

RS-2021-
IP121032

농
업
용
저
수
지
스
마
트
물
관
리
기
술
고
도
화
연
구

2024

농
림
축
산
기
술
기
획
평
가
원
농
림
축
산
기
획
평
가
원

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)
농업기반 및 재해대응 기술개발사업 2023년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004581-01

농업용 저수지 스마트 물관리 기술 고도화 연구

2024.06.07.

주관연구기관 / 한경국립대학교 산학협력단
공동연구기관 / 충남대학교
공동연구기관 / 한국농어촌공사
공동연구기관 / (주)아이에스테크놀로지

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “농업용 저수지 스마트 물관리 기술 고도화 연구”(개발기간 : 2021.04.01. ~ 2023.12.31.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2024. 06. 07.

주관연구기관명 : 한경국립대학교 산학협력단

(대표자) 윤영민 (인)

공동연구기관명 : 충남대학교 산학협력단

(대표자) 임남형 (인)

공동연구기관명 : 한국농어촌공사 농어촌연구원장

(대표자) 서상기 (인)

공동연구기관명 : (주)아이에스테크놀로지

(대표자) 유갑상 (인)

주관연구책임자 : 김진택

공동연구책임자 : 김대식

공동연구책임자 : 하창용

공동연구책임자 : 서상원

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

최종보고서										보안등급 일반[], 보안[]			
중앙행정기관명		농림축산식품부			사업명		사업명			농업기반및재해대응			
전문기관명 (해당 시 작성)					사업명		내역사업명 (해당 시 작성)						
공고번호		제2021-30호			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)								
					연구개발과제번호		121032-3						
기술분류	국가과학기술 표준분류	LB0903	60%	LB0901	20%	LB0999	20%						
	농림식품과학기술분류	RA0102	60%	RA0101	20%	RA0199	20%						
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문											
		영문											
연구개발과제명		국문		농업용 저수지 스마트 물관리 기술 고도화 연구									
		영문		Development of Smart Water Management for Irrigation Reservoir									
주관연구개발기관		기관명		한경국립대학교 산학협력단		사업자등록번호		125-82-07142					
		주소		(우)17579, 경기 안성시 중앙로 327		법인등록번호							
연구책임자		성명		김진택		직위		연구교수					
		연락처		직장전화 전자우편		휴대전화		국가연구자번호					
				kimjt@hknu.ac.kr		1011 4215							
연구개발기간		전체		2021. 04. 01 - 2023. 12. 31(2년 9개월)									
		단계 (해당 시 작성)		1단계		2021. 04. 01 - 2022. 12. 31(1년 9개월)							
				n단계		2023. 01. 01 - 2023. 12. 31(1년 개월)							
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비		기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				연구개발비 외 지원금			
		현금		현금		현금		현금		합계			
		현금		현금		현금		현금		합계			
총계		1,100,000		12,000		136,000		1,112,000		136,000		1,248,000	
1단계		1년차		300,000		34,000		300,000		34,000		334,000	
		2년차		400,000		6,000		406,000		51,000		457,000	
n단계		1년차		400,000		6,000		406,000		51,000		457,000	
		n년차											
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명		책임자		직위		휴대전화		전자우편		비고	
		충남대학교		김대식		교수						역할 기관유형	
		한국농어촌공사		하창용		과장						공동 준정부기관	
		아이에스테크놀로지(주)		서상원		연구위원						공동 중소기업	
위탁연구개발기관													
연구개발기관 외 기관													
연구개발담당자 실무담당자		성명		김민정		직위		행정원					
		연락처		직장전화 전자우편		휴대전화		국가연구자번호					

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2024년 2월 29일

연구책임자: 김진택
 주관연구개발기관의 장: 한경국립대학교 산학협력단장
 공동연구개발기관의 장: 충남대학교 산학협력단장
 공동연구개발기관의 장: 한국농어촌공사 농어촌연구원장
 공동연구개발기관의 장: 아이에스테크놀로지(주) 대표이사

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하



< 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명		농업기반 및 재해대응 기술개발			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)		
내역사업명 (해당 시 작성)		농업용수 및 기반시설 관리효율화기술			연구개발과제번호		
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB0903	60 %	LB0903	20 %	LB0999	20 %
	농림식품 과학기술분류	RA0102	60 %	RA0101	20 %	RA0199	20 %
총괄연구개발명 (해당 시 작성)							
연구개발과제명		농업용 저수지 스마트 물관리 기술 고도화 연구					
전체 연구기간		2년 9개월(2021.4.01.~2023.12.31.)					
해당 단계							
총 연구개발비		총 1,468,000 천원 (정부지원연구개발비: 1,100,000천원, 기관부담연구개발비: 368,000천원, 지방자치단체지원연구개발비: 천원, 그 외 지원연구개발비: 천원)					
해당 단계							
연구개발단계		기초[] 응용[] 개발[<input checked="" type="checkbox"/>] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]			기술성숙도 (해당 시 작성)		착수시점 기준 () 종료시점 목표 ()
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)							
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)							
연구개발 목표 및 내용	최종 목표	현재 자동수위측정 기술을 활용해 관리되고 있는 농업용 저수지 물관리 시스템의 현장 계측제어/통신 모듈과 중앙 운영관리를 고도화하기 위하여 ICT, 영상정보(드론, CCTV 등), 사물인터넷, 빅데이터, AI 등의 기술을 이용한 스마트 물관리시스템을 개발하여 대·중규모 저수지 안전 강화, 소규모 저수지 무인관리와 미계측 저수지의 저수상황 예측정보 제공 방안 제시					
	전체 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 저수지 현장 계측감시 장비, 센서 및 연계모듈 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 저수지 저수위, 강우기상 및 다항목 계측을 위한 현장처리장치 기술 개발 - 사통 취수방식 저수지에 대한 저수위 계측센서 및 현장장비 기술 개발 - GIS, RS, 영상정보(드론, CCTV 등)의 기존 수위센서 계측정보 연계 기술 개발 ○ 사물인터넷 기술을 활용한 시스템 통신 및 처리 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 국가, 농촌 통신망 기준을 고려한 저수지 현장 통신, 처리장치 기술 고도화 개발 - 이상기후와 장비 고장에 대응한 통신모듈의 이중화 및 장애감지/대응 기술 개발 - IoT 기반의 현장 계측장비와 저수지 운영시스템의 연계기술 개발 ○ 소규모 미계측 저수지 저수위/저수량 예측 관리 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 미계측 저수지 저수위-저수량 관계 자료생성, 저수위, 수량 예측 및 계측자료를 이용한 검·보정 기술 개발 					

		<ul style="list-style-type: none"> - GIS, RS, 영상자료 기술을 이용한 미계측 저수지 내용적 추출 및 저수위 관리 연계모듈 개발 - 소규모 미계측 저수지 운영관리 rule 기술 개발 사전 및 계획 방류량 예측에 따른 수문조작(개도,기간,수량) ○ 저수지 계측정보에 대한 빅데이터 분석 및 실시간 운영·활용 기술 개발 - 클라우드 기반 IoT 플랫폼 모듈 개발 및 기존 시스템 자료의 플랫폼 연계 방안 - 저수지 계측관리 시험시스템 개발 및 구축 저수지 계측 운영관리 시험시스템 개발 및 연계 모바일 App 개발 - 계측제어 정보의 빅데이터, AI기반 자료 품질관리(AQC, MQC) 기술 개발 ○ 저수지 스마트 물관리 시험시스템 구축 및 적용성 평가 - 시험 대상지구 조사, 선정 및 기존 관련 장비, 시스템 분석 - 시험지구에 대한 시험시스템 구축 및 시험운영을 통한 성능 조사, 분석 - 저수지 스마트 물관리 시험시스템의 현장 적용성 평가 및 활용방안 제시 - 농업용 저수지 스마트물관리 운영관리 지침(안) 작성 제시
	<p style="text-align: center;">1단계 (해당 시 작성)</p>	<p style="text-align: center;">목표</p> <p>농업용 저수지 물관리 시스템을 고도화하기 위하여 ICT, 영상 정보(드론, CCTV 등), 사물인터넷, 빅데이터, AI 등의 기술을 이용한 스마트 물관리 시스템을 개발</p> <p style="text-align: center;">내용</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 저수지 현장 계측감시 장비, 센서 및 연계모듈 기술 개발 ○ 사물인터넷 기술을 활용한 시스템 통신 및 처리 기술 개발 ○ 소규모 미계측 저수지 저수위/저수량 예측 관리 기술 개발
	<p style="text-align: center;">2단계 (해당 시 작성)</p>	<p style="text-align: center;">목표</p> <p>농업용 대·중규모 저수지 안전 강화, 소규모 미계측 저수지의 저수상황 예측정보 제공 방안 및 농업용저수지 스마트 물관리 운영관리 지침(안) 작성 제시</p> <p style="text-align: center;">내용</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 저수지 계측정보에 대한 빅데이터 기반 운영 기술 개발 - IoT 플랫폼 모듈 개발 및 기존 시스템 자료의 플랫폼 연계 ○ 저수지 스마트물관리 시험시스템 적용성 평가 및 활용 방안 - 농업용 저수지 스마트물관리 운영관리 지침(안) 작성 제시
<p style="text-align: center;">연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 농업용 저수지는 17,240개소 설치되어 지자체와 한국농어촌공사에서 운영, 관리되고 있으며 2004년 농림기술개발사업 연구개발로 저수위 자동계측기술이 개발되어 현재까지 전국 1,765개소에 자동수위계가 설치, 운영되고 있어 본 연구를 통하여 개발되는 고도화 기술은 지자체와 한국농어촌공사의 기존 설치 저수지와 수위계 미설치 저수지에 신규 설치되어 활용이 예상됨 ○ 활용내용으로는 농림기술개발 연구성과로 현장 설치된 저수지는 고도화 기술을 적용한 보강시스템을 적용하고 미설치 저수지는 스마트물관리 고도화 시스템을 신규 설치하는 한편 소규모 미계측 저수지에 대해서는 저수상황 분석, 예측 기술을 저수지 운영관리에 활용하고 아시아 관개농업 국가를 대상으로 연구성과의 수출을 모색 ○ 경제적 파급효과는 국내시장에 대한 전망으로 기존 자동저수지수위계 이용사례와 정보통신기반 농촌사회로의 변화를 고려하면, 한국농어촌공사 미설치 저수지 500개소와 지자체 미설치 저수지 1,000개소의 농업용 저수지에 스마트 물관리 시스템 설치가 예상되므로 총1,500개소의 신규설치로 인한 300억원의 국내 신규시장이 예상되며 수로, 양수장과 배수장 등의 수리시설에도 적용이 예상되므로 국내시장은 약 500억원 규모임 	
<p style="text-align: center;">연구개발성과 활용계획 및 기대 효과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 농업용 저수지에 대한 ICT기반의 스마트물관리 기술의 개발 적용을 통하여 평소 효율적인 물공급과 물절약의 이수효과와 이상기후에 따른 재해저감의 치수효과가 기대되며 이와 더불어 안정적인 농업용수 공급으로 농업생산성 증대와 농촌복지를 	

	실현하고 해외에 한국의 ICT기반 스마트물관리시스템을 수출하여 외화 획득과 관련 농업기술의 수출에 기여할 것으로 기대됨				
국문핵심어 (5개 이내)	농업용저수지	스마트 물관리	저수위	저수량	저수지 운영
영문핵심어 (5개 이내)	Agricultural Reservoir	Smart Water Management	Water Level	Water Capacity	Reservoir Operation

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도
4. 목표 미달 시 원인분석(해당없음)
5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

1. 연구개발과제의 개요

○ 현황 및 문제점

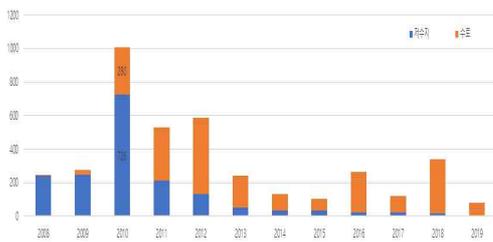
- 국내 농업용 저수지는 전국에 17,240개소 설치되어 평상시 농업용수의 60% 정도를 공급하고 있으며 홍수시 저류를 통한 하류지역 피해저감 등의 기능을 담당하고 있는 주요 수리 시설로서 저수지 관리는 한국농어촌공사(3,411개소)와 지자체(13,829개소)에 의해 유지, 운영되고 있음
- 과거 목측에 의한 저수위 관리를 개선한 자동수위관측기가 농림기술개발 연구성과(2004년)로 개발, 현장 보급되어 농업용 저수지 1,765개소에 설치, 10분 간격으로 저수위를 계측, 물관리에 활용되고 있으나 자동수위관측기 설치 이후, (그림 2)와 같이 기간경과에 따른 부품의 고장, 통신장애 및 태양전원 불안정 등의 이상과 현장센서 계측자료의 결측 발생, 계측정보 서버의 접속 제한 그리고 자동수위관측기 수리, 보수, 관리에 관한 유지관리지침 부재의 문제점이 도출됨
- 또한, 2004년 농림기술개발 이후 관련분야 ICT 기술 등의 발전과 기준변화가 발생하였으나 후속 연구개발 과제가 미흡하여 기 설치된 자동수위관측시스템에 체계적으로 기술개발과 적용이 이루어지지 못함

○ 연구개발의 필요성

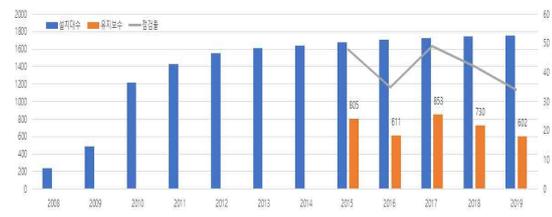
- 농업용 저수지 스마트 물관리 기술 고도화를 위하여 관련 계측 센서 다양화, 사통식 저수지(국내저수지 형식 중 80%) 저수위 계측센서 개발, IoT 기반 현장 계측제어 장치 기술, 중앙 서버방식 정보관리에서 빅데이터와 플랫폼 정보관리 기술을 비롯하여 중·대규모 저수지에 대한 안전성 강화를 위한 계측항목 다양화와 계측/통신 이중화 기술, 소규모 계측기 미설치 저수지의 저수위 모의발생을 통한 추정과 GIS, 위성영상(RS), 영상자료(드론, CCTV 등) 연계를 통한 저수상황 예측, 분석 기술 등의 스마트 물관리 기술 고도화 개발이 필요

○ 정부 정책, 추진계획과의 연관성

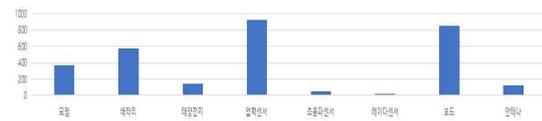
- 정부는 환경부를 비롯한 관련 부처에서 통합물관리 정책을 통하여 물관리종합정보시스템 통합, 정보 시각화, 국민체감형 서비스 개발 등의 계획을 추진하고 있으며 농림축산식품부는 태풍, 호우, 지진 등 재해에도 안전하게 저수지를 관리하기 위한 ‘제1차 농업용 저수지 관리계획’ (2020.12)을 마련하고 2021년부터 ICT 기반의 과학적이고 체계적인 저수지 관리 정착을 비롯하여 재해 대처 가능 저수지 구축과 평상시 안전관리 수준 향상 등을 추진 계획



<그림 1> 자동수위관측기 설치 현황

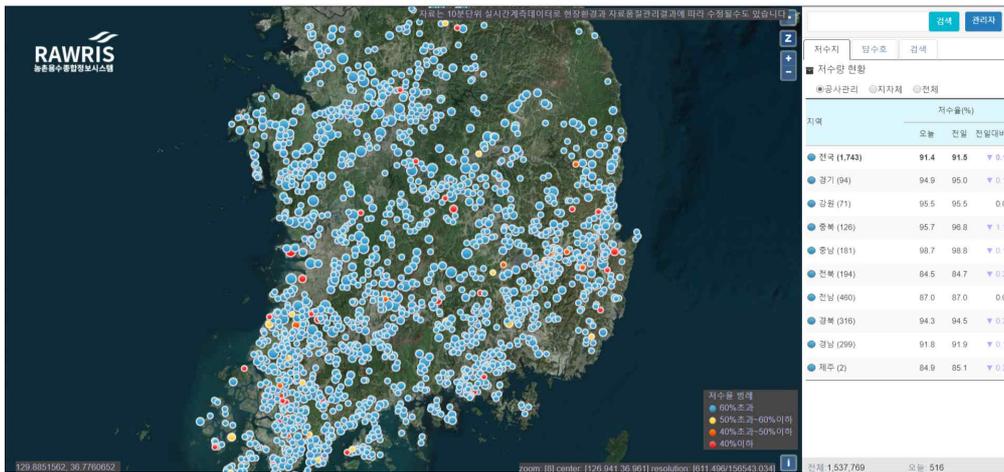


• 주요 유지보수 내용은 압력센서(925건, 30%), 보드교체(825건, 28%), 배터리교체(579건, 19%) 순으로 진행됨



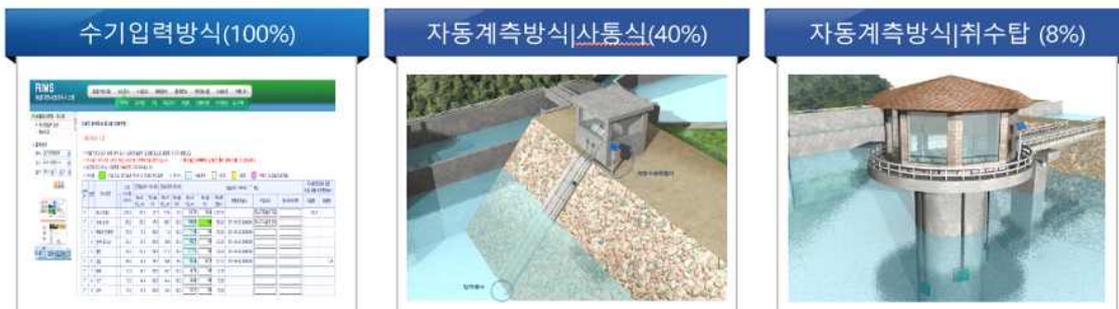
<그림 2> 자동수위관측기 유지관리 현황

- 국내 농업용 저수지의 저수량 관리는 관행적으로 저수지 현장 관리인의 수위 목측을 바탕으로 진행되었으나 2004년 농림기술개발 연구사업으로 저수지 자동수위관측기 개발이 완료되어 현재까지 전국 저수지 1,765개소에 보급, 설치되어 매 10분 자동으로 저수위를 측정하고 정보시스템을 통하여 자료 저장, 분석, 관리되고 있으며 사용자에게 저수지 저수상황 정보를 제공하고 있음
- 농업용 저수지의 저수위 측정자료는 최초 기술개발되어 현장에 적용된 이후 현재까지 전국 1,765개 저수지에 대해 최장 15년간의 자료가 계속되어 총10억개의 측정자료를 보유하고 있으며 현재 일 253,000개의 측정자료가 수집되어 국내 농업용수 관리, 계획과 분석에 활용되고 있음



<그림 3> 농촌용수종합정보시스템 저수지 계측정보

- 저수지의 저수위 측정자료는 한국농어촌공사의 경우 두가지 방식으로 생성되는데, 총 3,409개소 저수지 중 수기방식은 일 1회, 자동계측방식은 10분 1회, 일 144회 계측자료를 생성, 기록하고 있으며 수기입력 자료는 농업수리시설관리시스템(RIMS), 자동계측방식은 농촌용수종합정보시스템(RAWRIS)으로 수집, 관리, 분석되어 사용자에게 제공하고 있음
- 저수지 수위 수기입력 방식은 휴일 등에는 사용자 입력이 불가하며 관개기와 강우가 집중되는 시기에 저수지 변동에 대한 연속 데이터 생성의 한계가 있고 자동계측방식은 현장 통신감도 불량 및 전원 오류로 인한 데이터 누락, 현장 환경(초음파:수초, 압력센서:토사유입)에 의한 계측데이터 오류가 발생되며 주된 오류의 원인은 계측, 통신문제와 전원(태양광, 배터리) 부분으로 전체 누락 데이터의 80% 정도를 차지하고 있음(한국농어촌공사)



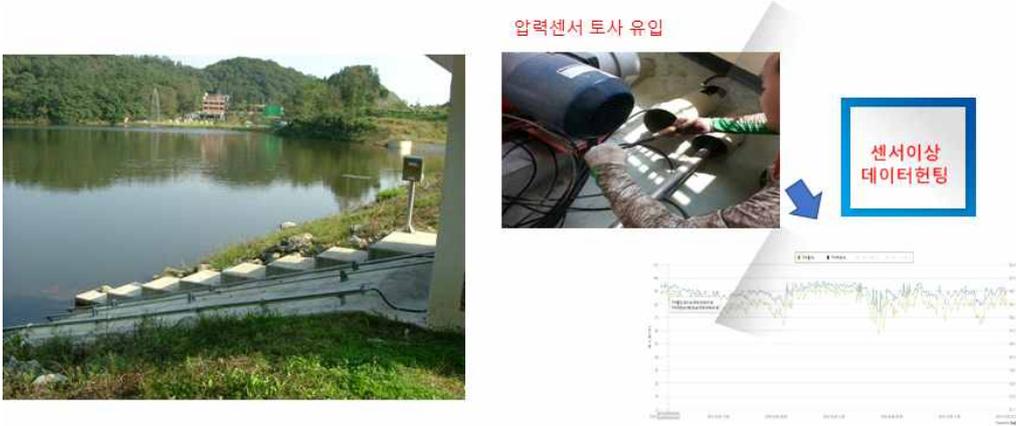
<그림 4> 농업용 저수지 수위자료 생성 현황

- 농림축산식품부의 제1차 농업용 저수지 관리계획(2020. 12 발표)에는 저수용량 5만m³ 이상 농업용 저수지에 대해 안전관리 수준을 향상하도록 하고 있어 농업용 저수지 스마트 물관리 고도화 연구개발에서는 저수용량 5만m³ 이상 중·대규모 농업용 저수지(전국 908개소)는 전체 농업용수 수자원량의 많은 부분을 저수하고 있는 주요 수리시설이므로 저수위의 정확한 계측이 필요함(저수위 작은 오차도 고수위 저수량에 큰 차이 발생)
- 홍수, 태풍 등의 재해시 저수지 붕괴에 따른 하류지역 피해가 막대하므로 현재 단일 계측장치와 통신 설치에서 복합 계측과 통신 장치 이중화 등을 통하여 저수지 계측감시 관리의 안정성 증대 필요
- 농림축산식품부는 2021년부터 태풍, 호우, 지진 등 재해에도 안전하게 저수지를 관리하기 위한 ICT 기반의 과학적이고 체계적인 저수지 관리 정착을 비롯하여 재해 대처 가능 저수지 구축과 평상시 안전관리 수준 상향 등을 본격 추진하므로 본 연구를 통하여 기존 농업용 저수지 관측시스템을 재해 대응 등의 안정적인 계측감시와 정애감지/대응 기술 등의 고도화 개발 필요



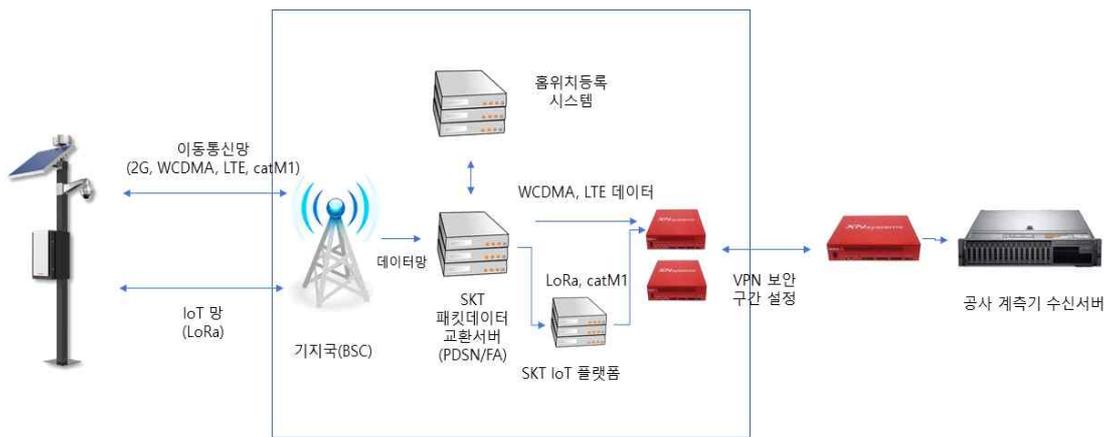
<그림 5> 농업용 저수지 관리의 주요 개선 내용

- 전국 저수지 자동수위관측기 설치 저수지 중에서 사통식 저수지는 1,379개소이며 취수탑 형식 저수지는 276개소인데 사통식 저수지의 저수위 측정은 경사면 수위측정 조건이므로 압력센서를 수중에 투입하여 수위를 측정하는 압력식 수위계를 사용하고 있으나 수중의 수위센서가 저수지 유입토사 퇴적으로 인한 압력감지 이상 등의 측정에 오차와 결측이 발생되어 본 연구에서는 이를 개선할 수 있는 사통식 저수지 수위 측정 기술의 개발이 필요
- 사통식 저수지 수위계측 기술개발을 위하여 경사수심 계측 수중센서의 개발에 있어서 설치와 초기수심 측정치 설정이 정확 용이하고 수온 등 다른 측정 항목의 추가도 검토 개발할 필요가 있으므로 기존의 압력센서 계측자료의 분석과 이상, 결측 자료에 대한 분석을 통하여 이러한 문제를 해결하도록 할 필요가 있음



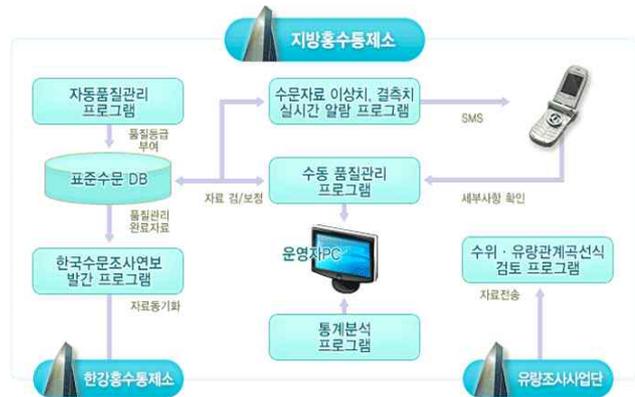
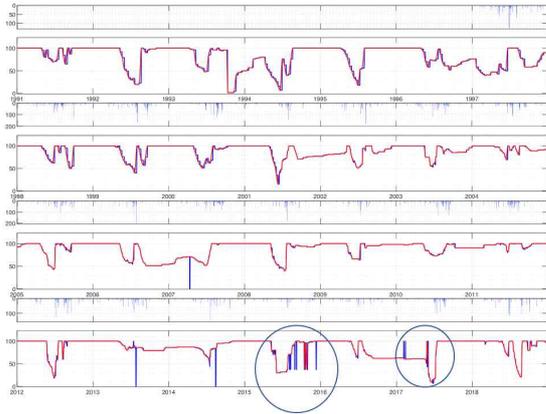
<그림 6> 사통식 저수지 설치 전경 및 토사 유입 센서이상 사례

- 현행 자동수위관측기의 통신방식은 개발 당시인 2000년대 초반의 통신방식인 CDMA방식으로 개발되어 자동수위관측기에 적용되었는데 이는 그 이전 방식인 RF(Radio Frequency)을 개선하여 자가망 설치의 과다경비 소요와 망 관리 어려움 등의 문제를 해결함
- 자동수위관측 통신모듈은 현장 계측장치와 이용자 중앙 서버간의 양방향 통신으로 현장 장치 원격접속, 계측기 설정 등 많은 기술 발전을 이룩하여 농업용 수자원 모니터링 분야에 활용되고 있음. 그러나, 개발이후 최근 국내 통신사의 CDMA(2G) 서비스 중단에 따라 LoRa 망으로 교체되었음. 현재 LTE, IoT 등 다양한 통신망 서비스가 국가와 통신회사에 의해 제공되고 있으므로 안정적이고 미래지향적인 농업용 저수지 관리를 위한 적정 통신 방안에 대한 연구 필요



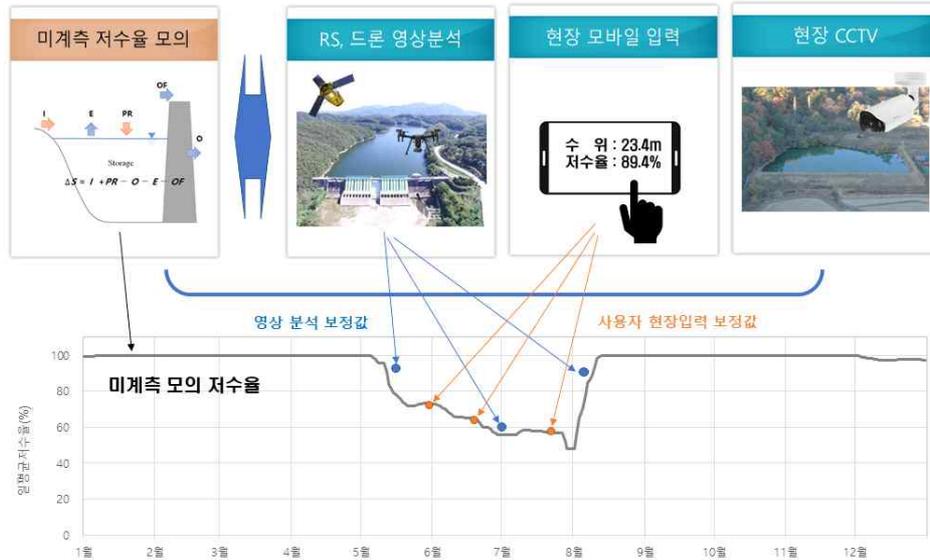
<그림 7> 농업용 저수지 자동수위관측시스템 통신 구성도

- 농업용 저수지 측정자료에 대한 품질관리에 관한 연구는 일부 농림기술개발사업 과제와 한국농어촌공사 연구에 의해서 실시되어 계측자료의 오류, 결측 등의 이상치 문제를 해결하고 있음. 이를 통하여 단기간의 오류, 결측은 수정이 가능하지만, 운영자가 확인하고 다양한 자료를 통해 보정하기 위한 기능은 제한적임
- 저수지 계측자료 품질관리 고도화를 위해서는 국내의 경우 홍수통제소와 같이 자동품질관리시스템과 더불어 일괄 품질관리 기능을 구현하기 위한 별도의 품질관리시스템 구축이 필요하며 수동 품질관리 기능을 구현하도록 다양한 자료와 연계가 되어야 하고, 사용자가 직접 데이터를 입력하고 수정 가능한 기능 개발이 요구됨



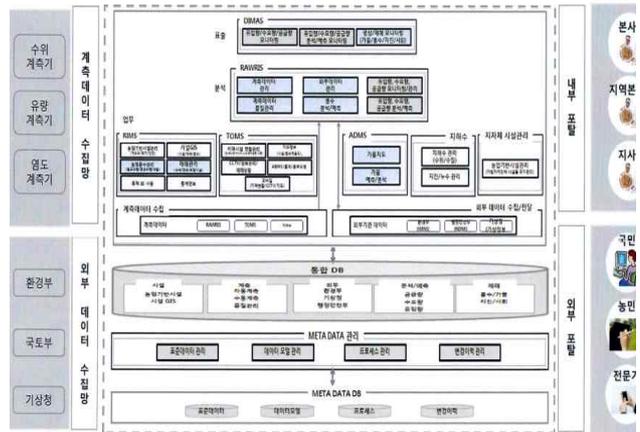
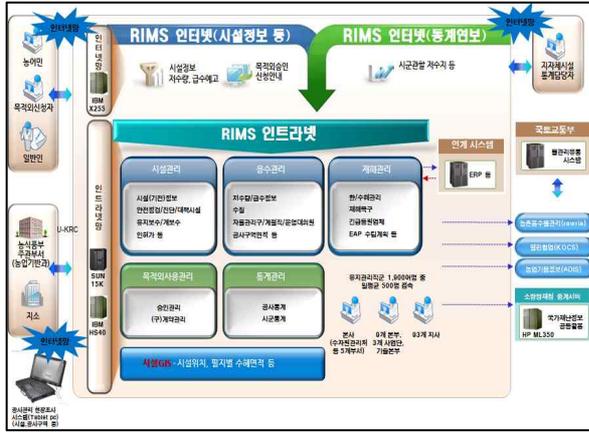
<그림 8> 농업용 저수지 관측자료 예시 및 사례

- 전국에 자동수위관측기 미설치 저수지는 17,240개소 중에서 약 15,500개소이며 이러한 소규모 미계측 저수지의 저수상황 파악은 관행인 관리인의 현장 방문, 목측 후 통보 혹은 미파악 상태로 관리되고 있으므로 이러한 계측기 미설치 저수지들에 대한 저수위 변화와 저수상황 예측을 통한 관리 기술이 개발되어 이수와 치수에 활용될 필요가 있음
- 국내 소규모 미계측 저수지에 대한 저수상황의 과학적이고 체계적인 관리를 위해서는 현장 계측기의 설치가 선행되어야 하나 미설치시에도 수리수문 모의기술, GIS, RS, 영상기술 등을 활용하여 저수위를 모의발생하고 영상, 입력자료로 검보정하여 저수지 관리를 위한 정보로 사용할 필요가 있음



<그림 9> 영상자료(RS, 드론, CCTV 등)와 저수위 모의자료 평가, 분석

- 저수지 현장 수위 계측자료의 정보관리 시스템은 각 계측항목에 따라 별도 DB, 서버로 분리되어 운영되어 통합관리의 필요성이 있으므로 클라우드 기반의 IoT 플랫폼 기술 등으로 표준화 문제 해결 및 데이터 연계를 통한 효율적인 농업용 저수지 계측자료 관리 및 서비스 제공 필요
- 2007년 작성된 저수지 자동수위측정기 설치 및 운영지침을 개선하여 농업용 저수지 스마트 물관리시스템 운영지침(안)을 작성하여 효율적인 업무추진을 지원할 필요가 있음



<그림 10> 농업기반시설관리시스템(RIMS) 현황 및 개발 플랫폼 예시

저수지 자동수위측정기 설치 및 운영 지침

2007. 8

농림부

- < 수자원의 조사·계획 및 관리에 관한 법률 제9조(수문조사의 실시) >**
- ① 환경부장관은 다음 각 호의 목적을 위하여 수문조사를 하여야 한다. <개정 2018.6.8.>
 1. 하천유역·호수·늪의 물순환 구조 파악
 2. 수자원에 관한 계획의 수립
 3. 하천의 유지, 하천시설(하천법, 제2조제3호에 따른 하천시설을 말한다. 이하 같다)의 설치 및 각종 구조물의 설계
 4. 하천 주변지역의 이용 및 관리
 5. 제8조에 따른 홍수 및 갈수의 예방
 6. 그 밖에 수자원 관리에 필요한 사항
 - ② 환경부장관은 수문조사의 체계화·효율화를 위하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 10년 단위의 수문조사기본계획을 수립·시행하여야 한다. <개정 2018.6.8.>
 - ③ 환경부장관은 제1항에 따른 수문조사를 위하여 제13조에 따라 수문조사시설을 설치하는 등 수문조사망을 구축하여야 한다. 이 경우 다른 법령에 따라 설치된 수문조사시설과 중복될 때에는 관련 당사자와 협의하여 조정할 수 있다. <개정 2018.6.8.>
 - ④ 환경부장관 외에 다른 법령에 따라 수문조사를 하는 기관의 장은 제1항에 따른 수문조사와 중복되지 아니하도록 대통령령으로 정하는 바에 따라 환경부장관과 협의하여야 하며, 수문조사시설을 설치·이전 또는 폐지하려는 경우에는 환경부령으로 정하는 바에 따라 환경부장관에게 서면으로 통지하여야 한다. <개정 2018.6.8.>
 - ⑤ 환경부장관은 제1항에 따른 수문조사 시행을 위하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 수문조사 전담기관을 지정하고, 수문조사 업무를 수행하게 할 수 있다. <개정 2018.6.8.>
 - ⑥ 국가는 수문조사 전담기관 운영에 필요한 경비를 충당하기 위하여 예산의 범위에서 출연할 수 있다.
 - ⑦ 수문조사 전담기관의 지정·운영, 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.
- < 수자원의 조사·계획 및 관리에 관한 법률 제13조(수문조사시설의 설치) >**
- ① 환경부장관은 이 법 또는 다른 법령에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 수문조사시설을 설치하고 유지·관리하여야 한다. <개정 2018.6.8.>
 - ② 환경부장관은 제1항에 따라 수문조사시설을 설치할 때에는 대통령령으로 정하는 바에 따라 수문조사시설설치계획을 수립하여야 하며, 계획 수립 시 미리 관계 행정기관의 장과 협의하여야 한다. 다만, 대통령령으로 정하는 경미한 수문조사시설을 설치할 경우는 예외로 한다. <개정 2018.6.8.>
 - ③ 환경부장관은 제2항에 따라 수문조사시설설치계획을 수립하였을 때에는 대통령령으로 정하는 바에 따라 그 내용을 고시하여야 한다. <개정 2018.6.8.>
 - ④ 수문조사시설설치계획의 변경에 관하여는 제2항 단서와 제3항을 준용한다.
 - ⑤ 환경부장관은 제2항에 따른 수문조사시설설치계획(제4항에 따라 변경된 수문조사시설설치계획을 포함한다)에 따라 수문조사시설 설치공사를 준공하였을 때에는 대통령령으로 정하는 바에 따라 그 내용을 고시하여야 한다. <개정 2018.6.8.>

<그림 11> 저수지 자동수위측정기 설치 및 운영지침

- 2000년대 초반 농림기술연구개발사업으로 개발된 한국의 ICT기반 농업용수 관측기술은 개발이후 해외에 기술 수출하여 3개국(태국, 이란, 파키스탄) 총60억원의 외화를 획득 하였으며 한국의 우수한 농업용수 관리 기술을 해외에 전파하고 있음
- 한국농어촌공사와 연구참여업체는 태국 농업협동부 왕립관개청(RID, Royal Irrigation Department)과 태국재정사업으로(사업비 19억원) 프란부리(Pranburi) 관개관리정보시스템 구축사업(2015~2018)을 완료하였고, 이란의 쿠제스탄(Khuzestan) 수전력청(KWOA)과 쿠제스탄 스마트물관리 시범사업(2017. 8~)을 수행하여 사업비 29억원을 수주하였으며 파키스탄 정부와는 세계은행(World Bank)사업으로 편잡관개청(Punjab Irrigation Department)과 Punjab 관개 네트워크의 실시간 유량 모니터링 시스템 구축사업(사업비 10.7억원)을 수주, 완료하는 등 해외에 활발히 수출하고 있음

- 본 연구과제인 농업용 저수지 스마트 물관리 고도화 연구를 통하여 개발되는 기술은 국내 적용은 물론이고 해외수출에 크게 기여 할 것으로 예상되는데, 본 연구팀은 그동안 수행한 국내 시스템 구축 노하우와 최근 5년간 해외수출 경험(3개국 60억원)을 통하여 국내는 물론이고 해외에서의 한국 농업용수 ICT기반 관리기술에 대한 요구사항을 파악하고 있으며 본 연구를 통하여 향후 요구되는 기술을 선제적으로 개발하여 국내 산업 활성화와 해외 수출 확대 추진이 필요함



<그림 12> 연구성과 해외수출 사례(태국 뽀란부리, 파키스탄, 이란)

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용

1) 연구개발과제의 최종 목표

- 현재 자동수위측정 기술을 활용해 관리되고 있는 농업용 저수지 물관리 시스템을 고도화하기 위해 ICT, 영상정보, 사물인터넷, 빅데이터, AI 등의 기술을 이용한 스마트 물관리 시스템 개발



<그림 13> 연구목표의 모듈 및 시스템 기술 구성

○ 연구 개발 목표(핵심 기술)

- 저수지 현장 계측감시 장비, 센서 및 연계모듈 기술 개발
 - 저수지 저수위, 강우기상 및 다항목 계측을 위한 현장처리장치 기술 개발
 - 사통 취수방식 저수지에 대한 저수위 계측센서 및 현장장비 기술 개발
- 사물인터넷 기술을 활용한 시스템 통신 및 처리 기술 개발
 - 이상기후와 장비 고장에 대응한 통신모듈의 이중화 및 장애감지/대응 기술 개발
 - IoT 기반의 현장 계측장비와 저수지 운영시스템의 연계기술 개발
- 소규모 미계측 저수지 저수위/저수량 예측 관리 기술 개발
 - 미계측 저수지 저수위-저수량 관계 자료생성, 저수위 예측 및 계측자료와 검·보정
 - 수자원 모형, GIS, RS, 영상 기술을 이용한 미계측 저수지 저수량 예측 기술 개발
- 저수지 계측정보에 대한 빅데이터 분석 및 실시간 운영·활용 기술 개발
 - 클라우드 기반 IoT 플랫폼 모듈 개발 및 기존 시스템 자료의 플랫폼 연계 방안
 - 저수지 계측관리 시험시스템 개발, 구축 및 연계 모바일 App 개발
- 저수지 스마트 물관리 시험시스템 구축 및 적용성 평가

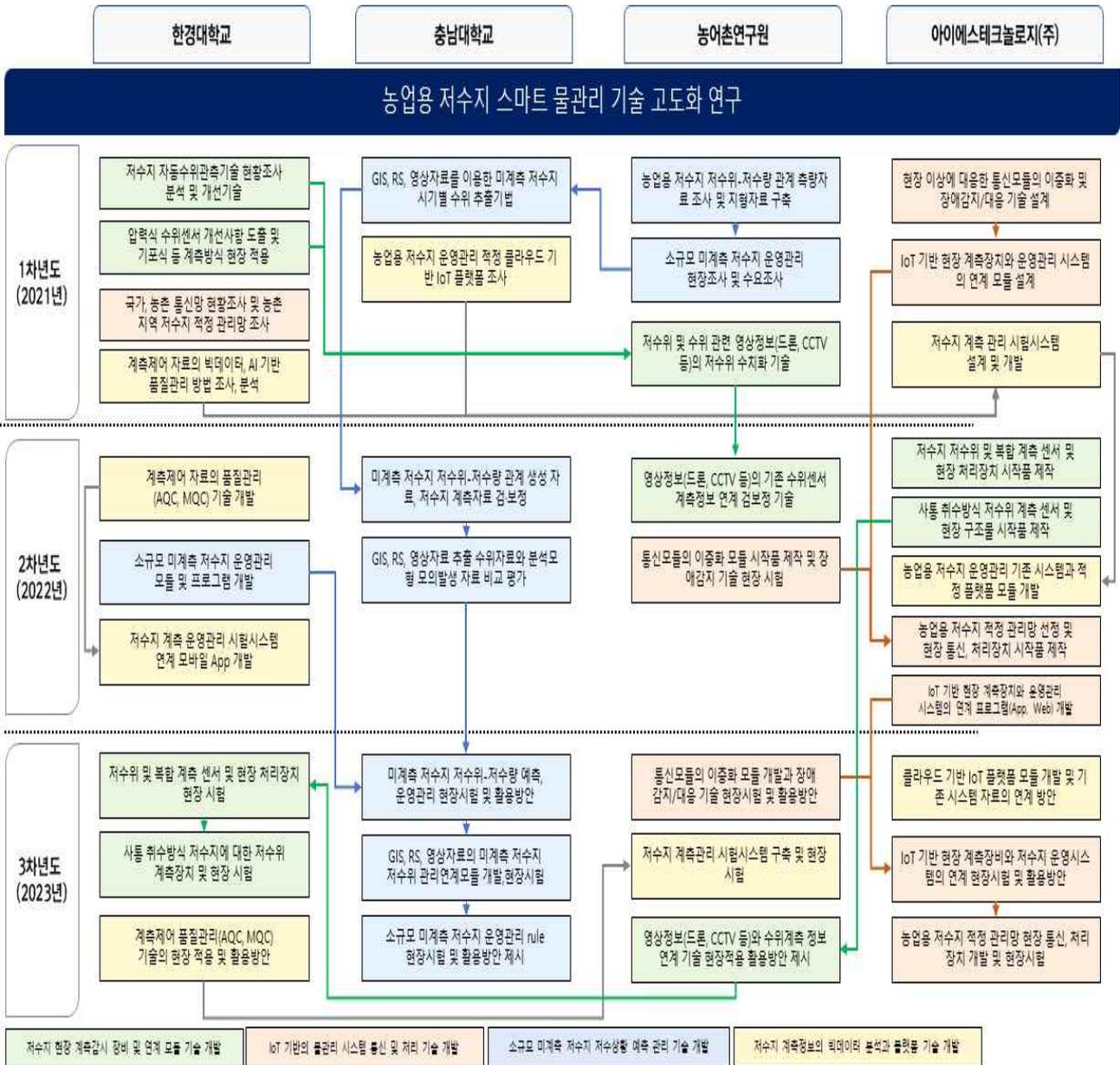
- 저수지 스마트 물관리 시험시스템의 현장 적용성 평가 및 활용방안 제시
- 농업용 저수지 스마트물관리 운영관리 지침(안) 작성 제시

2) 연구개발과제의 단계별 목표

- 농업용 저수지 스마트 물관리 기술 고도화 개발을 위하여 연구개발 초기인 1, 2차년에서는 관련 ICT 기술을 활용한 스마트 물관리 모듈 기술과, 시제품 개발을 수행하고, 2단계(3차년)에서는 테스트베트를 통한 적용성 분석, 평가와 고도화 기술의 실용화 방안을 제시함
- 1차년도 연구 목표 및 주요 내용
 - 국내 농업용 저수지 물관리 시스템을 고도화하기 위하여 ICT, 영상정보(드론, CCTV 등), 사물인터넷, 빅데이터, AI 등의 기술을 이용한 스마트 물관리 모듈 조사, 설계
 - 저수지 현장 계측감시 장비, 센서 및 연계모듈 기술 조사, 통신모듈 이중화 및 장애감지/대응 기술 설계
 - 소규모 미계측 저수지 자료 수집 및 기술 조사, 설계
 - GIS, RS, 영상정보의 기존 수위센서 계측정보 연계 기술 개발
 - IoT 기반 현장 계측장비 기술 설계
- 2차년도 연구 목표 및 주요 내용
 - 농업용 저수지 물관리 시스템을 고도화하기 위하여 ICT, 영상정보, 사물인터넷, 빅데이터, AI 기술을 이용한 스마트 물관리 모듈 기술 개발, 시제품 개발
 - 계측제어 정보의 빅데이터, AI 기반 자료 품질관리 기술 개발
 - 미계측 저수지 계측자료를 이용한 예측 저수위 검·보정 기술 개발
 - 사통 취수방식 저수지에 대한 저수위 계측센서 및 현장장비 기술 개발
- 3차년도 연구 목표 및 주요 내용
 - 연구성과 시제품의 테스트베드 성능시험 및 대·중규모 농업용 저수지 안전 강화, 소규모 미계측 저수지의 저수상황 예측정보 제공 방안 및 농업용저수지 스마트 물관리 운영관리 지침(안) 작성 제시
 - 클라우드 기반 IoT 플랫폼 모듈 개발 및 저수지 현장 처리장치, 연계 모듈 평가
 - 소규모 미계측 저수지 저수위-저수량 예측 관리 개발기술 현장 적용
 - 사물인터넷 기술을 활용한 시스템 통신 및 처리 개발기술 적용 평가
 - 저수지 현장 계측감시 장비, 센서 및 연계모듈 개발기술 적용 평가
- 연구 주요내용
 - 저수지 현장 계측감시 장비, 센서 및 연계모듈 기술 개발
 - 저수지 저수위, 강우기상 및 다항목 계측을 위한 현장처리장치 기술 개발
 - 사통 취수방식 저수지에 대한 저수위 계측센서 및 현장장비 기술 개발
 - GIS, RS, 영상정보의 기존 수위센서 계측정보 연계 기술 개발
 - 사물인터넷 기술을 활용한 시스템 통신 및 처리 기술 개발
 - 국가, 농촌 통신망 기준을 고려한 저수지 현장 통신, 처리장치 기술 고도화 개발
 - 이상기후와 장비 고장에 대응한 통신모듈의 이중화 및 장애감지/대응 기술 개발

