

KCID 한국관개배수 기술정보지

세계 농업과 물

2016년 12월 제58호

Korean National Committee on
Irrigation and Drainage



Water



Environment



Farming



사단
법인 **한국관개배수위원회**
Korean National Committee on Irrigation and Drainage



ICID•CIID

23rd ICID Congress
and 68th IEC Meeting
IRRIGATION & DRAINAGE

OCTOBER 8-14, 2017
MEXICO CITY

23rd INTERNATIONAL CONGRESS ON IRRIGATION AND DRAINAGE
&
68th IEC MEETING

08-14 October 2017,
Mexico City





contents



인사말

- 02 세계 속에 미래가 있다! 이봉훈

국제관개배수사업 현황

- 04 에티오피아 오로미아주 도도타군 댐 및 관개수로 설치사업 소개 윤동균

국제농업협력 및 개발사례

- 15 에티오피아 관개시설 개보수 사업 사후 평가 최진용
25 캄보디아 해외농업자원개발 현황 이은수

관개배수 동향

- 32 SRI의 효과와 과제 최중대

관개배수 논문

- 37 농업용저수지의 홍수조절 영향인자 분석 우재열
47 SWAT 모형을 이용한 기후변화에 따른 지천유역의 유형분석 이지완

세계 관개배수 기술

- 60 ICID Awards(TECHNOLOGY AWARD) 유승환
67 유네스코 등재 세계유산과 관개시설 장태일
75 축만제(祝萬堤) - ICID 관개시설물 유산 김주창

KCID 소식

- 80 KCID 국내외 협력활동 사무국
87 KCID 분과위원회 활동 사무국

ICID 소식

- 91 ICID 본부 활동 사무국
96 2016 WIF2 및 제67차 ICID 집행위원회 주요소식 사무국

국제회의의 소식

- 102 ICID 태국 치앙마이 행사 참관기 이승원
109 2016년 제67차 ICID IEC 및 제2차 WIF를 참가하며 윤푸른

- 114 물 관련 국제회의의 소개 사무국

- 120 관련도서 소개 허승오

- 122 투고안내 사무국

세계 속에 미래가 있다!



이 봉 훈

한국관개배수위원회 회장
국제관개배수위원회 부회장
bhlee00@gmail.com

회원 여러분 안녕하십니까?

어느덧 한해를 마감하는 12월이 어김없이 다가왔습니다. 올 한해는 어느 때보다도 국내외적으로 많은 변화가 있었던 것으로 기억될 것 같습니다. KCID도 역시 많은 변화가 있었습니다.

지난번 소식지에서 말씀드린 것처럼 KCID는 지난 1년간 미래를 향한 개혁에 박차를 가하였고, 이제 그 성과를 나뉘대로 보고 있다고 할 수 있습니다. 우선 KCID의 분과위원회 활동이 대폭 활성화되었습니다. 대부분의 KCID 분과위원장님들은 ICID의 현직 분과위원들로 구성되었고, 이번 태국 치앙마이에서 11.6~11.12일 동안 개최된 ICID 연례회의에 대부분 참석하여 논문발표 및 분과위(Working Group) 참여 등 활발한 활동을 벌였으며, 덕분에 ICID 본부로부터 적극적인 활동에 감사를 표한다는 레터도 받았습니다. 이러한 성과를 바탕으로 이제 KCID는 분과위 활동을 중심으로 하여 보다 발전적이고 진취적인 자세로 세계로 미래로 나아가고자 합니다.

국제관계에서도 KCID는 그동안의 노력이 결실을 맺어 ICID와 친밀한 관계를 갖게 되었고, ICID가 많은 부분을 KCID와 협력하는 상황이 되었습니다. 특히 ICID는 KCID가 추진한 조직의 개혁, 민간기업의 회원화, 개도국에 대한 지속적인 지원 등에 대해 높이 평가하고 정례회의시마다 YP(Young Professional) 참가 지원 등 다양한 요청을 해오고 있으며, 신뢰관계 구축을 바탕으로 KCID는 여건이 허락하는 대로 ICID를 계속 지원하고 있습니다. 이 과정에서 ICID내에서의 KCID의 활동도 활성화되어 지난 11월 초 태국 치앙마이 미팅에서 KCID는 자타가 공인하는 가장 활동적인 NC(National Committee)가 되어 곳곳에서 많은 박수갈채를 받았습니다. 또한 김제 벽골제와 수원 축만제(서호)를 ICID의 관개배수유산으로 등재하여 인증서와 기념패를 받았습니다. 아울러 ICID 부회장인 제가 이번 제67차 집행위원회(IEC)에서 전략기획위원회(PCSO : Permanent Committee on Strategy and Organization)의 chairman으로 지명되어 앞으로 ICID



를 4년간 선도해야 하는 중책을 맡게 되었습니다. 이 모두 KCID 회원들의 성원과 협조가 없이는 어려운 일이었다고 생각합니다.

회원여러분, KCID는 그동안 작은 일부터 하나하나 방향을 새로 설정하고 꾸준히 개혁의 노력을 해왔습니다. 그 결과 예상보다 빨리, 그리고 성공적으로 KCID는 활력을 되찾고 있으며, ICID 본부나 다른 국가위원회(NCs)들로부터도 인정받게 되었습니다.

지난 2014년 ICID 광주 Congress에서 우리의 경험과 역량을 담은 책이 발간되었던 것을 기억하실 것입니다. 「가난에서 번영으로 : From Poverty to Prosperity」라는 제목으로, 영산강 대단위 농업개발 사업을 토대로 우리나라의 70년대 이후 발전상을 실감나게 담아 ICID에서 꽤 유명해지면서 ICID 소속 개발도상국들이 이 책을 보고 한국처럼 빠른 속도로 발전하고 싶다는 열망으로 KCID에도 협조요청을 해 오고 있습니다.

따라서 이제는 우리 KCID 회원들이 역량을 모아 이러한 아시아·아프리카 등지의 개발도상국에 기술지원을 토대로 한 수자원 확보, 관개배수 시스템의 설치·운영, 농지개발 및 식량증산, 지역 역량개발 등 다양한 지원 사업에 나서야 할 시점이라고 봅니다. 이는 또한 우리에게 많은 비즈니스의 기회도 제공할 것이라 믿습니다. 아시아·아프리카의 개발도상국들은 기후변화의 시대에서 식량 증산의 필수적 대안으로 관개·배수에 큰 관심을 갖고 투자해나가고 있습니다. 이와 관련하여 최근 해외 농업개발에 적극적으로 나서고 있는 한국농어촌공사(KRC)와 KCID에 대해 각국이 매우 호의적이고 협조적인 자세로 자국의 농업 공동개발을 원하고 있어 사업개척의 여건이 좋은 상황입니다. 특히 KRC는 유일하게 관개·배수분야와 농촌개발 분야를 함께 아우르며 많은 전문가들을 보유하고 있는 기관으로서 해외에서 대규모 농업 PPP사업을 하기에 꼭 맞는 구조를 가지고 있습니다. 지난 50년간 한국의 경제발전의 한 축이었던 농업개발을 사실상 주도해왔고 개발도상국들도 이를 잘 알고 있어서 해외사업을 형성해나가는 과정에서 KRC 해외담당자들이 큰 자부심을 느낄 정도로 KRC는 해외에서 높이 평가받고 있습니다. 이러한 상황에 힘입어 PPP프로젝트 등 새로운 대규모 해외사업 개척에 서둘러야 할 시점이라 생각됩니다.

세상은 빠른 속도로 발전하고 있고, 그 흐름에서 뒤처지면 살아남기 힘든 상황이 되었습니다. 최근 국내의 생산기반 정비분야는 신규 사업 착공이 계속 줄어들고 있으며 KRC의 설계·감리분야의 민영화 요구도 증대되고 있습니다. 이러한 여러 주변여건을 고려해 볼 때 우리의 관개배수·농촌개발 분야도 경험과 기술을 겸비한 KRC 전문가가 국내뿐만 아니라 해외에 진출하여 경쟁을 통해 발전하고 존속해나가는 새로운 길을 모색해야 할 때라고 생각합니다.

마침 KCID와 ICID가 긴밀한 협조관계를 유지하고 있는 여건에 힘입어, ICID를 해외 교류의 플랫폼으로 삼아 KCID와 KRC가 함께 해외사업 개척의 고삐를 늦추지 말아야 할 것입니다. 세계속에 우리의 미래가 있습니다.

감사합니다.



에티오피아 오로미아주 도도타군 댐 및 관개수로 설치사업 소개

Dodota Dam and Irrigation Facilities
Construction Project, Arsi Zone, Ethiopia



윤 동 군

KRC 도도타PMC 운영단장



도 영 아

KOICA Ethiopia Country Director

1. 서론

본 내용은 에티오피아 오로미아주 도도타군 지역 1,100ha에 농업용수를 공급하기 위해 댐(Weir) 및 관개수 설치 사업에 대하여 소개하려 한다. 에티오피아는 인구 약9,000만명 중 85%가 농촌지역에 거주하고 있다. 농업생산은 국가 총 생산액의 50.7%를 차지할 만큼 중요한 사업으로, 에티오피아경제개발계획(GTP, Growth & Transformation)의 7대 중점 개발전략분야에 포함 될 만큼 중요한 부분을 차지하고 있다. 본 사업은 한국국제협력단(KOICA, Korea International Cooperation Agency)에서 시행하는 원조사업으로서 총 15.9M USD를 본 사업에 투입할 계획이며, 본격적인 사업은 2015년 1월부터 현지조사, 기본계획, 세부설계를 시행하여 2015년 12월에 완료하였고 현재 2017년 2월 공사착공을 위한 입찰단계에 있다. 본 사업의 총 공사기간은 2017년 1월부터 2020년 4월까지 총 38개월로 계획되어 있으며, 본 사업이 완료될 시 관개지역 1,100ha 농민 뿐 아니라 인근지역 식량확보 및 빈곤완화에 크게 기여할 것으로 기대된다.

2. 에티오피아 사회적 경제적 현황

가. 위치 및 면적

에티오피아(Ethiopia)는 아프리카 동부에 위치한 내륙국으로서 동쪽으로는 지부티(Djibouti)와 소말리아(Somalia), 남쪽에는 케냐(Kenya), 서쪽으로는 수단(Sudan)과 국경을 접하고 있으며 수도는 아디스 아바바(Addis Ababa)로 해발 2,400m에 위치하고 있다.

총면적은 1억ha이며 면적의 구성비는 농업용지 35%, 산림지 13%, 기타 36%이고, 이용가능 농업용지는 전체 농업용지의 45%인 15,687천ha이다. 이 중 관개농업 용지는 이용가능 농업용지의 0.5%에 불과한 실정이다.

표 1. 에티오피아 면적 현황

(단위 : ha, %)

구분	면적	구성비
○총면적(total land area)	100,000,000	100
○농업용지 (Agricultural land area)	35,077,000	35
○이용가능 농업용지 (Arable agricultural land area)	15,686,940	16
○관개농업용지 (Irrigated land)	73,728	—
○산림지(Forest area)	12,700,000	13
○기타(others)	36,462,332	36

※ 자료 : 2014 에티오피아 통계청

나. 경제현황

에티오피아의 2014년 국민 총 생산액은 476억 USD 이며 산업별 구성비는 농업 47.7%, 서비스업 41.9%, 공업 10.4% 으로서 농업부분이 전체 생산액의 절반을 차지하고 있다. 또한 2010년부터 2014년 기간 중 연평균 경제 성장률은 11%와 수출증가율 9.7%로 높은 성장세를 보이고 있다.

국제교역의 수입액은 2014년 한해 121억 USD 이고 주요 수입품목은 식품, 가축, 석유, 석유제품, 화학제품, 자동차, 곡물, 직물, 등이며 수입 대상국은 중국, 사우디아라비아, 인도, 미국, 순이다. 수출액은 2014년 41억 USD 이고 주요 수출품목은 커피, 금, 가축제품, 가축, 기름종자(Oil Seed)이며 수입 대상국은 중국, 사우디아라비아, 독일, 미국, 벨기에, 순이다.

표 2. 에티오피아 수출입 현황

구분	수입(Import)	수출(Export)
금 액	2014 년 = 121억 USD 2013 년 = 112억 USD	2014 년 = 41억 USD 2013 년 = 35억 USD
품 목	식품, 가축, 석유, 석유제품, 화학제품, 자동차, 곡물, 직물	커피, 금, 가축제품, 가축, 기름종자
대상국	중국(15.3%), 사우디(8.3%), 인도(7.2%), 미국(5.6%)	중국(13.0%), 사우디(8.3%), 독일(8.3%), 미국(8.1%), 벨기에(7.5%)

※ 자료: Ministry of finance and economic development of Ethiopia

다. 농업현황

에티오피아의 주요작물 재배면적은 곡류 및 두류가 전체 재배 면적의 각각 72.1% 와 12.9% 로 대부분을 차지하고 유료작물과 채소가 각각 6.0%와 1.2%를 점유하고 있으며, 특히 커피와 사탕수수 생산이 증가하는 추세이다. 곡류 중 가장 많이 재배하는 작물은 에티오피아의 주식품인 인젤라 재료로 쓰이는 테프(Teff)이며, 다음으로 보리, 밀, 옥수수, 수수의 순으로 재배되고 있다.

두류는 강낭콩과 잠두 종류가 주로 재배되며, 유료작물은 참깨, 땅콩, 해바라기 등이 재배되고 있다. 채소류는 붉은고추, 토마토, 양파, 양배추 등이 재배되며 근채류는 감자, 고구마 등이 주종을 이루며 과수는 아보카도, 망고가 재배되고 있다.

특히 에티오피아의 세계적 수출품인 커피 재배면적은 54만ha에 이른다.

표 3. 작물별 재배현황

작 물 명	경작면적 (ha)	%	생산량(톤)	면적 1위작목
곡 류	9,848,746	72.1	21,583,523	테프(Teff)
두 류	1,742,602	12.9	2,858,881	강낭콩
유 료 작 물	816,125	6.0	711,259	참깨
커피	538,467	3.9	392,006	
차 트(chat)	222,078	1.6	245,063	기호식품
근 채 작 물	209,880	1.5	4,160,873	감자
채 소	161,488	1.2	722,894	붉은고추
과 수	71,507	0.5	499,184	아보카도, 망고
사 탕 수 수	29,103	0.2	1,403,444	
호 프(Hops)	24,727	0.1	30,588	
계	13,664,723	100.0		

※ 자료 : 2014 에티오피아 통계청

3. 도도타 댐 및 관개수로 설치사업 소개

가. 사업의 목적 및 필요성

본 사업은 에티오피아 오로미아주정부 관개청(OIDA, Oromia Irrigation Development Authority)에서 건기에는 강수량이 거의 없는 Awash강 지류 Keleta강에 Dodota 댐을 건설하여 1,100ha 농경지에 사계절 고소득 작물을 재배하도록 2011년 11월에 KOICA에 요청해온 것을 시작으로 본격적으로 추진되었다. Awash강 지류인 Keleta 강에 댐을 건설하고 관개망을 구축하여 Dodota 지역 농경지에 급수하여 550가구 약 2,800명에게 연

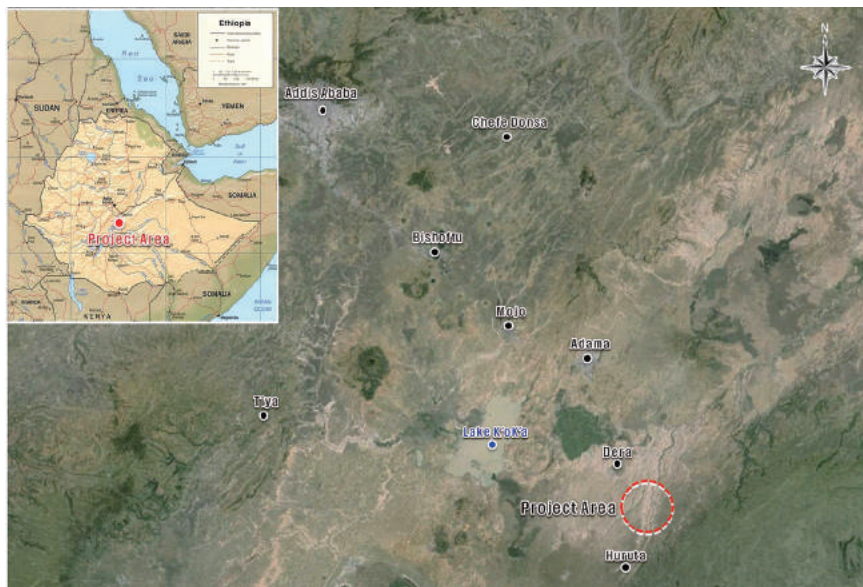


그림 1. 사업대상지 위치

중 관개용수를 공급하여 소득이 높은 경제작물을 연중 2모작 재배를 기대하고 있다.

Dodota 지역 농경지 1,100ha에서 개발 전 우기에만 옥수수, 밀, 보리 테프 등 주로 곡물을 생산하였으나, 개발 후 건기에 토마토, 감자, 양파, 배추 및 옥수수를 추가로 생산하여 소득증대를 기대할 수 있다. 주민들은 옥수수, 밀, 테프 등 식량 작물 재배로 식량부족 문제해결은 물론 토마토, 양파, 양배추 등 현금작물을 재배함으로써 농가소득을 높일 수 있어 천형처럼 대대로 이어져 오는 굶주림과 가난에서 벗어날 수 있는 좋은 기회로 생각하고 있다.

따라서 수원공 건설을 통하여 깨끗하고 안정적인 농업용수, 생활용수 문제를 근본적으로 해결하고, 수자원 균등분배를 통한 빈부격차 해소가 가능할 것으로 예상된다. 또한 선진화된 수자원 운영관리 기술을 전수함으로써 에티오피아의 지속 가능한 경제사회발전에 기여하고자 한다.

사업대상지는 아디스아바바에서 동남쪽으로

135km 떨어진 오로미아주 Arsi Zone 내 Huruta와 Dera 지역 일원이다.

나. 사업대상지 위치 및 특성

본 사업지구는 오로미아(Oromia)주 아르시존(Arsi zone) 도도타(Dodota)군 데라(Dera)읍 디랙킬투(Dire Kiltu)리 와 딜페카(Dilfeker)리에 위치하며 디랙킬투 리에는 바탈리(Battlee), 쿠오보(Qobboo), 미르(Miree), 바리오(Bario), 등 4개의 자연부락과 딜페카 리에는 하로레스사(Haroresa), 홀루코(Huluko), 등 2개의 자연부락이 수혜대상 마을이다.

관개대상지역은 해발 1,600~1,660m 완만한 구릉지 지역이며 연 평균 강우량이 700~800mm 인 건조 지역으로, 관개시설이 전무하여 건기에는 영농이 불가능한 지역으로 조사되었다. 또한, 본 사업의 수혜지역인 켈레타강의 위치가 관개지역보다 낮아 하천수를 농업용수로 이용하지 못하고 있는 지역이다.

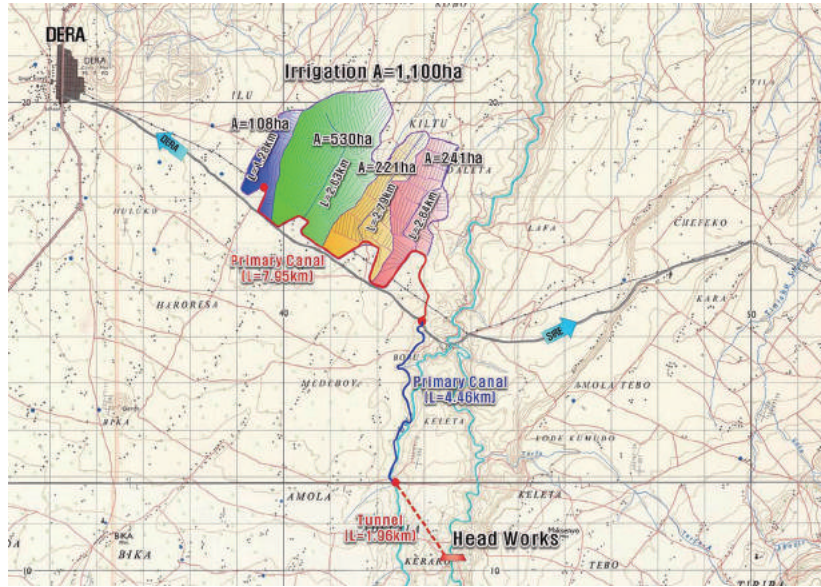


그림 2. 사업지구 위치 및 관개지역

따라서 후루타(Hurut) 면에 있는 켈레타 강에 상류에 댐을 설치하여 도도타 지역 일원 1,100ha에 가뭄해갈 및 농업생산성을 향상할 계획이다.

다. 사업대상지 기후

사업지구 기상자료 분석을 위한 사업대상지에서 약 20km 떨어진 Melkass 기상관측소 자료를 이용하여 홍수량 및 필요수량 산정을 하였다. 사업대상지역은 해발이 높은 지대에 대부분 위치하고 있어 연간 평균 일 최고 기온은 29℃이며, 최저 기온은 13.7℃ 로 다른 지역에 비해 대체적으로 낮은 편에 속한다.

10년 평균 연간 강우량은 920mm이며 대우기 계절인 6, 7, 8, 9월 에 637mm의 집중강우로서 전체 강우량의 70%을 차지하는 반면 건기 계절인 10, 11, 12, 1, 2월의 강우량은 105mm로 극히 적은 강우량을 기록하고 있다. 또한 소우기 계절인 3, 4, 5월은 178mm의 강우량 을 보이고 있다.

또한 강우 일수는 10년 평균(2004~2013) 연간

93일이고 대우기 계절인 6, 7, 8, 9월은 60일로서 전체 강우 일수의 64.5%이며 건기 계절인 10, 11, 12, 1, 2월은 13일로 전체 강우 일수의 14%를 나타내고 있다.

표 4. 기상현황

일최고 기온	일최저 기온	강우량	강우 일수	일조 시간	풍속
29.0 °C	13.7 °C	920 mm	93 일	8.3 시간	2.5/ sec

※ 자료 : 오로미아주 Melkass 기상관측소(2004~2013)

일조 시간은 10년 평균 일일 8.3시간이며 건기 계절인 10, 11, 12, 1, 2월의 일조 시간은 일일 9.4시간으로서 연평균 일조 시간보다 일일 1.1시간 길며, 대우기 계절인 6, 7, 8, 9월보다 일일 2.2시간 길게 나타났다. 또한 우기 계절의 일조 시간은 일일 7.7시간으로서 건기 계절의 일조 시간보다 1.7시간 적은 것으로 나타났으며, 34년 평균 일조 시간은 10년 평균 일조 시간과 동일시 한 것으로 분석되었다. 풍속은 연평균 2.5/sec로서 건기 계절

이 2.8/sec 풍속으로 다소 높고 소우기 계절인 4, 5월은 각각 2.4/sec, 2.3/sec로 낮은 것으로 분석되었다.

표 5. 일조시간 및 풍속

(단위 : 시간, m/sec)

구 분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	평균
일조시간	9.1	9.4	8.9	8.2	8.5	8.1	6.6	6.6	7.4	8.9	9.5	9.3	8.3
풍 속	2.6	2.8	2.6	2.4	2.3	2.8	2.7	2.4	1.8	2.4	2.8	2.8	2.5

※ 자료:오로미아주 Melkass 기상관측소(2004~2013)

라. 댐 설계를 위한 대안검토

본 계획에서는 도도타(Dodota)군 데라(Dera)읍 디랙킬투(Dire Kiltu) 지역의 농업용수 공급을 위해 신규 수자원 개발방안을 검토하였으며, 현지 지형여건상 유역변경이나 지하수개발 등의 방법 보다는 용수공급지역 상류에 위치한 Keleta 강에서 신규 댐을 개발하는 것이 실현가능한 대안으로 검토되었다.

댐 위치는 수자원개발 목적과의 부합여부, 지형 및 지질을 포함한 댐 입지여건, 시공상의 예상문

제점, 지역경제와의 연관성, 수물현황, 장래 개발 가능성, 자연환경과의 조화 및 보존 등 제반여건을 종합적으로 고려하여 검토하였다.

BDS지점은 댐 설치 예정지는 댐을 설치하기 최적의 자리로 판단되었으나, 터널길이 증대(L=2.0 km 이상), 시공성, 공사비가 예상되어 2개 대안 지점을 추가로 선정하여 조사하였다. 대안 1지점은 BDS 댐 설치 예정지에서 2.1km 하류 지점에 위치하고, 대안 2지점은 대안 1지점에서 0.8km 하류 지점에 설치하는 것으로 확정하여 조사에 착수하였으며, 최종 시공성, 안정성 등을 고려하여 대안 2지점에 댐을 설치하는 것으로 확정하였다.

댐 설치지점은 리프트밸리 지역에 해당되는 지역임에 따라 현전문가 및 기존 설계자료 등을 사전 검토 하였으며, 최종 3개의 댐 지점에 대하여 드릴링 조사, 수직전기탐사(Vertical Electric Sounding, VES), 지표지질조사 결과를 바탕으로 한국국제협력단 및 OIDA 정부 협의를 통해 확정 하고 설계에 착수하였다.



그림 3. 댐 대안지점 현황

표 6. 댐 설치 대안검토

구분	BDS 댐지점	대안 1지점	대안 2지점
장점	• 홍수시 수문학적 안정성 확보 – 전면 월류식으로 계획가능 • 관계면적 및 저수량 확보 유리 – 상류에 위치함에 따라 용수공급 용이 • 대용량 유효저수량 확보 가능	• 관계지역 및 유효저수량 확보 가능 – 상류에 위치함에 따라 용수공급 용이 • 협곡지대로서 소규모댐 설치 적합 – 댐 제당 길이가 짧아져 공사비 절감	• 홍수시 수문학적 안정성 확보 • 댐 접근성 용이 • BDS에 비해 도수터널 길이가 감소 • 전면가물막이 시공으로 시공성 용이 • 충분한 작업공간 확보 • 안전성 및 시공성, 유지관리측면 유리 • 퇴사량 준설이 가능 • 기초처리 공사비 절감
단점	• 공사비 과다 소요 – 도수터널 공사비 증가 • 콘크리트 품질관리 어려움 – 현지여건상 대용량 타설 어려움 • 지반조건의 안정성 확보가 어려움 • 현지시공에 대한 난이도 증가 예상 • 진입도로 및 시공공간 확보 미흡	• 공사비 과다 소요 – 기초처리, 복통, 가제당, 취수탑 등 • 누수에 위험성 증가 – 절리, 복합지질, 하상자갈, 동굴발생 • 구조에 대한 지질조건이 좋지 않음 • 여·방수로 공사비 증가 – 지형조건에 따라 구조안정성 미흡 • 터널 및 보강공사비 증가 • 지역여건상 공사기간 증가 예상(건우기)	• 관계면적 및 저수량 감소 • 좌안 지반 보호공 설치 필요 • 저수위가 낮아짐에 따른 평야부 구조물 공사비 증가
기초 여건	• 육안관측결과 기초여건 보통	• 지반조사 결과 기초 여건이 매우 불량 • 취수탑예정지 동공 발견	• 육안 및 드릴링조사결과 다른 대안 지점 대비 지반조건 양호



2015.09.10 댐 대안검토회



2015.11.09 기본계획보고회



2015.12.17 최종보고회

마. 수원공(콘크리트 댐, 취입보) 규모결정

최종 선정된 댐 지점에 대하여 1,100ha 농업용수 공급을 위해 기상자료, 내용적, 작물계수, 작부체계 등을 고려한 물수지 분석결과 총저수량은 380만 m^3 에 해당하고 댐 높이는 $H=17.0m$, $L=92.0m$ 에 해당하는 것으로 분석되었다. 댐 형식은 콘크리트댐, 락필댐 등을 설치할 시 계획하여 공사비 산정결과 당초 계획된 12.0M USD를 초과하는 것으로 분석되어 한국국제협력단 및 OIDA정부 보고회를 통해 최종 $H=5.0m$ (퇴사량 4.0m, 담수심

1.0m), $L=87.0m$ 의 보(Wier)를 설치하는 것으로 확정되었다.

취입보 최적 적정규모산정은 켈레타강의 기준갈수량, 환경용수와 FAO기준에 따라 24시간 관개, 80% 이수안전율 등을 적용하여 분석한 결과 관개 가능면적은 420ha를 관개하는 것으로 분석되었으며, 나머지 680ha는 Night Storage 및 관정을 이용하여 관개하는 것으로 보고회 및 설계검토를 통해 결정되었다.

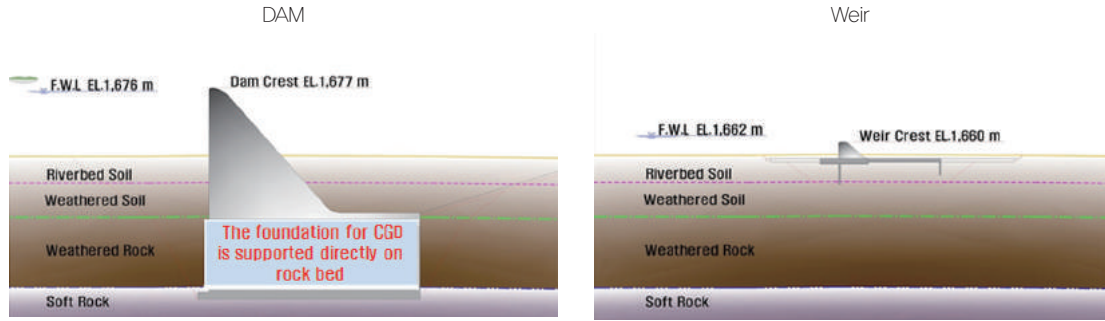


그림 4. 수원공 규모결정

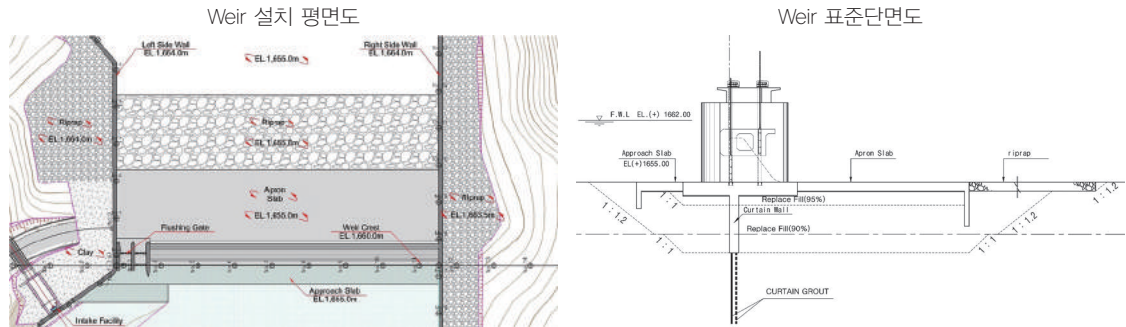


그림 5. Weir 설치 계획도

표 7. Dodota Weir 최적개발규모 검토결과

Classification	Unit	Command Area(ha)		
		410	420	430
• River		Keleta river		
• Catchment Area	km ²	717.5		
• Annual Inflow	Mm ³ /yr	158.56		
• Reservoir				
– Flood Water Level	EL,m	1,662	1,662	1,662
– High Water Level	EL,m	1,660	1,660	1,660
– Low Water Level	EL,m	1,659	1,659	1,659
– Total Storage	Mm ³	0.13	0.13	0.13
– Effective Storage	Mm ³	0.05	0.05	0.05
• Weir				
– Weir Crest	EL,m	1,660	1,660	1,660
– Weir Height	m	5	5	5
– Weir Length	m	87.0	87.0	87.0
• Annual Water Supply	Mm ³ /yr	7.90	7.95	8.01
– Irrigation Water	Mm ³ /yr	2.07	2.12	2.18
– Domestic Water	Mm ³ /yr	0.11	0.11	0.11
– Livestock Water	Mm ³ /yr	0.04	0.04	0.04
– Ecological Reserve	Mm ³ /yr	5.68	5.68	5.68
• Utilization of Resources	%	5.0%	5.0%	5.0%
• Reliability for Water Supply	%	80.0%	80.0%	77.5%
• Command Area	ha	410	420	430
• Adoption			◎	

바. 용수로 설계내용

관개수로는 도수터널 유출구를 기점으로 Boru River를 횡단하여, 용수간선(Primary Canal), 용수지선(Secondary Canal), 용수지거(Tertiary Canal)로 구분하였으며, Box 압거, 분수공, 수로교, Night Storage, Farm Pond 등 수리시설물을 추가적으로 계획하였다.

수혜구역은 총 1,100ha로 현장조사를 통해 용수지선별 4개 구역으로 분할하였다. 또한 각 지선별 수혜지구에 대해 용수지거를 계획하여 관개용수를 공급하는 계획을 수립하였다.

용수로 노선의 평면계획은 현장조사와 위성지도를 통해 현장 지형여건, 기존 주거지 및 지장물, 마을 도로 현황 등을 고려하여 수립하였고, 특히 계곡부의 용수간선 노선은 Boru River 100년 빈도 홍수시 계획홍수위를 검토하여 계획홍수량이 침범하지 않도록 일정 구간 Boru 강으로부터 이격하여 용수간선 노선을 수립하였다.

각 노선의 종단계획은 측량성과를 바탕으로 굴착과 성토 최소화 및 표준 경사를 고려하여 수립한 바, 목표 수혜면적 1,100ha에 대하여 용수간선 L=12,405m, 용수지선(4개조) L=9,525m, 용수지거(41조) L=22,625m로 확정되었다. 용수간선은 과업대상지의 지형여건을 고려하여 계곡부에

위치한 용수간선과 평야부에 위치한 용수간선으로 구분하였다.

용수간선 및 지선의 종단계획은 1/1,500~1/2,000을 기준으로 현장 지형여건에 따라 경사의 완급을 조정하였으며, 사업지구 관개용수 수요량은 FAO의 Penman Method 식을 적용하여 시행 후 작부 체계에 따른 용수로의 단위 용수량을 산정하였다.

표 8. 용수로 설치계획

용 수 로		개수	연장(m)	비 고
간 선	도수 구간	1	4,455	계곡구간
	수혜 구간	1	7,950	평야구간
	계	1	12,405	
지 선	1호 지선	1	2,835	
	2호 지선	1	2,785	
	3호 지선	1	2,630	
	4호 지선	1	1,275	
	계	4	9,525	
지 거	1호 지거	10	5,578	
	2호 지거	13	4,578	
	3호 지거	11	9,961	
	4호 지거	7	2,508	
	계	41	22,625	
소 계		46	44,555	
토공수로		268	95,869	Water User Association
합 계		192	140,424	

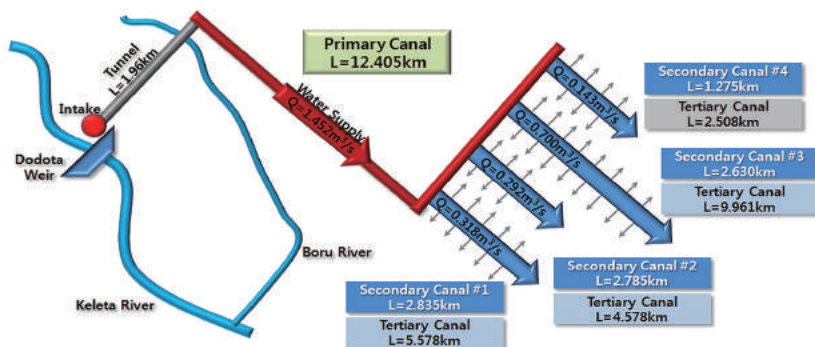


그림 6. 간·지선별 용수체계도

사. Night Storage

Night Storage는 상류 취입 관개용수 공급이 충분하지 못하여도 저류된 수자원을 활용하여 추가 용수공급을 위해 계획이고, 야간에 공급되는 용수를 밤에 저류하여 낮에 활용하는 것으로 계획하였다.

본 계획은 Dodota보 설치 시, 1일 24시간 관개에 의한 수혜대상 면적 420ha에 추가적으로 수혜대상구역의 확대를 위한 방안이며, 에티오피아에 기존 설치 사례를 바탕으로 반영하게 되었으며, 본 시설은 수리조합(WUA)의 철저한 물관리를 전제로 추진할 계획이다.

Night Storage는 건기 낮 12시간만 발작물에 관개하고, 밤 12시간 동안의 유입수를 Night

Storage에 저류하여 낮 12시간 동안 추가 관개 면적 420ha(이수안전도 80%) 및 260ha(이수안전도 72.5%)에 용수를 공급 계획이며, Night Storage의 용량은 최대용수필요량(작부체계에 따라 2월의 $0.46\text{m}^3/\text{sec}$)에 준해 산정하였다.

Night Storage의 규모는 추가 관개면적 680ha의 용수지선별 각 수혜구역에 추가적으로 필요한 관개용수를 저류할 수 있도록 규모를 산정하였으며, 수심 1.0m를 기준으로 각 수혜구역별 Night Storage 설치를 계획하며, 바닥은 용수의 손실을 방지하기 위해 불투수층을 설치하여 저류효과를 높이도록 계획하였다. 또한, 각 용수지선의 종점부에 소류지(Farm Pond, B=20.0m, L=20.0m, H=1.0m)를 계획하여, 관개 후 남는 잉여 용수를 효과적으로 이용할 수 있도록 추가 계획하였다.

표 9. Night Storage 용량

구 간	제1용수지선	제2용수지선	제3용수지선	제4용수지선	계
설치개소수	1	1	1	1	4
B×L×H(m)	75.0×75.0×2.0	60.0×60.0×2.0	120.0×120.0×2.0	40.0×40×2.0	
관개면적(ha)	148.0	97.0	395.0	40.0	680.0
저류용량(m^3)	5,367.0	3,498.0	14,307.0	1,452.0	24,624.0

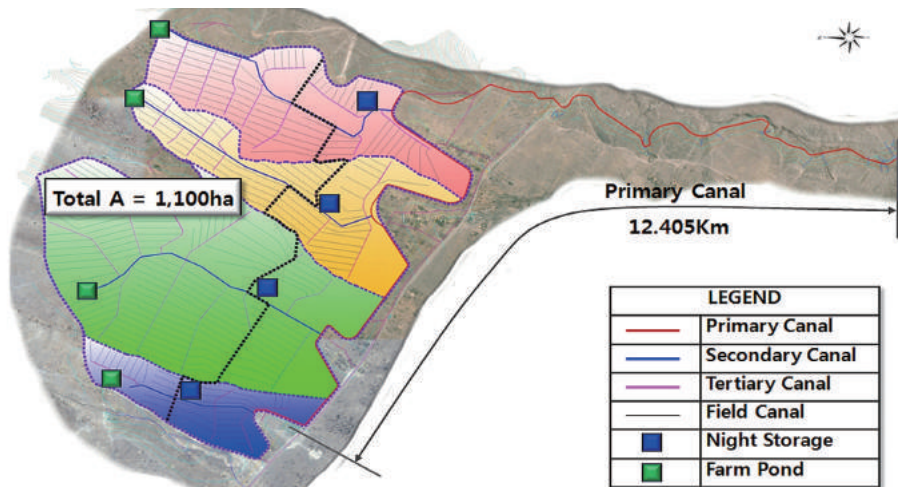


그림 7. Night Storage, Farm Pond 설치 계획도

4. 사업효과 분석

농업부문투자사업의 효과는 사업시행으로 인해 직접적으로 발생하는 직접효과(농업편익)와 부수적으로 발생하는 간접효과(비농업편익)로 구분되며 이러한 사업효과는 사업시행 전·후의 효과를 비교분석하여 추정된다. 사업시행으로 인한 직접효과로는 관개시설 보수와 신규 설치에 인한 재배면적 증가효과, 적기 용수공급과 침수피해 감소 인한 단위면적 당 생산량 증가, 관개시설 정비로 인한 생산비 절감효과 등이 있다.

시행 후 작부체계는 토마토, 양파 중심의 채소류와 근채류 재배면적이 크게 증가할 것으로 예상되며, 생산량도 크게 증가할 것으로 예상된다. 농

업편익에는 이러한 재배면적증가와 생산량 증가에 대하여 시행전·후를 비교하여 농업편익으로 산정한 결과 시행 전·후 재배면적은 1,100ha에서 2,200ha로 증가하고, 시행전 ha당 1.7톤에서 10.4톤으로 크게 증가할 것으로 추정되었다. 그 이유는 건기에 재배가 불가능했던 채소류 면적이 크게 증가하기 때문이다.

사업시행으로 인한 경제지수를 분석한 결과 재배면적의 증가와 생산량 증가는 농가경제수지의 증가로 인해 사업시행 전 ha당 순수익은 관정 포함 시 662달러에서 4,239달러로 약 540% 증가할 것으로 추정되었다.

표 10. 시행 전·후 작부체계 및 생산량

(단위 : ha, M/T)

작물명(Crop)	시행전(Without)			시행후(With)		
	면적	단위수확량	생산량	면적	단위수확량	생산량
· 우기계절(Rain Season)						
– 테프(Teff)	308	1.50	462	330	1.7	561
– 보리(Barley)	143	1.89	270	176	2.1	370
– 밀(Wheat)	363	1.79	650	352	1.9	669
– 옥수수(Maize)	132	1.63	215	209	3.7	773
– 강낭콩(Haricot bean)	154	1.70	262	33	1.9	63
소계(sub-total)	1,100	1.69	1,859	1,100	2.2	2,436
· 건기계절(Dry Season)						
– 토마토(Tomato)	1	7.6	7.6	220	30.0	6,600
– 양파(Onion)	2	9.3	18.6	275	23.3	6,408
– 배추(Head cabbage)	–	–	–	110	17.4	1,914
– 강낭콩(Haricot bean)	–	–	–	110	2.2	242
– 감자(Potato)	–	–	–	220	20.2	4,444
– 옥수수(Maize)	–	–	–	165	5.1	842
– 고추(Green pepper)	1	8.0	8.0	–	–	–
소계(Sub-total)	4	8.55	34.2	1,100	18.6	20,450
합 계(Total)	1,104	1.71	1,894	2,200	10.4	22,886

자료: 사업지구 농업조사 보고서('15년 6월)

표 11. 시행 전·후 ha당 농가경제수지

(단위 : USD/ha,%)

구 분		수 익	생 산 비	순 수 익
관정	시행전(A)	1,142	481	662
	시행후(B)	5,312	1,073	4,239
	증 감 율	365	123	540
관정 제외	시행전(A)	1,142	481	661
	시행후(B)	3,044	694	2,350
	증 감 율	166	44	255

5. 결론

KOICA는 에티오피아국가 전략방향(CPS)에서 말하듯이 지속가능한 농촌개발을 통한 농업생산성을 향상시켜 에티오피아의 삶의 질을 향상시키는 정책을 우선적으로 추진하고 있다.

KOICA의 본 사업에 대한 목표는 관개용 댐과 관개수로의 건설을 통한 장래 물 부족과 이상가뭄에 대비하여 추가 수자원을 확보하고 안정적인 용수를 공급하는 것으로, 지역주민들에게 소득증대의 효과 뿐 아니라 한국의 대 에티오피아 지원에 대해 지역주민들이 직접 체험함으로써 한국의 위상 제고 효과를 가질 수 있어 중점적으로 추진하고 있는 사업이다.

