남도의 농어업유산 관련 조례 「전라남도 농어업유산 보전 및 관리 조례(전라남도조례 제5010호)」는 농어업유산 보유 지자체의 자치조례 제정(완도군, 장흥군 등)으로 이어지고 있으며, 특히 완도군은 농어업유산(청산도 구들장논, 전통 지주식김 양식어업) 모두 보유한 지역으로 2020년 12월 「완도군 농어업유산 보전 및 관리 조례(전라남도완도군조례 제2754호)」를 제정하였다.

지금껏 완도군 조례가 제정되기 전까지 청산도 구들장논의 보전관리는 농림축산식품부의 세계중요농업유산 지원정책에 의한 예산 편성과 사업 운영에 의존해왔으나 완도군 조례 제정으로 농어업유산에 대한 행정과 지역사회의 이해와 사업참여 기회가 확보되었기 때문에, 보다 완도군 자체적인 '독립성과 책임성'을 강화한 농업유산 보전관리사업 모니터링 및 환류체계 마련이 필요하다.

세부적으로 10여 년간 완도군과 지역사회가 경험해온 청산도 구들장논 보전·활용 역량을 강점으로 기존 활동의 성과가 지역사회 전역으로 확산할 수 있도록 핵심보전구역을 주민참여 기반의 지속적 사업대상으로 활용하고 이를 통해 중앙정부에 편중되어 있던 농업유산 보전관리체계가 지역사회의 기능과 역할 강화로 균형 맞춰질 수 있도록 유도가 필요하다.

또한, 2021년 6월 완도군과 사회적협동조합이 체결한 구들장논 핵심보전구역 보전·활용사업(휴경 구들장논 공동경작 등) 운영에 대해 정기적인 협약사항 이행 모니터링을 시행할 수 있는 사업관리체계를 구축하였다. 이를 통해 핵심보전구역과 함께 일반구역 구들장논의 보전·활용까지 확장할 수 있는 제반 여건을 마련하고, 사회적협동조합과 마을공동체가 상호협력하여 통합적인 구들장논 보전·활용사업이 추진되도록 다각적인 환류사업을 모색하고 있다.

사회적협동조합을 중심으로 청산도 구들장논 관련 개별농가 및 관련 주민공동체가 역할 분담하여 공동으로 세계중요농업유산 가치 보전 측면의 다양한 활동이 전개될 수 있도록 핵심보전구역 대상으로 체계적인 역량강화 및 사업 컨설팅을 추진하고, 핵심보전구역 주민공동체뿐만 아니라 구들장논에 대한 이해와 관심이 있는 청산도 주민, 완도군민부터 도시민까지 청산도 구들장논 보전·활용사업에 참여할 수 있도록 광역적인 민관협력 거버넌스의 구축 및 강화가 필요하다. 또한, 이를 통해 구들장논 보전·활용의 인력수급 및 전문역량 확보에 있어 한계성을 극복하고 새로운 지역 발전과 공동체 활성화의 계기로 활용할 수 있도록 해야한다.



그림 11 | 주민공동체의 핵심보전구역 내 휴경 구들장논 공동경작



그림 12 | 구들장논 보전관리 주체의 다각화

### 3. 맺는말

청산도 구들장논 보전관리의 지속성 확보를 위해 다음과 같이 3가지 전략을 제시하고자 한다.

첫째, 구들장논 휴경농지·유휴지를 중심으로 인접 산지의 영향으로 산림화되고 있는 현상을 지속적인 복원·정비를 통해 구들장논 특유의 구조적, 생산적 특징을 보전하고 특히, 핵심보전구역을 중심으로 체계적인 구들장논 보전관리사업 추진이 가능하도록 휴경농지·유휴지의 공공매입 및 관리방안이 필요하다.

둘째, 섬 인구의 고령화, 어업 대비 농업인 감소 등 구들장논 경작유지의 어려움을 극복하기 위해 기존 사회적협동조합의 핵심보전구역 공동경작을 지원하고, 도시민, 농업관련 단체/기관의 경작참여를 통해 핵심보전구역과 함께 일반구역 구들장논까지 광역적으로 관리할 수 있는 공동경작방안이 필요하다.

셋째, 구들장논의 물리적 환경 보전과 더불어 섬이 갖는 독특한 무형의 농경문화를 복원·육성하고, 이를 체험, 관광 상품으로 개발하여 지역 경제 활성화에 기여할 수 있도록 구들장논 활용에 관한 지역공동체의 역량강화 지원이 필요하다.