- IoT 기반의 현장 계측장비와 저수지 운영시스템의 연계기술 개발
- 소규모 미계측 저수지 저수위/저수량 예측 관리 기술 개발
 - 미계측 저수지 저수위-저수량 관계 자료생성, 저수위 예측 및 계측자료와 검·보정
 - GIS, RS, 영상자료 기술을 이용한 미계측 저수지 내용적 추출 및 저수위 관리 연계
 - 소규모 미계측 저수지 운영관리 rule 기술 개발(사전 및 계획 방류량 예측, 운영)
- 저수지 계측정보에 대한 빅데이터 분석 및 실시간 운영·활용 기술 개발
 - 클라우드 기반 IoT 플랫폼 모듈 개발 및 기존 시스템 자료의 플랫폼 연계 방안
 - 저수지 계측관리 시험시스템 개발, 구축 및 연계 모바일 App 개발
 - 계측제어 정보의 빅데이터, AI기반 자료 품질관리(AQC, MQC) 기술 개발
- 저수지 스마트 물관리 시험시스템 구축 및 적용성 평가
 - 시험 대상지구 조사, 선정 및 기존 관련 장비, 시스템 분석
 - 시험지구에 대한 시험시스템 구축 및 시험운영을 통한 성능 조사, 분석
 - 저수지 스마트 물관리 시험시스템의 현장 적용성 평가 및 활용방안 제시
 - 농업용 저수지 스마트 물관리 운영관리 지침(안) 작성 제시

연구기관별 연구년도별 세부과제 수행 내용은 아래 도표와 같으며 각 기관간의 연계체계와 관계는 <그림 14> 연구과제의 단계별 목표 및 기관별 기술 개발에 도시함



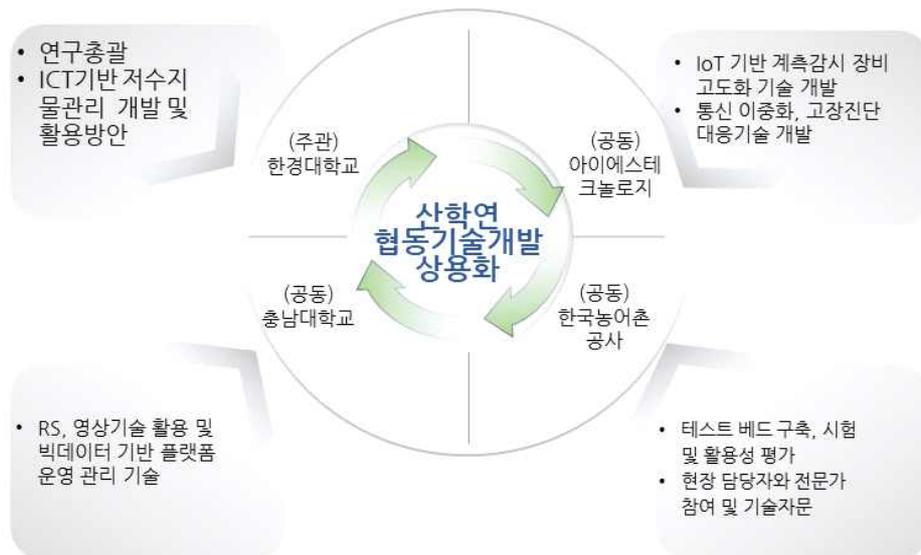
<그림 14> 연구과제의 단계별 목표 및 기관별 기술 개발내용

3) 연구개발과제의 추진전략 · 방법

○ 연구개발과제의 추진전략 · 방법

본 연구의 최종목표인 농업용 저수지 스마트 물관리 기술 고도화를 위하여 기존 개발된 자동수위관측 기술을 개선하는 ICT, 영상정보(드론, CCTV 등), 사물인터넷, 빅데이터, AI 등의 기술을 연구에 활용, 고도화 기술 개발하기 위하여 다음과 같이 추진 전략을 수립함

- **(지식재산권 확보 보호)** 기존 연구를 통해 본 연구팀이 보유하고 있는 지식재산권의 개선사항 검토와 연구개발 성과적용 이후 현장 활용, 사업화로 축적된 지식을 전문 특허 사무소와 분석을 통하여 연구개발 초기인 1차년도와 2차년도에 특허(2건)를 출원하여 지식재산권을 조기에 확보하고 특허등록후 주관기관과 참여업체의 기술이전을 통한 참여업체의 신속한 제품생산, 사업화를 추진하고 동시에 농림축산식품부의 신기술인증 신청과 승인을 통하여 현장 활용 추진
- **(산학공동연구)** 농업용 저수지 자동수위관측기술 개발 기존 연구 주관책임자와 관계·배수 관련 전공자 및 경험을 보유한 한경대학교 및 충남대학교 연구팀과 자동수위관측기를 개발, 제작한 ICT 기술 기반의 중소기업인 참여업체 그리고 국내 농어촌 관련사업 수행 공공기관인 한국농어촌공사가 전문분야별로 참여하여 유기적으로 기술개발과 적용·개선을 체계적으로 추진하여 연구목표를 달성하고자 함
- **(전문가 활용)** 전문가, 일선 물·시설관리자 등이 참여하는 연구협의회 운영을 통한 현장 실용화 연구로 추진하며 대학교, 연구기관, 전문기업의 전문가는 물론이고 해당분야 전문가와 일선 현장의 물관리 담당자(지자체, 한국농어촌공사와 산업계)로 구성된 자문단을 구성, 운영하여 효율적이고 현장 실용적인 연구로 진행하고 연구제품의 현장시공, 운영 및 실용화를 위한 홍보 노력으로는 설계, 개발되어 제품화된 장치를 성능실험을 통하여 보완하고, 테스트베드에 적용하여 현장에 효과적으로 활용될 수 있는 기술 개발 추진
- **(관련 기관 협력)** 본 연구의 개발과 성과활용을 위하여 농업용 저수지 관리 담당기관인 시군 지자체와 한국농어촌공사 지사의 실질적인 의견청취 및 참여를 통한 사용자 요구를 적극 반영하는 기술 개발과 농림축산식품부, 도청 담당부서와 연구팀의 연구회의를 통하여 정책추진에 부합하는 연구개발과 실용화 추진



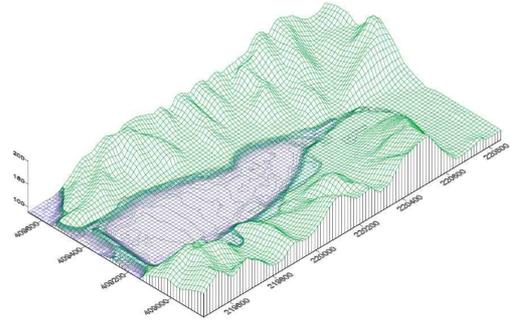
<그림 15> 연구개발을 위한 산학연 협동연구 구성도

○ 테스트베드 구축 운영 방안

- 본 연구의 성과는 기 구축된 1,765개소의 농업용 저수지 자동수위관측시스템을 개선, 적용하는 한편, 계획기 미설치 저수지에 신규 설치하는 방식으로 현장 적용될 것으로 기대되므로 한국농어촌공사 농어촌연구원의 테스트베드(경기도 이동저수지 지구)에 테스트베드를 구축하여 기 설치되어 있는 자동수위관측시스템과 신규 개발성과를 비교, 평가, 분석하고 개발 시스템의 안정성, 알고리즘의 안정성 및 실제 저수지에 활용하여 적용성을 검증하여 최적의 연구결과 및 성과품을 개발할 필요가 있음
- 본 연구에서는 연구의 착수년도부터 기 보유하고 있는 테스트베드에서의 현장조사와 시험을 실시하고 다양한 조건에 대한 시뮬레이션 및 적용성을 평가하고자 하며 농업용 저수지 저수상황의 체계적 관리 저수지 2개소(중대규모 저수지, 소규모 저수지 각 1개소) 이상을 선정할 계획임
- 소규모 계획기 미설치 저수지의 저수위 모의발생 및 검보정을 통한 저수상황 예측 기술 개발과 적용을 위하여 테스트베드 인근 미계획 저수지에 대한 저수지 제원, 저수위, 용수공급 정보 등 관련 자료조사와 GIS, RS 자료 및 영상자료(드론, CCTV 등)를 수집하고 분석하도록 함



<그림 16> 테스트베드 구성도(농어촌공사 농어촌연구원 이동지구)



<그림 17> 테스트베드 강우 계측기 및 저수

4) 연구개발과제의 내용

(1) IoT 기반 현장 계측장비 기술설계 (1차년도)

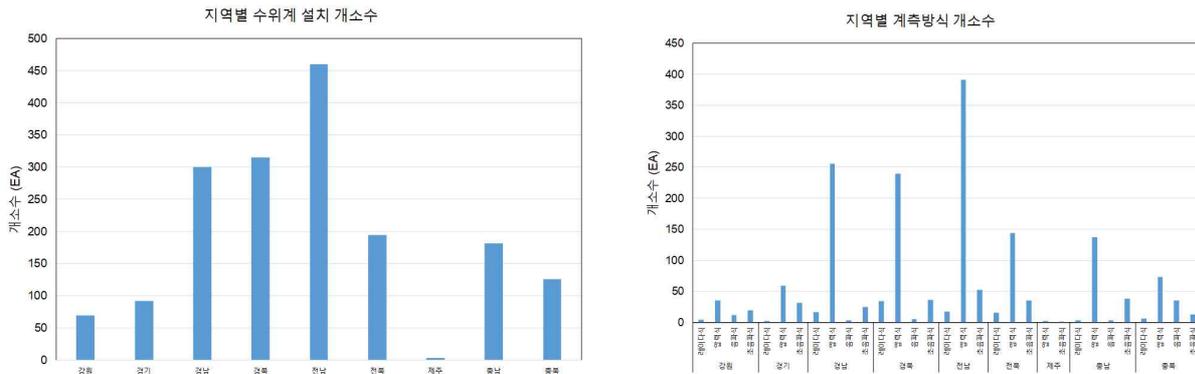
- 환경대학교, 한국농어촌공사 : 저수지 계측 수요조사 및 개발 시제품 현장 평가, 분석 기상강우, 다항목 센서 적용 조사 및 평가
- 아이에스테크놀로지(주) : 현장 계측센서, 처리장치 기술 개발 및 시제품 제작, 시험

1). 농업용 저수지 관측 및 통신 현황 조사 분석

- 국내 농업용 저수지는 전국에 17,240개소가 설치되어 농업용수 공급의 이수기능과 홍수 시 저류를 통한 하류지역 피해저감 등의 치수 기능을 담당하고 있는 주요 수리시설로서 저수지 관리는 한국농어촌공사(3,411개소)와 지자체(13,829개소)에 의해 유지, 운영되고 있음
- 과거 인력목측에 의한 저수위 관리를 농림기술개발연구(2004년)로 자동수위관측기가 개발되어 2020년 현재, 전국 농업용 저수지 1,741개소에 설치되어 저수위를 자동계측, 물관리에 활용되고 있으며 도별, 형태별 설치 운영 현황은 표와 그림과 같음
- 농업용 저수지 자동수위관측기 설치와 운영은 저수지 관리기관인 한국농어촌공사와 지자체가 담당하고 있으며 농림축산식품부 기준에 의해 10만톤 이상(설치대상) 저수지 1,649개소와 유지관리상 필요한 10만톤 미만 저수지 92개소에 설치 운영에 있으며 지자체의 경우, 경상북도는 3만톤 이상 저수지를 설치대상으로 설치 운영을 계획하고 있음
- 지자체(경산시청)의 경우, 관내 290개소 농업용 저수지에 대하여 3만톤이상 저수지 84개소(29%)를 설치 대상으로 계획하여 현재 53개소(18%)에 설치 운영중에 있으며 농림축산식품부의 10만톤 설치대상에 대해 최근의 기후변화와 재해대응을 위하여 3만톤 이상 저수지를 대상으로 설치운영을 계획 시행중에 있음
- 자동수위계의 설치형식은 농업용 저수지 형식에 따라 취수탑형일 경우에는 레이더식과 초음파식 수위계를 주로 설치하고 있으며 사통형 저수지에는 압력식 수위계를 설치하고 있음
- 농업용 저수지의 주된 형식이 사통식 취수구조물이므로 자동수위계도 압력식 수위계가 1,335개소 설치되어 있어 이는 전체 1,741개소중 76.7%에 해당하는 자동수위계 형식을 보이고 있음

<표 1> 농업용 저수지 설치 운영 현황

계	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	비고
1,741	93	69	126	181	194	460	315	300	3	



<그림 18> 자동수위계 설치 현황

- 국내 농업용 저수지의 자동수위계는 압력식 1,336개소(76.79%), 초음파식 250개소(14.36%), 레이다식 97개소(5.57%) 그리고 음파식 57개소(3.27%)의 4가지 형식이 설치 운영되고 있음

<표 2> 전국 자동수위계 설치 현황

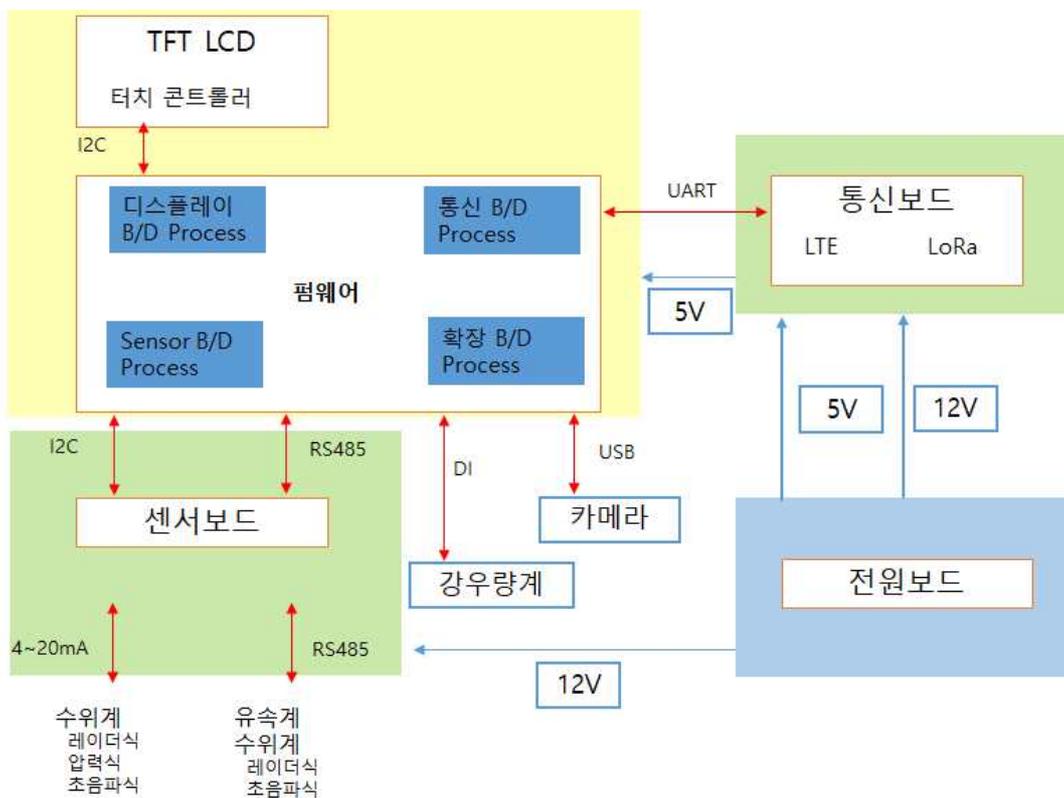
지역	유역면적(ha)	수혜면적(ha)	취수 유형	개소수	계측방식	개소수	비고
경기도	84,471.9	25,141.83	-	1	레이다식	2	
			기타	3	압력식	59	
			사통형	53	초음파식	32	
			취수탑형	36	합계	93	
			합계	93			
강원도	88,261	12,500.3	-	2	레이다식	4	
			사통형	41	압력식	35	
			취수탑형	26	음파식	11	
			합계	69	초음파식	19	
					합계	69	
충청남도	171,105.7	51,536.6	-	3	레이다식	3	
			기타	5	압력식	137	
			사통형	139	음파식	3	
			취수탑형	34	초음파식	38	
			합계	181	합계	181	
충청북도	96,134.2	25,297	-	3	레이다식	6	
			사통형	107	압력식	73	
			취수탑형	16	음파식	35	
			합계	126	초음파식	12	
					합계	126	
전라남도	226,451.1	85,098.09	-	9	레이다식	17	
			기타	1	압력식	391	
			사통형	400	초음파식	52	
			취수탑형	50	합계	460	
			합계	460			
전라북도	155,176.9	63,918.6	-	8	레이다식	15	
			기타	2	압력식	144	
			사통형	145	초음파식	35	
			취수탑형	39	합계	194	
			합계	194			
경상남도	142,348.9	36,897.77	-	12	레이다식	16	
			기타	5	압력식	256	
			사통형	243	음파식	3	
			취수탑형	40	초음파식	25	
			합계	300	합계	300	
경상북도	290,917.4	46,247.93	-	27	레이다식	34	
			사통형	254	압력식	240	
			취수탑형	34	음파식	5	
					초음파식	36	
			합계	315	합계	315	
제주도	1,878.7	100	-	1	압력식	2	
			사통형	2	초음파식	1	
			합계	3	합계	3	
합계	1,256,746	346,738.1	-	66	레이다식	97	
			기타	16	압력식	1337	
			사통형	1384	음파식	57	
			취수탑형	275	초음파식	250	
			합계	1741	합계	1741	

2) 저수지 계측 관리 시험시스템 설계 개발

가. 전체 구조

○ 기능별로 구분하여 총 4개의 보드로 구성되어 있으며, 모든 보드의 제어는 Linux OS를 탑재한 메인보드에서 관리

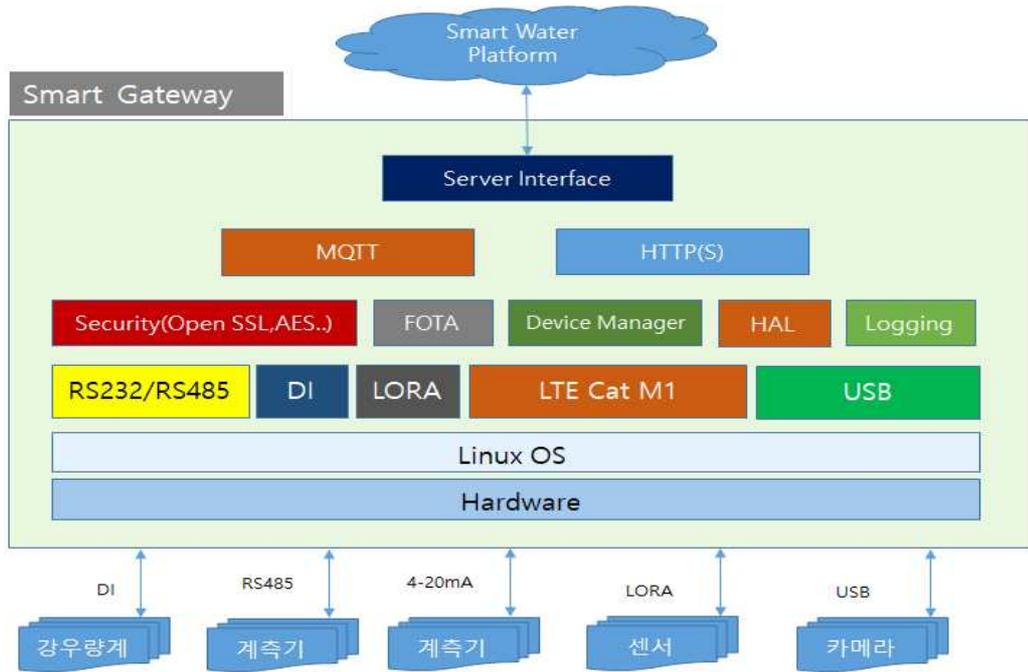
- 메인보드 : TFT Touch LCD를 가지고 있으며, 각각의 보드를 제어
- Main Chipset은 Microchip사의 SAMA5D27 을 사용하였고, 저전력칩셋이며 파워관리를 위해 리눅스 파워 매니지먼트를 사용
- 통신보드 : 두 개의 LTE Cat.M1 칩셋과 LoRa 모듈이 탑재되어 있다. LTE 의 경우 통신모듈의 이중화를 위해 서로 다른 통신사로 진행하였다. LoRa 모듈의 경우 LoRa Gateway의 역할을 하며, 센서에 붙어있는 LoRa End Device와 통신
- 센서보드 : 수위계와 유속계 및 기타 센서입력을 받기 위한 보드이다. 별도의 컨트롤러 없이 메인보드에서 제어
- 전원보드 : 솔라와 배터리를 통하여 전원을 공급하며, 센서전원을 위한 12V/24V와 기타 필요한 전원을 공급



<그림 19> 계측기 전체구조도

나. 장치 소프트웨어 구성

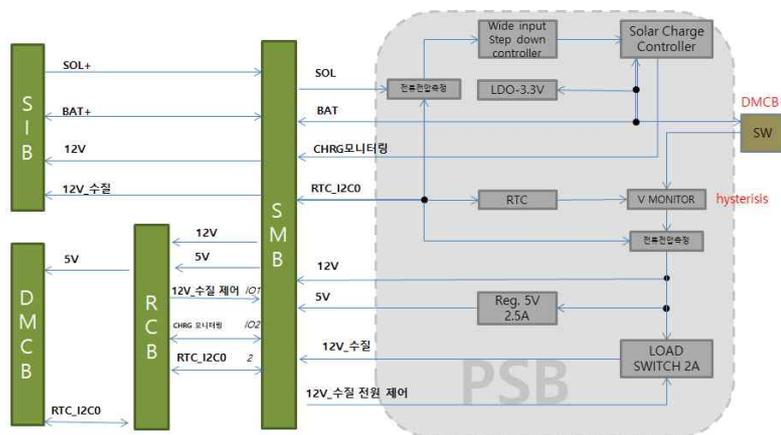
- 산업계에서 많이 사용되고 있는 Linux Platform을 적용하였으며, 모든 소스는 Open Source기반으로 작성되었다. 모듈화 및 계층화된 구조로 새로운 디바이스 탑재시, 쉽게 적용이 가능하며 유지보수도 일반 임베디드 시스템에 비해서 쉽게 구성



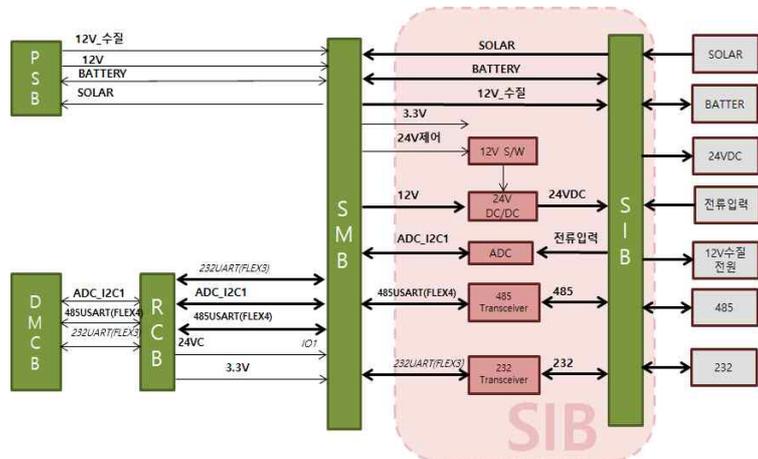
<그림 20> 소프트웨어 계층도

다. 하드웨어 개발

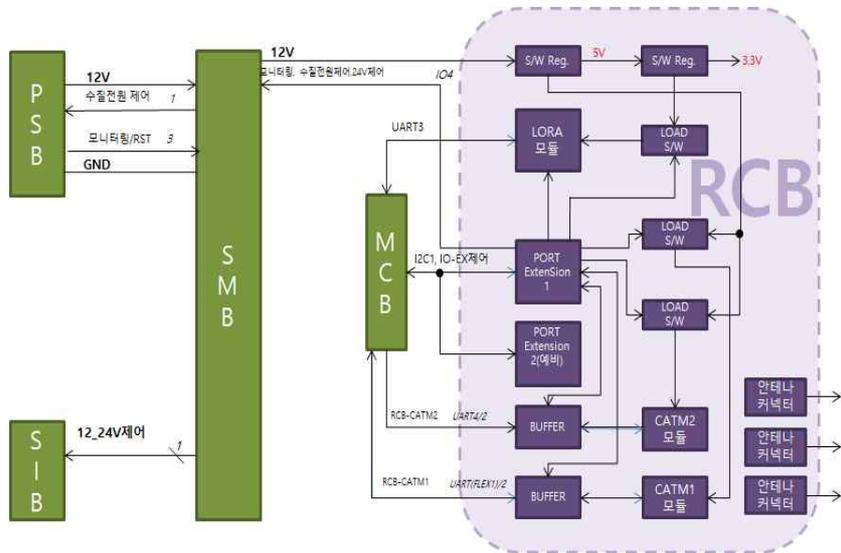
- 계측장비의 보드는 기능별로 모듈화 했으며, 일부 보드가 고장 나더라도 전체를 교체하지 않고 해당 보드만 교체가 가능하도록 설계하였다. 아래는 실제로 개발된 보드의 사진



<그림 21> 전원보드

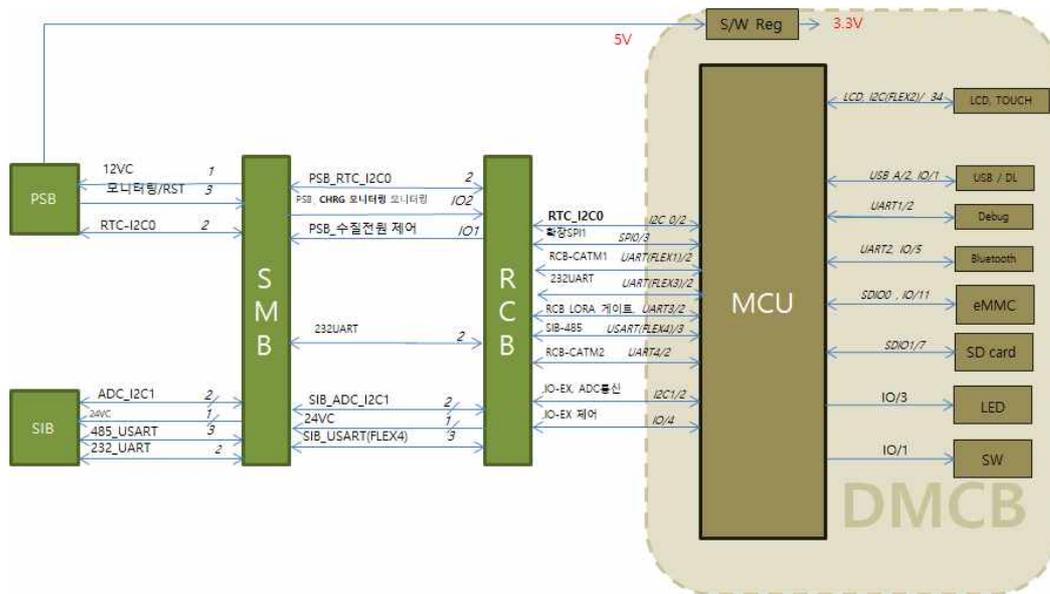
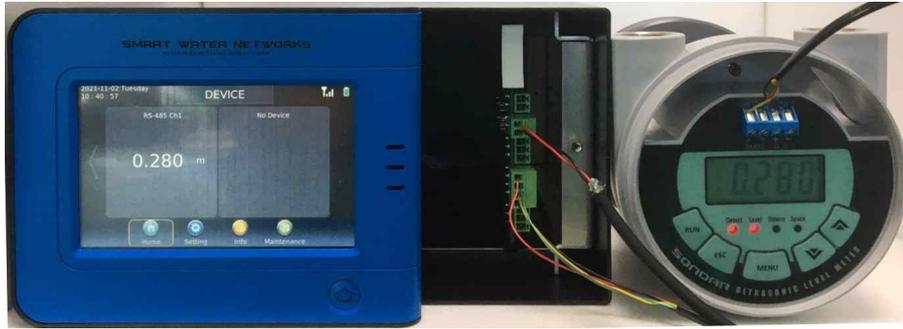


<그림 22> 센서보드



<그림 23> 통신보드

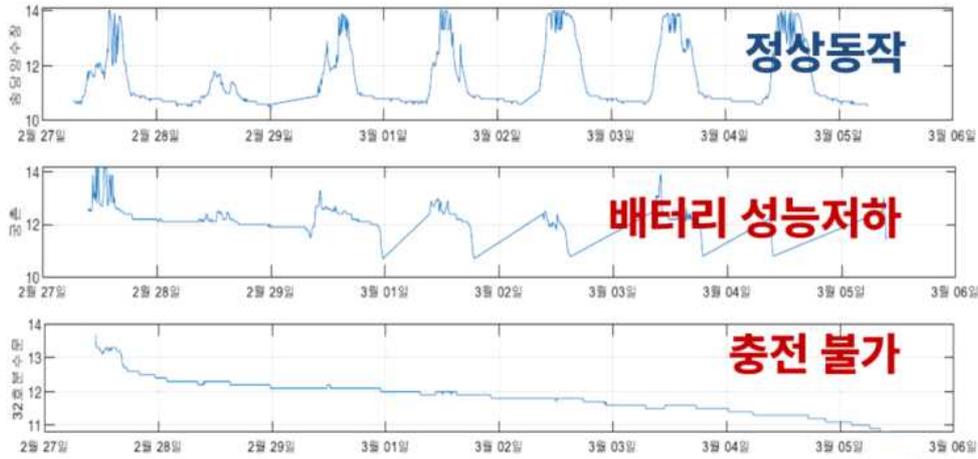
- 전체를 관리하는 메인보드의 경우 아래와 같이 구성되어 있으며, Color TFT LCD에 터치 기능을 활용하여 버튼을 최소화 하여 사용하기 쉽도록 구성
- 장비의 고도화 기술 개발과 함께 센서와 시스템 등에 대한 장기 성능 검증이 필요 한데, 본 연구과제 수행 3개년중 2차년도 부터 현장에 설치하여 시험운명을 실시하였으나 연구 개발 이후, 현장 적용시 유지관리지침에 의한 장비의 적정 작동을 보장하도록하여야 하며 한국농어촌공사의 수리시험장, 건설기술연구원 등의 수리장비 시험기관을 통해서 검증을 실시하는 것을 고려할 필요가 있음



<그림 24> 메인보드

3) 현상이상에 대응한 통신모듈의 이중화 및 장애감지/대응 기술 설계

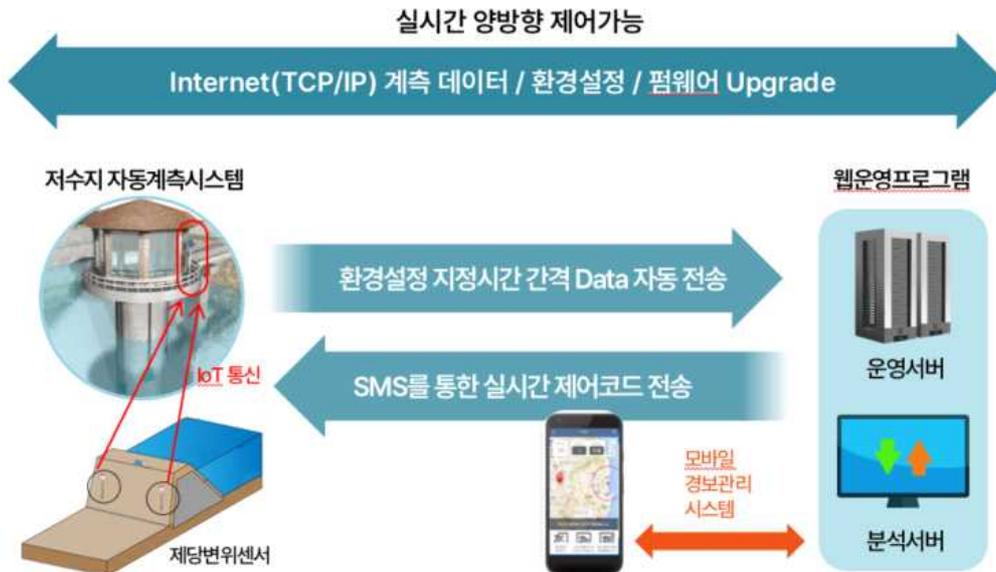
- 가. 충전/소모 전력 모니터링을 통한 최적 관리 정보제공
 - 현장 여건을 고려한 충전/소모 전류 현황 모니터링 기능 제공
 - 빅데이터 기반 전원동작 패턴 분류 및 사전 경보 전송 제공
 - SMS를 통한 경보 문자 발송



<그림 25> 충전/소모 전력 모니터링

나. 스마트센서 및 확장 게이트웨이 동작 감시/제어

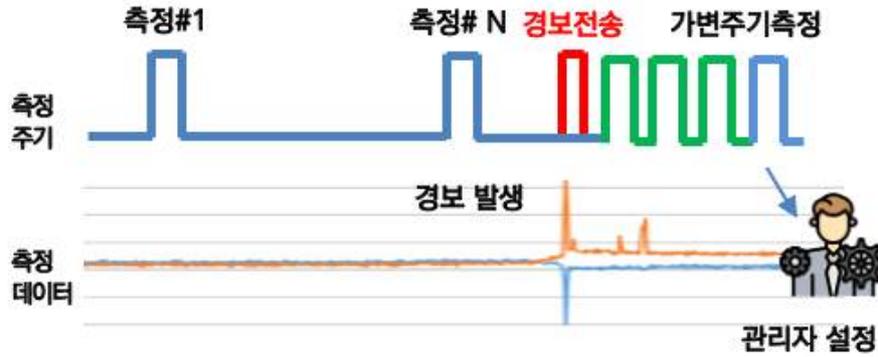
- SMS를 통한 양방향 자료조회 및 게이트웨이 제어
- 모바일 경고 전송 및 확장형 게이트웨이 자료 조회



<그림 26> 실시간 양방향제어

다. 재해발생시 자동/수동 가변 전송/경보 전송

- 일정한 간격 데이터 저장 기능 수행
- 특정값 이상 발생시 경고 전송
- 전송주기 자동 가변(경보상황 저장/메타데이터)
- 상황 종료시 사용자 설정에 의한 측정 복귀
- 재난발생시 전송주기 최대 1분으로 전송



<그림 27> 가변주기 설정

라. 데이터 유실방지 재전송

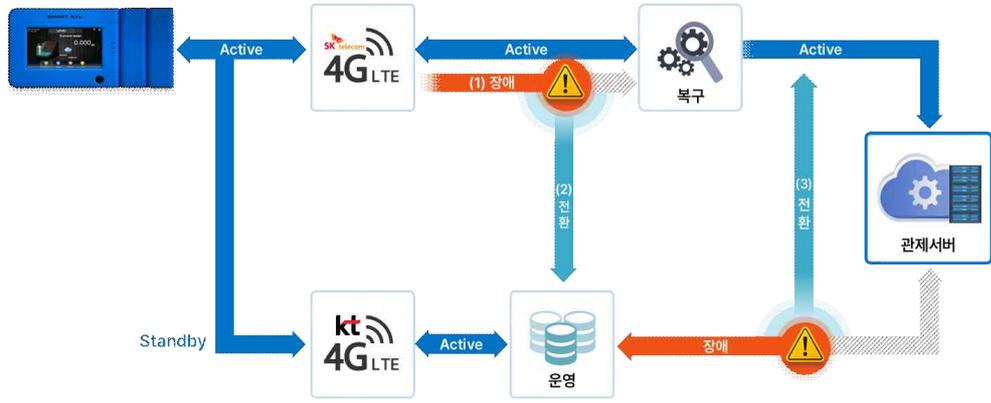
- 확장게이트웨이는 정해진 프로토콜로 데이터 전송하고 수집서버에서 확장게이트웨이 데이터를 수집
- 데이터 수집서버에서 응답이 안오면 장치 내부에 미전송 데이터 저장하고, 다음 전송주기에 별도로 전송
- 장치 내부 메모리와 SD 카드에 중복저장



<그림 28> 데이터 유실방지 알고리즘

라. LTE Cat M1 이중화를 통한 장애대응

- 아래의 그림은 장애 발생시 효과적으로 대처하기 위한 프로시저
- 정상적으로 동작하다가 장애가 발생하여 통신실패가 된다면, 즉시 두번째 LTE를 Active 모드로 변경하여 통신
- 두 번째 LTE가 동작중 또다시 장애가 발생하면, 다시 첫 번째 LTE의 상태를 점검한후 정상적으로 복구되었다면 바뀌어 통신
- 장애 발생여부는 다음과 같이 판단
- 전송 Retry Count가 최대치에 도달하여 전송실패한 경우
- Active 상태의 LTE 모듈의 RSRP값이 기준치에 미달하여 통신이 불안하다고 판단될 경우



<그림 29> 장애시 통신이중화 방법

(2) 사통 취수방식 저수지에 대한 저수위 계측센서 및 현장장비 기술 개발 (2차년도)

1) 저수지 저수위 및 복합 계측 센서 및 현장 처리장치 시작품 제작

가. 특징

- 태양광(60W)패널을 적용하여 친환경적이며 외부 상용 표준전원이 없는 환경에 적용가능하여 설치가 용이함
- 리튬인산철배터리를 적용하여 친환경적이며 운용 온도 특성, 배터리의 충방전효율이 우수하고 수명이 길어 유지보수를 최소화함
- Cat.M1 무선통신을 적용하고 이중화하여 안정적인 통신 환경을 제공함
- 외부 RS485, DI, RS232, AI(4~20mA) 의 포트를 제공하여 다양한 센서를 활용할 수 있는 환경을 제공함
- 자체 과충전, 과방전방지회로를 적용하고전원 모니터링 기능을 제공함으로 효율적인 배터리의 관리가 가능함
- 800(RGB) x 480, 5인치 TFT 터치 LCD 를 적용하여 유저에게 높은 시인성을제공하고 조작이 편리함
- 자체 data logging 기능이 있어 현장에서 필요시 데이터를 추출하여 활용 가능함
- 핸드폰으로 SMS 조회가 가능하여 편리성을 높임
- 시간기능(내장 RTC, 시간 동기화, GMT) 이 있어 저수지 상황을 실시간 파악이 가능하고 각종 알림 기능(수위, 통신, 전원 등)수행이 가능하여 관리의 편리성을 높임
- 카메라 기능 구현으로 현장의 수위표를 촬영하여 서버로 보내서 수위값 판독이 가능함

<표 3> 계측기 규격

구 분		스펙 및 제공 기능	
사용 온도		-20°C ~ 50°C	
저장 온도		-30°C ~ 60°C	
Display		800(RGB) X 480 5인치 TFT LCD	
내장 보드		SIB, RCB, DMCB, PSB, SMB	
크기		Enclosure : 238.2x125.8x210mm	
소비 전력		12V, 180mA	
전원 연결		LFP Battery 12V 60Ah, Solar Pannel 60W	
입력	AI	1	4~20mA(12V/24V 0.125A)
	DI	2	강우량, 기타
인터페이스	RS-485	1	압력 수위 센서(12V 1A)
	SD카드	1	소프트웨어 업그레이드, LOG DATA저장 (관리자포트)
	USB	1	CAMERA
통신	IoT	2	LTE Cat.M1 통신 네트워크(이중화)
관리기능	관리	원격조정, 데이터로깅, 설정값 세팅	
	상태	출력전압/전류, 솔라전압/전류, 통신감도	
	지원	SMS	

나. 제품외형

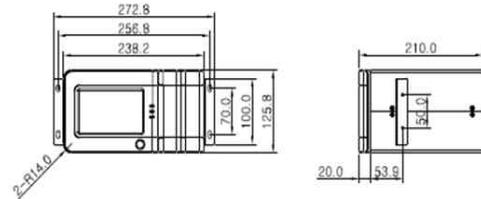
- 계측기 본체와 별도의 합체를 만들어 렉 형태로 설치할 수 있도록 구성함



솔라패널및 합체



계측기본체

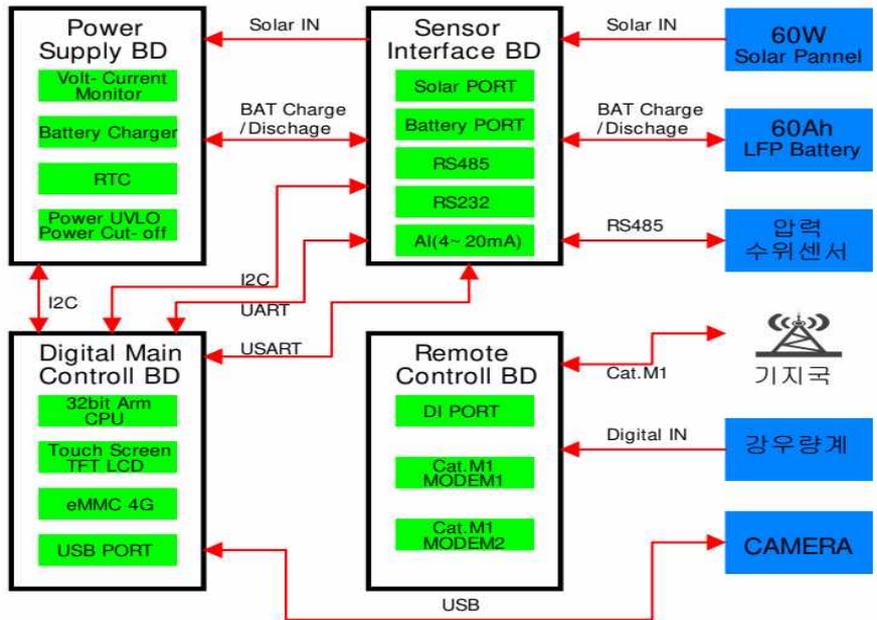


치수

<그림 30> 제품 외형

다. 제품구성도

- 4개의 독립된 보드로 구성하였고, 어느 한쪽이 고장이 나더라도 계측기 전체를 바꾸는 방법이 아니라 고장난 보드만 교체 할 수 있도록 개발함
- 이는 농림축산식품부의 저수지 자동수위측정기 설치 및 운영지침(2022.1)의 수위측정기 요구 사항인 “측정, 전원, 통신등 기능별로 모듈화되어 문제 발생시 해당 모듈만 교체하는 방식으로 유지보수가 가능하도록 하고...”에 부합하도록 개발함



<그림 31> 내부 I/O 구성도

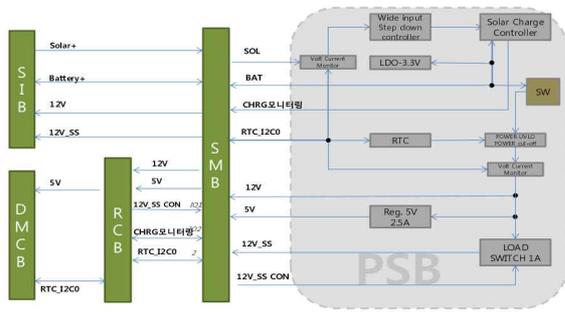
라. H/W 주요설계 항목

○ PSB(Power Supply Board)

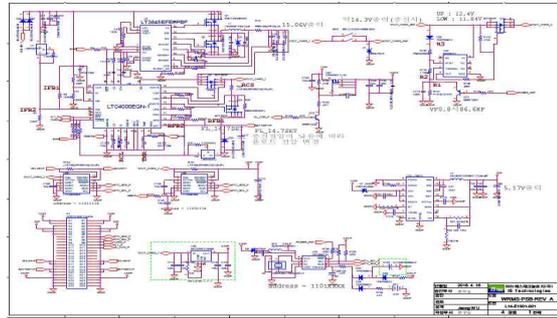
- 솔라입력 전압 및 소모전류 모니터링 기능 제공
- MAIN 12V 출력전압 및 소모전류 모니터링 기능 제공
- MAIN 12V POWER UVLO(Under Voltage Lock Out) 및 POWER Cut-off 기능제공
- 외부 센서(12V 1A이하)에 FET스위치를 적용하여 외부센서 ON/OFF제어 가능하며 Sleep 시 Off하여 저전력설계 구현

<표 4> PSB 사양

구분	규격
태양광 패널	60W
배터리	12.8V 60Ah
태양광 입력전류	2A이하/ 배터리 부하 연결시 감소 부하 및 태양광 입력전류 상태에 따라 변동
충전 방식	태양광 충전방식, 과충전 방지기능 포함/ BMS조정
주요 기능	저전압 차단 기능 : Disconnect 11.84V /Reconnect 12.4V 과충전 방지 기능 : Constant Voltage 14.6V
시스템 공급 전원	DC12V, DC5V, DC3.3V
외부 공급 전원	DC24.8V/BAT 12.8Vch (태양광, 배터리)



PSB 블록다이아그램



PSB 회로도

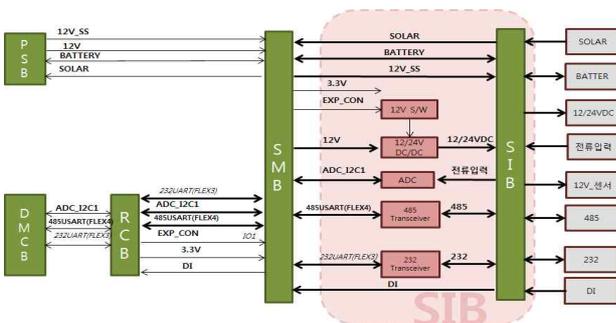
<그림 32> 블록다이아그램 및 회로도

○ SIB(Sensor Interface Board)

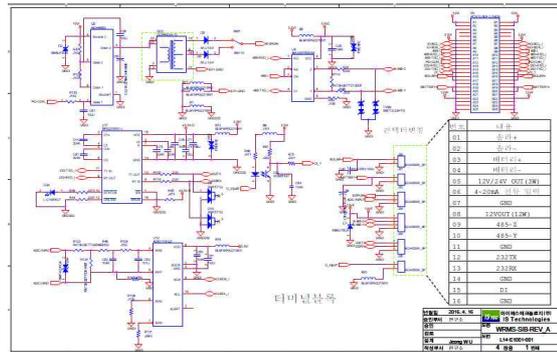
- 4~20mA INPUT 1CH 기능(Analog Digital Converter) 제공
- 외부센서 전류센서(12VDC/24VDC 0.125A)의 구동전압에 따라 12VDC와 24VDC를 선택 가능한 수동 스위치와 전원제어용 FET 스위치를 적용하여 Sleep시 외부센서를 Off하여 저전력 설계구현
- 외부 센서 연결용 RS485 기능(MODBUS 지원) 제공
- 외부 센서 연결용RS232 기능 제공
- Digital Input 1채널을 이용하여 강우량계 데이터를 입력 받음