본 사업에 대한 관개청(OIDA, Oromia Irrigation Development Authority)에서도 당초 공사금액이 12.0M USD 였으나 설계금액이 15.0M USD로

3.0M USD 초과하는 것으로 산정되었다. 그러나 OIDA에서 예산 초과분에 대하여 정부예산을 투입하여 시공 추진을 요청하는 등 본 사업에 대한 정부의 기대와 개발의지가 높은 지역이기도 하다.

사업 대상지역은 수원공 및 관개수로 시설이 절대적으로 필요한 지구이나 관개시설이 전무하여 우기에 내리는 강우를 이용하는 천수 경작을 하고 있으므로 농업생산성이 극히 낮은 지역이며, 해마다 약간의 가뭄에도 한발피해를 면치 못해 영농에 지장을 초래하고 있는 실정이다. 본 지구는 연중 내리는 강우량이 연중 700~800mm로 작물재배와 가축사육에 용수가 부족하여 생산활동에 지장을 주고 있는 지역이고, 지형적으로 Keleta강이 마을 주변으로 흐르고 있지만 하상이 낮아 농업용수로 활용하지 못하고 있어 건기에도 흐르는 강물을 저류하기 위한 댐의 건설과 관개수로 설치가 필수적인 지역이다.

본 사업은 농업용수를 확보에 따른 물 부족을 예방하는 효과가 크고, 건기에 1,100ha 뿐 아니라 우기에는 급수 가능한 관개면적이 증가 할 것으로 예상됨에 따라 사업 효과 또한 점차 증가할 것으로 기대된다.

본 사업을 통한 농업용수 공급에 따른 도도타지역의 농업 생산량 증대 및 식량확보는 물론 빈곤완화에 기여할 수 있도록 최선을 다할 것이다.

도도타 PMC용역과 관련하여 적극적으로 지원해주신 한국국제협력단 사업담당자 그리고 본 사업에 참여한 ㈜유신, (주)건화 전문가 분들에게 깊이 감사드립니다.

에티오피아 관개시설 개보수 사업 사후 평가

최 진 용

서울대학교 조경·지역시스템공학부 교수

김 용 택

농어촌환경기술연구소

이 순 열·박 준 영·하 예 은

글로벌발전연구원

1. 개요

우리나라의 국제개발협력에서 농업이 차지하는 비중은 상당히 높고 그 중 관개사업은 항상 그 필요성이 인정되는 협력 분야 중 하나이다. 이는 전 세계적으로 약 17%의 관개농업 면적이 40%의 식량을 생산할 정도로 식량공급 측면에서 관개농업이 차지하는 비중은 매우 크며, 전 세계 용수의 70%를 농업이 사용하고 있지만 지금까지도 개발도상국의 농업 생산성 문제는 기본적으로 용수시설의 미비에 따라 농산물 생산이 적정선에 미치지 못하고 있으며 가뭄에 매우 취약한 구조를 가지고 있기 때문에 판단된다.

에티오피아는 한국전쟁의 참전국으로 우리나라와는 우방의 관계를 유지하고 있으나 아직까지 최빈국에서 벗어나지 못하고 있는 실정이며, 이에 한국의 국제개발협력이 여러 방면에서 진행되고 있는 대상국가이다.

에티오피아의 경제구조에서 농업부문이 차지하고 있는 비중이 높고 경제의 중심축을 차지하고 있으며 농업발전 잠재력을 지니고 있지만 관개면적이 적어 에티오피아 농업부에서는 국가성장발전정책으로 소규모관개시설 확충을 주요 과제로 삼고 있다.

본 내용은 농림축산식품부 국제농업협력사업의 일환으로 농어촌공사가 에티오피아 하라리주 도도타, 꼰야, 쉐리프하라위 지역에 2011.12~2014.08 기간 동안 실시한 에티오피아 관개시설 개보수 사업에 대한 사후평가이다. 이는 에티오피아 정부가 추진하고 있는 소규모관개사업의 일환으로 추진된 사업을 사후에 그 영향을 평가한다는 데 의의가 있다.

본 평가는 사업종료 이후 약 2년이 지난 현재 시점에서 사업의 농업용수 사업의 중단기 성과 및 파급효과, 사후관리 현황에 대한 연구와 성공요인 및 실패요인의 분석을 실시하여 이를 바탕으로 향후 유사사업 추진 시 제언도출을 도출하고자 진행되었다.

이에 본고는 저자가 참여하여 (재)글로벌발전연구원, (사)농어촌환경기술연구소와 함께 진행한 에티오피아 관개시설 개보수 사업 사후 평가 결과를 바탕으로 작성되었으며, 사업의 소개와 평가 방향 및 기준, 과정 평가 결과, 성과 평가 결과 그리고 제언 등으로 구성되어 있다. 향후 국제협력분야에서 소규모 관개시설 사업을 기획하고 수행함에 있어서 참고가 되기를 바란다.

표 1. 평가대상 사업 개요

구분	내용	
사업명	에티오피아 관개시설 개보수 사업	
사업목적	농업생산성 증대를 위한 관개시설 개보수 및 영농기술 전수	
사업비	2,266백만원	
사업기간	2011.12.12.~2014.08.30. (20개월)	
대상지역	하라리 주 곤야, 도도타, 쉐리프하라위 3개 지구	
수원국 담당부처	농업부(MOA) 및 하라리농업국(BOA)	
사업수행자	(주) 한국종합기술	
사업내용	한국농어촌공사	
	시설구축	· 관개시설 (곤야) 보1개소, 수로4.2km, 도로3.5km, 팜폰드 2개소 (도도타) 보1개소, 집수정 1개소, 소규모 양수장 1개소, 수로2.5km, 도로0.5km, 팜폰드 2개소 (쉐리프하라위) 보1개소, 수로3.3km, 도로0.5km, 팜폰드 2개소 · 시범포 조성 및 운영(3ha, 육묘장 포함) · 저장창고(240㎡, 저장용량 100톤)
	기자재지원	차량, 오토바이, OA장비, 책상 및 의자 등
	전문가파견	· 농업토목(PM) 19.4개월 · 영농지도 10개월 · 기계/전기 1.5개월 · 수리수문 2.5개월
	초청연수	14일, 10인, 1회 (하라리주 농업국 공무원 및 농촌지도사)
	교육훈련	영농기술교육훈련
	에티오피아 농업부(MoA)	
	사업시행 조직 및 행정지원	· 사업소(Project Office) 설립 · 사업과 관련된 각종 인허가, 면세 등 행정업무 지원을 위한 프로젝트코디네이터 임명 · 사업시행 및 PMC 활동을 지원할 대충요원(Counterpart) 임명 · 사업수행을 위한 해당 직원 기본 예산 부담
	한국측 전문가 지원	· PMC 파견 전문가 안전보장 · 사업수행용 구입물품 면세 · 사무실 공간 및 사무 보조인력 지원
	사업시행 지원	· 에티오피아 정부기관의 관개시설 시공 및 농산물저장창고 건축 승인-면허 등 발급 · 사업시행을 위한 관개시설 시공 및 농산물저장창고 건축 관련 제반 토지 취득 및 보상 · 사업관련 자료 및 통계자료 제공 · 사업시행에 따른 민원 해결
	기자재 지원	· 사업시행을 위한 기자재 및 차량 등에 대한 제반 세금 면제 · 지원 기자재 하역, 에티오피아 국내 운송 및 보험료 부담 · 사업완료 후 기자재 유지보수 및 관리비용 부담
	국내초청 연수 지원	· 적격의 연수 지원자 추천

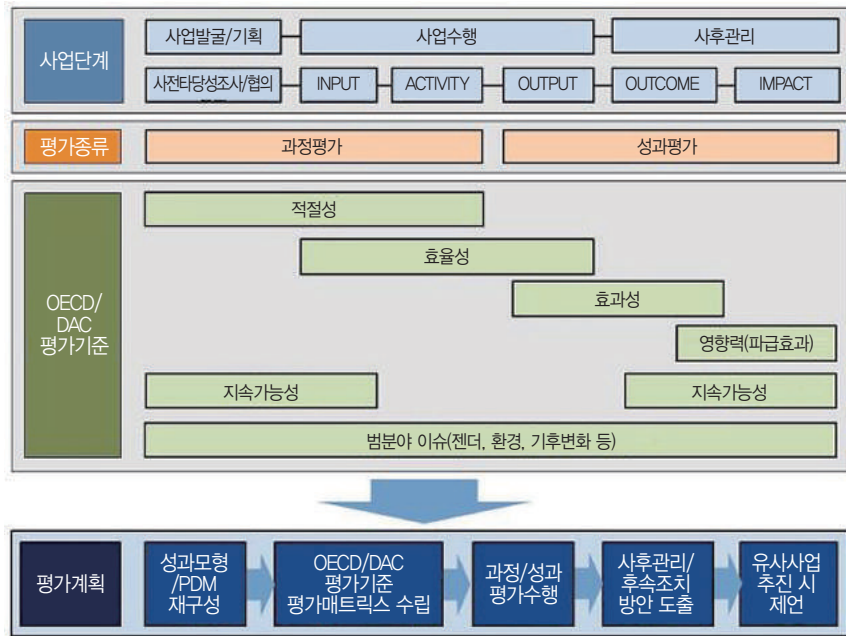


그림 1. 단계별 평가기준 및 계획 도식도

2. 평가방향 및 주안점

OECD DAC(Development Assistance Committee, 개발원조위원회)의 평가 가이드라인에 따라 적절성, 효율성, 효과성, 영향 및 지속가능성, 그리고 범분야 이슈(여성, 환경 등)를 주요 평가기준으로 수립하였으며, 사업 단계별 평가종류와 평가기준을 아래와 같이 평가계획 도식도로 제시하였다.

또한 대상사업이 관개시설 개보수 사업으로서 관개사업이 가지는 특성을 평가에 반영하고자 하였다. 관개는 작물의 생육환경과 농업 환경을 개선시켜 농경지의 토지생산성 및 노동 생산성을 향상시키는 것이 핵심 목적(정하우 외, 2006)으로 관개시설을 설치하여 농지의 생산성을 향상시키기 위해서는 1) 안정적인 용수원 확보, 2) 경제적이고 안전한 수원시설 설치, 3) 공급과 관리에 적합한 용수로 설치 및 4) 유지관리 계획 등 일련의 과

정들이 전제되어야 한다. 각 고려사항 별 세부 점검사항은 다음의 표 2와 같다. 관개시설 구축 시 필요한 점검사항을 고려하여 시설 평가를 진행하였다.

이에 본 평가는 사후평가임을 감안하여 운영과정(적절성, 효율성)에 대한 비중 30%, 성과(효과성, 영향, 지속가능성)에 대한 비중 70% 정도로 평가를 실시하였다. 성과에 대한 주안점은 아래와 같다.

표 2. 성과별 주안점

성과	주안점
영향	· 농가 생활환경 개선: 자녀교육 기회 증대, 주거 환경개선, 여가시간 활용 등
중기 성과	· 농가소득 증대: 사업전후 농업/축산/농외 소득 비교 · 농업 생산성 향상: 노동(취수)시간 감소, 생산량 증가 · 농가 자급식량 확보: 생산량 증가로 인한 가정 내 식량 확보

성과	주안점
단기 성과	- 농산물 생산량 증대: 사업 전후 생산량 비교 - 재배작목 증가: 사업 전후 생산 작목수 비교 - 작부체계 변화: 사업 전후 재배횟수 비교 - 적절한 재배농법 활용: 영농기술교육 통해 습득한 재배농법 활용 여부 - 농산물 출하시기 조정: 농산물 저장창고 활용으로 인한 판매시기 조절 여부, 시설 사용 횟수
산출물 성과	- 관개시설 구축: 취입보, 팜폰드, 용수로, 진입도로, 양수장, 집수정 구축상태 - 관개농지 확보: 관개용수 공급 안정성, 관개용수 사용, 관개용수 유지관리 - 영농기술교육 실시: 교육 이해도 및 만족도 - 농산물 저장성 증대: 농산물저장창고 활용 정도

3. 과정 평가 결과

가. 적절성

1) 정책 및 전략의 적절성

동 사업은 정책적 부합성이 높은 사업으로 에티오피아 소규모 관개시설을 확대하려는 에티오피아 주요 개발정책(GTP II) 및 농업분야계획(AGP)의 정책적 방향성과 일치한다. 또한, 아프리카개발은행(AfDB)에서 추진된 농업분야지원사업(ASSP II)의 일환으로 아프리카 지역개발 사업 범위 내에서 추진된 사업이라고도 할 수 있다. 식량 증산 및 농가소득증대가 목표인 관개시설 구축과 실습 중심의 영농기술교육으로서 우리나라 에티오피아 CPS농업분야 전략인 농촌농업개발프로그램에도 부합한다. 특히, 사업 수요국가인 에티오피아 정책 및 전략 방향과의 부합성이 높아 현지의 개발 수요에 맞는 사업이 진행된 사업으로 평가된다.

2) 사업 수행기관의 적절성

한국농어촌공사는 농업에 대한 전문성 있는 인력을 보유하여 기술에 대한 이해도가 높으며 사업 관리 시 기술적인 부분에 대한 관리감독이 가능하

였다. 그리고 에티오피아 농업부(MOA) 및 하라리 농업국(BOA), PMC업체(한국종합기술)은 유사 사업 추진 경험이 다양하여 수행기관으로 적절하였다. 하지만 입찰을 통해 선정된 현지 설계 업체의 경우 에티오피아 정부 공사설계 기준에는 부합하나 현지의 설계 역량에 머물러있어 실제 수행 과정에서 지형측량 및 설계 정확성 부족으로 여러 번의 설계 변경과정이 있었기 때문에 향후 유사사업 시 역량이 확보된 한국 설계전문가 파견에 대한 고려가 필요하다.

3) 사업 수행계획의 적절성

동 사업에서는 소규모 형태의 농업이 다수인 현지 상황에서 소농들의 수원 접근성을 높일 수 있는 소규모 관개시설 구축과 영농기술교육을 통한 관개용수 활용법 및 선진 재배농법 전수가 함께 이루어졌다. 단순 시설 지원이 아니라 교육훈련이 동반되어 농업생산성과 소득 향상이라는 성과가 상호보완적으로 달성될 수 있었다는 점에서 사업 요소가 적절하게 구성된 것으로 판단된다.

하지만 사전 타당성조사에서 사업대상 지역에 대한 정확한 기초선 조사가 부재하고 일부 관개시설(팜폰드, 양수장)이 작동하지 않아 수혜대상자수 목표 대비 실제 달성에 있어서 사업 전후에 차이가 있었다. 소규모 관개시설 사업 예산규모를 고려하면, 관개가능면적 및 수혜가구수의 정확한 예측을 위한 면밀한 기초조사에 큰 예산 투입이 어려운 실정이긴 하지만 사업실행계획 수립 시 기존 관개시설 이용현황 조사 등을 통하여 목표한 관개수량과 실제 관개수량의 간극을 줄여 보다 정확한 목표 수혜자수가 설정되어야 한다. 이를 통해 지역 내 비수혜자에 대한 고려도 함께 고안되어야 한다.

4) 사업 수행 지역 및 수혜자 수요 반영의 적절성

동 사업은 가뭄에 취약하고 농업용수 부족으로 인

해 식량 확보와 자급자족이 어려운 지역에서 수행되었다. 사업에 대한 지방정부의 적극적인 협력과 지역 내 높은 수요와 추진 의지가 있었으며 사업 기획 및 수행 단계에 걸쳐 현지의 수요를 반영하기 위하여 다수의 협의과정이 있었다. 따라서 본 사업은 현지 수요를 기반한 사업으로 평가된다. 하지만 사업 세부 수행계획 수립 단계에서 지역수요에 의해 추가로 사업요소가 반영된 경우 그 활용성과가 낮게 나타났는데, 이에 관해 향후 수요가 있더라도 사업요소에 대한 활용가능성·현지적합성·기술적합성·환경적합성에 대한 객관적 검증이 필요하다.

나. 효율성

1) 사업 투입 요소

관개시설 구축 예산이 불충분하였음에도 불구하고 사업이 계획대로 수행되고 성과가 달성될 수 있었던 점으로는 파견 전문가가 주어진 예산 내에서 최대한의 성과 달성을 위해 지방정부와의 협력을 통한 시공업체 선정 등의 예산 절감의 노력이 있었기 때문으로 파악된다. 뿐만 아니라 사업일정 추가 지연을 방지하고자 지방정부와의 협의를 통해 시공업체 선정 과정을 축소하였다. 하지만 이러한 노력에도 불구하고 현지 행정처리 업무(시공입찰) 지연으로 인한 사업기간이 추가 소요되었는데 향후 사업계획 시 현지에서의 행정처리 기간을 고려한 일정 수립이 필요하며 효율적인 행정처리를 위한 한국농어촌공사에서의 지원도 필요하다.

2) 사업 수행 구조

동 사업은 하라리 지방정부 및 농업국, 농촌지도사와의 긴밀한 협조를 통하여 사업 성과를 달성하기 위한 효율적인 구조로 수행되었다. 특히, 영농기술교육의 경우, 한국전문가가 에티오피아 하

라리농업국(BOA) 현지 전문가와 협의하여 현지 상황에 적합한 시범포 구축과 영농기술교육 전수를 진행하였다. 이후 하라리농업국(BOA) 현지 전문가는 농민교육센터(Farmer's Training Center, FTC)의 농촌지도사에게 기술을 전수하여 지역 단위에서 농민들에게 수시로 영농기술교육이 이루어질 수 있도록 하였고 이를 통해 사업성과와 지속가능성을 높이고자 하였다.

하지만 한국농어촌공사의 모니터링 및 평가에 대한 인력과 예산 부족으로 인해 기획 단계에서 수행, 모니터링 및 평가에 이르기까지 사업에 대한 관리감독 및 지원의 한계를 확인하였다. 현지 주재 사무소가 있는 다른 기관과 달리 단기간 일회성으로 한국농어촌공사의 현지 모니터링 및 평가가 이루어져서 면밀한 사업관리가 어렵고, 문제 발생 시 현지 수행기관과의 협의를 통한 즉각적인 지원이 어렵다는 점에서 관리감독 및 지원의 한계를 발견하였다. 또한 동 사업 구조상 PM이 각종 행정·재정 처리 및 사업 지원을 전 과정에서 처리해야 하기 때문에 파견PM을 지원하는 한국 파견 인력으로 업무 효율성을 높이는 것이 필요하다.

다. 크로스컷팅 이슈

1) 젠더

동 사업에서 별도로 성주류화적 요소가 투입되지는 않았으나 사업 성과달성으로 인해 소득이 증대되면서 여성들의 삶의 편리성이 증대되었다. 장시간 도보 이동을 통해 시장에서 쏻을 판매한 수입으로 채소 구매를 했던 여성들은 더 이상 쏻 판매를 할 필요가 없어지고 가정에서 기른 채소를 가족들에게 먹일 수 있어 많은 시간과 노력 절감이 된 것으로 확인되었다. 이것이 여성들의 생활 환경 개선에 큰 영향을 미친 것으로 나타났다.

2) 환경

동 사업으로 인해 환경에 부정적 영향을 미치는 것은 없는 것으로 파악되었으나 취입보와 수로에 토사가 많이 유입되고 쉐리프하라위 지구는 도시 인근으로 쓰레기가 강으로 흘러들어오는 등 유역 관리에 매우 취약한 것으로 조사되어 지속가능성 측면에서 고려해야할 사항이 도출되었다.

4. 성과 평가 결과

가. 효과성

1) 산출물 및 단기성과

사업 활동을 통해 관개시설 구축과 관개농지 확보, 영농지식 향상, 농산물저장성 증대에 관한 산출물 단위에서의 효과성을 파악하였다.

가) 관개시설 확보 및 활용성과

(1) 관개시설 현황

관개시설 구축이 이루어진 사업지구의 취입보 전체 대부분은 형태를 유지하고 운영되고 있으나 적절한 배사가 이루어지지 않아 퇴적 문제가 발견되었다. 대부분의 수로는 홍수 시 주변부로부터의 유입수와 관개수의 유사로 인하여 퇴적문제가 있고, 이를 해결하기 위해 물사용자조직(WUA)에서 유지관리를 하고 있는 것으로 파악되었다. 팜폰드는 다양한 이유로 사용되지 않고 있었으며 도도타의 양수장은 수리되어야 고지대 농민의 용수문제를 해결할 수 있을 것으로 조사되었다.

본 사업은 우기의 충분한 물을 저류지에 저장하여 우기에도 용수 부족을 겪는 관개수로 상부 지역에 용수를 공급함으로써 전반적으로 취입보 하류 지역 뿐 아니라 취입보 관개 지역 상부 지역의 용수

환경을 개선하여 용수 공급을 통한 수혜지역을 확대하는 것을 기본 개념으로 한 것으로 판단된다. 하지만 우기에 해당하는 7월에도 쏘야지구와 쉐리프하라위 지역은 하천의 용수가 관개수로의 용량에 해당하는 정도의 하천수가 흐르고 있어 잉여 용수의 저류지(팜폰드) 저장은 어려울 것으로 판단되며, 건기에 용수를 저류지에 저장하여 저류지 하부 농가에 공급하는 계획은 달성하기 어려울 것으로 판단된다.

전반적으로 건기와 우기의 용수 확보 가능량에 대한 조사가 미흡한 상태에서 취입보와 양수장 그리고 저류조가 연계된 관개 시설 운영 계획을 수립하였고 이에 취입보를 통한 관개 용수 공급은 성과는 달성되었으나 저류조와 양수장을 이용한 관개용수 공급은 추가 보완이 필요한 것으로 된다.

(2) 관개농지 확보

관개시설 구축 전후 관개시설 이용 현황, 관개용수 공급현황, 용수사용을 파악하여 산출물 단위에서 관개농지 확보 현황을 살펴보았다. 관개용수 공급현황은 사업 전후 관개시설 이용기간, 관개용수 공급 안정성 및 관개용수 적기 공급 여부, 관개용수량에 대한 설문조사를 통해 파악하였다.

설문조사에 따르면 수혜자가 느끼는 관개용수 공급 안정성이 높게 나타났지만 관개용수가 농업에 필요한 때에 충분히 공급되지 않는다(보통 미만)는 의견이 있었는데 이는 관개시설 구축에도 불구하고 사업지역의 기후적·지리적 여건으로 인해 여전히 농업용수가 필요한 때에 용수가 공급되지 않고 있다는 것을 보여준다. 그럼에도 불구하고 사업 이전과 비교하여 관개용수 공급으로 인해 농작물 재배에 영향이 있음을 확인할 수 있었다.

관개용수 관리를 위하여 마을 내 관개용수 관리를 책임지는 마을리더를 중심으로 물사용자조직

(Water User Association, WUA)이 있으며 주 1회 모임을 통해 지역 내 용수사용스케줄 공유가 활발하게 이루어지고 유지관리가 되고 있었다.

(3) 활용성과

관개시설 활용성으로 단기성과 수준에서 생산량 증대, 재배작목 증가, 작부체계 변화로 파악하였다. 관개시설 구축으로 인한 생산량 증가에 대한 설문조사 결과에 따르면 총 생산량 증가에 대한 보통 이상의 응답이 전체 설문조사 대상자 중 80.5%를 차지하여 관개시설로 인해 생산량이 증가되었다고 응답하였다. 사업실시 이후 수수, 땅콩, 옥수수, 사탕수수 순으로 생산량이 증가하였고 각 지구별 주요 재배 작물과 일치하였다.

또한 이해관계자 면담을 통해 기존 수수, 차트, 옥수수 등 곡물 재배를 주로 하던 지역에서 관개용수가 확보되면서 영농기술교육 제공으로 토마토, 양파, 고추, 레몬 등 추가적인 신규 작물 재배가 시도된 것을 확인하였다. 관개용수 공급에 따른 연중 재배가능 기간 연장으로 인한 재배 횟수 증가로 작부체계가 변화된 것을 확인하였다. 이는 조사대상자 전체 중 70.8%에 해당하는 응답자가 재배횟수가 연 2회 증가되었다고 응답하였으며 재배횟수가 연 1회 재배에서 2회 재배로 증가함에 따라 작부체계가 개선된 것을 확인할 수 있었다.

나) 영농기술 향상

(1) 시범포 운영

시범포를 통해 도입된 기술은 아래 표와 같이 1) 터널형 비닐 온상, 2)옥묘기술, 3)이식재배 및 재식거리 조정, 4)토마토 지주재배, 5)우기작물 파종법이며 이에 대한 성과는 영농기술교육훈련과 연계하여 나타났다. 특히, 시범포 운영을 통하여

제공된 옥묘기술, 이식재배 및 재식거리 조정, 우기작물 파종법 등이 실제로 재배 시 활용되고 있는 성과를 시범포 및 사업지역 농지 관찰 및 실사, 수혜자 면담, 이해관계자 워크숍을 통해 확인할 수 있었다.

(2) 영농기술교육 훈련

영농기술교육훈련의 성과는 시범포 운영과 함께 연계되어 나타났다. 이는 지역 농민이 농촌지도사의 시범포 운영을 통해 도입된 원예농산물의 재배 가능성과 선진영농기술의 성과를 확인하면서 영농기술교육에 대한 참여가 증가하고 이를 개인 영농 단위에서 시도하였기 때문이다. 또한 한국 전문가가 각 지구별 농촌지도사에게 영농지도를 실시하고 농촌지도사가 다시 농민에게 교육을 제공하면서 개별 농가단위에서 재배농법을 지속적으로 적용할 수 있도록 하였다.

(3) 교육성과

표적집단면담 및 설문조사를 통해 확인된 영농기술교육에서 습득한 ‘재배농법 활용’에 대해 응답자 중 86.6%가 보통 이상으로 재배농법을 활용하고 있다고 응답하여 실제로 교육된 영농기술이 적용되고 있음을 확인하였다. 실행하는 재배농법으로는 파종법 변경이 있으며 옥묘기술로 소개된 묘대 상토소독은 병충해가 횡행하는 사업지구에 혁신적인 방법으로 많은 농민들이 적용하고 있다고 응답하였다. 영농기술교육을 통해 토마토 직접생산이 가능하여 가정 내 소비뿐만 아니라 판매까지 할 수 있게 되었다는 다수의 면담자의 의견을 확인할 수 있었다.

다) 농산물 저장성 증대

농산물저장창고는 계획대로 신축되기는 하였으나 활용성과가 낮은 것으로 나타났다. 활용도가 낮

은 원인으로는 냉장시설 부재로 지역주민이 기대한 농산물 저장창고의 기능과 차이가 있었고 농산물물저장창고 구축 시 농산물 저장 현황 및 수요에 대한 고려, 활용에 대한 계획이 부족했기 때문인 것으로 파악되었다.

라) 초청연수

초청연수 사업을 통해 해당 지방정부, 농업국, 농촌/농촌지도사의 관개용수 및 영농기술에 대한 지식과 이해도가 전반적으로 향상되었고 참여한 지방정부 공무원들은 초청연수를 통해 습득한 지식을 바탕으로 하라리주 농업개발계획 수립을 계획하고 있다. 구상 중인 농업개발계획(안)은 용수 관리 뿐만 아니라 농민들의 역량강화, 인프라 구축, 농업인프라 제공, 이용가능한 시장 구축 등 점진적인 접근으로 발전가능한 농업개발 계획을 포함한다.

2) 중기성과

가) 농가자급식량 확보

지구내의 농가들은 관개사업으로 인하여 단위당 생산성이 향상되고 건기에도 식량작물과 현금작물의 생산이 가능해져 생산량이 크게 늘어났다. 사업 전에는 농가 생산량이 자가소비에도 부족하였지만 사업 후에는 자가 소비를 위한 식량 확보가 가능해지고 여유분은 시장에 팔 수 있게 되었다. 이는 개별 농가의 식량안보가 강화되었음을 보여주는 것이다.

이에 대해 수혜자 수준에서의 농산물 생산 증가수준을 파악하기 위하여 시행한 설문조사 결과에 따르면, '자가식량 확보'에 응답한 자가 33.3%, '잉여분에 대한 시장판매 증가'에 응답한 자가 51.4%로, 총 84.7%가 자가식량 확보 및 잉여분에 대한 시장판매 증가에 응답하였다. 지역별 증가 수

준을 비교하면 도도타 지구에서 시장판매 증가가 62.5%, 웨리프하라위 지구 50.0%, 꼰야 지구 41.7%로 그 뒤를 이었다. 또한 관개시설 구축으로 인한 농산물 생산량 증가에 응답한 자는 80.5%였다. 따라서, 사업 실시를 통해 농산물 생산량이 증가되었고, 증가된 농산물로 농민들은 자가식량 확보 및 잉여분에 대한 판매까지 증가된 것을 확인할 수 있었다.

나) 농업 생산성 향상

투입 대비 산출량이 증가할수록 농업생산성이 향상되는데 동 평가에서는 관개용수 공급에 따른 취수시간과 수혜자-비수혜자 간의 농산물 생산량을 비교하여 생산성을 파악하였다. 수혜자-비수혜자간 주요 작물에 대한 평균 생산량을 비교하면 수혜자가 비수혜자 대비 수수 197kg, 옥수수 137kg, 땅콩 95kg으로 더 높은 생산량을 보여 수혜자의 평균 농산물 생산량이 높았다.

또한 관개시설 구축 이후 취수시간이 감소하였고 응답한 자가 87.5%로 최소 주당 1시간 이상 감소한 것으로 나타났다. 주 1시간 이상 3시간 사이에 해당하는 자가 29.2%, 주 4시간 이상 6시간 사이에 해당하는 자가 15.3%에 해당할 정도로 관개시설 설치로 인해 취수에 소모되는 시간과 노력이 감소한 것을 확인할 수 있다. 또한 취수시간 감소 응답자의 72.2%가 이로 인해 발생한 잉여시간에 대해 다시 농업활동으로 재투자함에 따라 생산성 향상에 도모한 것으로 보인다.

다) 농가 소득증대

사업 전후 소득원천별 소득을 비교해 보면 농업, 축산, 농외소득 중에서 농업 평균 소득이 가장 높은 것으로 나타났고 원천별 소득 모두에서 2011년 대비 2015년 소득이 증가하였다. 농가소득 중 농업 소득이 관개사업 성과 달성으로 인해 주요하게

증가되었고 농업이 활성화되면서 축산 소득 증가에도 일부 영향을 미친 것으로 파악된다. 관개사업으로 향상된 농업생산성으로 인해 농가소득 향상으로 이어진 것이다. 다만 농가소득 증대는 동 사업으로 인한 영향 이외에도 정부 프로그램이나 시장 가격 등의 외부 요인들에게도 영향을 미치므로 이에 대해서는 향후 추가적인 분석이 필요하다.

동 사업으로 가장 주요하게 영향을 받은 농업 소득의 경우 수혜자와 비수혜자 비교를 하면, 비수혜자는 2011년도~2015년도 간 농업소득의 변화가 없었던 반면 수혜자는 2011년 농업 소득에 비해 2015년이 2.6배 증가한 것으로 나타났다. 사업 실시 전인 2011년도에는 비수혜자가 수혜자에 비해 평균 농업소득이 높았으나 사업 실시 이후 2015년도에는 수혜자가 비수혜자 보다 더 높은 결과를 보였다. 이에 수혜자-비수혜자 사업전후 평균 소득 비교를 통해 동 사업 실시로 인한 수혜자그룹의 농업 소득 증가를 확인할 수 있다.

나. 영향

동 사업의 중단기 성과 달성으로 인해 농촌의 생활환경 개선으로의 영향이 파악되었다. 생활환경 개선 분야로는 1)농산물 생산 증가로 인해 가족구성원의 영양 섭취가 좋아지고 추가 소득으로 자녀들의 교복 구입과 과제물 준비가 가능해져 학교 출석률이 높아졌다. 2)소득 증대로 인하여 농촌주민의 의복구매, 교통비 지출 등이 가능해지면서 농촌 생활의 편의성이 증대하였다. 3)늘어난 용수 공급으로 생활용수로도 이용 가능해져서 농촌 위생이 개선되었다. 4)농촌 주민들의 소득이 증가하면서 농촌 주민들의 주택 개량 또는 신축에도 영향을 미친 것으로 파악된다.

의도하지 않은 부정적 영향으로는, 당초 사업 계획 대비 비교적 성공적으로 성과가 달성되었기 때

문에 동 사업 지역 내 수혜자와 비수혜자간의 농산물 생산량에 따른 소득 격차가 크게 발생하게 되었고 이에 따른 지역 내 갈등이 발생할 소지를 발견하였다.

다. 지속가능성

하라리농업국(BOA)은 유지보수 필요 시 기술지원 및 통합유지관리비용으로 자체 예산을 배정하여 사후관리를 실시하며, 마을 수준에서는 마을 리더 및 물사용자조직(WUA)을 통한 관개시설 유지관리와 시설이용을 위한 정기 회의를 개최 등의 조직적 체계가 있었다. 또한 FTC 농촌지도사에게 기술전수를 하여 시범포 운영을 통한 영농기술교육 이후에도 지역 농민에게 지속적인 영농기술교육이 제공될 수 있는 출구장치를 마련하였다.

5. 본 사업의 교훈 및 제언

성과 및 과정평가를 통해 도출된 미달성 과제를 재구조화하여 사업 발굴-선정-시행-사후관리의 농림축산식품부 기획협력사업 선정 및 시행 절차에 따른 사업 단계별 제언을 아래와 같이 도출하였다.

가. 사업기획 단계

- 1) 관개시설 구축 사업의 성과목표 대비 예산 규모와 구성에 대한 면밀한 검토가 필요하다.
- 2) 농산물저장창고 활용과 지역 내 시장과의 유통 경로 연계를 위하여 사업 기획 시 농산물저장창고 이후 활용에 대한 유통적 고려가 필요하다.
- 3) 무상사업 원조 시 사업으로 인한 혜택을 지역사회에 선순환 시킬 수 있는 장치 마련이 필요하다.
- 4) 부족한 수원의 효율적인 활용을 위하여 물을 절약하면서 낮은 압력에서 사용할 수 있는 물 절약 관개 기법 도입이 필요하다.

- 5) 장기적인 산림복구를 통한 유역관리 기법 도입
과 관련 타 ODA 사업과 연계가 필요하다.

참고문헌

나. 사업시행 단계

- 1) 사업실행계획 수립을 위한 지역수요 반영 과정에서 추가로 투입되는 요소에 대한 객관적 검증이 필요하다.
- 2) 주재 사무소 부재로 인하여 채류증 발급 등 PM이 사업관리 이외의 행정 업무 등을 처리하여야 하므로 이에 대한 지원이 필요한 바, 사업시행의 효율성 증진을 위한 PAO 파견이 필요하다.
- 3) 정확한 관개시설 설계 및 운영계획 수립을 위해 현지 설계업체 보다는 역량이 확보된 설계 전문가 파견이 필요하다.

다. 사후관리 단계

- 1) 한국농어촌공사의 아프리카 권역 사무소 설치를 통해 사업관리 뿐만 아니라 지속적인 사후관리가 필요하다.
- 2) 하라리농업국(BOA) 및 물사용자조직(WUA)을 대상으로 용수분배와 물절약 관개기법에 대한 지속적인 역량강화가 필요하다.

- 농림축산식품부, 한국농어촌공사, 2016, 에티오피아 관개시설 개보수 사업 사후 평가 보고서, (재) 글로벌발전연구원, (사)한국농어촌환경기술연구소
- 정하우 외, 2007, 관개배수공학, 동명사
- 한국농어촌공사, 2011, 에티오피아 관개시설 개보수 사업: 타당성조사 보고서, 한국농어촌공사
- 한국종합기술, 2012, 2012년 국제농업협력사업 월간 진도 보고서: 에티오피아 관개시설 개보수사업 PMC용역, 한국종합기술
- 한국종합기술, 2013, 2013년 국제농업협력사업 월간 진도 보고서: 에티오피아 관개시설 개보수사업 PMC용역, 한국종합기술
- 한국종합기술, 2014, 2011~2014 국제농업협력사업 종료보고서: 에티오피아 관개시설 개보수사업, 한국종합기술
- 한국종합기술, 2014, 2014년 국제농업협력사업 월간 진도 보고서: 에티오피아 관개시설 개보수사업 PMC용역, 한국종합기술

라. 모니터링 및 평가

사업의 효과성을 향상하고 지속가능성을 확보하기 위하여 기초선 조사, 성과모형, PDM 수립, 데이터 수집 등의 주체별·시기별 성과관리 체계 구축이 필요하다.

캄보디아 해외농업자원개발 현황

이 은 수

해외농업자원개발협회 사무국장

1. 캄보디아 농업 현황

캄보디아는 전체 인구의 약80%가 농촌지역에 거주하고 있으나, 전체 GDP에서 농업이 차지하는 비율은 2011년 34.6%에서 2015년 28.6%로 점차 줄어들고 있으며, 상대적으로 서비스 분야에서의 증가로 산업화가 진행되고 있다. 농업부문에서는 농업생산이 60%로 주를 이루고 있으며, 수산, 축산, 임업의 순서로 구성되어 있다. 캄보디아는 넓은 국토에서 농업생산이 광범위하게 이루어지는 한편 북쪽에서 남쪽으로 흐르는 메콩강 유역에서 어업이 높은 비율을 점유하고 있음을 알 수 있다.

캄보디아 농업의 주작물은 국민의 주식인 쌀이며, 카사바와 옥수수가 그 뒤를 잇고 있다. 옥수수 재배면적은 2010년 200천ha 수준을 유지하면서 크게 증가하지 않았으나, 카사바는 2010년 190천ha에서 2013년 421천ha로 급격히 증가하였

다. 국제적으로 오일 가격이 상승하면서 중국, 유럽 등에서 카사바를 이용한 바이오에탄올 생산을 위한 수요가 급증하였고, 옥수수의 대체작물로 또는 전분에 대한 수요가 늘면서 판매가격이 상승하면서 많은 농가에서 재배면적을 늘린 것에 기인한다.

캄보디아 전체 농경지 4백만ha 중에서 주작물인 벼의 생산면적은 3백만ha 정도이며 생산단수는 약3톤/ha으로 총 9백3십만톤 정도를 생산하고 있다. 생산성은 인접한 국가인 베트남 5~6톤, 미얀마 또는 라오스 3.5~4톤/ha 보다도 낮다. 그러나 쌀 수출량은 2010년 이전에는 수만톤 정도에 불과했으나, 2015년에는 500천톤 이상을 수출하는 성과를 이루었으며, 캄보디아 정부에서는 정책적으로 쌀 수출을 장려하고 있다.

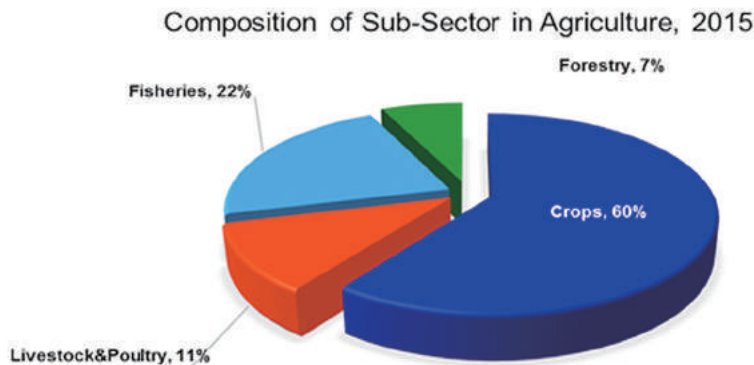


그림 1. 캄보디아 농업 구성(2015년 기준)

자료 : 캄보디아 MAFF, 2016

표 1. 캄보디아 주요작물의 생산면적

Rank	Crop	2010		2011		2012		2013	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1	Rice	2,795,892	79.5	2,968,529	77.6	3,007,545	76.7	3,052,420	76.4
2	Cassava	190,525	5.4	391,714	10.2	361,854	9.2	421,375	10.6
3	Maize	205,070	5.8	174,257	4.6	216,330	5.5	239,748	6.1
4	Soybean	101,904	2.9	70,584	1.9	70,337	1.8	80,668	2.0
5	Others*	222,828	6.4	220,222	5.7	264,362	6.8	199,237	4.9
Total production area		3,516,219	100.0	3,825,306	100.0	3,920,428	100.0	3,993,448	100.0

* 기타 : 녹두, 채소, 시탕수수, 고구마, 깨 등
 자료 : 2016년 한·캄 워크숍 발표(최호진)

표 2. 벼 생산면적 및 생산량

구 분	2011	2012	2013	2014	2015
재배면적(ha)	2,968,529	3,007,545	3,052,420	3,055,507	3,051,412
수확면적(ha)	2,766,617	2,980,297	2,968,967	3,028,836	3,025,630
생산단수(ton/ha)	3,173	3,117	3,163	3,079	3,085
생 산 량(MT)	8,779,365	9,290,940	9,389,961	9,324,416	9,335,284

자료 : 캄보디아 MAFF, 2016

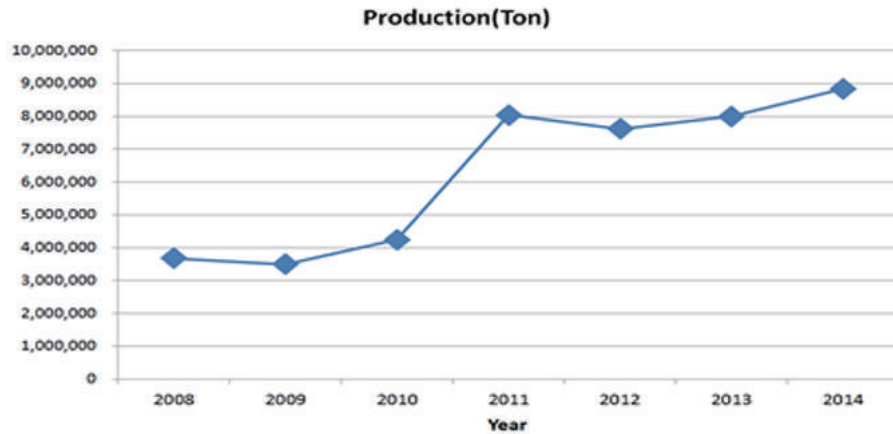


그림 2. 연도별 카사바 생산량(톤)

자료 : 2016년 한·캄 워크숍 발표(최호진)

카사바의 생산량은 2010년까지 3~4백만톤 수준에 머물렀으나, 2011년부터 급격히 증가하여 8백만톤 이상을 기록하였으며, 2015년에는 약 9백만톤을 생산하였다. 토양 및 기후의 영향으로 캄보디아 카사바의 생산성은 베트남이나 미얀마보다

좋은 20~25톤/ha를 유지하고 있는데, 카사바의 생산량이 급증한 것은 표 1에서 알 수 있듯이 재배면적이 2011년에 2010년 보다 50% 이상 급증하였기 때문이다. 그 결과 캄보디아는 2015년도에 슬라이스 카사바 2,266천톤, 생근 571천톤 총

2,836천톤을 수출하였다.

옥수수의 생산면적은 2013년 217천ha를 정점으로 하락 추세에 있으며, 2014년 이후 150천ha 정도를 유지하고 있다. 이는 국제 곡물시장에서 옥수수 가격이 하락 안정 기조에 있으며, 다른 한편으로 카사바의 수요가 늘어나면서 카사바 재배로 전작을 한 것으로 파악된다.