표 3 | 전략별 세부 사업(안)

구분	합계
1) 청산도 구들장논 토지관리 특성 보전	- 핵심보전구역 내 구들장논의 휴경 및 유휴지 복원·정비와 지속적인 경작관리를 위한 토지관리 지원사업 추진  ① 핵심보전구역 휴경농지·유휴지 공공매입 및 관리 ② 청산도 구들장논 복원·정비지원사업
2) 청산도 구들장논 경작 지속성 확보	- 고령화, 농업인력 부족 등에 의한 경작포기를 방지하기 위한 지역주민과 도시민이 함께하는 공동경작 등 구들장논 경작지원기반 마련  ③ 청산도 구들장논 공익직불제 활성화 사업 ④ 청산도 구들장논 공동경작 지원사업
3) 청산도 구들장논 다원적 활용 역량강화	- 구들장논의 생산적 기능 외 전통문화, 농업경관 등 지식체계의 보전과 농업유산의 다원적 활용 활성화를 위한 핵심보전구역 지역공동체 중심의 역량강화 지원  ⑤ 청산도 구들장논 농경문화 전승활동 지원사업 ⑥ 주민주도 구들장논 보전·활용 역량강화 지원사업

01

02

03

04

## 참고문헌

- 완도군, 구들장논 핵심보전구역 지정 및 관리방안 수립, 2022

05

06

07

### [편집자 주]

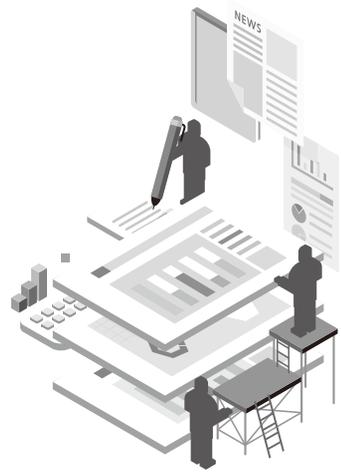
국제관개배수위원회(ICID, International Commission on Irrigation and Drainage)의 세계관개시설물유산(WHIS, World Heritage Irrigation Structures)등재 제도는 100년 이상의 역사를 가진 관개시설물에 대하여 ICID가 세계 각 국가로부터 신청을 받아 심사 후에 등재하는 제도이다.

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

우리나라에서는 김제 벽골제, 수원 축만제·만석거, 당진 합덕제, 고성 돛방, 강진 연방죽, 완도 청산도 구들장 논 등 7곳이 등재되어 있으며, 그 중 '21.11.26. 등재된 완도 청산도 구들장 논에 대하여 소개하고자 한다.

08

# KCID NEWS



## KCID 이병호 신임 회장 선출

KCID 제55회 이사회(3.28~3.30) 및 2022년도 총회(4.4~4.6)를 통하여 이병호 신임 회장(한국농어촌공사 사장)이 선출되었다. 이병호 회장은 농식품부 장관실 정책담당 보좌관을 거쳐 서울시농수산식품공사 사장과 한국농수산식품유통공사(aT) 사장을 역임하였으며, 지난 3월 한국농어촌공사 제11대 사장으로 취임하였다. 이병호 회장은 취임사를 통하여 전·현직 임원 및 회원들에게 그동안의 노고에 감사 인사를 전하며, 세계 농업과 물, 환경 등의 현안을 해결하기 위하여 지속적으로 혁신할 것을 강조하였다.

## KCID 제12회 포상 시상식

KCID는 4.1(금) 농어촌연구원 원장실에서 제12회 포상 시상식을 진행하였다. 최고 분과위원회 상은 2021년 전문가 초청 토론회 개최 등 KCID 분과위원회 활성화에 기여한 시설안전 및 현대화 분과위원회 (前분과위원장: 농어촌연구원 박경홍소장, 강원대 김용성교수. 現분과위원장: 농어촌연구원 박영진소장, 공주대 임성훈교수)가 수상하였으며, 우수기술상으로는 농어촌연구원 국제융합수리시험센터의 윤재선 주임연구원이 KCID 기술정보지 『세계 농업과 물』에 논문 투고 활동을 하는 등 학술적, 기술적으로 기여를 인정받아 수상하였다. 젊은 기술인(YPF)상은 농어촌연구원 스마트기반연구부 이재남 주임연구원이 KCID 젊은전문가 분과위원회 간사로서 2021년 INWEPF 국제심포지엄 및 운영위원회에서 기술논문 발표와 한국위원회 운영을 지원하는 등

한국 농업 선진기술을 국제적으로 홍보하고, 젊은 기술인들과의 유대관계를 강화하는 등의 기여를 인정받아 수상하였다.



## 의성 소류지 관개시스템, WHIS(세계관개시설물유산) 등재 추진

3.24(목) KCID 최강원 회부부회장, 이규상 전임이사, 이난희 사무총장 등은 WHIS(세계관개시설물유산) 등재 추진을 위하여 경상북도 의성군에 방문하였다. 의성 소류지 관개시스템을 답사하여, 비가 적게 오는 불리한 농업환경을 극복하고 벼농사가 가능하도록 한 관개시스템을 직접 확인하였으며, 군수 면담 및 지역 전문가의 브리핑을 통해 기술적·역사적 의의와 보전관리 등에 대하여 확인하였다. 또한, KCID는 자문위원회를 구성하여 후보지를 검토하는 등 의성군과 협력하에 WHIS 등재를 적극 추진 중에 있다.