<표 5> SIB 사양

구분	규격
외부 인터페이스	1. 태양광 입력 1ch - 24.8VDC 60W 2. 배터리 입출력 1ch - 12.8VDC 60Ah 3. 전류입력(4~20mA) 1ch 4. RS485 1ch - 외부 센서용 12VDC 1A 전원 공급 기능 5. RS232 1ch 6. DI 입력 1ch



SIB 블록다이아그램



SIB 회로도

<그림 33> 블록다이아그램 및 회로도

<표 6> SIB 단자대

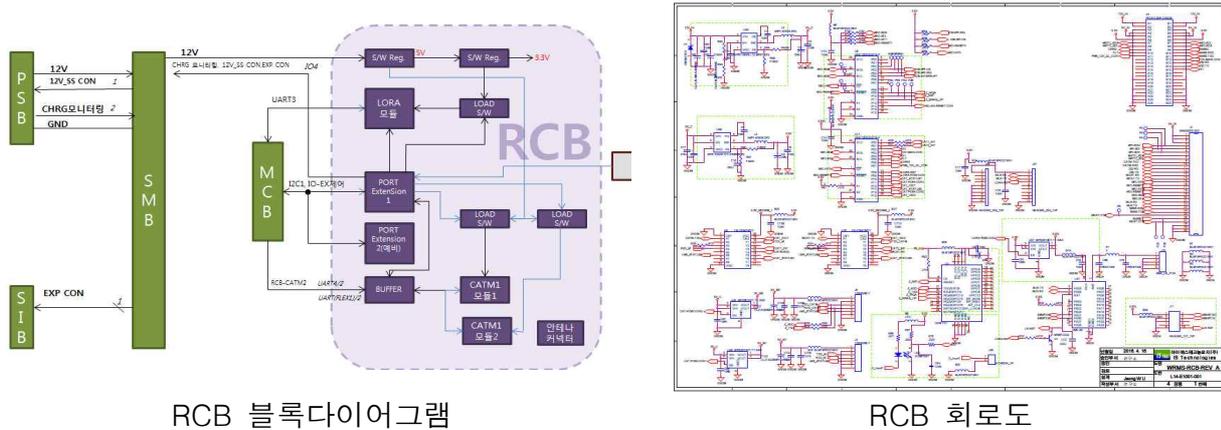
단자명	용도	커넥터
SOL	60W 태양광 패널 입력단자	2핀 터미널 블록
BAT	60Ah LFP BATTERY 충방전단자	2핀 터미널 블록
AI	외부센서 12V/ 24V 0.125A 전원 공급 4~20mA 입력단자	3핀 터미널 블록
RS485	외부센서 12V 1A 전원 공급 및 RS485 통신단자	4핀 터미널 블록
RS232	외부센서 RS232 통신단자	3핀 터미널 블록
DI	외부센서 - 도어 입력단자	2핀 터미널 블록

○ RCB(Radio Control Board)

- LTE Cat.M1 모듈 이중화 적용
- 전원제어용 FET 스위치를 적용하여 SLEEP시 LTE Cat.M1 모듈을 OFF 하여 저전력 설계 구현
- Digital Input 1채널을 이용하여 함체 도어 상태를 입력받음

<표 7> RCB 사양

구 분	규 격
무선 통신	1. LTE Cat.M1 - 소모 전류 : IDLE 35~38mA, Max. 400mA이하 2. LORA 자가망 - 개발중 3. DI 입력 1ch(옵선) - 강우량계



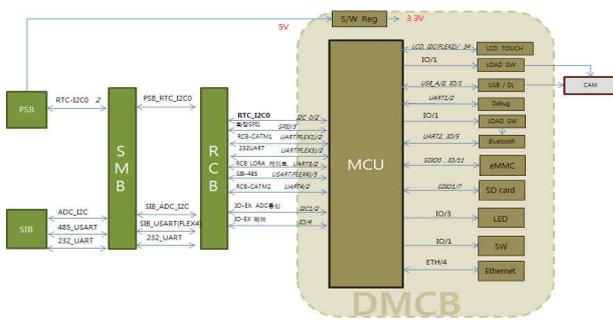
<그림 34> 블록다이아그램 및 회로도

○ DMCB(Digital Main Control Board)

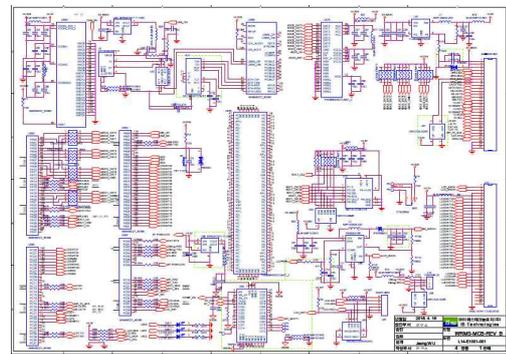
- 32Bit Arm cortex-M0 CPU 적용
- HOME KEY 1EA 제공
- Touch Screen TFT 5" LCD 적용(800 X 480)
- LCD Backlight 제어회로를 적용하여 SLEEP시 LCD Backlight를 OFF하여 저전력 설계구현
- 전원제어용 FET스위치를 적용하여 SLEEP시 USB Camera를 OFF하여 저전력 설계구현

<표 8> DMCB 사양

구분	규격
CPU	32bit Microprocessor
Memory	eMMC 4GB
인터페이스	Micro SD Card 1Port 소프트웨어 업그레이드, Log DATA저장
	Micro USB 1Port F/W 다운로드(관리자포트)
소모 전류	Sleep : TBD Normal : 180mA
Display	800x480 5인치 TFT 터치 LCD 3 LEDs (RED 1EA, GREEN 2EA)
KEY	Home Key 1EA



DMCB 블록다이아그램



DMCB 회로도

<그림 35> 블록다이아그램 및 회로도

○ 태양광패널 적용



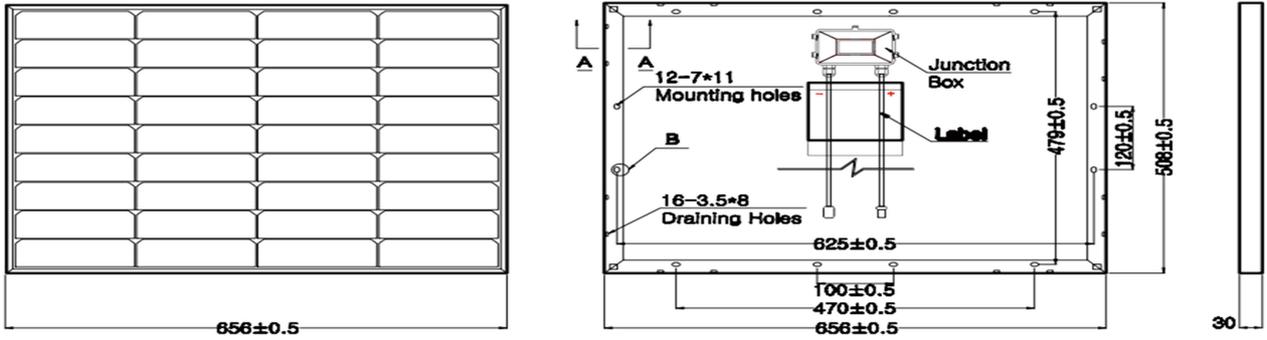
설치사진

전기적사항	SCM 60W
최대출력 Maximum Power (Pmax)	60W
최대전압 Voltage at Pmax (Vmp)	18.5V
최대전류 Current at Pmax (Imp)	3.33A
개방전압 Open-Circuit Voltage (Voc)	21.8V
단락전류 Short-Circuit Current (Isc)	3.50A
온도에 따른 전압 Temperature coefficient of Voc	-176.6mV/c
온도에 따른 전류 Temperature coefficient of Isc	3.5mA/c
온도에 따른 출력 Temperature coefficient of Power	-0.38/c
작동온도 Operating Temperature	-40c~85c
최대 시스템 전압 Maximum Sysytem Volatage	600V DC
허용범위 Power Tolerance	+5/-0%

모든 데이터는 STP(Standard Test Conditions)에서 측정하였습니다.
(Irradiance of 1000W/m², AM 1.5, 온도 25℃)

전기적 사양

<그림 36> 태양광 패널 적용



<그림 37> 치수

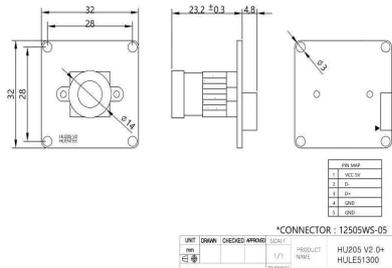
- 기존 40W 의 태양광 패널을 대체하여 보다 안정적인 충방전을 통한 전원관리를 위하여 60W 태양광 패널을 채택함

○ 카메라 적용

- 기존에 사용되던 PTZ(팬/틸트/줌) 네트워크 카메라의 경우 전류소모 및 잦은 고장으로 실제 적용시 많은 문제를 일으켜 유지보수에 애로점이 많음
- 본 과제에서는 이를 개선하고자 별도의 전원이 필요없는 USB카메라를 연결하는 방식을 구현함
- 기존 카메라와 같은 PTZ 기능은 불가능 하지만, 특정위치의 위표를 찍어서 주기적으로 전송이 가능하도록 구현하였으며, 설치와 유지보수가 매우 용이함



카메라 모듈



규격



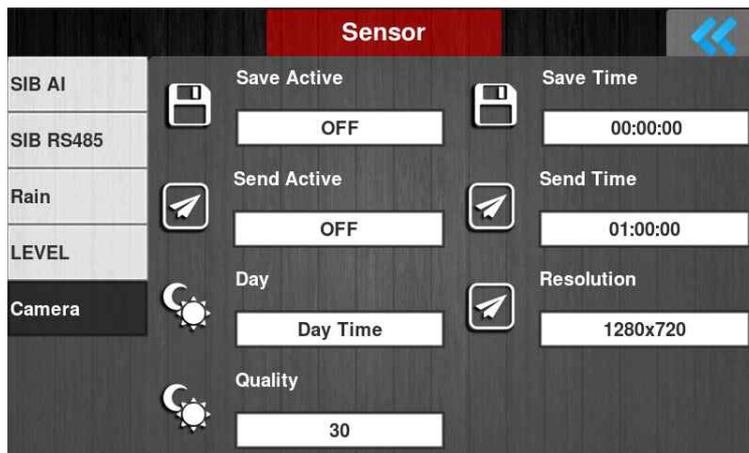
현장설치 사진

<그림 38> 카메라 적용

<표 9> 카메라 사양

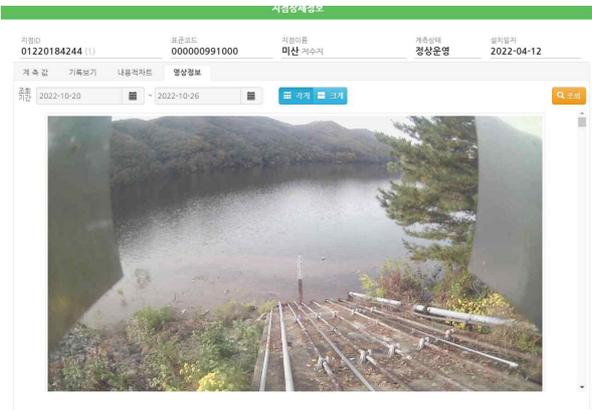
구분	스펙 및 제공 기능
크기	32 x 32 x 28
RESOLUTION	1920 x 1080
Image Sensor	1/2.7
Sensor	OV2710
Max. Image Transfer Rate	30FPS@FHD
OUTPUT Format Support	YUV MJPG
Focus	FIX
AEC/AGC/White Balance	AUTO
Interface	USB 2.0
Operating Temperature (Operation)	-30°C~70°C
Temperature (Stable Image)	0°C~50°C
Power Consumption	210mA@5V
Standby/Operating	
OS	Windows, Mac,
	Linux, Android etc

- 카메라 설정은 다음과 같이 설정 메뉴에서 가능함

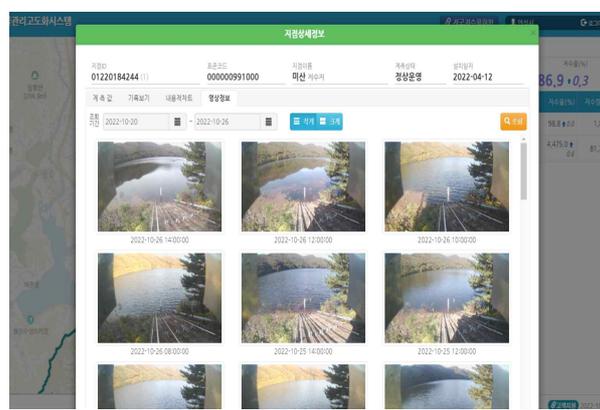


<그림 39> 카메라 설정화면

- 최대 1920x1080의 사진을 저장 및 전송하도록 설계되어 있음
- 수위표를 주기적으로 찍어서 서버로 전송하도록 설계되어 있음
- 서버로 전송된 사진은 아래와 같이 수집서버내의 “영상정보” 탭에서 확인이 가능함



<그림 40> 저장된 사진 리스트



<그림 41> 사진 확대 화면

○ 강우센서 적용

- 센서설정에서 강우량 활성화와 펄스당 강우의 설정을 통하여 강우량을 측정하도록 설계함
- 강우량은 펄스 카운트에 의해서 누적되어 측정됩니다. 측정된 강우량은 일정한 주기로 저장되고 저장시 저장한 양만큼 차감되서 주기당 강우량을 측정할 수 있도록 하였음



강우 설정 화면



규격



현장설치 사진

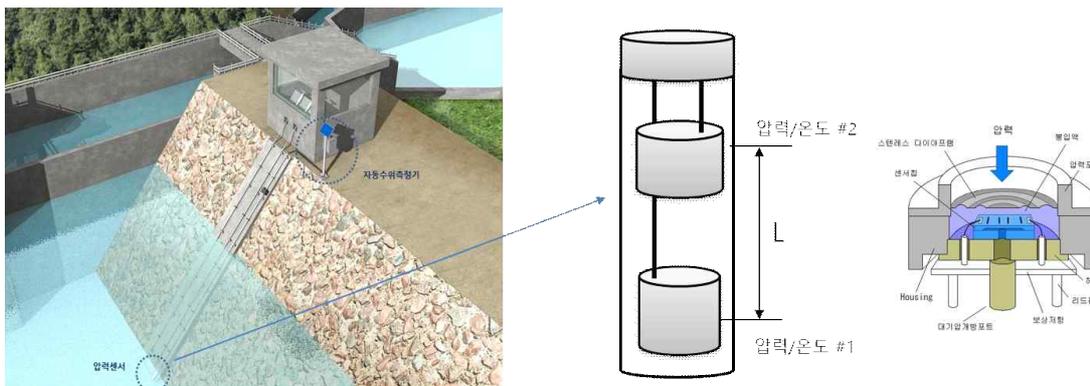
<그림 42> 강우센서 적용

<표 10> 강우계 사양

구분	스펙 및 제공 기능
수수구	Ø 20cm (기상검정규격)
외형	Ø 20cm × H 520cm (스테인레스)
측정방식	저수병에 빗물을 받아 메스실리더 측정하는 수동방식 , 강우 0.5mm/Pulse용 Tipping Bucket Type
정밀도	1mm ~ 100mm/Hour ± 1%(기상검증규격 ± 3%)
출력신호	Reed Switch 무전압 Make 접점
접점용량	10VA(DC 100V Max. 0.5A Max.)
부호변환	150msec ± 10msec
지지대	3발 고정식 (알루미늄 재질)
바람막이	Ø 400 x H 180. 4발 몸체 착이탈 고정식

2) 사통 취수식 저수지에 대한 저수위 계측센서 및 현장장비 기술 개발

- 기존의 농업용 저수지 수위계측시스템은 취수탑과 사통식에 대해 측정거리와 계측방식으로 구분하여 초음파, 레이더, 압력식 수위계 방식을 현장에 적용되고 있으나 사통식 저수지 압력센서의 경우, 사수위 인근에 수문(gate) 구조로 인해 토사퇴적으로 인한 계측오류가 발생됨
- 이를 개선하는 고도화 기술개발은 다층압력센서 신규개발, 센서의 연계 개발을 실시하였는데 다층으로 압력/온도 센서가 장착된 사통형 수위/온도센서의 개발과 원격제어 수문 게이트 기술 개발은 본 과제의 요소기술로써 현장 활용성이 클것으로 기대됨
- 다중심도에 의한 압력센서 이중화 구조로 신규개발하여 설치시 수위 설정 편의와 계측시 정확도를 향상하고 현장 이상 발생시 유지관리 용이와 자료유실 최소화 개발
- 압력센서와 온도센서를 조합한 저수지 수위/온도 계측하는 구조이며 그림과 같이 거리가 고정된 다중센서를 이용한 수압보정 정보를 통하여 초기 설치시 센서가 위치한 지점과 저수지 계측 수심 설정에 효과적이며 설시사용중 시간이 경과하여 바닥 저면의 토사가 수위 센서에 이상을 초래하더라도 다층의 위쪽 센서로 일정기간 계측을 유지할 수 있는 장점이 있음
- 다층 수심/온도센서에 수심별 수온계측에의한 농업용 저수지 공급수량의 수온을 예측할수있으며 이는 농경지 작물에 대한 공급수의 냉해 방지를 위한 정보를 제공할 수 있음



<그림 43> 설치구성도 및 센서

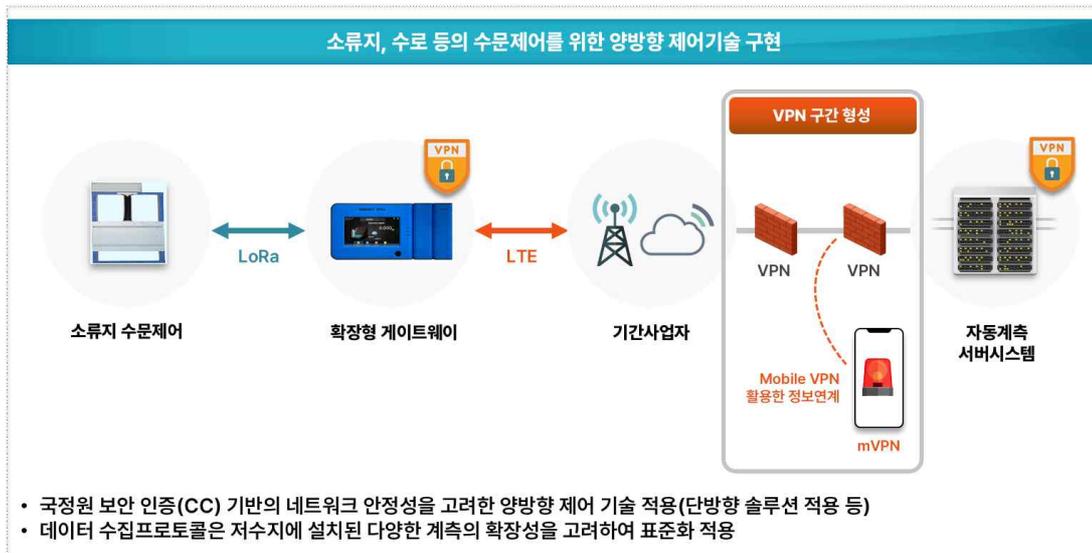
3) 농업용 저수지 적정관리망 선정 및 현장통신, 처리장치 시제품 제작

- 저수지 적정 통신방식 및 중·대규모 저수지의 통신 이중화 수요조사 및 효과분석
- 현장 기기의 통신방법으로 최근 사물인터넷(Internet of Things, IoT)의 이용이 증대되고 있으며 저전력 IoT 전용망으로는 LoRa, NB-IoT, SigFox 등이 있으며 데이터망 기술로는 LTE-M(Cat 1), Wifi 등이 이용 가능하므로 이에 대한 조사, 분석 완료후 현장적용
- 저수지 적정 통신망의 선정에 있어서 현행 LoRa 망과 이중화 통신망의 연계방법 및 소요 기능 정의와 통신 이중화 모듈 설계 및 개발

구분	저전력 IoT 전용망 기술			데이터망 기술	
	LoRa	NB-IoT	SigFox	LTE-M (Cat.1)	Wi-Fi
주파수 대역	▪ 비 면허 대역 (920MHz)	▪ LTE 대역 내	▪ 비 면허 대역 (920MHz)	▪ LTE 대역 내	▪ 비 면허 대역 (2.4, 5.0GHz)
통신 규격 표준화	▪ LoRa Alliance 표준	▪ 3GPP LTE 표준화 진행 중 (Ref.13, ~'16.2Q)	▪ ETSI (유럽 표준)	▪ 3GPP LTE ▪ 기존 LTE 통신 중 가장 속도가 낮은 규격	▪ IEEE802.11a/b/g/n/ac
셀 커버리지	▪ ~10km	▪ ~10km	▪ ~10km	▪ ~5km	▪ ~ 수km
전송 속도 Global 상용 협상	▪ ~5.4kbps ▪ 기 상용화	▪ ~수백kbps ▪ '17년 예상	▪ 100~600bps ▪ 기 상용화	▪ 10Mbps 이하 ▪ 기 상용화	▪ ~ 10Mbps 이상 ▪ 기 상용화
장점	▪ 초기 인프라 구축 불필요 ▪ IoT 계측 센서 데이터 전송에 특화	▪ 초기 인프라 구축 불필요 ▪ IoT 계측 센서 데이터 전송에 특화	▪ 초기 인프라 구축 후 운영성 및 확장성 확보 가능	▪ 초기 인프라 구축 불필요 ▪ 계측 센서 데이터 및 영상 데이터 등 다양한 데이터 전송 가능	▪ 계측 센서 데이터 및 영상 데이터 등 다양한 데이터 전송 가능 ▪ 사용자 시스템 이용 환경 우수 ▪ 시스템 확장성 우수
단점	▪ 디바이스 별 통신비용 지불 ▪ 사용자 지불에 의한 중장기 비용 발생	▪ 통신망 적용 디바이스 검증 필요 ▪ 사용자 지불에 의한 중장기 비용 발생	▪ 국내 적용 사례 없음 ▪ 초기 인프라 구축 필요	▪ 디바이스 별 통신비용 지불 ▪ 사용자 지불에 의한 중장기 비용 발생	▪ 초기 인프라 구축 비용 발생 ▪ 유지보수 및 운영 관리 필요 ▪ 사용자 비용 지불 없음
적용	○			○	

<그림 44> 사물인터넷 기반 통신망 특징

- 소류지, 수로 등의 수문제어를 위한 양방향 제어기술 구현과 관련해서는 디바이스, 네트워크, 서비스/시스템, 데이터/프라이버시로 구분하여 각 분야에서의 보안 기술 검토하였고, 데이터 보안과 확장성을 고려하여 LPWAN(Low-power wide-area network)의 일종인 LoRa를 이용하여 구현



<그림 45> 소류지 수문제어

4) IoT 기반 현장 계측장치와 운영관리 시스템의 연계 프로그램 (App, Web) 개발

가. 전체 개발 현황 및 기능

○ 저수지 통합계측운영관리

- 현장에서 수집된 수위, 강우, 재해, 수질, 영상 정보를 통합하여 웹기반으로 표출하고, 기존 계측정보시스템(저수지, 수질, 지하수 등)과의 연계 및 정보 융합표출 개발

○ 소규모 저수지 수문제어

- 현장에 설치된 수문제어시스템과 연계하여, 보안네트워크를 기반으로 소규모 저수지에 대해 수문을 원격에서 개폐하고, 결과를 표출하며, 빅데이터 분석기반의 적정운영 정보를 제공

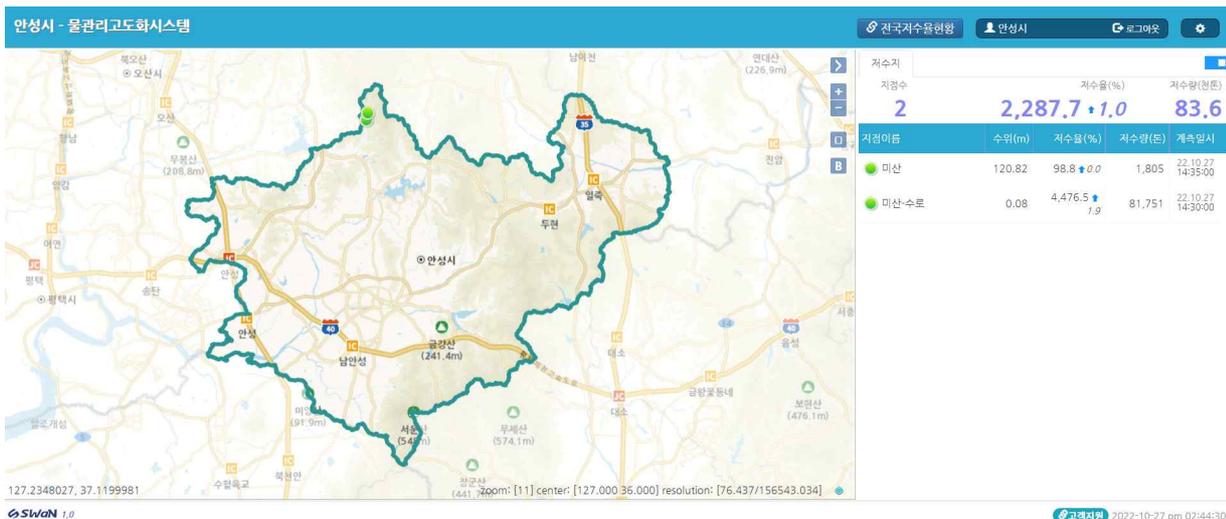
○ 모바일 정보표출

- 현장의 계측정보를 언제 어디서든 접근이 가능하고, 활용이 가능하도록 모바일 기반의 계측데이터 제공과 재해경보 발생시 경보현황, 이력정보, 지점별 상세정보 화면을 구축

나. Web 개발 내용

○ 수집서버 메인화면

- 현재 설치된 지점의 지도와 설치위치를 보여줌
- 지도는 확대/축소가 가능하며, 일반지도와 위성지도 선택이 가능함
- 현재 설치된 지점의 수위/저수율/저수량/최종측정시간등이 간략하게 표시됨



<그림 46> 미산저수지 지도 및 현재상태

○ 수집서버 상세화면

- 한 화면에 계측기에서 올리는 모든 데이터를 볼수 있도록 디자인 하였음
- 시각적인 효과를 높이기 위해 그래프와 수위에 따른 애니메이션 추가함



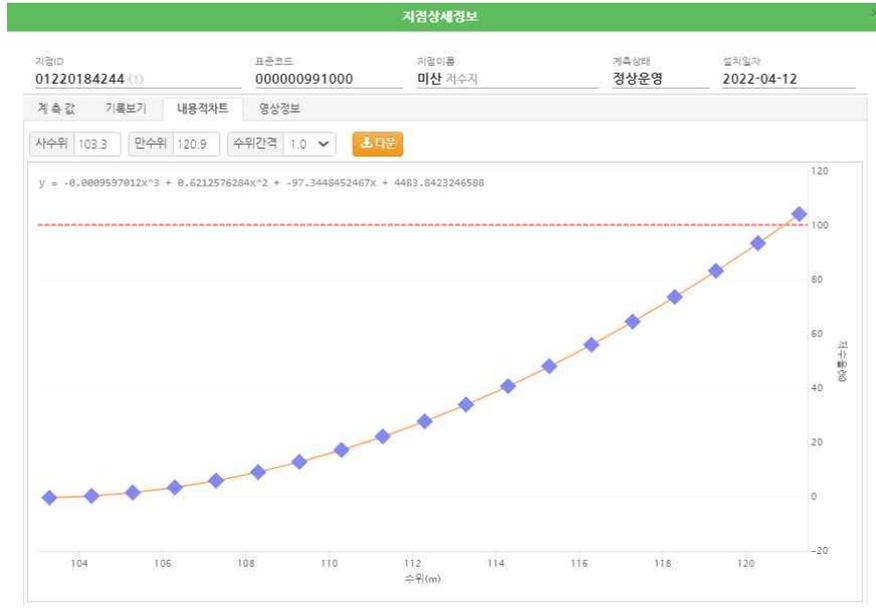
<그림 47> 상세정보 화면

- 기록보기 화면은 과거자료를 조회해 볼수 있다. 최대구간은 30일
- 수위/저수율/배터리전압/슬라전압을 한 화면에 그래프로 구성함



<그림 48> 기록 보기 화면

- 만수위/사수위를 기반으로 저수율을 공식화해서 표시함



<그림 49> 저수율 화면

○ **미계측 저수지 수위입력 모바일 App**

- 본 과제의 경우 1차적인 타겟을 경산시의 저수지를 모델로 구현함
- 경산시의 115개 저수지 데이터를 확보하여, 자동수위계측기로 계측하는곳과 미계측저수지를 분리하여 관리함
- 미계측 저수지의 현장담당자가 현장에서 관측수위를 입력하면 저수율과 저수량이 자동으로 계산되도록 설계하였음
- <http://211.53.249.241:10723/> (ks222/1234)

○ **로그인 화면**

- 관리자 ID와 PASSWORD로 로그인 하도록 함
- 로그인을 하게되면 사용자의 정보를 확인할 수 있음



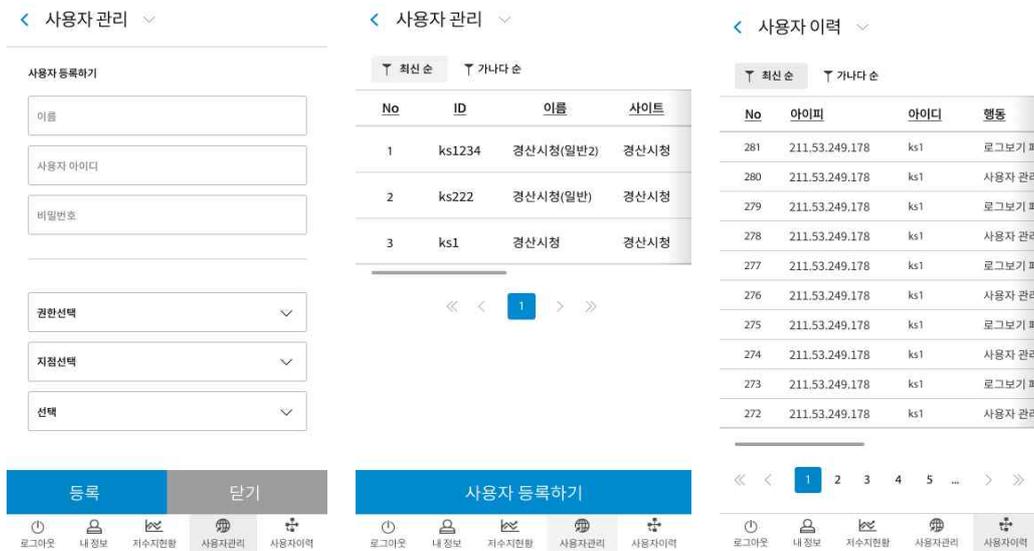
<그림 50> 로그인 초기화면



<그림 51> 로그인 정보화면

○ 사용자 등록 및 이력 화면

- 사용자를 등록하고 관리하고, 사용자의 로그 이력을 관리함



<그림 52> 사용자 관리 및 이력 화면

○ 저수지 및 수위 현황 화면

- 관리되고 있는 저수지 리스트를 보여주며 리스트에서 클릭시 저수지 수위현황을 보여줌

< 저수지 수위 현황

저수지명	외지(상대)		
표준코드	1234567890		
총저수량	80,000(m3)		
만수위	105.0m	사수위	25.0m
최근수위	81.0 m		
측정일시	2022-09-26 13:50		
측정수위	79.5		

	일시	수위(m)
1	2022-09-14 13:10	81.0
2	2022-09-13 14:00	82.9
3	2022-09-12 15:30	79.4
4	2022-09-11 11:15	78.3
5	2022-09-10 13:00	75.1

전송
취소

로그아웃
내 정보
저수지현황
사용자관리
사용자이력

< 저수지 현황

최신순
가나다순
초기화

No	저수지명	표준코드	상태
1	용두지(미산)	1234567890	오류
2	한재	1234567890	오류
3	외지(상대)	1234567890	오류
4	사림	1234567890	오류
5	용두지	1234567890	정상
6	한재	1234567890	오류
7	외지	1234567890	오류

선택
취소

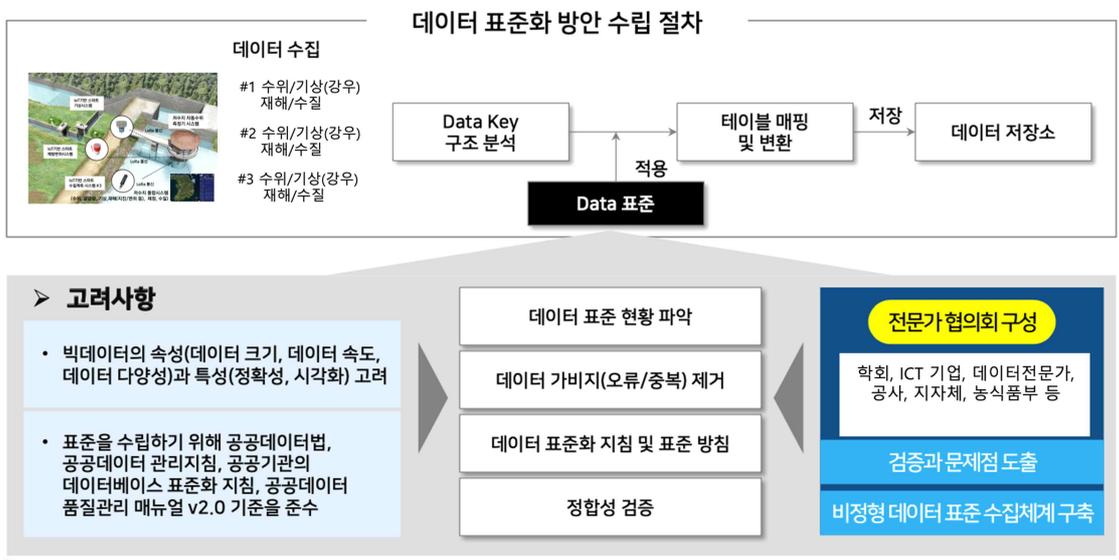
로그아웃
내 정보
저수지현황
사용자관리
사용자이력

<그림 53> 저수지 리스트 및 수위현황

(3) 사물인터넷 기술을 활용한 시스템 통신 및 처리 기술 개발(3차년도)

1) 클라우드 기반 IoT 플랫폼 모듈 개발 및 기존시스템 자료 연계 방안

- 농업용 저수지 관리 기존 시스템 조사, 분석, 현장 등 부문별 수집 데이터, 외부 데이터의 분석
- 빅데이터 플랫폼 시스템 설계, 빅데이터 분석 및 시각화
- IoT 장치(계측기기)를 쉽게 검색하여 서비스를 제공받을 수 있고, 프로그램 개발자는 계측기기와 관련된 개방형 API를 활용해 수자원 기술을 고도화할 수 있도록 설계
- 농업용 저수지 빅데이터 플랫폼 서비스 시험시스템 개발
- 서비스 제공자 및 IoT 계측기기 업체는 개방형 플랫폼을 통해 API 및 서비스 공급 가능하도록 구성
- 클라우드 기반의 IoT 플랫폼은 기존에 폐쇄적인 자료 축적과 제한된 계측기기 연계 문제를 해소하고, 표준화된 연계 방법을 통해 다양한 자료를 제공하므로 연계 프로그램 개발
- 데이터 표준화 방안은 데이터키 구조분석을 통해 테이블 매핑 및 변환과 저장소에 저장 절차를 통해 진행하며, 데이터 속성과 특징을 고려하고, 공공데이터법, 관리지침, 품질관리 매뉴얼 등의 기준을 준수하여 개발



<그림 54> 플랫폼 데이터 표준화 방안 수립 절차

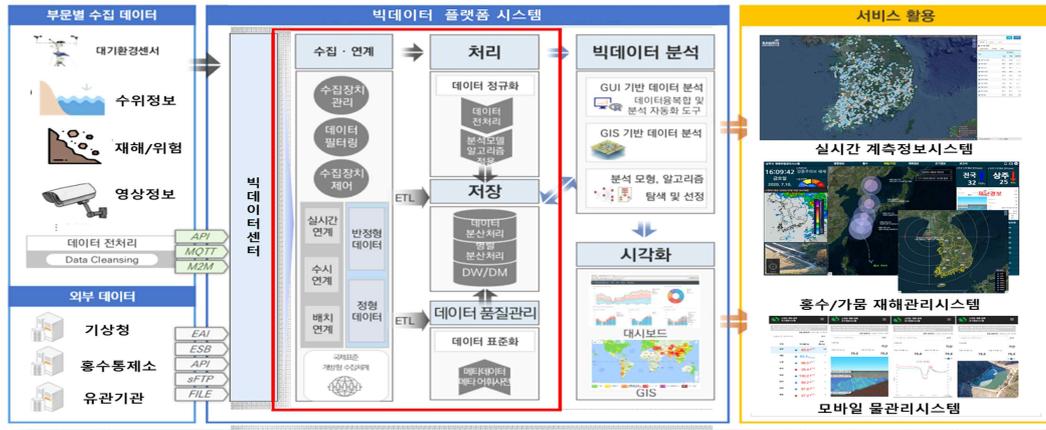
가. 데이터 수집 연계 기능

○ 빅데이터 수집 처리 엔진

- 현장계측정보를 포함하여 다양한 빅데이터를 실시간 자동, 병렬 수집이 가능한 강력한 빅데이터수집 처리 엔진
- 빅데이터의 유실과 중복 방지, 데이터 압축, 데이터 정형화, 저장된 데이터의 암호화, 무결성 검증, 사용자 편리성 등을 고려하여 보다 강력한 데이터 수집 및 변환 저장 기능을 수행
- 수집 설정되어진 다양한 규칙으로부터 동시에 방대한 양의 데이터를 분산 병렬 방식을 통해 보다 빠르고 안정적으로 수집이 가능하며 다양한 운영체제 (UNIX, Window 등)에서도 설치 및 운영

○ 사용자 편의성을 고려한 플랫폼

- 사용자 편의성을 고려하여 사용자 데이터를 수집하기 전 생성되어진 수집 규칙을 통하여 사전에 데이터 수집 시뮬레이션을 통해 수집되어진 데이터의 품질을 데이터 미리보기를 통하여 확인할 수 있는 기능을 제공



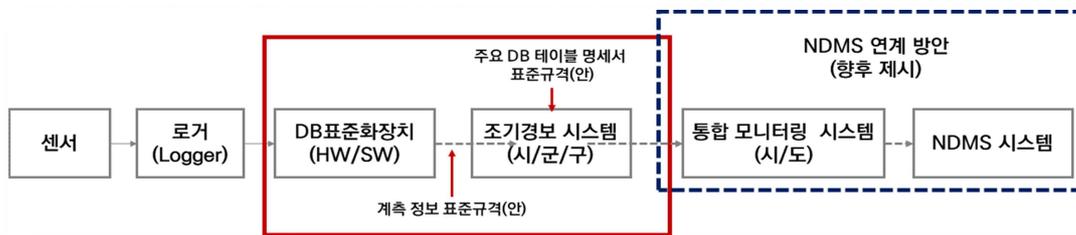
<그림 55> 빅데이터 플랫폼 시스템 구성도(안)

- 농업용 저수지 관련 현장 계측자료와 생성자료는 다음과 같이 정의 될 수 있으며 수집데이터, 생성데이터 그리고 관련 외부데이터와의 연계와 활용은 농업관련 기관의 시스템 혹은 공공 플랫폼 구축에 있어서 데이터 취득의 목적과 사용 목적, 방법에 대한 연계가 기존의 한국농어촌공사 RAWRIS 시스템 사례를 확장하여 고도화 기술개발 항목으로 명확하게 연계될 수 있을것으로 판단 됨

나. NDMS 표준 DB 데이터 포맷 적용

○ 행정안전부 NDMS 표준 DB 데이터

- 계측·관측 정보는 센서, 로거, DB표준화장치(HW/SW)를 통해 지자체 상황실 통합모니터링 시스템으로 전달
- (센서) 강우량계, 수위계, 변위계 등의 계측·관측 센서



<그림 56> 계측정보 규격안

○ 계측정보 프로토콜

<표 11> 계측정보 프로토콜

항목	STX	Msg ID	재해위험 지역유형	Msg Length	Msg Body	ETX	BCC	End Flag
길이 (byte)	1	1	1	1	n	1	1	1
내용	0x02	0x**	0x**	n	Msg Body	0x03	Check Sum	0x0D

○ (Msg ID) 계·관측 정보 구분 ID

<표 12> 관측 정보 구분 ID

계측기	ID	계측기	ID	계측기	ID	계측기	ID
강우량계	0x01	거리 측정기	0x05	간극 수압계	0x09	구조물 경사계	0x0D
수위계	0x02	적설계	0x06	진동계	0x0A	GNSS	0x0E
변위계	0x03	지하 수위계	0x07	지중 경사계	0x0B	지표 변위계	0x0F
도양 합수비	0x04	경사계	0x08	하중계	0x0C	조위계	0x10

○ Msg Body

<표 13> 계측 정보 표준규격

연번	항목 명	데이터 타입	길이 (BYTE)	비고
1	재해위험지역코드	char	10	관리 번호
2	계측기 번호	char	4	계측기 번호
3	년도	unsigned byte	1	2000+nYear
4	월	unsigned byte	1	
5	일	unsigned byte	1	
6	시	unsigned byte	1	
7	분	unsigned byte	1	
8	초	unsigned byte	1	
9	자료구분	unsigned byte	1	0x01 : 1분 0x05 : 5분 0x0A : 10분
10	계측 정보	User Type	n	계측정보 Unit

<표 14> 예시 프로토콜

항목	STX	Msg ID	Msg Length	Msg Body	ETX	BCC	End Flag
길이 (byte)	1	1	1	n	1	1	1
내용	0x02	0x11 또는 0x12	0x0F	Msg Body	0x03	Check Sum	0x0D

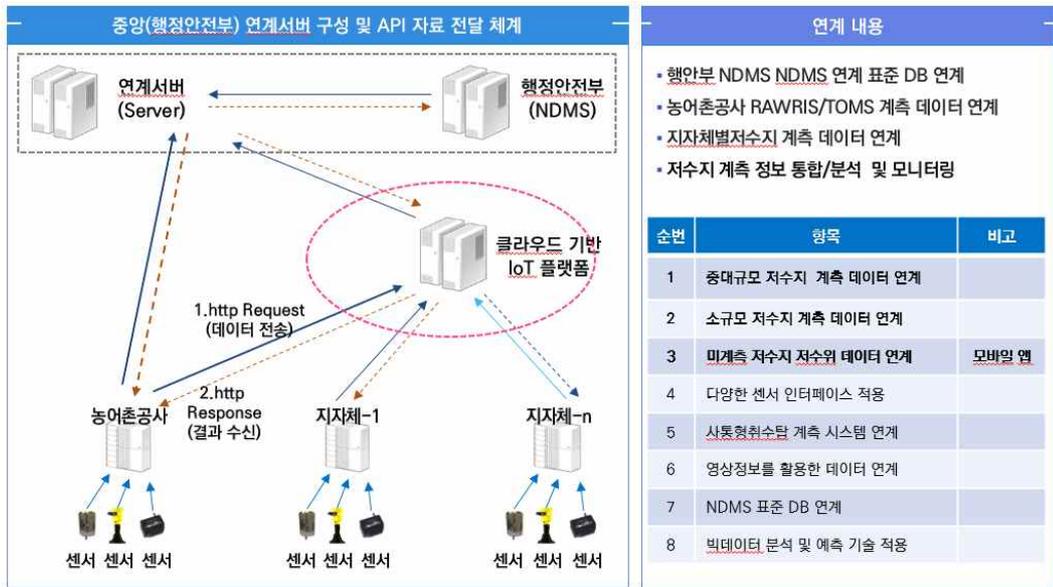
<표 15> 예시 표준규격

연번	항목 명	데이터 타입	길이 (BYTE)	비고
1	재해위험지역코드	char	10	위험지역 관리 번호
2	계측기 번호	char	4	계측기 번호
3	년도	byte	1	2000+nYear
4	월	byte	1	
5	일	byte	1	
6	시	byte	1	
7	분	byte	1	
8	초	byte	1	
9	자료구분	byte	1	0x01 : 1분, 0x05 : 5분 0x0A : 10분
10	강우량/적설량	unsigned short	2	mm 단위 (0 ~ 65536mm)

다. DB표준화를 통한 행안부,유관기관,지자체 자료연계를 통한 클라우드기반 IoT플랫폼구축

○ 연계 세부 내용

- 행안부NDMS NDMS연계 표준 DB 연계
- 농어촌공사 RAWRIS/TOMS 계측 데이터 연계
- 지자체별저수지계측 데이터 연계
- 저수지 계측 정보 통합/분석 및 모니터링



<그림 57> DB표준화를 통한 행안부, 유관기관, 지자체 자료 연계를 통한 클라우드기반 IoT 플랫폼 구축



<그림 58> 클라우드기반 IoT 플랫폼 모듈별 구조

- GIS기반 지역별, 계측기별 수집 데이터 조회 및 수집 관측 데이터 정보 분석 표출
- 지구별, 계측기별, 경보기별자료 조회
- 조회 조건은 계측기 전압상태, 네트워크 상태, 통신 상태를 조회
- 조회 목록에서 계측기를선택하면 지도 해당 위치로 이동
- 계측기상태 이력정보를조회
- 계측기의수집 데이터는 체계적으로 표준화된 DB 저장



<그림 59> 계측기·관측기 수집 데이터 조회, 수집 데이터 표준 DB화

○ GIS기반 지구별, 계측기별 수집 데이터 조회 및 수집 관측 데이터 정보 분석 표출

- 지도기반의 계측기 위치 및 상태 조회
- 계측기를 클릭 시 현재 강우/수위 등 조회
- 계측기의 현재 경보기준값과 비교하여 상태 표출
- 저수지 현재수위 동시표출
- 지도상에서 과거 누적 그래프 제공



<그림 60> 클라우드기반 IoT 플랫폼 모듈별 구조

○ 유관기관 활용 및 접근방안

- 사용자 정보 관리
- 인증된 사용자에 대한 권한 및 로그 관리
- 유관기관 데이터 활용을 위한 API 접근 및 활용
- 연계를 통한 데이터 축적 및 시스템 활용



<그림 61> 유관기관 활용 및 접근 방안

○ 유관기관 및 지자체 상황실 연계

- 상황실 및 담당자 모니터화면 제공 방법
- 1개의 모니터에 현재 지도상의 계측기상태, CCTV 정보 표출
- 다수의 모니터 사용시 지도상의 계측기상태와 CCTV를 여러 모니터에 분리 표출



<그림 62> 저수지 통합 관리 상황실 표출(안)

2) IoT 기반 현장 계측장비의 저수지 운영 시스템 연계 활용방안

○ 농업용 저수지 다중계측 활용

- 현재, 저수지 수위, 제체 안정, 강우기상 계측이 별도의 현장처리장치(RTU)를 통하여 이루어 지고 있어 1개 저수지에서 여러 RTU, 통신회선에 따른 유지보수, 통신비 등 유지관리 업무가 과다하고 비효율적임
- 이러한 비효율적인 현장장비들의 설치를 체계적으로 하기 위해서는 현장처리장치가 다중 다항목 계측의 기능을 가져야 하며 본 연구를 통해서 이를 개발하였음

○ IoT 기반 계측장비의 구성

<표 16> 연결기기

Interfaces	IoT 기기
RS485	초음파수위센서, 레이더수위센서, 레이더 유량센서, 전자유량계
4~20mA	압력식수위센서, 수압센서
USB	카메라
Digital Input	강우량계
LoRa	수문, 변위, 온습도센서