표 3. 캄보디아 옥수수 재배면적 및 생산량

구 분	2011	2012	2013	2014	2015	평균
재배면적(천ha)	160	215	217	153	150	179
생산량(천 톤)	717	951	927	624	550	754
수량(톤/ha)	4.5	4.4	4.3	4.1	3.7	4.2

자료 : Foreign Agricultural Service, Official USDA Estimates

캄보디아의 주요 수출작물인 카사바, 벼 이외 작물의 수출물량은 2015년 기준으로 사탕수수 111천톤, 캐쉬넛 103천톤, 대두 71천톤, 녹두 10천톤, 망고 9천톤, 후추가루 665톤으로 집계되었다.

2. 우리나라 기업의 캄보디아 진출 현황

2008년 정부의 해외농업개발지원사업이 출범한 이후 우리나라 기업이 가장 많이 진출한 지역은 동남아시아로 2016년 9월 현재 자원개발신고를 한 163개 기업 중에서 83개 기업으로 약 51%를 점유하고 있다. 그 중에서도 캄보디아는 29개 기업으로 가장 많은 기업이 진출하였다. 이렇게 많은 기업이 캄보디아에 진출한 배경으로 몇 가지를 추론할 수 있다.

우선적으로 우리나라 국토에 비해 1.8배 넓은 반면에 인구는 15백만명 정도로 농지에 대한 개발 여지가 많다고 생각하였다. 다음으로 낮은 국민 소득으로 인건비가 낮아 투자비가 저렴할 것으로 판단한 것이다.

표 4. 국가별 투자환경

구 분	러시아	베트남	캄보디아	필리핀	인 · 니	브라질
국토면적 (백만ha)	1,710	33	18	30	191	852
농지면적 (백만ha)	134	11	6	5	33	275
인 구 (백만명)	142	93	15	108	254	203
GNP/1인 (US\$)	11,039	2,034	1,081	2,635	3,834	11,159

자료 : 2014, 2015년 KATI, FAO, IMF 통계 인용정리

그리고 우리나라의 ODA 사업에 많은 기업이나 전문가들이 캄보디아의 지원사업에 참여하거나 왕래하면서, 농업개발에 대한 가능성을 보고 투자를 한 사례도 있었다.

해외자원개발 신고를 하고 현지에 사업을 시작한 29개 기업현황을 보면, 곡물재배를 위해서 진출한 기업이 21개 기업으로 약 72%이며, 그 밖에 양돈, 망고, 두리안 등 열대과일과 특용작물 재배를 하는 기업이 각각 2~3개 이다. 정부의 본격적인 정책지원 사업이 시작된 2008년 초기에는 세계적인 식량위기로 옥수수, 카사바 등 곡물에 대한 선호도가 높았으나, 최근에는 시장의 수요를 따라 망고나 후추 등의 재배나 유통사업에 진출하는 현상이 두드러지고 있다.

표 5. 작물별 진출기업

계	옥수수	카사바	옥수수, 카사바 등	벼	양돈	열대과일	특용작물
29	8	7	4	2	2	3	3

* 특용작물 : 참깨, 후추, 커피

그러나 초기에 옥수수나 카사바 재배를 위하여 진출하였던 기업들은, 농지 확보과정에서 분쟁이나 소송, 현지 재배방식의 차이, 인력관리, 판매가격의 하락 등으로 수많은 어려움을 겪었으며, 그러

한 어려움 속에서 상당수 기업이 사업을 중단하거나 축소하였다. 일부 기업들은 열대 과수 등으로 작목을 전환하여 사업을 추진하고 있다.

참고로 캄보디아개발위원회(CDC, Council for the Development of Cambodia)의 자료에 따르면 우리나라 기업은 1994년 이후 금년까지 농림수산업에 16개 기업이, 우리나라 수출입은행의 자료에는 1997년 이후 45개 기업이 캄보디아 농업분야에 투자를 한 것으로 집계되어 있다. 그러나 농어촌 공사의 자원개발신고 기업이 29개임을 비추어 보면, 우리나라 기업이 현지에 진출할 때에 현지정부와 협의를 하거나 공식적으로 승인받지 않고 사업을 추진하여, 여러 가지 분쟁에 휘말리고 어려움을 겪는 사례가 많다는 것을 추정할 수 있다.

캄보디아에 정착한 대표적인 기업의 사례는 다음과 같다.

가. ㈜에이퍼플

2011년 캄보디아 캄푹주에 진출한 에이퍼플(현지 법인명 : J&J BORA)은 총1,768ha의 토지를 구매하여 농지를 조성하였다. 사업 초기에는 농장 옆을 흐르는 하천의 물을 이용한 관개영농을 계획하고 현대적인 옥수수 건조시설도 설치하였다. 그러나 곡물가격의 하락과 생산성 등의 문제로 어

려움을 겪으면서, 다양한 작물의 전환을 통해 변화를 시도하고 있다. 다년생 작물인 잭푸르트, 망고, 후추 등의 소득 작물을 재배하면서, 안정적인 수익과 현금흐름을 바탕으로 사업활성화를 위해 노력하고 있다. 또한 일부 농지는 외부인과 위탁 재배계약을 체결하여 운영하고 있다.

에이퍼플은 진출초기부터 지역주민과의 협력을 강화하기 위해 일용직 근로자에게 가족과 함께 살 수 있도록 숙소도 만들어 제공하였고, 지역주민과의 화합을 위해 다양한 사회공헌사업을 병행하여 현지 정부와 농민들에게 좋은 반응을 얻고 있다.

나. ㈜서원홀딩스

캄푹스푸주에 진출한 MH바이오에탄올은 2006년부터 카사바를 이용한 바이오에탄올공장(연간 46천kl규모)을 건설하여 순도 95.2~98.7%의 에탄올을 생산하여 2008년부터 2015년까지 총 122,961KL를 유럽, 아시아, 한국 등에 수출 하였다. 그 중에서 국내에 산업용 바이오에탄올과 주정용 에탄올을 66,848KL을 반입하는 성과를 이루었다. 2011년에는 곡물가격의 급등으로 카사바의 가격이 급등하면서 바이오 에탄올의 생산라인을 중단하고, 보유하고 있던 6,500ha의 농장에 카사바를 직접 재배하기 시작하였다. 그러나 전체 면적에 카사바를 직접 재배하여 에탄올 공장



그림 3. 잭푸르트 농장(좌), 컴퓨터 교실 지원(우)

에 원료로 공급하는 것은 한계가 있고, 시간과 비용이 많이 투자되므로 운영자금의 원활한 확보를 위한 수익성 작물로 다변화를 추진 중이다. 2015년 현재 망고 450ha, 유칼립투스 720ha, 사탕수수 320ha, 카사바 453ha 등을 재배하고 있다. 특히 인근의 축산기업과 계약을 체결하고 사탕수수를 사일리지 형태로 수확하여 공급하기도 하였다. 2014년에 유통기업인 (주)서원홀딩스가 지분을 투자하여 사업을 운영하고 있다.

농장 지역 내에 기존에 거주하고 있는 가옥을 포함하여 총 200호의 원주민이 거주하는데 필요한 주거지의 무료 제공과 생활에 필요한 지역 주민의 전기와 물을 무상으로 공급하는 등 지역개발 사업에도 수년 동안 지원해오고 있다.

또한 서원홀딩스는 한국형 공적개발원조(ODA)사업에 적극적인 참여 의사를 밝히고, 100ha 규모

의 사업 대상 부지를 무상으로 제공하여 농산업 특별경제구역(A-SEZ) 개발을 희망하고 있다. 이 사업을 통해 농산물 수확 후 가공 처리에 대한 고부가가치 농산물을 생산하여 모기업의 강점인 농산물 유통사업의 확장을 통해 캄보디아 현지 주민의 소득증대와 직업훈련원의 운영을 통해 양성된 현지 원주민의 고용창출을 통해 지역경제 활성화를 추진한다는 방안이다.

다. (주)현대종합상사

현대종합상사는 2015년에 캄퐁스프주에 있는 아리랑농장의 일부를 인수하여 망고 재배사업에 진출하였다. 아리랑 농장은 우리나라 교민이 2001년 현지에 진출하여 밀립 200ha를 매입하여 농장을 만들면서 확장을 한 것이다. 현대종합상사는 그 중에 150ha를 인수하였다. 최근 중국의 망



그림 4. 사탕수수 재배지(좌), 유칼립투스 재배지(우)



그림 5. 망고 농장(좌), 병충해 방지를 위한 우드칩 포장 후 낙엽으로 도포(우)

고 수입 등으로 수요가 급격히 증가하면서, 많은 기업과 농가들이 망고재배를 늘리고 있는 추세이다. 현대종합상사는 이러한 시장의 변화에 맞추어 캄보디아의 Mao Legacy라는 기업과 컨소시엄을 구성하고 1단계 생과일 유통, 2단계 가공유통을 계획하고 있으며, 금년도에 농산물유통센터 건립을 위한 계약을 체결하였다. 열대과일의 유통을 위하여 소규모의 농장을 인수하고, 그 농장을 기반으로 수매, 계약재배 등을 통해 두리안, 코코넛, 파파야 등 다양한 열대 과일을 한국, EU, 중국 등 세계 각지에 수출하는 마스터 플랜을 세우고, 짧은 시간 안에 사업을 세팅한 좋은 사례라고 할 수 있다.

3. 캄보디아 진출사례의 교훈

우리나라보다 농지규모가 2배 이상 크지만, 인구는 15백만명에 불과한 캄보디아 농업투자를 위해 진출하는 것은 결코 쉽지 않다. 그러나 우리나라 기업의 다양한 진출 경험과 사례를 통해 다음과 같은 교훈을 얻을 수 있다.

가. 농지 개간이나 관배수 설비를 한 후, 곡물생산 중심의 사업은 매우 어렵다.

곡물생산을 위해서는 일정 규모 이상의 농지가 필요한데, 임야나 산지 등을 개간하여 농지를 조성하는 것은 막대한 투자비가 소요되어 현실성이 떨어지고, 그러한 지역의 경우 마을과 멀리 떨어져 있어 인력을 구하는 것도 어렵다. 또한 농지가 없는 곳에는 도로나 전기 등의 기반시설이 없는 곳이 대부분으로 기반을 잡기에 오랜 시간과 비용이 수반되어 사업이 중단된 경우가 많다.

나. 생산위주의 사업보다는 유통업이나 유통과 병행하는 것이 좋다.

캄보디아는 인구가 15백만명으로 내수시장이 매우 협소하여, 인접한 태국이나 베트남에 판매하는 경우가 대부분이다. 따라서 농장 위주의 사업은 판매에 대한 가격결정권을 가지고 있지 않아, 생산량이 증가하더라도 안정적인 수익을 올리기 어렵다. 캄보디아 북쪽의 곡창지대인 바탐방 지역은 태국의 농업 대기업이나 다수의 중국기업이 진출하여, 가공되지 않은 원물을 매입하여 자국의 가공기업으로 판매하는 경우가 대부분으로, 이러한 기업들에게 판매를 의존할 수밖에 없다. 따라서 진출기업이 부가가치를 높일 수 있는 가공 산업이나 제3국으로 안정적으로 수출할 수 없다면, 판매가격이 하락할 경우 사업이 곤경에 빠질 위험이 크다.

다. 처음부터 시작해야 한다는 방식을 고집하지 말라.

캄보디아에 진출한 대부분의 우리 기업은 우리나라에서 경험한 적이 없는 작물인 사료용 옥수수, 카사바 등을 직접 재배하거나, 유통을 위하여 진출한 사례가 많았다. 그러한 과정에서 토지사기, 분쟁, 소송 등을 겪으면서 본격적인 사업에 착수하기도 전에 사업을 중단하거나 막대한 매몰비용의 대가를 치른 경우도 다수 있었다. 1단계로 농지나 토지문제를 해결하더라도 인력확보, 재배, 유통 문제 등의 문제를 직접 해결하다 보면, 예상보다 많은 투자금액과 비용으로 많은 어려움을 겪을 수밖에 없었다. 따라서 현지에서 안정적으로 사업을 영위하고 있는 기업에 지분 투자나 인수하는 방식으로 사업을 추진하여, 매몰비용을 줄이고 초기부터 경영체제를 안정적으로 운영한 기업의 사례도 있다. 즉 잘 되고 있는 기업이나, 조금만 투자가 더 된다면 잘 될 거 같은 기업에 참여해서 사업을 하는 것도 효율적일 것이다.

라. 내수시장보다는 수출을 염두에 두고 작목선정을 해라.

캄보디아 수출현황을 보면 카사바, 사탕수수, 캐쉬넛, 망고, 후추 등이 주요 작물이다. 제3국으로 판매하여 가격경쟁력이 있는 상품이라고 할 수 있다. 이러한 작물은 판매시장이 넓다고 할 수 있다. 따라서 이러한 작물재배나 유통을 우선적으로 검토하고, 물류비가 적게 드는 곳으로 입지를 잡는 것이 중요하다. 베트남 접경지역이 베트남이나 제3국의 판매가 유리하기 때문에 입지조건이 좋다.

마. 캄보디아 농업은 현지 방식을 따르고, 서서히 현대화나 설비를 투자해라.

옥수수나 카사바의 건조를 전자동 설비로 하거나 농작업의 전면적 농기계화 등은 비용 측면에서 비효율적인 경우도 많다. 최신의 설비를 방치하고 인력을 고용하여 수작업으로 하거나, 농기계의 고장으로 인력이나 축력을 이용해 영농을 하는 사

례도 있다. 따라서 현지 적응 기간을 충분히 갖고 시설투자나 농기계 구입은 비용분석과 작업효율성을 고려하여 천천히 해도 될 것이다.

바. 현금흐름을 좋게 하는 사업을 해라.

당초의 사업계획보다 캐쉬 플로우가 원만하지 않아 고전을 하는 기업이 많다. 따라서 작목의 선택이나 사업의 운영상 현금흐름이 좋은 품목이나 사업방식을 선택하는 것이 중요하다. 즉 직접 재배보다는 계약재배, 위탁재배, 유통 등의 방식이 좋을 것이다.

최근 우리나라 기업들은 더 싼 인건비와 개발 여지가 있는 라오스를 거쳐 미얀마에 많은 관심을 가지고 있다. 이러한 국가들은 대부분의 농지가 국가나 정부의 소유로 되어있으며 정치가 불안정하고, 법과 제도의 정비가 미비하여 투자위험이 높은 국가들이다. 따라서 충분한 사전조사와 시간을 가지고 사업을 준비하고 추진하는 것이 매우 중요하다.

SRI의 효과와 과제

최 중 대

강원대학교 지역건설공학과 교수, Ph.D.
jdchoi@kangwon.ac.kr, 033-250-6464

1. SRI 농법이란 무엇인가?

필리핀에 본부를 두고 있는 국제미작연구소(IRRI)는 2004년에 21세기 논농업의 연구개발 목표로 농지의 생산성 증대(higher yield), 관개용수의 효율성 증대(more crop per drop), 영세농을 위한 저비용 고생산 농업기술 개발, 환경친화적 재배기술 개발, 병충해 저항성 증대기술 개발, 기후변화 대응성의 향상, 쌀의 품질개선, 그리고 농민의 수익성 개선 등 8가지를 제시하였다. 이와 같은 8가지의 목표를 만족시킬 수 있는 논벼 재배방법 중의 하나는 SRI(System of Rice Intensification)이다. SRI를 번역하면 “벼 재배 강화농법”이다. SRI와 함께 최근에 동남아시아에서 각광받는 논벼 재배방법은 AWD(Alternate Wetting and Drying)이다. AWD는 말 그대로 논바닥을 얇게 담수시켰다 말렸다는 반복하는 간단관개이다. SRI에서 요구하는 물관리와 동일한 개념의 관개방법이다.

SRI는 실체가 없는 벼농사 방법으로 농민들의 경험과 과학적 관측사실을 종합하여 정립된 일련의 원칙으로 구성되어 있다. SRI는 벼의 성장환경을 개선하여 생산성을 증대하는 방법이지 첨단 농업기술을 이용하는 방법은 아니다. 그리고 SRI는 현재도 세계의 많은 나라에서 과학적인 실험을 통하여 지속적으로 개선되고 있다. SRI 보급 초기에는 농민들에게 다음과 같이 6가지 원칙을 준수하도록 요청하였다: ① 어린묘(5~7 cm)의 사용, ②

이앙시 뿌리가 절단되거나 마르는 등의 피해를 최소화, ③ 포기당 1주의 어린모를 가급적 넓은 30 cm 이상의 간격으로 이앙, ④ 토양수분은 포화된 상태를 유지하나 지속적인 담수는 지양(비담수재배), ⑤ 토양의 통기성 개선, 그리고 ⑥ 토양의 유기물 함량 증대(유기비료 사용). 그러나 현재는 다음의 4가지 원칙을 준수하도록 요구하고 있다: ① 건강한 어린모의 육성(이앙 또는 직파재배), ② 25 cm 이상의 이앙간격 유지, ③ 토양의 유기물 함량 증대, 그리고 ④ 세심한 간단관개, 즉 영양생장기(vegetative period)는 간단관개 그리고 생식생장기(reproductive period)는 간단관개 원칙이나 다소 많은 관개량 공급.

우리나라 논 농업의 특성상 위의 6가지 또는 4가지의 SRI 원칙이 적용될 가능성은 매우 낮다. 그러나 SRI 물관리 방법인 간단관개는 기존의 담수관개에 비하여 많은 양의 관개용수를 절약할 수 있는 방법이다. 따라서 우리나라에서는 미래의 물부족에 대비하여 쌀 증산이 목적은 될 수 없을 지라도 SRI 농법을 통해 관개용수를 절약하여 제한된 수자원을 효율적인 활용하는데 기여할 수 있는 방법을 찾아볼 수 있다는 생각이다.

2. SRI의 효과

SRI의 효과는 인도, 중국, 인도네시아 등 아시아 국가에서 주로 측정되었다. 이들 효과를 요약하면 50~100% 이상까지의 생산성 향상(동남아시아

아 저개발국가의 생산성 기준), 20~50%까지 관개용수의 절약, 초기 투자비용의 최소화, 농업화학물질 사용의 최소화, 병충해 저항성의 증대, 가뭄저항성과 도복저항성의 증대, 미질의 향상, 그리고 10~20%의 생산비 절감 등이다. 태국에서는 SRI 물관리와 동일한 AWD 농법을 크게 장려하여 AWD 농법은 2016년 현재 이미 6천4백만 ha에 보급되어 있다. 태국의 AWD 효과는 범씨 70% 감소, 관개용수 25~35% 절약(8억5천만톤의 용수절약), 비료 50% 절약, 노동력과 생산비 50% 절약 등의 효과를 보고 있다. 이와 같은 공로로 INWEPF 태국 위원회는 2016년 11월 태국의 치앙마이에서 개최된 제2회 ICID 세계관개포럼(WIF2)에서 ICID WatSave Award 2016을 수상하였다.

우리나라에서도 논을 담수관개에서 간단관개로 전환하면 용수절약뿐만 아니라 비점오염원과 온실가스인 메탄가스의 발생량을 크게 줄일 수 있다는 장점도 있다. 외국에서 SRI의 가장 큰 장점 중의 하나인 관개용수 절약은 20~50% 범위라고 밝혀졌다. 우리나라에서 본 저자가 3년 동안 SRI를 시험재배했을 때, 시험포 단위에서 관개용수 절약은 3년 평균 49%에 달했다. 이를 관개지구단위로 확대를 하면 우리나라에서도 20~35% 정도의 관개용수가 절약될 수 있다는 판단도 들었다. 관개용수 외에 농업비점오염원과 온실가스 배출저감효과는 더욱 매력적이다. 이 분야의 필지단위 연구는 본 저자가 거의 세계 최초로 시도하여 국제적으로도 많은 호평을 받고 있다. 2013년 터키의 마르딘에서 개최된 ICID 제1회 세계관개포럼(WIF1)에서 본 저자가 발표한 SRI 논문은 세션 최우수 논문으로 선정되어 Irrigation and Drainage Special Issue(Vol. 63:263-270)에 게재되기도 했다. SRI와 관련하여 본 저자가 국내외 논문집에 게재한 4편의 논문은 참고문헌에 수록

하였다.

본 저자가 강원도 춘천시 소재 강원대학교 농장에 시험포를 조성하고 2010~2012년 3년 동안 실험한 SRI 물관리 방법의 비점오염저감 효과와 온실가스 저감효과는 매우 고무적이다. 비점오염 저감효과는 3년 동안 측정된 자료의 평균이고 온실가스 저감효과는 2년 동안 측정된 자료의 평균이다. Table 1은 관행(CT)과 SRI 시험포의 3년 평균 비점오염원의 농도를 비교한 표이다. SRI 시험포 논은 비점오염원 농도는 관행시험포 논에 비하여 BOD 31.0%, SS 42.6%, CODMn 27.6%, TN 13.5%, TP 29.2% 등 13.5%~42.6%의 저감효과를 보였다. Table 2는 관행(CT)과 SRI 시험포의 3년 평균 비점오염원의 부하를 비교한 표이다. SRI 시험포 논은 비점오염원 부하는 관행시험포 논에 비하여 BOD 43.9%, SS 35.6%, CODMn 34.4%, TN 23.0%, TP 36.4% 등 23.0%~43.9%의 저감효과를 보였다. 논물에 포함되어 있던 영양염류와 유기물 등이 비점오염물질은 논 바닥이 마르면 토양에 흡착되거나 달라붙게 된다. 이렇게 흡착되거나 달라붙은 비점오염물질은 다시 관개를 하여 담수가 되어도 빠르게 용출되지 않아 유출수의 농도가 줄어드는 것으로 판단된다. 비점오염부하는 농도와 유출량의 곱으로 산정된다. SRI 시험포의 유출량은 관행시험포보다 작기 때문에 SRI 시험포의 비점오염부하는 농도보다 더 크게 줄어들었다.

Table 3은 관행(CT)과 SRI 시험포에서 2년 동안 측정된 메탄가스(CH_4)과 아산화질소(N_2O)의 배출량이다. 아산화질소는 토양이 건조되며 호기성으로 바뀌면 발생량이 증가한다. 반면에 메탄가스는 토양이 호기성으로 바뀌면 발생량이 감소한다. 아산화질소의 온실가스(GHG, green house gas) 효과가 메탄가스보다 높지만, 메탄가스의 감

Table 1. Comparison and reduction of 3-year average concentration of NPS pollutant from SRI plots compared with that from conventional plots

Water quality index		BOD	SS	COD _{Mn}	T-N	T-P
2010	CT(mg/L)	3.0±0.9	159±146	10.7±5.4	4.4±1.9	0.56±0.2
	SRI(mg/L)	2.0±1.5	89.4±90.1	7.5±3.7	4.2±2.0	0.4±0.2
	Reduction SRI:CT	33.90%	43.70%	29.70%	3.00%	32.10%
2011	CT(mg/L)	3.6	59.2	8.2	5.09	0.45
	SRI(mg/L)	2.55	33.8	5.75	4.13	0.34
	Reduction SRI:CT	29.20%	42.90%	29.90%	19.00%	25.60%
2012	CT(mg/L)	4.4	88.5	10.7	5.77	0.47
	SRI(mg/L)	3.1	52.1	8.3	4.7	0.33
	Reduction SRI:CT	30.00%	41.10%	23.10%	18.60%	29.80%
Average reduction(%)		31.0	42.6	27.6	13.5	29.2

Table 2. Comparison and reduction of 3-year average load of NPS pollutant from SRI plots compared with that from conventional plots

Water quality index		BOD	SS	COD _{Mn}	T-N	T-P
2010	CT	23.2	1,444	71.7	43.8	3.76
	SRI	12.96	874	47	36.9	2.92
	Reduction SRI:CT	44.10%	39.50%	34.40%	15.80%	22.30%
2011	CT	56.8	1,031.40	119.8	77	5.8
	SRI	30.7	583.4	70.1	56.1	3.5
	Reduction SRI:CT	46.00%	43.40%	41.50%	27.10%	39.70%
2012	CT	32.1	434	87.3	37.81	2.99
	SRI	18.73	329.7	63.4	27.93	1.58
	Reduction SRI:CT	41.70%	24.00%	27.40%	26.10%	47.20%
Average reduction(%)		43.9	35.6	34.4	23.0	36.4

Table 3. Green house gas(GHG) emission comparison and reduction by SRI water management compared with conventional practice

Treatment and Year		Growing season emission(kg/ha)		CO ₂ equivalent (ton/ha)	Reduction (%)
		CH ₄	N ₂ O		
CT (conventional)	2011	458.4	0.000028	14.2	—
	2012	367.2	0.0036	7.71	—
	Average	412.8	0.0018	11.0	—
SRI	2011	126.8	0.074	4.0	71.8
	2012	64.9	0.006	1.36	82.4
	Average	95.9	0.04	2.68	77.1

소량이 아산화질소의 증가량보다 훨씬 크기 때문에 탄산가스 환산량(CO₂-equivalent) 산정된 GHG 배출량은 감소된다. 본 연구에서 SRI 시험포의 2년 평균 GHG 감소율은 관행시험포에 비해 77.1%이었다.

메탄가스는 탄산가스보다 온실효과가 매우 큰 온실가스이다. 우리나라의 농업중 경종분야에 발생하는 온실가스(탄산가스로 환원한 무게)의 양은 12,024 천톤이다. 이중 논에서 6,252 천톤이 발생된다. 상시답수 논에서 3,782 천톤 그리고 간단관개 논에서 2,470 천톤으로 논의 토양이 일시적이거나 호기성 상태를 유지할 수 있는 논에서 온실가스의 발생량이 크게 감소한다(노기안 등, 2009). 따라서 SRI 농법은 토양을 호기성 상태로 유지하는 시간이 길기 때문에 메탄가스의 발생량을 획기적으로 저감시켜 지구온난화 방지도 큰 기여를 할 수 있다.

3. SRI의 과제

우리나라의 쌀 생산기술은 매우 발전되어 있고 또한 현재는 쌀의 공급이 수요보다 많기 때문에 쌀 증산보다는 향후 물부족 사태에 대비하기 위한 관

개용수 저감기술의 개발이 절실하다. 관개용수를 줄일 수 있는 방법은 여러 가지가 있을 수 있다. 현재 개수로인 용수로로 관수로화할 수 있다면 Fig. 1과 같은 자동물꼬를 설치하여 관개용수를 획기적으로 줄일 수도 있다. 그러나 용수로의 관수로화는 상당한 시간이 소요될 수 있을 것이다. 막대한 예산이 요구되는데 반하여 쌀 공급은 수요보다 많기 때문에 예산부서에서 예산을 배정해 주기 어려울 수 있기 때문이다. 반면에 SRI 물관리 방법은 관개용수를 20~50%까지 절감할 수 있는 기술로 이미 입증되었으므로 우리나라에서도 물 관리차원에서 SRI 물관리 방법을 도입할 필요가 있다. 우리나라는 농업용수의 10%만 절감하여도 농업용수 54%, 생활용수 22%를 대체(허승오 등, 2009)할 수 있을 정도로 논 농업에서 관개용수 절감기술은 매우 중요한 연구개발 과제가 될 수 있다. 답수재배를 기본가정으로 수행하고 있는 현재의 벼 재배기술로는 관개용수를 절감하는데 한계가 있다. 따라서 비답수재배를 기본가정으로 하는 SRI 재배기술을 적용하여 관개용수 절감기능성뿐만 아니라 비점오염원과 온실가스 저감을 동시에 달성할 수 있는 SRI 물관리 기술을 전국적으로 평가하기 위한 연구가 향후 중요한 과

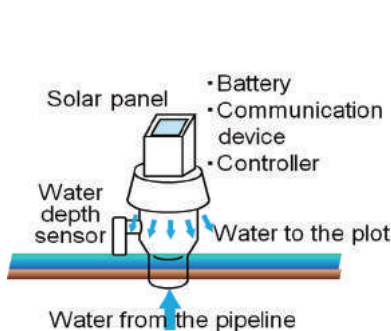


Fig. 1. Automated irrigation gate installed on pressurized irrigation pipe and application example photo(Source: Toshiaki Iida, The University of Tokyo, PAWEES 2016 Conference, Daejeon, Republic of Korea)

제가 될 수 있다. 특히, 우리나라의 선진화된 ICT 기술과 SRI 물관리 기술이 융합될 수 있다면 논의 관개용수 절감기술은 세계를 선도할 수 있는 첨단 기술이 될 수밖에 없으며 또한 이들 기술의 해외 진출 가능성도 매우 높다고 볼 수 있다. 또한 논의 비점오염원 유출 및 온실가스 배출과 관련된 실험은 국제적으로도 아직 초기단계의 연구가 진행되고 있다. 따라서 이 분야에서 연구가 이루어질 수 있다면 국제적으로도 선도적인 역할을 할 수 있다. 따라서 SRI 물관리 기술, ICT, 비점오염원 저감, 온실가스 배출 저감 등의 키워드가 융합되는 연구와 정책개발은 농업수자원을 담당하는 모든 연구자, 기술자 및 사업가들에게 국내외적으로 도약할 수 있는 좋은 기회가 될 수 있고 향후 극복해야 할 과제이다.

참고문헌

- 김건엽, 이슬비, 이종식, 최은정, 유종희, 박운지, 최종대. 2012. 논에서 SRI(System of Rice Intensification) 물 관리 방법을 적용한 온실가스 저감 효과. Korean J. Soil Sci. Fert. 45(6):1173-1178
- 노기안 등, 2009, 질소수지에 의한 환경특성과 영농방법별 벼농사의 수질영향 평가, 한국토양비료학회
- 허승호 등, 2009, 물부족 대비 농업용수 절약 방안 포럼, 농촌진흥청 국립농업과학원
- Joong-Dae Choi, Woon-Ji Park, Ki-Wook Park, Kyong-Jae Lim. 2013. Feasibility of SRI methods for reduction of irrigation and NPS pollution in Korea. Paddy Water Environ 11:241-248
- Joongdae Choi, Gunyeob Kim, Woonji Park, Minhwan Shin, Yonghun Choi, Suin Lee, Deogbae Lee, Dongkoun Yun. 2015. Effect of SRI methods on water use, NPS pollution discharge, and GHG emission in Korean trials. Paddy Water Environ 13:205-213
- Joongdae Choi, Gunyeob Kim, Woonji Park, Minhwan Shin, Yonghun Choi, Suin Lee, Sunjoo Kim, Dongkoun Yun. 2014. Effect of SRI Water management on water quality and greenhouse gas emissions in Korea. Irrig. and Drain. 63: 263-270
- Styger, E. 2014. System of Rice Intensification Research: a Review. Presentation at the International Rice Congress. Oct. 31, 2014.

농업용저수지의 홍수조절 영향인자 분석

우재열* · 최재희**

Analysis of Reservoir Routing Factors for Agricultural Reservoirs

Jaeyeol Woo* · Jaehye Choi**

This study was conducted to analysis reservoir routing factors(e.g., total storage, watershed area, area of full water, time of concentration, spillway size) for agricultural reservoirs. The contents of this study are as follows: 1) The correlation analysis between reservoir routing volume and reservoir routing factors(e.g., total storage, watershed area, area of full water, time of concentration, spillway size) were conducted. 2) The multiple regression equations of the reservoir routing volume were expressed as the functions of reservoir routing factors.

Keywords: agricultural reservoirs; reservoir routing; rcorrelation coefficients; multiple regression equations

1. 서론

일반적으로 농업용저수지 정밀안전진단에 적용하는 홍수량 기준은 『농업생산기반정비사업 계획설계기준(필댐편), 2002.』에 따라, 저수지의 물넘이 설계에 사용되는 홍수량은 200년 빈도 홍수량, 기왕최대홍수량, 지역최대홍수량 중에서 큰 값을 선택하며 필댐의 경우 이 값에 20%를 가산한 값을 사용하고 있다. 또한, 물넘이의 설계기준 홍수량으로 필댐의 경우, 200년 빈도의 저수지 유입 홍수량의 120%를 채택하여 저수지 추적에 의한 방류량으로 적용하고 있다.

저수지 추적에 의한 방류량은 저수지의 저류효과로 홍수조절 기능을 하여 일반적으로 최대유입량보다 최대방류량이 적으며, 최대방류량은 저수지 단면검토(여수로) 홍수량으로 사용되고 있다.

농업용저수지의 홍수조절 효과는 유입홍수량에 대하여 총저수량, 유역면적, 만수면적, 도달시간 및 물넘이 규모 등의 홍수조절 영향인자에 의해 결정되고 있다.

농업용저수지의 정밀안전진단은 총저수량 30만 m^3 이상의 저수지에 대해서는 5년 주기로 의무적으로 수행하고 있으며, 안전성검토의 중요사항인 저수지 홍수방어능력 검토에는 홍수조절 효과를 적용하고 있다. 한국농어촌공사에서는 매년 약 600지구에 대하여 정밀점검 및 정밀안전진단을 수행하고 있으며, 대부분 외주용역이나, 비교적 규모가 큰 80여개 저수지에 대한 정밀안전진단은 자체적으로 분석하고 있다. 본 연구는 한국농어촌공사 2015년 자체 시행한 73지구에 대한 정밀안전진단 보고서로부터 자료를 수집하여, 농업용저수지 홍수조절 효과에 영향을 미치는 영향인자

* (주)이산 안전진단부 부사장 (wjy0@daum.net)

** (주)이산 안전진단부 전무 (choijh9988@naver.com)

들을 결정하였으며, 홍수조절량(최대유입량-최대방류량)과 홍수조절 영향인자들과의 상관분석 및 회귀분석을 시행하였다. 홍수조절량 영향인자를 대상으로 상관계수를 분석하여 홍수조절량과의 상관관계 강도를 추정하였으며, 회귀분석을 통하여 홍수조절량을 추정할 수 있는 관련식을 도출하였다.

II. 연구방법

연구방법에 대한 Flow Chart는 Fig. 1과 같이 대상지구 선정(73지구), 자료수집(총저수량, 유역면적, 만수면적, 도달시간, 물넘이 규모), 상관분석, 회귀분석, 최적의 회귀식 결정의 순서로 시행하였다. Fig. 2는 전남 구례에 위치한 문수저수지의

저수지 홍수조절 영향인자의 중요한 요소인 만수면적과 물넘이 규모를 나타내고 있다.

1. 대상지 선정

홍수조절량과 홍수조절량 영향인자들과의 상관분석 및 회귀분석을 위하여 2015년 한국농어촌공사 기술안전품질원에서 시행한 정밀안전진단 73지구의 자료를 수집하였다. 한국농어촌공사 정밀안전진단보고서를 통하여 홍수조절량(최대유입량-최대방류량), 총저수량, 유역면적, 만수면적, 도달시간, 물넘이 규모에 대한 자료를 적용하였다. 대상지구의 위치는 전남이 가장 많았으며, 다음으로는 경북, 전북 순으로 나타났다. 시설물의 규모는 30만 m^3 이하가 가장 많았으나, 비교적 고른 분포를 나타내고 있다.

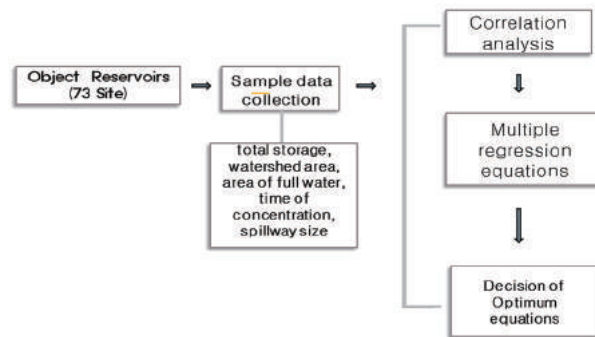
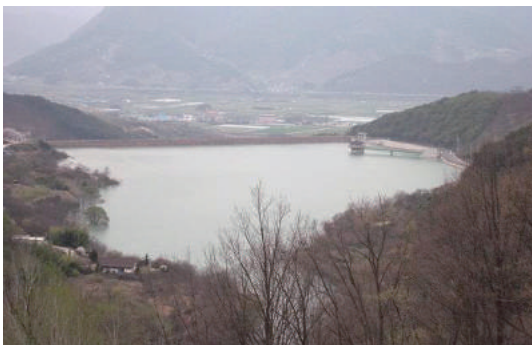


Fig. 1. Flow Chart



(a) Panorama of agricultural reservoir



(b) Panorama of chute spillway

Fig. 2. Panorama of agricultural reservoir and chute spillway

Table 1. Distribution of study reservoirs

Total	Gyeonggi	Gangwon	Chungbuk	Chungnam	Jeonbuk	Jeonnam	Gyeongbuk	Gyeongnam	Jeju
73	3	5	8	4	2	28	16	7	—

Table 2. Classification of study reservoirs according total reservoir storage

Total	Over 1 million ^{m³}	1 million~0.5 million ^{m³}	0.5 million~0.3 million ^{m³}	Less then 0.3 million ^{m³}
73	19	15	14	25

Table 3. Catagories of study reservoirs

Reservoirs	Location	Total storage (tho. m ³)	Watershed area(ha)	Area of full water(ha)	Time of concentration (hr)	Spillway size (L)	Reservoir routing volume(m ³ /s)
Jang An	Daejeon	1,015.8	700.0	13,120	1.48	137.00	21.17
Bok An	Ulsan	2,410.0	790.0	22,000	0.81	42.00	28.49
Kwang Hae	Gyeonggi	4,196.0	1,040.0	50,100	1.22	63.00	28.43
Cheong Yong	Gyeonggi	120.1	730.0	16,600	1.16	31.10	13.90
Du Chang	Gyeonggi	122.7	287.0	18,400	0.9	45.00	17.90
Sam In Dong	Gyeonggi	303.0	328.0	9,000	0.7	15.00	16.76
Deo Gu	Gyeonggi	354.9	2,270.0	82,700	4.36	20.40	91.70
San Myeong Ho	Gangwon	3,720.7	4,670.0	73,990	4.54	97.00	4.82
No Cheon	Gangwon	492.0	490.0	8,240	0.848	35.00	1.92
Cheong Ryang	Gangwon	705.7	930.0	11,960	1.18	72.00	2.15
Eo Cheon	Chungbuk	460.0	218.0	4,000	0.77	19.00	0.76
Yong Am	Chungbuk	43.2	204.0	9,300	0.55	27.00	11.48
Geum Seok	Chungbuk	3,838.0	717.0	41,020	0.76	40.00	75.07
Yong Gye	Chungbuk	4,259.0	748.0	46,000	0.97	42.00	28.02
Ha Dang	Chungbuk	532.0	210.0	6,800	0.63	18.00	18.04
Baek Gok	Chungbuk	34.2	217.0	4,900	0.7	16.00	3.49
Kwang Wol	Chungbuk	676.0	400.0	8,800	0.88	33.00	3.50
Mok Mi	Chungbuk	43.6	153.0	6,100	0.53	15.00	11.36
Cheong Lim	Chungnam	691.0	480.0	9,830	0.74	43.00	17.46
Ilm Hwa	Chungnam	494.5	191.0	8,200	0.93	20.00	2.31
Mi Po	Chungnam	1,221.4	590.0	20,800	0.37	5.00	3.65
Gu Sang	Jeonbuk	438.0	151.0	4,300	0.9	30.00	3.44
Yang Sin	Jeonbuk	1,020.0	245.0	13,900	0.14	41.00	28.94
Wol Gok	Jeonnam	2,249.0	540.0	22,500	0.73	36.00	13.17
Nam Seong	Jeonnam	366.0	288.0	13,310	1.15	48.00	14.60
Baek Un	Jeonnam	4,436.0	4,856.0	81,800	2.07	128.00	54.30
Bang Gwang	Jeonnam	49.6	1,160.0	12,040	0.88	12.00	5.76
Song Am	Jeonnam	354.5	218.0	19,600	1.09	25.20	15.81
Oe Dong	Jeonnam	187.3	810.0	22,600	1.45	78.00	5.29
Sin Bang	Jeonnam	402.7	141.0	7,140	0.56	11.00	4.40

Reservoirs	Location	Total storage (tho. m³)	Watershed area(ha)	Area of full water(ha)	Time of concentration (hr)	Spillway size (L)	Reservoir routing volume(m³/s)
Yeong Cheon	Jeonnam	2,660.0	725.0	35,070	1.18	50.00	20.54
Yul Eo	Jeonnam	931.1	570.0	12,710	0.69	50.00	3.17
Il Bong	Jeonnam	351.3	375.0	5,790	0.65	38.00	2.35
Im Su	Jeonnam	583.1	200.0	7,330	0.57	13.00	14.94
Chil Dong	Jeonnam	2,061.5	697.0	14,660	0.87	45.00	15.82
Hae Pyeong	Jeonnam	1,892.1	480.0	23,170	0.75	26.00	43.53
Dong Gyo	Jeonnam	715.0	340.0	5,760	0.526	29.80	5.50
Yong Gok	Jeonnam	506.0	360.0	5,460	0.88	21.80	3.37
Gwan Ki	Jeonnam	783.3	365.0	28,130	1.121	41.00	10.13
Yeon Hwa	Jeonnam	515.3	157.0	5,710	0.736	15.00	1.45
Yong Am	Jeonnam	783.0	402.0	11,800	0.75	36.00	10.28
Bul Mok	Jeonnam	522.3	238.0	8,380	0.87	25.50	2.32
Dong Chon	Jeonnam	58.1	145.0	7,700	0.47	19.00	8.74
Seong San	Jeonnam	78.6	317.0	10,930	1.01	38.00	3.52
Eo Eun	Jeonnam	60.4	170.0	24,000	0.76	40.00	17.13
Jo Yang	Jeonnam	69.4	463.0	7,700	0.92	40.00	2.55
Dun jeon	Jeonnam	1,760.8	725.0	79,710	1.00	30.90	56.41
Song San	Jeonnam	225.1	476.0	35,090	0.68	44.00	32.75
Yang Chon	Jeonnam	4,522.0	1,776.0	60,600	1.11	110.00	39.97
So Wol	Gyeongbuk	2,066.0	1,517.0	28,500	0.9	15.00	22.20
Mul Cheon	Gyeongbuk	348.0	240.0	6,980	0.671	20.00	2.27
Song Jeon	Gyeongbuk	385.0	503.0	9,260	0.759	45.00	3.11
Heum Kok	Gyeongbuk	351.0	330.0	4,230	0.755	36.00	0.57
Sin Dong	Gyeongbuk	82.7	290.0	10,300	0.86	21.00	8.10
Ok Gye	Gyeongbuk	31.9	152.0	3,750	1.55	16.00	2.10
Go Mae	Gyeongbuk	92.8	387.0	8,280	0.66	20.00	9.78
Song Ji	Gyeongbuk	50.7	415.0	3,750	0.83	21.00	4.50
Uol Kok	Gyeongbuk	55.8	580.0	7,940	1.41	56.40	1.60
Sun Heung	Gyeongbuk	2,528.0	2,550.0	24,380	1.57	72.00	5.20
Geum Dang	Gyeongbuk	185.2	1,455.0	17,380	1.20	45.00	17.50
Geum Cheon	Gyeongbuk	870.0	210.0	7,950	0.74	17.00	10.13
Gim Cheon	Gyeongbuk	767.0	290.0	10,100	0.65	24.00	19.75
U San	Gyeongbuk	753.0	160.0	8,300	0.61	18.00	5.59
Du Man	Gyeongbuk	36.9	470.0	6,010	1.02	28.00	1.31
Yu Hak	Gyeongbuk	49.9	425.0	7,780	1.09	42.00	1.51
Ma Buk	Gyeongbuk	6,225.0	1,600.0	43,470	1.36	67.00	58.42
Yong Gok	Gyeongbuk	1,506.0	2,063.0	22,700	0.55	17.00	8.74
Seok Gye	Gyeongnam	127.0	200.0	9,450	0.67	50.00	10.13
Ga San	Gyeongnam	79.8	80.0	13,230	0.58	16.00	13.15
Uol Jeong	Gyeongnam	52.8	220.0	5,600	0.69	20.00	4.91
Muk Gye	Gyeongnam	246.8	2,250.0	15,630	0.92	78.00	3.66
Ok Jong	Gyeongnam	338.5	905.0	19,440	1.17	43.00	9.43
Guk Rang	Gyeongnam	126.5	450.0	11,030	0.83	44.00	3.72

2. 저수지 홍수추적 기본이론

상류의 수문곡선이 하도나 저수지를 통해 하류로 이동해 감에 따라 어떻게 변화하는가를 분석하는 과정으로 하도나 저수지를 통한 홍수파의 이동과 시간적인 변화 및 감소는 수문순환 과정에서 치수와 관련하여 중요하며, 홍수파의 시간적 및 공간적인 변화를 예측하기 위해서는 홍수추적(Flood Routing)의 이론 및 실제적인 면을 이해하는 것이 필요하다.