WHIS 등재 추진 협의회

현장답사 기념사진

현장답사

## 제4차 아시아·태평양 물정상회의 주제별 세션 참가

제4차 아시아·태평양 물정상회의가 4.23(토)~24(일)일간 개최되었다. 이번 회의는 『지속 가능한 개발을 위한 물 - 최우수 사례와 다음 세대』를 주제로 아·태지역의 물 관련 다양한 이슈에 대응하여 참여국들의 해결방안과 사례를 공유하고 인프라 구축을 위한 협력 및 파트너십 강화의 목적으로 일본 구마모토에서 온 오프라인으로 병행 개최되었다.

4.24(일) 개최된 '식량과 물' 주제별 세션에서 일본 시가대학 마쓰시타 교수가 '국가별 특성에 따른 차이를 고려한 농업분야의 물사용 효율성'을 주제로, IWMI(국제물관리위원회)에서는 '물 사용자협의체(WUA)에 대한 사회-기술적 접근'을 주제로 발표하였으며, 이외에도 FAO(UN식량농업기구), ADB(아시아개발은행) 등 여러 기관의 전문가들이 아시아 지역의 지속가능한 농업용수관리에 대하여 사례 및 연구 동향을 공유하였다. INWEPF(논농업의 물·생태계 국제네트워크) 회원국과 KCID 이승원 사무국장을 포함, 60여 명이 온·오프라인으로 참가한 가운데 아시아 지역 물관련 적정기술에 대하여 논의하였으며 특히, 물사용 효율성 향상 전략은 국가별 환경 차이를 이해하고 특수성이 고려되어야 함이 강조되었다.



기조연설 (투르크메니스탄 국가물관리위원장)



온·오프라인 동시 발표진행



질의 응답

## 의성군청, KCID 단체회원으로 가입



경상북도 의성군청이 2022년 4월, KCID의 신규 단체회원사로 가입하였다. KCID는 의성군청과의 활발한 교류로 WHIS 등재 추진뿐만 아니라 향후 국제협력 활동 등 기술정보 교류를 기대하고 있다.



# ICID NEWS



## ICID 제24차 호주총회 및 제73차 집행위원회 개최 예정



ICID는 '22.10.3~10 호주 애들레이드에서 제 24차 총회 및 제73차 집행위원회를 개최할 예정이다. 이번 회의의 주제는 "Innovation and Research in Agricultural Water Management to Achieve Sustainable Development Goals"이며, 홈페이지 [www.icid2022.com.au](http://www.icid2022.com.au)에서 세

부일정 및 등록관련 사항을 확인할 수 있다.

## ICID 제4차 세계관개포럼 초록 제출 공지

ICID는 '23.4.16~22 일정으로 중국 베이징에서 제74차 국제집행위원회와 함께 개최되는 제4차 세계관개포럼의 논문 제출 요청을 공지하였다. 주제는 Modernization of Irrigation Systems으로, 초록 제출은 2022년 7월 15일까지이며, 8월 15일까지 수락 통보를 받으면, 10월 15일까지 전체 논문을 제출해야 한다. 이후 12월 15일까지 구두/포스터 발표여부가 통보될 예정이다. 세부사항은 KCID가 전체 회원을 대상으로 공유한 메일 또는 ICID 홈페이지 <http://icid-ciid.org> 에서 확인 가능하다.

01

02

03

04

05

06

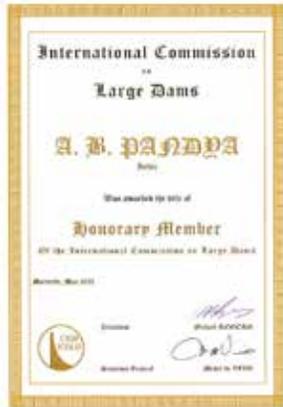
07

08

## ICID, 9th World Water Forum (제9차 세계물포럼) 참가

ICID는 세계물의날(3.22) 주간에 세네갈 다카르에서 열린 제9차 세계물포럼에 참가하였다. 『농촌개발에서 농촌전환으로』, 『스마트 물관리』 2개의 세션을 주관하며 FAO, IWMI, IWRA, GWP, ADB, OECD 등 관련 기관의 참여로 3.23~24 양일간에 걸쳐 운영하였다.

## ICID - ICOLD(국제대댐회) MoU 체결 및 협력강화



지난 5월 30일 프랑스 마르세유에서 개최된 제27차 ICOLD(국제대댐회) 총회(2022.5.27.~6.3)에서 ICID와 ICOLD는 양 기관 상호간의 지속적인 전문적 기술교류 협력 증진을 위한 라운드테이블을 진행하고 MoU를 체결하였다.

프랑스 파리에 본부를 둔 ICOLD는 1928년 설립된 이래 10,000명의 개인회원을 포함한 100개 국가위원회로 구성되어 있으며, 설계, 건설, 유지관리, 파급효과 등 대규모 댐과 관련된 전문지식과 정보를 공유하는 국제 비정부기구(NGO)이다.