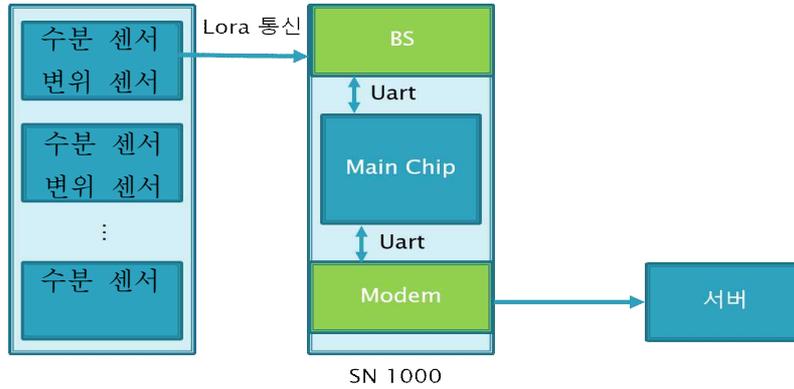


<그림 63> 전체 인터페이스 구성

- 다양한 계측장비를 연계하여 현장에서 활용함
- 모든 데이터는 서버로 전송되며, 필요에 따라 엣지에서 상황판단을 하여 전송주기/측정주기를 변경하는 기능을 수행함

○ 석동저수지 변위센서 활용예시

- 변위센서 구성
- 본과제의 경우 이중화를 위해 탑재되어 있는 LoRa 통신을 이용해 변위계/수분센서와 통신하는 테스트를 진행함
- 시스템 구성도는 아래와 같음



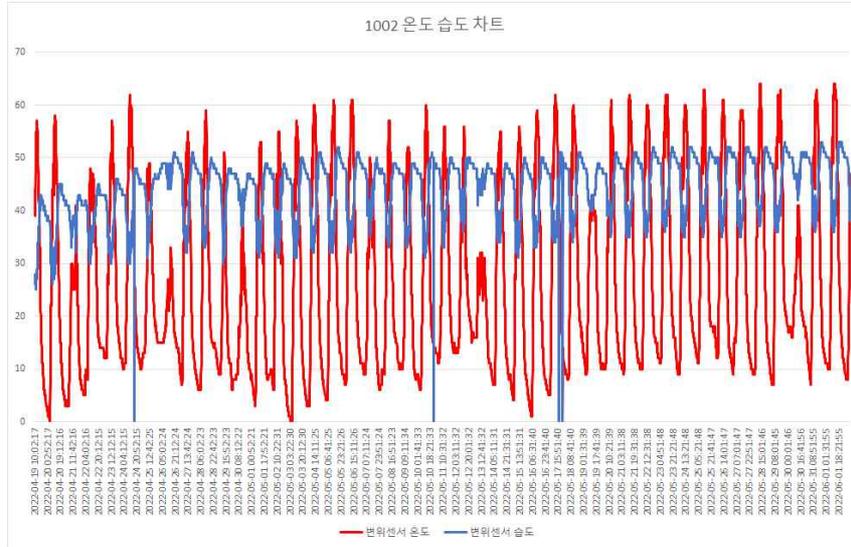
<그림 64> 변위계 시스템 구성도

- 센서로부터 Lora 통신을 통하여 데이터를 수집함
- 데이터 수집시 SN1000 (계측기)에 BS 모듈을 장착하여 사용함
- SN1000 (계측기) 과 BS 모듈은 Uart 통신을 함
- 서버로 데이터 전송시 Modem(cat m1)을 활용하여 tcp 통신으로 서버에 전송
- 설치장소 : 석동저수지(충남 금산면 남이면 석동리)



<그림 65> 설치 현황

- 함수비센서 Logging 데이터 분석

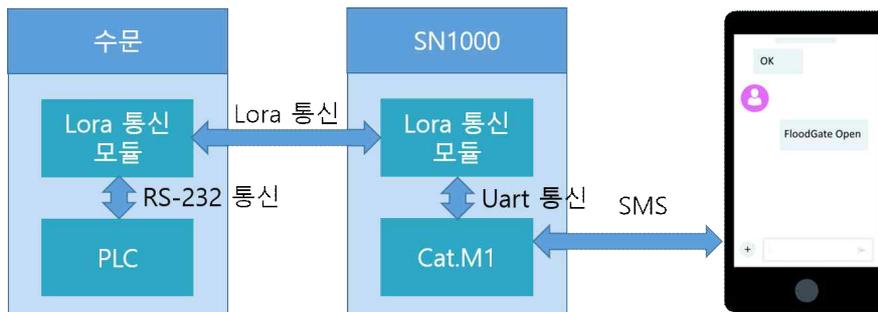


<그림 66> 온도습도 차트

- 온도 습도 차트에서 온도는 정오시간에 가장 높게 측정되며 가장 낮을 때는 새벽 2시부터 6시간때로 분포하고 있음
- 반대로 온도가 가장 높을 때는 습도가 가장 낮고 습도가 높을 때는 온도가 가장 낮음을 알 수 있음
- 온도 습도 차트에서 2022-04-26일 경에는 온도가 정오 임에도 높지 않은 이유는 아래 차트 함수비센서 차트를 보면 vwc값이 높은걸 확인할 수 있는데 이는 비가 왔었는지 추측할 수 있음

○ 미산저수지 소류지 수문 활용예

- 시스템 구성도



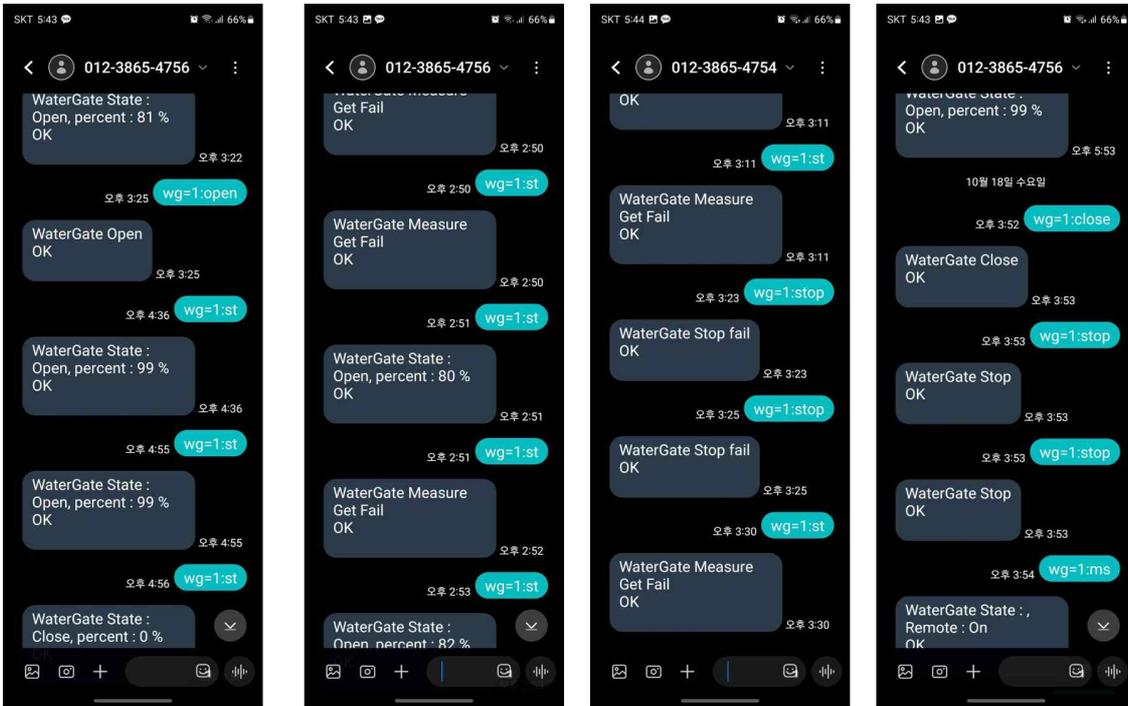
<그림 67> 수문제어 구성도

- Lora 모듈은 SN1000의 Lora 모듈과 1:1 통신이 연결된 상태
- Lora 통신은 bypass방식으로 SN1000의 통신 프로토콜을 그대로 PLC에 전송함
- PLC는 명령을 받고 수행후 수문의 Lora모듈로 응답 프로토콜을 보냄
- Lora 모듈은 PLC에서 받은 응답 프로토콜을 SN1000으로 전송함
- Cat.M1을 통한 문자(SMS) 명령어를 분석하여 수문에 명령을 전송함
- 자체 디스플레이 화면을 통해 수문의 상태 및 제어를 제공함
- 현장 테스트 사진



<그림 68> 수문현장 설치사진

○ SMS를 통해 원격으로 수문게이트를 Open/Close 하는 것을 시연함



<그림 69> SMS를 통한 원격제어

○ 미산/석동저수지 카메라 촬영 활용예

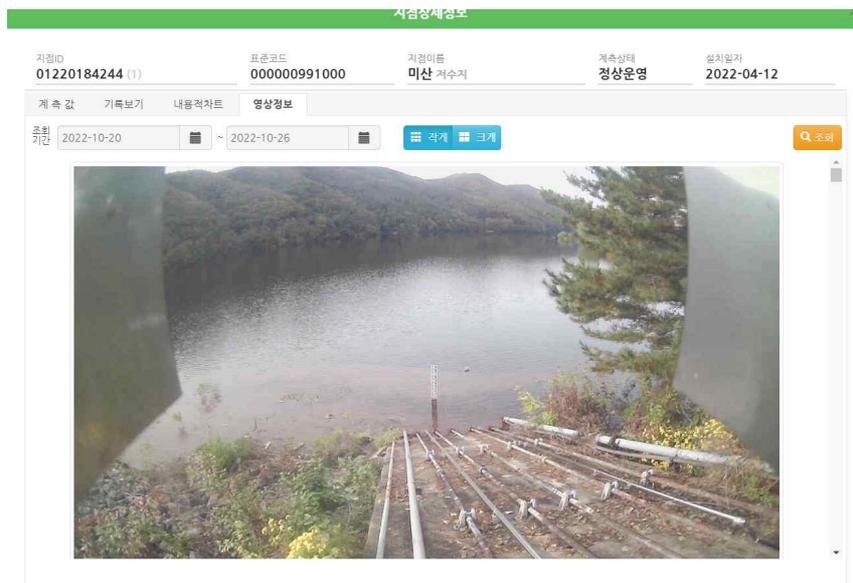
- (카메라 구성) 기존에 사용되던 PTZ(팬/틸트/줌) 네트워크 카메라의 경우 전류소모 및 잦은 고장으로 실제 적용시 많은 문제를 일으켜 유지보수에 애로점이 많았음
- 본 과제에서는 이를 개선하고자 별도의 전원이 필요없는 USB카메라를 연결하는 방식을 구현함
- 기존 카메라와 같은 PTZ 기능은 불가능 하지만, 특정위치의 수위표를 찍어서 주기적으로 전송이 가능하도록 구현하였으며, 설치와 유지보수가 매우 용이함

<표 17> 카메라 사양

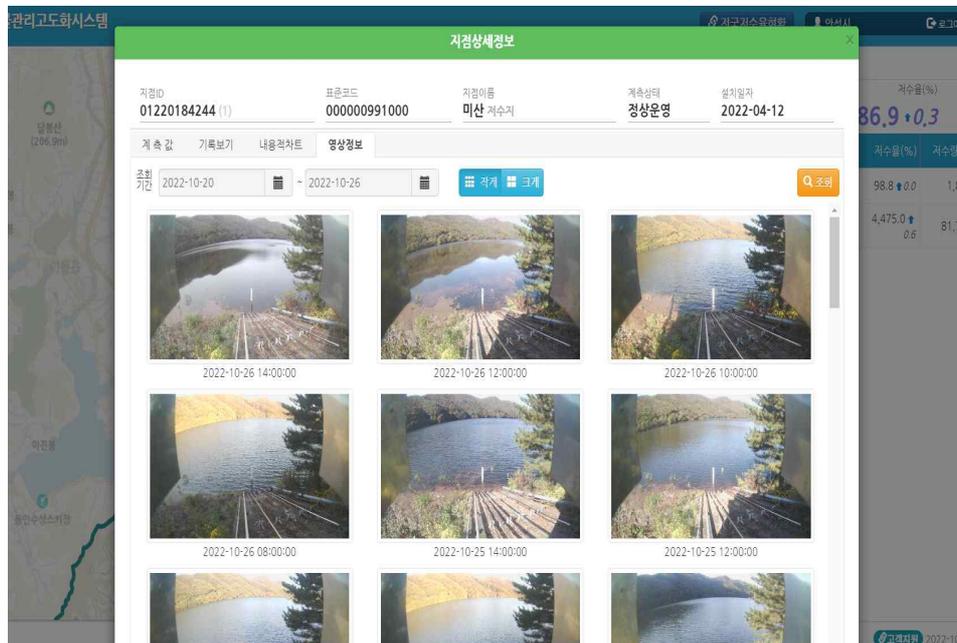
구분	스펙 및 제공 기능
크기	32 x 32 x 28
RESOLUTION	1920 x 1080
Image Sensor	1/2.7
Sensor	OV2710
Max. Image Transfer Rate	30FPS@FHD
OUTPUT Format Support	YUV MJPG
Focus	FIX
AEC/AGC/White Balance	AUTO
Interface	USB 2.0
Operating Temperature (Operation)	-30° C~70° C
Temperature (Stable Image)	0° C~50° C
Power Consumption	210mA@5V
Standby/Operating	
OS	Windows, Mac,
	Linux, Android etc

○ 현장테스트

- 최대 1920x1080의 사진을 저장 및 전송하도록 설계, 수위표를 주기적으로 찍어서 서버로 전송하도록 설계, 서버로 전송된 사진은 아래와 같이 수집서버내의 “영상정보” 탭에서 확인이 가능함



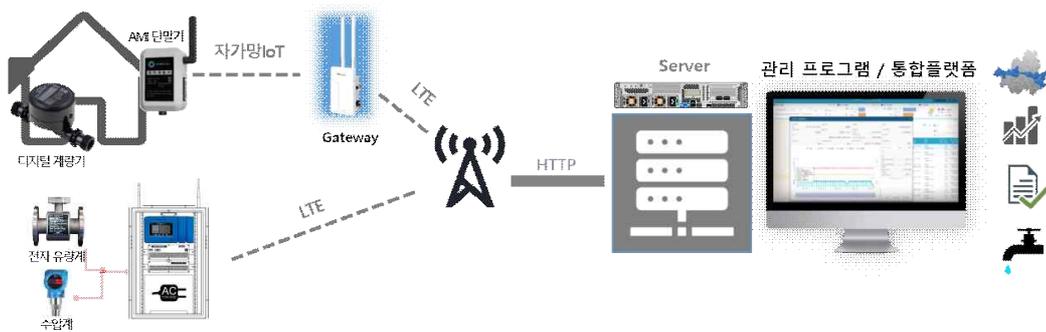
<그림 70> 사진 확대화면



<그림 71> 저장된 사진 리스트

○ 베트남 하이정시 시범테스트

- (베트남 현지 운영도) 원격검침단말기, 수도미터, 전자유량계,수압계가 통합된 시스템으로써, 베트남 하이정 시에서 설치되어 운영되었음
- 본과제의 시스템인 SN1000은 전자유량계와 수압계를 모니터링하여 서버로 데이터를 전송하였음



<그림 72> 베트남 시범사업 구성도

- (베트남 현지 설치 현황) 수압계와 전자유량계를 합체와 같이 설치하였음



<그림 73> 베트남 현장설치 사진

- (전체 대시보드 화면) 현재 상황을 쉽게 모니터링 하도록 구현함



<그림 74> 대시보드 화면

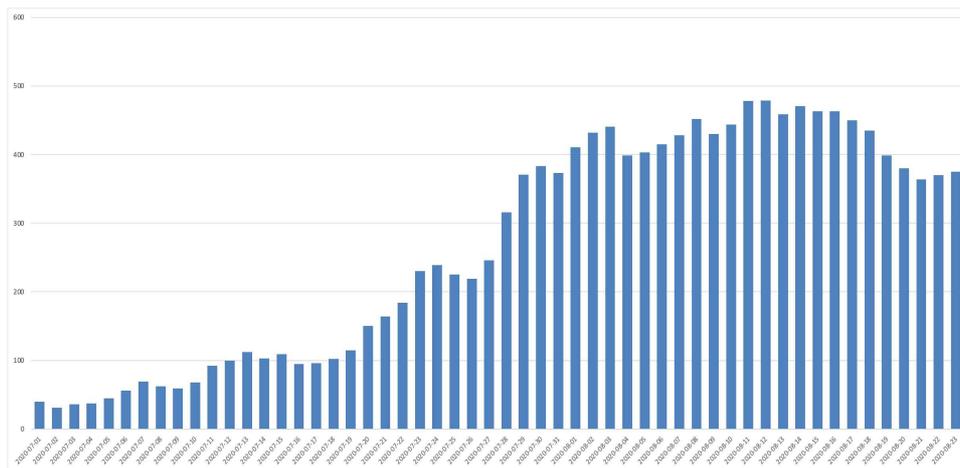
- (분석 그래프) 일별 통신 성공률, 데이터 수집율, 일별 물 사용량등이 확인 가능함

3) 농업용 저수지 적정 관리망 현장통신, 처리장치 개발 및 현장시험

가) 적정 관리망 현장통신

○ 기존 통신방식의 문제점 (LoRa)

○ (LoRa 통신이상에 따른 현황 분석) 2020년 7월 1일 이후 집중호우기간 중 일단위 통신이상 (일1회 통신이상 장비비율) 증가 이후, 8/12 이후 감소 (자동감소)



<그림 77> 통신이상 현상 데이터

<표 18> 통신이상 원인분석

	상세구분	8/18	8/24	
합계		489	385	
통신이상	정상통신 (과거데이터 전송 중)	30	13	금일 과거데이터 전송장비
	약전계 통신 On/Off 반복	120	53	통신종료시간 > 계측저장시간
	장비통신 통신 이상	316	284	특이사항 없이 통신off상태
	장기 통신이상(2020.6.31.) 이전	10	7	현장 점검 대상 누락
배터리이상	배터리 전압 11.5 Volt 미만	13	28	11.5 Volt 미만

○ 현장분석 내용

○ (일월저수지 자체시험 결과) 현장에서 오류 발생 > 사무실 이동시 정상 동작

<표 19> 일월저수지 테스트

	현장 통신 이상 발생	사무실 정상 동작
자체시험현장 - 일월지 (화성 수원)		
설명	현장에서 -150dB 감도 측정 > 통신이상 현장에서 안테나 조정하여 통신정상화	회수모뎀 -110dB 감도 > 정상동작

○ (원주대안저수지 skt공동 시험결과) 약전계 환경,기지국으로 안테나 연장후 통신 가능

<표 20> 원주대안저수지 테스트

	현장 통신 이상 발생	안테나 케이블 연장(여러번 반복)
SKT 공동시험 - 대안저수지 (원주)		
설명	SKT 단말기 약전계 표시(-139~-140 dB)	SKT 망감도에 따라 안테나 연장후 통신가능

○ 대안저수지와 동일 설치후, 현장 통신환경 변화로 안테나 확장시설 다수 > 통신불안반복

		
<p>구례 방광저수지(옥상 확장) ▶ 7/16 이후 통신이상 발생</p>	<p>구례 죽정저수지(창문외부 확장) ▶ 7/13 통신이상 발생 ▶ 8/21 정상 (모뎀교체,안테나 조정)</p>	<p>청양 은곡저수지 ▶ 8/23 통신이상 발생</p>
		
<p>서산태안 장곡(창문외부 확장) ▶ 8/2 이후 통신이상 발생</p>	<p>진천 성대저수지(창문외부 확장) ▶ 8/24 정상동작 중</p>	<p>함안 사촌저수지 ▶ 8/24 정상동작 중</p>

<그림 84> 통신이상저수지 사례

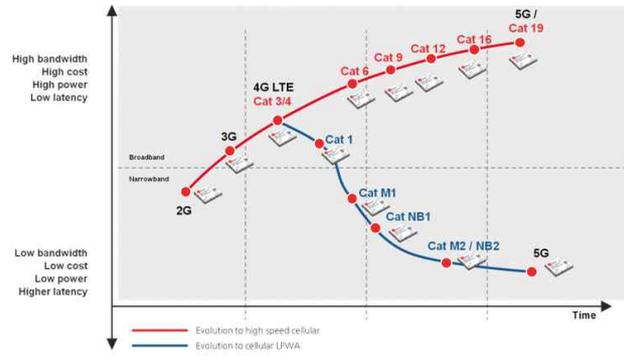
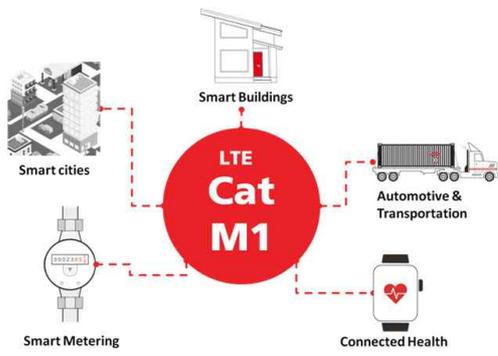
- (통신감도 이상으로 재방문하여 안테나 확장 설치 예)
- 통신감도 이상지역의 경우, 일시적으로 통신이 되더라도, 반복적으로 통신 지연 현상 발생
- 통신누락 발생시, 현장장비 미전송 데이터에 대해 1분단위 전송 > 접속빈도 증가에 따른 오동작
- (원주흥업 skt 공동 시험결과) 현장감도 우수, 장비동작 오류, 신규모뎀교체시 정상 동작
- 현장에서는 통신불가, 지점 이동시 통신 가능함
- 데이터 누락발생 문제

<표 21> 2G, 3G, LTE vs LoRa통신 데이터 누락과정 비교

	2G, 3G, LTE, catM1 통신방식	LoRa 통신방식
통신방식 구분		
방식 설명	전송주기에 따라 현장 장비가 서버로 데이터전송	<ul style="list-style-type: none"> - 서버에서 장비별 서버 ip 설정 - 장비에서 GW 통해 ThingPlug 수신시 웹서버로 실시간 데이터 전송
통신 이상발생시	계측장비에서 데이터 저장, 통신정상시 누락데이터 연속 전송 > 데이터 누락 없음	<ul style="list-style-type: none"> - 장비 통신이상시 > 누락데이터 1분단위 재전송(최대 1회 전송 64byte 재전송), 통신과부화로 재부팅 반복 중 데이터 유실 발생 - 서버 통신이상시 > ThingPlug에서 데이터 유실
비고		- ThingPlug 데이터 일정기간 저장 기능 구현 불가시 망운영 재검토 필요함

○ LTE Cat M1 선정이유

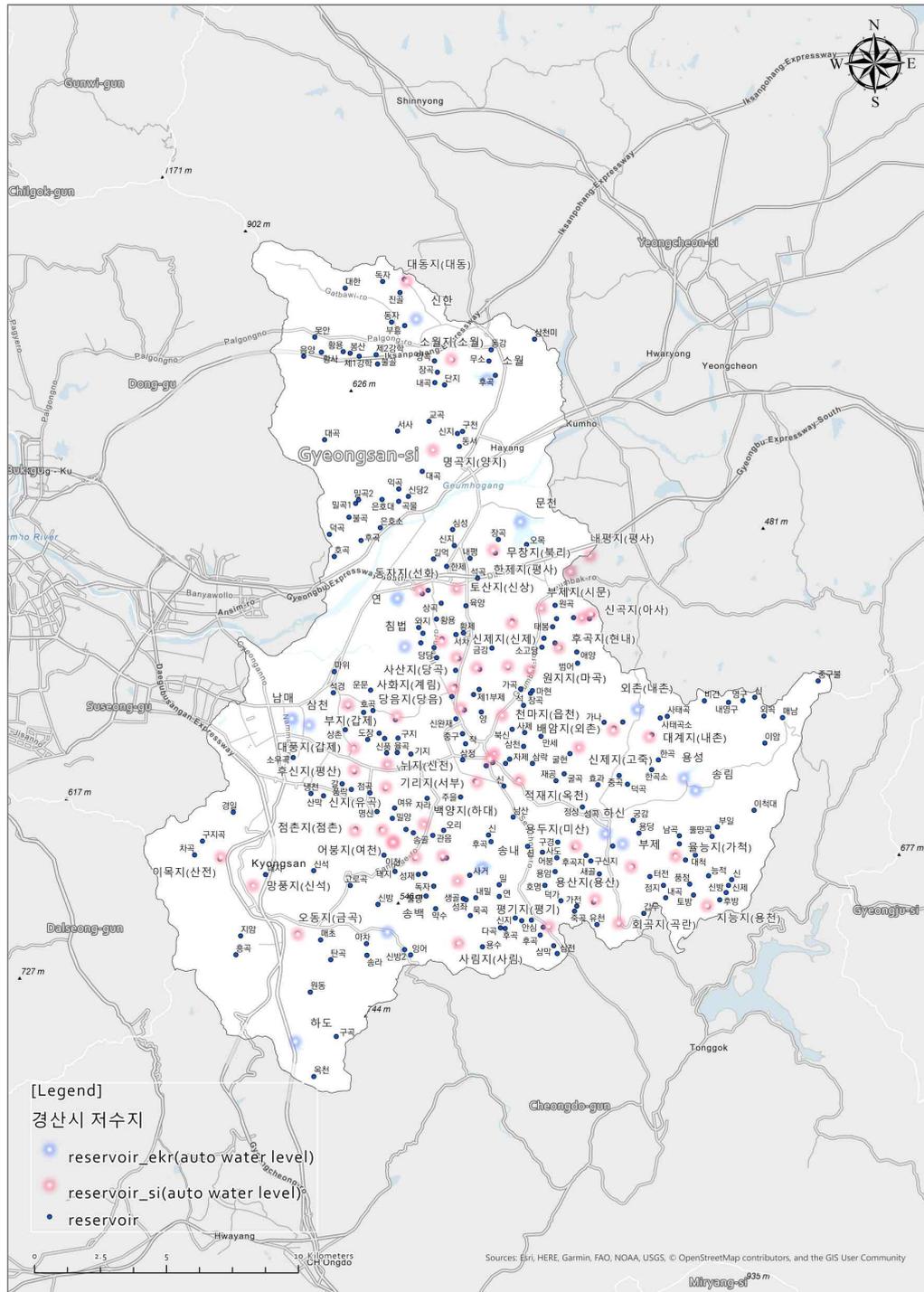
- LTE Cat.M1은 국제 표준화단체 '3GPP'에서 표준화한 저전력 광대역(LPWA) 기술로, HD급, 사진과 저용량 동영상 전송이 가능한 것이 특징이다. 전력 효율이 좋기 때문에 수년 간 배터리 걱정 없이 IoT 서비스 이용이 가능
- 2018년 LTE Cat.M1 상용화 이전의 IoT 서비스는 대부분 LTE-M, NB-IoT, LoRa 망을 이용해 제공됐으나, 망 간 성능 차이가 현격해 이를 절충할 수 있는 망 구축 필요성이 제기됨
- LTE-M은 전송 속도는 10Mbps로 빠르지만, 전력 효율이 좋지 않아 수 개월 마다 배터리를 교체해야 했고 통신 모듈 가격도 높음 LoRa와 NB-IoT는 전력 효율이 좋아 수 년 이상 배터리 교체 없이 사용 가능하지만, 30kbps 이하의 속도로 제공되기 때문에 수치나 알림 등 소량의 데이터 전달만 가능했다. LTE Cat.M1은 두 망의 장점을 융합한 대안이며 현재 SKT의 경우 국내 통신장비 제조사인 콘텔라와 LTE Cat.M1 서비스 'IoT블랙박스'서비스를 하고있으며, 차량의 사고 통보, 충격 영상 전송, 차량 위치, 운행이력 확인 등의 기능을 제공중임



<그림 87> 기술동향

나. 테스트베드 대상지구 선정 및 적용성 평가

- 위/저수량 예측 기술 개발의 대상지구로는 경상북도북 경산시청(한국농어촌공사 경산청도지사 저수지 일부 포함) 지구를 선정하여 저수지 제원, 지형정보한 구축 등을 실시하였으며 경산시청(총 290개 저수지, 계획 84개소(29%), 실적 53개소(18%)) 이며 한국농어촌공사 경산청도지사 대상 20개 저수지를 포함하여 300여개 저수지를 포함하고 있음
- 1차년도 지자체, 지사와의 협의를 통하여 본 및 연구단의 연구개발 계획과 추진계획을 설명하였으며 저수지 관리기관의 연구개발에 대한 의견을 수렴하여 연구내용에 반영함



<그림 88> 지자체 및 한농공 관리 저수지 자동수위계 설치 현황

다. 시험 시스템 구축 및 현장시험

- 국내 농업용 저수지는 전국에 17,240개소 설치되어 평상 시 농업용수의 약 60%를 공급하고 있으며 홍수 시 저류를 통한 하류지역 피해저감 등의 기능을 담당하고 있는 주요 수리시설임
- 저수지 관리는 한국농어촌공사(3,411개소)와 지자체(13,829개소)에 의해 운영 및 유지 관리되고 있으며 농림기술개발 연구성과(2004년)로 개발, 현장 보급된 자동수위측정기가 농업용 저수지 1,765개소에 설치되어 저수위를 계측, 물관리에 활용되고 있음
- 그러나, 설치 이후 많은 기간이 경과하여 관련 분야 ICT 기술 발전과 기준 변화를 적용하지 못하고 있어 고도화 기술 개발의 필요에 따라 농림식품연구개발사업으로 기술개발이 추진되고 있음
- 본 연구에서는 개발 성과를 시험하기 위한 현장 시험지구의 선정과 시험시스템 구축, 운영을 통한 활용성 평가를 수행하고자 한다. 시험시스템의 설치를 위한 시험지구는 한국농어촌공사 안성지사의 미산저수지를 대상으로 하였으며, 미산저수지에는 기존의 저수위 자동측정기가 설치되어 있어, 신규개발되는 고도화 시스템을 설치하여 비교, 평가 등에 용이한 장점이 있음
- 시험시스템의 주요 개발기술은 기존의 저수위 단일항목 측정에서 영상, 저수위, 강우 등 다항목 측정과 현장과 서버간 정보통신의 실시간 이중화(기존, 단일 통신망) 등의 고도화 기술 등이 있으며, 시험 시작품을 시험지구에 설치하여 시험시스템을 구축하여 시험 운영하고 있음
- 저수지 관리자와 담당기관에서는 수위 단일 측정에서 강우, 영상 등의 다양한 모니터링 항목을 추가적으로 구축함으로써 저수지 주변의 폭우 혹은 국지적인 돌발강우에 신속히 대비하고 저수지 수위 이상변화 감지, 경보 알람 기능 및 홍수 상황 발생 시 실시간 정보 전달을 위한 통신 이중화 등의 고도화 기술을 개발, 시험 및 적용성 평가를 실시하고자 함

본 연구의 시험지구는 한국농어촌공사 경기도 본부 안성지사의 미산저수지(경기도 안성시 양성면 소재)를 선정하였으며 미산저수지는 2005년부터 농어촌연구원에서 농업용수 연구를 위한 종합시험지구로 선정하여 농촌수자원, 물관리연구를 실시한 시험지역으로써 미산저수지에는 기존의 자동수위측정기(저수지, 수로)가 설치되어 있어서 기존 자료와 고도화 연구 결과의 비교, 분석 등이 가능한 특징이 있다.

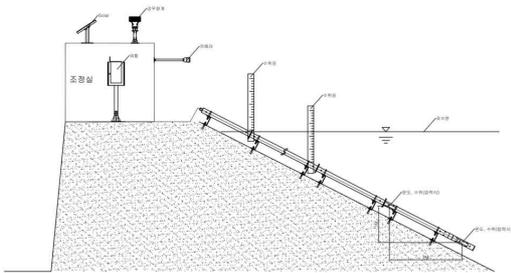
미산저수지는 사통식 취수시설이 설치 되어 있으며 만수위 120.90ELm 이며 사수위 103.30ELm 으로서 유효저수량은 1,826.2천³이다.



(미산저수지 제원 - 출처: <http://rawris-am.ekr.or.kr>)

○ 시험시스템 구축

- 본 연구의 시험시스템은 현장계측기, 영상카메라, 강우량계와 사통식 수위계가 신규로 개발되어 시험용 시스템을 구성하고 현장 시험함
- 또한, 미산저수지 현장 사통부에 수위표를 설치하여 정확한 현장 검측에 활용함
- 또한, 저수지 유입부 하천에 저수지 유역에서의 강우-유출에 따른 저수지 유입량 자동 측정을 위한 수위/유량 측정기를 설치하여 저수지 자동 모니터링 시스템과 연동하도록 시험 설치함



<그림 89> 설치계획도면



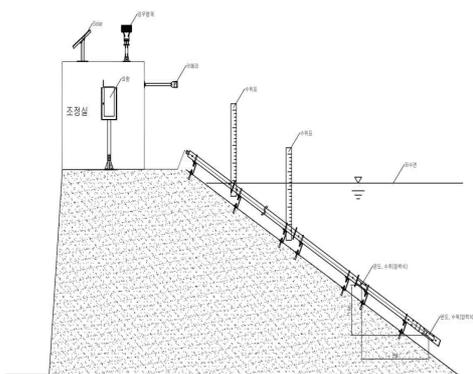
<그림 90> 설치 전경



<그림 91> 계측기 및 센서 모듈별 설치

○ 시험시스템 현장시험

- 본 연구의 시험시스템은 전기선에 의한 상용전원과 유선의 통신을 사용하지 않는 자가의 태양발전과 무선통신을 사용하는 독립형 시스템으로 구성되어 있으므로 시험 시스템의 태양판넬, 배터리에 의한 충방전 시험과 무선통신 이상 감지 및 이중화 통신 모듈의 시험 그리고 강우와 영상 등의 다항목 모니터링에 대한 시험을 실시하고 있음
- 장치의 전원은 현장에 설치된 태양광 판넬에 의한 태양광 발전으로 생산된 전력으로 모니터링 현장장치의 원활한 운영을 위해서는 안정적인 전원공급이 필수적이므로 국내 기상관측소의 1990년부터 2020년까지 30년간의 일조시간 자료를 분석하여 태양발전에 의한 배터리 완충 시간인 일조시간 3시간을 기준으로 하여 1일 3시간 이하 일조 시간의 연속일수를 분석하고 이를 충족하는 소모전류는 당초의 시간당 40mA에서 향후 80mA로 증가되며, 이에 저온영향, 방전 재충전과 3시간이하 일별 일조시간의 25일 연속상황을 고려하여 배터리 용량을 산정하면 당초의 34Ah에서 64Ah로 증가하였으므로 이에 따른 현장장치의 전원 시스템 구성과 배터리 용량을 선정할 것을 제시한 바 있으며 이에 대한 현장 시험을 실시중에 있음(한국농공학회 학술발표회 2021(P-B-9))
- 자동수위관측 통신모듈은 2000년대 초반 CDMA가 개발되어서 현장 계측장치와 이용자 중앙 서버간의 양방향 통신으로 현장장치 원격접속, 계측기 설정 등의 기술을 활용하였으나 개발이후 최근 국내 통신사의 CDMA (2G) 서비스 중단에 따라 LoRa 망으로 교체되어 운영되고 있음
- 현재 LTE, IoT 등 다양한 통신망 서비스가 국가와 통신회사에 의해 제공되어 안정적이고 미래지향적인 농업용 저수지 관리를 위한 적정 통신 방안에 대한 검토가 필요하며 본연구에서는 국내 이동통신망(LTE, LoRa)으로 현장시험을 실시하였음



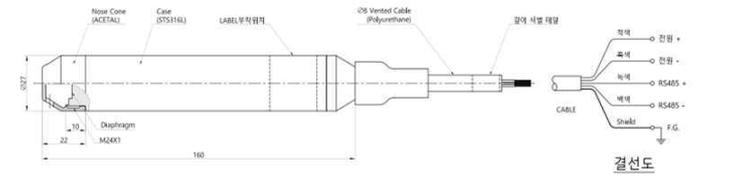
설치도면



현장설치 사진

<그림 92> 현장설치

- 압력센서의 규격은 아래와 같으며, 온도와 압력을 측정할 수 있으며 현재 깊은심도와 낮은 심도에 하나씩 설치되어 있음



사양

종류	개별	종도
측정범위	0~1.150mmH ₂ O(Gauge Absolute)	0~50°C
정확도	±0.2%FS(RSS)	±0.5%FS
정밀온도측정	±0.05%FS/°C	-
정밀온도보정	±0.005%FS/°C	-
사용온도범위	0 ~ 70°C	-
전원	10 ~ 28VDC	-
출력	RS485 MODBUS RTU	-
출력전압	Ø6 Vented Tube Polyurethane Cable	-
최대압력	200NFS Max.	-
최고압력	400NFS Min.	-
보호등급	IP68	-
외관재질	Stainless Steel 316L, VITON	-

- 노트**
1. 무지상 용체에 사용시 상영할 것
 2. 저압상태 하압을 전가하지 말 것
 3. 허용온도범위를 벗어나지 사용하길 요망함
 4. 전동여 있는 곳에서 사용 시에는 CABLE 단통을 최소위까지 분해된 단위에 CABLE을 고정할 것
 5. 케이블의 Vent Tube가 특정한 온도측치로 이동할 순간, 정류에 의해 특정한 압도에 유지할 것
 6. Nozzle Cone가 압력에 압착되는 Diaphragm은 물리적 접촉에 쉽게 파손될 수 있으므로 주의하여야 하며, Diaphragm이 파손된 압력값이 점차 감소하여 적체된 압도에 유지됨
 7. 측정대체가 없이 Diaphragm이 변형되는 환경에서 사용하지 말 것

4	FUR0020WG00/50C-18D	0~20mH ₂ O	0~50°C	30m	D	특색
3	FUR0020WG00/50C-18S	0~20mH ₂ O	0~50°C	30m	S	녹색
2	FUR0010WG00/50C-18D	0~10mH ₂ O	0~50°C	10m	D	특색
1	FUR0010WG00/50C-18S	0~10mH ₂ O	0~50°C	10m	S	녹색
NO.	모델명	레벨측정범위	온도측정범위	케이블 길이	타입	태양계상

* 본 도면은 개발안으로 변경될 수 있음

<그림 95> 세부사양

- 통신프로토콜은 다음과 같다. 계측기에서 RS485 Modbus를 사용하여 통신함

1. Data format
No parity / 8 bit / 1 stop / RTU MODE

2. 지시값(PV) 데이터 읽기

Function	어드레스	명칭	설명	범위
0x04	0x0000	압력 값	압력 값	±9999
	0x0001	압력 소수점 위치값	$mH_2O : 2$ $kg/cm^2 : 3$	2 ~ 3
	0x0002	온도 값	온도 값	0 ~ 800
	0x0003	온도 소수점 위치값	소수점 위치	1

3. 메뉴 모드 설정값(SV) 데이터 설정

Function	어드레스	명칭	설명	범위	초기값	
0x03, 0x06	0x0000	통신 어드레스	통신 어드레스	1 ~ 247	1 or 2 ¹⁾	
	0x0001	통신 속도	0	2400	0 ~ 6	2
			1	4800		
			2	9600		
			3	19200		
			4	38400		
5			57600			
6	115200					
0x0002	압력 단위 설정	0	mH_2O	0 ~ 1	0	
		1	kg/cm^2			
0x0003	압력 영점 설정	압력 영점 설정	1 ²⁾	-	-	
0x0004	온도 설정	현재 온도 설정	0 ~ 500 ³⁾	-	-	

¹⁾ 압력 범위에 따라 상이
²⁾ 현재 압력을 영점으로 설정
³⁾ 현재 온도를 25.0°C로 설정시 250을 입력

```
[리눅스 RS485 Modbus 압력과 온도 읽는 부분]
modbus_set_slave(address);
modbus_read_input_registers(ctx, 0, 4, mdata.u);
//압력
press = (INT16)mdata.u[0];
temp = (INT16)mdata.u[2];
fpress = (float)press/((mdata.u[1] == 2) ? 100 : 1000);
//온도
ftemp = (float)temp/10;
```

<그림 96> RS485 모드버스 구현코드

- 10월26일 0시부터 5분단위로 10월27일까지의 수위값과 온도측정값을 변화 그래프임
- 온도는 그래프 상으로는 두심도에서 거의 차이가 없으나, 낮은 심도가 0.1도 정도 높은 경우가 많이 측정됨
- 원칙적으로 수위1 과 수위2 는 같은 값을 나타내야 하는데, 현재는 압력값이 정확히 측정되는지 확인하기 위해서 따로 보정이 들어가지 않았음



<그림 97> 미산저수지 수위와 온도

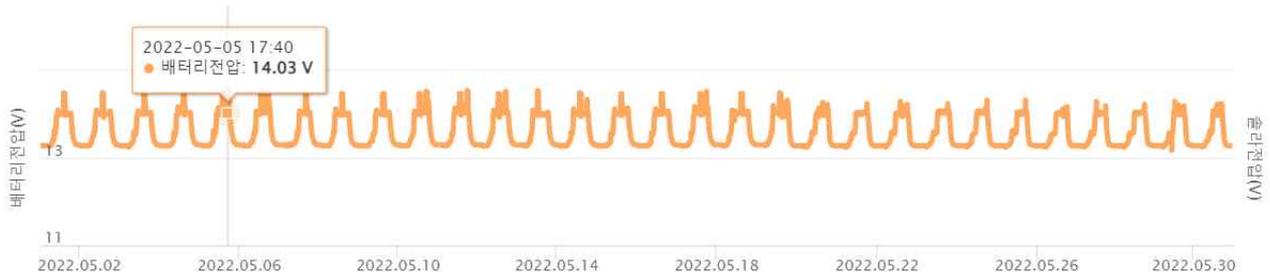
○ 미산저수지 수집 데이터 현황 및 분석

[수집기간 : 2022년5월1 ~2022년 5월30]



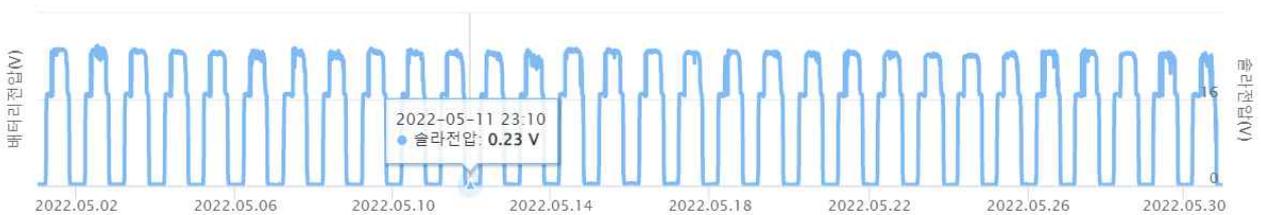
<그림 98> 수집데이터 그래프

- 수위값의 추세선은 전반적으로 양호하게 측정되었으나 수위2의 값이 헛팅되는 문제가 발생.
- 이론적으로 수위1과 수위2는 같은 값이 나오도록 측정되어야 하나 차이가 발생
- 캘리브레이션 및 오프셋 설정 필요



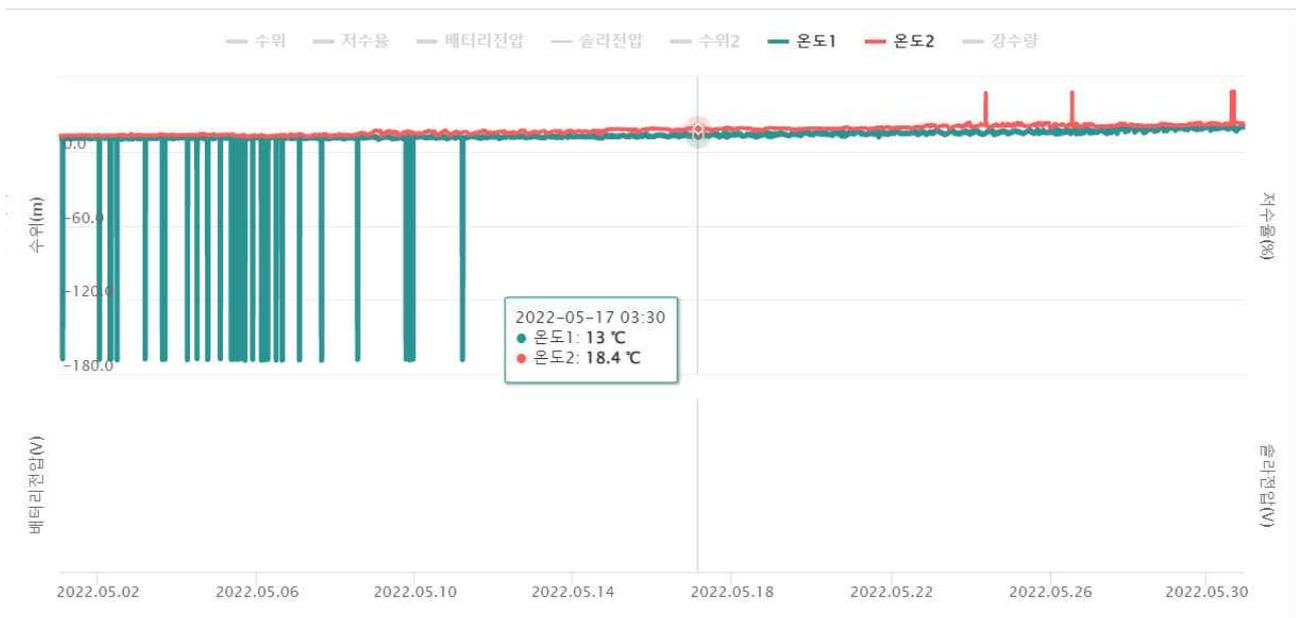
<그림 99> 배터리 전압 그래프

- 배터리 전압은 충방전 사이클을 고려할 때 안정적으로 나오는 것으로 확인됨



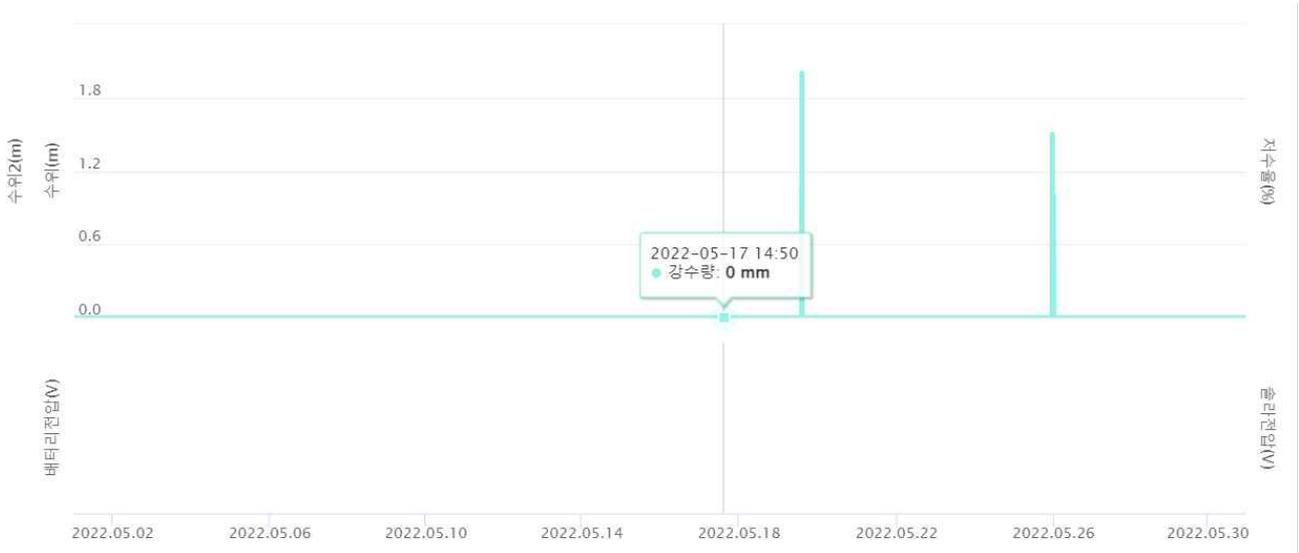
<그림 100> 솔라 전압 그래프

- 솔라전압도 낮과밤에 따라 정상적으로 측정됨을 확인 함



<그림 101> 온도1/2 그래프

- 온도의 경우 깊은심도와 낮은심도가 차이를 보였으나 온도1 에서 헛팅되는 문제 발견
 - 온도2의 경우도 빈도가 많지는 않지만 3회에 걸쳐 헛팅되는 문제 발견



<그림 102> 강수량 그래프

- 강수량은 정상적으로 측정되는 것 확인

[수집기간 : 2022년6월1 ~2022년 6월30]



<그림 103> 수위1 그래프

- 수위 1의 값은 정상적으로 측정되는 것 확인



<그림 104> 수위2 그래프

- 수위2는 중간중간 잘못된 값을 읽고 있음. 센서 오동작 여부 확인 필요



<그림 105> 배터리 전압 그래프

- 배터리 전압은 안정적으로 읽힘



<그림 106> 배터리 솔라 충전 그래프

- 배터리와 솔라는 서로 충방전을 하면서 정상적으로 동작함을 확인



<그림 107> 온도1/2 그래프

- 온도1 은 정상적으로 읽히고 있으나 온도2의 경우 비정상적인 값을 읽고 있음



<그림 108> 강수량 그래프

- 6월말부터 비가 자주 옴에 따라 강수측정이 빈번하게 발생. 정상동작 확인

[수집기간 : 2022년7월1 ~2022년 7월30]

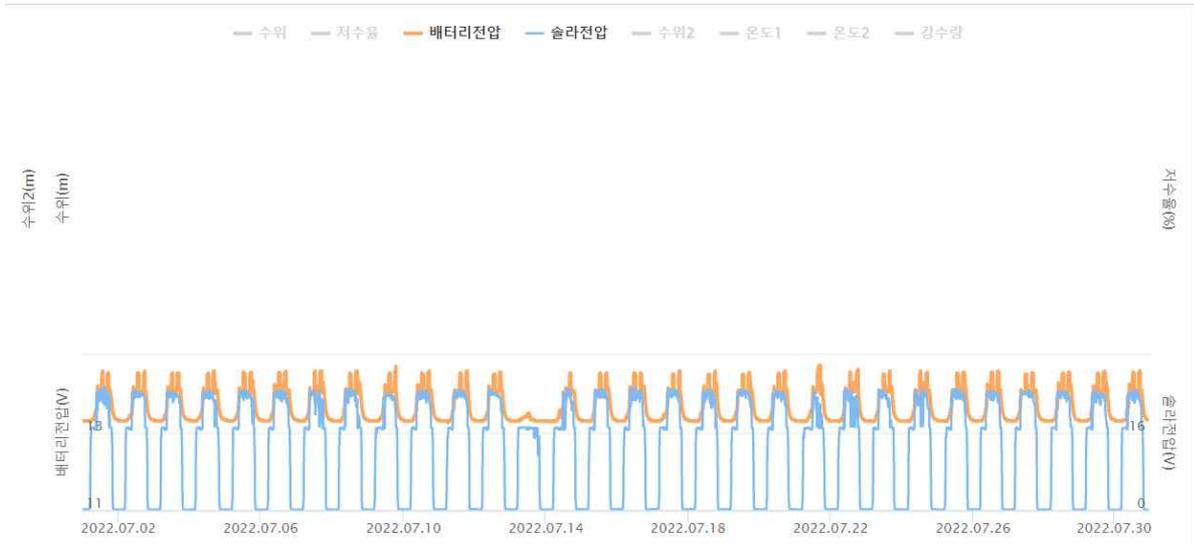


<그림 109> 수위1 그래프

- 수위2 가 여전히 잘못된 값으로 튀는 문제 발생.