홍수추적방법은 강우가 주어질 경우에 유역으로부터 유출수문 곡선을 예측하는데 사용된다.

가. 홍수추적의 분류

1) 수리학적 홍수추적

홍수파의 흐름해석을 수리학적으로 나타내는 편미분 연속방정식 및 운동방정식에 경계조건을 적용하여 풀이하는 방식으로 수문학적 홍수추적에 비하여 다소 복잡하다.

2) 수문학적 홍수추적

저류개념을 나타내는 저류방정식을 해석하는 방식으로 저수지추적(Reservoir Routing), 하도추적(Channel Routing), 유역추적(Watershed Routing)로 구분할 수 있다.

- 저수지 추적(Reservoir Routing)

저수지의 홍수조절효과 분석 및 홍수조절용량 결정하고, 댐, 여수로의 규모 등 댐 부속구조물의 수리학적 설계를 위한 설계 수문량 산정하는데 적용한다.

- 하도추적(Channel Routing)

하도가 홍수파에 미치는 저류효과를 분석, 하천개수 계획의 수립에 기준이 되는 설계수문량을 산

정하는데 적용한다.

- 유역추적(Watershed Routing)

자연하천유역의 홍수 저류효과를 고려하여 유역출구지점에서 홍수유출 수문곡선을 예측함으로써 수공구조물의 설계홍수량을 산정하는데 적용한다.

나. 기본방정식(저류방정식)

저수지의 홍수조절효과 분석 및 홍수조절용량 결정은 수문학적 홍수추적의 저수지 추적에 해당되며 기본이론은 Fig. 3과 같다.

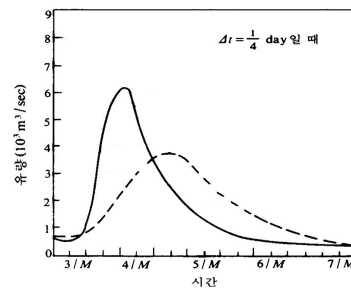


Fig. 3. Basic theory of the reservoir routing

$I - O = dS/dt$: 저류량의 변화율은 유입량과 유출량의 차이

$$I_m - O_m = \Delta S / \Delta t$$

여기서, Δt : 추적시간(routing period),

I_m : 평균유입량, O_m : 평균유출량

따라서 홍수추적의 일반식은 다음과 같이 유도할 수 있다.

$$(I_1 + I_2) / 2 \times \Delta t - (O_1 + O_2) / 2 \times \Delta t = S_2 - S_1$$

3. 홍수조절 영향인자 결정

농업용저수지 정밀안전진단의 기본이 되는 『농업생산기반정비사업 계획설계기준(필댐편), 2002.』

에 의하면 농업용저수지의 홍수조절량에 대하여 다음과 같이 서술하고 있다.

저수지에 홍수가 유입되면 유입량의 일부가 저수지에 저류되는데, 유입홍수량과 유출홍수량의 차이가 홍수조절량이 되며, 저수지를 통한 홍수조절 방법은 단순하지는 않아, 일반적으로 다음과 같은 경우에 적용한다.

- ① 유역면적이 5 km² 이하이거나 홍수도달시간이 1시간 미만인 농업용 저수지의 경우, 원칙적으로 홍수조절용량을 고려하지 않는다.
- ② 만수면적이 유역면적의 1/30 보다 크고 홍수도달시간이 상당히 긴 경우에는 홍수조절을 고려한다.

따라서, 관련도서를 참고하여 만수면적, 유역면적, 도달시간과 저수지 규모를 결정하는 총저수량 및 방류량을 결정하는 물넘이 규모를 홍수조절 영향인자로 결정하였다.

홍수조절량(최대유입홍수량-최대방류량)은 한국농어촌공사에서 저수지 설계 및 안전진단에 사용하고 있는 저수지치수관리시스템(FCSR)으로 산출하였다. 지구별로 다소 상이한 강수량, 수문계수 및 도달시간 적용공식은 고려하지 않았다.

4. 상관분석 및 회귀분석

상관분석(Correlation Analysis)은 확률론과 통계학에서 두 변수간에 어떤 선형적 관계를 가지고 있는지를 분석하는 방법이다. 두 변수는 서로 독립적인 관계로 부터 서로 상관된 관계일 수 있으며 이때 두 변수간의 관계의 강도를 상관관계(Correlation)라 한다.

상관관계의 정도를 파악하는 상관계수(Correlation coefficient)는 두 변수간의 연관된 정도를 나타내며, 상관관계가 $0 < \rho \leq +1$ 이면 양의 상관,

$-1 \leq \rho < 0$ 이면 음의 상관, $\rho=0$ 이면 무상관이라고 한다. 상관계수의 판단근거는 Table 4와 같다.

Table 4. Interpretation of correlation coefficient

Correlation coefficient	Strength of correlation interrelation
0.9 ~ 1.0	Very Highly correlated
0.7 ~ 0.9	Highly correlated
0.4 ~ 0.7	Moderately correlated
0.2 ~ 0.4	Little correlated
0.0 ~ 0.2	Uncorrelated

회귀분석(Regression analysis)은 통계학에서 관찰된 연속형 변수들에 대해 독립변수와 종속변수 사이의 인과관계에 따른 수학적 모델인 선형적 관계식을 구하여 어떤 독립변수가 주어졌을 때 이에 따른 종속변수를 예측한다. 또한 이 수학적 모델이 얼마나 잘 설명하고 있는지를 판별하기 위한 적합도를 측정하는 분석 방법이다.

1개의 종속변수와 1개의 독립변수 사이의 관계를 분석할 경우를 단순회귀분석(Simple Regression Analysis), 1개의 종속변수와 여러 개의 독립변수 사이의 관계를 규명하고자 할 경우를 다중회귀분석(Multiple Regression Analysis)이라고 하며, 회귀모형이 적합한지 확인하기 위해 결정계수 R²을 사용한다. 이는 회귀모형의 독립변수가 종속변수 변동의 몇 %를 설명하고 있는지를 나타내는 지표로 사용된다.

III. 결과 및 고찰

1. 상관분석

홍수조절량과 홍수조절 영향인자 사이의 상관계수는 Table 5와 같다.

Table 5. Coefficient of correlation between reservoir routing volume and reservoir routing factors

Division	Reservoir routing volume	Watershed area	Total storage	Area of full water	Time of concentration	Spillway size
Reservoir routing volume	1					
Watershed area	0.348783	1				
Total storage	0.562022	0.566191	1			
Area of full water	0.758068	0.714168	0.687259	1		
Time of concentration	0.354638	0.700581	0.279946	0.646687	1	
Spillway size	0.225613	0.611897	0.495405	0.472357	0.422854	1

홍수조절량에 대한 총저수량의 상관계수가 $R=0.56$ “다소 높은 상관관계”를 나타내고 있으며, 홍수조절량에 대한 만수면적의 상관계수가 $R=0.76$ “높은 상관관계”를 나타내고 있다. 따라서, 홍수조절량에 대하여 홍수조절 영향인자 중 만수면적이 가장 상관성이 높은 것으로 판단된다. 홍수조절량과 도달시간에 대한 상대적으로 낮은 상관계수는 도달시간 산정공식이 지구별론 상이하여 발생한 것이 원인이라고 판단된다.

유역면적에 대하여는 총저수량, 만수면적, 도달시간 및 물넘이 규모에 대하여 대체적으로 다소 높은 또는 높은 상관관계를 나타내는 것으로 분석되었다.

가장 상관관계가 높은 홍수조절량과 만수면적에 대한 회귀식은 식(1)과 같다.

$$R_V = 0.7075A_F + 1.4349 \quad (1)$$

(R_V : 홍수조절량, A_F : 만수면적, $R = 0.76$, 유의확률(P) ≤ 0.05 , 대상지구 73)

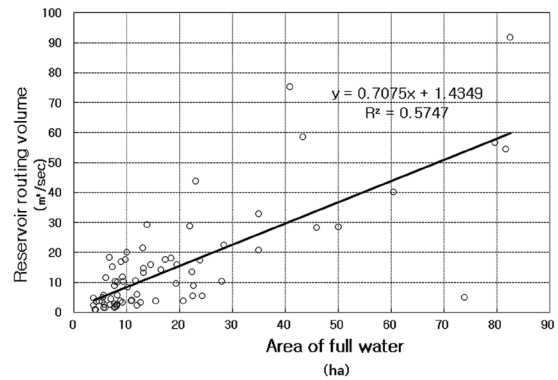


Fig. 4. Regression equations between reservoir routing volume and area of full water

Table 6. Reservoir routing volume for area of full water

Area of full water (ha)	Reservoir routing volume (m³/s)	Area of full water (ha)	Reservoir routing volume (m³/s)
5	4.97	45	33.27
10	8.51	50	36.81
15	12.05	60	43.88
20	15.58	70	50.96
25	19.12	80	58.03
30	22.66	90	65.11
35	26.2	100	72.18
40	29.73		

2. 다중회귀분석

홍수조절량과 홍수조절 영향인자 사이의 다중회귀분석은 Table 7과 같다.

Table 7. Multiple regression equations between reservoir routing volume and reservoir routing factors

Step	Multiple regression equations	P-Value	Ru
Step1	$R_V = -0.0075A_W + 0.0019S_T + 0.0019A_F - 0.8115T_C - 0.0476S_L + 3.6160$	A_W	0.0042
		S_T	0.2035
		A_F	<0.0001
		T_C	0.7895
		S_L	0.4544
Step2	$R_V = -0.0079A_W + 0.9695A_F + 2.1110$	A_W	0.0002
		A_F	<0.0001
Step3	$R_V = 0.7075A_F + 1.4349$	A_F	<0.0001
			0.59353
			0.62041
			0.55070

여기서, R_V : 홍수조절량(m^3/S), A_W : 유역면적(ha),
 S_T : 총저수량(천 m^3), A_F : 만수면적(ha),
 T_C : 도달시간(hr), S_L : 여수로 규모(m)

독립함수 선택기준(R_u)(Ueda et al., 2004)을 판별식으로 선정하여 이 값이 최대인 경우를 최적의 식으로 판단하였다.

$$R_U = 1 - (1 - R^2) \frac{n + k + 1}{n - k - 1} \quad (2)$$

여기서, R^2 는 결정계수, n 은 관측수, k 는 자유도
 유의확률(P)이 큰 값 순서로 제거하는 소거법으로 단계별로 분석하였으며, 최적의 식은 R_u 최대가 되는 Step 2의 $R_u=0.62041$ 을 채택하였다. Step 2식은 홍수조절량이 만수면적과 유역면적의 함수로 표현되고 있다.

홍수조절량과 만수면적 및 유역면적에 대한 회귀식은 식(3)과 같다.

$$R_V = -0.0079A_W + 0.9695A_F + 2.1110 \quad (3)$$

(R_V : 홍수조절량, A_F : 만수면적, A_W : 유역면적, 유의확률(P) ≤ 0.05 , 대상지구 73)

홍수조절량에 대한 상관관계가 가장 높은 만수면적에 대하여 만수면적별(20ha, 30ha, 40ha, 50ha, 60ha) 유역면적(X축)에 대한 홍수조절량(Y축) 곡선은 Fig. 5와 같다.

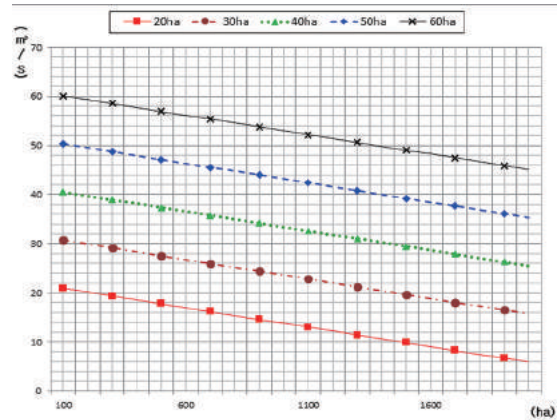


Fig. 5. Reservoir routing volume for area of full water and watershed area

3. 만수면적에 대한 회귀분석

가. 만수면적/유역면적 > 1/30 경우

만수면적이 유역면적과 비교하여 상대적으로 큰 경우($(A_F/A_W) \geq 1/30$)를 분석하였으며, 전체 73개 지구 중 조건에 맞는 32지구를 대상으로 회귀분석을 한 결과는 다음과 같다.

$$R_V = 0.8299A_F + 1.4848 \quad (4)$$

(R_V : 홍수조절량, A_F : 만수면적, A_W : 유역면적, $R = 0.82$, 유의확률(P) ≤ 0.05 , 대상지구 32)

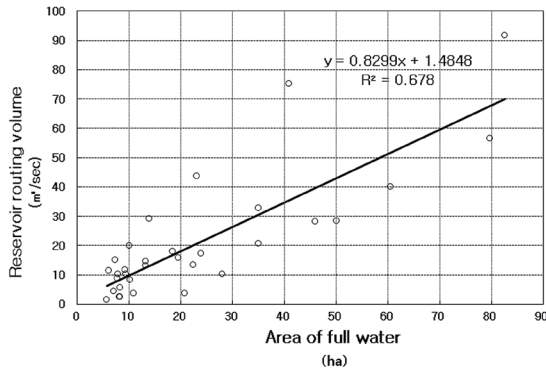


Fig. 6. Regression equations between reservoir routing volume and area of full water($(A_F/A_W) \geq 1/30$)

나. 만수면적/유역면적 $> 1/30$ and

도달시간 ≥ 1 hr 경우

만수면적이 유역면적과 비교하여 상대적으로 크고($(A_F/A_W) \geq 1/30$) 도달시간이 긴($T_c \geq 1$ hr) 경우를 분석하였으며, 전체 73개 지구 중 조건에 맞는 9지구를 대상으로 회귀분석을 한 결과는 식(5)와 같다.

$$R_V = 0.9303A_F - 8.0614 \quad (5)$$

(R_V : 홍수조절량, A_F : 만수면적, A_W : 유역면적, $R = 0.92$, 유의확률(P) ≤ 0.05 , 대상지구 9)

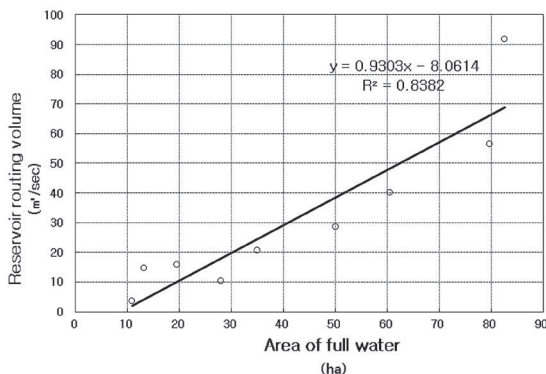


Fig. 7. Regression equations between reservoir routing volume and area of full water

4. 분석결과 고찰

『농업생산기반정비사업 계획설계기준(필답편), 2002.』에 의하면 농업용저수지의 홍수조절량을 고려해야 될 조건은 만수면적/유역면적 $> 1/30$ and 도달시간 ≥ 1 hr으로 기술되어 있다.

위의 조건에 대한 만수면적과 홍수조절량에 대한 상관분석 및 회귀분석 결과 다음과 같다.

Case1. 만수면적(유역면적, 도달시간 관계없이 만수면적만 고려)의 경우는 회귀분석 통계량 다중 상관계수(R) 0.76, 결정계수(R^2) 0.57, 관측수 73로 나타났다.

Case2. 만수면적이 유역면적의 $1/30$ 이상인 지구(유역면적 고려)의 경우, 회귀분석 통계량 다중 상관계수(R) 0.82, 결정계수(R^2) 0.68, 관측수 32로 나타났다.

Case3. 만수면적이 유역면적의 $1/30$ 이상 and 도달시간 1시간 이상인 지구(유역면적, 도달시간 고려)의 경우, 회귀분석 통계량 다중 상관계수(R) 0.92, 결정계수(R^2) 0.84, 관측수 9로 나타났다.

Case 1, 2는 “높은 상관관계”, Case3는 “매우 높은 상관관계”로 나타났으며, Case3가 Case1, 2 보다 상관관계가 높은 것으로 평가되었다. $0.76(\text{Case1}) < 0.82(\text{Case2}) < 0.92(\text{Case3})$

따라서, 만수면적이 유역면적의 $1/30$ 이상, 도달시간 1시간 이상 조건이 홍수조절량과 가장 밀접한 관련이 있는 것으로 분석되었다.

IV. 결론

한국농어촌공사 정밀안전진단 보고서로부터 획득한 농업용저수지 홍수조절 영향인자로부터 상관분석 및 회귀분석을 실시하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 홍수조절량에 주로 영향을 미치는 홍수조절 영향인자로는 총저수량, 유역면적, 만수면적, 도달시간, 물넘이 규격으로 결정하였다.
2. 홍수조절량과 홍수조절 영향인자와의 상관분석 결과, 홍수조절량은 총저수량에 대하여 상관관계수가 $0.4 < R(0.56) < 0.7$ 로 “다소 높은 상관관계”이 있는 것으로 나타났으며, 만수면적은 상관관계수가 $0.7 < R(0.76) < 0.9$ 로 “높은 상관관계”가 있는 것으로 나타났다.
3. 영향인자로 홍수조절량을 추정할 수 있는 다수의 다중회귀식이 유도되었고, 이중 최적의 추정식은 만수면적 및 유역면적의 함수로 표현되어졌다.

$$R_v(\text{홍수조절량}) = -0.0079A_w(\text{유역면적}) + 0.9695A_p(\text{만수면적}) + 2.1110$$

4. 『농업생산기반정비사업 계획설계기준(필답편), 2002.』에 의한 농업용저수지의 홍수조절량을 고려하는 조건을 비교하였다. 만수면적(Case1), 만수면적이 유역면적의 1/30 보다 큰 경우(Case2), 만수면적이 유역면적의 1/30 보다 크고 홍수도달시간이 상당히 긴(1시간 이상) 경우(Case3)를 비교 검토한 결과, Case 1, 2는 “높은 상관관계”, Case3는 “매우 높은 상관관계”로 나타났으며, Case3가 Case1, 2 보다 상관관계가 높은 것으로 평가되었다. $0.76(\text{Case1}) < 0.82(\text{Case2}) < 0.92(\text{Case3})$

홍수조절량은 저수지 정밀안전진단 수문학적 안전성검토의 제방여유고 산정 및 여수로 단면검토에 중요한 영향을 미치는 요소이며, 만수면적, 유역면적으로 홍수조절량을 추정할 수 있는 회귀식이 저수지 정밀안전진단 수행 및 용역관리에 도움이 되기를 기대한다.

REFERENCES

1. 국토해양부, 한국시설안전공단, 2012, 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침
2. 김두섭, 강남준, 2008, 회귀분석 : 기초와 응용, 나남출판
3. 농림부, 2002, 농업생산기반정비사업 계획설계기준(필답편)
4. 농업기반공사, 2001, 수리시설물 모의조작 시스템 (HOMWRS)
5. 우재열, 2011, 소수력발전을 위한 농업용저수지의 적지선정 평가, 충북대학교 대학원 박사학위 논문
6. 한국농어촌공사, 2011, 농업생산기반시설 정밀안전진단실무 세부요령
7. 한국농어촌공사, 2014, 농업생산기반시설 정밀안전진단을 위한 시설물 안전성검토(수문수리분야) 실무서
8. 한국농어촌공사, 2015, 장안저수지 정밀안전진단 보고서 외 72지구
9. Ueda, T., M. Kobayashi, and M. Fuchigami, 2004, Introduction to Regression Analysis Using Excel, Tokyo, Ohmsha

SWAT 모형을 이용한 기후변화에 따른 지천유역의 유황분석

이 지 완^{*}·정 충 길^{**}·이 종 원^{***}·김 성 준^{****}

Analysis of Flow Duration by Future Climate Change Using SWAT Model in Jicheon Watershed

Ji-Wan Lee^{*}·Chung-Gil Jung^{**}·Jong-Won Lee^{***}·Seong-Joon Kim^{****}

The purpose of this study is to evaluate the impact of streamflow by future climate change in Jicheon watershed using SWAT (Soil Water Assessment Tool). Using 6 years daily streamflow data (2009 ~2014), the SWAT was calibrated and validated at Guryong station with 0.57 average Nash-Sutcliffe model efficiency (NSE). For future streamflow impact evaluation, the HadGEM3-RA (Hadley Centre Global Environment Model version3-Regional Atmosphere model) RCP (Representative Concentration Pathway) 4.5 and 8.5 emission scenarios from Korea Meteorological Administration (KMA) were used. For 2080s (2060~2099) periods, the RCP4.5 flows of Q10, Q95, Q185, Q275, and Q355 showed changes of +90.7%, -12.9%, +9.4%, +5.3%, and +7.7% and the RCP8.5 showed changes of +60.2%, +12.9%, +81.3%, +57.9%, and +30.8% respectively. Overall for the future streamflow projection, the watershed has the potential for future water resources securement.

Keywords: SWAT model; Climate Change; RCP; Flow Duration

1. 서론

2014년과 2015년은 중부지방의 장기가뭄으로 기존의 만성적인 농업가뭄과 더불어 다목적댐의 생공용수 공급에 까지 영향을 주는 대가뭄이었다. 특히, 2015년은 3월부터의 봄가뭄, 여름의 늦장마와 마른 장마, 가을에는 태풍이 실종되면서 각 기간마다 42년만의 가뭄이었다. 특히, 충남지역은 보령다목적댐의 저수율 부족으로 생활용수의 제한급수까지 가는 유례없는 상황까지 도달하였

다. 이에 금강에서 보령으로 도수로 건설 등 가뭄 대책을 수립하였으나, 항구적인 지역차원의 수자원 대책을 위해서는 신규 수자원의 개발이 필요하다고 판단된다.

우리나라는 산지로부터 평야부로 이르는 유역경사가 급하고, 6월부터 9월까지 연강수량의 2/3가 집중되어 있어, 댐, 보와 같은 지표수 개발이 유리하다. 그러나 1990년대 이후 환경보존과 신규 개발간의 충돌로 특히 신규댐 건설은 중단된 상태

* 건국대학교 박사과정 (closer01@konkuk.ac.kr)

** 건국대학교 박사수료 (wj0823@konkuk.ac.kr)

*** (주) 한국종합기술 (jwon@kecc.co.kr)

**** 건국대학교 교수 (Corresponding author kimsj@konkuk.ac.kr)

이다. 한편, 2000년대 들어 빈번해지고 그 심도와 강도가 커지고 있는 이상기온과 이상홍수, 그리고 앞으로 다가올 기후변화에 따른 자연재해에 대응하고 요구되는 용수수요량에 지역사회가 적응하기 위해서는 지속가능하고도 친환경적인 신규 수자원의 개발과 운영이 요구된다.

국내에서 신규댐 건설에 대한 유황변동을 분석한 최근의 연구로는 Lee et al.(1993)과 Kim et al.(2002)의 댐 건설 전·후 유황변동 비교분석, Park et al.(2005)의 영천댐 건설로 인한 유황변동 분석, Kang et al.(2009)의 금강유역 내 댐 건설과 물 이용에 따른 유황 변동특성 연구에서는 100년 빈도 홍수량은 감소하고 갈수량은 증가할 것으로 분석한 바 있다. 또한 Kim et al.(2014)은 영덕 오십천유역 내 SWAT-MODFLOW 모형을 이용하여 지하댐 건설가능성을 분석한 결과, 지표수 유황의 변화는 적고 지하수 확보량은 증가하는 결과를 제시하였다.

한편, 기후변화에 따른 댐 유역의 수자원 영향을 분석한 연구로는 Kim et al.(2004)이 대청댐유역을 대상으로 NWS-PC 모형을 이용하여 기후변화에 따른 댐 유출량의 변화를 분석한 바 있으며, Park et al.(2009)은 SLURP 모형 및 SRES A2, B2 시나리오를 활용하여 기후변화가 안성천 유역의 농업용 저수지 유입량 및 저수량에 미치는 기여도를 평가하였다. Jung et al.(2013)은 SWAT 모형을 이용하여 기후변화가 충주댐 유역의 저수량에 미치는 영향을 연구한 결과, 여름기간에는 유입량이 감소하는 경향을 보였으나, 계절변동성으로 전체적으로 연간 댐 유입량이 증가할 것으로 전망하였다. Park et al.(2014)은 RCP 기후변화 시나리오와 SWAT 모형을 이용하여 기후변화가 용담댐 유역의 수문요소에 미치는 영향을 분석한 결과 강수량의 증가에 따라 하천유출량이 증

가하여 물순환 건전성을 확보하고 물 부족의 해소가 있을 것으로 전망하였다. Jang et al.(2015)은 임하댐 유역을 대상으로 SWAT 모형과 RCP 기후변화 시나리오에 따른 미래 수문영향을 평가한 결과, 봄, 가을 및 겨울철의 강수량 증가로 적절한 댐 운영 룰 조정이 필요할 것으로 분석하였다. 이와 같이 수문모형을 이용한 댐 유역의 미래 수문영향평가 연구가 활발히 수행되고 있으며, 이러한 연구결과들을 활용한 충남지역의 신규수자원 개발가능성에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

따라서, 본 연구에서는 충남지역 내에서 지천유역(248.1 km²)을 대상으로, 기후변화에 따른 이 유역의 미래 하천유출량을 전망하여 이 지역의 신규수자원 개발의 가능성이 있는지를 평가하고자 한다. 기후변화 시나리오는 기상청의 HadGEM3-RA RCP 4.5 와 8.5 시나리오를 적용하였으며, 물리적 기반의 준분포형 장기 강우-유출 모형인 SWAT 모형을 이용하여 기준년(1976~2005)에 대하여 2040s(2020~2059), 2080s(2060~2099)의 유역출구점의 하천유황을 비교분석하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 대상유역

본 연구의 대상유역은 금강 상류의 지천유역으로 북위 36°10′~36°40′, 동경 126°40′~127°00′의 범위에 위치하고 있다(Fig. 1). 유역면적은 246.1 km², 산림과 농업지역이 각각 66%, 26%를 차지하고 있다. 30년 평균(1976~2005) 유역의 연평균 기온은 12.9 °C이고, 연평균 강수량은 1,345 mm이다. 지천유역 인근에 부여와 보령 기상관측소가 위치하고 있으며, 유역출구에는 구룡 수위관측소(GR)가 있다.

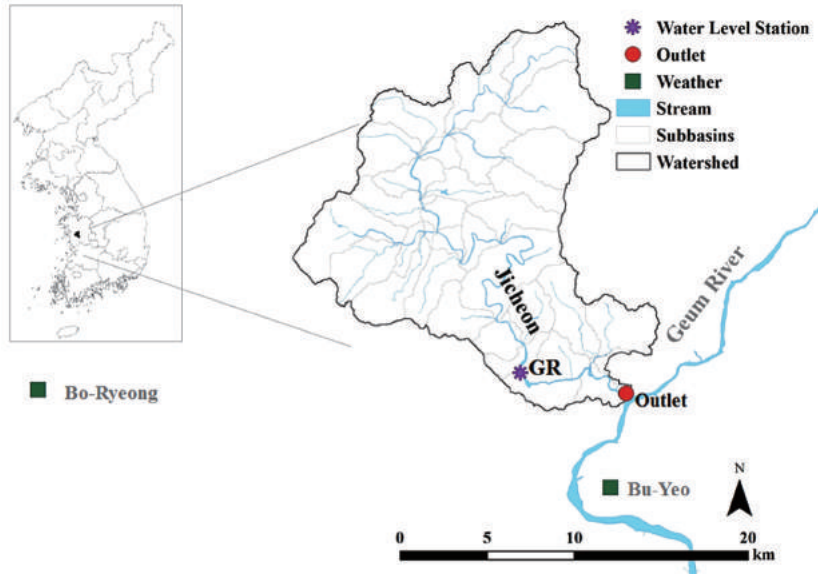


Fig. 1. Location of the Study Watershed

2. SWAT 모형의 개요

본 연구에서는 장기간에 걸친 유역의 일 유출을 모의하기 위하여 미농무성 농업연구소(USDA, Agricultural Research Service, ARS)에서 개발한 SWAT(Arnold et al., 1998)을 선정하였다. SWAT 모형은 물리적 기반의 준분포형 연속강우 유출모형으로서, 다양한 종류의 토양과 토지이용 및 토지관리 상태에 따른 유출을 모의할 수 있다. 모형은 식(1)과 같이 물수지 방정식에 근거를 두고 강수, 증발산량, 지표유출, 기저유출, 지하수 등에 대한 모의를 각 수문반응단위(HRU) 별로 계산할 수 있다(Neitsch et al., 2002).

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=0}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw}) \quad (1)$$

여기서, SW_t 는 $i+1$ 일의 토양수분량(mm), SW_0 는 i 일의 초기토양수분량(mm), t 는 시간(일), R_{day} 는 i 일의 강수량(mm), Q_{surf} 는 i 일의 지표유출량(mm), E_a 는 i 일의 증발산량(mm), W_{seep} 는 i 일의

지표하 침투량(mm), Q_{gw} 는 i 일의 지표하유출량(mm)이다. 지표유출은 SCS-CN(USDA-SCS, 1972) 유출곡선법에 의해 산정하며, 하도추적은 Muskingum(Cunge, 1969; Chow et al., 1988), 잠재증발산량은 Penman-Montheith(Allen et al., 1998) 방법을 이용하였다.

3. SWAT 모형 입력자료

SWAT 모형의 GIS자료로서 WAMIS(Water Resources Management Information System)의 30 m 수치표고모델(Digital Elevation Model, DEM), 환경부 중분류 토지이용도, 농촌진흥청 1:25,000 토양도를 준비하였다(Fig. 2(a)~Fig. 2(c)). 토양도로부터 수문학적 토양그룹(Hydrologic Soil Group), 유효토심에 따른 토양층(Layer)의 개수, 토양종류별 유효수분량(Available Water Capacity), 포화수리전도도(Saturated Hydraulic Conductivity) 값들을 모형에서 요구하는 토양 속성값으로 부여하였다(Fig. 2(d)~Fig. 2(f)).

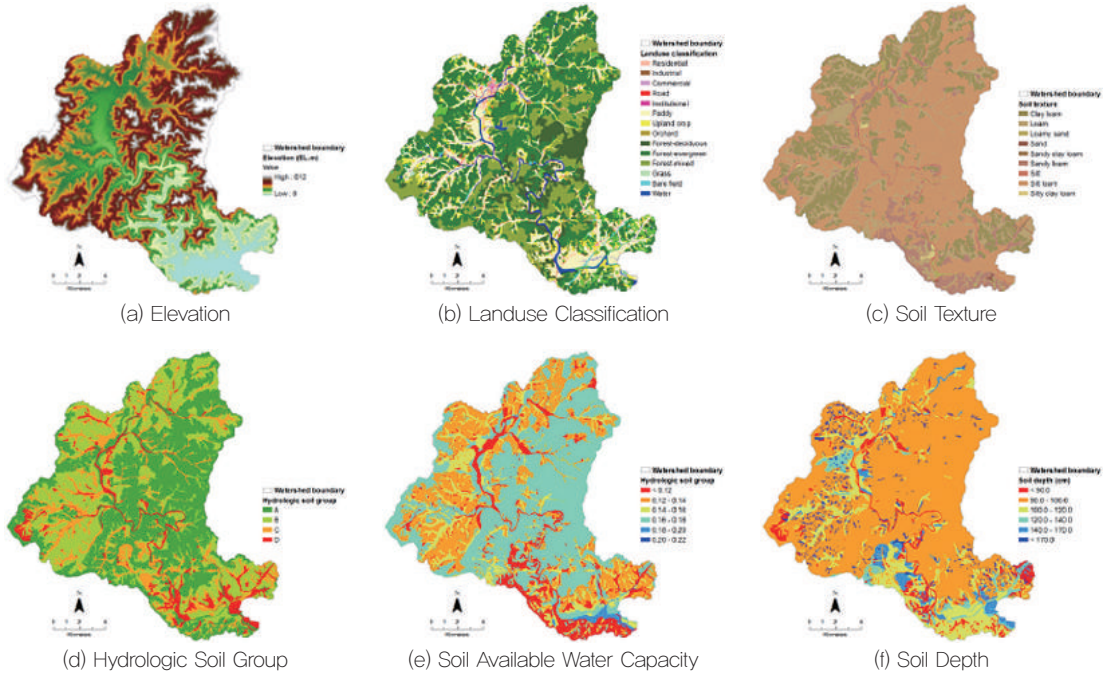


Fig. 2. GIS Data of the Study Watershed

SWAT모형의 검보정 및 미래 기후변화에 따른 유출전망을 위하여, 2개 기상관측소의 39년(1976~2014)동안의 일별 강수(mm), 기온(℃), 평균상대습도(%) 평균풍속(m/sec), 일조시간(hr) 자료와 WAMIS에서 6년(2009~2014)간의 구룡(GR) 일별 유출량 자료를 수집하였다.

4. 기후변화 시나리오

IPCC 제5차 기후변화 평가보고서(AR5)에서는 표준 온실가스 시나리오를 대표농도경로(Representative Concentration Pathway, RCP)로 새롭게 선정하였다. RCP 시나리오는 온실가스 농도 산출과정에서 사회경제적 가정을 미래사회구조 기반에서 기후변화 대응정책 수행여부로 변경하여, 4가지 대표 온실가스 농도(2.6, 4.5, 6.0, 8.5)시나리오를 통해 변화 경향을 반영하고 최근 예측모델에 맞게 해상도 등을 업데이트하였다.

본 연구에서는 기상청에서 제공하는 HadGEM3-RA RCP 4.5와 RCP 8.5 시나리오 한반도 전망자료인 12.5 km 해상도의 일자료를 이용하였다. 2개 기상관측소별 강수량, 최저/최고온도, 풍속, 상대습도 등 5개의 미래 기상요소에 대한 RCP 4.5와 RCP 8.5 시나리오를 2040s(2020~2059)와 2080s(2060~2090)로 구분하여 정리하였다. 2개 기상관측소의 30년간 기상자료(1976~2005)와 동일기간 기후시나리오간의 강수량과 기온자료를 다음의 방법으로 통계적 유사성을 가지도록 편이보정(Bias correction)하였다(Droogers and Aerts, 2005). 기온의 경우,

$$T'_{GCM,fut} = T_{means} + (\overline{T_{GCM,fut}} - \overline{T_{GCM,his}}) \quad (2)$$

여기서, $T'_{GCM,fut}$ 는 보정된 미래 기온, T_{means} 는 과거 30년 기준년 관측 기온, $\overline{T_{GCM,fut}}$ 는 미래 시나리오 평균기온, $\overline{T_{GCM,his}}$ 는 과거 30년 기준년

시나리오 평균기온이다.

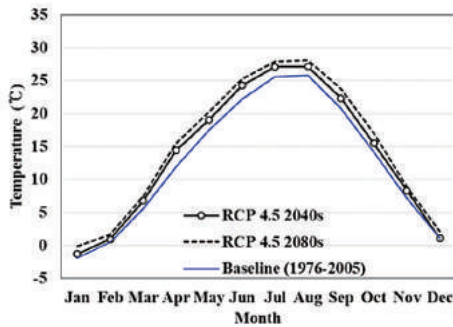
강수량의 경우,

$$P'_{GCM.fut} = P_{meas} \times (\overline{P_{GCM.fut}} / \overline{P_{GCM.his}}) \quad (3)$$

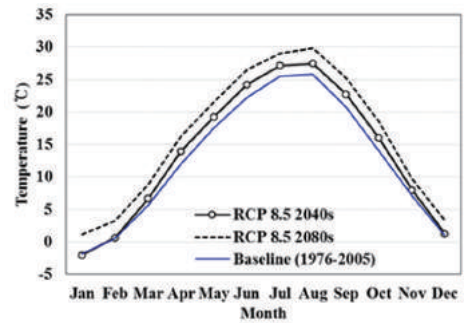
여기서 $P'_{GCM.fut}$ 는 보정된 미래 강수량, P_{meas} 는 과거 30년 기준년 관측 강수량, $\overline{P_{GCM.fut}}$ 는 미래 시나리오 평균강수량, $\overline{P_{GCM.his}}$ 는 과거 30년 기준년 시나리오 평균강수량이다.

Fig. 3은 RCP 4.5와 RCP 8.5 시나리오에 의해 편이보정된 미래 강수량 및 기온을 월별로 기준

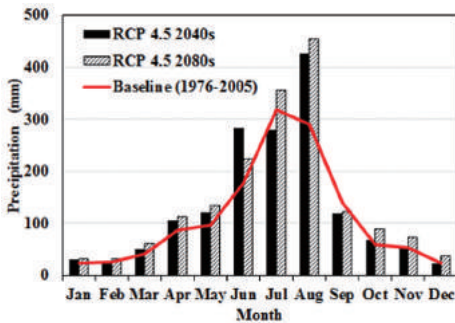
년과 비교하여 그린 것이다. 미래 기온의 경우, 2040s, 2080s RCP 4.5 시나리오는 각각 1.3 °C, 2.3°C 증가하였으며, 2040s, 2080s RCP 8.5 시나리오는 각각 1.2°C, 3.6°C 증가하였다. 2080s RCP 8.5 시나리오의 경우 8월에 최고 4.0°C 증가하는 것으로 나타났다. 미래 연강수량의 경우, 2040s, 2080s RCP 4.5 시나리오는 각각 246.9 mm, 387.3 mm 증가하였으며, 2040s, 2080s RCP 8.5 시나리오는 각각 230.3 mm, 449.3 mm 증가하였다. 2080s RCP 8.5 시나리오의 경우 8월에 최고 168.22 mm 증가하는 것으로 분석되었다.



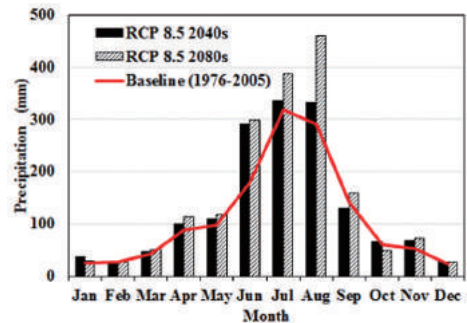
(a) RCP 4.5 Temperature



(b) RCP 8.5 Temperature



(c) RCP 4.5 Precipitation



(d) RCP 8.5 Precipitation

Fig. 3. Changes in 2040s and 2080s Monthly Temperature and Precipitation with RCP 4.5 and 8.5 Scenarios Based on Baseline Period(1976–2005)

III. 결과 및 고찰

1. SWAT모형의 검 · 보정 결과

SWAT 모형의 적용성 평가를 위해 모의 기간은 모형의 안정화 기간(Warm-up Period) 3년을 고려하여 2006~2014년까지 모의하였으며, 보정과 검증 실측자료의 양과 질이 충분한 2009~2011년, 2012년~2014년에 각각 3개년으로 설정하여 실측 일 유출량 자료를 이용하여 보정하였다. 유출보정 시 사용한 매개변수는 Table 1과 같으며, 이를 적용하여 실측치와 모의치의 수문곡선을 비교하고, 검 · 보정 결과에 따른 통계분석을 하였

다(Table 2 and Fig. 4).