이번 총회에서 ICID Er. Pandya 사무총장은 제88차 연례 회의 및 ‘댐과 강 유역의 지속가능한 개발’ 심포지엄에 기술위원회 의장으로 참여하였고, ICOLD의 명예회원이 되었다. ICOLD는 ICID의 세계관개포럼에 지속적으로 참여하며 지원해 오는 등 ICID와의 수 년 간에 걸친 파트너십을 공고히 해오고 있다.

## ICID 제73회 창립기념행사 개최

ICID는 6.24(금) 제73회 ICID 창립기념행사를 개최한다고 전했다. 이번 행사는 ICID가 인도관개배수위원회(INCID) 사무국과 함께, '23.11.6~13 일정으로 인도에서 개최 예정인 제25차 ICID 총회 및 제75차 집행위원회의 로고, 웹사이트 등을 공개하는 행사를 포함한다. 또한, “Role of Modern Irrigation in Global Food Security”의 주제로 기술세미나를 개최하여 World Bank, IWMI(International Water Management Institute), ISA(International Solar Alliance) 등 주요기관 전문가들의 프레젠테이션이 진행된다.

## ICID 차기 회의 일정

ICID와 각 국가위원회와 의견을 조율하여 결정된 ICID 차기 회의 일정이다.

날 짜	회의명	개최국/도시
'22.10.3~10	제24차 총회 및 제73차 집행위원회	호주/애들레이드
'23.1.25~27	제10차 국제마이크로관개컨퍼런스	모로코/아가디르
'23.4.16~22	제74차 집행위원회 및 제4차 세계관개포럼	중국/베이징
'23.11.6~13	제25차 총회 및 제75차 집행위원회	인도/비작
'24.9.1~7	제76차 집행위원회 및 제9차 아시아지역회의	호주/시드니
'25.5.1~7	제77차 집행위원회 및 제5차 세계관개포럼	말레이시아/팔라룸푸르

01

02

03

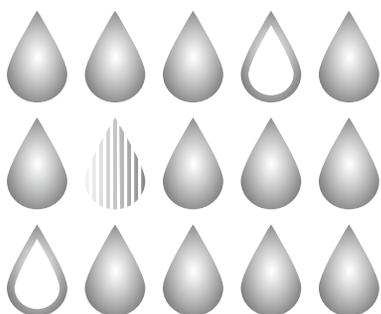
04

05

06

07

08





## 농어촌공사, 인니에서 독보적인 K-농업기술 입증

한국농어촌공사(사장 이병호)는 인도네시아 정부에서 발주한「마뎡겡(Matenggeng) 다목적댐 건설사업」에 대한 실시설계 등 컨설팅 사업 수주계약을 자카르타 현지에서 체결했다고 2022년 5월 24일 밝혔다.

공사를 대표로 민관합동 컨소시엄을 구성해 체결된 이번 계약이 주목되는 이유는 공사가 지난해 6월과 금년 2월에도 인도네시아에서 연이은 사업 수주에 성공하면서 K-농업기술 수출에 꾸준한 성과를 내고 있기 때문이다.

공사는 현재 인도네시아 전역 34만8천ha에 이르는 관개시설과 배수시스템 정비를 위한 사업 컨설팅 용역을 맡아 진행하고 있으며, 올해 초 인도네시아의 수도 이전계획에 따른 식량 농업 계획 수립 및 실행계획 수립 기술지원을 위한 사업에도 수행기관으로 선정된 바 있다.

이번 계약 체결로 공사는 인도네시아 서부 자바주 댐 건설에 대한 타당성 조사검토, 세부설계 및 환경영향평가, 이주보상계획 수립 등을 맡게 됐다.

마뎡겡 다목적댐 건설사업은 2019년도부터 실시되고 있는 인도네시아 국가개발계획 중 댐 및 하천분야 토목 엔지니어링 사업의 일종으로, 댐이 건설되면 생활용수 및 공업용수를 비롯해 인근 약 2만 ha에 농업용수를 공급할 예정이며 댐을 이용한 발전으로 연간 약 85GWh의 전기생산이 가능해질 전망이다.

계약 체결식에서 김병수 부사장은 “공사는 1976년 인도네시아 진출한 이후 댐, 관개, 습지개발, 홍수조절 등 분야에서 현재까지 58개 사업에 참여해 성공적으로 수행해 왔다”며 “공사의 기술력과 전문성을 바탕으로 마뎡겡 다목적댐 사업 또한 계약 기간 내 댐 설계를 완료해 앞으로 한국 농업관개 기술력을 세계에 알리는데 최선을 다하겠다”고 말했다.