<그림 110> 수위2 그래프

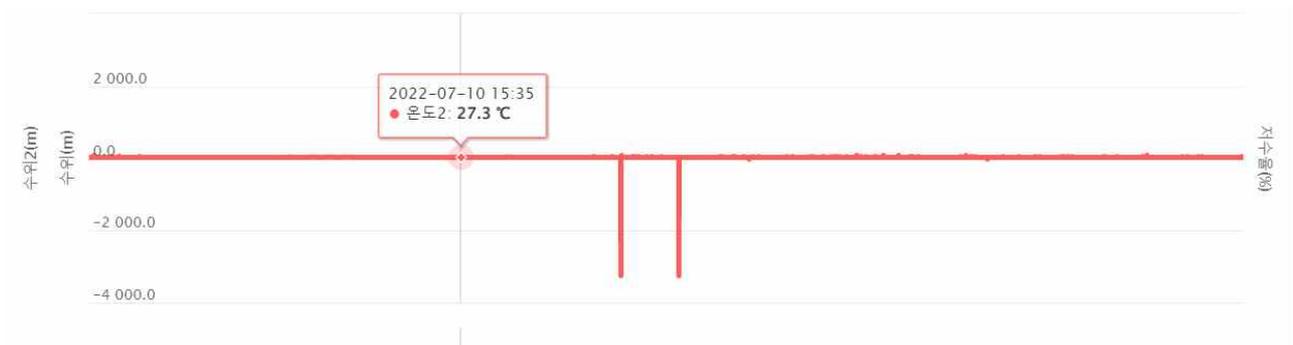


<그림 111> 배터리 솔라 충전 그래프

- 중간에 솔라전압이 안 올라온 부분은 무일조의 영향으로 판단됨. 이후 정상동작 확인

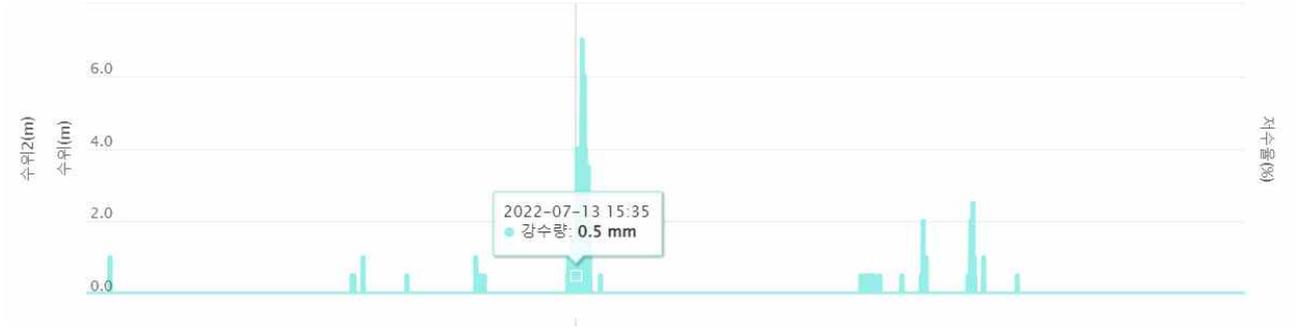


<그림 112> 온도1 그래프



<그림 113> 온도2 그래프

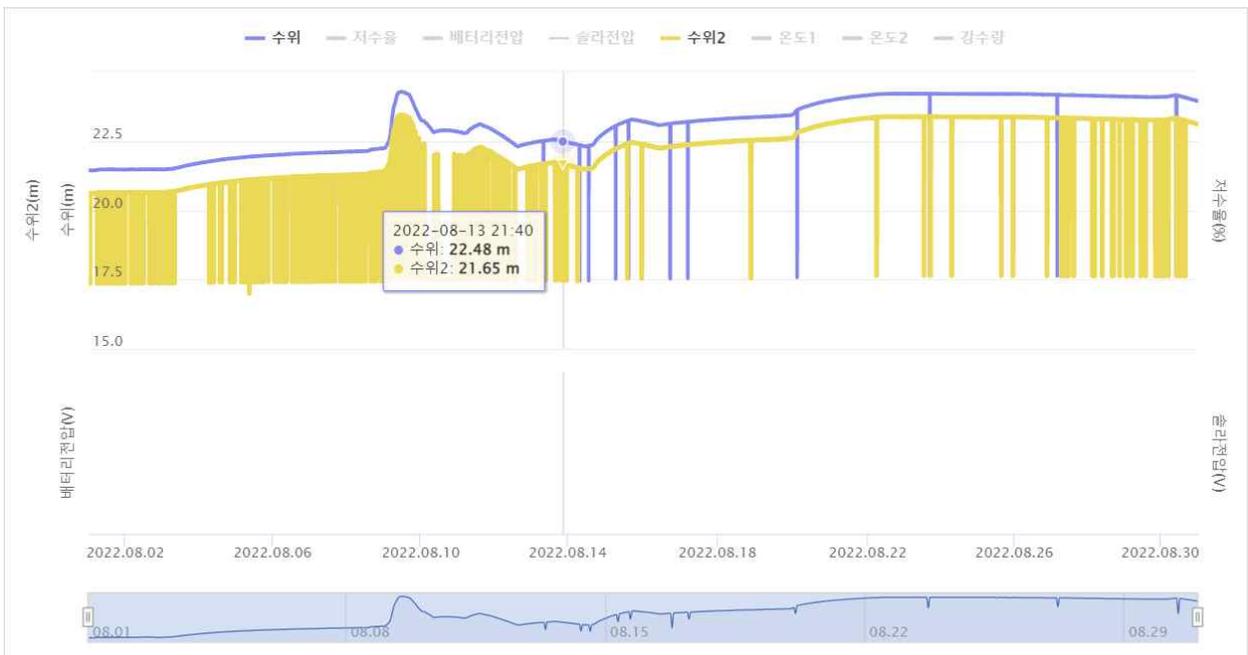
- 온도2의 경우 마이너스로 튀는 문제 여전히 발생



<그림 114> 강수량 그래프

- 강수량은 정상적으로 측정됨을 확인.

[수집기간 : 2022년8월1 ~2022년 8월30]



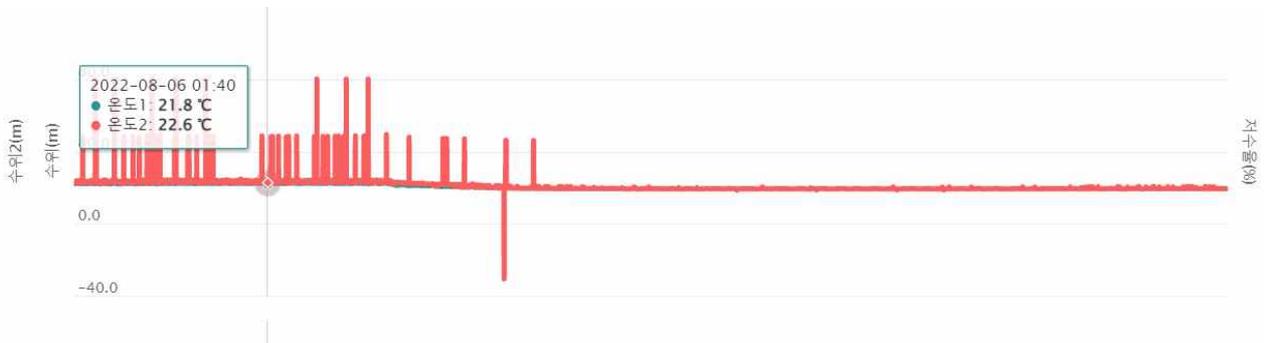
<그림 115> 수위1/2 그래프

- 수위2는 여전히 튀는 문제 발생
- 수위1도 가끔씩 튀는 문제 발생
- 전체적인 추세선은 정상적이나 센서 튀는 문제는 해결필요해 보임



<그림 116> 배터리 솔라 총방전 그래프

- 솔라와 배터리에서 정상적으로 읽히지 않는 문제 발견



<그림 117> 온도1/2 그래프

- 온도1은 정상적이나 온도2가 여전히 튀는 문제 발생

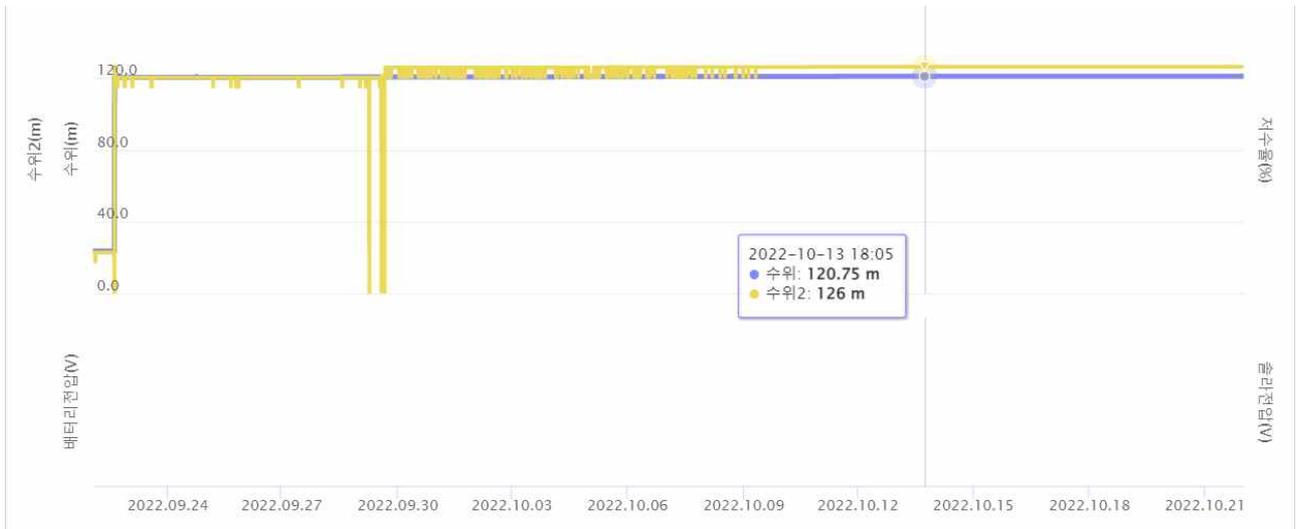


<그림 118> 강수량 그래프

- 최대 9mm 까지 측정되었으며 정상동작 확인.

[수집기간 : 2022년9월22 ~2022년 10월21]

- 9월29일 RTU 장비 및 소프트웨어 업그레이드 실시



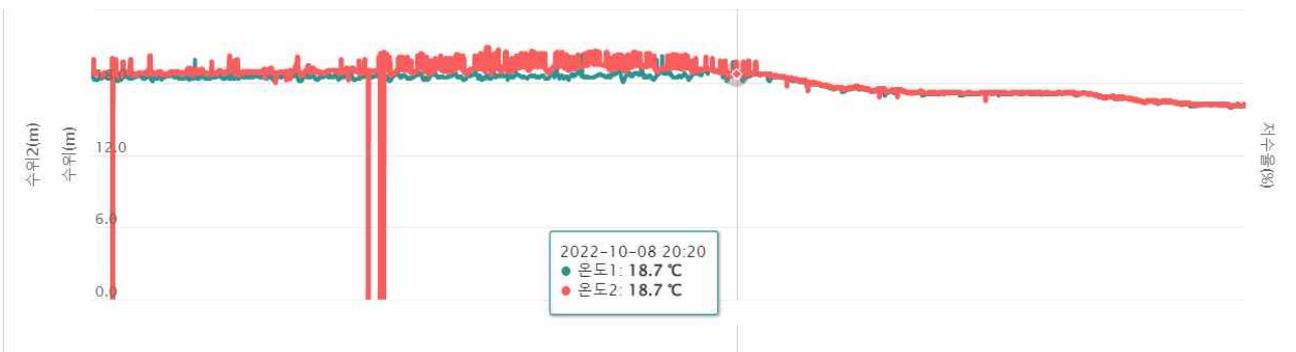
<그림 119> 수위1/2 그래프

- 장비 및 소프트웨어 업그레이드후 수위값 정상적으로 계측되는 것 확인함



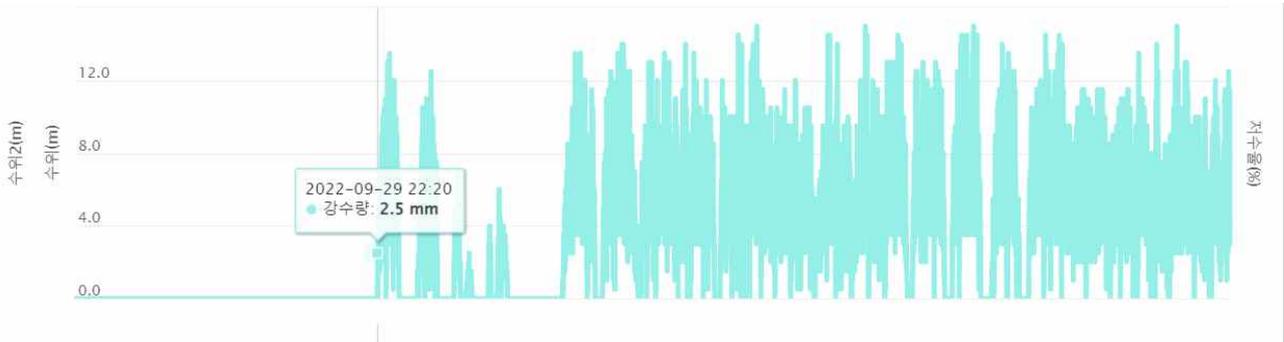
<그림 120> 배터리 솔라 충전 그래프

- 배터리 및 솔라 정상동작 확인하였으나 일부구간 튀긴하나 정상범위 확인



<그림 121> 온도 1/2 그래프

- 튀는 문제는 장비 및 소프트웨어 업그레이드후 정상동작 함을 확인



<그림 122> 강수량 그래프

라) 무일조 및 동작온도 테스트 진행

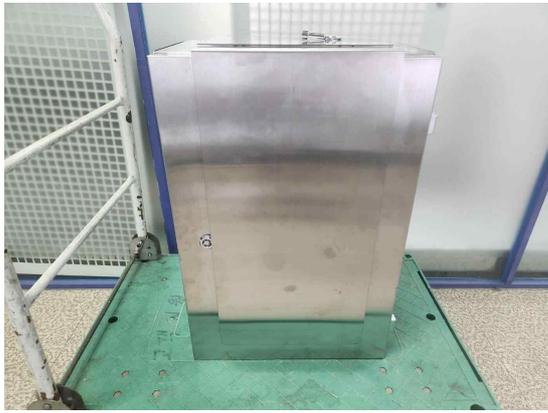
- 본 과제의 경우 무일조동작 및 온도에 따른 정상동작이 중요하므로 아래와 같이 테스트를 진행

테스트항목	테스트 기간	시험 결과	테스트기관
무일조 30일 테스트	2023/12/22 ~ 2024/1/29	적합	한국기계전기전자시험연구원 (Korea Testing Certification)
동작 온도 테스트		적합	

<표> 테스트 내용

○ 무일조 시험

- 환경조건 - 온도 : 25°C±2 , 습도 : 50%±3% R.H., 기간 : 30일
- 준비물 : SN1000 합체 1대, 충전완료된 리튬인산철 배터리 12.8V 80Ah 1개, SD 카드 16G 1개, 노트북 1개
- 절차
 - A. 온습도 챔버에 SN1000을 설치
 - B. SN1000에 SD카드를 삽입
 - C. SN1000의 BATTERY 포트에 배터리를 연결하고 SN1000의 내부 전원 스위치를 올려 작동
 - D. 2분 이내로 LCD 백라이트가 꺼지는 것(절전모드)을 확인하고 합체를 닫음 (온습도 챔버 가동)
 - E. 30일 경과 후 온습도 챔버를 OFF 후 SN1000의 합체를 열어 LCD 터치시 화면이 나오는 것을 확인하고 SN1000의 전원스위치를 내림
 - F. SN1000에 장착된 SD카드를 제거하고 컴퓨터에 SD카드를 삽입하여 SN1000의 데이터가 30일간 들어왔는지 확인하여 결과 값을 작성



<그림 123> 테스트 시료



<그림 124> 챔버 내 시료 및 시험 전경

```

0694,000000000000,2024/01/20 14:00:00,05,6,1,0.1310,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0695,000000000000,2024/01/20 15:00:00,05,6,1,0.1340,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0696,000000000000,2024/01/20 16:00:00,05,6,1,0.1370,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0697,000000000000,2024/01/20 17:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0698,000000000000,2024/01/20 18:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0699,000000000000,2024/01/20 19:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0700,000000000000,2024/01/20 20:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0701,000000000000,2024/01/20 21:00:00,05,6,1,0.1370,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0702,000000000000,2024/01/20 22:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0703,000000000000,2024/01/20 23:00:00,05,6,1,0.1330,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0704,000000000000,2024/01/21 00:00:00,05,6,1,0.1370,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0705,000000000000,2024/01/21 01:00:00,05,6,1,0.1320,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0706,000000000000,2024/01/21 02:00:00,05,6,1,0.1330,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0707,000000000000,2024/01/21 03:00:00,05,6,1,0.1310,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0708,000000000000,2024/01/21 04:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0709,000000000000,2024/01/21 05:00:00,05,6,1,0.1310,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0710,000000000000,2024/01/21 06:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0711,000000000000,2024/01/21 07:00:00,05,6,1,0.1330,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0712,000000000000,2024/01/21 08:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0713,000000000000,2024/01/21 09:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0714,000000000000,2024/01/21 10:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0715,000000000000,2024/01/21 11:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0716,000000000000,2024/01/21 12:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0717,000000000000,2024/01/21 13:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0718,000000000000,2024/01/21 14:00:00,05,6,1,0.1340,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0719,000000000000,2024/01/21 15:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0720,000000000000,2024/01/21 16:00:00,05,6,1,0.1320,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0721,000000000000,2024/01/21 17:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0722,000000000000,2024/01/21 18:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0723,000000000000,2024/01/21 19:00:00,05,6,1,0.1370,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0724,000000000000,2024/01/21 20:00:00,05,6,1,0.1330,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0725,000000000000,2024/01/21 21:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0726,000000000000,2024/01/21 22:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0727,000000000000,2024/01/21 23:00:00,05,6,1,0.1330,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0728,000000000000,2024/01/22 00:00:00,05,6,1,0.1370,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0729,000000000000,2024/01/22 01:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0730,000000000000,2024/01/22 02:00:00,05,6,1,0.1330,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0731,000000000000,2024/01/22 03:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0732,000000000000,2024/01/22 04:00:00,05,6,1,0.1330,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0733,000000000000,2024/01/22 05:00:00,05,6,1,0.1310,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0734,000000000000,2024/01/22 06:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0735,000000000000,2024/01/22 07:00:00,05,6,1,0.1310,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0736,000000000000,2024/01/22 08:00:00,05,6,1,0.1320,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0737,000000000000,2024/01/22 09:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000

```

<그림 125> 로깅 데이터



<그림 126> 723시간 프로파일

○ 온도 시험

- 환경조건 온도 : $-20^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$, 습도 : 50% R.H., 기간 : 3일
- 준비물 : SN1000 합체 1대, 충전완료된 리튬인산철 배터리 12.8V 80Ah 1개, SD 카드 16G 1개, 노트북 1개
- 시험 장비 : Temperature & Humidity Chamber - SE-CT-10 (석산테크놀로지)
- 절차
 - A. 온습도 챔버에 SN1000을 설치
 - B. SN1000에 SD카드를 삽입
 - C. SN1000의 BATTERY 포트에 배터리를 연결하고 SN1000의 내부 전원 스위치를 올

려 작동

- D. 2분 이내로 LCD 백라이트가 꺼지는 것(절전모드)을 확인하고 함체를 닫음
- E. 온도 챔버를 -20°C 로 세팅하여 가동하고 1일 경과 후 온도 챔버를 25°C 로 변경 세팅하여 가동하고 1일 경과후 온도 챔버를 60°C 로 변경 세팅하여 가동하고 1일경과 후 온도챔버를 OFF 한다. 그 후 SN1000의 함체를 열어 LCD 터치시 화면이 나오는 것을 확인하고 SN1000의 전원스위치를 내림
- F. SN1000에 장착된 SD카드를 제거하고 컴퓨터에 SD카드를 삽입하여 SN1000의 데이터가 3일간 들어왔는지 확인



<그림 127> 동작온도

```

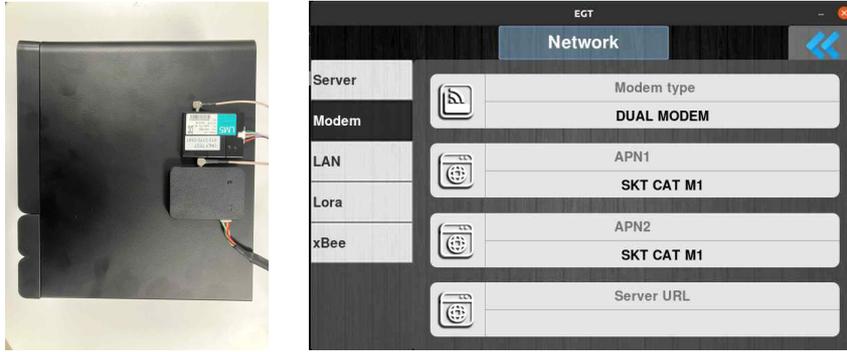
0037,000000000000,2024/01/24 23:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1250,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0038,000000000000,2024/01/25 00:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1250,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0039,000000000000,2024/01/25 01:00:00,05,6,1,0.1310,6,2,0.0000,1,1,13.1250,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0040,000000000000,2024/01/25 02:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1250,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0041,000000000000,2024/01/25 03:00:00,05,6,1,0.1330,6,2,0.0000,1,1,13.1250,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0042,000000000000,2024/01/25 04:00:00,05,6,1,0.1370,6,2,0.0000,1,1,13.1500,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0043,000000000000,2024/01/25 05:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1500,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0044,000000000000,2024/01/25 06:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1500,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0045,000000000000,2024/01/25 07:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1500,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0046,000000000000,2024/01/25 08:00:00,05,6,1,0.1330,6,2,0.0000,1,1,13.1500,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0047,000000000000,2024/01/25 09:00:00,05,6,1,0.1320,6,2,0.0000,1,1,13.1500,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0048,000000000000,2024/01/25 10:00:00,05,6,1,0.1310,6,2,0.0000,1,1,13.1500,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0049,000000000000,2024/01/25 11:00:00,05,6,1,0.1380,6,2,0.0000,1,1,13.1250,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0050,000000000000,2024/01/25 12:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1500,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0051,000000000000,2024/01/25 13:00:00,05,6,1,0.1320,6,2,0.0000,1,1,13.1500,1,2,0.5250,69,1,0x04000000
0052,000000000000,2024/01/25 14:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1500,1,2,0.5250,69,1,0x04000000
0053,000000000000,2024/01/25 15:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1500,1,2,0.5250,69,1,0x04000000
0054,000000000000,2024/01/25 16:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1500,1,2,0.5250,69,1,0x04000000
0055,000000000000,2024/01/25 17:00:00,05,6,1,0.1380,6,2,0.0000,1,1,13.1500,1,2,0.5250,69,1,0x04000000
0056,000000000000,2024/01/25 18:00:00,05,6,1,0.1330,6,2,0.0000,1,1,13.1500,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0057,000000000000,2024/01/25 19:00:00,05,6,1,0.1320,6,2,0.0000,1,1,13.1500,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0058,000000000000,2024/01/25 20:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1500,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0059,000000000000,2024/01/25 21:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1500,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0060,000000000000,2024/01/25 22:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1500,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0061,000000000000,2024/01/25 23:00:00,05,6,1,0.1330,6,2,0.0000,1,1,13.1500,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0062,000000000000,2024/01/26 00:00:00,05,6,1,0.1380,6,2,0.0000,1,1,13.1250,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0063,000000000000,2024/01/26 01:00:00,05,6,1,0.1330,6,2,0.0000,1,1,13.1250,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0064,000000000000,2024/01/26 02:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1250,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0065,000000000000,2024/01/26 03:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1250,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0066,000000000000,2024/01/26 04:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1250,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0067,000000000000,2024/01/26 05:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1250,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0068,000000000000,2024/01/26 06:00:00,05,6,1,0.1330,6,2,0.0000,1,1,13.1250,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0069,000000000000,2024/01/26 07:00:00,05,6,1,0.1320,6,2,0.0000,1,1,13.1250,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0070,000000000000,2024/01/26 08:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1250,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0071,000000000000,2024/01/26 09:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0072,000000000000,2024/01/26 10:00:00,05,6,1,0.1330,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0073,000000000000,2024/01/26 11:00:00,05,6,1,0.1330,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0074,000000000000,2024/01/26 12:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0075,000000000000,2024/01/26 13:00:00,05,6,1,0.1320,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0076,000000000000,2024/01/26 14:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0077,000000000000,2024/01/26 15:00:00,05,6,1,0.1340,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0078,000000000000,2024/01/26 16:00:00,05,6,1,0.1330,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000
0079,000000000000,2024/01/26 17:00:00,05,6,1,0.1300,6,2,0.0000,1,1,13.1000,1,2,0.5500,69,1,0x04000000

```

<그림 128> 저장기록

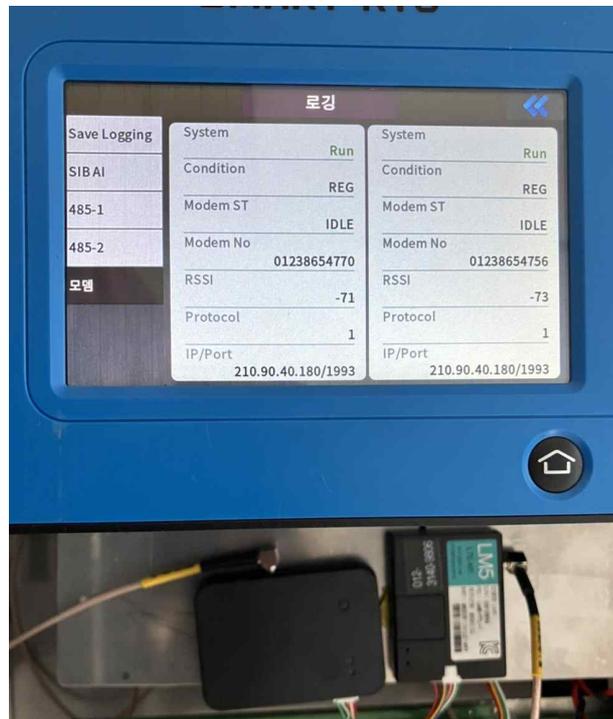
4)통신모듈 이중화 모듈 개발과 장애 감지 대응 기술 현장시험 및 활용방안

- 통신모듈 이중화 모듈 개발
- (구성) 시제품은 아래와 같이 두 개의 LTE Cat.M1 외장형 모듈을 부착하였으며, Main Controller에서 Uart를 통해서 제어함
- 아래와 같이 두 개가 연결되어 있는 경우, 설정에서 DUAL MODEM을 선택하면 이중화 알고리즘이 동작함



<그림 129> 통신보드

- (통신 이중화 동작방법) 두개의LTE Cat.M1 을 적용하여 장애발생시 다른 모뎀으로 통신하여 장애를 복구함
- 두 개의 통신모뎀이 살아 있는 경우 (한대는 Standby 상태이다)



<그림 130> 두 개의 모뎀이 있는 경우

- 한 대를 강제로 제거하면 아래 그림과 같이 시스템이 모뎀을 Stop 시킨 후 나머지 한 대로 정상적인 통신을 하게됨



<그림 131> 한 개만 사용 가능일때

(4) 성능지표

평가 항목 (주요성능 ¹⁾)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 ²⁾ (%)	세계 최고수준 보유국/보유기 관	연구개발 전 국내 수준	연구개발 목표치			목표 설정 근거
			성능수준	성능수준	1단계 (21~22)	2단계 (22~23)	2단계 (23~24)	
계측인터페이스 (표준프로토콜반 영)	포트	10	-	-	10	20	26	-
압력센서 정밀도 (센서이중화)	%	20	0.25%	0.25%	0.25%	0.20%	0.20%	해외 계측기 브로셔(사양)
원격 응답속도 (VPN 기반의 Always On 구현)	sec	20	≥10	≥10	≥5	≥5	≥5	Always On 기능 활용
경보 전송 (조기경보체계)	sec	20	-	-	≥5	≥5	≥5	
통신이중화 (IoT 통신망 구축)	-	30	-	-	적용	적용	적용	

1) 계측인터페이스 (표준 프로토콜반영)

○ 현재 놓여진 공사에 사용되는 프로토콜을 반영하였으면 아래와 같이 현재 총 27개를 구현하였
으며 필요에 따라 계속 추가 예정임

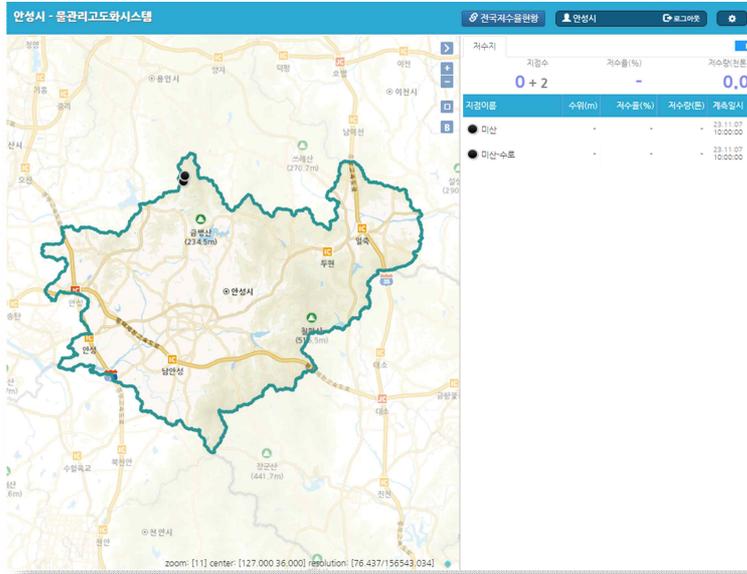
○ 인터페이스 프로토콜

<표 22> 인터페이스 프로토콜

DEC	HEX	항목	길이	비고
1	0x01	전압	4byte(float)	장치 전압 (ID1: BAT, 2:SOL)
2	0x02	내부 온도	4byte(float)	함체 온도 소수점 2자리
3	0x03	장비 타입	4byte(float)	장치 구분(저수지, 수로, 보)
4	0x04	센서 타입	4byte(float)	센서 구분(초음파, 압력, 레이더)
5	0x05	경보	4byte(float)	Bit1 : Solar Bit2: Door Bit3:Shock Bit4:Level
6	0x06	전류	4byte(float)	бат데리 총, 방전 전류 값
7	0x07	RSSI	4byte(float)	모뎀 or 지그비 통신 감도
8	0x08	TCP_CNT	4byte(float)	무선 호 접속 시도 수
9	0x10	수위	4byte(float)	수위
10	0x12	유속	4byte(float)	유속
11	0x15	펌프	4byte(float)	양배 수장 유량 값으로 사용
12	0x16	강우	4byte(float)	0.1~0.5단위 소수점 1자리
13	0x19	수온	4byte(float)	소수점 2자리
14	0x1C	순간유량	4byte(float)	관로, 수로, 하천 등 일반 유량 자동유량계 순간유량
15	0x1F	누적유량	4byte(float)	누적유량
16	0x26	수중 압력	4byte(float)	수중 압력 측정.
17	0x29	대기 압력	4byte(float)	대기 압력
18	0x2A	대기 온도	4byte(float)	대기 온도
19	0x2B	대기 습도	4byte(float)	대기 습도
20	0x42	수심	4byte(float)	바닥으로부터 수면 높이
21	0x43	저수량	4byte(float)	현재 저수량
22	0x44	측정간격(초)	4byte(int)	순간유량이 있을때만 로깅
23	0xF0	이미지	Image length	이미지 데이터
24	0x50	변위값	4byte(float)	변위계 측정 데이터
25	0x51	변위계 온도	4byte(float)	변위계 온도 데이터
26	0x52	변위계 습도	4byte(float)	변위계 습도 데이터
27	0xFF	펌웨어 변경	펌웨어 사이즈	FOTA를 이용한 펌웨어 업그레이드

○ (서버연동) 미산저수지에 설치한 장비로부터 주기적으로 서버로 데이터를 보냄

○ 회사내부에 자체적으로 설치된 서버로 전송됨 (211.53.249.241:9400)



<그림 132> 전체 현황 화면



<그림 133> 수집데이터 그래프

mm	계측부서	수위(m)	저수위(%)	압력(V)	압력 전류(A)	강수량(mm)	수위(m)	풍속1	풍속2	풍속(V)	풍속 전류(A)
1	23-09-06 23:00	118.35	73.95	13.33	0.15	0	118.36	22.77	23.73	0.15	0
2	23-09-06 22:00	118.35	73.97	13.36	0.15	0	118.36	22.69	23.59	0.15	0
3	23-09-06 21:00	118.35	73.97	13.43	0.15	0	118.36	22.45	23.29	0.15	0
4	23-09-06 20:00	118.35	73.97	13.58	0.15	0	118.36	22.39	23.48	0.15	0
5	23-09-06 19:00	118.35	73.97	13.89	0.15	0	118.36	22.32	23.91	1.95	0
6	23-09-06 18:00	118.36	74.04	14.58	0.15	0	118.36	22.13	24.06	17.07	0.06
7	23-09-06 17:00	118.36	74.03	14.87	0.15	0	118.36	22.4	24.04	22.26	0.12
8	23-09-06 16:00	118.35	74.01	14.85	0.15	0	118.36	22.55	24.04	24.04	0.11
9	23-09-06 15:00	118.36	74.02	14.85	0.15	0	118.36	22.64	24.28	23.95	0.11
10	23-09-06 14:00	118.36	74.04	14.85	0.15	0	118.37	22.65	23.92	24.04	0.11
11	23-09-06 13:00	118.36	74.03	14.85	0.15	0	118.37	22.69	23.7	24.12	0.11
12	23-09-06 12:00	118.36	74.04	14.66	0.15	0	118.37	22.65	23.53	24.1	0.13
13	23-09-06 11:00	118.36	74.06	14.5	0.15	0	118.37	22.45	23.51	24.28	0.11

<그림 134> 수집데이터 차트

2) 압력센서 정밀도

○ 계측환경

- 환경조건 : 실온, 기간 : 4일

○ 준비물

- SN1000 1대
- 수조(1.5m) 1개
- 압력식 4~20mA 수위 센서 1개
- 압력식 RS485 수위 센서 1개
- 12.8V 60Ah 배터리 1개

○ 시험 절차 순서

- SN1000의 AI 포트에 4~20mA 압력 센서를 극성에 맞게 연결
- SN1000의 485 포트에 RS485 압력 센서를 극성에 맞게 연결
- 수조에 측정하고자 하는 높이(1.4m, 1.1m, 0.8m, 0.5m) 높이에 맞게 물을 채움
- 각 압력센서를 채운 수조에 깊숙히 넣음(센서봉이 수조 하단에 위치)
- SN1000의 디스플레이에서 CH1(4~20mA)와 CH2(RS485)의 수위를 10분 간격으로 20회 측정하여 오차값을 측정



<그림 135> 수조와 SN1000

○ 1.4m 측정

순번	측정시간	기준측정 높이(m)	4~20mA 압력센서(ch1) 측정높이(m)	ch1 오차율(%)	485 압력센서(ch1) 측정높이(m)	ch2 오차율(%)
1	13:30	1.4	1.401	0.07%	1.399	-0.07%
2	13:40	1.4	1.401	0.07%	1.399	-0.07%
3	13:50	1.4	1.401	0.07%	1.399	-0.07%
4	14:00	1.4	1.401	0.07%	1.399	-0.07%
5	14:10	1.4	1.401	0.07%	1.399	-0.07%
6	14:20	1.4	1.401	0.07%	1.399	-0.07%
7	14:30	1.4	1.401	0.07%	1.399	-0.07%
8	14:40	1.4	1.401	0.07%	1.399	-0.07%
9	14:50	1.4	1.401	0.07%	1.399	-0.07%
10	15:00	1.4	1.402	0.14%	1.399	-0.07%
11	15:10	1.4	1.402	0.14%	1.399	-0.07%
12	15:20	1.4	1.402	0.14%	1.399	-0.07%
13	15:30	1.4	1.402	0.14%	1.399	-0.07%
14	15:40	1.4	1.402	0.14%	1.400	0.00%
15	15:50	1.4	1.402	0.14%	1.400	0.00%
16	16:00	1.4	1.402	0.14%	1.400	0.00%
17	16:10	1.4	1.402	0.14%	1.400	0.00%
18	16:20	1.4	1.402	0.14%	1.400	0.00%
19	16:30	1.4	1.402	0.14%	1.400	0.00%
20	16:40	1.4	1.402	0.14%	1.400	0.00%
			오차평균	0.11%	오차평균	-0.05%

<그림 136> 1.4m 일때의 오차

○ 1.1m 측정

순번	측정시간	기준측정 높이(m)	4~20mA 압력센서(ch1) 측정높이(m)	ch1 오차율(%)	485 압력센서(ch1) 측정높이(m)	ch2 오차율(%)
1	13:30	1.1	1.101	0.09%	1.101	0.09%
2	13:40	1.1	1.101	0.09%	1.101	0.09%
3	13:50	1.1	1.101	0.09%	1.101	0.09%
4	14:00	1.1	1.101	0.09%	1.101	0.09%
5	14:10	1.1	1.101	0.09%	1.101	0.09%
6	14:20	1.1	1.101	0.09%	1.101	0.09%
7	14:30	1.1	1.101	0.09%	1.101	0.09%
8	14:40	1.1	1.101	0.09%	1.101	0.09%
9	14:50	1.1	1.101	0.09%	1.101	0.09%
10	15:00	1.1	1.101	0.09%	1.101	0.09%
11	15:10	1.1	1.101	0.09%	1.101	0.09%
12	15:20	1.1	1.101	0.09%	1.101	0.09%
13	15:30	1.1	1.101	0.09%	1.101	0.09%
14	15:40	1.1	1.101	0.09%	1.101	0.09%
15	15:50	1.1	1.101	0.09%	1.101	0.09%
16	16:00	1.1	1.101	0.09%	1.101	0.09%
17	16:10	1.1	1.101	0.09%	1.101	0.09%
18	16:20	1.1	1.101	0.09%	1.101	0.09%
19	16:30	1.1	1.101	0.09%	1.100	0.00%
20	16:40	1.1	1.101	0.09%	1.100	0.00%
			오차평균	0.09%	오차평균	0.08%

<그림 137> 1.1m 일때의 오차

○ 0.8m 측정

순번	측정시간	기준측정 높이(m)	4~20mA 압력센서(ch1) 측정높이(m)	ch1 오차율(%)	485 압력센서(ch1) 측정높이(m)	ch2 오차율(%)
1	13:30	0.8	0.801	0.12%	0.799	-0.12%
2	13:40	0.8	0.801	0.12%	0.799	-0.12%
3	13:50	0.8	0.801	0.12%	0.799	-0.12%
4	14:00	0.8	0.801	0.12%	0.799	-0.12%
5	14:10	0.8	0.801	0.12%	0.799	-0.12%
6	14:20	0.8	0.801	0.12%	0.799	-0.12%
7	14:30	0.8	0.801	0.12%	0.799	-0.12%
8	14:40	0.8	0.801	0.12%	0.799	-0.12%
9	14:50	0.8	0.801	0.12%	0.799	-0.12%
10	15:00	0.8	0.801	0.12%	0.799	-0.12%
11	15:10	0.8	0.801	0.12%	0.799	-0.12%
12	15:20	0.8	0.801	0.12%	0.799	-0.12%
13	15:30	0.8	0.801	0.12%	0.800	0.00%
14	15:40	0.8	0.801	0.12%	0.800	0.00%
15	15:50	0.8	0.801	0.12%	0.800	0.00%
16	16:00	0.8	0.801	0.12%	0.800	0.00%
17	16:10	0.8	0.801	0.12%	0.800	0.00%
18	16:20	0.8	0.801	0.12%	0.800	0.00%
19	16:30	0.8	0.801	0.12%	0.800	0.00%
20	16:40	0.8	0.801	0.12%	0.800	0.00%
			오차평균	0.12%	오차평균	-0.07%

<그림 138> 0.8m 일때의 오차

○ 0.5m 측정

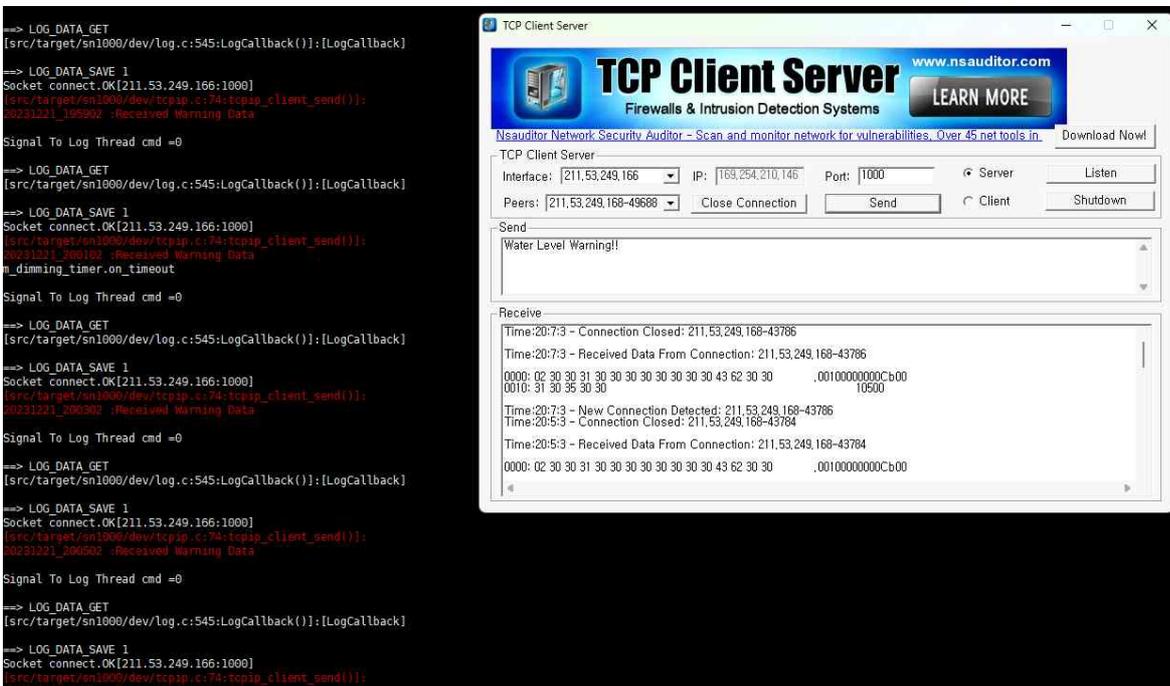
순번	측정시간	기준측정 높이(m)	4~20mA 압력센서(ch1) 측정높이(m)	ch1 오차율(%)	485 압력센서(ch1) 측정높이(m)	ch2 오차율(%)
1	13:30	0.5	0.501	0.20%	0.500	0.00%
2	13:40	0.5	0.501	0.20%	0.500	0.00%
3	13:50	0.5	0.501	0.20%	0.500	0.00%
4	14:00	0.5	0.501	0.20%	0.500	0.00%
5	14:10	0.5	0.501	0.20%	0.500	0.00%
6	14:20	0.5	0.501	0.20%	0.500	0.00%
7	14:30	0.5	0.501	0.20%	0.500	0.00%
8	14:40	0.5	0.501	0.20%	0.500	0.00%
9	14:50	0.5	0.501	0.20%	0.500	0.00%
10	15:00	0.5	0.501	0.20%	0.500	0.00%
11	15:10	0.5	0.501	0.20%	0.499	-0.20%
12	15:20	0.5	0.500	0.00%	0.499	-0.20%
13	15:30	0.5	0.500	0.00%	0.499	-0.20%
14	15:40	0.5	0.500	0.00%	0.499	-0.20%
15	15:50	0.5	0.500	0.00%	0.499	-0.20%
16	16:00	0.5	0.500	0.00%	0.499	-0.20%
17	16:10	0.5	0.500	0.00%	0.499	-0.20%
18	16:20	0.5	0.500	0.00%	0.499	-0.20%
19	16:30	0.5	0.500	0.00%	0.499	-0.20%
20	16:40	0.5	0.500	0.00%	0.499	-0.20%
			오차평균	0.11%	오차평균	-0.10%