보정결과에 따른 모형의 적합성과 상관성을 판단하기 위한 목적함수는 결정계수(R^2), 평균제곱근오차(Root Mean Squatre Error, RMSE)이며, 모형의 효율성은 Nash and Sutcliffe(1970)가 제안한 모형효율성계수(NSE)를 사용하여 검증하였다. 보정기간(2009~2011) 동안 실측치와 모의치 간의 RMSE는 2.86~5.75 mm/day R^2 은 0.63~0.73, NSE는 0.59~0.70였으며, 검증기간(2012~2014)동안의 RMSE는 1.45~3.84 mm/day R^2 은 0.54~0.77, NSE는 0.12~0.74이었다. 2014년 가뭄년의 경우는 NSE가 0.12로 낮게

Table 1. The calibrated model parameters of the study watershed

Parameter	Description	Default		Calibrated
		Min	Max	
CN2	SCS runoff Curve Number	35	98	+15
CANMX	Maximum canopy storage (mm/H ₂ O)	0	150	50
LATTIME	Lateral flow travel time (days)	0	180	3
OV_N	Manning's "n" value for overland flow	0.01	30	20
ESCO	Soil evaporation compensation factor	0	1	0.6
EPCO	Plant uptake compensation factor	0	1	0.4
ALPHA_BF	Baseflow recession constant (days)	0	1	0.5
GW_DELAY	Delay time for aquifer recharge (days)	0	500	150
REVAPMN	Threshold water level in shallow aquifer for revap (mm/H ₂ O)	-1000	1000	2
CH_K2	Effective hydraulic conductivity of channel (mm/h)	0	500	3

Table 2. Statistical Summary of the Model Calibration and Validation Results for Streamflow at the Watershed Outlet

Periods	Year	PCP (mm)	Streamflow (mm)		Runoff Ratio (%)		R^2	RMSE (mm/day)	NSE
			Obs.	Sim.	Obs.	Sim.			
Calibration	2009	1,089.6	509.3	474.9	46.7	43.6	0.63	2.86	0.59
	2010	1,378.3	1,005.8	1,090.0	73.0	79.0	0.73	4.30	0.70
	2011	2,041.7	1,547.8	1,242.3	76.8	61.7	0.71	5.75	0.63
Validation	2012	1,545.8	1,143.9	992.5	74.0	64.2	0.77	3.84	0.74
	2013	1,237.4	629.9	855.2	50.9	69.1	0.71	1.81	0.61
	2014	1,076.1	356.5	537.3	35.3	49.9	0.54	1.45	0.12
Full Period		1,404.6	869.5	865.4	59.5	61.3	0.68	3.34	0.57

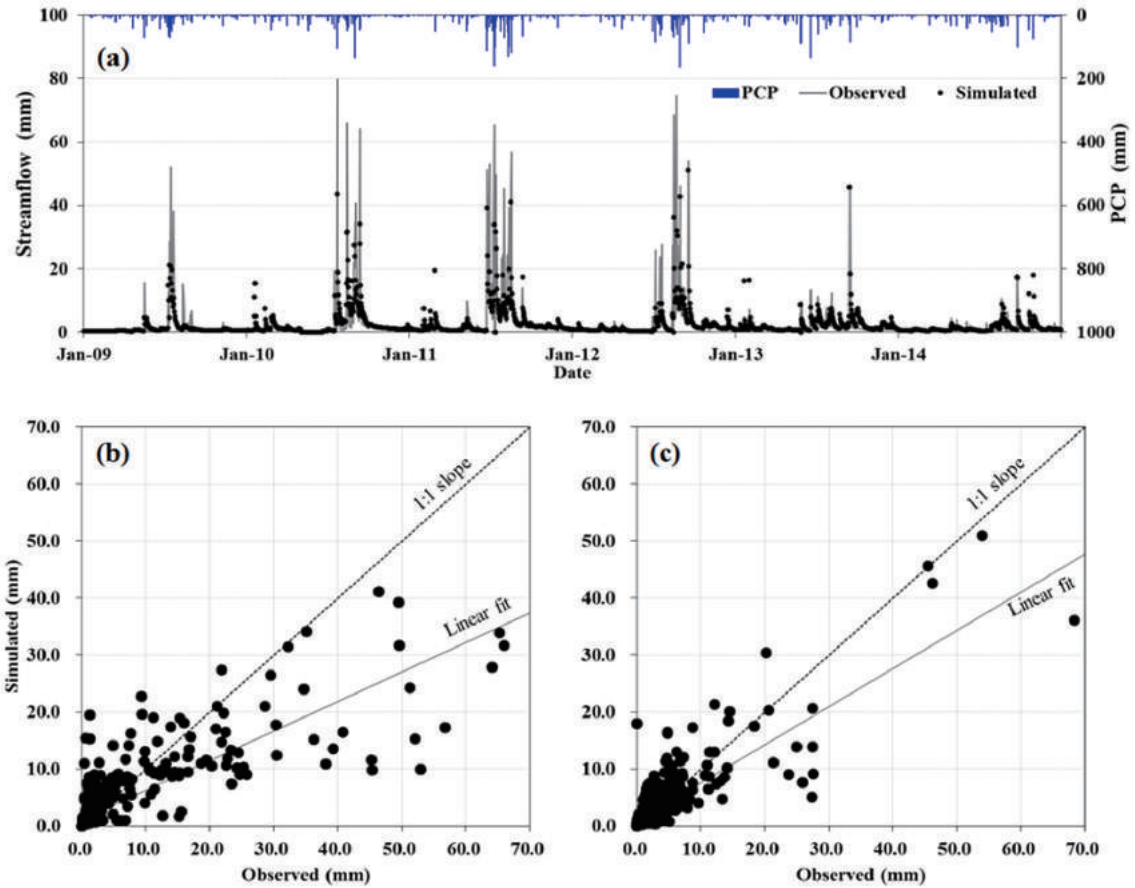


Fig. 4. Comparison of the Observed and Simulated Streamflow at Guryong Station(a) and Scatterplots of the Observed and Simulated Streamflow for the(b) Calibration(2009–2011) and(c) Validation(2012–2014) Periods at the Watershed Outlet

나타났는데, 이는 실측유출치보다 모의치가 과대 모의되었기 때문으로, 오차의 원인은 특히 건조한 토양상태에서의 토양흐름 및 지하수로의 충전 및 기저유출 기여량의 불확실성에 기인하는 것으로 생각된다.

2. 미래 기후변화에 따른 유역 수문영향 평가

기후변화에 따른 지천유역의 하천유출을 전망하기 위해, SWAT모형을 이용한 기준년(1976–2005)의 하천 모의유출량에 대하여 2040s(2020~2059), 2080s(2060~2099) 두 미

래기간에 대한 RCP 4.5 및 8.5 시나리오의 전망 결과를 비교하였다. Table 3은 기준년과 미래의 강수량, 유역 지표 유출량, 지하수 충전량, 증발산량, 총유출량을 정리한 것이다. 2080s RCP 8.5 하에서 최고 3.6 °C 기온증가(Fig. 3(a) & 3(b))로 미래 증발산량이 기준년(556.3 mm) 대비 최대 16.7% 증가하였다. 한편, 증발산량의 증가에도 불구하고 미래 동일시나리오하에서 기준년(1,345.0 mm) 대비 33.4%의 강수량의 증가로 지표 유출량과 지하수 충전량이 각각 70.0%, 17.5%의 최대증가를 보였다.

Table 3. Summary of the Future Predicted Annual Hydrological Components by Climate Change Scenarios

Scenario		Precipitation (mm)	Surface Runoff (mm)	Groundwater Recharge (mm)	ET (mm)	Streamflow (mm)
Baseline(1976–2005)		1345.0	333.7	96.7	556.3	783.5
2040s	RCP4.5	1591.9 (+18.4)	444.1 (+33.1)	102.7 (+6.2)	627.6 (+12.8)	959.0 (+22.4)
	RCP8.5	1575.3 (+17.1)	442.4 (+32.6)	94.6 (−2.2)	633.9 (+13.9)	937.9 (+19.7)
2080s	RCP4.5	1732.3 (+28.8)	494.8 (+48.3)	110.2 (+14.0)	678.4 (+21.9)	1048.5 (+33.8)
	RCP8.5	1794.3 (+33.4)	567.1 (+69.9)	113.5 (+17.4)	649.1 (+16.7)	1139.2 (+45.4)

() : Values in Parentheses Indicate Percent of Based on Baseline

Table 4. Alteration of Flow Duration and Coefficient of Flow Regime(the selected year)

Scenario		Streamflow (m³/sec)					CFR*
		Q10	Q95	Q185	Q275	Q355	
Normal year							
Base line (1976–2005)		23.6	8.5	3.2	1.9	1.3	17.9
2040s	RCP 4.5	34.3 [45.3 %]	6.9 [−18.8 %]	3.3 [3.1 %]	1.8 [−5.3 %]	1.3 [0.0 %]	26.2 [46.4 %]
	RCP 8.5	34.4 [45.8 %]	7.5 [−11.8 %]	3.3 [3.1 %]	1.9 [0.0 %]	1.5 [15.4 %]	23.2 [29.6 %]
2080s	RCP 4.5	45.0 [90.7 %]	7.4 [−12.9 %]	3.5 [9.4 %]	2.0 [5.3 %]	1.4 [7.7 %]	32.9 [83.8 %]
	RCP 8.5	37.8 [60.2 %]	9.6 [12.9 %]	5.8 [81.3 %]	3.0 [57.9 %]	1.7 [30.8 %]	22.2 [24.0 %]
Selected Drought year							
Base line (1989)		6.5	1.4	0.8	0.5	0.3	24.1
2040s	RCP 4.5 (2033)	19.2 [195.4 %]	1.9 [35.7 %]	0.8 [0.0 %]	0.5 [0.0 %]	0.3 [0.0 %]	74.0 [207.1 %]
	RCP 8.5 (2039)	12.7 [95.4 %]	1.5 [7.1 %]	0.6 [−25.0 %]	0.4 [−20.0 %]	0.2 [−33.3 %]	60.1 [149.4 %]
2080s	RCP 4.5 (2094)	16.2 [149.2 %]	1.3 [−7.1 %]	0.7 [−12.5 %]	0.5 [0.0 %]	0.2 [−33.3 %]	73.4 [204.6 %]
	RCP 8.5 (2089)	13.0 [100.0 %]	2.4 [71.4 %]	1.4 [75.0 %]	1.0 [100.0 %]	0.3 [0.0 %]	39.9 [65.6 %]
Selected Flood year							
Base line (2000)		84.1	7.7	2.7	1.6	0.4	195.6
2040s	RCP 4.5 (2045)	156.9 [86.6 %]	8.6 [11.7 %]	3.3 [22.2 %]	2.0 [25.0 %]	1.0 [150.0 %]	157.0 [−19.7 %]
	RCP 8.5 (2020)	116.6 [38.6 %]	5.8 [−24.7 %]	2.3 [−14.8 %]	1.1 [−31.3 %]	0.7 [75.0 %]	163.7 [−16.3 %]
2080s	RCP 4.5 (2062)	183.4 [118.1 %]	9.9 [28.6 %]	3.8 [40.7 %]	1.6 [0.0 %]	0.8 [100.0 %]	222.4 [13.7 %]
	RCP 8.5 (2094)	132.2 [57.2 %]	5.8 [−24.7 %]	2.9 [7.4 %]	1.5 [−6.3 %]	0.8 [100.0 %]	169.4 [−13.4 %]

* CFR : Coefficient of Flow Regime(Q10/Q355)

[] : Values in Parentheses Indicate Percent of Based on Baseline

3. 기후변화에 따른 유황분석

지천유역의 현재와 미래의 홍수량(Q10), 풍수량(Q95), 평수량(Q185), 저수량(Q275), 갈수량(Q355) 등 하천유황을 평가함으로서 하천으로서의 기능 및 수자원 개발 가능성을 알아보았다. 유역의 댐 유입량 분석에 있어 과거와 미래의 패턴을 평균화 한 것에서 오는 평준화 및 불확실성을 줄이고자 과거와 미래의 가뭄년도와 홍수년도를 각각 선택하여 특성을 비교 분석 하였다. 과거 가뭄년도는 강수량이 547.7 mm로 가장 적었던 1989년을 선택하였고, RCP 4.5 시나리오 중에서는 2040s는 2033년(866.8 mm), 2080s에서는 2094년(643.0 mm)을 선택하여 분석하였다. RCP 8.5 시나리오에서는 2040s에 801.6 mm의 강수량으로 분석 된 2039년, 2080s에서는 824.0 mm의 강수량으로 분석 된 2089년을 선택하여 분석하였다.

Table 4는 기준년에 대한 RCP 4.5, RCP 8.5 시

나리오별 하천유황의 변화를 비교하여 정리한 표이며, Fig. 5는 미래 평년, 가뭄년, 홍수년의 시나리오별 유황곡선을 도시한 것이다. 표에서 CFR(Coefficient of Flow Regime)은 유황계수로, 지속기간 10일에 해당하는 유량을 지속기간 355일에 해당하는 유량으로 나눈 값을 이용하여 유량의 변동성을 비교하는 것이다(Lee et al., 1993; 2010; Kang et al.).

Table 4에서 평년(Normal year)의 미래 홍수량은 기준년에 비하여 2040s, 2080s 두 시나리오에서 45.3%~90.7%의 증가를 보인 반면, 미래 갈수량은 0.0%~30.8%의 증가를 보여 미래의 유황폭은 커지는 것으로 전망되었다. 특히 2080s RCP 4.5에서 기준년에 비하여 최대 90.7%의 증가, 갈수량은 7.7%의 증가를 보여, 미래의 최대 유황폭은 보였다. Fig. 5(a)에서 보는 바와 같이 미래의 유황곡선은 풍수량 부근에서 그 차이가 역전되는 것

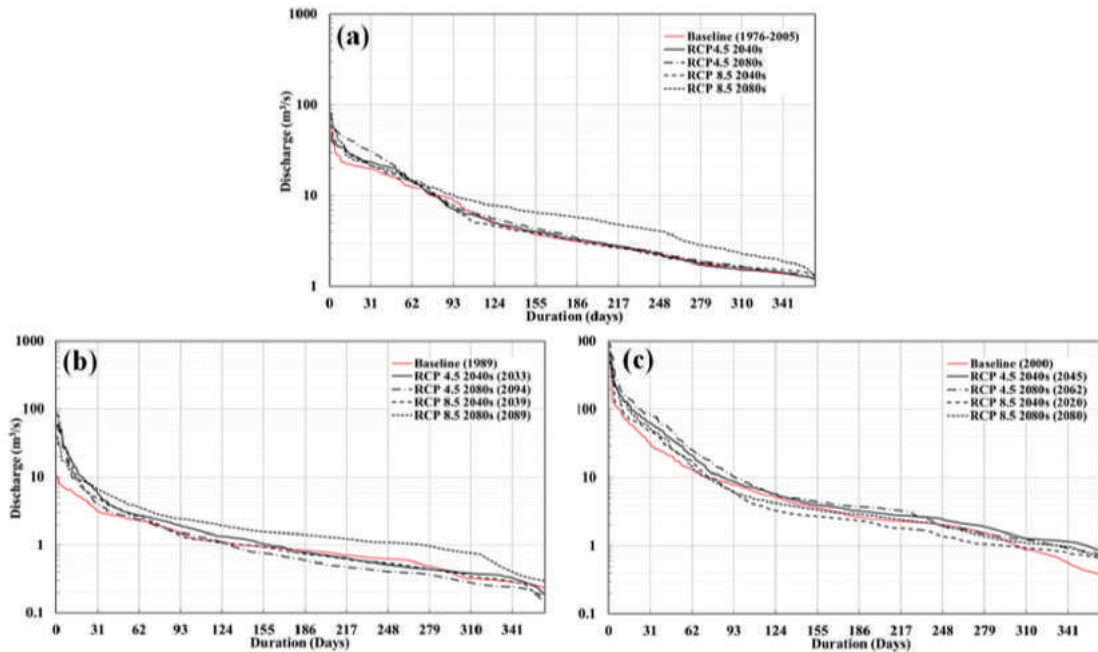


Fig. 5. The Future Predicted Jicheon Watershed Inflow for 2040s and 2080s of RCP 4.5 and RCP 8.5 Scenarios
:(a) Normal Year(b) Drought Year and(c) Flood Year

을 볼 수 있다. 이는 미래에는 홍수빈도가 증가하고, 갈수빈도도 증가하는 형태의 유황변화를 의미한다.

Fig. 5(b)는 과거 가뭄년(1989, 강수량 547.7 mm), 미래 가뭄년 2040s RCP 4.5(2033, 866.8 mm), 2080s RCP 4.5(2094년, 643.0 mm), 2040s RCP 8.5(2039, 801.6 mm), 2080s RCP 8.5(2089, 824.0 mm)에 대한 유황곡선인데, 표에서 보는 바와 같이 미래 홍수량은 95.4%~195.4%의 증가, 미래 갈수량은 0.0%~33.3%의 감소를 보여, 미래 평년보다 더 큰 유황변동폭을 보이고 있다. 즉, 미래 가뭄년에는 가뭄시에도 큰 강우가 발생하여 하천으로 유출되는 양이 많은 반면, 가뭄의 심도는 커져서 하천의 갈수상황은 길게 지속되는 형태의 유황곡선을 보인다. 따라서, 이 지역의 효과적인 수자원 활용을 위해서는 하천수 변동을 고려한 신규 수자원 개발이 필요하다고 판단된다.

한편, 홍수년의 경우는 Fig. 5(c)와 같이 과거 홍수년(2000, 강수량 2,372.9 mm), 미래 홍수년 2040s RCP 4.5(2045, 3,275.1 mm), 2080s RCP 4.5(2062, 4,147.0 mm), 2040s RCP 8.5(2030, 2,900.0 mm), 2080s RCP 8.5(2080, 3,012.0 mm)의 유황을 비교하였다. 표에서 보면, 미래 홍수량은 38.6%~118.1%의 증가, 미래갈수량은 75.0%~150.0%의 증가를 보이고 있으나, 풍수량과 저수량사이에서 역전되는 곡선형태를 보이고 있다. 이는 이 지역이 미래의 홍수가 더 커지는 것을 의미하며, 이에 대한 하천정비 등의 대비가 필요할 것으로 생각된다.

IV. 결론

본 연구에서는 금강권역 내 지천유역을 대상으로 물리적 기반의 준분포형 연속강우유출모형인 SWAT과 기상청에서 제공하는 HadGEM3-RA

RCP 4.5와 RCP 8.5 기후변화 시나리오를 이용하여 미래 기후변화에 따른 지천유역의 하천유출량을 전망하고, 유황분석을 통해 이 유역의 신규 수자원 개발 가능성을 평가하고자 하였다. 본 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 본 연구에서는 지천 유역의 기후변화 시나리오 적용을 위한 수문모형으로 SWAT 모형을 선정하였으며 현재의 수문환경조건을 현실적으로 반영하기 위해 기상자료 뿐만 아니라 GIS 자료 및 유역 내 수위-유량 관측자료를 구축하고 이를 토대로 수문순환 모의를 하였다. 구룡 수위-유량 관측소를 대상으로 모형의 적용성을 평가한 결과 유출량에 대한 검보정기간 동안의 모형효율 계수인 NSE는 0.57로 나타났다. 검정기간동안 전체적인 통계치와 수문곡선의 유출 경향을 분석한 결과 또한 비교적 모의치가 실측치를 잘 반영하는 것으로 나타났다. 다만, 2014년 가뭄년의 경우는 NSE가 0.12로 낮게 나타났는데, 이는 실측유출치보다 모의치가 과대 모의되었기 때문임을 알 수 있었다. 유역의 수문모델링을 위한 모델의 검·보정은 보정기간의 평년, 홍수년, 가뭄년을 포함한 일괄 매개변수 보정이 일반적으로, 보정된 평균 매개변수들을 이용하여 동일하게 평년, 홍수년, 가뭄년을 포함한 일괄 검증과정을 거치나 장기적으로 가뭄이 지속되는 경우의 수문해석을 위해서는 별도의 매개변수 보정과정이 필요할 것으로 판단된다.
2. 미래 기후변화 시나리오를 적용하기 위해 IPCC 5차보고서의 RCP 4.5 및 8.5 기후변화 시나리오를 이용하였고, 유역 내 기상관측소의 30년간 기상자료와 동일기간 기후 시나리오간의 편이보정을 실시하여 통계적 유사성을 갖도록 하였다. 미래 기상요소에 대한 RCP 4.5와 RCP 8.5 시나리오를 2040s(2020~2059)와

2080s(2060~2090)로 구분하여 정리 하였다. 2080s RCP 8.5에서 미래 기온은 최대 3.6℃ 증가한 것으로 분석 되었으며, 강수량은 449.3 mm 증가 한 것으로 전망 되었다. 모든 시나리오에서 기온과 강수량은 전체적으로 증가하는 것으로 분석되었으며 특히 여름강수량이 급증하는 것으로 분석되었다.

3. 미래 기후변화에 따른 지천유역의 하천유출을 전망하기 위해, SWAT 모형을 이용한 기준년(1976~2005)의 하천 모의 유출량에 대하여 2040s, 2080s 두 미래기간에 대한 RCP 4.5 및 8.5 시나리오 전망 결과를 비교한 결과 2080s RCP 8.5의 미래 증발산량이 기준년(556.3 mm) 대비 최대 16.7 % 증가하였음에도 불구하고 기준년(1,345.0 mm) 대비 33.4%의 강수량의 증가로 지표유출량과 지하수 충전량이 각각 70.0%, 17.5% 증가하였다.
4. 지천유역의 현재와 미래의 홍수량(Q10), 풍수량(Q95), 평수량(Q185), 저수량(Q275), 갈수량(Q355) 등 하천유황을 평가하여 하천 기능과 수자원 개발 가능성을 평가하였다. 미래 평년, 가뭄년, 홍수년에 대하여 RCP 4.5, RCP 8.5 시나리오별 하천유황을 분석한 결과, 기준년 대비 평년의 미래 홍수량은 45.3 %~90.7 %, 갈수량은 0.0%~30.8%의 증가를 보여 미래의 유황폭은 커지고, 미래의 유황곡선은 풍수량 부근에서 역전됨에 따라 미래에는 홍수빈도 및 갈수빈도가 증가하는 것으로 전망되었다. 가뭄년의 경우 기준년 대비 미래 홍수량은 95.4%~195.4% 증가하나, 갈수량은 0.0%~33.3%의 감소를 보여 가뭄 시에 큰 강우가 발생 함에도 불구하고 가뭄심도는 커져 하천의 갈수상황은 길게 지속됨을 알 수 있었다. 홍수년의 경우 기준년 대비 미래 홍수량과 갈수량 각각 38.6%~118.1%,

75.0%~150.0%의 증가를 보여 홍수가 더 커질 것으로 분석되었다.

본 연구에서 적용한 RCP 4.5 및 8.5 기후변화 시나리오의 현재를 기준으로 기온과 강수량이 증가하는 형태를 보였다. 그러나 수문모형을 이용한 하천 유출 및 유황분석 결과, 홍수빈도 및 갈수빈도의 증가로 인한 하천유황의 변화가 심화 될 것으로 전망되었으며, 이는 이수 및 치수 관점에서 가뭄과 홍수 문제를 발생 시킬 수 있다. 특히 지천유역은 인구증가 및 산업단지 개발계획 등으로 각종 개발계획이 활발히 진행됨에 따라 가뭄 및 홍수와 같은 재해에 대한 수자원의 정책이 필요할 것으로 판단된다. 결국 미래로 갈수록 더욱 심화 될 극한 상황에서의 수문의 영향에 대비 할 수 있는 수자원의 정책이 필요 할 것으로 사료되며 수자원 관리 측면에서 극치사상의 대비를 위해 선제적으로 대응해야할 것으로 생각된다.

REFERENCES

1. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration, Guidelines for computing crop water requirements, *FAO Irrigation and Drainage Paper 56*, FAO, Rome.
2. Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S., and Allen, P.M., 1999. Continental-scale simulation of the hydrologic balance, *Journal of American Water Resources Association*, JAWRA 35(5): 1037-1052.
3. Chow, V.T., Maidment, D.R., and Mays, L.W., 1988. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill, NY.
4. Cunge, J.A. 1969. On the Subject of a Flood Propagation Method(Muskingum

- method). *Journal of Hydraulics Research* 7(2): 205–230.
5. Jang, S.S., Ahn, S.R., Joh, H.G. and Kim, S.J., 2015. Assessment of Climate Change Impact on Imha–Dam Watershed Hydrologic Cycle under RCP Scenarios, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 18(1): 156–169.(in Korean)
 6. Jeong, H.G., Kim, S.J. and Ha, R., 2013. Assessment of Climate Change Impact on Sotrage Behavior of Chungju and the Regulation Dams Using SWAT Model, *Journal of Korea Water Resources Association, KWRA* 46(12): 1235–1247.(in Korean)
 7. Kang, S.K., Lee, D.R., Moon, J.W., and Choi, S.J., 2010. Effects of Dams and Water Use on Flow Regime Alteration of the Geum River Basin, *Journal of Korea Water Resources Association, KWRA*, 43(4): 325–336.(in Korean)
 8. Kim, J.T., Kim, G.B., Jung, I.M. and Jung, G.C., 2014. Analysis if Flow Duration and Estimation of Increased Groundwater Quantity Due to Groundwater Dam Construction, *The Journal of Engineering Geology*, 21(2): 91–98.(in Korean)
 9. Kim, T.G., Yoon, Y.N., and Ahn, J.H., 2002. “An Analysis of the Changes of flow Duration Characteristics due to Dam Construction.” *Journal of Korea Water Resources Association, KWRA*, Vol. 35, No. 6, pp.807–816.(in Korean)
 10. Kim, U.T., Lee, D.R., and Yoo, C.S., 2004. Effects of Climage Change on the Streamflow for the Daechung Dam Watershed, *Journal of Korea Water Resources Association, KWRA*, 37(4): 305–314.(in Korean)
 11. Korea Meteorological Administration, 2011. *Understanding of Climate Change and Application of Climate Change Scenarios*, National Institute of Meteorological Research, Seoul, Korea.(in Korean)
 12. Lee, J.W., Kim, H.S., and Yoo, H.S., 1993. An Analysis of the Effect of Damming on Flow Duration Characteristics of Five Major Rivers in Korea, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers, KSCE* 13(3): 79–91.(in Korean)
 13. Nash, J.E., and Sutcliffe, J.E., 1970. Riverflow forecasting through conceptual models, PartI–A discussion of principles. *Journal of Hydrology* 10(3): 282–290.
 14. Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Williams, J.R. and King, K.W., 2002. *Soil and Water Assessment Tool: Theoretical documentation, Version 2000*. TWRI Report TR–191. College Station, TX.: Texas Water Resources Institute.
 15. Park, B.J., Sung, Y.D. and Jung, G.S., 2005. An Evaluation of Fish Habitate Conditions due to the Construction of Youngchun Dam in the Gumho River, *Journal of Korea Water Resources Association, KWRA* 38(9): 771–778.(in Korean)
 16. Park, G.A., Ahn, S.R., Lee, Y.J., Shin, H.J., Park, M.J., and Kim, S.J.,

2009. Assessment of Climate Change Impact on the Inflow and Outflow of Two Agricultural Reservoirs In Korea, *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers*, *ASABE* 52(6): 1869–1883.(in Korean)
17. Park, J.Y., Jung, H, Jang, C.H., and Kim, S.J., 2014. Assessing Climate Change Impact on Hydrological Components of Yongdam Dam Watershed Using RCP Emission Scenarios and SWAT model, *Journal of Korean Society of Agricultural Engineers* 56(3): 19–29.(in Korean)
18. Park, J.Y., Lee, M.S., Lee, Y.J., and Kim, S.J., 2008. The Analysis of Future Land Use Change Impact on Hydrology and Water Quality Using SWAT Model, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, *KSCE* 28(2B): 187–197.(in Korean)
19. Park, J.Y., Park, M.J., Ahn, S.R., and Kim, S.J., 2009. Watershed Modeling for Assessing Climate Change Impact on Stream Water Quality of Chungju Dam Watershed, *Journal of Korea Water Resources Association*, *KWRA* 42(10): 877–889.(in Korean)
20. USDA–SCS, 1972. Section 4: Hydrology. *In National Engineering Handbook*. Washington, D.C.: USDA Soil Conservation Service.

ICID Awards(TECHNOLOGY AWARD)

- BENEFITS OF THE SOUTH SAN JOAQUIN IRRIGATION DISTRICT'S PILOT PRESSURE IRRIGATION PROJECT -

유 승 환

전남대학교 지역·바이오시스템공학과

1. 머리말

창간호에서는 세계 농업과 농업용수에 관한 다양하고 생생한 정보를 전달하는 소식지로서 글로벌 위기에 대응할 수 있는 지혜를 나눌 수 있는 소통의 장이 될 수 있도록 ICID 기술상에 대한 수상배경 및 수상내역 등 전반적인 내용에 대하여 소개하였다. 이번 호에서는 2014년 TECHNOLOGY AWARD를 수상한 Jeff Shaw와 Todd Kotey의 'Benefints of the South San Joaquin Irrigation District(SSJID) pilot pressure irrigation project'을 중점적으로 소개하였다

SSJID지역은 400 mile의 중력기반 운하와 파이프를 통해 농민에게 농업용수를 공급하는 지역으로, 농민들은 스프링클러 혹은 점적관개를 위해 개인의 펌프를 이용하거나 저류 관개(flood irrigation)를 실시하고 있었는데, 관개효율을 높이기 위해 SSJID 위탁 Stantec 컨설팅이 파트너로 선정하고, 압력 관개프로젝트(pressure irrigation project)를 수행하였다. 이 프로젝트는 압력수를 이용하여 압력 파이프라인으로 농지에 관개를 실시하고, 농민들이 시간, 용량, 유량을 선택하고, 이와 더불어 Web 기반 툴을 통해 다양한 정보를 제공함으로써 농민이 컴퓨터나 스마트폰, 또는 iPad를 이용하여 관개 일정을 조정하도록 하였다.

이를 통해 이 지역의 농민들이 실제적으로 얻은

이익에 대하여 다양한 측면에서 소개하였는데, 관개기간, 관개주기, 유량의 유동성과, 용수 보전효과, 에너지 비용의 절감, 지하수 사용량의 감소, 공기질의 개선, 생산량 증가, 노동력 감소, 지능적 관개 스케줄링 효과 등을 정량적으로 분석하였다. 즉, 기존의 지하수 관개시스템에서 벗어나 개선된 자동 관개시스템을 구축한 공로를 인정받아 ICID Award의 TECHNOLOGY AWARD를 수상하였다. 구체적인 내용을 살펴보면 다음과 같다.

2. 서론

사우스 샌와킨 관개지구(SSJID)는 400마일의 중력 기반 용수로와 파이프라인을 통해 농민들에게 용수를 공급해왔다. 농민들은 예정된 시간에 저류 관개 및 스프링클러나 점적 관개 시스템에 사용되는 펌프를 이용하여 연결관에서 용수를 끌어 썼다. 이러한 시스템은 저류 관개에는 적합하지만 저류 관개와 스프링클러를 복합적으로 사용할 때에는 문제를 발생하였다. 결과적으로 일부 농민들은 SSJID에서 용수를 공급받지 않고 염분이 많은 개인사유 우물에서 직접 용수를 조달했다.

이에 SSJID 위원회는 Stantec Consulting을 용수 공급 효율 및 이용을 향상시킬 수 있는 관개 프로그램 개발을 위한 파트너로 위임하고, 지역의 9개 구획 중 하나인 Division 9의 일부 지점(3,800 에이

케)을 압력 관개 프로젝트의 시설 설치, 시험 및 시스템 최적화를 위한 시범 운영 장소로 선정했다.

새롭게 완공된 가압 관개 시스템은 농업 분야에서 가장 효율적으로 물을 사용하는 시스템 중 하나로써, 효율적인 용수사용을 위한 산업모델로써 3년간의 설계 및 구축 기간을 거쳤으며 온라인 및 무선기기를 통해 지역구 농민들이 개별적으로 용수 공급을 자동 제어 할 수 있도록 디자인되었다. 이 새로운 시스템은 Stantec Consulting과 SSJID간의 협력으로 개발 및 시행되었다.

본 프로젝트는 19 mile에 걸친 가압수준이 탄력적으로 운영되는(현재는 60 psi) 파이프라인 네트워크, 56 acre-foot의 저수지, 1분당 총 23,500 gallon/min을 펌핑할 수 있는 입식터빈펌프 7개가 있는 1,225마력의 펌프장 및 55개의 태양열 Field Telemetry Unit(FTU's)으로 이루어져 있으며 77개의 농가를 포함하고 있다. FTU는 PV패널, 유량 제어 밸브와 유량계, 그리고 펌프 제어실의 데이터 수집 시스템(SCADA)과 통신하는 원격 감시 제어로 구성되어있다.

이 새로운 시스템에서 관개용수는 캘리포니아 센트럴 밸리 3,800 acres에 걸쳐 자동화 된 관개 용수 채널을 통해 고객인 농가에 공급된다. 농가에서는 항공사 발권 플랫폼과 유사한 온라인 시스템을 이용하여 로그인 한 후에 관개 시일을 정할 수 있다. 추가적으로 현재와 과거의 일기 예보, 과거의 용수 사용량 및 증발산량, 그리고 실시간 습도 센서 수치도 웹사이트에서 찾을 수 있다. 각 농민은 용수 공급이 가능한 날을 선택하고 용수 공급 전후로 이메일 및 문자메세지 알림을 받아 용수량 및 유량 데이터를 확인할 수 있다. 효율적인 용수 사용을 독려하기 위하여 과수원의 땅에 설치된 토양수분센서를 통하여 과수가 가장 수분을 필요로 하는 때와 관개하기에 적합한 시일을 알 수 있다.

3. 연구성과

가. 관개 서비스

관개 서비스 연구는 2012년 Davids Engineering 이 실시하였으며 지역 당국이 농가에 제공하는 서비스의 질을 평가하기 위해 실시한 농가 내 보존 프로그램(On-Farm Conservation Program)과 함께 진행되었다. 관개용수의 가용성, 유량 및 관개 시간과 관련된 설문 조사 결과는 아래에 자세히 나와 있다. 그에 반해 압력 관개 시스템을 이용하는 농가들은 현재 용수를 각각 원하는 시간, 유량, 압력 및 기간에 맞추어 용수를 공급 받고 있다. 또한 기존의 중력 기반 시스템을 이용하는 농가 수가 줄어들어 담수가 보다 더 빠르고 효율적으로 이루어지며 과부화되었던 중력 기반 시스템의 부담과 장기적인 유지 관리 비용이 감소하였다.

나. 유용성

Fig. 1은 각 관개 방법에 대해 조사한 SSJID농가들 중 지표수 가용성을 기준으로 관개하는 농가의 비율을 나타낸다. Division 9 압력 관개 시스템의 도입 후에는 농가들이 지표수 가용성을 기준으로 관개하지 않고, 작물이 물을 필요로 할 때를 기준으로 관개를 실시하였다.

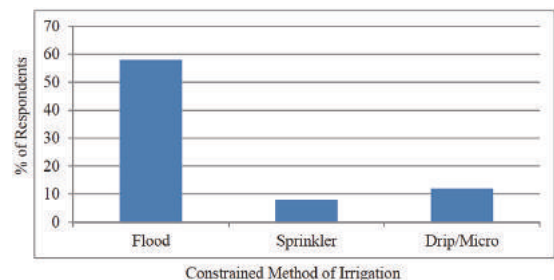


Fig. 1. Percent of surveyed SSJID farmers for each irrigation application method who irrigate based on surface water availability.

다. 유량

Fig. 2는 각 관개 방법에 대해 조사한 SSJID 농가들 중 지역구의 기반 시설 시스템상의 유량 제한점이나 관개 시설의 방류 용량을 기준으로 관개 유량을 정하는 농가의 비율을 나타낸 것이다. Division 9 압력 관개 시스템의 도입 후에는 농가들이 지역구의 기반 시설 시스템상의 제한적 요인이나 관개 시설의 방류 용량을 기준으로 유량을 정하지 않고 각각 정확히 원하는 유량으로 관개를 하였다.

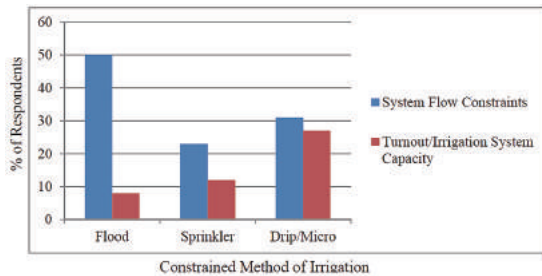


Fig. 2. Percent of surveyed SSJID farmers for each irrigation application method who determine flow rate based on infrastructure limitations.

라. 관개 시간

Fig. 3은 각 관개 방법에 대해 조사한 SSJID 농가들 중 관개 지속 시간을 관개 시설의 제한점을 기준으로 결정하는 농가의 비율을 나타낸 것이다.

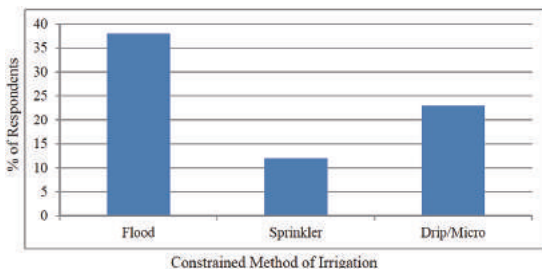


Fig. 3. Percent of SSJID farmers for each irrigation application method who determine irrigation duration based on infrastructure constraints.

Division 9 압력 관개 시스템의 도입 후에는 농가들이 관개 시설의 공급 시스템상의 제한을 기준으로 관개 지속 시간을 정하지 않고 정확히 원하는 시간 동안 관개를 실시하였다.

마. 수자원 보전법 준수

인구 증가와 한정된 수자원에 대한 경쟁적인 수요로 인해 캘리포니아주에서는 수자원 보전법을 통과시켰다. 수자원 보전법에 따라 2020년까지 도시 인구 1인당 물 소비량을 20% 줄이는 것 외에도 농산업 공급 업자들의 효율적 물 관리 실천과 용적당 사용료 책정이 시행되어야 한다. 주 내 전체적으로 물 사용 평가가 진행되면서 SSJID 위원회는 위기감을 느끼고 지역 당국이 캘리포니아주의 물 보전 목표를 따라 적극적인 조치를 취하고 있다는 것을 보이기 위해 Division 9 압력 관개 시스템을 허가했다. Division 9의 압력 관개 시스템을 시행함으로써 물 요구량을 30% 감소시켜 관개 용수를 효율적으로 관리하고, 자기식 유량계로 각 농가의 용수 사용량을 측정하였다.

바. 용적당 사용료 과금 체계

SSJID 용수 공급 해당 지역 농민들은 예전부터 24\$/acre의 고정된 용수 사용료를 지불했다. 수자원 보전법을 준수하기 위해서 SSJID는 용적당 용수 사용료를 청구해야 한다. 일반적으로 40acre 면적의 과수원에는 담수 관개에 사용되는 여러 개의 밸브 장치가 있는데, 저류 관개시 중력으로 인해 용수가 빠져나가는 출구가 수천점이기 때문에 지역 당국에서 수자원 보전법을 준수하는 데에 어려움이 따르고 돈이 많이 들었다. Division 9의 압력 관개 시스템을 사용하면 한 농가 당 관개수로와의 연결지점이 하나이고 자기식 유량계로 공급된 용수량을 측정할 수 있다. 측정된 용수량 데이터는 자동으로 지역 당국의 서버에

저장되어, 과금 소프트웨어에 입력된다.

공급된 용수량)에 대한 실시간 정보를 제공한다.

사. 지역구의 물 공급에 대한 신뢰성과 접근성

지역 당국이 정한 10일 간격의 고정된 용수 공급 일정은 최대 작물 수확량을 올리기 위해 필요한 용수 공급 빈도에 미치지 못한다. Division 9의 압력 관개 시스템에서는 동쪽 유역 펌프장이 용수를 조절하는 저수지로 이중역할을 하여 용수를 저장하거나 끌어다가 77개의 농가에 수요 중심으로 용수를 공급한다.

아. 담수 관개에서 스프링클러 관개 방식으로의 전환

Division 9의 압력 관개 시스템의 도입으로 담수 관개 방식에서 스프링클러/점적 관개 방식으로 전환하려는 농가가 많아졌다. 용수가 공급되고 있는 77개 농가 중 18개 농가가 압력 관개 시스템이 도입된 직후 스프링클러나 점적 관개 시스템을 설치했다. 스프링클러나 점적 관개 시스템의 사용이 증가함에 따라 농가의 관개 효율이 증가하고 지역의 수리권을 가장 효과적으로 행사하도록 도움이 되었다.

자. 재생 에너지

농업이 캘리포니아 센트럴 밸리에서 성공적인 이유 중 하나는 풍부한 일조량인데, Division 9의 압력 관개 시스템은 이런 흔한 태양 에너지를 활용하여 농가와 연결에 필요한 전력을 얻는다. 유량 제어 밸브, 자기식 유량계, 수분 센서, 프로세스 로직 컨트롤러 및 무선 통신기에 달린 솔레노이드가 태양광으로부터 전력을 공급받아 용수 배출량을 조절하게 된다. 또한 유량, 작물 습도 조건, 용수 배출 압력, 제어 장치와 배터리 장치의 상태 및 용수 공급의 세부사항(공급 시작 시간, 종료시간, 관개에 총 소요된 시간, 평균 유량, 총

차. 수자원 보전

Division 9의 압력 관개 시스템은 지역의 물 절약에 일조하는 수자원 보전 기능들을 포함하고 있다. 점적 및 스프링클러 시스템으로의 전환, 방수 회수 시스템, 지능적 관개 스케줄링, 토양 수분 모니터링 등이 포함된다. 보전적인 관점에서 보면 장장 72,000 acre에 걸친 400 mile의 중력 기반 파이프라인으로 각 농가에 적정량의 물만 공급하기에는 굉장히 문제가 발생할 수 있으며, 누출 사고도 자주 발생할 수 있다. 수자원 보호 및 관리가 어느 때보다 중요한 가뭄 기간에는 농가의 실제 필요 수량만을 정확하게 공급하여 지역의 모든 농가의 필요를 충족시킬 수 있는 기반 시설이 필수적이다. SSJID의 원격 측정과 SCADA의 매니저 프랭크 아빌라(Frank Avila)는 2012년에 압력 관개 시스템이 Division 9에서 배수로 인한 누수를 5,000 acre-ft 감소시켰다고 보고했다. Division 9에서 현재 압력 관개 시스템을 이용하는 농가에 압력 관개 시스템이 도입되기 전 10년간 공급되었던(2002-2011) 평균 용수는 7,528 acre-ft이었다. 압력 관개 시스템이 사용된 첫 해의 총 공급된 용수(각 농가와 연결지점에서 자기식 유량계로 측정)는 4,695 acre-ft이었다. 따라서 2,833 acre-ft의 용수가 보전된 것으로 분석되었다.

압력 관개 시스템이 도입되기 전에는 현재 압력 관개 시스템을 사용하는 농가의 50%가 개인 우물을 사용했기 때문에 에이커 당 공급된 물을 기준으로 보게 되면 절약된 물이 더 많아진다. Division 9에 압력 관개 시스템이 도입됨에 따라 지역 당국은 개인 우물을 사용하던 농가를 당국 시스템에 재등록시켜 지하수 펌핑을 줄이고 수

Table 1. Water conservation results from SSJID's On-Farm Conservation Program

Conservation Measure	Fields Evaluated	% of Fields Evaluated for each Conservation Measure	Acres	% of Acres Evaluated for each Conservation Measure	True Point Deliveries, ac-ft (March–October)		Preliminary Conservation Estimate	
					2010	2011	ac-ft	inches
Drip Conversion	8	53%	379	54%	1093	719	374	11.8
Sprinkler Conversion	4	80%	220	90%	472	373	99	5.4
Tail water Recovery	0	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA
Grower Proposed	1	11%	25	10%	100	101	–1	–0.6
Irrigation Scheduling	7	30%	278	30%	996	721	275	11.9
Soil Moisture Monitoring	47	61%	1,497	58%	5,242	4,695	547	4.4
Totals	67	51%	2,399	45%	7,902	6,608	1,294	6.5

질이 더 나은 지표수를 쓰도록 할 수 있었다. 압력 관개 시스템의 도입 전에는 19,924 acre-ft의 용수가 Division 9에 공급되어 3,151 acre(6.32 ft of water per acre)의 농지를 관개했다. 2012년에 압력 관개 시스템을 통해 농가에 공급된 용수는 면적 2,389 acre에 4,695 acre-ft(1.96 ft of water per acre)이었다. Division 9의 수자원 보전 외에도 Davids Engineering은 SSJID의 농가 내 보전 프로그램(On-Farm Conservation Program) 또한 Division 9 프로젝트와 동일한 조치로 물을 절약하고 있음을 확인하였다.

카. 농가 운영 비용

2012 관개년도 끝 무렵에 2012년 이전에는 지역 관할 용수를 공급받지 않고 개인 우물로 지하수를 끌어 올려 사용했던 3개 농가에 대한 사례연구를 실시했다. 현재의 디젤비용과 3개 농가의 과거 펌프 사용 시간을 지역 당국이 공급하는 가압 용수 값인 1 acre-ft당 30달러와 비교했을 때, 세 농가는 가압 용수를 사용했을 때 34–67% 비용 감소를 보였다. 이 수치는 과거에 농가에서 지불해야

했던 개인 펌프 관리비와 자동화된 지역당국의 가압 관개 시스템에 비해 직접 관개해야하는 노동 비용을 고려하지 않은 것이다.