☞ 발췌: 한국농어촌공사 홈페이지-사이버홍보-보도자료

## 가뭄극복 대안으로 지하수 활용 확대 연구

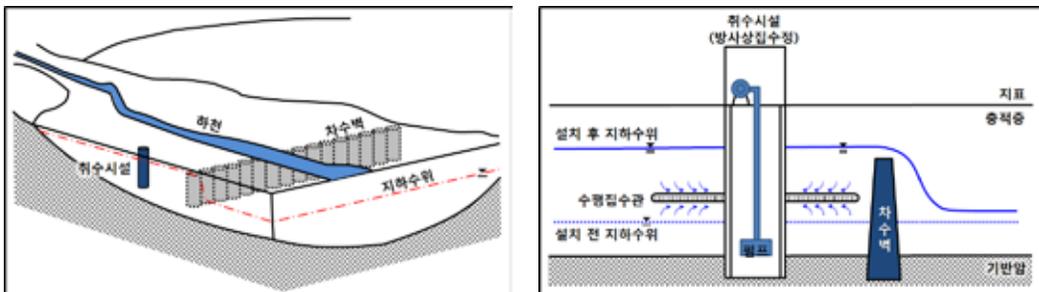
기후 위기로 국지적인 가뭄이 빈번하게 발생되고 있어 상습적인 물 부족 지역이 곳곳에 나타나고 있는 실정이며, 지표수 공급만으로는 한계가 있어 대체 수자원으로서는 대용량 수자원을 확보할 수 있는 지하수 댐이 물 부족문제 해결사로서 급부상하고 있다. 농어촌연구원에서도 지난 5년간 집중적으로 지하수댐의 효과에 대한 연구를 수행해왔으며, 그 결과 속초시 쌍천 제2지하댐을 추가로 설치하여 속초시가 수자원 자립화를 선언하는데 기여하였다.

쌍천지하댐 성공사례를 벤치마킹하여 현재는 충남 서부권역 물 부족지역에 대한 수자원 자립화를 위해 지하수댐 개발 후보지조사와 기본조사를 수행하고 있다. 조사내용은 지구답사, 물수지 분석, 물리탐사 및 시추조사 등 현장조사와 수치모델링 등을 수행하여 지하수댐 개발적지를 선정할 예정이다. 또한, 기존 공공관정을 연결하여 적절하게 분배함으로써 물 부족지역에 잉여 지하수를 공급할 수 있는 최적 지하수 관리방안에 대한 연구도 추진하고 있다. 이외에도 버려지는 지하수를 정화하여 재사용할 수 있는 방안과 지하수를 인공적으로 함양하여 지하에 저장함으로써 필요시 언제든지 양수하여 사용할 수 있는 방안을 연구하기 위해 여러곳에 Test-bed를 설치하는 등 가뭄극복을 위해 지하수 활용을 확대하는 방안에 대한 연구를 지속적으로 추진하고 있다.

향후 이와 같은 연구내용들이 사업화 되면, 지하수를 활용한 추가 수자원 확보가 가능하므로 가뭄극복 뿐만 아니라 난방비 절감을 통한 농가소득도 증대도 기대할 수 있다.



쌍천지하수댐 성공사례 보도<3월22일, 강원 G1 뉴스>



지하수댐 모식도 및 설치 단면

## 농어촌공사, 수질관리 디지털 전환 속도 낸다

- 수질관리 디지털 전환을 위한 전문가 초청 국제워크숍 개최 -

한국농어촌공사(사장 이병호)는 2022년 5월 17일 본사에서 「수질관리 디지털 전환을 위한 전문가 초청 국제 워크숍」을 열고 디지털 기반의 수질자동측정 장치 설치 사례와 활용 방안에 대해 논의했다.

이날 워크숍은 데이터 기반 농촌용수 수질관리가 가능하도록 센서 기술이 접목된 수질관리 방안 모색을 위해 개최되었으며, 김규전 수자원관리이사를 비롯한 공사 관계자와 주한 오스트리아 대사관 볼프강 키스팅거(Wolfgang Köesting) 상무참사관과 기업관계자 등 50여 명이 참석했다.

워크숍에서 농어촌공사는 2020년부터 운영 중인 ‘농촌용수 실시간 수질자동측정 시스템’ 현황에 대해 소개했다. 공사는 90개 저수지의 253지점에 센서를 설치해 수심, 수온 등 9개 항목에 대해 측정하고 있으며, 지점당 발생하는 연간 약 52,000여 개의 수질 측정데이터를 관리할 수 있는 시스템을 구축해 운영하고 있다.

이어 오스트리아 크리스토프 바그너(Christoph Wagner) 박사 등은 영국을 비롯한 7개국에 설치된 다분광센서와 IoT기반으로 활용되고 있는 센서 방식의 수질자동측정장치 사례 및 활용에 대해 발표했다. 이어진 토론에서는 기후변화와 오염원 유입 증가로 수질 변화 예측의 중요성이 커짐에 따라 실시간으로 측정되는 방대한 양의 데이터 관리와 활용 방안에 대한 논의가 이루어졌다.