<그림 139> 0.5m 일때의 오차

○ 오차율은 타겟으로 하고 있는 0.20% ~ 0.25% 안으로 전부 들어오는 것을 확인함

3) 원격 응답속도

- 테스트 환경은 두가지 환경에서 실시
- (내부네트워크구성) 동일 네트워크 대역에서 Tcp/Ip를 통한 테스트를 실시
- 2분 간격으로 Tcp 서버에서 데이터를 10회 수신하였으며, 손실없이 즉시 데이터를 수신하였으며, 내부 네트워크인 이유로 시간차이가 나타나지 않음

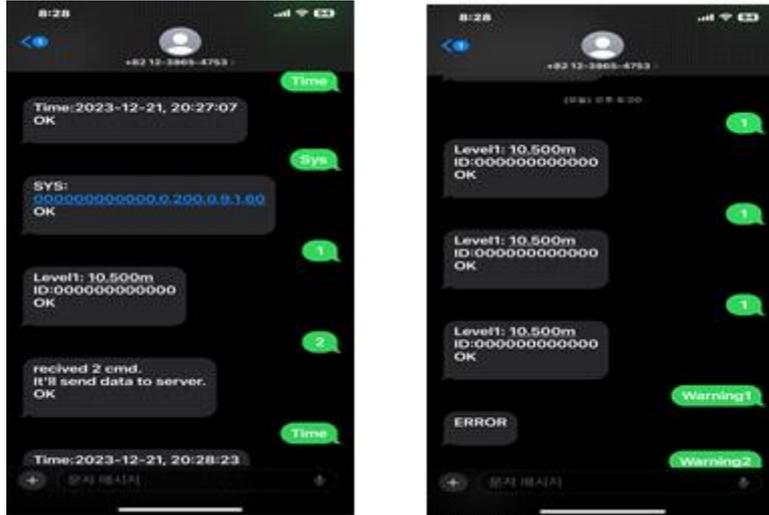


<그림 140> 실제 로그화면과 서버와의 통신기록

<표 23> 송수신시간 기록

No	서버 송신시간	SN1000 수신시간	차이 (sec)	성공여부
1	2023/12/21 19:59:02	2023/12/21 19:59:02	0sec	성공
2	2023/12/21 20:01:02	2023/12/21 20:01:02	0sec	성공
3	2023/12/21 20:03:02	2023/12/21 20:03:02	0sec	성공
4	2023/12/21 20:05:02	2023/12/21 20:05:02	0sec	성공
5	2023/12/21 20:07:02	2023/12/21 20:07:02	0sec	성공
6	2023/12/21 20:09:02	2023/12/21 20:09:02	0sec	성공
7	2023/12/21 20:11:02	2023/12/21 20:11:02	0sec	성공
8	2023/12/21 20:13:02	2023/12/21 20:13:02	0sec	성공
9	2023/12/21 20:15:02	2023/12/21 16:15:02	0sec	성공
10	2023/12/21 20:17:02	2023/12/21 20:17:02	0sec	성공

- (SMS를 통한 데이터 수신) SMS를 통한 테스트는 LTE를 통한 송수신 테스트이므로 원격응답 속도 및 정확한 데이터 송수신이 중요함



<그림 141> SMS 전송화면

```
[src/target/sn1000/dev/modem.c:3429:ModemRcvSMS():Received[70]
+CMGR: "REC UNREAD","01027001376",,"23/12/21,20:25:52+36"
1
OK
[src/target/sn1000/dev/modem.c:3429:ModemRcvSMS():Received[6]
OK
Signal To Log Thread cmd =0
[src/target/sn1000/dev/modem.c:3429:ModemRcvSMS():Received[77]
+CMGR: "REC UNREAD","01027001376",,"23/12/21,20:26:25+36"
Warning1
OK
[src/target/sn1000/dev/modem.c:3429:ModemRcvSMS():Received[6]
OK
[src/target/sn1000/dev/modem.c:3429:ModemRcvSMS():Received[77]
+CMGR: "REC UNREAD","01027001376",,"23/12/21,20:26:37+36"
Warning2
OK
[src/target/sn1000/dev/modem.c:3429:ModemRcvSMS():Received[6]
OK
[src/target/sn1000/dev/modem.c:3429:ModemRcvSMS():Received[75]
+CMGR: "REC UNREAD","01027001376",,"23/12/21,20:26:50+36"
Test 1
OK
[src/target/sn1000/dev/modem.c:3429:ModemRcvSMS():Received[6]
OK
=> LOG_DATA_GET
[src/target/sn1000/dev/log.c:545:LogCallback():[LogCallback]
=> LOG_DATA_SAVE 1
[src/target/sn1000/dev/modem.c:3429:ModemRcvSMS():Received[73]
+CMGR: "REC UNREAD","01027001376",,"23/12/21,20:27:05+36"
Time
OK
```

<그림 142> 장비 로깅화면

<표 24> 송수신 테스트 기록

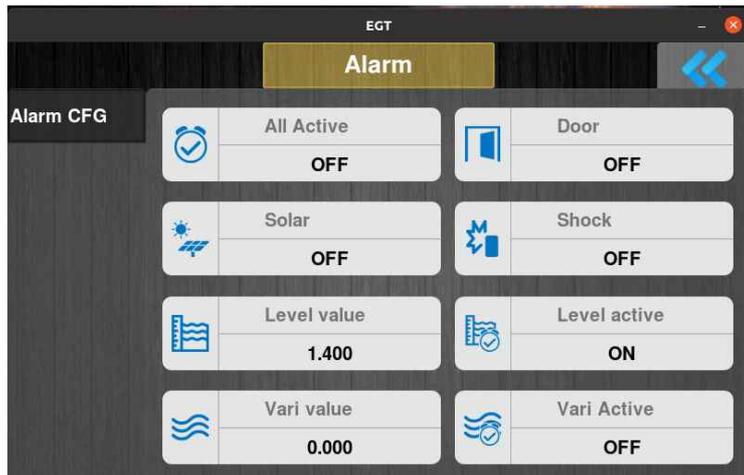
No	SMS 송신문자	SMS 수신문자	차이 (sec)	성공여부
1	1	1	< 5sec	성공
2	Warning1	Warning1	< 5sec	성공
3	Warning2	Warning2	< 5sec	성공
4	Test 1	Test 1	< 5sec	성공
5	Time	Time	< 5sec	성공
6	Sys	Sys	< 5sec	성공
7	1	1	< 5sec	성공
8	2	2	< 5sec	성공
9	Time	Time	< 5sec	성공

○ 모든 데이터는 5초 이내에 문제없이 수신되었음

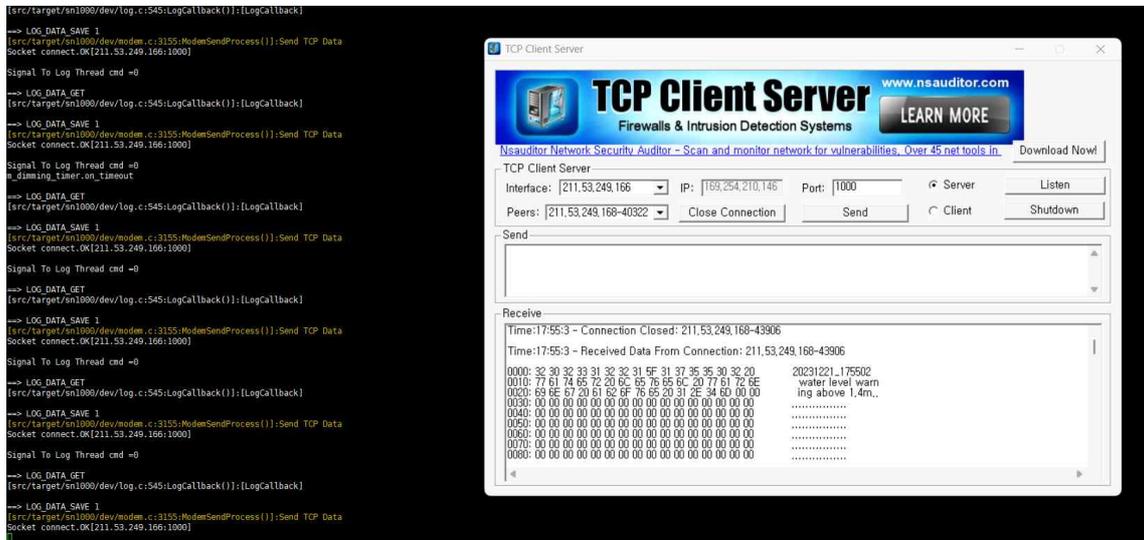
4) 경보 전송

○ 테스트 환경은 위의 압력식 센서 테스트 환경과 동일함

○ 수조에 1.4m 의 물을 채우고, 경보 레벨을 1.4m로 맞춘후 물을 넣었다가 뺀다하는 방식으로 테스트를 진행함



<그림 143> 설정 화면



<그림 14> 장비로깅과 서버 테스트 화면

- 내부 네트워크를 구성하여 SN1000에서 송신을 하고, 서버에서 수신하는 방식으로 테스트하였음
- 총 20회의 테스트를 실시하였으며, 안정적인 내부망 때문인지 전부 1초 이내로 수신됨

<표 25> 송수신 테스트 기록

No	SN1000 송신시간	서버 수신시간	차이 (sec)	성공여부
1	2023/12/21 15:31:02	2023/12/21 15:31:03	1sec	성공
2	2023/12/21 15:40:23	2023/12/21 15:40:24	1sec	성공
3	2023/12/21 15:50:18	2023/12/21 15:50:19	1sec	성공
4	2023/12/21 15:55:35	2023/12/21 15:55:36	1sec	성공
5	2023/12/21 15:59:44	2023/12/21 15:59:45	1sec	성공
6	2023/12/21 16:08:10	2023/12/21 16:08:11	1sec	성공
7	2023/12/21 16:15:19	2023/12/21 16:15:20	1sec	성공
8	2023/12/21 16:23:01	2023/12/21 16:23:02	1sec	성공
9	2023/12/21 16:43:21	2023/12/21 16:43:21	0sec	성공
10	2023/12/21 16:50:15	2023/12/21 16:50:16	1sec	성공
11	2023/12/21 17:10:10	2023/12/21 17:10:11	1sec	성공
12	2023/12/21 17:21:00	2023/12/21 17:21:01	1sec	성공
13	2023/12/21 17:33:05	2023/12/21 17:33:06	1sec	성공
14	2023/12/21 17:38:05	2023/12/21 17:38:06	1sec	성공
15	2023/12/21 17:42:25	2023/12/21 17:42:25	0sec	성공
16	2023/12/21 17:45:33	2023/12/21 17:45:34	1sec	성공
17	2023/12/21 17:48:43	2023/12/21 17:48:44	1sec	성공
18	2023/12/21 17:51:21	2023/12/21 17:51:22	1sec	성공
19	2023/12/21 17:55:02	2023/12/21 17:55:03	1sec	성공
20	2023/12/21 17:59:12	2023/12/21 17:59:13	1sec	성공

5) 통신 이중화

- “4) 통신모듈 이중화 모듈 개발과 장애 감지 대응 기술 현장시험 및 활용방안” 참조
- 통신 이중화를 구현하여 한쪽 모뎀이 고장시 다른 모뎀으로 동작하도록 구현하였음

(5) 소규모 미계측 저수지 저수위/저수량 예측 운영관리 기술 개발

- 저수지 수위내용적곡선 추정방법에는 음향측심기 등 전자기파에 의한 수위내용적 곡선 직접관측방법과 Lidar와 항공사진에 의한 간접추정방법으로 나눌 수 있음
- 직접측정은 유인 및 무인보트에 부착된 음향측심기로 직접 수심을 측량하는 방식으로 경제적으로 많은 부담이 되며, 후자의 경우 Lidar와 항공사진으로 수심을 추정하는 방식도 수심 10m 이내에서 어느 정도 정확도를 기대할 수 있고 깊은 수심에는 많은 오차가 발생하는 한계점을 가지고 있음
- 본 연구에서는 이 두가지 방법으로 무수히 많은 소규모 미계측 저수지의 저수위/저수량을 직간접추정하는 방법은 많은 한계점이 있어 RS와 GIS를 연계한 저수지의 수위내용적 추정 간편법을 개발을 검토하였음



- 본 연구에서는 GIS, RS, 영상자료(드론, CCTV 등) 기술을 이용한 미계측 저수지 내용적 추출 및 저수상황 예측 기술 개발과 GIS, RS, 영상정보와 기존 계측자료를 이용한 검·보정 및 저수지 운영관리 기술 개발하고자 함
- 그림에서 보는 바와 같이 GIS, RS, 영상자료 기술을 이용한 미계측 저수지 내용적 추출 및 저수상황 예측 기술 개발 기술은 아래 그림의 (①-a)부터 (①-i)까지로 요약됨
- ①-a 평균 수위내용적곡선은 기존의 농업용 저수지들로부터 수위-내용적곡선 공식(수위별 저수면적 공식, $A=ahb$)을 도출하여 우리나라 농업용저수지의 평균적인 수위별 저수면적공식을 확보하여 이후의 과정인 미계측저수지의 수위별 등고선도 추출에 활용하고자 하는 새로운 시도를 추가함
- (①-b)부터 (①-d)까지는 인공위성영상으로부터 저수지나 호수의 지표수면적을 추출하는 기술로 기존의 많은 연구들이 시도된 바 있는데, 이를 활용하여 비관개기의 만수면적을 추출하는 기술이고, (①-e)부터 (①-i)까지는 첫째, (①-g)의 최저 수위와 최저 수위점 위치정보를 이용하여 앞서 추출된 (①-d)의 만수면적을 기준으로 GIS를 이용하여 저수지내부의 수위별 등고선을 추출하고 이후 대상 저수지의 수위내용적 곡선을 추출하는 새로운 기술을 나타냄
- GIS, RS, 영상정보와 기존 계측자료를 이용한 검·보정 및 저수지 운영관리 기술은, (②-a)와 같이 관개기에 수위가 저하되었을 때 다양한 수위별로 수위관측 및 저수면적 추출을 하고, (②-b)와 같이 ①번 기술로 추출된 수위내용적 곡선을 계속 보정하여 최종적으로 미계측저수지의 수위내용적 곡선을 결정하는 새로운 기술
- 소규모 미계측 저수지 운영관리 rule 기술의 개발
- 사전 및 계획 방류량 예측에 따른 수문조작(개도,기간,수량) 제시

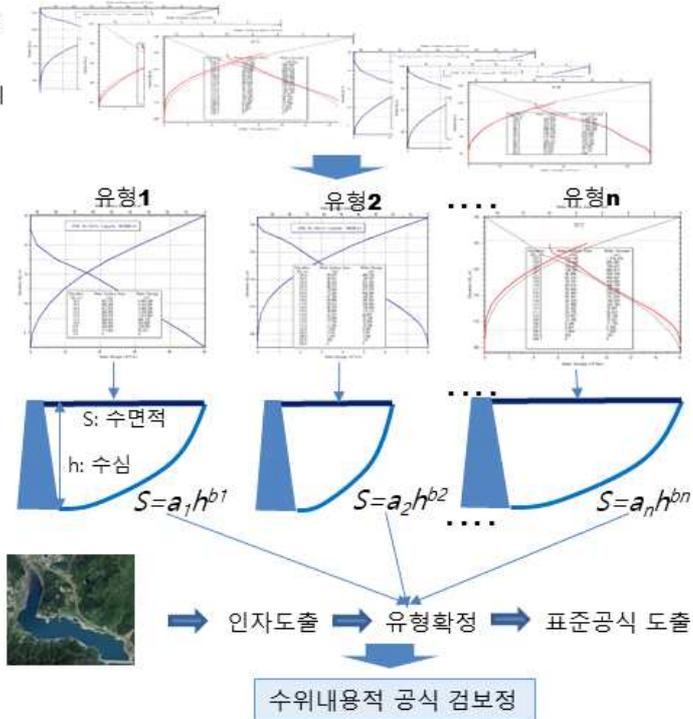
1. 수위내용적 곡선 실측자료 수집
 - 규모, 위치 등 특성별 고려
 - 100-300개 정도 고려
 - 한국농어촌공사 등 계측저수지

2. 유형분류
 - 규모, 유역vs수해구역 비율
 - 유역형상 등 고려
 - 3-5개 유형 분류
 - 유형별 통계분석
 - 유형구분 인자 도출

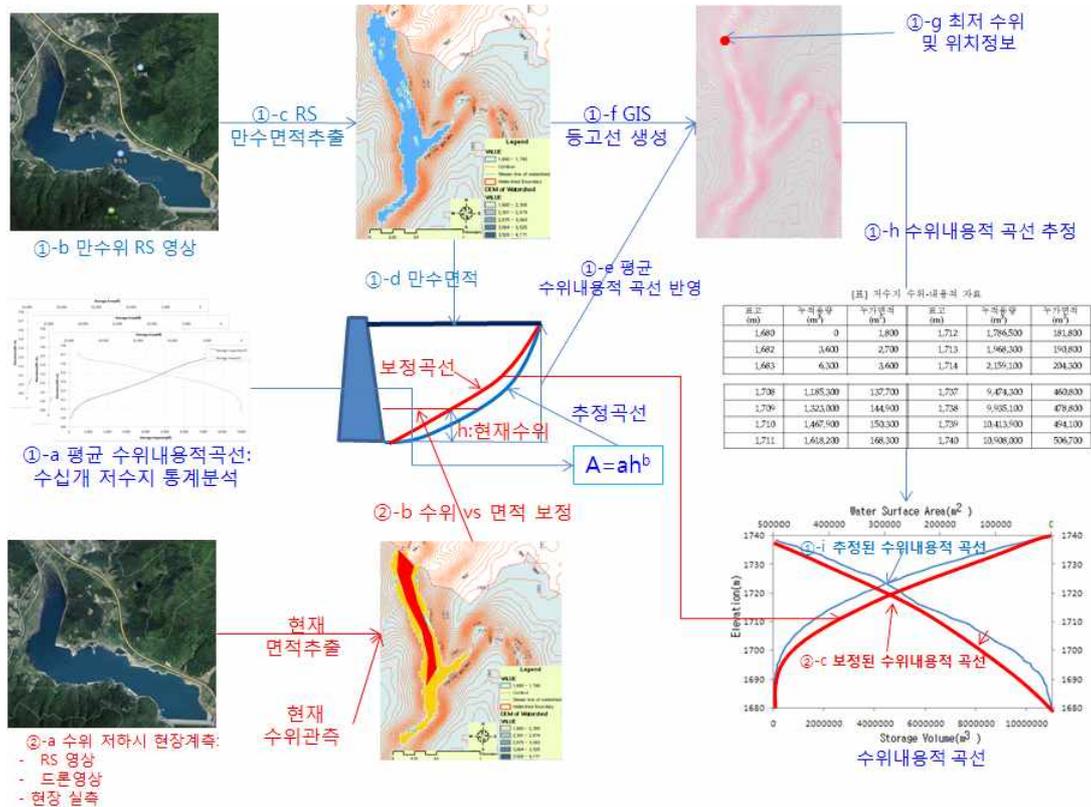
3. 유형별 저수위내용적 공식
 - 유형별 표준 공식 도출

4. 미계측 저수지 공식 추정
 - 유형분류 인자 조사
 - 유형 확정
 - 표준 공식 적용

5. 공식 검보정
 - 계측저수지 자료적용 검보정
 - 모니터링을 통한 검보정



<그림 145> RS-GIS를 이용한 미계측 저수지 저수량 예측



<그림 146> RS-GIS를 이용한 미계측 저수지 수위내용적 곡선 산정 흐름도

가. 미계측저수지 저수위-저수량 관계 생성을 위한 계측저수지 저수를 자료 검토

가) 저수지 군집유형에 따른 특징분석

○ 유형분류 전처리과정

- 저수지의 수위내용곡선을 추정하기 위하여 경산시, 청도군의 저수지를 통계분석함
- 총 208개의 저수지에 대한 수위내용적 자료를 수집하고 수위-면적, 수위-저수량곡선을 모의하여 각각 지수식과 3차 방정식에 대한 계수를 도출함. 수위, 수심, 저수량, 면적, 계수 등을 이용하여 유형을 분류하였음
- 본 연구에서는 저수지는 2종 이하의 저수지 141개소를 대상으로 하였음. 2종 저수지는 30만³ 미만인 경우이며, 대한민국 전체 저수지의 92.6%에 해당함. 이를 시군관리, 공사관리로 나누어 보면 각각 99.5%, 64.7%에 해당되고 있음
- 2종 저수지를 대상으로 한 이유는 1종 저수지의 경우 수위내용자료를 구축하기 위해 실시간 계측을 실시하고 있으나 2종 저수지는 실시간 계측이 상대적으로 미비한 수준임
- 본 연구에서는 미계측저수지에 대한 수위내용을 추정하기 위한 적절한 대상 저수지는 2종 저수지 이하로 판단하여 진행함

□ 한국농어촌공사관리 저수지 현황(시설규모별 구분)

(단위 : 개소, %)

계	2종(30만 ³ 미만)		1종(30만 ³ 이상)				
	소계	30만 ³ 미만	소계	30만 ³ 이상 ~ 50만 ³ 미만	50만 ³ 이상 ~ 100만 ³ 미만	100만 ³ 이상 ~ 1,000만 ³ 미만	1,000만 ³ 이상
3,411	2,207	2,207	1,204	277	391	504	32
	64.7%	64.7%	35.3%	8.1%	11.5%	14.8%	0.9%

*1종시설 : 저수지 30만³ 이상

*2종시설 : 저수지 30만³ 미만

*3종시설 : 1, 2종 이외의 시설 중 양·배수장, 취입보, 지하수 이용시설, 용배수로 및 부대시설

□ 저수지 주요시설, 종별 현황

(단위:개소)

구분		저수지	비율
전 체	계	17240	100.0
	1종 시설	1277	7.4
	2종 시설	15963	92.6
	3종 시설	0	
공사관리	계	3411	100.0
	1종 시설	1204	35.3
	2종 시설	2207	64.7
	3종 시설	0	
시군관리	계	13829	100.0
	1종 시설	73	0.5
	2종 시설	13756	99.5
	3종 시설	0	

○ 군집분석

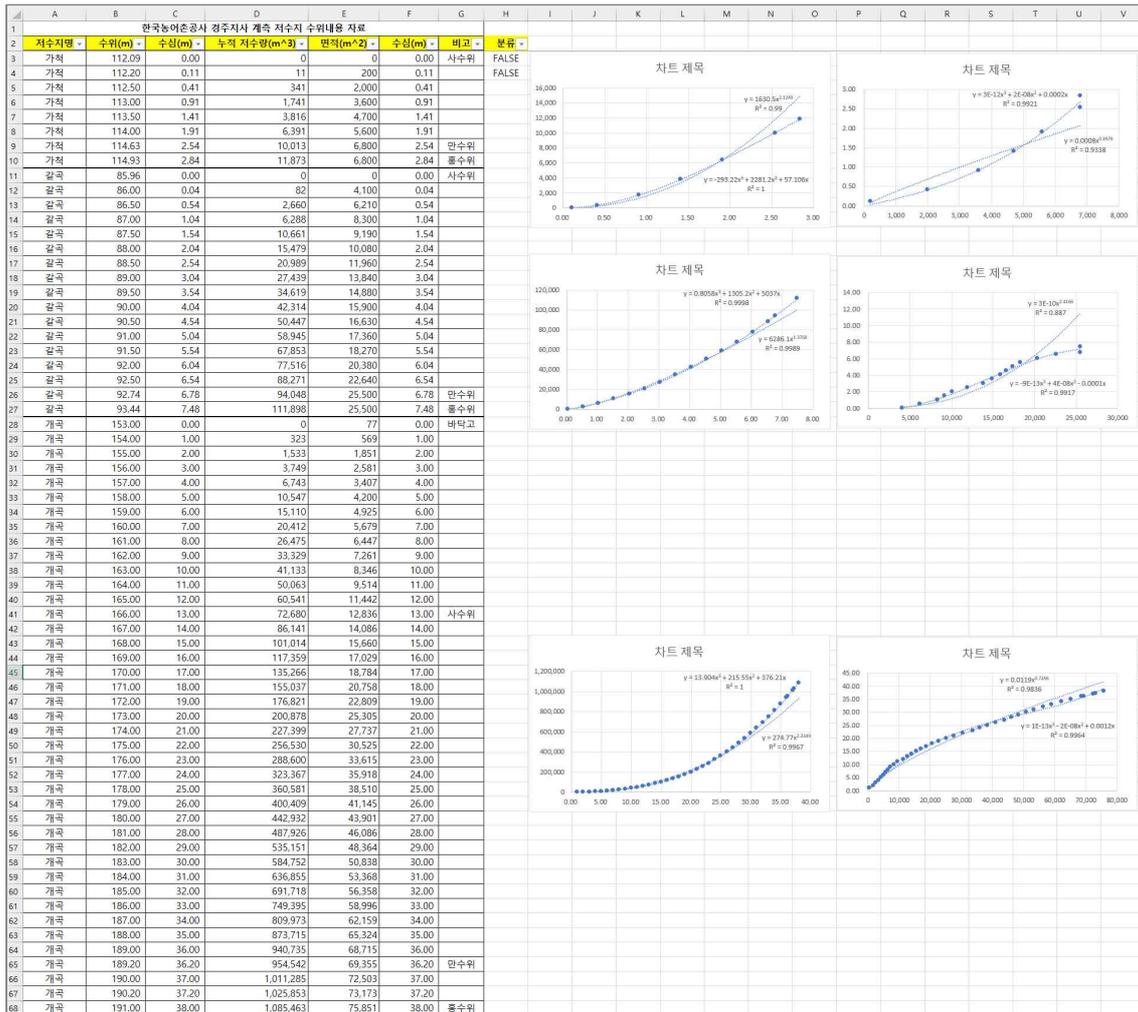
- 군집분석은 기계학습 분야에서 활용되는 통계분석방법 중 하나로, 통계학의 관점에서는 다변량분석(multi-variate analysis)의 한 종류임
- 군집분석은 각 데이터의 유사성을 측정하여 다수의 군집으로 나누고 군집 간의 상이성을 확인하는 분석이며, 주어진 자료에 대한 요약정리 혹은 이해를 목적으로 실시한다는 점에서는 기술통계학적 인 면모도 갖고 있음
- 군집분석 중 K-평균 군집화는 중심점 기반 군집화라고 할 수 있는데, 가장 직관적인 형태의 분할적 군집화이며, 전형(prototype) 기반 군집화라고도 함. 모든 데이터는 타 군집의 중심점보다 자신이 속한 군집의 중심점에 더 가까이 위치하는 알고리즘임. 군집화의 시각적 결과는 자연스럽게 원형에 가까워지며, 데이터가 실제로 원형일 때 가장 강력한 군집화 방법이 됨.
- K-평균 군집화에는 한계점이 존재하는데, 측정한 변인의 척도(scale)에 영향을 받기 때문에 분석을 수행하기 전에 미리 정규화(normalization)의 과정을 거쳐야 함. 또한 K-평균 군집화는 군집의 형태나 밀도에 유연하게 대응하기 어려운 단점이 있음. 모든 군집이 원형이라는 법은 없으며 많은 경우 'L' 형태나 '—' 형태로도 나타나곤 하는데, K-평균 군집화는 크고 밀도가 낮은 군집에는 여러 중심점들이 모이는 반면에 작고 밀도가 높은 여러 군집들은 하나의 중심점이 독자지하는 경우가 많음
- 이러한 오류에 대처하기 위해 본 연구에서는 K-평균 군집분석 후 연구자에 의해 수동으로 재분류하는 과정을 거침

○ 군집분석 전처리

- 저수지별 지수식 계수, 3차 다항식 계수, 수위, 수심, 면적, 저수량 등 다양한 변수를 조합하여 분석에 사용한 결과, 분석이 용이하지 않음. 따라서 각 계수들은 수심, 면적, 저수량에 대해 대응하므로, 본 연구에서는 수심, 면적, 저수량에 대하여 변수로 채택하였음
- 이를 대상으로 군집분석을 실시하였으나 정규분포를 나타내지 않으므로 군집분류가 용이하지 않음을 확인함. 빈도분석을 실시하고 통계상 표준정규분포 히스토그램을 확인하였으며, 정규분포 표준화를 위하여 2가지 방식을 시도함
- 이에 대한 정규분포를 확인하여 z표준화와 log표준화를 진행하였음
- 보정을 위해 수심, 면적, 저수량에 대한 Z 표준화 -> 정규분포 확인
- 다른 하나는 log를 활용한 표준화 -> 정규분포 확인
- 표준정규분포에 근접하는 것은 log 표준화임. 그러나 표준정규분포에 근접하여 군집분석 시 일정한 비율로 분석되어 '—' 형태로 분석되는 한계가 발생하여 비교적 원형의 형태를 갖추어 분석되는 z 표준화로 채택하여 진행함
- 이후 계층적 군집분석을 통해 적정 군집의 수를 덴드로그램을 통해 확인하였으며, 3~5개의 군집이 유효할 것으로 판단되어 분석함. 다양한 조합(수심-면적, 수심-저수량, 수심-저수량-면적)에 대하여 3~5개 군집분석을 실시하였으며, 최종적으로 비교적 군집형성이 된 3개의 군집으로 선택하였음. 이후 K-평균 군집분석의 오류해결, 연구목적 등을 고려하여 연구자에 의해 수동으로 재분류하는 과정을 거침

○ 저수지 통계분석

- 경산, 청도, 경주, 영천 등 약 213개 저수지 수위내용적 자료와 케이스별 군집유형을 분류하였고, 이 중 자료의 결측, 분류의 난해성 등을 고려하여 141개 저수지를 토대로 저수지 규모, 수위, 형상 등을 고려한 유형별 표준공식을 유도함(1차년도 연구내용)

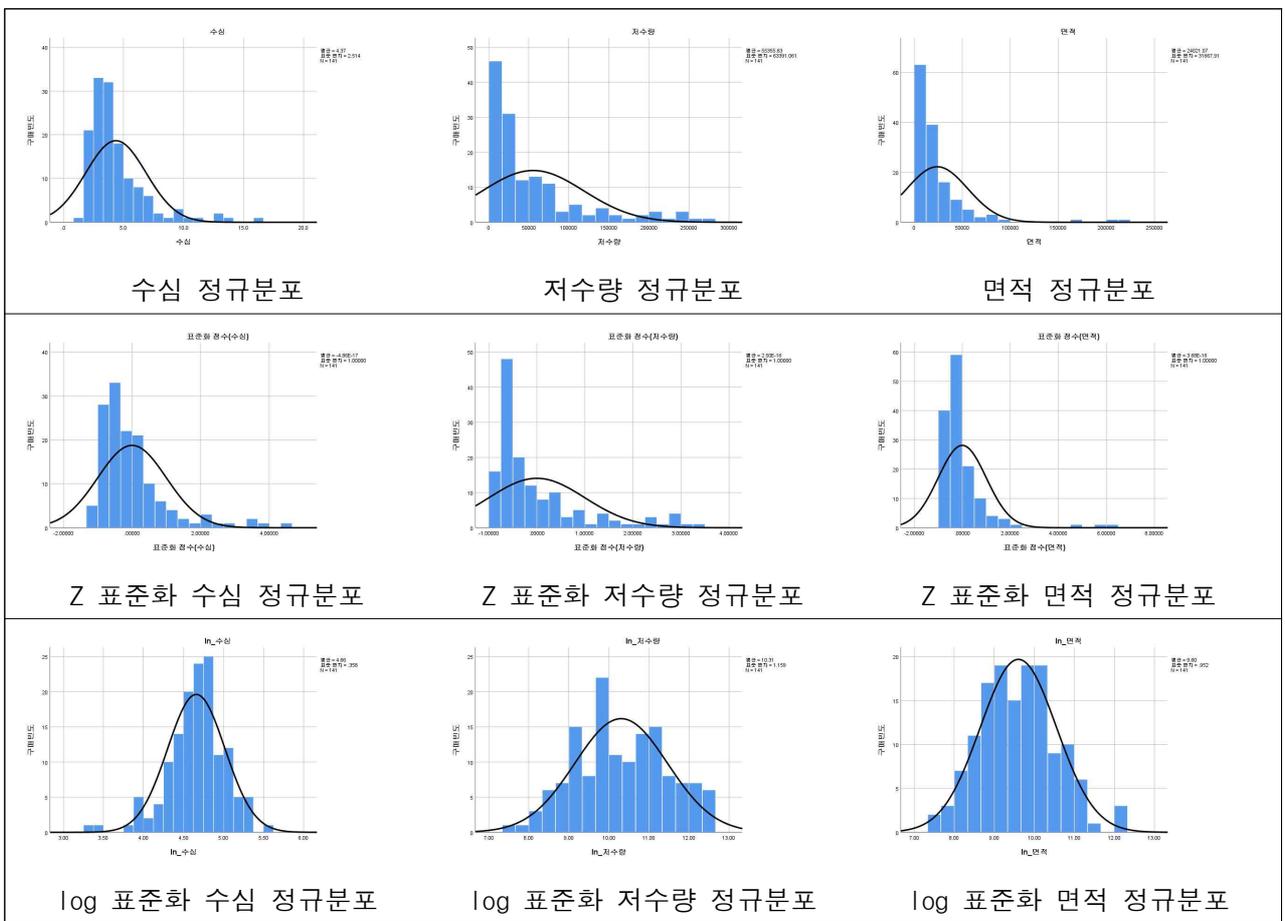


<그림 147> 대상 저수지 통계분석

- 저수지별 지수식 계수, 3차 다항식 계수, 수위, 수심, 면적, 저수량 등 다양한 변수를 조합하여 분석에 사용한 결과, 분석이 용이하지 않음. 따라서 각 계수들은 수심, 면적, 저수량에 대해 대응하므로, 본 연구에서는 수심, 면적, 저수량에 대하여 변수로 채택하였음
- 저수지 통계분석 결과와 정규분포 분석결과는 다음과 같음

□ 대상저수지 통계량

구분		수심	저수량	면적
N	유효	141	141	141
	결측	0	0	0
평균		4.370	55,355.63	24,021.07
표준화 편차		2.5139	63,391.061	31,667.910
분산		6.320	4,018,426,622.363	1,002,856,505.824
최소값		1.3	1,730	2,003
최대값		16.0	271,067	218,126



구분	연번	지역	지수지명	수위	수심	면적	저수량	총 저수량 (총수위)	a	b	R ²	a	b	c	R ²	a	b	R ²	a	b	c	R ²	
경산	1	구천	49.00	3.29	24,180	54,532	78,712	7,336.50	1,7149	0.9971	-637.820	6,478.90	2,264.3	0.9999	1,00E-07	1,6790	0.9481	6E-13	-2E-08	0.00010	0.9495		
	2	공정	87.00	3.37	7,459	27,000	34,459	6,410.20	1,1156	0.9838	-306.520	2,399.50	3,287.4	0.9984	0.000005	1,5090	0.9785	9E-12	-4E-08	0.00030	0.9570		
	3	덕곡	106.30	2.20	6,124	16,000	20,287	2,240.10	2,8804	0.9643	-1,624.500	8,265.20	-3,241.0	0.9985	0.1136	0.3297	0.9648	4E-11	-3E-07	0.00120	0.9036		
	4	막곡간	116.71	3.62	8,573	10,000	8,573	1,269.40	1,6438	0.9979	135.160	-87.73	1,473.3	0.9968	0.0000006	1,7280	0.9907	8E-13	3E-08	0.00010	0.9907		
	5	문천																					
	6	미덕	106.06	4.53	21,943	70,249	93,070	2,851.80	2,4187	0.9995	-384.400	4,795.00	1,784.8	0.9995	0.0055	0.6212	0.7912	1E-12	-3E-08	0.00020	0.9812		
	7	부계	96.00	8.28	49,839	239,938	289,777	766.13	2,8407	0.9930	-253.190	6,695.80	-9,080.0	0.9998	0.0194	0.5348	0.9469	2E-13	-1E-08	0.00030	0.9901		
	8	소월	76.70	15.20	285,000	2,066,285	2,351,285	6,978.60	2,0763	0.9981	31,986	8,987.10	-8,049.7	0.9999	0.0002	0.8905	0.9907	3E-16	-1E-10	0.00007	0.9930		
	9	송내	111.00	15.00	263,458	1,144,000	2,070,592	4,104.90	2,1486	0.9613	842.120	-10,660.00	66,119.0	0.9531	0.003	0.6741	0.9824	5E-16	-3E-10	0.00009	0.9972		
	10	송백	198.70	28.70	120,260	1,632,000	1,791,490	849.06	2,2388	0.9973	8.143	2,002.10	-7,161.0	0.9998	0.0036	0.7625	0.9949	2E-14	-4E-09	0.00040	0.9483		
	11	신안	98.54	2.66	11,978	19,264	31,242	3,535.50	1,7484	0.9994	-313.410	3,312.70	614.1	1.0000	0.0000003	1,4476	0.9889	1E-12	-8E-09	0.00010	0.9935		
	12	신사	109.97	4.50	22,414	37,000	60,086	6,484.10	1,0255	0.9104	186.880	-11.58	4,985.6	0.9963	0.00009	1,0570	0.9386	5E-13	-9E-09	0.00020	0.9786		
	13	신학	103.80	11.80	74,000	401,000	475,000	3,981.60	1,8394	0.9950	23,814	2,525.60	920.3	0.9999	0.0002	0.9829	0.9811	2E-15	-5E-10	0.00020	0.9983		
	14	연	48.00	2.30	207,580	101,855	207,580	74,191.00	0,7273	0.8699	21,829,000	-105,990.00	173,372.0	0.9781	2,00E-49	13,0180	0.9800	9E-15	-3E-09	0.00030	0.9124		
	15	연초	103.00	9.00	101,200	482,000	591,900	14,021.00	1,5067	0.9245	156,390	3,943.40	4,753.8	0.9987	0.0044	0.6596	0.9975	8E-15	-2E-09	0.00020	0.9921		
	16	왕십	148.70	28.70	159,569	1,963,000	2,677,278	854.70	2,2988	0.9985	7,356	2,507.60	-9,592.8	0.9999	0.0038	0.7450	0.9951	4E-15	-1E-09	0.00030	0.9929		
	17	왕	62.25	1.95	47,689	48,176	95,865	10,200.00	2,3245	0.9977	-2,752.300	21,698.00	-7,494.8	0.9995	0.0005	0.7533	0.9612	6E-14	-4E-09	0.00009	0.9609		
	18	진촌	73.00	5.49	23,618	79,463	103,081	638.70	3,0613	0.9950	-321.140	5,164.00	-4,124.2	0.9999	0.0466	0.4376	0.7953	2E-12	-5E-08	0.00050	0.9766		
	19	철방	115.80	5.06	6,968	18,011	24,282	606.60	2,1957	0.9932	-16,535	802.44	-14.0	0.9998	0.0022	0.8607	0.9356	1E-12	-6E-10	0.00070	0.9817		
	20	합법																					
	21	합도	197.59	27.50	113,138	1,262,000	1,366,163	2,576.50	1,8093	0.9911	-46.113	117.58	7,832.1	0.9998	0.0007	0.9240	0.9296	1E-14	-4E-09	0.00050	0.9871		
	22	하산	85.00	3.69	46,052	114,493	160,546	6,668.50	2,3296	0.9941	-1,356.100	14,167.00	-2,474.7	0.9998	0.0009	0.7454	0.8761	2E-13	-9E-09	0.00030	0.9518		
	23	구만	125.00	5.00	8,029	24,288	30,711	2,113.70	1,5011	0.9973	-21.164	818.47	1,271.5	0.9999	0.00001	1,4340	0.9901	6E-12	-2E-08	0.00040	0.9795		
	24	구사중	174.10	4.60	92,231	52,000	236,462	4,800.10	1,6301	0.9307	1,848,300	-9,559.70	18,065.0	0.9928	0.00006	0.9868	0.9664	6E-15	-6E-10	0.00006	0.9117		
25	굴곡	174.10	4.60	14,050	54,000	68,575	10,166.00	1,0774	0.9957	-20,053	696.76	8,971.7	0.9998	8E-15	3,5579	0.9777	4E-12	-5E-08	0.00020	0.9781			
26	공천	247.30	22.30	79,540	870,000	951,551	3,389.10	1,7313	0.9615	0.522	1,830.40	-2,035.7	0.9999	0.0019	0.8256	0.9879	2E-14	-3E-09	0.00040	0.9938			
27	임천	194.20	19.20	100,147	767,000	872,584	1,109.60	2,1838	0.9974	54,981	1,026.00	38.4	1.0000	0.003	0.7671	0.9894	1E-14	-3E-09	0.00040	0.9985			
28	남매	59.00	7.36	259,550	1,180,000	1,439,550	100,356.00	1,0658	0.8716	331,770	15,102.00	25,718.0	0.9970	0.00007	0.9197	0.9831	1E-15	-4E-10	0.00006	0.9740			
29	남성현	133.00	13.50	49,100	316,000	365,100	16,239.00	1,1008	0.9542	-45,994	1,649.30	9,986.4	0.9983	0.0023	0.7764	0.7800	-2E-14	2E-09	0.00020	0.9954			
30	대비	169.90	26.90	160,200	1,522,000	1,709,035	426.34	2,3721	0.9610	95,930	-569.01	2,631.0	0.9997	0.0413	0.5436	0.9649	2E-14	-5E-09	0.00060	0.9742			
31	대산	112.50	11.50	105,000	605,000	658,855	16,936.00	1,3990	0.9950	32,176	3,502.30	8,557.0	0.9991	0.0003	0.9052	0.9938	6E-15	-1E-09	0.00010	0.9976			
32	달곡	125.00	4.13	22,895	56,037	78,932	2,255.80	2,4400	0.9837	-338.810	4,915.30	-926.7	1.0000	0.0038	0.6689	0.9122	6E-13	-1E-08	0.00020	0.9762			
33	분양	105.20	8.70	86,060	388,400	477,090	7,653.40	1,7588	0.9769	-99,603	6,530.40	-4,651.2	0.9999	0.0003	0.9031	0.9095	1E-14	-1E-09	0.00010	0.9919			
34	봉당	90.00	2.50	54,580	17,000	126,160	5,691.50	1,7152	0.9333	2,712,600	-8,886.70	13,061.0	0.9980	0.00006	0.9878	0.8987	5E-14	-3E-09	0.00009	0.7961			
35	서동	207.00	33.00	64,840	879,000	1,090,910	5,046.10	1,3557	0.8835	17,834	84.56	4,394.3	0.9997	0.0098	0.7378	0.9824	1E-13	-2E-08	0.00110	0.9976			
36	삼신	114.00	2.28	68,297	76,392	136,585	15,025.00	1,9089	0.9995	-2,318.800	21,720.00	-4,581.3	0.9996	0.0000009	1,1274	0.9798	6E-15	-4E-10	0.00004	0.9124			
37	삼천	54.00	3.32	75,990	198,000	273,990	43,475.00	1,2247	0.9883	-1,679.200	16,273.00	24,404.0	0.9996	0.00001	1,1030	0.7882	4E-14	-4E-09	0.00009	0.9088			
38	수안	141.00	9.50	111,347	649,000	760,347	68,920.00	0,8650	0.8463	236,840	1,207.80	34,777.0	0.9930	0.00007	1,0122	0.9629	1E-14	-2E-09	0.00010	0.9906			
39	신	67.00	9.00	92,230	499,000	591,230	21,533.00	1,3827	0.9731	-88.319	5,731.30	10,912.0	0.9992	0.0002	0.9509	0.9879	4E-15	-3E-10	0.00010	0.9924			
40	연포	54.00	10.57	54,700	313,731	368,431	1,673.90	2,2892	0.9882	-58,946	3,485.60	-970.4	0.9982	0.0019	0.7709	0.9308	2E-14	-7E-10	0.00020	0.9942			
41	후산	194.00	30.00	78,000	753,130	868,110	66.27	2,7525	0.9995	28,296	7.11	975.3	0.9946	0.0548	0.5568	0.9926	1E-13	-1E-08	0.00090	0.9799			
42	옥수	106.00	16.00	36,727	236,000	278,055	3,302.90	1,5264	0.9366	31,752	11.86	6,799.7	0.9978	0.0019	0.8712	0.9679	1E-13	-1E-08	0.00080	0.9985			
43	지촌	265.80	29.80	98,260	1,363,870	1,468,190	868.89	2,1537	0.9964	5,308	1,521.60	-4,099.9	0.9999	0.0027	0.8068	0.9947	2E-14	-3E-09	0.00050	0.9973			
44	화강	127.10	11.10	58,600	397,725	456,325	2,120.90	2,2229	0.9978	-166.570	5,726.80	-7,178.6	0.9999	0.0007	0.8601	0.9594	1E-13	-9E-09	0.00030	0.9931			

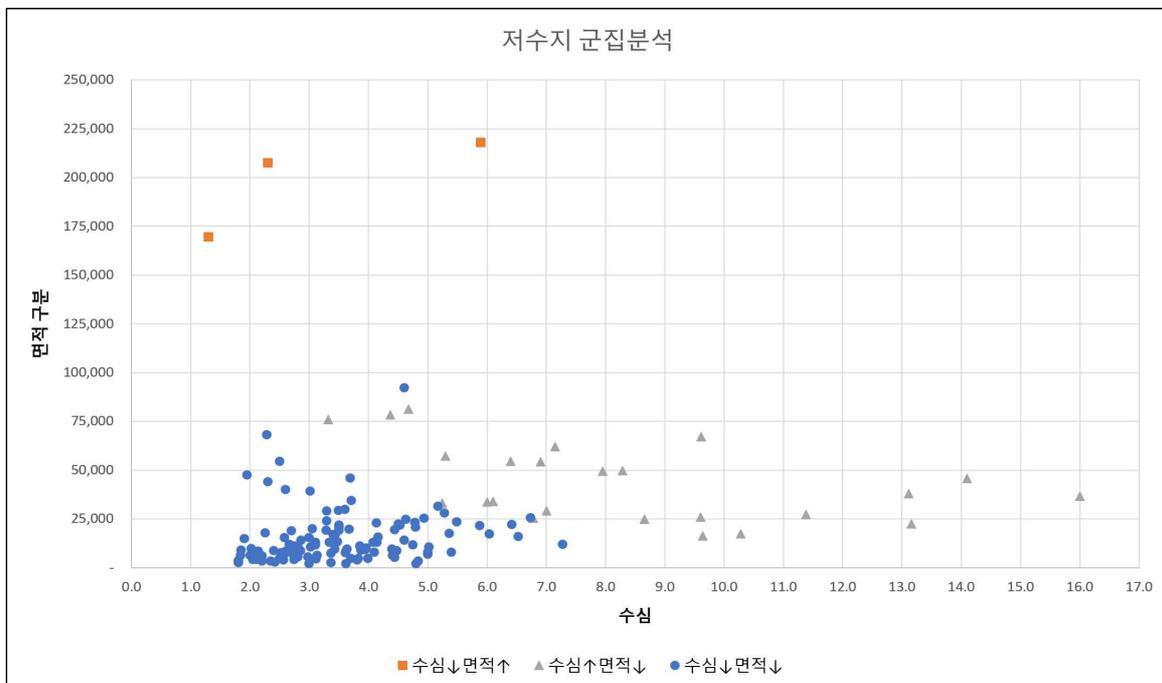
<그림 157> 대상 저수지 통계분석을 통한 수위내용 변수 도출

- 이를 대상으로 군집분석을 실시하였으나 정규분포를 나타내지 않으므로 군집분류가 용이하지 않음을 확인함. 빈도분석을 실시하고 통계상 표준정규분포 히스토그램을 확인하였으며, 정규분포 표준화를 위하여 2가지 방식을 시도함