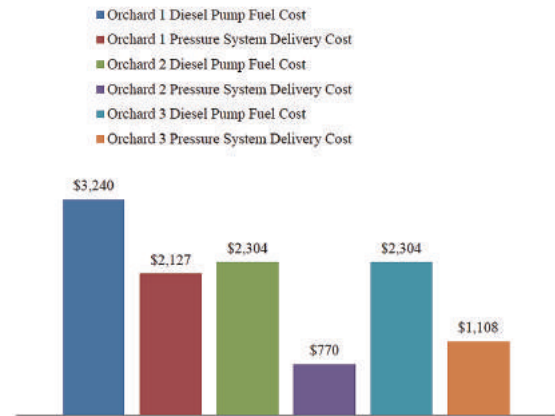


Fig. 4. Comparison of farmer fuel cost to pump water from private well to meet irrigation demands vs. SSJID supplied pressurized water for a peak summer month

타. 지하수 펌핑과 대기질

SSJID 총매니저 제프 쉴즈(Jeff Shields)에 의하면 본 프로젝트의 관개 서비스 부분은 지하수가 작물에게 물을 대기엔 염도가 너무 높고 펌프

를 작동하는 비용이 이윤을 감소시키기 때문에 해당 지역 농민들의 불만이 있었기 때문에 시작되었다. Division 9 매니저 마이클 도나휴(Michael Donahue)에 따르면 Division 9 압력 관개 시스템으로 인해 대수층에서의 지하수 펌핑이 50% 감소했다. Division 9 구획에서는 주로 디젤 펌프로 지하수를 끌어올렸었는데, 대기로의 디젤 배출이 감소하면서 대기질이 개선되고 좋은 수질의 지표수를 사용함으로써 작물(아몬드 및 호두 등)의 상태가 호전되었다.

파. 관개 일정 및 이력 관리

SSJID와 고객인 농민들 모두 쉽게 관리할 수 있는 시스템을 구축하기 위해서는 전화 주문을 대신할 사용자 친화적인 소프트웨어 인터페이스가 필수적이었다. 상호적인 도구를 만들기 위해서는 양방향의 대화가 필요하기 때문에 초기 주민 회의의 많은 시간을 농민들이 용수 공급 일정을 온라인상으로 정할 때 필요로 할 기능, 지식, 정보 등을 논하는데 할애하였다. 농민들은 "The Division 9 Irrigation Information Centre"라는 웹 기반의 인터페이스에서 각각 고유의 플랫폼을 부여받아 관개에 관련된 일을 관리하고 도움을 받을 수 있게 하였다. 농민들이 손끝만으로 해당 지역의 기상 알림(서리와 바람 예보 포함), 기상 예보, 도플러 레이더 이미지, 필요에 따라 데이터를 따로 추출하거나 인쇄 가능한 과거의 기상표(강우, 바람, 온도, 습도, 증발산률 등), 용수 공급 일정(시작 시간, 종료 시간, 총 관개 시간, 평균 유량, 총 관개수량) 및 수분 센서 정보를 얻거나 관리할 수 있게 된 것이다. 모든 정보를 숙지한 후에는 단 세 가지 선택만으로 농지를 관개할 수 있다. 항공사발권 시 나오는 달력과 유사한 달력에서 날짜와 관개할 시간을 선택하면 웹사이트가 곧 바로 선택된 날짜, 시간, 유량을 검색하여 그 날에 관개 가

능한 시간을 보여주었다(시간 옵션은 보통 매 시간마다 제공된다). 선택된 날에 관개가 가능하지 않은 시간이 있으면 시스템은 선택된 날짜의 48 시간 전 후 시간대를 모두 보여준다. 맞는 시간대를 고르면 문자 메시지와 이메일 알림을 받게 된다(관개 24시간 전, 1시간 전, 그리고 주문한 관개가 끝난 후에는 용수 공급 내역서를 받는다). 계정 관리는 웹사이트를 통해 가능하며 지역 당국 파일에 있는 기록도 보고 관리할 수 있다.

하. 펌핑 효율

Division 9의 압력 관개 시스템 프로젝트의 가장 큰 이점은 펌프 운영을 통합시킨 것이다. 과거에는 농민들이 디젤 연료를 쓰는 개인 모터와 펌프로 단위 에너지 당 적은 양의 물을 끌어올렸다. Division 9 동쪽 유역 펌프장을 세운 후로는 7개의 입형터빈펌프를 사용하여 물을 훨씬 효율적으로 공급하였다. 펌프장에는 저유량 운영을 위한 50마력 펌프 2개, 125마력 펌프 1개, 그리고 펌핑 용량이 23,500 gpm의 250마력 펌프 4개를 운영하였다.

4. 맺음말

본 프로젝트의 최대 수혜자는 SSJID지역의 Division 9을 구성하는 농민들이다. 본 프로젝트를 통해 농민들은 필요한 때에 원하는 압력과 유량으로 농지에 물을 덜 수 있게 되었는데, 수도 밸브는 자동화 되어 있고 웹 기반의 인터페이스는 인터넷 연결을 통해(스마트폰, 아이패드 등으로) 관리할 수 있기 때문에 농민들은 농장의 다른 일에 집중할 수 있다. 자연 유하식 관개는 농민들이 필요로 할 때 항상 있는 게 아니었기 때문에 지하수 펌핑이 관개용수의 주요 공급원이 되었다. 지표수를 기반으로 한 압력 관개 시스템 덕분에

염도가 높은 지하수 펌핑이 감소하였고 Division 9에 자라는 작물들에게는, 긍정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 이와 함께 지하수 펌핑 감소로 인해 디젤 펌프의 사용이 감소하자 Division 9의 대기질도 개선되는 효과를 보였다. 압력 관개 시스템으로 인해 저류 관개를 줄이고 점적 관

개, 미량(micro) 관개 및 고정 스프링클러로 물을 공급함으로써 작물 수량을 높이고 용수 사용량을 30%까지 절약하며 토양 침식 및 지표수와 지하수의 비료 축적을 감소시킬 수 있는 것으로 분석되었다.

유네스코 등재 세계유산과 관개시설



장 태 일

전북대학교 지역건설공학과 / 교수
tjang@jnu.ac.kr

1. 유네스코 등재 세계유산

유산이란 우리가 선조로부터 물려받아 오늘날 그 속에 살고 있으며, 앞으로 우리 후손들에게 물려주어야 할 자산이다(유네스코와 유산, 2016). 유네스코에 유산으로 등재 가능한 분야는 ‘세계유산’, ‘세계기록유산’, ‘인류무형문화유산’, ‘생물권보전지역’, ‘세계지질공원’, ‘창의도시네트워크’ 등으로 나뉜다(전복연, 2013). 이중 세계유산(UNESCO World Heritage Site)은 유네스코에서 인류의 소중한 문화 및 자연 유산을 보호하기 위

해 지정한 것으로, 1972년 11월 제17차 정기총회에서 채택된 “세계 문화 및 자연 유산 보호 협약”에 따라 정해진다(Wikipedia). 세계유산이라는 특별한 개념이 나타난 것은 이 유산들이 특정 소재지와 상관없이 모든 인류에게 속하는 보편적 가치를 지니고 있기 때문이며, 세계 유산 목록은 세계유산위원회가 전담하고 있다.

세계 유산은 역사적으로 중요한 가치를 지닌 문화유산과 지구의 역사를 잘 나타내고 있는 자연유산, 그리고 이들의 성격을 합한 복합유산으로

표 1. 유네스코 등재 세계유산의 정의 및 구분

구분		정의
문화유산	기념물	기념물, 건축물, 기념 조각 및 회화, 고고 유물 및 구조물, 금석문, 혈거 유적지 및 혼합유적지 가운데 역사, 예술, 학문적으로 탁월한 보편적 가치가 있는 유산
	건조물군	독립되었거나 또는 이어져있는 구조물들로서 역사상, 미술상 탁월한 보편적 가치가 있는 유산
	유적지	인공의 소산 또는 인공과 자연의 결합의 소산 및 고고 유적을 포함한 구역에서 역사상, 관상상, 민족학상 또는 인류학상 탁월한 보편적 가치가 있는 유산
자연유산		무기적 또는 생물학적 생물들로부터 이룩된 자연의 기념물로서 관상상 또는 과학상 탁월한 보편적 가치가 있는 것
		지질학적 및 지문학적 생성물과 이와 함께 위협에 처해 있는 동물 및 생물의 종의 생식지 및 자생지로서 특히 일정구역에서 과학상, 보존상, 미관상 탁월한 보편적 가치가 있는 것
		과학, 보존, 자연미의 시각에서 볼 때 탁월한 보편적 가치를 주는 정확히 드러난 자연지역이나 자연유적지
복합유산		문화유산과 자연유산의 특징을 동시에 충족하는 유산

자료: 유네스코와 유산, 2016

구분된다(표 1). 특히 지역별로 산재되어 있는 자연·문화유산이 ‘세계유산’으로 등재되면 지역의 자긍심 향상과 대외적인 이미지가 제고된다. 또한 해당 지역의 경제(관광)가 활성화되는 효과 때문에 최근 지자체별로 세계 유산 등재를 위한 노력을 기울이고 있다.

1972년 세계유산협약이 채택된 이후, 유럽 중심의 유적지 및 기독교 유물 등 ‘엘리트주의’적 건축물들이 과도하게 등재된 반면, 현존하는 ‘전통문화’와 관련 있는 유적은 배제되어 세계 각국의 관심 증대와 함께 유산의 성격과 지역간 불균형 문제(이탈리아, 스페인, 독일, 프랑스, 중국 등 상위 5개국이 전체 유산의 약 20%를 차지)가 대두되었

다. 이에 1994년, 세계유산위원회는 신뢰할 수 있고, 대표성 있으며, 균형 잡힌 세계유산목록 작성을 위한 국제전략을 발표하였다. 이후 태평양 지역 섬국가, 동유럽, 아프리카 및 아랍 지역 국가들이 세계유산협약에 새로 가입해 2016년 8월 현재 세계유산협약 당사국 수는 192개국으로 늘었다(유네스코와 유산, 2016).

2. 유네스코 세계유산 등재기준

유네스코와 유산 홈페이지에 의하면, 세계유산은 ‘탁월한 보편적 가치(Outstanding Universal Value)’를 지닌 부동산 유산을 대상으로 하며, 어떤 유산이 세계유산으로 등재되기 위해서는 한 나

표 2. 세계유산 등재기준

구분	기준	사례
문화유산	I 인간의 창의성으로 빚어진 걸작을 대표할 것	호주 오페라 하우스
	II 오랜 세월에 걸쳐 또는 세계의 일정 문화권 내에서 건축이나 기술 발전, 기념물 제작, 도시 계획이나 조경 디자인에 있어 인간 가치의 중요한 교환을 반영	러시아 콜로멘스코 이 성당
	III 현존하거나 이미 사라진 문화적 전통이나 문명의 독보적 또는 적어도 특출한 증거일 것	태국 아유타야 유적
	IV 인류 역사에 있어 중요 단계를 예증하는 건물, 건축이나 기술의 총체, 경관 유형의 대표적 사례일 것	종묘
	V 특히 반복할 수 없는 변화의 영향으로 취약해졌을 때 환경이나 인간의 상호 작용이나 문화를 대변하는 전통적 정주지나 육지·바다의 사용을 예증하는 대표 사례	리비아 가다메스 옛 도시
	VI 사건이나 실존하는 전통, 사상이나 신조, 보편적 중요성이 탁월한 예술 및 문학작품과 직접 또는 가시적으로 연관될 것 (다른 기준과 함께 적용 권장)	일본 히로시마 원 폭동
	* 모든 문화유산은 진정성(authenticity; 재질, 기법 등에서 원래 가치 보유) 필요	
자연유산	VII 최상의 자연 현상이나 뛰어난 자연미와 미학적 중요성을 지닌 지역을 포함할 것	케냐 국립공원, 제주 용암동굴·화산섬
	VIII 생명의 기록이나, 지형 발전상의 지질학적 주요 진행과정, 지형학이나 자연지리학적 측면의 중요 특징을 포함해 지구 역사상 주요단계를 입증하는 대표적 사례	제주 용암동굴·화산섬
	IX 육상, 민물, 해안 및 해양 생태계와 동·식물 군락의 진화 및 발전에 있어 생태학적, 생물학적 주요 진행 과정을 입증하는 대표적 사례일 것	케냐 국립공원
	X 과학이나 보존 관점에서 볼 때 보편적 가치가 탁월하고 현재 멸종 위기에 처한 종을 포함한 생물학적 다양성의 현상 보존을 위해 가장 중요하고 의미가 큰 자연 서식지를 포괄	중국 쓰촨 자이언트 팬더 보호구역
공통	완전성(integrity) : 유산의 가치를 충분히 보여줄 수 있는 충분한 제반 요소 보유	
공통	보호 및 관리체계 : 법적, 행정적 보호 제도, 완충지역(buffer zone) 설정 등	

자료: 유네스코와 유산, 2016



그림 1. 유네스코 세계유산(2015-2016) 등재 분포 지도(문화재청, 2016)

라에 머물지 않고 탁월한 보편적 가치가 있어야 한다. 세계유산 운영지침은 유산의 탁월한 가치를 평가하기 위한 기준으로 다음 10가지 가치 평가 기준을 제시하고 있다(표 2). 이러한 가치평가 기준 이외에도 문화유산은 기본적으로 재질이나 기법 등에서 진정성(authenticity)을 보유하고 있어야 한다. 또한, 문화유산과 자연유산 모두 유산의 가치를 보여줄 수 있는 제반 요소를 포함해야 하며, 법적·제도적 관리 정책이 수립되어있어야 세계유산으로 등재될 수 있다.

3. 유네스코 등재 세계유산¹⁾

2016년 8월 현재 세계유산은 전 세계 165개국에

분포되어 있으며, 총 1,052점 가운데 문화유산이 814점, 자연유산 203점, 복합유산이 35점이다(그림 1). 반면, 우리나라의 세계유산은 해인사 장경판전(1995년)과 종묘(1995년), 그리고 최근에 등재된 백제역사유적지구(2015년) 등 총 12점이다. 다음은 등재된 세계유산 가운데 관개시설 및 농업과 관련된 대표적인 유산을 정리한 내용이다.

가. 멕시코: 수도교의 수로 체계(Aqueduct of Padre Tembleque Hydraulic System)

16세기에 세워진 '파드레 템블레케 수도교(Aqueduct of Padre Tembleque)'는 멕시코중앙고원(Central Mexican Plateau)에 있다. 전체 수로 체계는 집수구역, 수원, 운하, 배수조, 아케이드 형태의 수도교 전체를 포괄하고 있다. 프란체스코 수도회 소속의 수사였던 템블레케 신부(Padre

1) 유네스코 등재세계유산은 '유네스코와 유산' 홈페이지에서 요약 정리한 내용임.

Tembleque, Francisco de Tembleque)의 주도 하에 시작된 이 수로 체계는 이 지역 원주민 공동체의 지원을 받아 축조되었다. 이곳의 수로 체계는 로마시대의 수리학이라는 유럽의 전통과 아도베(adobe, 멕시코의 말린 점토 벽돌)를 이용한 메소아메리카(Mesoamerica)의 전통적인 건축 기법 사이의 교류를 엿볼 수 있는 사례이다.

나. 오만: 아플라즈 관개시설(Aflaj Irrigation Systems)

등재된 유산은 현재까지 사용되고 있으며 약 3,000개의 관개시설 중 5개의 아플라즈(aflaj, ‘수로’ 또는 ‘운하’라는 뜻) 관개시설이다. 이 관개시

설의 기원은 서기 500년대로 거슬러 올라가지만, 고고학적 근거에 따르면 기원전 2500년 무렵부터 극심한 건조 지역에서 이용된 것으로 추정된다. 아플라즈 관개시설은 중력을 이용하여 지하수나 우물로부터 물을 끌어와 농업용수 및 생활용수로 사용한다. 현재까지도 물의 관리와 배분은 상호 의존과 공공 가치를 기반으로 공정하고 효율적으로 이루어진다. 이 유적지에는 급수시설을 지키기 위해 세운 수많은 망루가 있고, 이러한 망루들은 아플라즈 관개시설에 대한 지역 공동체의 의존도를 나타낸다.



멕시코 수도교의 수로 체계
(출처: Espacio de la Imagen)



이란 전통 관개 수리시설
(출처: Daraish Kaviyani)



인도네시아 전통 관개시스템
(출처: <http://weloveyatours.blogspot.kr/>)



중국 두장옌 관개시설
(출처: <http://www.cultural-china.com/>)

그림 2. 대표적 유네스코 등재 관개유산

다. 이란: 슈슈타르 관개시설(Shushtar Historical Hydraulic System)

슈슈타르 관개시설은 기원전 5세기 다리우스 대제 때 지어진 것으로 그중 가르가르(Gargar) 수로는 터널을 이용하여 방앗간에 물을 보내고, 이 물은 슈슈타르 시 전체에 공급되었다. 웅덩이에 고인 물은 도시 남쪽의 평야로 흘러들어 미나브(Mianâb, 천국)로 알려진 40,000ha의 과수원과 농지에 공급된다. 슈슈타르 관개시설은 전체 시설을 관장하는 운영 센터인 살라셀 카스텔(Salâsel Castel), 수위를 측정하는 탐, 댐, 다리, 저수조, 방앗간을 비롯한 놀라운 유적들을 포함하고 있다. 이 시설은 엘람 제국과 메소포타미아의 지식과 경험, 더 나아가 나바테아 왕국의 전문 기술과 로마 건축술의 영향을 모두 보여 주고 있다.

라. 인도네시아: 수박 관개시설(Cultural Landscape of Bali Province: the Subak System)

발리의 문화경관은 다섯 곳의 계단식 논과 수상사원으로 구성되며, 그 분포면적은 19,500ha에 이른다. 사원은 9세기로 거슬러가는, ‘수박’이라고 알려진 수로와 독의 관개시설 협동조합 체계의 중심이다. 수박 체계에는 영혼세계와 인간세계 그리고 자연을 하나로 결합하는 트리 히타 카라나(Tri Hita Karana, 행복의 근거는 신·인간·자연이 조화로운 관계에 있다는 힌두철학)의 개념이 반영되어 있다. 민주적이고 평등한 농경 방식인 수박 체계 덕분에 발리 사람들은 높은 인구밀도의 어려움에도 불구하고 군도에서 가장 많은 농작물을 수확하였다. 수박은 발리 사회와 문화의 중심축으로 발리 농부들은 수박을 통해 효율적이고 생태친화적인 벼 농사법을 이어오고 있을 뿐만 아니라 세계적으로 매우 고유하고 독특한 전통 미술과 문화를 생산하고 있다. 발리에서는 샘을 가진 사

원 주변에 논이 형성되어 있으며, 승려가 물을 분배하는 권한을 갖는다. 따라서 수박은 단순히 물을 대는 것뿐만 아니라 전통마을 형성에 중요한 기능을 하게 된다.

마. 중국: 두장옌 관개시설(Dujiangyan Irrigation System)

두장옌(都江堰) 수리시설은 기원전 3세기에 축조되었다. 이 시설은 아직도 민강(岷江)의 물을 조절해서 청두평위안(成都平原)의 비옥한 농지에 물을 보내고 있다. 두장옌 수리시설은 물 관리와 기술의 발전에 있어서 주요 지형지물로 아직도 그 기능을 완벽하게 수행하고 있으며, 고대 중국의 과학과 기술의 엄청난 발전을 생생하게 보여준다. 기원전 256년에 진(秦)왕조의 촉나라 태수로 있던 리빙(李冰)이 유량이 풍부한 민강(岷江)의 물을 내보낼 수리시설을 축조할 장소를 선정하였다. 이로써 리뚜이(离堆) 대지를 깎아내고, 홍수의 위험을 피하기 위해 수로를 파고 항로를 열었으며, 동시에 인접한 농지에 물을 대도록 하여 ‘풍요로운 땅’을 일구었다.

바. 아시아 계단식 논

중국 ‘홍허하니족(紅河哈尼族)의 다랑논 문화경관(Honghe Hani Rice Terraces)’은 윈난 성(雲南省) 남부에 있으며, 그 면적은 16,603ha에 달한다. 우뚝 솟은 아이라오 산(哀牢山)에서 시작하여 경사면을 따라 홍허(紅河)의 강둑을 향해 캐스케이드(cascade) 식으로 층층이 이어져 내려오는 계단식 논이다. 지난 1,300년에 걸쳐 홍허하니족은 숲이 우거진 산 정상에서 계단식 논까지 물을 대기 위해 복잡한 수로 체계를 발전시켜왔다. 탁월한 회복력을 자랑하는 다랑논의 토지 관리 체계는 유례없이 훌륭하면서도 유서 깊은 사회·종교적 구조를 바탕으로 형성된 것으로 시각적·생태적 관점에서

인간과 환경 사이의 특별한 조화를 보여주고 있다. 필리핀 ‘코르딜레라스 현의 계단식 논(Rice Terraces of the Philippine Cordilleras)’은 루손(Luzon) 섬 고지대에 형성된 계단식 논 유적지이다. 이푸가오(Ifugao) 지방에는 2,000년 동안 산등선을 따라 만들어진 고지대 논이 있다. 이 유적지는 세대를 거듭하여 전해 내려온 지식의 결과물이자 신성한 전통과 섬세한 사회적 균형의 표출로, 인간과 자연환경의 조화를 보여 주는 절경이다. 이푸가오의 계단식 논은 다른 계단식 논에 비해 고도가 높고 가파른 비탈에 형성되었다. 논에 물을 대기 위해서 산꼭대기의 숲에서 물을 끌어오는 복잡한 관개 방법과 정교한 농경 방식은 지금까지도 높이 평가받는 수준 높은 공법이다.

3. 우리나라 대표 관개시설

‘세계관개시설유산(HIS, Heritage Irrigation Structures)’이란 국제관개배수위원회(ICID)가 유네스코 세계문화유산제도를 차용해 역사·사회·기술적 가치가 있는 관개시설을 유지·보존·홍보하려는 목적으로 지난 2014년부터 운영하는 제도다. 2016년 12월 현재까지 중국 10점, 일본 22점, 이집트 2점, 러시아 1점 등 총 8개국 52점이 등

재되어 있다(ICID, 2016). 2016년 현재 우리나라는 이집트, 러시아와 함께 국내에선 최초로 김제 벽골제와 수원 축만제가 세계관개시설유산으로 등재되었고 세계관개시설유산 보유국이 되었다.

가. 벽골제(김제)

국가 사적 제111호인 ‘벽골제’는 우리나라 최초의 최대(最大)·최고(最古)의 저수지다. 1700여년의 역사적 가치를 지니며, 제방 단면구조, 제방의 총 길이(3250m), 저수지의 면적(37km²) 등 건설기술을 비롯해 시설물의 크기, 취수량, 관개면적에서 고대 동아시아 수리시설의 역사와 유래, 축조기술을 잘 보여주는 인류 공통의 문화자산이라는 평가를 받고 있다. 벽골제 축조방식인 ‘부엽공법’은 제방을 축조할 때 토층 사이에 유기물질인 식물층을 끼워 넣는 방식으로 연약한 지반에서 흠박 강도를 높이기 위해 고안된 우수한 고대수리시설 축조공법으로 동아시아 관개수리시설 발전과정을 보여주는 중요한 유산이다(전북연, 2013).

나. 축만제(수원)

‘서호’(西湖)라는 이름으로 더 많이 알려진 ‘축만제’는 1799년(정조 23) 수원화성 건립 당시 성곽 공사와 함께 축조한 농업용 저수지다. 축만제는



벽골제의 수문인 장생거



축만제 전경

그림 3. 대표적 국내 관개유산(세계일보, 2016)

수원 화성을 지키는 군사들의 식량과 재원을 제공 뿐만 아니라 백성들의 생계 및 가뭄에 대비하는데 기여했다. 수원화성이라는 신도시 건설의 하나로 축만제가 조성된다는 것은 당대 기준으로 매우 혁신적인 시도였다. 1831년 축만제에 추가 건립한 향미정은 관개용수를 공급하는 단일 목적을 뛰어 넘어 선비들의 풍류를 즐기는 장소로서 역사·문화적으로 높은 평가를 받았다.

4. 맺음말

우리나라의 벽골제와 축만제가 역사·문화·기술적 가치를 인정받아 세계관개시설유산으로 등재되었다. 이는 유네스코 세계유산 등재로의 출발점이 될 것으로 보인다. 세계유산으로 등재하기 위해서는 먼저 세계유산 잠정목록에 등재되어야 한다. 잠정목록은 문화재청에서 선발하여 외교부를 통해서 유네스코에 제출되기 때문에 잠정목록 신청 전에 문화재청과 사전협의 과정이 매우 중요하다.

세계유산은 '탁월한 보편적 가치'를 지난 세계에서 유일한 유산을 등재해야 한다. 표 3에서와 같이 현재 유네스코 세계유산에 등재된 관개시설의 등재기준을 분석하여 우리나라의 관개시설 또한 탁월하고 보편적인 가치가 있음을 보여주어야 한다. 중복적으로 나타나는 등재기준은 Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ, Ⅴ 등

으로 오랜 세월에 걸쳐 기술발전 가치를 보여주거나, 문화적 전통이나 문명의 특출한 증거, 그리고 인류 역사에 있어 중요 단계를 예증하는 시설·경관 등이다. 따라서 유산의 시설 및 경관의 학술적 가치가 세계적으로 탁월하고 그 가치가 유일한 것 인지를 판단하는 것이 우선적으로 필요하다.

전북연(2013)은 세계유산 후보군에 김제 벽골제를 후보군으로 제안하고 등재 추진전략을 발표하였다. 여기에는 2018년까지 김제벽골제 발굴종합계획(2012-2018)을 통하여 벽골제의 학술적 가치와 역사성을 규명하고 복원계획과 문화재 활용대책 등의 연구계획을 포함하고 있다. 또한 최근 제천시에서는 고대 삼한시대에 축조된 것으로 알려진 '의림지'를 세계문화유산으로 등재하기 위한 움직임을 보이고 있다. 문화유산 등재의 효율성을 높이기 위해서는 지자체와 한국관개배수위원회, 그리고 유네스코 한국위원회와 문화재청 등이 협력하여 유산의 가치 또는 세계에서 유일함을 증명하고 등재하려는 노력을 지속적으로 이행해야 한다. 다만, 최근의 경향을 볼 때, 단독등재는 쉽지 않으므로 여러 지역의 유사 문화재를 엮어 공동으로 등재하거나, 타 국가와 공동으로 등재하는 방식에 주목할 필요가 있다(전북연, 2013). 앞으로 우리나라의 대표적인 관개시설이 세계유산으로 등재되기를 기대해본다.

표 3. 대표적 관개시설의 세계유산 등재 상세기준

대표적 세계유산	기원(추정연도)	등재기준	등재연도
멕시코 수도교의 수로체계	A.D.16C	I, II, IV	2015
오만 아플라즈 관개시설	A.D.6C (또는 B.C.26C)	V	2006
이란 관개수리시설	B.C.5C-3C	I, II, V	2009
인도네시아 수박시스템	A.D.10C?	III, V, VI	2012
중국 두장옌 수리시설	B.C.3C	II, IV, VI	2000
중국 다량논 문화경관	A.D.8C?	III, V	2013
필리핀 계단식 논	A.D.1C?	III, IV, V	1995

참고문헌

- 문화재청, 2016. 문화유산정보. <http://www.cha.go.kr/html/HtmlPage.do?pg=/heritage/>. Accessed 08 Dec 2016.
- 세계일보, 2016. 김제 벽골제 · 수원 축만제, 내달 세계관개시설유산 최초 등재. <http://www.segye.com/content/html/2016/10/24/>. Accessed 08 Dec 2016.
- 유네스코와 유산, 2016. 세계유산목록. <http://heritage.unesco.or.kr/>. Accessed 08 Dec 2016.
- 전북발전연구원, 2013. 유네스코 등재유산 지정 확대 방안, 전북연.
- ICID, 2016. Heritage Irrigation Structures. <http://www.icid.org/>. International Commission on Irrigation & Drainage. Accessed 08 Dec 2016.

축만제(祝萬堤) - ICID 관개시설물 유산

(ICID Heritage Irrigation Structure)

김 주 창

한국종합기술 고문

1. 서언

2016년 11월에 태국 Chiang Mai에서 개최된 ICID 67차 집행위원회에서 3개국(한국, 중국, 일본)의 12개소(한국 2개소, 중국 3개소, 일본 7개소) 관개시설물이 ICID 관개시설물유산으로 인정되고 등록되었으며, 그 중에서 한국은 현재 활용 중인 시설부문에서 수원의 축만제(서호)와 역사적인 유물부문에서 김제의 벽골제가 우리나라 관개시설물 중 처음으로 선정되었다.

이 제도는 Gao Zhanyi ICID 회장이 2012년 6월 28일 오스트레일리아의 Adelaide에서 개최된 63차 국제집행위원회의(IEC)에서 UNESCO가 인정하는 세계문화유산처럼 ICID가 역사적인 관개시설물을 인정하는 제도를 설치하자고 제안함으로써 논의가 시작되었고, 100년 이상의 수명을 가진 시설물을 대상으로 하여 각 국가위원회의 신청을

받아 2014년 한국 광주 총회에서 처음으로 중국, 일본, 파키스탄, 스리랑카, 태국 등 5개국의 17개 관개시설물이 등록되면서 해마다 그 수가 증가하고 있다.

우리나라에서 축만제는 역사적인 관개시설물 중 가장 잘 보존되고 이용되는 것으로 금년 ICID 관개시설물에 처음 등록되었기 때문에 이를 소개하여 널리 알리고자 한다.

2. 효자이고 세계문화유산과 관개시설물 유산을 남겨주신 정조대왕

정조대왕은 조선왕조의 22대 왕으로 축만제가 포함된 수원지역종합개발을 계획하고 추진하여 완성케 한 왕이다. 정조대왕은 아버지인 사도세자가 젊어서 비참하게 세상을 떠났기 때문에 효심이 지극하여 왕이 된 후에 아버지의 묘를 1789년 수



그림 1. 용릉(사도세자)



그림 2. 건릉(정조대왕)

원 남부로 옮긴 후 13회나 찾아 뵈었고, 수원지역 종합개발도 이 과정에서 이루어졌다고 할 수 있다. 만약 사도세자의 비극이 없었고, 정조대왕이 계시지 않았다면 수원지역종합개발도 없었을 것이다.

정조대왕의 기록을 보면 1752년 출생하여 1776년 24세에 왕이 되시고, 1789년 사도세자의 묘를 수원으로 옮기고, 1794년부터 1799년까지 6년 동안에 화성 성곽, 행궁, 만석거, 만년제, 축만제 등을 완성하고 1800년에 48세로 승하하셨는데 왕으로 24년간 재위에 계셨다.

지금 수원의 화성 성곽이나 축만제(서호)를 둘러

보며 정조대왕의 6년 업적을 생각하면 감탄과 감동을 금할 수가 없고, 더 오래 사셨다면 더 큰 업적이 있었을 것으로 아쉬움이 남는다.

3. 축만제를 포함한 수원지역종합개발

축만제는 하나의 독립된 사업으로 보기보다는 수원지역종합개발의 하나로 보는 것이 타당하다. 그 당시 종합개발의 개념이 없어 그런 이름을 붙이지는 않았지만 현재의 시점에서 보면 6년간에 수원지역에서 이루어진 종합개발사업이라고 할 수 있다.

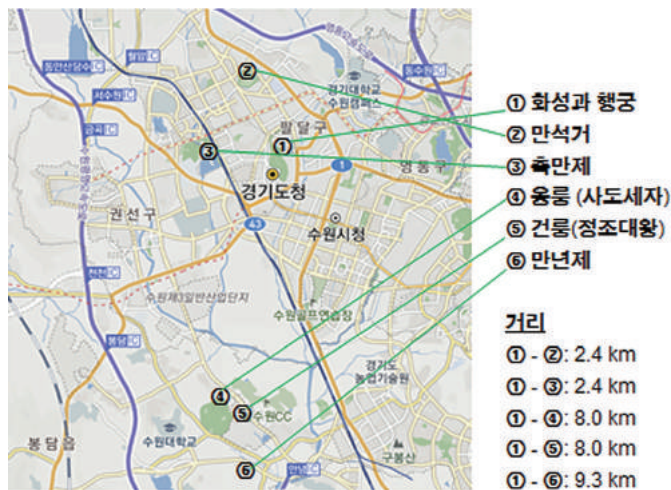


그림 3. 각 시설의 위치도



그림 4. 화성 성곽



그림 5. 화성 행궁



그림 6. 현재 만석거 제방



그림 7. 만년제

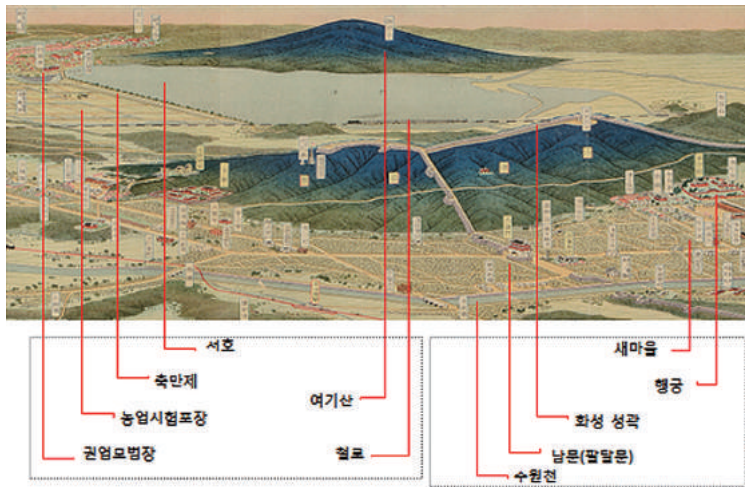


그림 8. 화성 성곽, 행궁, 마을, 서호 저수지, 농업시험장 등(1910년대 그림)

사업의 내용을 살펴보면 도시 방어용으로 팔달산 정상과 평지를 포함하여 5.7km 길이의 성을 쌓고 그 안에 행궁과 마을을 설치하고, 북쪽, 서쪽, 남쪽에 저수지를 만들어 논을 개발하여 성을 지키는 군대와 주민의 식량을 공급하는 종합개발로, 1) 화성 성곽, 행궁 그리고 새마을의 건설(1794-1796), 2) 만석거 건설(1795), 3) 만년제 건설(1798), 4) 축만제 건설(1799) 등이다.

그리고 화성은 UNESCO 세계유산(1997)에, 만석거는 수원시 유산(14호, 2006), 만년제는 경기도 유산(161호, 1996), 축만제는 경기도 유산(200호, 2005)에 등재되어 있다. 또, 축만제 서편에 있는

항미정은 수원시 유산(1호, 1986)에 등재되어 있다.

4. 축만제의 건설

축만제는 1799년에 정조시대 수원지역종합개발의 마지막 사업으로 시행되었다. 축만제로 만들어진 서호의 설치 당시 크기와 내용은 독의 길이 1,246척, 너비 720척, 높이 8척, 독의 상면 너비 7.5척, 수심 7척, 몽리담 232 섬지기, 수문은 2개이다. 서호는 2,065 ha의 유역면적으로, 저수량은 45만 m^3 , 저수지 면적은 내부의 섬을 포함해서 현재 지적도상에서 33.3 ha이다.

그리고, 축만제의 물넘이는 당초의 것은 알 수 없지만 1910년대에는 측구식과 월류식이 결합된 형식으로 일류언은 일직선으로 되어 있었지만 1975년에 사이펀 1련이 일류언 좌측 끝부분에 설치되었고 그 후 1988-91년에 다시 게이트 4련이 사이폰에 이어서 설치됨으로써, 현재는 측구식, 게이트식, 사이폰식의 물넘이가 이어져서 있음으로 물넘이의 전시장이 되어 있다.

그리고 1831년에는 축만제의 동쪽 끝 기슭에 향미정이란 정자를 만들어 호수와 정자가 어우러져 호수의 아름다움을 즐길 수 있게 하였다.

5. 서호는 1세기 동안 농업시험 및 연구와 농업교육의 중심지

서호는 축만제의 건설로 만들어진 저수지의 이름



그림 9. 서호 부근의 1963년 지도



그림 10. 서호 부근의 2010년 지도



그림 11. 향미정



그림 12. 현재의 축만제



그림 13. 측구식 물넘이



그림 14. 측구식, 게이트식(4련), 사이펀식(1련) 물넘이



그림 15. 축만제 아래 농업시험포장



그림 16. 취수탑

인데 수원의 서쪽에 있고 또 중국의 저장성 항주시의 서쪽에 있는 서호(西湖)의 이름과도 관련이 있는 것 같다. 이는 축만제 서쪽 언덕에 1831년에 지은 항미정(杭眉亭)의 이름이 중국 시인 소동파의 시구인 "서호(西湖)는 항주(杭州)의 미목(眉目)같다"고 읊은 데서 따왔다고 하는데서도 알 수 있다.

서호는 서쪽 편에 1906년에 권업모범장이 설치되고 1907년에는 농림학교가 서남쪽에 들어오면서 수원이 농업시험연구와 농업교육의 중심지가 되어 1세기 동안 국가의 농업발전에 기여하는데 기초적 역할을 하였다.

6. 마치는 글

축만제는 정조대왕의 수원지역 종합개발의 마지막 사업으로 1799년 건립되어 100여년간은 그 지역의 관개용 저수지로서의 역할을 잘 담당하였고 다음의 100여년간은 농업시험장과 농업교육 중심지의 기반이 되어주었지만, 이제는 산업화와 도시화로 그 기능을 잃어가고 있어, 좋은 유산으로 잘 관리해 나가는 노력이 필요하며, 이에 ICID 관개시설물 유산 지정이 도움이 될 것으로 기대한다.

KCID 국내외 협력활동

사 무 국

8월 KCID, 대만 지속가능연안개발 워크숍 및 캄보디아, 이란 방문

KCID는 8월 1일 이후 국제관개배수위원회(ICID) 지속가능 연안개발분과(WG-SDTA)가 주관하는 대만 워크숍 참석을 시작으로 캄보디아와 이란을 차례로 방문했다.



대만 CTICD 협의(8.1)



Mailiao 간척지 방문(8.2)

이봉훈 KCID 회장은 대만 성공대학에서 개최된 워크숍(주제: 지속가능한 간척지 관리)에서 ICID WG-SDTA 의장을 비롯한 대만 관개배수위원회(CTICD)와 아시아 개도국 YP 교육훈련을 위한 전문가 교류 및 공동연구를 위한 MoU 추진을 협의했다. 워크숍에 참가한 ICID의 디렉터 Dr. Vijay와 만나 11월 태국 치앙마이 ICID회의에서의 장관급 미팅을 비롯해 사이드이벤트 지원과 논문 발표 등을 논의했다.



한·캄 워크숍 참가자 단체사진(8.11)



캄보디아 농업정책 토론회(8.11)

이후 8월 11일~12일에 걸쳐 이봉훈 회장은 캄보디아에서 한·캄 농식품 산업 세미나(주관: (사)해외농업자원개발협회)에 참석했다. 쑥첸다 쏘피아 장관(겸 캄보디아 개발위원회 사무총장)의 강연에 토론자로 참석, 캄보디아의 농업 정책 및 외국인 투자환경에 대해 논의했다.



ICID 아시아지역회의 의장 면담



한국대표단



운영위원회



운영위원회



현장견학 : Shisutar



운영위원회



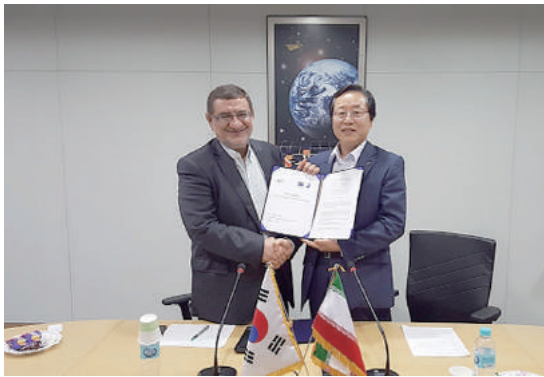
ICID회장 면담



이란JICA일정 및 시범사업 협의

8월 14~15일 KCID와 한국농어촌공사(KRC) 농어촌연구원 합동팀이 이란 아바즈에서 열린 ICID 관개배수 국제연구프로그램(IRPID) 운영위원회 및 워크숍에 참석했다. KCID 이봉훈 회장과 이승원 과장, 농어촌연구원 이용직 원장과 이성희 차장은 국제연구협력을 위한 토론 및 IRPID 활동에 적극 참여해 농어촌연구원과 회원국이 협력하는 공동연구 추진방안을 모색했다. 또한 해외사업 추진과 관련해 KRC-이란 공동기술연구위원회 준비와 이란 쿠제스탄주 수전력청(KWPA)의 스마트 물관리 시범사업 추진일정을 협의했다.

9월 KCID와 KRC 대표단, 한국-이란 공동기술위원회(JTC) 제1차 회의 참석



협정의사록 서명



참석자 기념촬영



JTC 추진방향 협의



물관리 상황실 견학

KCID 이봉훈 회장과 KRC CEO 외 대표단이 한-이란 JTC 회의 참석을 위해 8.30~9.3(5박 6일) 일정으로 한국을 방문한 Mohammad Shamsaei 이란 쿠제스탄주 수전력청(KWPA) 청장 외 이란 대표단과 만나 ICT기반 물관리시스템구축사업과 수자원분야 협력방안 등을 논의하고 새만금과 금광저수지 등 주요 사업현장을 방문했다. 2017년 2월 2차 JTC를 이란에서 개최기로 협의하고 MoM체결을 통해 JTC 주요 어젠다(스마트 물관리시스템 시범사업 및 물관리 체계 공동 연구방안 협의 등) 및 향후 협력방안을 구체화했다.

9월 KCID 이봉훈 회장, KRC-우간다 공동 워크숍 참석



안성시 수상태양광 현장 방문(9.27)



Pre-F/S 발표(9.28)



KRC 물관리상황실 견학(9.28)



세종시 농식품부 차관면담(9.29)

9.26~9.30에 걸쳐 우간다 농업부 장관 외 농업분야 전문가 등 12명이 KRC-우간다 워크숍 참석을 위해 한국을 방문했다. KCID 이봉훈 회장과 KCID CEO 외 해외사업 관계자, 민간업체들이 참여해 우간다 예비타당성 결과와 조사 계획/일정을 협의했다. 수상태양광 발전, 새만금방조제, 영산강 농업종합개발 등 현장을 방문하고 농식품부 차관과 수출입은행 부행장 등 유관기관과 면담했다. 9월 28일 워크숍에서는 우간다 음폴로고마강 유역 농업종합개발사업 추진을 위한 MoU를 체결하고 2017년 상반기 중에 우간다에 KRC 사무소를 개설하기로 하는 등 향후 사업진행방안을 논의했다.

9월~10월 에티오피아 지하수관개 종합계획 사전협의회 참가



주한에티오피아대사 참석회의(9.26)



지하수 장비생산공장 견학(9.28)



지하수 개발장비 관련 사전협의회(10.3)



먹는 샘물 공장 개발추진(삼다수)(10.6)

9.26~10.7에 걸쳐 주한 에티오피아 대사를 비롯한 정부기관 관계자들이 KRC-에티오피아 관개 종합 계획 MOU 체결을 위한 사전협의를 위해 KCID 이봉훈 회장과 KRC 해외사업처 및 해외지하수추진단과 만남을 가졌다. 본 협의회를 통해 양 국 기관은 에티오피아 지하수 관개 정책 현황과 사업체계 등에 대한 의견을 교환하고 지하수 개발과 관개 신규 사업개척 추진을 논했다.

10월 KCID, 국제학회 PAWEES 참석



이봉훈 회장 축사



회의 전경

KCID 이봉훈 회장은 10월 20일 대전에서 열린 PAWEES (한국·일본·대만 간 농공학 분야 국제협력체) 회의에 참석했다. 의장인 전남대 윤광식 교수의 주재 하에 이봉훈 KCID 회장의 축사를 시작으로 아시아 지역사회 발전을 위한 농업용수를 주제로 한 각종 사례연구가 발표됐다.