김규전 이사는 “농업·농촌 분야 디지털 전환을 위해 최첨단 수질측정 센서 기술을 보유한 오스트리아와 긴밀한 협력관계로 발전할 수 있기를 기대한다”며 “수자원분야 디지털 전환이 가속화될 것으로 전망되는 만큼,물관리 전문기관인 공사가 선도적 역할을 수행하겠다”고 말했다.

☞ 발췌: 한국농어촌공사 홈페이지-사이버홍보-보도자료

## 드론스테이션 자동화 스마트 농작업 신기술 개발

한국농수산대학(총장 조재호, 이하 한농대)은 산학협력으로 농업드론스테이션 시스템을 구축하고, 스마트 디지털 벼농사 주요 농작업에 대한 시연회를 3월 18일 개최하였다. 농업드론스테이션 자동화 스마트 시스템은 한농대와 (주)아이팝(전주대학교)이 산학협력으로 연구개발한 신기술로 드론을 가장 많이 쓰이고 있는 벼농사의 주요 농작업에 연중 적용할 수 있다. 농업드론스테이션은 자동 충전, 화학비료·농약 자동 살포, 자동 직파 파종 등을 할 수 있으며, 24시간

작업과 야간에도 작업이 가능한 4차 산업혁명시대 신개념 자동화 농작업 시스템이다.

또한, 벼농사 농작업뿐만 아니라 벼 수확 전 이모작 조사료(이탈리안라이그라스) 파종, 모내기 후 결주(심기지 않은 면적) 조사, 직파 후 입모 균일도, 작물의 영양상태, 잡초 발생, 병해충 예찰 및 실시간 방제, 수량 및 품질 조사, 기상재해 조사, 들판의 작물별 재배면적 모니터링, 콩 품종 구별 등 농업드론스테이션 활용도가 많이 늘어날 전망이다.

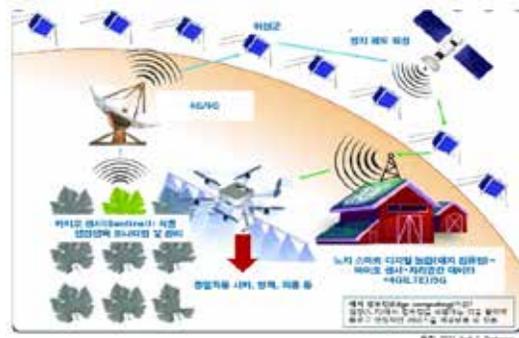
이번 신기술을 활용하면 지피에스-알티케이(GPS-RTK) 이용 필지별 고정밀 실시간 위치정보와 1~2cm 오차의 포지셔닝 자동 경로 매핑에 의한 자동 비행으로 작업 정밀도를 크게 높일 수 있다. 뿐만 아니라, 앱을 통한 작업상태를 확인할 수 있어 농작업을 의뢰한 농가의 신뢰 확보와 전업농, 영농법인, 지역농협, 지자체 등의 농업농촌 취약계층(노령자·부녀자 등) 농작업 대행사업에도 유용할 것으로 보고 있다.

연구개발에 참여한 한농대 박광호 작물산림학부 학부장은 “농업드론스테이션 시스템으로 노지 지능형농장(스마트팜) 및 디지털농업 시대를 앞당겨 혼자서도 스마트 자동화 농작업으로 소득증대는 물론 농촌 일손 부족 문제해결에 대안이 될 수 있다.”라고 밝혔다.

☞ 발췌: 농림축산식품부 홈페이지-알림소식-보도자료



농업드론스테이션 구축 모습 (한국농수산대학교)



농업드론스테이션 시스템 체계

## 우크라이나 위기로 인한 식량불안에 대한 효과적 정책 대응

러시아의 우크라이나 침공은 세계 식량안보에 심각한 결과를 초래할 가능성이 있다. 유엔식량농업기구(FAO)는 우크라이나와 러시아의 밀, 비료 및 기타 품목의 수출이 장기간 중단될 경우 2022/23년 세계 영양부족인구가 800만~1,300만 명 증가할 수 있다고 추정했다. 구체적으로는 아시아태평양 지역에서 영양부족인구 증가가 가장 두드러지고, 사하라 이남 아프리카와 중동 및 북아프리카 지역이 그 뒤를 이을 것으로 추정했다.

식량위기 상황에서 정책입안자들이 주의할 사항으로는 식량 및 비료 등 투입재에 대한 무역제한, 수출 금지 및 제한, 재고비축, 사재기, 바이오연료 보조 등은 지양하고 취약층에 대한 식량 보조금 제공, WFP 등을 통한 인도적 지원 강화 등을 지향해야 한다.

러시아의 우크라이나 침공은 높은 농산물 가격이 2022년 그리고 2023년까지도 유지될 수 있음을 의미한다. 불행히도, 대부분의 정책 대응은 아무리 좋은 의미가 있어도 단기적인 구제책을 제공할 가능성이 낮고, 세계적인 가격 상승 및 불안정을 악화시킬 수 있다.