- 이에 대한 정규분포를 확인하여 z표준화와 log표준화를 진행하였음
- 보정을 위해 수심, 면적, 저수량에 대한 Z 표준화 -> 정규분포 확인
- 다른 하나는 log를 활용한 표준화 -> 정규분포 확인
- 표준정규분포에 근접하는 것은 log 표준화임. 그러나 표준정규분포에 근접하여 군집분석 시 일정한 비율로 분석되어 ‘-’형태로 분석되는 한계가 발생하여 비교적 원형의 형태를 갖추어 분석되는 z 표준화로 채택하여 진행함
- 이후 계층적 군집분석을 통해 적정 군집의 수를 덴드로그램을 통해 확인하였으며, 3~5개의 군집이 유효할 것으로 판단되어 분석함. 다양한 조합(수심-면적, 수심-저수량, 수심-저수량-면적)에 대하여 3~5개 군집분석을 실시하였으며, 최종적으로 비교적 군집형성이 된 3개의 군집으로 선택하였음. 이후 K-평균 군집분석의 오류해결, 연구목적 등을 고려하여 연구자에 의해 수동으로 재분류하는 과정을 거침

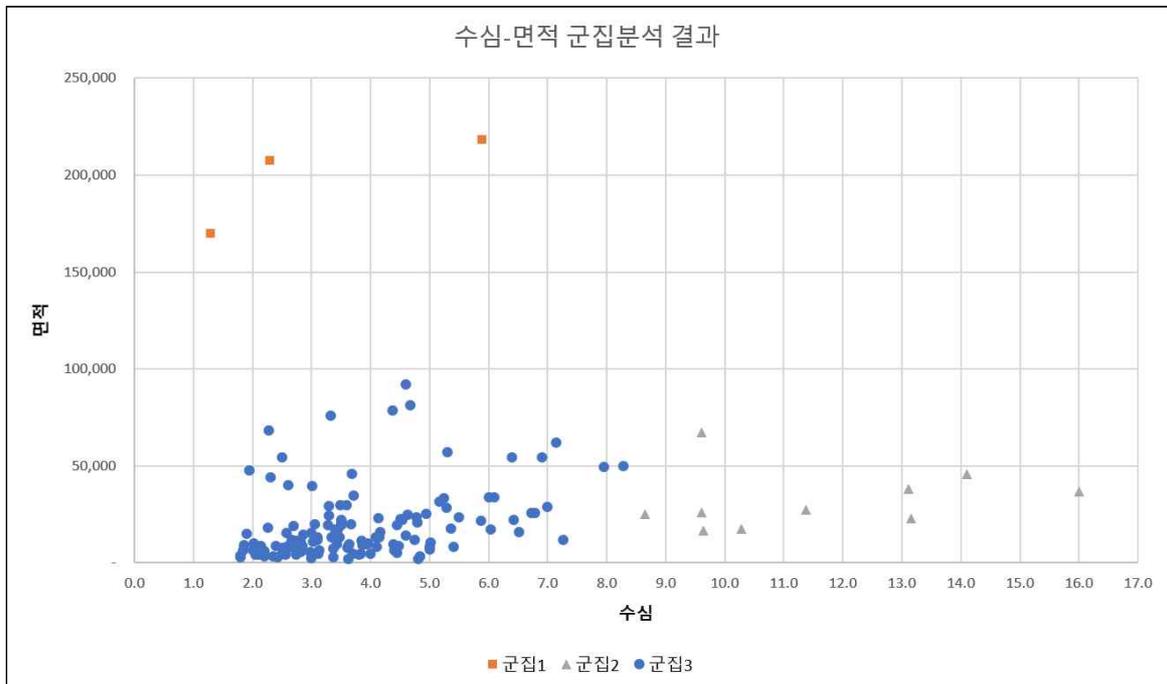
나) 군집분석 결과

- 군집분석을 통해 도출된 결과는 아래와 같음
- 1군집의 경우 수심이 얇고 면적이 큰 형태이며, 2군집의 경우 수심이 깊고 면적이 작은 형태이고 3군집의 경우 수심이 얇고 면적이 작은 형태로 구분되어짐



<그림 158> 저수지 군집분석 특성

- 이에 대하여 수심, 저수량, 면적에 대하여 Min-Max 평균을 기준으로 군집을 재분류함. 수심은 약 8.5m, 저수량은 135,000m³, 저수면적은 110,000m²가 기준이 됨. 이와 같은 기준으로 재분류한 군집은 아래와 같음



<그림 159> 재분류된 저수지 군집분석

○ 군집별 특성분석

- 3개의 군집으로 분류된 저수지의 통계적 특성은 아래와 같음

분류	연번	저수지명	만수위				홍수위				수심-저수율 계수				군집 특성	
			수심 (m)	저수량 (m ³)	면적 (m ²)	저수율 (%)	수심 (m)	저수량 (m ³)	면적 (m ²)	저수율 (%)	a	b	c	d	직경	hr비
1군집	1	연	2.30	101,855	207,580	100.0	3.30	207,580	207,580	203.8	29.872	-152.89	251.71	-35.094	514.10	111.76
	2	운대	1.30	148,037	169,580	100.0	1.60	198,911	169,580	134.4	-6.7065	48.999	14.908	12.545	464.67	178.72
	3	하마	5.89	232,612	218,126	100.0	6.83	446,460	236,469	191.9	1.5124	-8.8212	18.39	-6.8398	527.00	44.74
	최대값		5.890	232,612	218,126	100.0	6.830	446,460	236,469	203.8	29.872	48.999	251.71	12.545	527.00	178.72
	최소값		1.300	101,855	169,580	100.0	1.600	198,911	169,580	134.4	-6.7065	-152.89	14.908	-35.094	464.67	44.74
평균		3.163	160,835	198,429	100.0	3.910	284,317	204,543	176.7	8.2259666 67	-37.57073 333	95.002666 67	-9.796266 667	501.92	111.74	
표준편차		1.971	54,143	20,848	-	2.178	114,707	27,392	30.3	15.669517 09	84.890886 16	110.81793 57	19.560574 32	26.86	54.70	
2군집	4	부제	8.28	239,938	49,839	100.0	9.28	289,777	49,839	112.1	-0.1199	3.0285	-4.9263	1.4504	251.91	15.21
	5	삼천	3.32	198,000	75,990	100.0	4.32	273,990	75,990	130.1	-1.0252	9.5848	9.293	1.7718	311.05	46.85
	6	옥수	16.00	236,000	36,727	100.0	17.00	278,055	39,751	106.3	0.0111	0.0763	2.2562	1.4686	216.25	6.76
	7	갈곡	6.78	94,048	25,500	100.0	7.48	111,898	25,500	110.3	0.0122	1.2386	5.9315	-0.5952	180.19	13.29
	8	금광	5.30	195,040	57,147	100.0	5.80	223,614	57,147	109.4	-0.1103	3.2172	4.9415	-0.4533	269.74	25.45
	9	복군	6.10	114,700	33,930	100.0	6.60	131,665	33,930	108.2	-0.1389	3.7011	-0.9858	-0.1256	207.85	17.04
	10	산대	7.95	215,238	49,500	100.0	8.75	254,838	49,500	110.1	-0.0724	2.3833	-2.0359	1.907	251.05	15.79
	11	육통	6.90	241,005	54,300	100.0	7.30	284,445	54,300	105.8	0.1319	-0.1697	10.282	-2.8316	262.94	19.05
	12	장천	6.40	178,030	54,500	100.0	7.00	210,730	54,500	109.4	0.0102	2.4579	-0.9207	1.8546	263.42	20.58
	13	정혜	6.00	107,005	33,720	100.0	6.40	120,493	33,720	106.7	-0.1678	4.2092	-2.5727	0.2726	207.20	17.27
	14	대운	5.24	118,793	33,276	100.0	5.78	137,832	36,075	110.3	-0.2439	4.047	5.0578	-2.1026	205.84	19.64
	15	삼부	7.00	106,457	29,006	100.0	8.00	136,671	31,446	114.3	-0.1144	3.5448	-5.2836	2.45	192.18	13.73
	16	삼포	7.15	203,908	61,966	100.0	7.79	245,686	67,177	109.0	0.0663	1.4012	0.5642	-0.0121	280.89	19.64
	17	차당	4.37	137,257	78,439	100.0	5.67	182,352	88,539	129.7	-1.3796	15.849	-22.811	7.2276	316.02	36.16
	18	탑	4.67	201,947	81,194	100.0	5.67	286,521	88,022	121.4	-0.2243	6.0618	-2.1903	0.5986	321.53	34.42
	최대값		16.000	241,005	81,194	100.0	17.000	289,777	88,539	130.1	0.1319	15.849	10.282	7.2276	321.53	46.85
	최소값		3.320	94,048	25,500	100.0	4.320	111,898	25,500	105.8	-1.3796	-0.1697	-22.811	-2.8316	180.19	6.76
	평균		6.764	172,491	50,336	100.0	7.523	211,238	52,362	112.9	-0.224333 333	4.0420666 67	-0.226673 333	0.85872	249.20	21.39
표준편차		2.791	51,907	17,718	-	2.832	65,857	19,450	7.6	0.4019732 9	3.9146313 55	7.6236781 87	2.2375998 52	44.58	10.03	
3군집	19	구천	3.29	54,532	24,180	100.0	4.29	78,712	24,180	144.3	-0.981	10.438	7.3234	-1.8291	175.46	26.67
	20	궁정	3.37	27,000	7,459	100.0	4.37	34,459	7,459	127.6	-1.8853	14.758	-1.0842	7.9293	97.45	14.46
	21	덕곡	2.20	16,000	6,124	100.0	2.9	20,287	6,124	126.8	-11.564	58.871	-30.933	4.1621	88.30	20.07
	22	덕곡2	3.62	10,000	8,573	100.0	4.61	18,487	8,573	184.9	1.7953	-4.4516	23.072	-5.15555	104.48	14.43
	23	미역	4.53	70,249	21,943	100.0	5.57	93,070	21,943	132.5	-0.4511	5.8985	5.1474	-1.9515	167.15	18.45
	24	신당	2.66	19,264	11,978	100.0	3.66	31,242	11,978	162.2	-1.5888	16.953	3.632	-0.2137	123.49	23.21
	25	신사	4.50	37,000	22,414	100.0	5.53	60,086	22,414	162.4	0.4664	0.3399	12.441	0.7659	168.93	18.77
	26	입	1.95	48,176	47,689	100.0	2.95	95,865	47,689	199.0	-6.9136	51.186	-24.429	3.3279	246.41	63.18
	27	진촌	5.49	79,463	23,618	100.0	6.49	103,081	23,618	129.7	-0.4438	6.9581	-6.4736	1.4095	173.41	15.79
	28	하신	3.69	114,493	46,053	100.0	4.69	160,546	46,053	140.2	-1.127	11.895	-1.0083	-0.7277	242.15	32.81
	29	구사동	4.60	52,000	92,231	100.0	6.6	236,462	92,231	454.7	4.4879	-29.339	71.532	-32.75	342.68	37.25
	30	금곡	4.60	54,000	14,050	100.0	5.6	68,575	15,100	127.0	-0.1204	2.1337	14.106	-2.0121	133.75	14.54
	31	명곡	4.13	56,037	22,895	100.0	5.13	78,932	22,895	140.9	-0.5952	8.6851	1.4253	-0.1595	170.74	20.67
	32	불당	2.50	17,000	54,580	100.0	4.5	126,160	54,580	742.1	23.465	-108.86	193.71	-63.739	263.62	52.72
	33	삼신	2.28	76,392	68,297	100.0	3.28	136,585	68,297	178.8	-3.9898	33.952	-15.047	3.8452	294.89	64.67
	34	가척	2.54	10,013	6,800	100.0	2.84	11,873	6,800	118.6	-2.6374	21.522	2.2347	-0.6159	93.05	18.32
	35	고래	4.44	15,608	5,260	100.0	4.74	17,186	5,260	110.1	-0.5836	7.3298	1.8521	-1.4426	81.84	9.22
	36	곤	3.50	36,000	20,800	100.0	5.5	77,600	20,800	215.6	-1.4619	19.122	-23.353	8.8841	162.74	23.25
	37	구평	3.00	3,802	2,200	100.0	3.5	4,902	2,200	128.9	-0.02269	8.8114	9.2862	-1.6365	52.93	8.82
39	군곡	3.43	15,505	9,512	100.0	3.73	18,359	9,512	118.4	0.5712	5.0924	4.9106	-0.2117	110.05	16.04	

분류	연번	저수지명	만수위				홍수위				수심-저수율 계수				군집 특성	
			수심 (m)	저수량 (m³)	면적 (m²)	저수율 (%)	수심 (m)	저수량 (m³)	면적 (m²)	저수율 (%)	a	b	c	d	직경	hr비
	40	노곡	2.00	10,048	6,300	100.0	2.5	13,198	6,300	131.3	-1.0327	8.8624	37.457	-1.6629	89.56	22.39
	41	대성	2.20	3,005	3,450	100.0	2.7	4,730	3,450	157.4	-5.1085	55.598	-61.453	18.954	66.28	15.06
	42	독수골	1.80	1,730	2,718	100.0	2.1	2,545	2,718	147.1	12.653	-3.1631	22.892	-4.4872	58.83	16.34
	43	돈	2.26	19,723	18,000	100.0	2.55	24,943	18,000	126.5	0.4019	17.306	3.1683	-0.6417	151.39	33.49
	44	동산	3.05	29,713	20,047	100.0	3.35	35,727	20,047	120.2	0.1339	9.6901	2.0878	-0.466	159.76	26.19
	45	두달	1.90	16,008	15,000	100.0	2.2	20,508	15,000	128.1	-2.3721	28.627	6.9409	-0.3467	138.20	36.37
	46	모길	3.49	76,048	29,510	100.0	3.79	83,546	29,510	109.9	-0.4875	4.4352	19.538	-1.3864	193.84	27.77
	47	목곡	2.61	13,007	8,600	100.0	3	15,952	8,600	122.6	-2.7778	21.301	1.8208	0.2242	104.64	20.05
	48	목수	3.02	19,000	10,800	100.0	3.32	22,240	10,800	117.1	0.3508	4.8439	16.828	-4.8952	117.26	19.41
	49	밀이	2.30	60,020	44,100	100.0	2.6	73,250	44,100	122.0	-2.7565	25.712	-1.2514	0.0979	236.96	51.51
	50	밤갓	2.70	12,002	7,700	100.0	3.2	15,852	7,700	132.1	-0.871	13.184	8.9163	-2.9988	99.01	18.34
	51	부곡	2.74	19,005	11,300	100.0	3.04	22,395	11,300	117.8	0.3376	4.6207	23.357	-6.0601	119.95	21.89
	52	분황	3.50	33,010	19,205	100.0	4	42,613	19,205	129.1	0.714	1.1441	17.214	-4.4072	156.37	22.34
	53	사근	2.13	12,045	7,000	100.0	2.63	15,545	7,000	129.1	75.037	-647.73	2109.2	4597	94.41	22.16
	54	시라	3.60	54,001	29,820	100.0	3.9	62,947	29,820	116.6	0.4227	4.141	6.1533	4.522	194.85	27.06
	55	상보	1.80	5,003	3,600	100.0	2.1	6,083	3,600	121.6	-2.8592	23.234	15.044	14.388	67.70	18.81
	56	소산	4.40	16,000	6,400	100.0	4.7	17,920	6,400	112.0	-0.0367	4.0228	5.5789	-0.1527	90.27	10.26
	57	양피	4.80	3,032	2,003	100.0	5.1	3,633	2,003	119.8	0.6663	0.6924	2.4802	-0.2658	50.50	5.26
	58	연꽃	3.50	43,001	22,000	100.0	3.8	49,601	22,000	115.3	-0.9082	13.146	-6.6272	0.7858	167.37	23.91
	59	원주골	5.40	24,005	8,100	100.0	5.7	26,435	8,100	110.1	0.0873	1.1368	10.084	-1.2031	101.55	9.40
	60	작동	3.10	22,000	11,800	100.0	3.4	26,720	11,800	121.5	1.8572	-3.911	28.189	-3.5085	122.57	19.77
	61	중명	3.10	18,000	13,200	100.0	3.4	21,960	13,200	122.0	0.7672	6.8008	3.68	0.4973	129.64	20.91
	62	청수	2.40	13,000	8,800	100.0	2.7	15,640	8,800	120.3	-0.4614	12.555	14.173	-0.2625	105.85	22.05
	63	후평	3.00	31,003	15,404	100.0	3.5	46,407	15,404	149.7	4.2784	-13.94	42.244	-12.448	140.05	23.34
	64	가라	4.94	73,759	25,432	100.0	5.75	95,318	27,570	129.2	-0.2947	5.9265	-2.0195	0.9277	179.95	18.21
	65	개	3.40	38,906	17,050	100.0	3.94	48,661	18,484	125.1	-0.4735	7.0275	12.536	-4.8471	147.34	21.67
	66	고려장	3.37	4,246	2,735	100.0	4.12	6,397	2,965	150.7	0.1231	8.5194	-0.616	0.4062	59.01	8.76
	67	고모	3.87	21,424	8,997	100.0	4.65	28,775	9,754	134.3	-0.2223	5.7765	7.0547	-1.0083	107.03	13.83
	68	곡	4.14	30,813	13,085	122.6	4.69	38,433	14,185	152.9	-0.3951	8.8647	-0.371	0.3754	129.07	15.59
	69	골안	5.36	43,594	17,662	100.0	5.9	53,700	19,148	123.2	0.1713	2.3717	1.0124	-0.1767	149.96	13.99
	70	괭산	2.56	8,284	5,895	100.0	3.56	14,425	6,391	174.1	-3.3612	30.935	-19.95	4.536	86.64	16.92
	71	구로	3.34	23,332	13,127	100.0	4.03	32,852	14,231	140.8	-0.3123	9.6263	1.2691	-0.0662	129.28	19.35
	72	구연	3.67	36,345	19,720	100.0	4.5	53,464	21,379	147.1	-0.5909	11.658	-8.6381	3.9234	158.46	21.59
	73	남성	2.81	8,429	5,631	100.0	3.46	12,283	6,104	145.7	-0.6961	14.827	-1.1487	1.305	84.67	15.07
	74	남티	4.75	36,410	11,692	100.0	5.39	44,293	12,676	121.7	-0.4031	5.9418	2.5487	-2.3909	122.01	12.84
	75	늘얼	2.98	9,301	5,461	100.0	3.84	14,209	5,920	152.8	-1.0252	14.243	0.188	0.1154	83.39	13.99
	76	달산	3.96	23,881	10,018	100.0	4.66	31,249	10,861	130.9	-0.5745	8.9259	-1.0253	-0.1734	112.94	14.26
	77	대곡 (임고)	2.42	2,582	2,994	100.0	2.93	4,213	3,245	162.5	-0.8126	36.456	-49.409	15.853	61.74	12.76
	78	대곡 (화북)	5.02	28,186	10,686	100.0	5.72	36,045	11,585	127.9	0.0011	3.7098	1.1376	0.3	116.64	11.62
	79	대부	5.28	82,002	28,188	100.0	6.28	111,363	30,559	135.8	-0.1016	3.9513	0.8721	-0.0937	189.45	17.94
	80	대안	4.08	28,225	12,944	100.0	4.59	35,235	14,033	124.8	-0.15	7.4785	-3.9468	1.0572	128.38	15.73
	81	돌성곡	2.10	5,143	4,341	100.0	3.1	9,664	4,706	187.9	-3.7952	32.557	-4.2242	0.9881	74.34	17.70
	82	마골	3.81	8,479	4,085	100.0	4.6	11,858	4,428	139.9	-0.258	7.4925	1.4572	-0.1425	72.12	9.46
	83	마평	3.28	27,425	19,326	100.0	3.69	35,511	20,122	129.5	0.3655	9.4494	-4.8742	0.9471	156.86	23.91
	84	방목	2.05	8,000	4,250	100.0	2.58	10,292	4,400	128.7	-0.6841	7.6673	29.603	12.984	73.56	17.94
	85	배암골	3.11	6,780	4,479	100.0	4.08	11,308	4,855	166.8	-0.5806	13.613	-5.0842	1.1013	75.52	12.14
	86	벌못	2.86	18,671	14,277	100.0	3.66	30,627	15,478	164.0	-1.5483	23.577	-21.583	4.0281	134.83	23.57
	87	범백	5.17	86,343	31,468	100.0	6.14	118,158	34,115	136.8	-0.0524	3.9287	0.1753	0.639	200.17	19.36
	88	보두막	3.99	8,980	4,856	100.0	4.52	11,709	5,264	130.4	0.3584	4.2643	2.3322	-0.1857	78.63	9.85
	89	봉당	4.16	34,128	15,636	100.0	7.75	91,746	16,950	268.8	-0.4158	8.0524	-2.9638	1.5683	141.10	16.96
	90	불	4.48	20,849	8,785	100.0	5.48	29,999	9,524	143.9	-0.0374	4.5129	2.6347	0.5426	105.76	11.80
	91	불모	2.55	8,359	6,220	100.0	3.38	13,759	6,743	164.6	-0.638	15.329	4.3411	-0.2186	88.99	17.45
	92	서운	4.63	61,704	24,761	100.0	5.43	82,441	26,844	133.6	-0.3494	7.6155	-6.8835	2.848	177.56	19.17

분류	연번	저수지명	만수위				홍수위				수심-저수율 계수				군집 특성		
			수심 (m)	저수량 (m³)	면적 (m²)	저수율 (%)	수심 (m)	저수량 (m³)	면적 (m²)	저수율 (%)	a	b	c	d	직경	hr비	
	93	선석	4.10	15,792	8,015	100.0	4.5	19,064	8,345	120.7	0.3814	2.2773	9.1875	-1.8064	101.02	12.32	
	94	선천	3.62	5,522	2,113	100.0	4.16	6,731	2,291	121.9	0.5762	-1.3724	25.279	-0.9411	51.87	7.16	
	95	세곡	2.70	13,930	18,960	100.0	2.9	17,247	19,741	123.8	5.8583	-4.7859	7.761	-1.4482	155.37	28.77	
	96	소부	6.04	56,088	17,348	100.0	7.04	74,158	18,807	132.2	-0.0419	2.8574	0.7086	0.4891	148.62	12.30	
	97	숙	1.84	5,561	6,499	100.0	2.14	7,551	6,767	135.8	0.9511	27	1.4936	-0.3286	90.97	24.72	
	98	승일	4.39	21,564	9,498	100.0	5.19	29,518	10,297	136.9	0.2402	2.4852	7.1675	-0.1924	109.97	12.52	
	99	시목지	3.70	10,215	4,830	100.0	4	11,694	5,029	114.5	-0.1939	6.2952	7.1814	-2.7777	78.42	10.60	
	100	신(금호)	3.85	21,684	11,200	100.0	4.25	26,256	11,662	121.1	0.0688	6.5244	-0.467	0.5517	119.42	15.51	
	101	신(북안)	3.94	18,301	9,358	100.0	4.44	23,076	9,744	126.1	-0.122	7.3792	-2.115	0.8825	109.16	13.85	
	102	신(화남)	2.56	6,159	4,007	100.0	3.06	8,204	4,172	133.2	0.9886	3.9724	22.204	-0.0235	71.43	13.95	
	103	신(화북)	5.87	54,669	21,534	100.0	6.19	61,702	22,421	112.9	0.1032	1.6982	3.6887	-0.6708	165.58	14.10	
	104	신(화산)	1.85	6,900	9,160	100.0	2.31	11,201	9,537	162.3	2.6915	49.863	-34.079	8.5339	107.99	29.19	
	105	신방	3.64	17,387	9,502	100.0	4.14	22,236	9,894	127.9	0.0828	6.4459	2.9894	-0.6778	109.99	15.11	
	106	신호	2.50	7,967	4,734	100.0	2.9	9,899	4,929	124.3	-1.2498	13.339	15.76	-3.1899	77.64	15.53	
	107	양호	6.52	61,205	16,015	100.0	7.22	72,983	17,362	119.2	-0.0694	2.4958	2.3897	-2.3135	142.80	10.95	
	108	연지	3.71	65,410	34,486	100.0	4.22	84,085	37,386	128.6	-0.0199	7.3656	-0.2208	0.1324	209.54	28.24	
	109	오곡	2.52	9,935	7,795	100.0	3.02	13,913	8,116	140.0	-0.1111	14.546	3.5866	-0.2118	99.62	19.77	
	110	오수	2.81	16,888	10,864	100.0	3.31	22,432	11,312	132.8	-2.5751	25.903	-18.569	4.1339	117.61	20.93	
	111	옥평	4.44	53,349	19,503	100.0	4.94	63,301	20,306	118.7	-0.4051	6.8709	1.292	-1.4677	157.58	17.75	
	112	외통	2.35	5,046	3,400	100.0	2.85	6,781	3,540	134.4	0.8279	4.6891	27.451	-1.1178	65.80	14.00	
	113	용전	3.83	10,380	4,850	100.0	4.38	13,204	5,258	127.2	0.173	4.2193	7.0753	1.0729	78.58	10.26	
	114	우벌	3.01	76,987	39,392	100.0	4.01	118,019	42,705	153.3	-1.3407	14.292	2.4477	-0.1439	223.95	37.20	
	115	우장	7.27	53,700	11,890	100.0	8.08	63,780	12,890	118.8	-0.1099	2.3541	2.9169	-2.2104	123.04	8.46	
	116	우항	4.84	10,396	3,415	100.0	5.54	12,908	3,702	124.2	0.1319	1.4352	10.334	0.9844	65.94	6.81	
	117	원두령	3.13	11,279	6,332	100.0	3.63	14,511	6,593	128.7	0.3532	5.5208	10.808	0.3236	89.79	14.34	
	118	입	3.29	45,897	29,167	100.0	3.79	60,781	30,369	132.4	-0.156	10.8	-3.9739	1.1394	192.71	29.29	
	119	장제	2.58	17,503	15,597	100.0	3.39	30,724	16,908	175.5	-0.5513	20.067	-10.919	3.9833	140.92	27.31	
	120	집당	2.74	6,941	4,297	100.0	3.34	9,663	4,658	139.2	0.5714	5.4603	17.03	0.3657	73.97	13.50	
	121	천미	2.60	49,512	40,124	100.0	3.6	91,306	43,498	184.4	-3.4326	35.27	-33.97	9.8611	226.03	43.47	
	122	하신	2.14	8,733	8,635	100.0	3.07	17,110	9,361	195.9	-2.8645	33.843	-14.52	4.7102	104.85	24.50	
	123	해현	6.42	73,111	22,187	94.2	7.12	89,428	24,053	115.2	-0.0322	2.8202	-2.4274	1.7364	168.08	13.09	
	124	황강	2.02	7,651	9,889	100.0	2.92	16,943	10,721	221.4	-6.038	62.565	-61.608	18.939	112.21	27.77	
	125	황곡	4.78	66,855	23,260	100.0	5.53	85,149	25,216	127.4	-0.2632	5.2385	2.5158	-2.6595	172.09	18.00	
	126	황산	6.73	76,399	25,771	100.0	7.73	103,243	27,939	135.1	0.0737	1.7969	-0.8298	0.9525	181.14	13.46	
	127	효정	3.47	25,205	13,220	100.0	4.27	36,276	14,332	143.9	-1.1079	14.596	-8.9938	19.475	129.74	18.69	
	128	후곡	3.61	16,643	7,644	100.0	4.41	23,045	8,287	138.5	-1.1368	13.534	-6.6459	1.598	98.65	13.66	
	129	부제	8.28	239,938	49,839	100.0	9.28	289,777	49,839	120.8	-0.1199	3.0285	-4.9263	1.4504	251.91	15.21	
	130	삼천	3.32	198,000	75,990	100.0	4.32	273,990	75,990	138.4	-1.0252	9.5848	9.233	1.7718	311.05	46.85	
	131	갈곡	6.78	94,048	25,500	100.0	7.48	111,898	25,500	119.0	0.0122	1.2386	5.9315	-0.5952	180.19	13.29	
	132	금광	5.30	195,040	57,147	100.0	5.8	223,614	57,147	114.7	-0.1103	3.2172	4.9415	-0.4533	269.74	25.45	
	133	북군	6.10	114,700	33,930	100.0	6.6	131,665	33,930	114.8	-0.1389	3.7011	-0.9858	-0.1256	207.85	17.04	
	134	산대	7.95	215,238	49,500	100.0	8.75	254,838	49,500	118.4	-0.0724	2.3833	-2.0359	1.907	251.05	15.79	
	135	육통	6.90	241,005	54,300	100.0	7.3	284,445	54,300	118.0	0.1319	-0.1697	10.282	-2.8316	262.94	19.05	
	136	장천	6.40	178,030	54,500	100.0	7	210,730	54,500	118.4	0.0102	2.4597	-0.9207	1.8546	263.42	20.58	
	137	정혜	6.00	107,005	33,720	100.0	6.4	120,493	33,720	112.6	-0.1678	4.2092	-2.5727	0.2726	207.20	17.27	
	138	대운	5.24	118,793	33,276	100.0	5.78	137,832	36,075	116.0	-0.2439	4.047	5.0578	-2.1026	205.84	19.64	
	139	삼부	7.00	106,457	29,006	100.0	8	136,671	31,446	128.4	-0.1144	3.5448	-5.2836	2.45	192.18	13.73	
	140	삼포	7.15	203,908	61,966	100.0	7.79	245,686	67,177	120.5	0.0663	1.4012	0.5642	-0.0121	280.89	19.64	
	141	차당	4.37	137,257	78,439	100.0	5.67	182,352	88,539	132.9	-1.3796	15.849	-22.811	7.2276	316.02	36.16	
	142	탑	4.67	201,947	81,194	100.0	5.67	286,521	88,022	141.9	-0.2213	6.0309	-2.0952	0.5172	321.53	34.42	
	최대값			8.28	241,005	92,231	122.6	9.28	289,777	92,231	742.1	75.0	62.6	2109.2	19475.0	342.68	64.67
	최소값			1.80	1,730	2,003	94.2	2.10	2,545	2,003	109.9	-11.564	-647.73	-61.608	-63.739	50.50	5.26
	평균			3.82	45,062	19,578	100.1	4.52	61,215	20,316	144.4	0.4	4.4	20.3	143.66	20.18	
	표준편차			1.4515338 32	52,483	18,431	2.1	1.5657484 87	67,667	19,052	65.9	7.4	61.5	190.6	1793.6	65.50	10.23

- 계측저수지 유형분류 및 군집분석을 통해 미계측저수지의 수위내용적 관계생성을 유도함

○ 1군집 저수지 특성

- 1군집으로 분류된 저수지는 3개소로 만수위 기준, 평균 수심 3.163m, 평균 저수량 160,835m³, 평균 저수면적 198,429m²임
- 이러한 특성으로 수심-저수율 곡선에 해당하는 계수를 활용하면, $y = 8.226x^3 - 37.571x^2 + 95.003x - 9.796$ 와 같은 공식을 도출할 수 있음

<표 26> 1군집 저수지의 특성

구분	만수위				홍수위				수심-저수율 계수				군집 특성	
	수심 (m)	저수량 (m ³)	면적 (m ²)	저수율 (%)	수심 (m)	저수량 (m ³)	면적 (m ²)	저수율 (%)	a	b	c	d	직경	hr비
최대값	5.890	232,612	218,126	100.0	6.830	446,460	236,469	203.8	29.872	48.999	251.71	12.545	527.00	178.72
최소값	1.300	101,855	169,580	100.0	1.600	198,911	169,580	134.4	-6.7065	-152.89	14.908	-35.094	464.67	44.74
평균	3.163	160,835	198,429	100.0	3.910	284,317	204,543	176.7	8.2259666 67	-37.57073 333	95.002666 67	-9.796266 667	501.92	111.74
표준편차	1.971	54,143	20,848	-	2.178	114,707	27,392	30.3	15.669517 09	84.890886 16	110.81793 57	19.560574 32	26.86	54.70

- 2군집 저수지 특성

- 2군집으로 분류된 저수지는 15개소로 만수위 기준, 평균 수심 6.764m, 평균 저수량 172,491m³, 평균 저수면적 50,336m²임
- 이러한 특성으로 수심-저수율 곡선에 해당하는 계수를 활용하면 $y=-0.224x^3+4.042x^2-0.227x+0.859$ 와 같은 공식을 도출할 수 있음

<표 27> 2군집 저수지의 특성

구분	만수위				홍수위				수심-저수율 계수				군집 특성	
	수심 (m)	저수량 (m ³)	면적 (m ²)	저수율 (%)	수심 (m)	저수량 (m ³)	면적 (m ²)	저수율 (%)	a	b	c	d	직경	hr비
최대값	16.000	241,005	81,194	100.0	17.000	289,777	88,539	130.1	0.1319	15.849	10.282	7.2276	321.53	46.85
최소값	3.320	94,048	25,500	100.0	4.320	111,898	25,500	105.8	-1.3796	-0.1697	-22.811	-2.8316	180.19	6.76
평균	6.764	172,491	50,336	100.0	7.523	211,238	52,362	112.9	-0.224333 333	4.0420666 67	-0.226673 333	0.85872	249.20	21.39
표준편차	2.791	51,907	17,718	-	2.832	65,857	19,450	7.6	0.4019732 9	3.9146313 55	7.6236781 87	2.2375998 52	44.58	10.03

- 3군집 저수지 특성

- 3군집으로 분류된 저수지는 124개소로 만수위 기준, 평균 수심 3.82m, 평균 저수량 45,062m³, 평균 저수면적 19,578m²임
- 이러한 특성으로 수심-저수율 곡선에 해당하는 계수를 활용하면 $y=0.4x^3+4.4x^2+20.3x+195.8$ 와 같은 공식을 도출할 수 있음

<표 28> 3군집 저수지의 특성

구분	만수위				홍수위				수심-저수율 계수				군집 특성	
	수심 (m)	저수량 (m ³)	면적 (m ²)	저수율 (%)	수심 (m)	저수량 (m ³)	면적 (m ²)	저수율 (%)	a	b	c	d	직경	hr비
최대값	8.28	241,005	92,231	122.6	9.28	289,777	92,231	742.1	75.0	62.6	2109.2	19475.0	342.68	64.67
최소값	1.80	1,730	2,003	94.2	2.10	2,545	2,003	109.9	-11.564	-647.73	-61.608	-63.739	50.50	5.26
평균	3.82	45,062	19,578	100.1	4.52	61,215	20,316	144.4	0.4	4.4	20.3	195.8	143.66	20.18
표준편차	1.4515338 32	52,483	18,431	2.1	1.5657484 87	67,667	19,052	65.9	7.4	61.5	190.6	1793.6	65.50	10.23

나. GIS, RS 영상자료 추출 수위자료와 분석모형 모의발생 자료 비교 평가

가) 시계열 영상자료를 활용한 저수량 추정자료와 실측자료의 비교

○ 위성영상을 활용한 수체 탐지분석

- 최근 인공위성 영상자료를 활용한 수자원분야 연구가 활발히 진행되고 있으며, 특히 영상 자료를 활용한 수면적 분석, 저수량 추정 등의 연구가 활발히 진행되고 있다(Jang et al., 2020).
- 본 연구에서는 34개의 시계열 위성 영상자료를 활용하여 수체를 탐지하고 실제 저수지의 수위내용자료와의 정합성을 비교하였음(2차년도 연구내용)
- 구체적으로 한국농어촌공사 경산청도지사의 25개 계측저수지에 대하여 2018년부터 2019년까지의 Sentinel-2 영상자료를 통해 저수지를 탐지함
- 영상자료는 규모가 작은 저수지를 탐색해야 하므로 밴드2(R), 밴드3(G), 밴드4(B), 밴드8(NIR)을 오버레이하여 10m 단위 격자분석을 하였음(2019년 12월 16일 자료 예시)
- 영상자료는 Nearest neighborhood 기법을 활용하여 격자기반 리샘플링을 진행함. 이는 영상자료의 감독분류시 인접 격자를 그룹화하여 개체별 분류하는 방식을 취하기 때문임
- 이후 GIS를 활용하여 분석하였는데, 기하보정 등 전처리과정을 진행하였으며, False color 밴드조합을 통해 식생과 수면에서 보다 높은 대비를 보여주게 만들어 감독분류가 원활하도록 하였음
- 감독분류 시 환경부 토지피복지도 분류를 기준으로 하였고, 초지와 습지는 각각 산림과 수역으로 판단하도록 하였으며, 알고리즘은 광범위한 이미지 처리가 가능한 벡터머신을 사용함
- 또한 분류된 이미지를 바탕으로 25개의 저수지를 일대일 비교하였으며, 부정확한 경우 재분류과정을 거쳐 저수지가 잘 표현되도록 하였음
- 최종적으로 정확도 평가를 실시하였는데, 이는 25개 영상자료별 500개의 랜덤포인트로 평가하였으며 정리된 평가테이블의 혼합행렬 계산을 통해 Kappa coefficient를 도출하여 정확도 평가결과를 도출함
- 아래의 표는 정확도 평가를 실시한 1개 위성사진 정확도 평가결과이며, 이와 같은 방식으로 감독분류된 모든 위성영상에 대하여 평가함

<20191216 정확도 평가>

Classification		Type of landuse/cover; Reference or Ground Truth					Total (User)	Number of correct	User's Accuracy
		Wa	Fo	Ag	BA	Va			
Type of landuse /cover ;Classified or Mapped	Wa	8	2	0	0	0	10	8	0.8000
	Fo	3	233	8	0	4	248	233	0.9395
	Ag	3	35	126	41	8	213	126	0.5915
	BA	1	5	5	20	0	31	20	0.6452
	Va	0	0	0	0	0	0	0	0.0000
Total(Producer)		15	275	139	61	12	502	387	0.7709
Producer's Accuracy		0.5333	0.8473	0.9065	0.3279	0.0000	0.00%		
Overall classification accuracy		77.09%							
Kappa coefficient		0.6206							

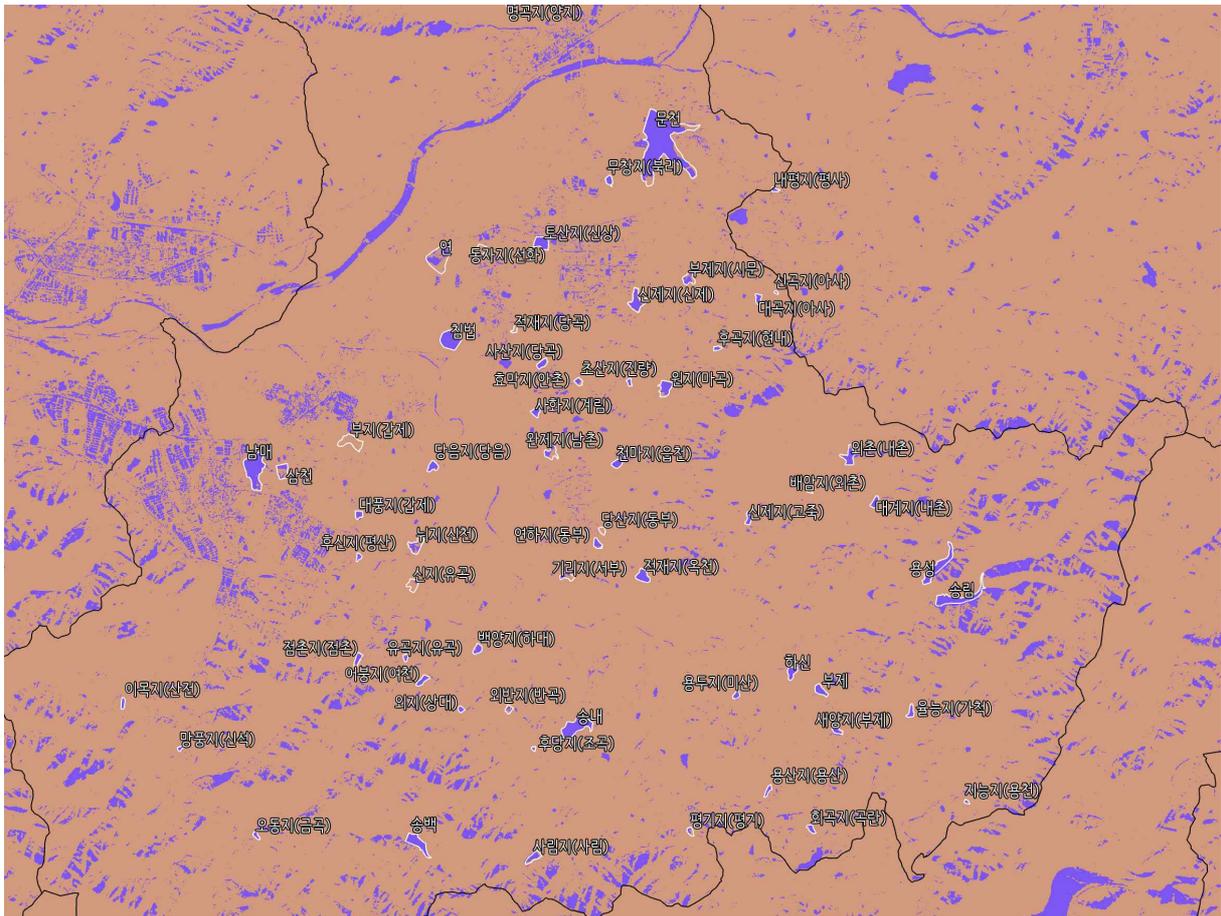
*Wa: Water; Fo: Forest; Ag: Agricultural land; BA: Built-up Area; Va: Vacant.