10월 미얀마 농축산관개부 차관 한국방문



미얀마 차관 면담



공사 사업현장 방문

10월 24일부터 5일간 Dr. Tin Htut 미얀마 농축산관개부 차관이 한국에 방문했다. KCID 이봉훈 회장과 KRC 해외사업처장을 비롯한 관계자들이 해안보호 및 관개배수분야 협력방안을 협의하고 미얀마 신규사업 수주활동을 위한 공사 홍보 및 국립식량과학원 연차총회에 참석했다. KCID와 KRC는 이번 미얀마 주요인사의 공사 현장방문을 통해 신규 수주 추진 중인 농업 농촌개발사업, 에야와디델타 농업 마스터플랜 수립사업 등에 수주 우위 선점을 기대하고 있다.

11월 KCID와 KRC 합동팀, 인도네시아 머라우께 농장개발사업 2차 현지조사



11월 3일부터 3주간 KCID와 KRC 합동팀이 인니 파푸아 머라우께로 출국했다. 농장개발사업 추진을 위한 현지조사를 시작으로 영농인프라 건설 및 지원에 대해 인니 정부와 협의하고 농장건설과 더불어 축산 수산분야 자원조달과 코린도와 MoU 체결 및 지도제작 협의 등 민간기업과의 협업 방안을 모색하고자 했다.

11월 28일 ‘동아시아 농업회의’ 창립 컨퍼런스 개최



동아시아 국가의 다자간 농업·농촌개발 협력기구인 ‘동아시아농업회의’는 28일 서울 The-K 호텔에서 창립컨퍼런스를 개최했다. 회원국은 한국, 중국, 몽골, 베트남, 캄보디아, 카자흐스탄 등 총 12개국으로 각국의 농업 관련 단체와 공공기관이 참여했다. 개회식에는 KCID 이봉훈 회장과 정승 KRC 사장, 몽골국가안전보장회의 의장, 홍문표, 이해찬 국회의원 등 250명이 참석했다.

KCID 분과위원회 활동

사 무 국

학술 및 기술교류분과위원회 관개유산등재 준비회의 개최

지난 5월 31일 KCID 학술 및 기술교류분과위원회 산하 관개유산등재 준비회의가 서울대학교 농업생명과학대에서 열렸다. 지난 4월 18일 제1차 학술교류분과위원회의 당시 논의사항 중 ICID 세계관개유산 등재 준비에 대해 준비 실무진이 참석해 구체적인 실행방법과 준비일정을 협의했다. 축만제(수원)와 벽골제(김제)를 2016 태국 치앙마이 ICID 회의에서 관개유산 등재 목표로 준비하기로 결정하고 청제(영천)와 의림지(제천)는 2017년 멕시코 회의 등재를 목표로 지속적으로 준비하기로 했다.

제1차 KCID 국제협력분과위원회 태스크포스(TF) 회의 개최



지난 6월 16일 제1차 KCID 국제협력분과위원회 TF 회의가 세종특별자치시 정부세종청사에서 개최됐다. 지난 5월 19일 열린 제1차 위원회 논의사항 중 ICID 아시아지역분과위원회 워크팀(WT) 기술 보고서의 2018년 발간을 위해 최경숙 위원장 외 16명이 참석해 김태철 교수의 자문에 근거해 TF 기술보고서 구성에 대해 논의했다. 아시아 각국의 수리시설과 농촌개발사업 사례를 포함해 작성하며 한국인뿐만 아니라 다양한 국적의 집필자를 초빙하기로 했다. 또한 타 개발도상국에 도움이 되는 구성을 갖추고 보고서 결론에서 개발도상국에 적용 가능성을 적극 어필하기로 했다.

제2차 KCID YPF분과 회의

지난 7월 8일 제2차 KCID YPF분과 회의가 한국농어촌공사 본사에서 개최됐다. 지난 4월 29일에 이어 허남주 KCID YPF분과 위원장, KCID 이봉훈 회장, 최민근 메가루키 캡틴 등 총 14명이 참석해 KRC 메가루키들의 KCID YPF 분과활동 참여 방안을 논의했다. KCID는 메가루키 관련정보를 메가루키에게 바로 전달할 수 있는 체계를 구축하고 각종 ICID 대회등에 YPF 분과위원 및 메가루키의 참여를 독려하기로 했다. 메가루키 캡틴은 각 지역별 메가루키 회원들에게 YPF 분과활동에 대해 자세히 소개하고 관심있는 루키들을 한달내에 KCID-YPF 회원으로 추천하기로 했다.



제1차 KCID 관개관리분과 세미나 개최



지난 8월 3일~4일 제1차 KCID 관개관리분과위원회 회의가 한국농어촌공사 본사에서 개최됐다. 이번 세미나에서는 윤광식 KCID 관개관리분과위원장 외 10인이 참석해 2017년 ICID 멕시코 총회에서 발표 준비 중인 학술논문 6종을 사전 발표하고 질의 및 토론을 실시했다. 사물인터넷을 이용한 농업용수관리, 물-에너지-식량 복합접근을 이용한 다목적 물관리, 대한민국 농촌지역의 농업용저수지를 이용한 지역 물 공급 가능성 연구 등 모든 PPT 및 초록은 해외 학회 참여를 목표로 영어로 발표됐다.

제1차 KCID 환경분과 세미나 개최



지난 8월 10일 제1차 KCID 환경분과위원회 회의가 한국농어촌공사 인재개발원에서 개최됐다. 최중대 KCID 환경분과 위원장 외 15명이 참석해 ICID 환경분과위원회(WG-ENV)의 설립목적을 소개하고

ICID 회의에서의 WG-ENV의 회의내용, 운영방식, 참여방법 등을 설명 후 KCID 환경분과위원의 참여 및 활동방향에 대해 논의했다. 2017년 멕시코시티 ICID 총회 참석을 목표로 삼고 논문공모 일정이 발표되면 회원들에게 회람하여 보다 많은 분과위원이 논문을 제출하고 공식적으로 참여하도록 독려키로 했다.

제1회 KCID 국제학술연구 및 해외사업 영어 워크숍 개최



지난 8월 29일 한국농어촌공사 본사에서 농업용수자원 및 관련분야 학술연구 및 해외사업에 대한 제1회 KCID 국제 영어워크숍이 실시됐다. KCID 사무국, 한국농어촌공사 이상무 사장 및 해외사업 관련 부서 직원, 메가루키, 교수 등 약 90명이 참석해 농업용수자원 및 관련분야 학술연구 및 해외사업을 주제로 발표했다. 해외사업 분야에서의 영어의 필요성을 알리고자 전 과정은 영어로 진행됐다. KCID 각 분과위원회가 학술논문 6편, KRC 해외사업처가 해외사업사례 및 미래비전을 발표하고 공사 메가루키들이 농민 지원 사업 과정에서 발생했던 문제점과 해결사례를 영어로 프레젠테이션했다.

제1차 KCID 연안개발분과 학습세미나 개최



지난 9월 27일 제1차 KCID 연안개발분과 학습세미나가 한국농어촌연구원 중회의실에서 개최됐다. 장정렬 KCID 연안개발분과 위원장 외 20여명이 참석해 해외 농업공원 사례를 통한 새만금 등 간척지 활용 방안 스터디를 실시하고 WG-SDTA 국제단기교육(대만 워크숍) 참가결과에 대해 소개했다. 바르셀로나와 밀라노 농업공원 사례의 새만금 적용을 위한 법적 제도적 문제점을 분석하고 타당성 수준의 단

기 연구과제 추진을 건의하기로 했다. 해외사업추진단 박병준 박사가 연안개발 국제단기교육 참가결과 벤치마킹 사례로 미국 및 대만의 연안습지 복원사업을 소개했다.

제2차 KCID 농어촌지역개발분과 세미나 개최



지난 10월 14일 제2차 KCID 농어촌지역개발분과 세미나가 KORAIL 서대전역 회의실에서 개최됐다. 좌장인 임상봉 박사(농어촌연구원) 등 활기찬 농촌프로젝트 관계자 9명이 참석해 활기찬 농촌프로젝트와 통합적 지역개발을 주제로 사례발표 및 종합토론을 실시했다. 의성군, 경산시, 남원시의 사례를 발표하고 지역별 집행기관, 중간지원조직, 민간업체의 현장여건을 반영한 신규 정책사업의 성공적 추진 및 지속적인 발전방향을 모색했다. 농촌개발처, 내부전문가, 외부전문가 등 각 역할 주체별 참석자가 모여 의견을 교류하고 새로운 아이디어를 발굴하는 성과를 얻었다.

제3차 농어촌지역개발분과 세미나 개최



지난 11월 29일 제3차 KCID 농어촌지역개발분과 세미나가 한국농어촌공사 본사에서 개최됐다. 한국농어촌공사 지역육성부장 등 27인이 참석해 지역개발사업 정책변화 및 현안사항에 대해 실무자간 정보를 교류하고 본사·지방부서 간의 주요업무에 대한 효율적인 성과 공유 및 정보 확산 방안을 토론했다. 지역개발 실무자 모임은 각 회의 간 연계성 강화를 위해 총괄부서를 선임하고 현장에서 논의된 개선의견이 업무에 반영될 수 있도록 본사 실무자가 참석하기로 결정했다. 지원을 위해 시스템적도 보완 정비하기로 했다.

ICID 본부 활동

사무국

KRC 대표단 ICID 인도 본부 방문



지난 5월 18일 한국농어촌공사 유전용 처장 및 직원 5명이 ICID 인도 본부를 방문해 ICID 아비나쉬 티야기 사무총장 및 비제이 디렉터와 면담을 가졌다. 티야기 사무총장은 ICID가 추진중인 액션 플랜 2030, 기술 지원 유닛 설립, 세계관개유산, 역량개발 및 훈련 등에 대해 설명하고 KRC와 KCID의 활발한 참여에 감사를 표했다. 또한 2016 11월 태국 치앙마이에서 열리는 WIF2의 준비상황을 설명하고 농촌개발에서의 KRC의 다양한 경험을 토대로

WIF2 농촌개발부문 사이드이벤트의 메인 준비자가 되어 줄 것을 요청했다. KRC 대표단은 ICID측의 제안사항들을 긍정적으로 검토하고 성공적인 WIF2 개최를 위해 협조하겠다고 답했다.

ICID 창립 기념 세미나 개최

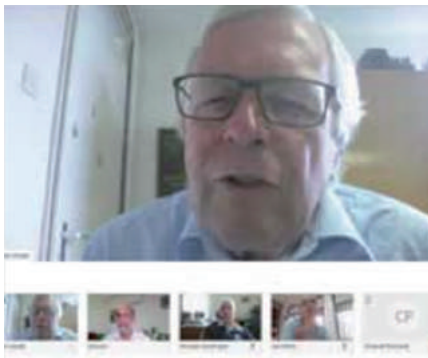


지난 6월 24일 ICID 창립 기념 세미나가 <제2 녹색 혁명 : 관개배수의 역할> 주제로 인도 뉴델리에서 실시됐다. 100명 이상의 학계, 리서치기관, 정책입안자, 관개배수 전문가 등이 참석해 제2차 녹색 혁명에 대한 기본적 지식을 이해하고 대비방안을 논의했다. 티야기 사무총장의 <우리가 제1차 녹색 혁명에서 놓친 것들>에 대한 소개에 이어 제2차 녹색 혁명에서의 물관리의 역할, 떠오르는 기술을 통한 제2차 녹색 혁명의 강화 등 앞으로 나아갈 길에 대한 토론이 실시됐다.

ICID-IFAD 협업관계 구축

지난 6월 27일 농업개발지원 국제기금(IFAD) 대표단이 ICID 인도 본부를 방문했다. IFAD 대표단은 기존 IFAD는 소규모 자작농의 관개부문에 집중했으나 현재는 지하수 개발 및 관리, 유거수 모델링 등으로 활동 초점이 옮겨가고 있다고 소개하면서 ICID가 기술제안서 리뷰 및 프로젝트 활동 모니터링 등 기술적인 활동에서 도움을 줄 수 있으리라 판단했다고 밝혔다. ICID 티야기 사무국장은 이들을 환영하고 ICID의 농촌역량 개발 및 기술활동에 대한 계획 및 프로그램들을 소개했다. 상호정보 교환 후 ICID와 IFAD는 본부-본부 레벨 및 ICID-인도국가 레벨 두 수준의 협업을 실시하기로 동의했다.

ITAC-WIF2 화상회의 실시



지난 6월 국제 기술 자문위원회(ITAC; International Technical Advisory Committee)가 2016년 11월 태국 치앙마이에 서 개최되는 WIF2 준비를 위해 화상회의를 실시했다. WIF2의 소주제에 대한 백그라운드 페이퍼, 포럼 골격 설계, 제출 논문 현황, 젊은기술인들이 참여할 활동, 장관급 회담 관련 진행사항에 대해 검토 및 조율을 벌였다. 포럼 구성 및 진행에 대해 논의한 결과 약 190개 이상의 제출논문 중 구두 발표 논문은 45개로 한정하고 나머지는 포스터 프레젠테이션으로 배정하는 것으로 정리했다.



**Dr. Mahmoud Abu-Zeid(이집트) ICID 전 부회장,
유네스코 IHP 아랍지역 부회장 선출**

지난 6월 Dr. Mahmoud Abu-Zeid(이집트) ICID 전 부회장이 유네스코 국제 수문학 프로그램(IHP; International Hydrological Program) 아랍지역 부회장에 선출됐다. 선거는 파리에서 2016년 6월 13-17일 동안 열린 유네스코 IHP 정부간위원회 22차 세션에서 실시됐다.

ICID 젊은기술인 분과 e-Forum 실시 (IYPEF; ICID Young Professional's e-Forum)

지난 7월15일~9월2일 동안 ICID 젊은기술인 분과는 농업용수 관리에 관심을 가진 모든 젊은기술인들을 대상으로 소셜 네트워크 사이트인 LinkedIn을 통해 e-포럼을 실시했다. 115인 이상의 젊은 기술인들이 토론멤버로 참석했으며 가장 왕성한 활동을 보여준 참석자들은 2016년 11월 치앙마이에 열리는 WIF2 사이드 이벤트에 참석비 전액 지원 대상으로 선정됐다.

KRC 대표단 ICID 인도 본부 방문



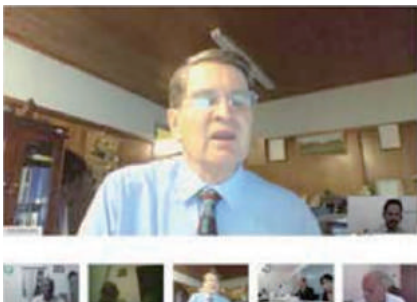
지난 7월 20일 한국농어촌공사 유전용 처장 외 직원 4명이 ICID 인도 본부를 방문해 ICID 티야기 사무총장 및 비제이 디렉터와 면담을 가졌다. 지난 5월 18일 방문에 이어 티야기 사무총장은 기술 지원 유닛(TSU; Technical Support Unit), KCID와 KRC의 ICID 타 국가지부와 협력, WG-SDTA의 국제 단기 강좌 코스, IRPID프로그램의 이란지역거점 이사회, 11월 태국 치앙마이 WIF2에서 열릴 사이드 이벤트와 장관급 회담 등 다양한 주제에 대하여 논의하고 KRC의 지원을 요청했다.

IRAN IRPID 센터 국제 조사 협력 워크숍 개최



지난 8월 14-15일 나이지리아 ICID 회장이 이란 아바즈 IRPID 센터에서 열린 지속가능한 농업용수 관리에 대한 ICID 관개배수 국제연구프로그램(IRPID) 운영위원회 및 워크숍에 참석했다. 러시아, 이라크, 대한민국, 말리 대표들도 참석해 관개배수 연구에서의 국제협력방안을 논의했다. 티야기 사무총장은 스카이프에 참여했다. 각 국가위원회는 IRPID 프로그램의 원활한 지원을 위해 자국 농업용수관리 조사기관과의 연계를 강화하고 조사된 정보는 IRPID 운영위원회에 보고하기로 했다.

제23차 ICID 집행위원회 개최 준비 국제 기술 자문위원회 화상회의 개최



지난 8월 31일 내년 10월 멕시코시티에서 개최될 제23차 ICID 총회 개최 준비를 위한 기술자문위원회가 WebEx를 이용해 첫 화상회의를 실시했다. Mr. Roberto MXCID 회장, 펠릭스 PCSO 의장, 티야기 ICID 사무총장 등 12명이 참석해 준비사항을 논의했다. 스페셜 세션과 심포지움의 주제를 확정하고 총회의 구조, 젊은 기술인 참여 장려, 국제 강의 및 기조 연설 관련 사항을 논의했다.

티야기 ICID 사무총장, 국제 강 심포지엄 참석 및 발표

지난 9월 12-14일 인도 뉴델리에서 국제 강 재단이 주최한 제19차 국제 강 심포지움에 티야기 ICID 사무총장 및 하리쉬 ICID 상무이사(executive director)가 참석했다. 강 유역 관리자, 정책입안자, 과학자, NGO 등이 모여 수자원과 강 발전, 관리와 관련된 넓은 범위의 주제를 논의하고 많은 사이드 이벤트를 실시했다. 티야기 사무총장도 발표자로 참석해 지속가능한 발전 목표 달성을 위한 ICID와 타 조직의 역할에 대해 발표했다.

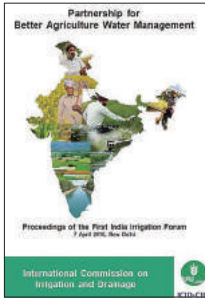
ICID-IWA 농업에서의 하수 안전사용 협업 프로그램 MoU 체결



지난 9월 13일 테헤란에서 나이지리아 ICID 회장과 Dr. Helmudt Kroiss IWA(International Wastewater Association) 회장이 농업에서의 하수 안전사용에 대한 ICID와 IWA의 이란 국가위원회 간의 국가레벨 협력프로그램 MoU를 맺고 서명식을 실시했다. 서명식에는 이란 에너지부 장관, 이란 물 및 하수 에이전시, IRNCWA 국장, IRNCID 국장, IWA 서아태평양 부서장 등이 참석했다. ICID-IWA 국제 전문가 네트워크는 국제적인 경험의 교환을 감독하고 협력 활동의 성과 전파를 도울 예정이다.

하리쉬 ICID 상무이사, <지속된 수자원 및 식량 안보가 미치는 영향> 세미나 참석 및 발표

지난 9월 22-23일 <지속된 수자원 및 식량 안보가 미치는 영향> 세미나가 ICID 및 ICID 인도지부의 협업으로 인도 푸네에서 개최됐다. 총 다섯 개의 기술 세션이 실시됐으며 175인 이상의 참석자가 세미나에 참석했다. 하리쉬 ICID 상무이사 역시 발표자로 참석해 관개에서의 처리·비처리된 하수 사용 경험에 대해 발표했다.



제1차 인도 관개포럼(IIF1) 보고서 발간

지난 4월 6일~9일 뉴델리에서 개최된 제4차 인도 물 주간에서 사이드 이벤트로 ICID와 인도 지표수국가위원회(INCSW)가 합동 주최한 제1차 인도 관개포럼(IIF1)의 보고서가 9월 발간됐다. 더 나은 농업용수 관리를 위한 파트너십을 주제로 논의됐던 사항들을 담았다. 보고서 전문은 다음 주소에서 확인 가능하다.

http://www.icid.org/ar_2015.pdf



ICID 2015-2016 연간 보고서 발간

지난 9월 ICID 2015-2016 연간 보고서가 발간됐다. ICID가 최근 논의중인 Vision 2030, 과업과 목표, 각 국가 위원회의 활동, 직접회원, 지역 레벨에서 활동중인 분과위원회, 주요 ICID 핵심 이벤트 등 2015년 4월 1일부터 2016년 3월 31일 기간 동안의 ICID의 활동 및 성과에 대한 요약을 담았다. 보고서 전문은 다음 주소에서 확인 가능하다.

http://www.icid.org/ar_2015.pdf

ICID 젊은기술인 2016 제2차 세계물포럼 및 제67차 집행위원회 현지 참석



지난 7월15일~9월2일 동안 실시된 ICID 젊은기술인 e-포럼에서 활발히 활동한 젊은기술인들이 제2차 세계물포럼 및 제67차 집행위원회가 열리는 치앙마이에 직접 방문해 행사에 참석했다. 에티오피아, 미얀마, 베트남 등 다양한 국가에서 총 28인의 젊은기술인이 참가했으며, 그 중 18인은 타 ICID 회원국으로부터 참가비 지원을 받았다. 젊은기술인들은 서기나 진행자 역할로 다양한 세션에 참여하면서 ICID 활동에 직접 참석하는 경험을 쌓았다. 젊은기술인들의 지식 수준 향상을 목적으로 짜여진 학술 워크숍도 실시됐다.

2016 WIF2 및 제67차 ICID 집행위원회 주요소식

사무국

벽골제 · 축만제 ICID 세계 관계유산 한국 최초 등재



관개기술적으로 역사적 가치가 있다고 판단되는 100년 이상 된 관개유산을 대상으로 한 ICID 세계 관개유산(HIS)의 2016년 목록에 한국 벽골제(김제), 축만제(수원) 등 총 12건의 관개유산이 신규 등재됐다. 한국은 최초 사례다. 11월 8일 IEC 전체회의에서 열린 시상식에 KCID 이봉훈 회장 및 수원시 문화정책팀 공무원 2인이 참석해 수상했다. 2015년 이집트, 러시아, 중국 등의 13건 등재에 이어 2016년 12건이 등재되면서 2016년 현재 ICID 세계 관개유산은 총 25건이다.



KCID 이봉훈 회장 ICID 상임전략위원회의(PCSO) 의장 선출

이봉훈 ICID 부회장 및 KCID 회장이 제67차 ICID 집행위원회에서 ICID 상임전략위원회의(PCSO)의 의장으로 선출됐다. 이봉훈 회장은 PCSO의장으로서 ICID의 전폭적 지원을 받으며 ICID 이사회, 기술지원유닛(TSU),

2017 멕시코 ICID 총회 대비 국제 기술자문위원회(ITAC) 핵심그룹 멤버 및 세계 관개유산 심사위원회, IEC 최고활동조직상 심사위원회 의장을 겸임할 예정이다. PCSO 의장은 ICID 회원국을 늘리고 국가지부 활동을 활성화시켜 ICID 네트워크를 확장하는 전략을 담당하며 임기는 2020년까지다.



KCID 이봉훈 회장 활동

KCID 이봉훈 회장은 WIF2 전체회의IV에서 의장을 맡아 실시되는 논문발표를 주최하고 소주제3에 대해 실시된 발표들을 종합해 전체회의V에서 총괄발표했다. SE2(농촌개발)에서 새마을운동 및 우간다에서 진행중인 PPP

사례를 발표하고 WIF2 농업인토론회 및 국가위원회 및 ICID 부회장 회의에 참석했다. 2017 멕시코 ICID 총회 대비 국제 기술자문위원회(ITAC)에서 광주 총회의 사례를 발표해달라는 ICID의 요청을 받고 광주 총회의 개최 준비과정 및 실시과정, 사후평가에 대해 발표했다. PCSO(상임전략위원회의)에서 PCSO의 1년간 활동 보고 및 KCID의 혁신사례를 발표했으며 on-farm 분과위원회 의장으로서 on-farm 산하 분과에서 나온 토의 및 의결사항을 총괄해 PCTA(상임기술위원회의)에서 종합발표했다.

KCID 분과위원장 활동



KCID 김성준, 박창언, 윤광식, 장정렬, 최경숙, 최중대, 최진용 분과위원장이 WIF2 동안 전체회의 및 사이드이벤트에 참석하고 포스터 또는 구두로 논문발표를 실시했다. 제67차 ICID 집행위원회 기간동안 각자 소속된 ICID 분과위원회 회의에 참석해 올해 활동내역을 평가하고 차기 활동방향에 대해 의결했다. 또한 KCID 김성준 위원장이 ICID 지속가능배수분과, 박창언 위원장이 ICID 지속가능농장 관계 시스템개발분과의 신규멤버로 승인됐다. 박창언 위원장은 소속 분과의 활동을 KCID 분과위원회에 소개하고 우리나라 관개분야 학술 데이터를 ICID에 제공하는 등의 역할을 담당할 예정이다.

제2차 세계관개포럼 농업인토론회 한국농민대표 참석 지원



한국 농민 3인이 2016년 태국 치앙마이에서 열린 제2차 세계관개포럼에서 11월 7-8일간 실시된 농업인토론회에 KCID 지원을 받아 한국농민대표로 참석했다. 한국, 중국, 이집트, 파키스탄, 태국 등 세계 각국에서 온 농민대표들이 지속가능한 농업생산에서의 농민의 공헌을 주제로 농업용수관리에 대해 각

자의 경험 및 의견을 토론했다. 새로운 농업용수 절약 기술에 대한 발표를 듣고 태국 현지 농장을 견학했다. KCID와 ICID는 농민들의 ICID 행사 참가 지원을 통해 ICID 관개배수분야 활동의 방향성에의 관개배수 당사자인 농민들의 의견 반영을 바라고 있다.

에티오피아 차관 장관급 회담 참석 지원



에티오피아 수자원에너지부 차관이 KCID 지원을 받아 장관급회담에 참석했다. 장관급회담 참석자들은 효율적인 농업용수 관리를 통한 농촌지역 변화를 주제로 토론하고 농업용수관리 파트너십을 위한 고위 관료 자문단을 만들기로 합의했다. KCID와 ICID는 개발도상국 고위공무원의 관개포럼 참석 지원을 통해 정책입안자에게 관개배수에 대한 지식을 직접 제공하고 흥미를 유발시켜 자국의 관개배수 분야에 관심을 가질 수 있도록 하는 효과를 기대하고 있다.

VNCID 부회장 제2차 세계관개포럼 및 제 67차 ICID 집행위원회 참석 지원

ICID 베트남 국가지부 설립을 위한 지원의 일환으로 베트남 VNCID 부회장이 KCID 지원을 받아 제2차 세계관개포럼에 참석했다. 베트남 VNCID 부회장은 포럼 기간 동안 KCID 이봉훈 회장 및 ICID 티야기 사무총장과 만나 베트남지부 설립 추진상황 및 방안에 대해 토론했다. KCID와 ICID는 개도국의 ICID 가입 지원을 통해 선진국들의 관개배수 지식을 통한 개도국의 발전을 기대하고 있으며, 가입국 확보를 통한 ICID의 발전에도 공헌하고자 노력중이다.

젊은기술인 3인 제2차 세계관개포럼 및 제 67차 ICID 집행위원회 참석 지원



에티오피아 관개프로젝트 전문가, 미얀마 관개국 공무원, 베트남 기획투자부 과장이 젊은기술인(YP)

자격으로 KCID의 지원을 받아 WIF2와 제67차 IEC에 참석했다. 젊은기술인들은 세계관개포럼 및 젊은기술인 대상 워크숍에 참석하고 ICID행사에 서기 및 진행자로서 직접 참여했다. KCID와 ICID는 해외 행사 참석이 어려운 개발도상국 젊은기술인의 ICID행사 참석을 지원해 그들이 세계적인 행사를 경험하고 학문적, 경험적 지식을 쌓아 글로벌적인 시각으로 국가 관개 업무에 임하며 세계 관개배수 분야에 공헌할 수 있기를 기대하고 있다.

2016 제2차 세계관개배수상

ICID가 전세계의 지속가능한 관개 및 효율적인 농업생산 전파에 공헌한 개인 및 협회를 대상으로 수여하는 세계관개배수상의 2016년 수상자로 바트 솔츠(네덜란드) 교수가 선정됐다. 심사단은 세계 관개배수분야에 있어서의 교육, 연구, 국제적 프로젝트 수행 등 다양한 분야의 장기간의 지속적인 공헌을 인정해 수상자로 선정했다고 밝혔다. 11월 6일 WIF2 개최식에서 시상이 거행됐으며 나이리지 ICID 회장이 직접 표창장과 트로피, 1만달러의 상금을 수여했다.

ICID 부회장 선출



Dr. Irena G. Bondarik



Mr. Waseem Nazir



Er. Madhav Belbase

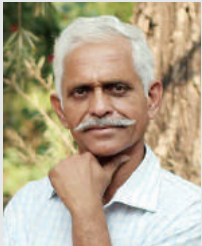
ICID는 제67차 집행위원회에서 투표를 거쳐 Dr. Irena G. Bondarik(러시아), Mr. Waseem Nazir(파키스탄), Er. Madhav Belbase(네팔) 3인을 ICID 부회장으로 선출했다. 임기는 2016년부터 2019년이다.

2016 최고논문상

2016년도 윌리-블랙웰 최고논문상 수상자로 Ludivine Pradeleix, Philippe Roux, Sami Bouarfa, Bochre Jaouani, Zohra Lili-Chabaane, Veronique Bellon-Maurel 6인이 선정됐다. 저자들은 2015년 2월 ICID 저널 vol.64 issue1로 출판됐던 <라이프사이클 평가방법론으로 측정된 대비 지하수펌핑 시스템의 환경에의 영향 : 물-에너지 관계에 미치는 공헌> 논문이 심사위원들에게 높은 평가를 받으면서 수상의 영광을 안았다. 지난 11월 8일 제67차 집행위원회에서 시상식이 열렸으며 저자 중 Ms. Ludivine Pradeleix가 대표로 수상했다.

WatSave Award 2016

관개분야에서의 혁신을 장려하기 위해 농업에서의 수자원 보호 및 용수 절약 분야에서 뛰어난 공헌을 한 개인 또는 팀에게 ICID가 수여하는 Watsave 상의 수상자가 발표됐다.

기술 부문	 Prof. Li Jiusheng(중국)이 <중국의 스프링쿨러 및 마이크로 관개기술의 혁신과 확장> 논문으로 기술상을 수상했다. Prof. Li Jiusheng
젊은 기술인 부문	 Dr. Mohamed El-Hagarey(이집트)가 <벼재배를 위한 혁신적인 토양 및 물 관리 기계를 이용한 관개수 절약(SWMR)> 논문으로 젊은기술인 상을 수상했다. Dr. Mohamed El-Hagarey
혁신적 물관리 부문	  Mr. Va-Son Boonkird Dr. Watchara Suiadee Mr. Va-Son Boonkird와 Dr. Watchara Suiadee(태국)가 <절수통합형 스마트농업의 혁신, 실행, 보급 - 태국 AWDI 기법> 논문으로 혁신적 물관리상을 수상했다.
농민 부문	   Mr. Chandra Shekhar H. Bhadsavle Mr. Changdev K. Nirguda Mr. Anil D. Nivalkar Mr. Chandra Shekhar H. Bhadsavle, Mr. Changdev K. Nirguda, Mr. Anil D. Nivalkar (인도)가 <Sanguna 벼재배 농법 - 무경작 자연보존농업>논문으로 농민상을 수상했다.

신규회원국 가입

2016 제67차 IEC 총회에서 소말리아가 ICID에 신규 회원국으로 가입했다.

(SONID; Somalia National Committee of ICID)

ICID 분과위원회의 의장 선출

각 ICID 분과위원회의의 새 의장이 선출됐다.

- 상임전략위원회의(PCSO) : 이봉훈 ICID 부회장(한국)
- 상임기술위원회의(PCTA) : Dr. Ding Kunlun ICID 부회장(중국)
- 환경분과위원회(WG-ENV) : Prof. Charlotte de Fraiture ICID 부회장(네덜란드)
- 아프리카지역회의(AFRWG) : Dr. Mohamed Abdel-Moneim Wahba ICID 부회장(이집트)
- 관개개발관리분과위원회(WG-IDM) : Ms. Mary Jean M. Gabriel ICID 부회장(남아공)

세계 물 시스템 유산 프로그램 신규 운영 결정

ICID가 신규 프로그램으로 세계 물 시스템 유산(WSH, World Water System Heritage) 프로그램을 운영하기로 승인했다.

ICID 관련행사 개최국 결정

제8차 아시아 지역 회의 : 2018년 3월, 네팔 카트만두

및 제5차 아메리카지역회의 및 제69차 집행위원회 : 2018년 9월 23일-28일, 캐나다 새스커툰

제9차 국제 마이크로 관개 회의 : 2019년 1월, 인도 아우랑가바드

제3차 세계 관개 포럼(WIF3) 및 제70차 IEC : 2019년, 인도네시아

제24차 ICID 총회 및 제71차 집행위원회 : 2020년 5월 12일-18일, 호주 시드니

ICID 태국 치앙마이 행사 참관기

<제2회 세계관개포럼 및 제67차 ICID 집행위원회>

이 승 원

한국농어촌공사 해외사업처 과장

1. 들어가며

태국 치앙마이 행사 프로그램을 처음 받아 들였을 때는 그야말로 난감했다. 제2회 세계관개포럼과 제67차 ICID 집행위원회라는 두 개의 다른 행사가 일정이 겹칠 뿐만 아니라 동시다발적으로 사방에서 진행되는 세션, 이벤트, 회의들이 도무지 이해하기가 어려웠다. 그 이후로 ICID 홈페이지와 지난 행사들의 자료를 들춰보면서 조금씩 이해하게 되었다지만, 부끄럽게도 결국 행사 일정을 모두 몸소 겪어본 후에야 ‘이런 거였구나’라고 이해하게 되었음을 고백한다.

폴란드 아우슈비츠 수용소에는 “기억하지 않는 역사는 되풀이 된다”라고 새겨져 있다. 이어지는 글은 ICID 행사에 참여한 필자의 개인적인 소회에 불과하지만, 앞으로 처음으로 이를 접하게 될 분들이 필자의 시행착오를 되풀이 하지 않고 좀 더 수월하게 ICID 행사에 다가가는데 도움이 되고자 하는 마음으로 적었다. 그런 이유로 ICID의 조직과 활동 및 관련 문서를 이해하는데 도움이 될만한 약어들을 굳이 본문에 넣었으며, 이는 ICID의 홈페이지 자료와 행사 프로그램을 따랐음을 알린다.

2. ICID의 주요 행사들

ICID(International Commission on Irrigation and Drainage, 국제관개배수위원회) 그리고 KCID(Korean National Committee on

Irrigation and Drainage, 한국관개배수위원회)와 관련된 일을 하게 되면서 맞닥뜨린 첫 관문은 ICID의 복잡한 조직 구성과 수 많은 관련 행사들을 이해하는 것이었다. 그래서 우선 ICID의 주요 행사들을 간략하게 정리하는 것이 필요했다.

가. IEC(International Executive Council, 집행위원회)

IEC는 ICID 운영과 관련된 최상위의 의사결정 기구로, 전략조직상임위원회(PCSO, Permanent Committee on Strategy and Organization), 기술활동상임위원회(PCTA, Permanent Committee for Technical Activities), 재무상임위원회(PFC, Permanent Finance Committee)등 3개 상임위원회와 26개의 분과위원회를 비롯한 ICID의 다양한 운영 조직이 함께 매년 IEC를 개최한다. 일반적으로 다른 주요 행사들과 매년 번갈아 가면서 동반 시행된다.

나. 총회(Congress)

1951년부터 3년마다 개최되어 온 ICID 총회는 관개배수 및 홍수관리와 관련되어 향후 주목할 이슈들을 다룬다. 각 총회는 통상 2개의 주제를 설정하여 학술회의를 개최하며 별도의 특별 세션과 심포지엄 등을 진행한다. 가장 성공적이었다고 평가받는 2014년 총회가 광주에서 열렸으며, 2017년에는 멕시코에서 총회가 있을 예정이다.

다. 세계관개포럼(World Irrigation Forum, WIF)

세계관개포럼은 관개배수와 관련된 다양한 영역과 역할을 가진 당사자들이 한 자리에 모이는 행사이다. 공공기관, 전문가, 연구기관, 민간기구(NGO), 농업인 등 각계의 관련자들이 모여 지구 온난화와 기후 변화 등 세계적인 여건의 변화에 발맞춰 이에 대응하기 위한 플랫폼을 제공한다. 3년마다 개최되며 2013년 터키를 시작으로 이번 2016년 태국에서 2회째를 맞이하였다.

라. 기타 행사

이외에도 지역회의(Regional Conference, RC), 국제배수워크숍(International Drainage Workshop, IDW) 등 다양한 ICID 관련 행사가 있다. 특히 현재 인근 지역의 회원들을 대상으로 활동하는 지역회의는 아시아, 유럽, 아프리카, 아메리카 총 4개가 있는데 총회와 세계관개포럼 개최 일정을 고려하여 IEC와 함께 또는 별도로 진행 된다.

지난 ICID 행사와 이번 치앙마이에서 결정된 향후

행사들을 연도별로 정리해보니 주요 행사 진행을 이해하는데 도움이 되었다. 표 1에서 보드시피 이번 2016년 태국 치앙마이 행사는 제2차 세계관개포럼과 제67차 IEC를 동시에 개최하였다.

3. 제2차 세계관개포럼

태국 제2의 도시인 치앙마이는 인구 약 400만의 도시로, 태국의 과거와 현재가 어우러진 독특한 풍광이 아름다운 곳이다. 특히 외국인에게 살기 좋은 곳으로 잘 알려져 있을 만큼 국제적인 도시이기도 하다. 그런데 지난 10월 13일 푸미폰 태국 국왕이 서거함에 따라 나라 전체가 엄숙한 추모에 들어가면서 이번 ICID 행사에도 영향을 미쳤다. 각종 문화 행사와 공연 등이 취소되거나 축소되는 것은 물론 행사장 입구에 조성된 추모 영정 화환 탑을 지나면 바로 보안검색이 이루어지고 곳곳에 군인들이 가득해서 행사 초반에는 다소 긴장된 분위기였다.

표 1. 연도별 주요 ICID 행사

연도	집행위원회 (IEC)	총회 (Congress)	세계관개포럼 (WIF)	지역회의 (Regional Conference)	국제배수워크숍 (Int'l Drainage Workshop)
2012	63차 (호주 아델라이드)			7차 아시아RC(호주)	11차(이집트 카이로)
2013	64차 (터키 마르딘)		1차(터키)		
2014	65차 (한국 광주)	22차 (한국)			12차(러시아 상트페테르부르크)
2015	66차 (프랑스 몽펠리에)			26차 유럽RC(프랑스)	
2016	67차 (태국 치앙마이)		2차(태국)	4차 아프리카RC(이집트)	
2017	68차 (멕시코 멕시코시티)	23차 (멕시코)			13차(이란 아바즈)
2018	69차 (캐나다 사스카툰)			6차 아메리카RC(캐나다) 8차 아시아RC(네팔)	
2019	70차(인니)		3차(인니)		

* 동시에 개최된 행사를 같은 색깔로 표시함

* 향후 ICID 행사(예정): 2020년 제24차 총회와 71차 상임위 개최를 호주에서 신청함



제2회 세계관개포럼 개막식



국왕 서거를 추모하는 차분한 분위기에서 의전 위주로 진행된 개회식은 길게만 느껴졌다. 포럼 개회식 마지막에는 네덜란드의 바트 슐츠(Bart Schultz) 명예교수가 그간의 성과와 공로를 인정받아 세계관개배수상(World Irrigation and Drainage Prize)을 수상했다. 수상자 슐츠 교수는 식량 안보를 위한 물 관리, 그리고 빠른 도시화 등 개발이 해안지역에 미치는 영향에 대하여 발표를 하였다. 이번 치앙마이 행사 중에 접했던 수많은 발표 중에 가장 인상적인 것을 선정하자면 필자는 주저 없이 그의 발표를 꼽을 것이다. 그는 다양한 데이터에 기반하여 자신의 논거로 삼으면서도 결론을 간단명료하게 제시하여 관개배수 분야에 문외한인 필자에게도 그 핵심이 명확하게 전달되었다. 가히 프레젠테이션의 달인 경지에 이른 모습이었다.

이번 제2차 세계관개포럼은 ‘변화하는 세계의 물 관리: 지속가능한 식량생산을 위한 관개의 역할’이라는 주제(Theme)로 마련되었다. 이 주제는 다시 다음 세 개의 소주제(Sub Theme, ST)로 구성, 운영되었다.

- 소주제1(ST1): 물, 식량, 에너지와 환경의 조화를 위한 핵심 현안
- 소주제2(ST2): 홍수와 가뭄을 중심으로 한 극한

기후의 관리

- 소주제3(ST3): 관개배수로 기아와 빈곤을 완화하기 위한 핵심 활동

전체 포럼은 한 눈에 파악하기 어려울 만큼 복잡해 보이지만 매우 체계적이고 논리적으로 구성되어 있다. 이해를 돕기 위해 나눠보면 크게 주제별 세션(Session)과 기타 행사로 구분할 수 있겠다. 먼저 전체 세션은 주제와 소주제별 세션을 구성하고 순차적으로 점차 심화된 내용으로 포럼이 진행될 수 있도록 운영되었다. 시간순으로 행사를 나열하는 방식의 ICID 제공 프로그램으로는 이를 한 눈에 파악하기가 쉽지 않다. 아무래도 세션이 포럼의 핵심이므로 우선 이를 중심으로 포럼의 흐름을 따라가는 것이 이해하기에 수월하다. 이해를 돕고자 다음의 그림 1처럼 주제별 세션을 위주로 나름대로 정리해 보았다.

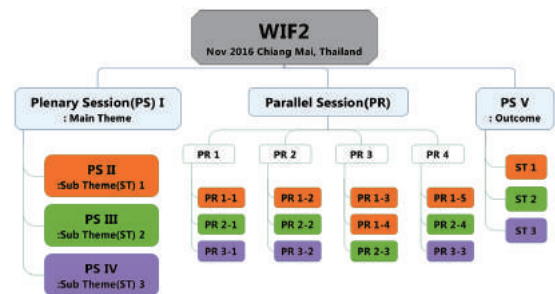


그림 1. 제2차 세계관개포럼 주제별 세션 구성도



메인 행사장에서 진행되는 Plenary Session 발표



여러 회의장에서 동시에 진행되는 Parallel Session 발표

우선 PS(Plenary Session, 총괄세션) I에서 전체 포럼 주제와 관련된 발표가 진행되었다. 그리고 3개의 소주제별로 각각 PS II, III, IV가 해당 발표들로 진행되었다. 이들 PS는 전체 포럼의 중심이며 해당 분야에서 뛰어난 역량과 다양한 경험을 겸비한 전문가와 주요 관련자들이 발표를 진행하게 되므로 포럼 주제는 물론이거니와 관련 분야의 전반적인 흐름과 현안 파악하는 것에 도움이 되었다. 이어서 각기 다른 장소에서 동시다발로 소주제별 PR(Parallel Session, 병렬세션)이 진행되었다. 모든 세션에는 각각 2명의 공동 의장과 1명의 보고자가 지정되었다. 각 세션들은 공동 의장들에 의해 발표와 질의응답이 주재되며, 그 과정과 결과는 세션 보고자(rapporteur)에 의해 정리되어 취합 후 제출되었다. 모든 PR이 끝나고 전체 결과를 취합하여 마지막 PS V에서 이에 대한 결과 및 성과를 발표하고 정리하는 것으로 포럼이 마무리 되었다.