가장 단순한 접근법이 최선의 접근법이 될 수 있다. 즉, 왜곡을 제거함으로써 시장이 작동할 수 있도록 허용하고, 사회안전망을 통해, 그리고 가장 필요한 경우 인도적 지원을 통해 가장 취약한 국가와 가구를 지원한다. 현재의 위기는 (특히 전쟁으로 타격을 입은 우크라이나에 대해) 많은 즉각적인 인도주의적 도전과제를 제기하지만, 시간이 지나면서 시장은 결국 보다 정상적인 패턴으로 돌아갈 것이다.

한편, 국가들은 높은 가격 및 위기에 따른 다른 여파에 대응하기 위해 조치를 취함에 있어 다른 국가에 미치는 영향을 악화시키지 않도록 주의해야 한다.

☞ 발췌: FAO한국협회-세계 농수산 동향

## 인도산 밀 수출 금지에 따른 국내 영향 및 대응

언론 보도에 따르면 2022년 5월 13일 인도는 밀 국제가격 상승, 올해 자국 내 이상고온으로 인해 밀 작황 부진이 예상됨에 따라 밀 수출\* 중단을 발표하였다. 인도는 세계 3위 밀 생산국이지만 수출량은 전 세계 수출량의 4% 수준을 차지\*\*(출처: 미국 농무부, '22/'23년 전망)하고 있다.

\* 통상 인도는 밀 생산량 대부분을 자국 내 소비하였으나, 21/22년부터 자국 내 작황 양호, 국제 밀 가격 상승 등으로 수출 증가(주로 동남아시아, 중동, 북아프리카 등)

\*\* 세계 밀 주요 생산국: EU 136.5백만 톤, 중국 135.0백만 톤, 인도 108.5백만 톤

세계 밀 주요 수출국: EU 36백만 톤, 러시아 39백만 톤, 호주 24백만 톤(인도 8.5백만 톤, 세계 8위)

우리나라의 경우 제분용과 사료용으로 연간 334만 톤의 밀을 수입('20년 기준)하고 있는데 제분용은 미국·호주·캐나다에서 전량 수입 중이며, 사료용은 대부분 우크라이나·미국·러시아 등으로부터 수입(입찰 가격에 따라 매년 수입국, 수입 물량이 유동적)하고 있다.

현재 국내 업계는 제분용 밀의 경우 8월 초(계약물량 포함 시 10월 말), 사료용 밀의 경우 10월 초(계약물량 포함 시 '23.1월 말)까지 사용 물량을 보유 중이다.

전 세계 밀 수출에서 인도가 차지하는 비중, 국내 밀 재고 상황 등을 고려할 때 이번 인도의 밀

수출 중단으로 국내 단기적인 수급 영향은 제한적으로 예상되나, 인도의 밀 수출 중단이 장기화될 경우 국제 밀 수급·가격에 미칠 영향을 예의 주시할 필요가 있다.

정부는 국제곡물 시장 불안에 대응하여 국내 영향을 최소화하기 위해 그간 사료·식품업체 원료 구매자금 금리 인하(3월), 사료곡물 대체 원료 할당물량 증량(4월) 등을 조치하였다. 또한 국내 소비자, 자영업자, 축산농가 등 부담을 완화하기 위해 이번 정부 추경안에 밀가루 가격안정 사업, 축산농가 특별사료구매자금, 식품외식 종합자금 확대 등 관련 예산을 편성하였다.

농림축산식품부(장관 정황근)는 앞으로도 업계, 전문가 등과 협력하여 국제곡물 시장에 대한 점검을 지속하면서 단기 대책뿐만 아니라 국내 자급률 제고, 해외 곡물 안정적 공급망 확보 등 중장기 대책도 적극 강구할 계획이다.

☞ 발췌: 농림축산식품부 홈페이지-알림소식-보도자료

## 유엔, 북한 코로나 봉쇄로 식량난 우려 전문가들, 8월부터 상황 악화될 것

유엔 산하 식량농업기구(FAO)와 세계식량계획(WFP)이 북한을 식량 상황 불안정에 관해 면밀히 감시해야 하는 국가로 지목했다. 이들 기구는 6월부터 오는 9월까지 각국의 식량안보 상황을 평가한 ‘긴급 식량 불안정 조기경보 분석 공동보고서’를 공개하고 이같이 밝혔다.

보고서는 북한의 경우 지난 5월 첫 신종 코로나 확진 사례가 확인됐으며, 신종 코로나에 따른 장기간의 국경 봉쇄 조치와 심각한 인도주의적 접근 등 제한 조치로 인해 식량 안보와 영양 상황에 대한 우려가 계속 존재한다고 지적했다.

다만 북한의 이 같은 국경 봉쇄로 식량 불안증 및 영양 데이터 갱신이 불가능해 방법론에 기반한 비교 평가가 허용되지 못했다고 덧붙였다. 그러면서 북한은 미얀마, 베네수엘라 등과 함께 정보 부족으로 기근 경보 국가로 지정되지는 않았다고 설명했다.