이번 포럼에서 이봉훈 KCID 회장께서는 ICID 부회장 자격으로 소주제 3에 대한 PS IV의 공동 의장 역할을 맡았고, 그것이 필자에게는 전체 세션 운영을 주의 깊게 살펴볼 수 있는 좋은 기회가 되었다. 세션의 발표자는 자신의 발표와 질의응답만 집중해서 진행하면 된다. 그러나 소주제별 PS 의장은 그에 해당하는 PS 및 PR의 모든 발표 결

과와 더불어 소주제 전반에 대한 논평과 건의를 제시하는 임무를 맡는다. 세션 운영 과정을 지켜보면서 느낀 점은 무엇보다 사전 준비와 소통이 가장 중요하다는 것이었다. 소주제별 PS의장은 맡은 주제에 대한 배경 지식의 습득은 물론 지정된 관할 세션 보고자들과 포럼 이전부터 연락을 취하고 긴밀하게 교류할 필요가 있다. PR까지 종료되면 그 다음날 오전에 바로 소주제별 결과를 발표하게 된다. 세션 보고자는 종료 후 3시간 내에 그 결과를 인터넷 공유 폴더에 올리도록 ICID 사무국이 규정하고 있지만, PS V 당일 새벽까지도 보고자들이 PR 결과를 올리지 않은 경우가 다반사였다. 사실상 소주제별 PS의장은 세션 보고자들과 포럼 전부터 소통하며 자신의 최종 발표자료가 어느 정도 준비된 상태에서 포럼에 참가해야 한다.

한편 주제별 세션과 동시에 다양한 행사들도 함께 진행된다. 본 포럼은 관계분야의 다양한 이해 당사자들을 한 자리에 모으는 플랫폼을 제공한다는 취지로 각국의 장관급, 고위공무원, 농업인들을 초청하여 각각의 라운드테이블(Round Table, RT)을 구성하여 추진하였다. 또한 3개의 포럼 소주제에 해당하는 총 18개의 Side Event(SE, 부대행사)들이 구성되어 주제별 세션과 동시에 진행되었다. 그리고 물과 농업 분야의 다양한 공공 및

민간 기관들이 참여한 전시 행사와 포스터 세션 등 다양한 행사들이 함께 진행되었다. 특히 SE는 각각 3개의 소주제별로 구분 운영되어 포럼 주제와의 일관성을 유지하였다. 주제별 세션과 기타 행사를 한 눈에 파악하는데 도움이 되고자 다음의 그림 2로 포럼 행사 구성을 나름대로 정리해보았다.

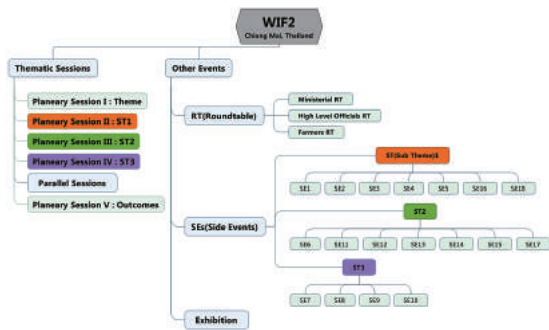


그림 2. 제2차 세계관개포럼의 총괄 행사 구성

ICID의 요청으로 KCID는 이러한 행사들을 적극 지원하였다. 3명의 한국 농업인과 더불어 개발도상국의 장관급, 고위 공무원들이 라운드테이블에 참여토록 지원하였고, 부대 행사 운영과 전시 부스 참여에 다양한 지원을 아끼지 않았다. ICID 분과위원으로 활동하는 6명의 KCID 분과위원장들을 필두로 한 한국측 참가자들의 발표와 활동이 포럼 내내 이어졌다. 한국농어촌공사에서는 세션 발표와 더불어 전시장에 홍보 부스를 마련하고 농

업농촌개발을 위한 공사의 사업과 기술력을 알리는데 힘썼다. 무엇보다도 수원 축만제와 김제 벽골제가 한국의 수리관개 시설로는 처음으로 ICID 관개시설물유산(Heritage Irrigation Structure, HIS)에 등재되는 경사를 맞으며 한국의 관개 기술과 역사를 널리 알리는 기회가 되었다.

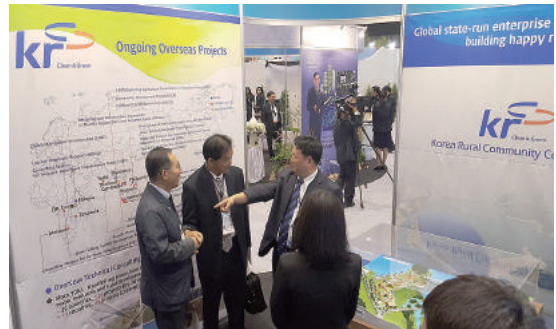
행사를 참여하는 입장에서는 아무래도 장점보다는 단점이 쉽게 눈에 들어오기 마련인지라 개선이 필요한 부분들이 여러 곳에서 눈에 띄었다. 각각의 라운드테이블과 몇몇 행사들은 의미와 취지에 공감하더라도 실제 운영 과정과 성과에 대해서는 앞으로 많은 개선의 여지가 있어 보였다. 또한 대규모의 자원봉사 학생들을 포함해서 행사장에 있는 스태프들의 수는 무척 많았지만 막상 행사와 회의 진행 중 상황이 발생하면 무엇을 어떻게 해야 하는지 알고 대처하는 사람들은 많지 않았다. 한편 국왕 서거에 따른 애도 행사에는 모두가 공감했겠지만, 전 세계를 대상으로 진행되는 국제 행사임에도, 일부는 태국 주요 국내인사들의 의견에 치우치는 느낌이 들면서 타국의 참가자들의 공감을 얻어내기 어려운 모습도 있었다.

4. 제67차 ICID 집행위원회

세계관개포럼은 선정된 주제와 소주제에 따라 세



장관급 라운드테이블(Round Table, RT)



한국농어촌공사 홍보 전시관

선과 행사들이 운영되며 관개배수 분야의 다양한 관련자들이 한 자리에 모일 수 있는 플랫폼을 제공한다. 반면에 IEC는 ICID 조직을 운영하기 위한 회의이다. 짧은 지면에 자세하게 설명할 수는 없지만, IEC 운영을 이해하기 위해서는 ICID의 조직 구성에 대한 이해가 반드시 선행되어야 한다. 기본적으로 ICID는 회장, 기술상임위원회 위원장, 재정상임위원회 위원장, 전략 의장, 사무총장으로 구성된 경영위원회(Management Board, MB)와 회장 및 부회장 9명, 사무총장을 포함한 임원진(Office Bearers, OBs)을 중심으로 운영 방향을 모색하고 IEC에서 의결된 사항을 추진하게 된다.

IEC는 ICID의 각 조직이 맡은 역할을 원활히 수행할 수 있도록 유기적으로 구성되어 추진된다. 본격적인 시작인 IEC 전체회의는 포럼이 끝나자마자 바로 이어서 진행되었지만, IEC가 본격적으로 진행되기 전에 협의가 필요한 주요 현안들은 며칠 전부터 회의가 이루어지기도 한다. 예를 들어 이미 수 개월 전부터 KCID를 포함한 국가 위원회(National Committee, NC)에 설문을 하고 의견을 구하며 관심을 가져온 Vision 2030에 포함된 ICID의 재활성화(Revitalization of ICID) 관련 회의가 행사 전부터 진행되었다.

이봉훈 KCID 회장께서 현재 ICID 부회장으로

서 다양한 역할을 동시다발적으로 수행하도록 요청 받고 있기 때문에 그 역할을 살펴보는 것만으로도 IEC 운영 흐름을 파악하기에 좋은 기회가 되었다. 우선 기술활동상임위원회(PCTA)는 4개의 전략 주제(Strategy Theme)별로 다양한 분과(Working Groups, WGs)가 활동하고 있다. IEC에서는 각 분과별 활동 내역과 향후 운영 방향에 대한 회의가 진행되고 그 결과가 취합되어 전략 주제별 활동 성과와 향후 계획을 논의하게 된다. 기술활동상임위원회에서 3개의 분과가 속한 'Strategy Theme On-Farm(ST-On-Farm)'의 공동 리더로서 이봉훈 회장께서 각 분과들의 역할과 지난 활동, 향후 발전 방향과 제언 등을 제시하였다.

전략조직상임위원회(PCSO)는 국가 위원회 및 지역별 활동을 장려하고 이를 활성화하기 위한 조직으로, 지역별 분과(Regional WGs)와 YP등을 운영한다. 무엇보다 이번에 이봉훈 KCID 회장께서 차기 전략조직상임위원회 위원장으로 추대됨으로써 ICID에서 한국의 위상을 더욱 높이는 계기가 되었다. 현재 ICID에서 가장 활발하게 움직이는 국가는 한국이라고 자타공인 할 수 있다. 이번 이봉훈 회장의 전략조직상임위원장 추대를 계기로 앞으로 한국이 더욱 적극적인 활동으로 ICID 전체에 활력을 불어넣어줄 것이라는 기대를 IEC 곳



이봉훈 KCID 회장의 ST-ON-FARM 활동 발표



IEC 의결에 국가위원회(NC) 자격으로 참여하는 한국측 대표단

곳에서 느낄 수 있었다.

모든 소속 분과와 상임위원들의 회의 결과를 반영하여 마지막으로 진행되는 IEC 회의에서는 각종 의결사항이 처리된다. 이번 IEC회의에서는 ICID ‘비전 2030’ 활동계획 심의, 전년도 결산 및 내년도 예산안 심의, 기술지원단(Technical Support Unit, TSU) 구성과 운영 방향, 신입 부회장 선거 등과 더불어 향후 ICID 행사 개최지를 결정하는 것도 IEC회의에서 결정되었다. 특히, 2018년 제8차 아시아 지역회의 개최국을 선정하는 과정에서 이란과 네팔이 투표 결과 동점을 기록해 제비 뽑기 끝에 네팔이 선정되는 흥미로운 모습이 연출되기도 했다.

5. 나가며

이번 태국 치앙마이 행사는 필자에게 ICID라는 조직과 국제적 규모의 행사에 대한 이해를 높일

수 있는 소중한 기회가 되었다. 개인적으로는 국제 무대의 현장에서 스스로에게 부족함을 느끼고 노력으로 채워나갈 부분을 깨달으면서 발 디딜 출발점과 앞으로 나아갈 방향과 가능성을 볼 수 있었던 것이 가장 큰 성과였다.

이번 행사의 한국측 참가자는 약 50명 수준으로, 이는 국내에서 치러진 행사를 제외하면 ICID 행사 중 역대 최대 규모의 참가 기록일 것이다. 또한 최초로 한국의 ICID 관개시설물유산도 등재하는 성과를 거뒀다. 개발도상국을 대상으로 하는 공적개발원조(Official Development Assistance, ODA) 사업에 참여하면서 때때로 한국의 높아진 위상을 느껴왔지만, 선진국과 함께하는 국제 무대에서도 가장 두드러진 활동을 보인 한국과 KCID를 보면서 이를 새삼 실감하는 계기가 되었다. 앞으로 더욱 활발한 활동이 이어져 더 많은 이들이 ICID를 통해 세계를 무대로 활동하게 되길 기대해본다.



ICID 관개시설물유산(HIS) 인증 수상 후 기념 사진

2016년 제67차 ICID IEC 및 제2차 WIF를 참가하며

윤 푸 른

서울대학교 농업생명과학대학 지역시스템공학전공 대학원생

1. 들어가며

서울에서 약 6시간의 비행 끝에 태국의 치앙마이라는 도시에 도착하였다. ‘북방의 장미’라고 불리는 치앙마이는 태국 북부의 문화 중심지로 란나 타이 왕국의 수도였던 곳이다. 옛 타이 왕국의 흔적에서 풍기는 문화적 깊이는 가는 곳곳에 담겨 있었고, 밀집된 사원 골목 사이로 돌길이 흐르는 구시가지는 아직도 성곽과 해자가 둘러싸고 있어 ‘북방의 장미’이지만 자극적인 가시보다는 온화한 정서가 서린 땅이라는 느낌을 받았다.

필자는 대학원 석사과정에 입학하여 첫 학기 이

자, 처음으로 참가한 해외 학회였다. 이제껏 참가해 본 학회 중 가장 규모가 크고 기간이 긴 학회였고 ‘관개 배수’를 연구하는 수많은 연구자들과 생각과 연구를 교류할 수 있는 뜻 깊은 기회라는 생각에 큰 기대감과 의지를 안고 출발하였다. 처음으로 참여하는 해외 학회였기 때문에 약간의 두려움도 있었지만 ICID를 참가하기 이전에 한국에서 열린 PAWEES라는 학회에서 대만과 일본에서 나와 같은 연구를 하는 여러 연구자들과 함께 토론을 하고 연구 성과나 동향에 대해 논의해본 경험이 있었기에 더욱 큰 배움을 얻고자 하는 다짐을 하고 떠날 수 있었다.



2. 회의 개요

이번 태국 치앙마이 ICID 회의에서는 제 67차 집행위원회(IEC)와 제 2차 세계관개포럼(WIF)이 개최되었다. 타이관개배수위원회(THAICID)에서 개최한 이번 ICID 회의는 2016년 11월 6일부터 11월 12일까지 7일 동안 각 기술분과위원회, 세미나, 워크숍, 심포지엄 및 제 67차 집행위원회 등이 진행되었다. 11월 6일 WIF 첫 날에는 Welcome Dinner, 셋 째 날부터는 Australian Night, Mexican Night, Iranian Night로 여러 국적의 사람들이 다양한 문화를 즐길 수 있는 시간이었으며, 11월 11일 마지막 날에는 Farewell Dinner가 있었다. 이번 회의 참가 기간이 태국 푸미폰 아둔야뎃 국왕 서거 애도 기간이었고 회의 참가자 뿐만 아니라 태국 전체가 애도의 물결로 경건하였다.

개회식은 11월 6일에 진행되었으며, 치앙마이 주지사, Dr. Saeed Mairizi ICID 회장, Chatchai Sarikulya 태국 농업청 장관이 축사를 하였다.

뿐만 아니라 Mr. Petipong Pungbun Na Ayudhya 전 태국 농업청 장관, Ms. Kundhavi Kadiresen FAO 부사무국장, Mr. Bambang Susantono ADB 회장께서 관개 배수 분야의 미래와 본 회의의 주요 안건, 청년 연구자들의 역할에 대하여 강조하

시며, 앞으로의 ICID와 WIF가 지속적으로 개최되길 바라는 희망찬 말씀을 전해 주셨다.

한국에서도 이봉훈 KCID 회장님을 비롯하여 여러 대학의 교수님들, 농어촌공사 연구원들이 논문 발표와 연설 등을 위하여 참석하였다.

가. WIF 심포지엄

WIF에서는 〈Water Management in a Changing World: Role of Irrigation for Sustainable Food Production〉을 주제로 발표 및 토론이 있었으며, 세션마다 Rapporteurs가 발표 내용을 정리하여 각 주제에 대한 고찰 및 질의응답, 결론을 발표하면서 진행되었다. 작은 주제로는 Key Issues of Irrigation and Drainage in Balancing Water, Food, Energy and Ecology, Management of Climatic Extremes with Focus on Floods and Droughts, Key and Smart Actions to Alleviate Hunger and Poverty through Irrigation and Drainage으로 주제 별 발표 및 토론이 진행되었다. 동시에 Side Events로 농업, 관개 배수, 기술, 기후변화 등 광범위한 내용을 주제로 한 강연이 있었으며, 발표 이외의 포스터와 여러 부스가 Exhibition에서 전시되었다. 이번 치앙마이 회의 내용을 요약하면 다음 표와 같다.

표 1. 2016 제67차 ICID IEC 및 제2차 WIF 회의 내용 요약

Main Theme	Water Management in a Changing World: Role of Irrigation for Sustainable Food Production
Day 1	· WIF Opening Ceremony · Inauguration of the exhibition · Main Theme: Water Management in a Changing World: Role of Irrigation for Sustainable Food Production · Sub-Theme 1: Key Issues of Irrigation and Drainage in Balancing Water, Food, Energy and Ecology
Day 2	· Sub-Theme 2: Management of Climatic Extremes with Focus on Floods and Droughts · Sub-Theme 3: Key and Smart Actions to Alleviate Hunger and Poverty through Irrigation and Drainage · 1st Parallel Session Sub-Theme 1, 2, 3 · 2nd Parallel Session Sub-Theme 1, 2, 3

Main Theme	Water Management in a Changing World: Role of Irrigation for Sustainable Food Production
Day 3	· 3rd Parallel Session Sub-Theme 1, 2, 3 · 4th Parallel Session Sub-Theme 1, 2, 3 · 5th Parallel Session Sub-Theme 1, 2, 3 · Penal Discussion (Youth and other topics) · Plenary Session: Integrating Session on Main Theme & Three Sub-themes and presentation
Day 4	· Working Group on Institutional and Organizational Aspects of Integration/ Drainage System Management (WG-IOA) · Working Group on Modernization and Revitalization of Irrigation Scheme (WG-M&R) · Working Group on Sustainable Drainage (WG-SDG) · Working Group on Irrigation Development and Management (WG-IDM) · Working Group on Water Saving in Irrigated Areas (WG-WATS) · Working Group on Use of Poor Quality Water for Irrigation (WG-PQW)
Day 5	· Working Group on Environment (WG-ENV) · Working Group on Comprehensive Approaches to Flood Management (WG-CAFM) · Working Group on Sustainable Development of Tidal Areas (WG-SDTA) · Working Group on Water Management in Water Stressed Regions (WG-DROUGHT) · Working Group on Global Climate Change and Agricultural Water Management (WG-CLIMATE) · Working Group on Sustainable On-Farm Irrigation System Development (WG-SON-FARM) · Working Group on History of Irrigation, Drainage and Flood Control (WG-HIST) · Working Group on Water and Crops (WG-WATER & CROP) · Working Group on Capacity Development, Training and Education (WG-CDTE)
Day 6	· Permanent Committee for Technical Activities (PCTA)
Day 7	· International Executive Council Meeting (IEC)

나. 발표 및 강연 내용

각 Plenary Session에서는 세계의 물 사용에 관하여 다양한 발표가 진행되었다. 먼저, 관개 배수와 빈곤을 주제로 한 발표에서 수자원에서 이용 가능성, 접근성, 수질, 안정성이 중요한 요소임을 언급하면서 식수 뿐만 아니라 식량 생산, 에너지, 산업 등에 많은 영향을 미칠 것이라고 하였다. 그 중 아프리카의 관개 시스템의 부족과 유지관리의 문제점 등을 말씀하면서 앞으로 연구자들의 역할에 대하여 상기시켜 주셨다.

또한 아프리카, 라틴아메리카, 남아시아, 동아시아, 유럽 등의 빈곤 지수와 지속 가능한 발전에 대한 발표도 있었으며, 물 생산성과 지속가능성의 의미에 대하여 생각해 보는 시간도 가졌다. 각

국가의 인구, 발전 정도를 비롯한 사회적, 정치적 요소와 물의 사용은 큰 상관성을 가지며, 물 부족, 물 위기는 세계가 선정한 위험 중 하나로, 수자원 사용의 70% 이상을 차지하는 농업용수가 상당한 중요성을 가짐을 시사하였다.

최근 세계적으로 문제가 되고 있는 기후변화에 맞춰 농업에서의 적응의 필요성과 이와 관련한 세계 국제 기금 등에서의 역할을 설명하는 강연에서는 농업 분야가 산업 분야 중 하나로 사회, 정치, 경제적인 요소를 모두 고려해야 함을 알 수 있었다.

필자의 연구실에서는 지도 교수님 이신 최진용 교수님을 비롯하여 이성학 연구원, 방재홍 연구원, 오부영 연구원, 신용훈 연구원, 정승연 연구원이 본 ICID 회의에 참석하였다.



BYEOKGOLJE DAM (AD 330)

NOMINATION OF THE ICID REGISTER OF HERITAGE IRRIGATION STRUCTURE
KOREAN NATIONAL COMMITTEE ON IRRIGATION AND DRAINAGE

1. Location: Gyeongju, Gyeongsang Province, Korea (200km south from Seoul)
2. Year of initial construction: 330 AD
3. Years of rehabilitation: 780 AD, 1415 AD
4. Year of last destruction: AD 1420 (partial storage by the local people later)
5. National historic site No. 111 (January 1983)
6. Dam height and length: about 5.7m and 3.3 km
7. Number of gates: 5 ea
8. Irrigation area: about 10,000ha
9. Remains: Three (3) stone gates & a part of dam
10. Owner: Gyeongju City Government

The Byeokgolje dam was the first recorded irrigation purpose dam in Korean history, and its size is quite large with dam length of more than three (3) kilometers. It is amazing that how such big structure was planned and implemented at that time. The dam was used for irrigation water storage and supply more than 1,000 years, even though there were several repairs and rehabilitation works from initial construction in AD 330 to 1420 when destroyed due to flood.

The Wusepyeongcheon stream, the main source of the Byeokgolje dam was the affected stream at the location of the Byeokgolje dam because its bottom level is lower than high tide level of the Yellow sea. And the stream plays Donggugcheon river in the downstream. In the downstream of the Byeokgolje dam, the Gyeokwado seashore (12.4 km) for tidal reclamation of 1,500 ha was implemented in the left bank area of the Donggugcheon stream in 1945-1966 period, and the Seungyeon stream (0.3 km long) which flows the Donggugcheon and the Mangyeon stream and part of its area was completed for the tidal reclamation of 400 km² area in 1993-2000 period. Therefore, the Byeokgolje dam became the first development project recorded by the Gyeokwado Tidal Reclamation Project, and later by the Seungyeon Tidal Reclamation Project in the related same river system of watersheds.

The standard section of the dam is trapezoidal section with a bottom width of 17.5 m, a crest width of 7.5 m, and a height of 4.5 m (according to the excavation report, 1979). The height of the dam is not so high and reinforcement material is dry soil, therefore, it seems that the dam section is stable.

There were five (5) gates, among which two (2) gates (1st gate and 5th gate) at both ends of the dam functioned as spillway gate and three (3) gates in the middle (2nd, 3rd and 4th gates) had the function of intake gate. The 1st and 5th gates remain their names only, no detailed design. The middle three gates were excavated and rehabilitated.

In 2nd and 4th gates, two granite gate posts have 4.2 m height above the bottom level. The width between two posts is 4.2 m, and the post has vertical grooves of 8.1 m depth and 0.2 m width that receives plank of wood to keep water.

The 3rd gate excavated in 2012 has also the gate bottom sill length of 4.2 m, which same with the width between two posts.

KOREAN NATIONAL COMMITTEE ON IRRIGATION AND DRAINAGE

CHUKMANJE DAM (SEOHO RESERVOIR) (1799)

NOMINATION OF THE ICID REGISTER OF HERITAGE IRRIGATION STRUCTURE
KOREAN NATIONAL COMMITTEE ON IRRIGATION AND DRAINAGE

1. Location: Suwon-si, Gyeonggi Province, Korea
2. Year of initial construction: 1779
3. Years of rehabilitation: 1978
4. Year of last destruction: 2014
5. Registered as Provincial Heritage No. 200 in 2005
6. Dam height and length: about 5.7m and 3.3 km
7. Number of gates: four gates
8. Irrigation area: about 10,000 ha
9. Remains: one siphon barrel and four gates
10. Owner: Suwon City Government

The Chukmanje dam (1799) was one of the three dams constructed in Suwon City area; together with Mangyeong dam (1995) and Mangyeong dam (1998) during the King Jeongjo era. It is estimated that the three dams were built by the same technology. The record of the first dam, Mangyeong dam, shows the drawing of intake facility which is similar to step pool of present days. The facility was made of pine wood and controlled water level of the reservoir and amount of water to the downstream canal for irrigation water supply. It is assumed that the same style facility was installed in the Chukmanje dam. In addition, there is a historical record of intake facility of the Chukmanje dam, saying "the intake facility is well designed and constructed without leakage at full storage water level."

The Chukmanje dam with the name of reservoir Seocho (meaning west lake) was constructed after construction of Hwasung Fortress to supply irrigation water to the paddy fields in the western flat area of the Fortress. In the Fortress, a new town of temporary palace and offices and civilian villages were entered. For self sufficiency of the town, the dam and the Garrison farm was established. Even dry years, rice production was enough for the soldiers and people of the new town because of three dams in the north, south and west of the Fortress.

The construction of Chukmanje dam is directly related to the construction of Hwasung Fortress. The Dam together with two other dams in same location to the Hwasung Fortress. The Fortress which has 5.7 km length was built during about 2.5 years from January 1794 to September 1796. The Hwasung Fortress is listed in the UNESCO World Cultural Heritage in 1987. The King Jeongjo of Joseon Kingdom had plans to build a temporary palace and offices and civilian villages within a new fortress in Suwon area which is about 40 km south of Seoul. The south of his father died as crown prince was located about 5 km south of the planned fortress. The King wanted to honor his father and prepare a new second capital city and residence. The first reservoir, Mangyeong was constructed at the north of the Fortress in 1795, the second, Mangyeong dam in 1798, and the third, Chukmanje dam was constructed at the west of the Fortress in 1799. And Chukmanje watershed includes the watershed of Mangyeong in the upstream watershed.

KOREAN NATIONAL COMMITTEE ON IRRIGATION AND DRAINAGE

또한 필자와 같은 연구실 소속인 방재홍 연구원은 RCP 시나리오에 따른 비관개기의 누적 강수량을 고려하여 독높이기 저수지를 대상으로 미래 가뭄 대응 능력을 평가하는 연구를 주제로 발표를 진행하였다.

다. 김제 벽골제 세계관개시설유산 등재

본 WIF에서는 대한민국 최대 규모의 수리 시설인 김제 벽골제가 세계관개시설유산(HIS: Heritage Irrigation Structures)에 등재되는 의미 있는 일이 있었다. 세계관개시설유산은 국제관개배수위원회가 유네스코 세계문화유산제도를 차용해 역사적, 사회적, 기술적 가치가 있는 관개시설을 유지 및 보존하려는 목적으로 운영하는 제도이며, 국내 최초로 김제 벽골제와 수원 축만제가 등재되면서 우리나라가 세계관개시설유산 보유국이 되었다. 김제 벽골제는 국내 최대의 고대 저수지로 1700여년의 역사적 가치와 제방 단면 구조와 제방의 총 길이 3250m, 저수지 면적 37km² 등 건설기술, 시설물의 크기, 취수 유량, 관개 면적에서 그 시대의 선도적인 시설로서 높은 평가를 받았다.

3. 맺으며

따뜻하면서도 옛 유적들이 곳곳에 녹아있는 태국 치앙마이에서의 ICID 참가는 전 세계 농업용수와 관련하여 물 문제와 기후변화에 대한 대응, 앞으로 연구자들의 역할에 대한 토론과 배움의 장이었을 뿐만 아니라 치앙마이에서의 짧지도 길지도 않은 일주일의 생활은 태국의 문화와 분위기를 한껏 느끼기에 부족함이 없는 시간이었다. 특히, 세계적인 석학들이 발표를 경청하고 적극적으로 토론에 참여하며, 젊은 연구자들에게 본보기가 되는 모습과 동시에 따뜻한 독려의 말씀을 아끼지 않았다. 또한 현재 새롭게 이슈가 되고 있는 기후 변화 문제와 물 사용, 지속가능성 뿐만 아니라 기존의 빈곤, 물 부족 문제 등까지 다양한 주제로 토론하고 서로 생각을 공유하며 생각의 폭을 확장시킬 수 있는 기회였으며, 이로써 앞으로 연구자로서 나아가야 할 방향에 대해서 많은 고민을 하게끔 한 의미 있는 시간이었다. 앞으로도 계속될 ICID 회의에서는 어떠한 주제로 연구자들이 교류할 것이며, 연구자 중 한 사람으로서 어떤 기여를 할 것인지에 대해 기대를 하며 글을 마친다.



2017

CoP22-23 working group meeting

개최시기 11 January 2017
개최장소 Rabat, Morocco
연 락 처 United Nations Framework Convention on
Climate Change(UNFCCC)
<http://unfccc.int/2860.php>

OECD Water Governance Initiative

주 제 Principles on water Governance
개최시기 11-13 January 2017
개최장소 Rabat, Morocco
연 락 처 The Organisation for Economic Co-operation
and Development(OECD)
<http://www.oecd.org/env/watergovernanceprogramme.htm>

UN Water meeting

개최시기 6-7 February 2017
개최장소 Geneva, Switzerland
연 락 처 UN-Water
<http://www.unwater.org>

13th International Drainage Workshop(IDW)

- 주 제** Drainage and Environmental Sustainability
개최시기 4-7 March 2017
개최장소 Ahwaz City, Iran
연 락 처 Iranian National Committee on Irrigation and Drainage(IRNCID)
<http://www.idw13.org/English>
E-mail : 13idw2017@gmail.com

61st Board of Governors meeting

- 개최시기** 17-18 March 2017
개최장소 Baku, Azerbaijan
연 락 처 World Water Council(WWC)
<http://www.worldwatercouncil.org>
E-mail : wwc@worldwatercouncil.org

Waterpower week

- 주 제** Societal research and policy developments related to marine energy 등
개최시기 1-3 May 2017
개최장소 Capital Hilton, Washington D.C., US
연 락 처 NHA Annual Conference, International Marine Renewable Energy Conference(IMREC)
Marine Energy Technology Symposium(METS)
<http://www.nationalhydroconference.com/index.html>

4th Istanbul International Water Forum

- 주 제** Water & Peace
개최시기 10-11 May 2017
개최장소 Istanbul, Turkey
연 락 처 Turkish Water Institute(SUEN)
<http://www.suen.gov.tr/>
E-mail : info@suen.gov.tr

IWRA XVI World Water Congress

- 주 제** Bridging Science and Policy
- 개최시기** 29 May 2017 – 02 June 2017
- 개최장소** Cancun, Mexico
- 연 락 처** International Water Resources Association(IWRA)
National Water Commission of Mexico(CONAGUA)
National Association of Water and Sanitation Utilities(ANEAS)
<http://worldwatercongress.com/index.htm>
E-mail : office@iwra.org

The 14th IWA Leading Edge Conference on Water and Wastewater Technologies

- 주 제** Green-blue-infrastructure to enhance urban water management 등
- 개최시기** 29 May 2017 – 02 June 2017
- 개최장소** Florianópolis, Brazil
- 연 락 처** The International Water Association(IWA) <http://www.let2017.org>

World Water Week in Stockholm

- 주 제** Water and Waste: Reduce and Reuse
- 개최시기** 27 August 2017 – 01 September 2017
- 개최장소** Stockholm, Sweden
- 연 락 처** Stockholm International Water Institute(SIWI)
<http://www.worldwaterweek.org/about/#contact>
E-mail : gabriela.suhoschi@siwi.org

23rd ICID Congress and 68th IEC

- 주 제** Modernizing Irrigation and Drainage for a new Green Revolution
- 개최시기** 8–14 October 2017
- 개최장소** Mexico City, Mexico
- 연 락 처** Lic. Roberto Ramirez de la Parra, President, MXCID
<http://www.icid2017.org>
E-mail : info@icid2017.org, info@mxcid.org



2018

8th Asian Regional Conference

개최시기 March 2018

개최장소 Kathmandu, Nepal

연 락 처 Nepal National Committee of ICID(NENCID)
E-mail : lohanibasus@yahoo.com, irrigation@wlink.com.np

69th IEC & 5th American Regional Conference

개최시기 23–28 September 2018

개최장소 Saskatoon, Canada

연 락 처 Canadian National Committee(CANCID)
<http://www.cwra.org/en/affiliates/cancid>
E-mail : laurie.tollefson@agr.gc.ca



2019

9th International Micro Irrigation Conference

개최시기 January 2019

개최장소 Aurangabad, India

연 락 처 Indian National Committee on Surface Water(INCSW)
<http://www.cwc.gov.in/main/INCID/welcome.html>
E-mail : incid-cwc@nic.in

70th IEC Meeting and 3rd World Irrigation Forum(WIF3)

개최시기 2019

개최장소 Indonesia

연 락 처 Indonesian National Committee of ICID(INACID)
E-mail : inacid_indonesia@yahoo.co.id,
mohasan53@yahoo.co.id



2020

71st IEC Meeting and 24th ICID Congress

개최시기 12–18 May 2020

개최장소 Sydney, Australia

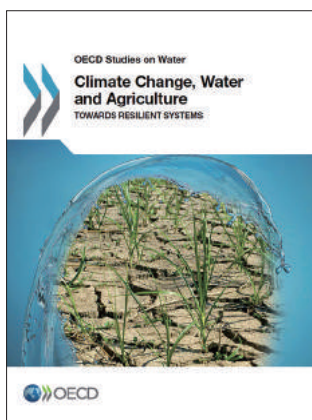
연 락 처 Irrigation's Australia Limited(IAL)(Incorporating IACID)
<http://www.irrigation.org.au>
E-mail : Bryan.ward@irrigation.org.au

기후변화, 물 그리고 농업 Climate Change, Water and Agriculture

복원 시스템을 향해
Towards Resilient Systems

허 승 오

국립농업과학원 기후변화생태과 농업물환경연구실장



제목 Climate Change, Water and Agriculture
Towards Resilient Systems

저자 OECD

기후변화와 물 그리고 농업사이의 상호작용은 다양하고 복잡하며 지역특이적 특성을 나타낸다. 기후 변화는 강우량이나 강우패턴의 변화 및 그를 바탕으로 하는 홍수나 가뭄 같은 극한 사상을 통해 수자원에 영향을 줄 수 있고, 유입·유출 등에 동반하는 양분의 이동을 통해 수질에도 영향을 끼친다. 물순환의 변화는 실제로 전 세계 모든 지역의 농업 생산성에 큰 영향을 미치며, 그에 따라 식량안보, 농산물 시장 및 농업용수 외의 용수 이용을 불안정하게 하고 있다. 따라서, 기후변화를 바탕으로 하여 농업용수 관리 정책을 추진하는 강력한 사례가 있어야 하며, 기후변화에 대한 농업분야 완화·적응 전략에 대한 건전성 분석은 물순환보다 더욱 강조되어야 한다.

정책 건전성에 대한 분석은 기후변화와 물 그리고 농업사이의 주요한 연결부분에 대한 지식이 있어야 하고, 불확실성과 그들 사이의 간극도 구분할 수 있어야 한다. 소스가 완전히 다른 기후자료로부터 유도된 지역단위 영향평가들을 비교하는 것은 도전이라고 할 수 있으며, 이러한 도전은 잠재적으로 오류를 발생시키거나 상충되는 결과를 이끌어 낼 수도 있다.

수질에 대한 기후변화 영향평가는 복잡하며 아주 불확실하다. 홍수의 증가와 심각성은 수자원 시스템을 악화시킬 뿐만 아니라 퇴적물 부하 및 관련 오염물질을 한곳으로 모을 수도 있다는 것이며, 가뭄은

오염물질 희석을 감소시킴으로서 오히려 오염물질의 독성을 증가시키는 문제가 있어 더욱 심각하다고 할 수 있다. 그렇지만, 기상·기후와 수질과의 관계는 매우 복잡하며, 기후변화 시나리오를 반영해 미래 수질을 전망하는 것 또한 난망한 문제이다.

본 책자는 기후변화와 물 그리고 농업사이의 주요한 연결성을 평가하고, 기후변화를 바탕으로 하는 농업용 수자원의 보존과 활용을 위한 적응전략을 밝히고 논의하는 한편, 이를 바탕으로 기후변화 아래서의 농업과 수자원 시스템사이의 상호작용을 다루기 위한 시장적 접근방법(Market Approaches) 및 정책들의 적절한 혼용에 따른 의사결정자의 결정을 돕기 위해 발간되었다. 또한 이 책자는 기후변화, 물, 농업 넥서스(Nexus)의 다양한 측면에서 문헌 리뷰도 포함하고 있으며, 구성은 다음과 같이 3개의 장으로 이루어져 있다.

Chapter 1 : 물순환(Water Cycle)과 농업분야에 미치는 기후변화의 영향

Chapter 2 : 농업용수 관리를 위한 기후변화 적응 및 완화 전략

Chapter 3 : 결론 및 핵심 정책 제언



세계농업과 물 투고안내

원고 작성 방법

- 아래한글 프로그램 사용(한글 '07 이상)
- 용 지 : A4(210mm×297mm)
- 여 백 : 상15, 하10, 좌25, 우25
- 서 체 : 신명조
- 글자크기 : 제목 : 견고딕 18Point 본문 : 신명조 10 Point
- 자 간 : 0
- 장 평 : 100%
- 줄 간 격 : 200%
- 본문 하단에 페이지 번호 매김

원고집필 및 체제

- 한글 작성을 원칙으로 하고, 한글 원고는 내용 이해상 한자나 영문을 써야 할 경우()속에 표시하여 주십시오. 예) 가뭄지수(Drought index), 비와꼬(琵琶湖) 등
- 제목, 저자명, 본문, 참고문헌 순서로 작성한다.
- 모든 원고의 제목과 저자 이름은 국문과 영문으로 적는다.
(영문 표기는 먼저 성을 쓰고, “,”를 찍은 다음 이름을 쓴다.)
- 저자는 소속은 각 저자명에 위첨자로 *, **, *** 등을 표시한다.
(저자는 원고의 첫 페이지 하단 좌측에 “*” 표시에 상응하는 소속 및 E-mail주소를 기입한다.)
- 논문의 경우 초록(Abstract) 및 Keyword를 필히 작성한다.
(초록은 300단어 정도, 15행 이내로 한다.)
- 국문 논문의 요지는 영문으로, 영문논문의 요지는 국문으로 작성한다.
- 4명 이상의 공저의 경우 2열로 나누어 적는다.

집필 번호 체계

다음의 순서로 한다.

- 논문 : I., 1., 가., 1), 가), (1), (가), ①
- 논문 외 : 1., 가., 1), 가), (1), (가), ①
- I., 1., 가. 등 상위 3단계의 제목들은 고딕체 굵은 글씨를 사용한다.

그림 및 사진

- 그림은 그대로 제판원고로 사용할 수 있어야 하며, 그림, Fig., 사진, Picture의 번호와 제목은 그림 하단에, 표, Table의 번호와 제목은 표의 상단에 좌측정렬로 국문 또는 영문으로 표기한다.
- 각각의 표기는 국문으로 작성 시 그림 1, 사진 1, 표 1, 영문으로 작성 시 Fig. 1, Picture 1, Table 1의 형식으로 다음의 예와 같이 표기한다.

예) Fig. 1. Raindrop Characteristics

Picture 1. Hydrologic Characteristics of a Paddy Field

Table 1. Average Daily Infiltration Rate of Paddy Fields

- 원고에 삽입된 그림, 사진 및 표의 제목과 내용은 국문 또는 영문으로 통일한다.
- 본문에서 그림, 사진 및 표를 인용 시에는 캡션이 국문일 경우 그림 1, 사진 1, 표 1, 영문일 경우 Fig. 1, Picture 1, Table 1의 형식으로 표기한다.
- 사진의 제목은 생략할 수 있다.
- 그림은 그림.jpg 형식으로 작성한다.

용 어

- 사용 언어는 국문을 원칙으로 하며, 필요시 한자, 영문자, 일문자 등을 병기할 수 있다.
- 기술 용어는 한국농공학회에서 발행한 기술용어집의 용어와 이에 준하는 용어를 사용하고 필요한 경우 괄호 안에 영문 등의 원문을 삽입한다.
- 국문 논문의 본문 중 영어 단어는 인명 지명 등 고유명사 이외에는 소문자를 사용한다.
- 장, 절의 제목에 영어 단어를 사용 시에는 각 단어의 첫 자는 대문자로 한다. 단, 컴퓨터 프로그램과 이와 유사한 성격의 약자는 모두 대문자로 한다.

예) 제목 : Derivation of Design Low Flows

컴퓨터 프로그램 : DO, PATH, Q, RUNOFF, SMEMAX 변환법

참고문헌

- 원고 끝에 순서에 따라, 논문일 경우 저자명, 발행연도, 논문명, 게재지명, 게재 페이지를 기재하고, 단행본일 경우는 저자명, 발행연도, 책명, 발행처명, 인용 페이지를 기재하여 주십시오.
예) - 이근후, 윤용철, 서원명, 2001, 온실재배 풋고추의 필요수량, 한국관개배수회지 7(2), pp.26-33.
- Hedrich, F, 1994, Rehabilitation of Mafeteng Dam - Kingdom of Lesotho, Geosynthetics World, Vol.4, No.4, pp.15-17
- 인용 문헌 표기는 국문 문헌, 영문 문헌, 일문 문헌 및 기타 언어 문헌 순으로 한다.

송부방법

- 원고파일 1부를 KCID 사무국에 이메일(kcidkr@gmail.com)로 제출한다.

기 타

- 원고는 성과품 최고 12페이지를 초과하여 게재하지 못한다.

연 락 처

한국관개배수위원회 사무국

- 주소 : 경기도 수원로 권선구 수인로 126 한국농어촌공사 토지개발사업단 3층
- Tel : 031-201-0467
- Fax : 05053000471
- E-mail : kcidkr@gmail.com

학술 및 기술교류 분과위원회 명단

위 원 장 최 진 용 (서울대학교 조경·지역시스템공학부 교수)

부위원장 장 민 원 (경상대학교 지역환경기반공학과 교수)

간 사 남 원 호 (한경대학교 지역자원시스템공학과 교수)

위 원 최 중 대 (강원대학교 지역건설공학과 교수)
윤 광 식 (전남대학교 지역·바이오시스템공학과 교수)
김 성 준 (건국대학교 사회환경시스템공학과 교수)
허 남 주 (한국농어촌공사 새만금사업단 환경관리부 과장)
김 상 열 (한국농어촌공사 농촌개발처 처장)
박 창 언 (신구대학교 토목과 교수)
최 경 숙 (경북대학교 농업토목공학과 교수)
유 승 환 (전남대학교 지역·바이오시스템공학과 교수)
임 경 재 (강원대학교 지역건설공학과 교수)
송 인 홍 (서울대학교 조경·지역시스템공학부 교수)
이 성 희 (한국농어촌공사 농어촌연구원 IEEC추진단 차장)
박 기 욱 (한국농어촌공사 해외농업개발처 국제농업협력사업부 과장)
황 세 운 (경상대학교 지역환경기반공학과 교수)
장 정 렬 (한국농어촌공사 농어촌연구원 기반방재연구실 차장)
윤 남 규 (농촌진흥청 연구운영과 연구관)
엄 한 용 (한국농어촌공사 농어촌연구원 기반방재연구실 수석연구원)
서 동 욱 (한국농어촌공사 농어촌연구원 기반방재연구실 과장)

KCID 한국관개배수 기술정보지

세계 농업과 물

등록번호	경기 사-0009
등록일자	1994. 7. 11
인 쇄 일	2016년 12월 30일
발 행 일	2016년 12월 30일
발 행 인	이 봉 훈
편 집 인	최 진 용
발 행 처	사단법인 한국관개배수위원회 경기도 수원시 권선구 수인로 126(16429) 한국농어촌공사 토지개발사업단 3층 KCID 사무국 Tel. : 031) 201-4268 E-mail : kcidkr@gmail.com http://www.ekcid.org/
은행계좌	농협 317-0009-1157-21
디자인제작	(주)에스앤에스기획 Tel. 02) 2264-8700 Fax. 0505) 115-8704

〈비매품〉

생명의 원천 농어촌 용수

국토의 건강한 물 순환,
묵묵히 지켜 나가겠습니다.