전날 세계식량계획(WFP)도 2021년 기근 대응 관련 보고서를 통해 북한의 식량 상황과 관련해 국경 봉쇄 조치를 지적했다. 보고서는 북한의 국경 봉쇄로 마지막 대북 식량 배분 시기가 2021년 3월이었다며, 북한 내 식량 재고가 없는 상황이라고 밝혔다.

농업전문가들도 장기간의 국경 봉쇄에다 신종 코로나 발병까지 겹친 현 상황을 감안하면 오는 8월쯤부터 북한의 식량난이 악화될 것으로 내다봤다.

☞ 발췌: 2022년 6월 9일 VOA 기사 일부 발췌 (<https://www.voakorea.com/>)

01

02

03

04

05

06

07

08

## 도서 소개

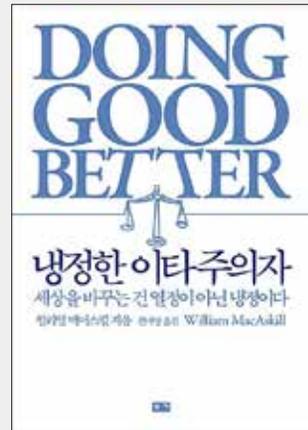
# 냉정한 이타주의자

세상을 바꾸는 건 열정이 아닌 냉정이다

추천자 | 한국농어촌공사 농어촌연구원 이승원

저자 | 윌리엄 맥어스킬

역자 | 전미영



‘상위 1퍼센트’라는 말은 부의 불평등, 양극화를 이야기할 때, 특히 막대한 부를 지닌 부자들에게 의한 부의 편중을 비판하는 때에 쓰이곤 한다. 그런데 당신이 ‘상위 1퍼센트’라면? 연소득이 5만2000달러를 넘는다면 당신은 전 세계 소득분포의 상위 1퍼센트에 해당한다. 이보다 낮은 미국 노동자의 평균소득인 2만8000달러만 되어도 전 세계 상위 5퍼센트에 해당한다. 이러한 소득격차로 인해 같은 금액으로 선진국의 일반인보다 가난한 나라의 극빈층에게 100배 더 많은 편익을 제공할 수 있다면(본문에서는 이를 ‘100배 승수효과’로 제시한다) 당신은 기꺼이 타인을 돕는 일에 참여하고자 하지 않겠는가?

그럼에도 불구하고, 선의와 열정에만 이끌려 실천하는 이타적 행위가 실제로 세상에 득이 되지 않는 경우도 많다. 이 책에서는 아프리카 물부족 국가에 흥미로운 방식으로 식수펌프를 보급하려 했던 ‘플레이펌프스 인터내셔널’의 사례를 들며 기존 개도국 지원 프로젝트의 오류를 지적한다. 그러면서 타인을 돕고자 하는 자원이 가장 효과적이고 효율적으로 쓰이기 위해서는 감정에 좌우되지 않는 냉정한 판단에 따라 그 방식을 선택하며, ‘효율적 이타주의’에 기반한 이러한 행동이 세상을 변화시킬 수 있음을 제시한다.

‘효율적 이타주의’는 어떤 의미일까? ‘효율’은 주어진 자원으로 최대한의 효과를 보는 것을 의미한다. 여기서 말하는 ‘이타주의’는 희생을 필요조건으로 하지 않으며, 타인의 삶을 개선한다라는 의미를 기본으로 한다.

이 책에서 제시하는 ‘효율적 이타주의’는 다음 다섯 개의 핵심질문에 답하는 것으로 실천된다.

1. 얼마나 많은 사람에게, 얼마나 큰 혜택이 돌아가는가?
2. 이것이 최선의 방법인가?
3. 방치되고 있는 분야는 없는가?
4. 그렇게 하지 않았다면 어떻게 됐을까?
5. 성공 가능성은 어느 정도이고 성공했을 때의 효과는 어느 정도인가?

안타깝게도 선한 의도만으로 반드시 좋은 결과를 가져오지는 못한다. 이 책은 남을 돕겠다는 그럴듯한 대의명분과 아름다운 이미지에 현혹되지 말고 ‘효율적 이타주의’ 원칙에 따라 타인을 돕는 자원이 쓰일 수 있는 방식을 효과성과 효율성의 측면에서 냉철하게 따져 선별하고 추진해야 함을 강조한다.



# 세계농업과 물 투고안내

01

02

03

04

05

06

07

## 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)

08

---

## 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. 발식량작물 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.

---

## 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 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 영북지사 차장)

이상현 (충북대학교 교수)

이재남 (한국농어촌공사 농어촌연구원 미래농어촌연구소 주임연구원)

최순균 (농촌진흥청 기후변화생태과 연구사)

윤남규 (농촌진흥청 연구운영과 연구관)