- 영상분석을 기반으로 계측저수지 수위내용자료와 비교하여 저수면적 탐지의 정확률을 분석하였음
- 아래의 표는 수위내용자료와 저수면적 정확률을 저수지별 위성영상에 대하여 분석한 일부 결과임

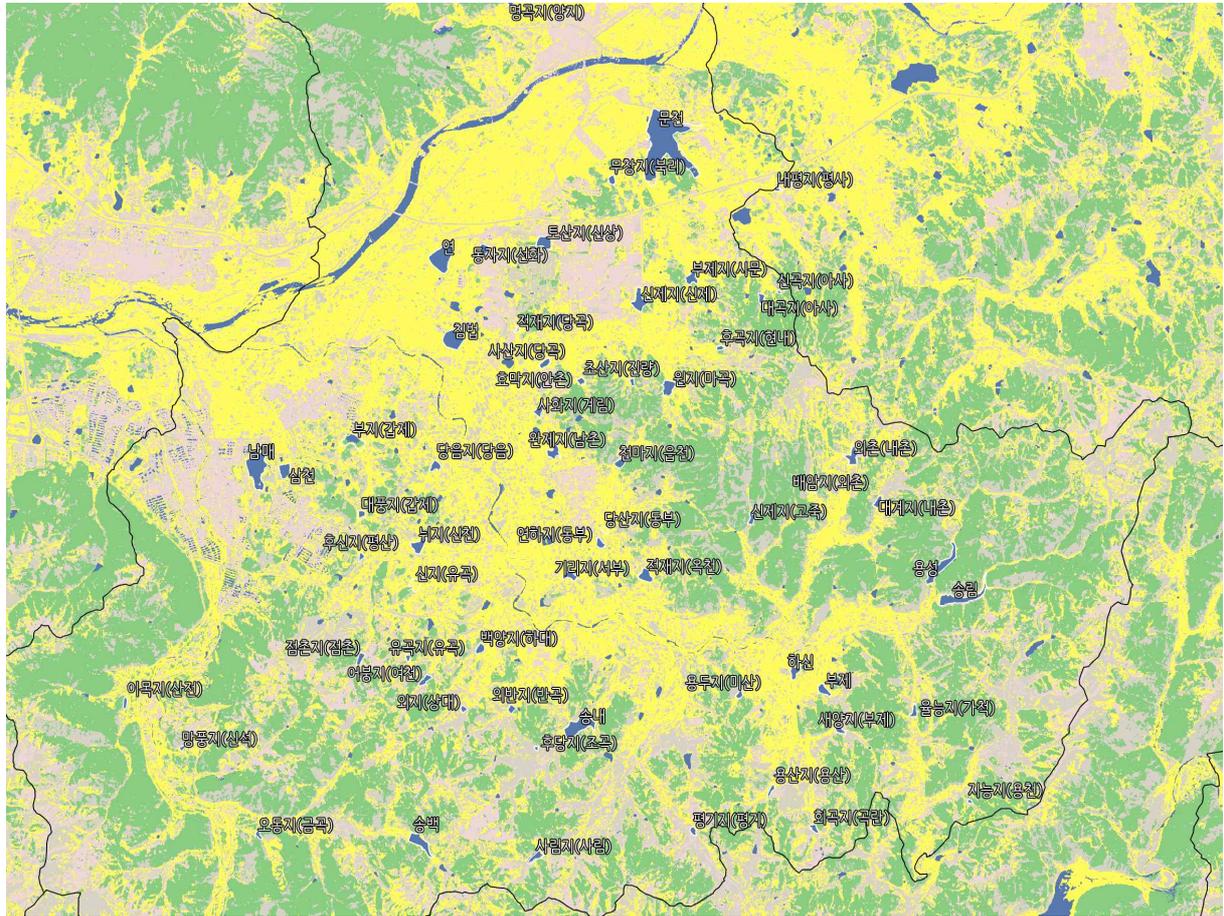
<시계열 위성영상 분석 - 신한저수지>

저수지명 (경산시)	위성영상 분석		일별 저수지 계측자료(자정 기준)			추정 값		오차(m2)	정합률
	날짜	저수면적 (m2)	저수위 (EL.m)	저수량(m3)	저수율(%)	수심(m)	면적(m2)		
	20170130	33,100	93.8	35,513	0.0	2.25	-	-	-
	20170209	12,500	95.7	6,567	0.0	0.33	-	-	-
	20170321	28,900	98.2	60,036	3.8	2.19	12,873	-16,027	224.50%
	20170430	19,400	103.0	297,643	70.8	6.95	41,683	22,283	46.54%
	20170609	37,300	100.9	181,010	37.9	4.90	29,210	-8,090	127.70%
	20170719	23,900	99.8	123,928	21.8	3.78	22,432	-1,468	106.55%
	20170828	2,400	102.7	279,898	65.8	6.65	39,853	37,453	6.02%
	20171022	45,000	102.7	285,221	67.3	6.74	40,402	-4,598	111.38%
	20171121	49,700	102.7	281,081	66.2	6.67	39,975	-9,725	124.33%
	20171221	53,300	102.6	278,123	65.3	6.62	39,670	-13,630	134.36%
	20180115	46,100	102.6	277,532	65.2	6.61	39,609	-6,491	116.39%
	20180214	48,100	102.6	279,306	65.7	6.64	39,792	-8,308	120.88%
	20180311	39,500	103.0	303,293	72.4	7.04	42,232	2,732	93.53%
	20180425	46,100	103.8	355,190	87.1	7.81	46,936	836	98.22%
	20180510	52,100	103.8	353,777	86.7	7.79	46,813	-5,287	111.29%
	20180624	41,400	103.5	336,276	81.7	7.53	45,224	3,824	91.54%
	20180714	51,100	103.7	350,411	85.7	7.74	46,508	-4,592	109.87%
신한	20180927	47,800	103.8	351,758	86.1	7.76	46,630	-1,170	102.51%
	20181002	50,400	103.7	350,411	85.7	7.74	46,508	-3,892	108.37%
	20181012	52,100	103.8	351,758	86.1	7.76	46,630	-5,470	111.73%
	20181126	51,900	103.8	352,431	86.3	7.77	46,691	-5,209	111.16%
	20181226	23,200	103.8	354,450	86.9	7.80	46,875	23,675	49.49%
	20190105	600	103.8	353,104	86.5	7.78	46,752	46,152	1.28%
	20190115	53,200	103.8	353,777	86.7	7.79	46,813	-6,387	113.64%
	20190209	54,900	103.8	353,777	86.7	7.79	46,813	-8,087	117.27%
	20190316	41,000	103.8	398,308	99.2	7.76	46,630	5,630	87.93%
	20190420	55,600	103.7	396,288	98.7	7.73	46,447	-9,153	119.71%
	20190505	36,900	103.8	397,634	99.1	7.75	46,569	9,669	79.24%
	20190604	53,000	102.9	341,235	83.1	6.90	41,378	-11,622	128.09%
	20190704	54,400	102.8	337,686	82.1	6.84	41,012	-13,388	132.65%
	20190818	55,400	103.1	354,554	86.9	7.11	42,659	-12,741	129.87%
	20191027	55,100	103.7	395,615	98.5	7.72	46,386	- 8,714	118.79%
	20191106	-	103.7	393,596	97.9	7.69	46,202	46,202	0.00%
	20191121	50,200	103.7	392,923	97.7	7.68	46,141	- 4,059	108.80%
	20191216	52,800	103.6	390,230	97.0	7.64	45,897	- 6,903	115.04%

- 아래의 그림은 2017년, 2018년, 2019년 위성사진을 활용한 저수지 표면을 분석한 것이며, 위성사진 감독분류한 자료를 만수면적에 따라 도출한 것임



<그림 160> 2017년 3월 21일 위성사진 저수지 면적 분석

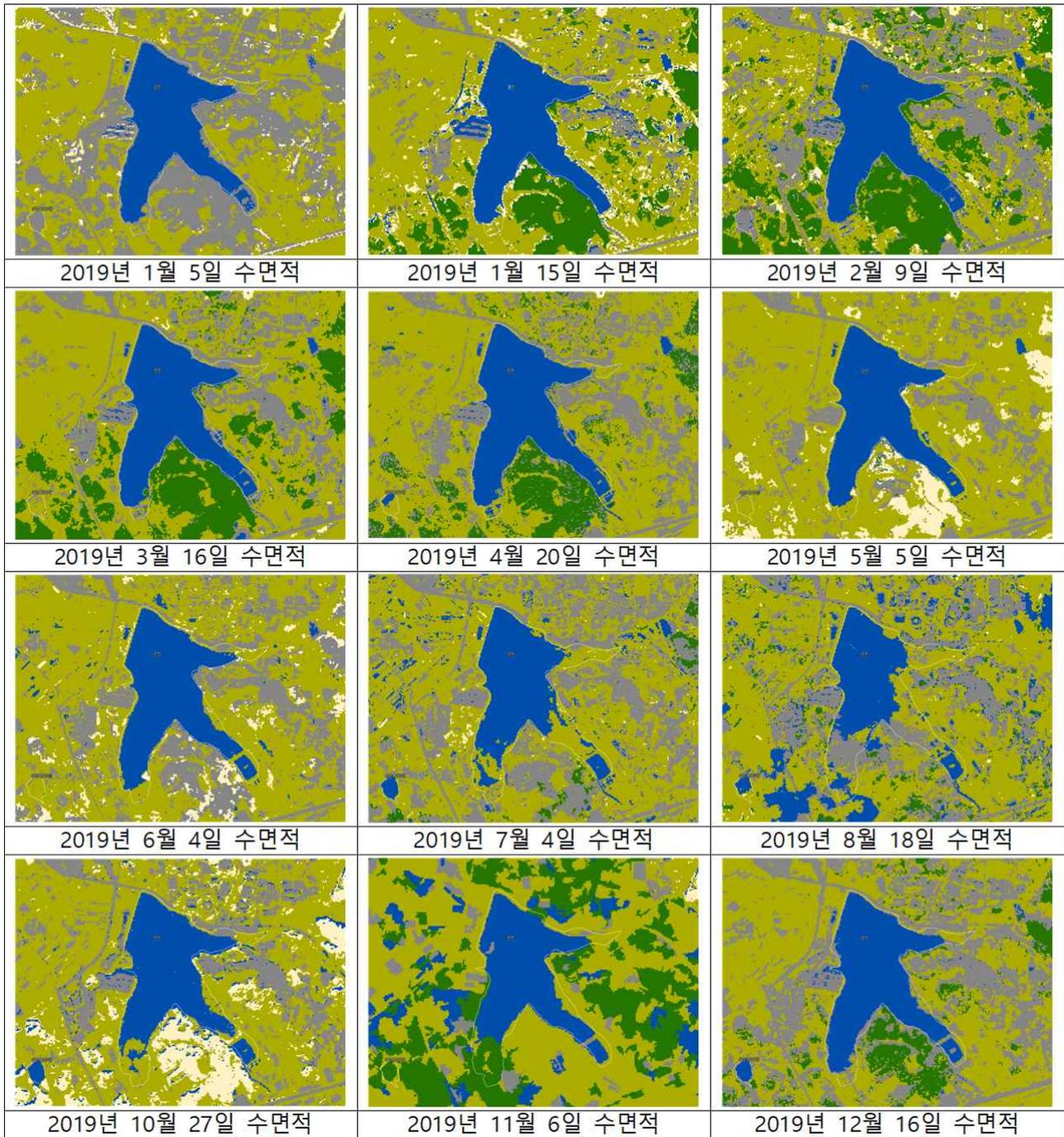


<그림 161> 2018년 3월 11일 위성사진 저수지 면적 분석

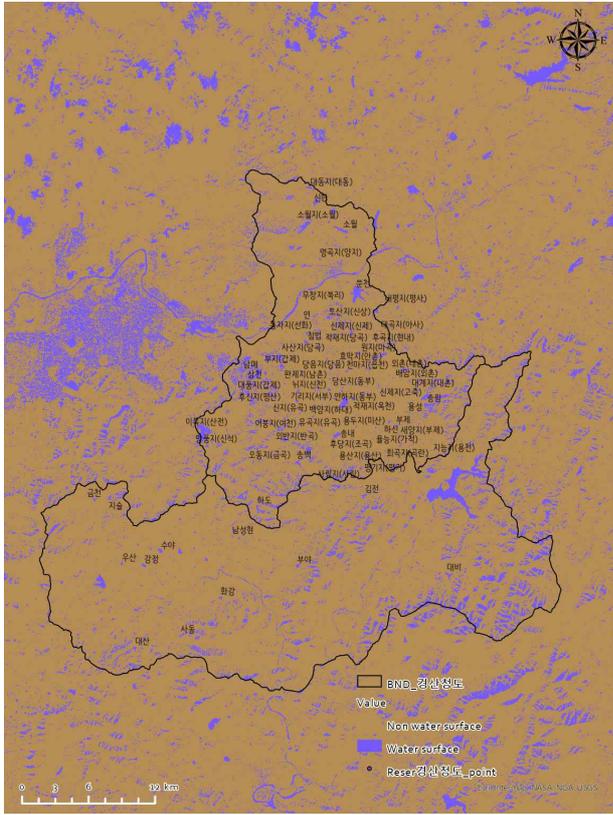
연번	지역	지수지명	만수위(ELm)	총적수량(m3)	만수면적(m2)	위성사진 수면적 GIS 분석결과(단위: m2)										
						20170130	20170209	20170321	20170430	20170609	20170719	20170828	20171022	20171121	20171221	
1	경산시	대동지(대동)	120.00	156,240	25,000	37,600	34,300	33,100	16,000	22,200	14,000	24,000	24,400	27,400	29,900	
2	경산시	신항	103.80	475,000	74,000	33,100	12,500	28,900	19,400	37,300	23,900	2,400	45,000	49,700	53,900	
3	경산시	소림지(소림)	98.00	32,800	25,000	28,800	29,800	29,300	26,100	12,700	100	6,600	17,800	24,000	25,100	
4	경산시	소림	76.70	2,351,285	285,000	241,700	241,200	246,000	206,800	178,900	132,000	138,600	77,400	197,300	211,600	
5	경산시	명곡지(명곡)	85.00	102,100	18,000	26,200	27,000	27,700	14,200	-	-	13,100	23,900	25,600	26,200	
6	경산시	문천	60.00	3,370,276	837,032	817,500	815,500	828,900	807,600	570,600	275,700	405,700	699,600	766,700	785,400	
7	경산시	내평지(평사)	77.00	15,300	10,000	10,100	10,000	10,200	7,400	7,000	-	3,900	-	7,600	5,500	
8	경산시	우창지(북리)	69.00	65,100	32,000	3,000	5,300	3,900	15,000	-	-	-	8,800	19,000	20,200	
9	경산시	연	48.00	621,336	207,580	20,300	19,000	188,000	196,600	-	-	-	2,200	81,100	164,300	
10	경산시	동자지(안화)	54.00	56,320	30,000	10,100	7,700	11,300	27,700	-	-	-	-	800	5,800	
11	경산시	토산지(신상)	59.00	188,730	74,400	69,800	68,600	68,200	61,300	20,500	5,900	1,300	48,100	67,000	68,400	
12	경산시	침법	56.00	508,910	153,095	91,600	90,900	107,900	127,300	68,400	-	6,000	4,300	124,700	127,000	
13	경산시	적재지(당곡)	63.90	31,800	10,000	11,000	11,400	11,500	8,300	1,900	-	-	9,200	200	400	
14	경산시	신재지(신재)	85.20	239,850	66,000	94,600	94,800	96,300	85,300	77,200	18,100	26,500	22,700	66,100	92,000	
15	경산시	부재지(시문)	81.00	209,800	42,000	44,100	43,600	44,300	21,900	35,500	-	4,400	6,100	27,400	39,200	
16	경산시	대곡지(안사)	120.00	92,300	15,000	18,600	18,000	16,900	6,300	7,300	6,400	7,000	13,100	15,600	16,300	
17	경산시	신곡지(안사)	111.58	10,200	10,000	3,600	3,500	2,800	-	-	-	1,400	2,100	2,200	3,400	
18	경산시	후곡지(현내)	105.00	4,000	10,000	12,900	12,900	12,600	1,300	8,000	-	4,700	9,300	9,500	11,100	
19	경산시	원지(마곡)	68.00	173,900	48,000	61,800	62,300	62,100	50,300	23,000	-	28,400	58,400	54,500	56,200	
20	경산시	조산지(진방)	83.00	37,700	10,000	11,700	11,200	10,500	6,400	2,100	-	7,900	7,600	9,300	10,100	
21	경산시	포락지(안춘)	76.00	60,000	20,000	14,100	13,900	13,400	4,500	6,900	-	5,000	9,800	11,300	12,000	
22	경산시	사산지(당곡)	56.00	86,700	27,000	1,800	600	5,500	4,800	200,500	-	4,900	10,000	24,700	26,500	
23	경산시	남매	59.00	1,439,550	259,550	224,400	228,800	230,700	218,400	100	94,400	166,700	177,400	215,600	224,400	
24	경산시	삼천	54.00	273,990	75,990	62,100	60,700	61,300	46,600	-	-	-	-	26,800	55,000	
25	경산시	부지(간재)	52.00	196,100	147,100	87,300	83,500	84,400	72,500	-	-	-	-	400	28,000	
26	경산시	당용지(당용)	57.00	80,800	50,000	34,300	34,400	34,700	28,200	19,100	-	11,200	25,400	32,100	34,400	
27	경산시	사화지(계방)	64.00	88,920	20,000	26,200	26,000	26,100	21,900	1,300	-	-	-	24,000	25,300	
28	경산시	완재지(남춘)	67.00	72,100	33,000	48,400	47,800	47,500	33,800	20,400	-	13,500	20,200	21,500	39,600	
29	경산시	천마지(읍천)	84.00	93,600	20,000	41,300	40,800	37,000	27,700	10,200	-	13,300	300	38,700	41,000	
30	경산시	신재지(고죽)	124.00	77,440	20,000	21,100	21,400	20,400	-	1,500	-	8,800	16,500	20,100	20,000	
31	경산시	배암지(원춘)	131.50	56,700	12,000	10,300	10,300	9,800	-	4,700	-	6,400	-	500	600	
32	경산시	외춘(내춘)	103.00	482,000	90,000	73,100	73,100	72,600	1,700	37,100	-	58,900	57,700	58,000	59,800	
33	경산시	대계지(내춘)	133.00	71,070	20,000	25,800	25,900	24,100	7,600	1,300	-	4,500	24,200	23,700	24,300	
34	경산시	용성	148.70	2,677,278	150,569	126,200	126,400	126,100	22,400	79,000	-	105,800	49,500	114,200	118,600	
35	경산시	송림	154.70	3,979,193	209,144	148,700	148,000	151,300	53,400	120,300	48,400	125,900	110,100	118,700	123,100	
36	경산시	적재지(읍천)	85.00	122,000	30,000	58,200	57,900	57,700	50,600	4,500	-	500	10,500	51,400	55,200	
37	경산시	당산지(동부)	75.00	58,800	18,000	13,500	13,300	12,200	6,400	5,400	-	4,500	800	-	100	
38	경산시	연하지(동부)	74.00	55,220	31,000	25,200	24,900	25,100	18,600	1,800	-	1,900	4,100	20,200	24,100	
39	경산시	기리지(사부)	64.05	84,000	20,000	34,900	34,700	35,300	24,900	6,300	-	-	-	13,400	24,600	
40	경산시	뽕지(신천)	70.00	228,800	102,000	60,300	61,400	61,300	52,200	16,200	-	-	100	26,400	42,200	
41	경산시	대용지(갑재)	69.87	52,700	20,000	18,100	17,900	15,500	10,200	10,800	-	6,100	12,400	14,900	4,900	
42	경산시	후신지(평산)	100.00	51,600	13,000	11,700	12,400	12,200	9,500	9,200	-	6,200	10,900	11,600	12,300	
43	경산시	신지(유곡)	74.24	94,400	68,000	46,700	47,200	48,100	43,900	16,100	100	25,800	43,500	2,800	3,200	
44	경산시	이육지(상천)	96.00	48,370	25,000	17,100	17,100	16,400	15,800	13,300	200	5,700	16,000	16,400	17,200	
45	경산시	망용지(상석)	101.60	32,550	13,000	6,200	6,100	7,600	2,800	700	-	-	3,300	6,800	7,200	
46	경산시	점촌지(점촌)	188.00	144,000	226,000	24,700	24,400	21,800	10,700	14,600	-	15,200	26,700	17,600	17,500	
47	경산시	유곡지(유곡)	126.00	60,000	30,000	9,800	9,800	9,600	6,500	6,800	5,400	7,200	10,900	8,700	8,800	
48	경산시	어룡지(여천)	247.00	152,200	34,000	30,300	30,200	29,200	14,600	17,700	-	23,000	32,200	27,200	28,700	
49	경산시	백암지(하대)	77.00	127,200	25,000	28,500	28,700	29,300	19,400	15,900	-	3,600	-	23,900	27,700	
50	경산시	외지(상대)	115.00	37,700	20,000	13,900	13,900	13,400	5,300	9,600	-	11,900	6,400	13,800	13,500	
51	경산시	외반지(반곡)	96.00	39,300	20,000	18,400	18,100	18,000	3,900	7,800	-	-	-	7,800	17,800	
52	경산시	후암지(조곡)	124.50	10,900	3,000	600	-	-	-	-	-	300	2,200	2,900	3,600	
53	경산시	송내	111.00	2,070,592	263,458	177,400	177,500	179,500	167,500	161,900	1,300	148,900	168,700	167,700	170,400	
54	경산시	용두지(미산)	98.00	86,820	20,000	17,200	17,400	17,600	12,600	11,900	-	100	-	13,000	13,500	
55	경산시	하신	85.00	160,546	46,053	39,700	39,700	40,200	35,300	4,100	-	1,500	100	37,000	37,800	
56	경산시	부재	96.00	289,777	49,839	39,900	40,100	40,300	33,300	29,800	100	31,200	-	35,100	36,100	
57	경산시	새암지(부재)	115.00	105,800	21,000	24,000	24,000	23,300	12,200	6,800	-	4,200	400	20,600	22,700	
58	경산시	율농지(가척)	229.00	147,800	30,000	23,800	24,300	23,500	3,100	13,700	-	12,900	19,300	21,200	21,400	
59	경산시	지농지(율천)	240.00	51,000	10,000	5,600	5,300	5,000	-	-	-	1,500	7,300	4,900	5,800	
60	경산시	회곡지(후반)	121.00	83,700	18,000	6,200	2,900	12,600	-	-	-	5,800	17,300	19,400	19,500	
61	경산시	용산지(용산)	131.00	66,000	15,000	2,800	6,200	12,200	9,500	1,600	-	9,900	14,200	15,200	15,700	
62	경산시	평기지(평기)	132.00	87,800	20,000	1,300	1,800	-	15,400	3,700	-	-	400	6,000	3,300	
63	경산시	사림지(사림)	178.00	322,090	50,000	31,600	31,200	25,900	-	-	-	24,000	4,200	30,200	33,000	
64	경산시	송백	198.70	1,791,490	120,260	99,800	99,700	99,200	55,500	58,800	-	86,900	18,100	90,900	94,900	
65	경산시	오동지(금곡)	130.00	92,750	14,000	13,300	13,100	13,700	9,600	8,100	-	4,900	12,000	11,800	13,000	
66	경산시	하도	197.50	1,366,163	113,138	95,900	95,700	92,600	-	36,200	100	83,200	5,100	89,600	92,500	

<그림 163> 시계열 위성사진을 활용한 수면적 분석결과

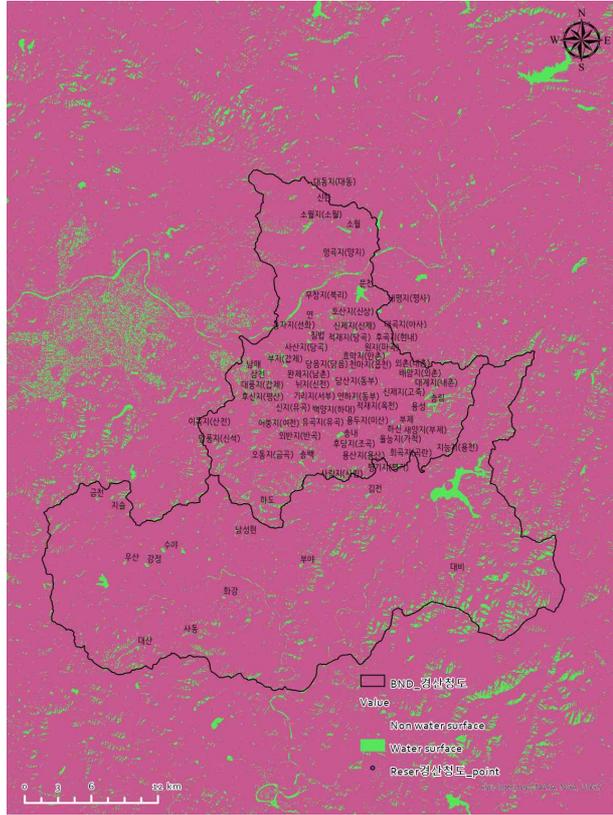
- 아래의 그림은 시계열 위성영상을 분석한 것으로, 저수지의 수면적 변화양상을 표현한 것
- 이와 같은 방식으로 경산시와 청도군의 모든 저수지에 대하여 분석을 실시하였음



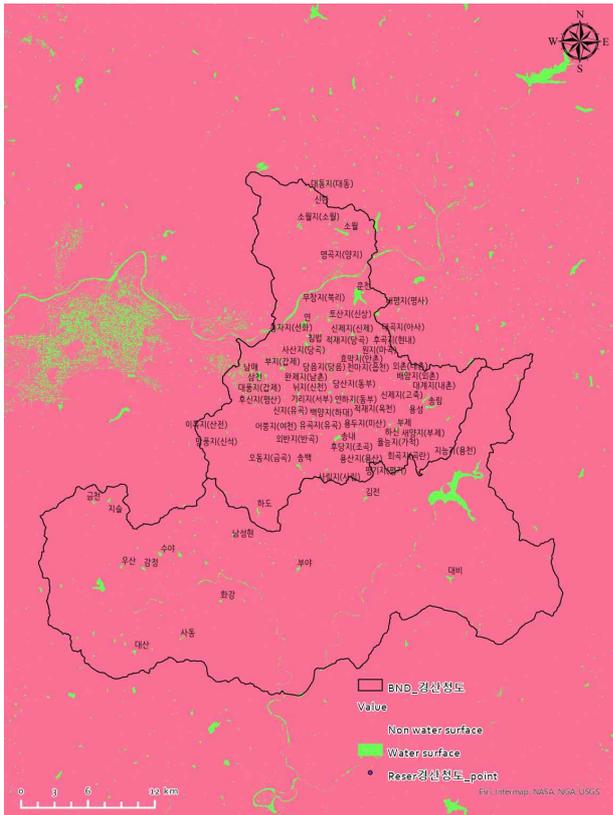
<그림 164> 시계열 위성영상의 저수지 수면적 분석(경산시 문천저수지)



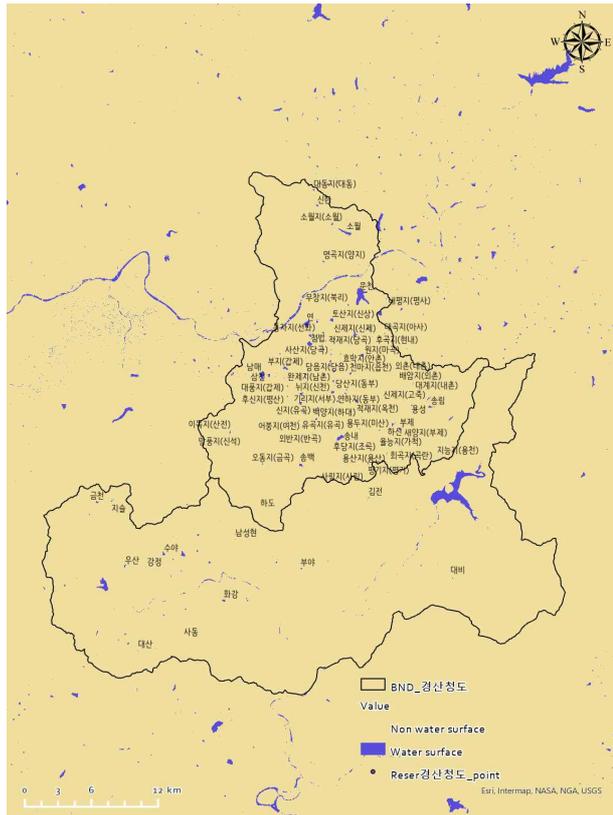
<2017년 1월 30일 위성사진 분석>



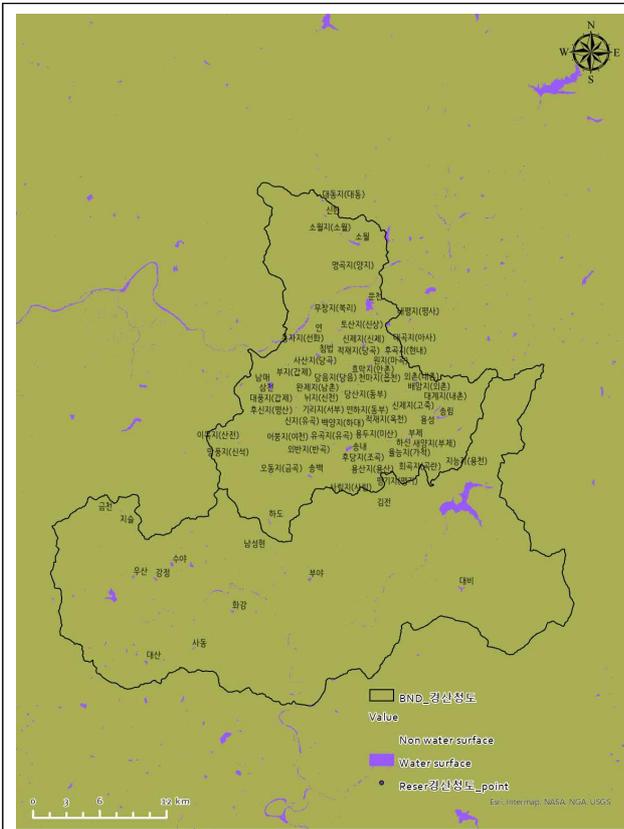
<2017년 2월 9일 위성사진 분석>



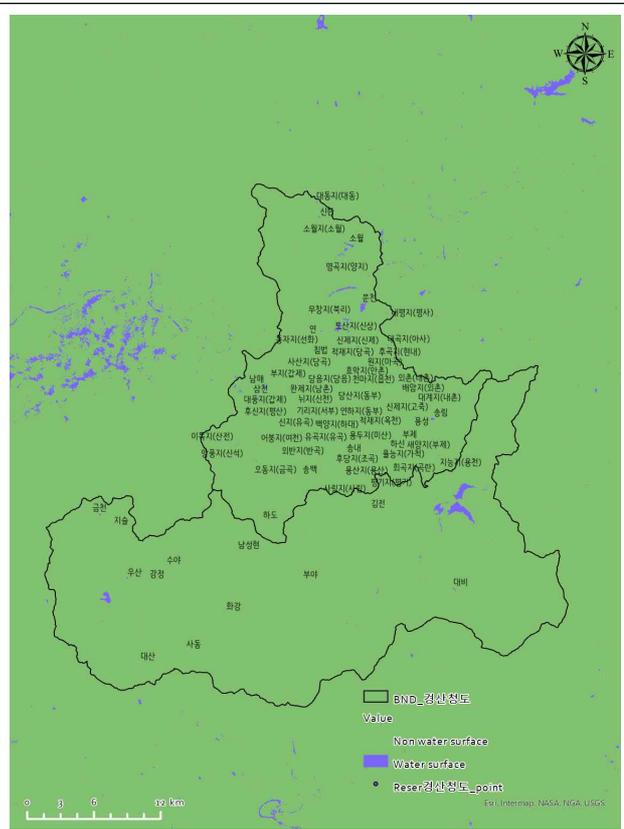
<2017년 3월 21일 위성사진 분석>



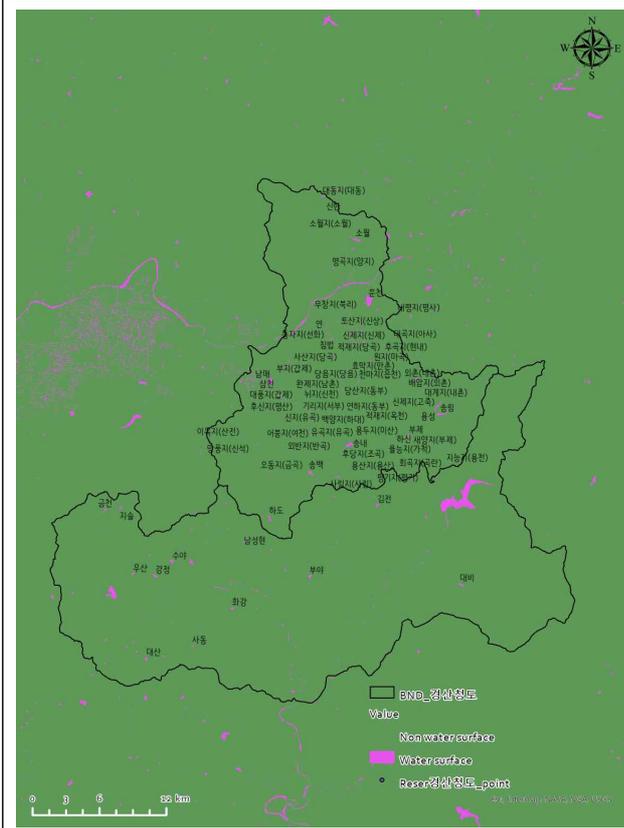
<2017년 4월 30일 위성사진 분석>



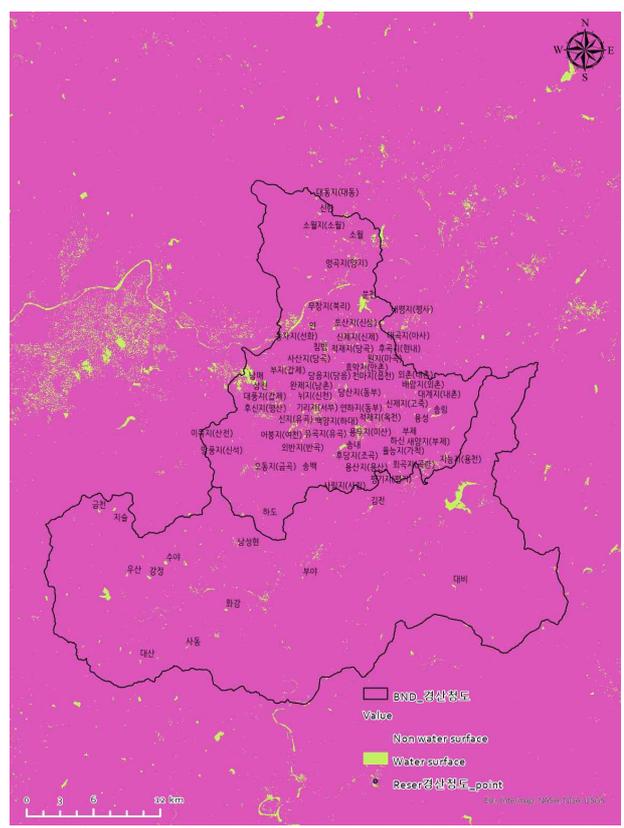
<2017년 6월 9일 위성사진 분석>



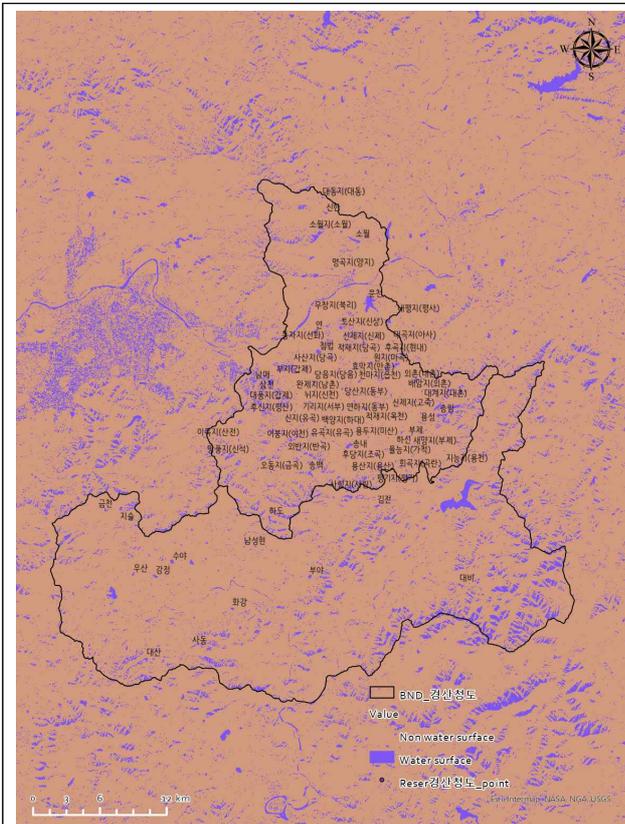
<2017년 7월 19일 위성사진 분석>



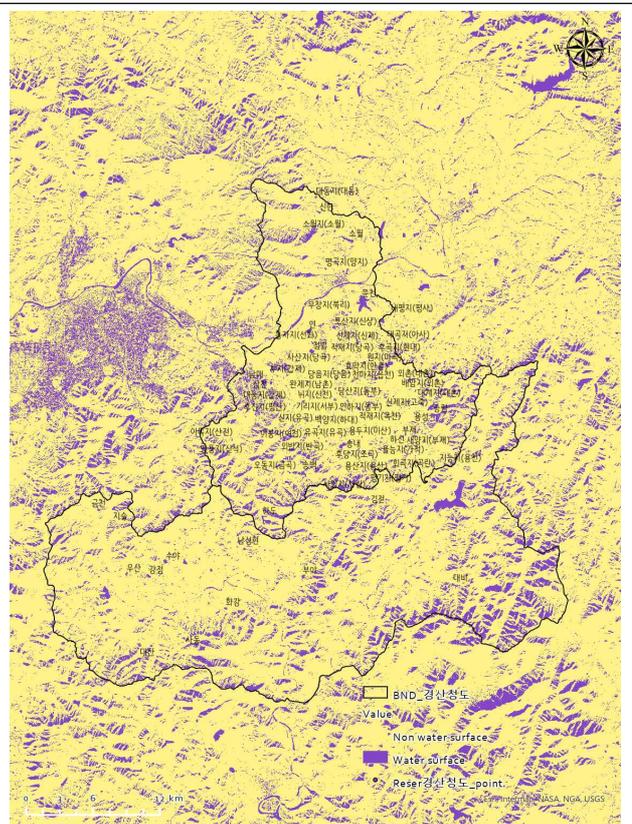
<2017년 8월 28일 위성사진 분석>



<2017년 10월 22일 위성사진 분석>

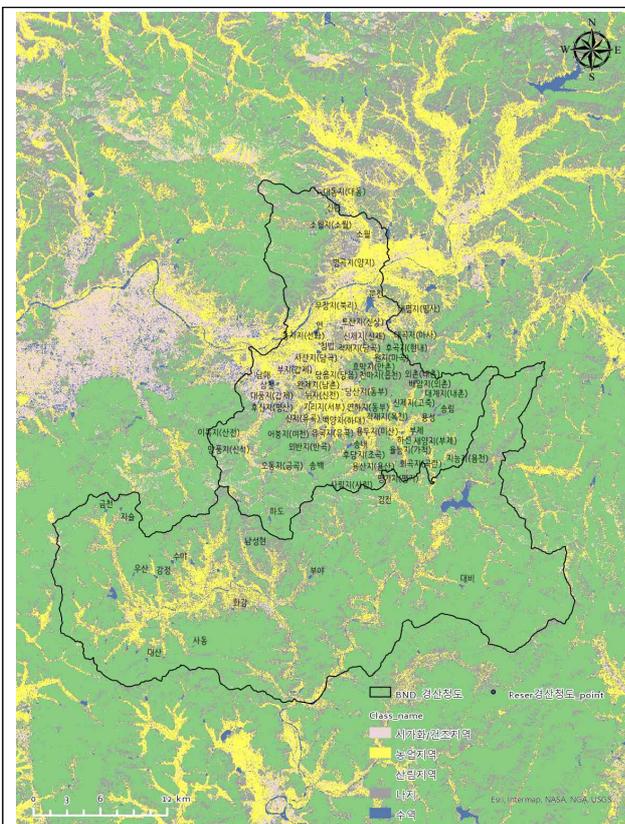


<2017년 11월 21일 위성사진 분석>

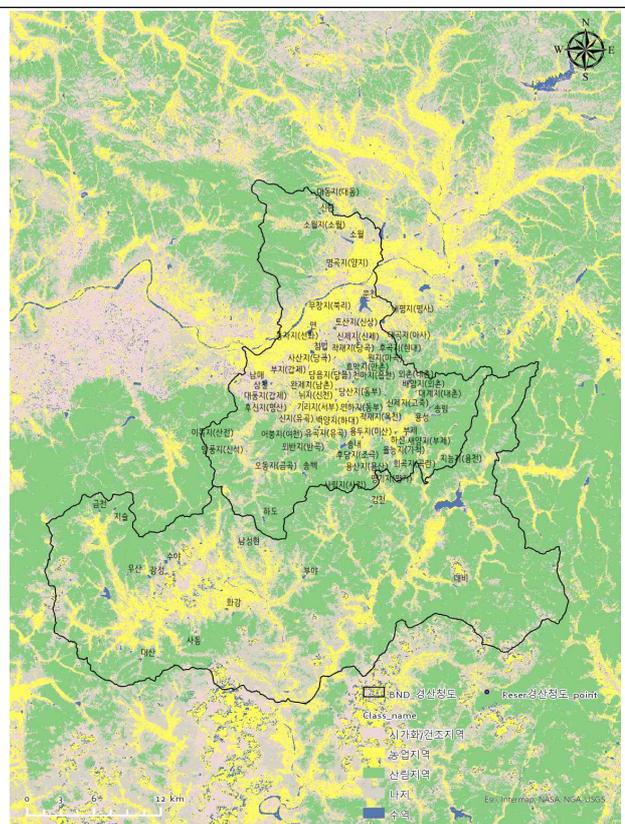


<2017년 12월 21일 위성사진 분석>

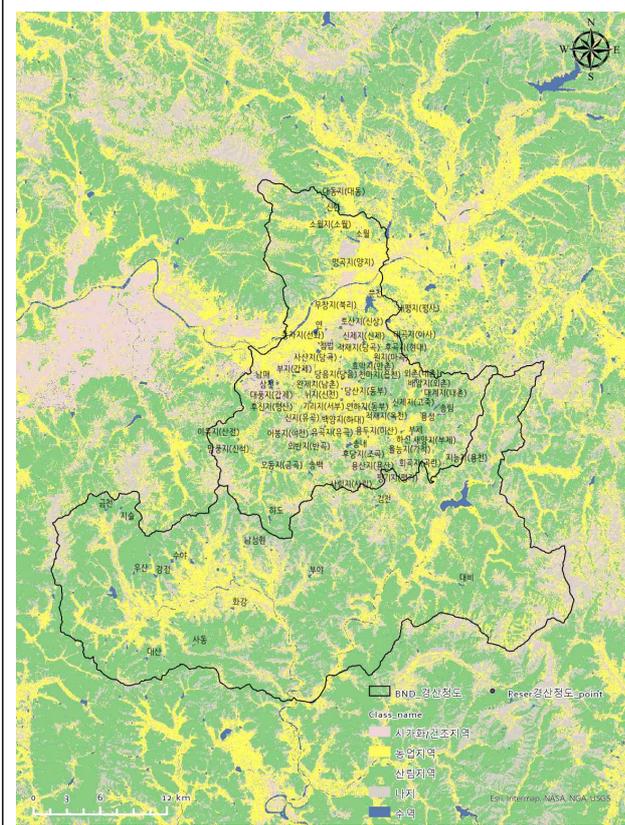
<그림 168> 경상청도 일원 2017년 위성사진 감독분류 결과



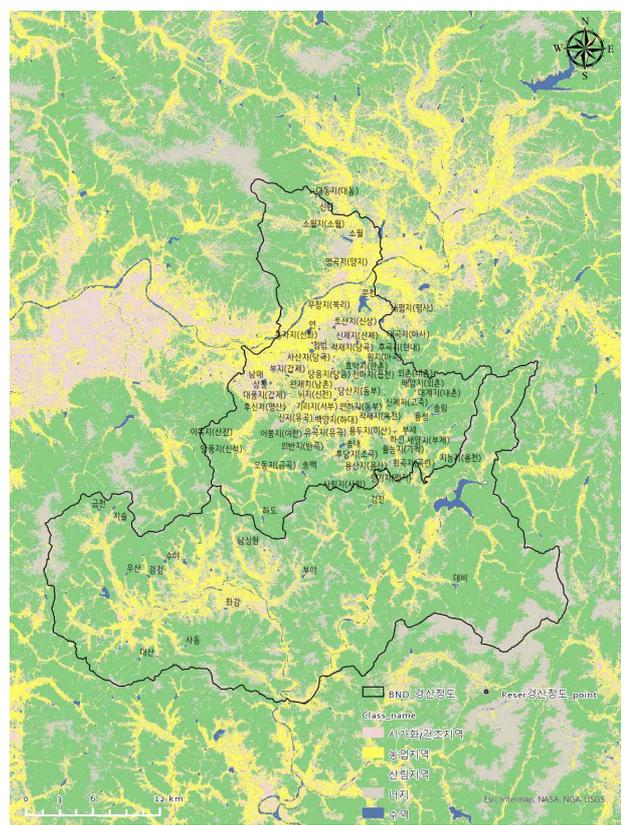
<2018년 1월 15일 위성사진 분석>



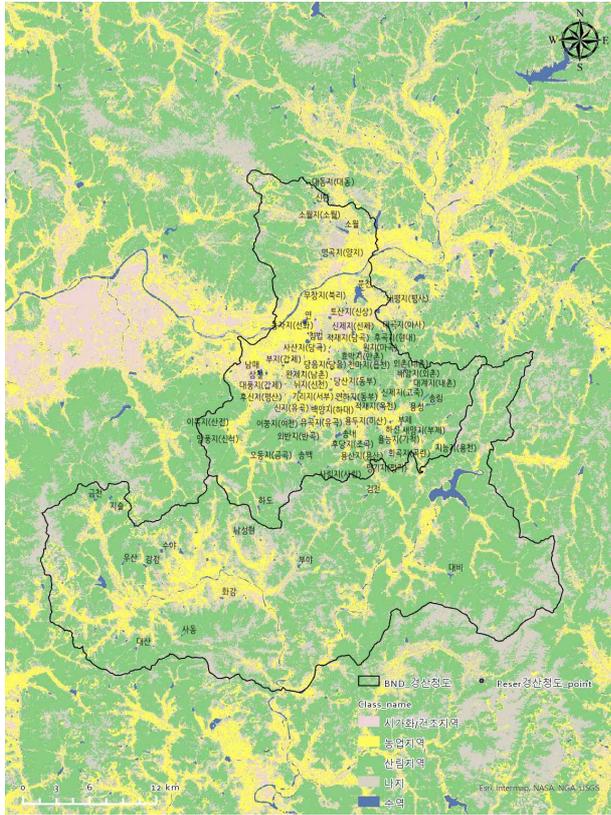
<2018년 2월 14일 위성사진 분석>



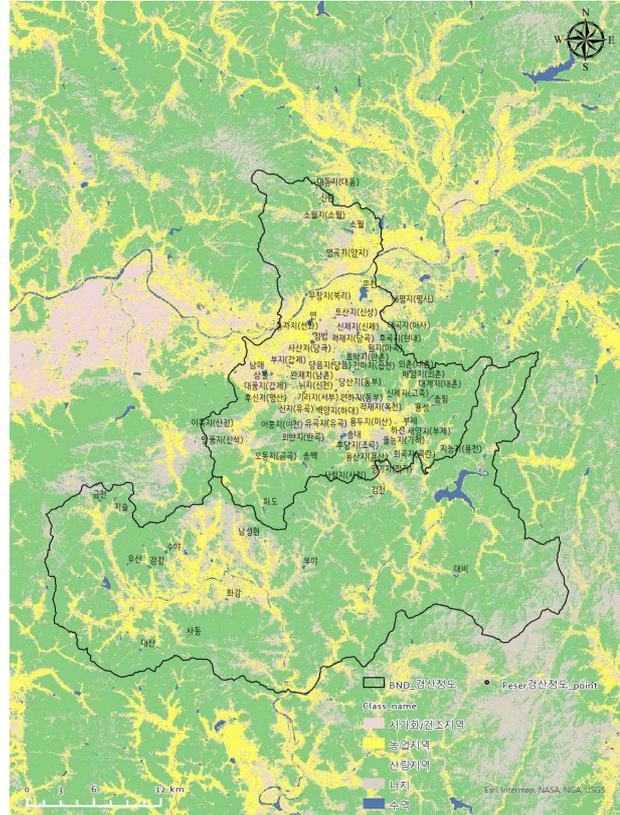
<2018년 3월 11일 위성사진 분석>



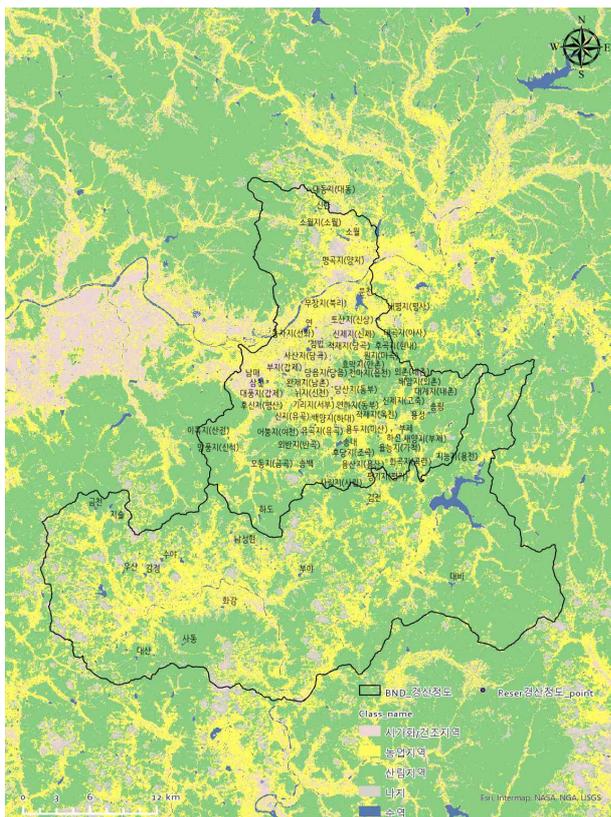
<2018년 4월 25일 위성사진 분석>



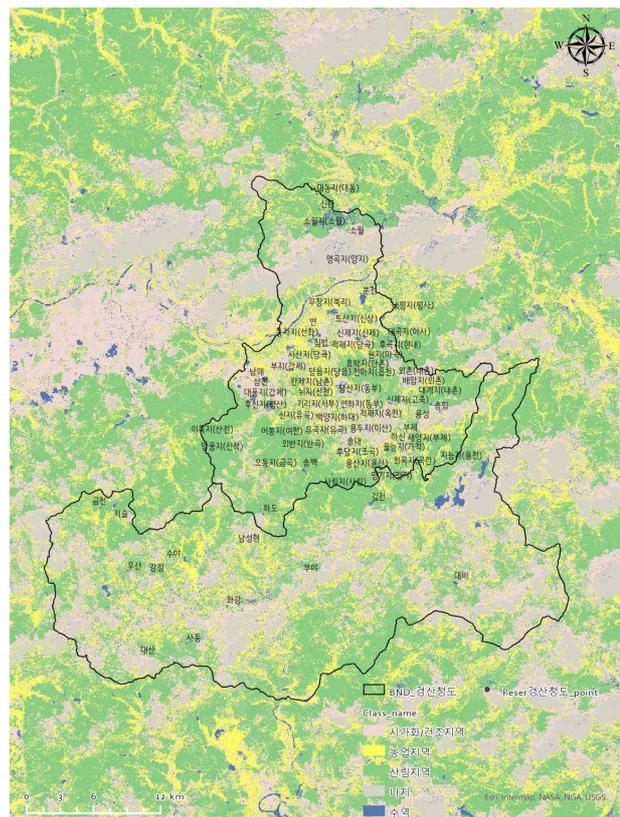
<2018년 5월 10일 위성사진 분석>



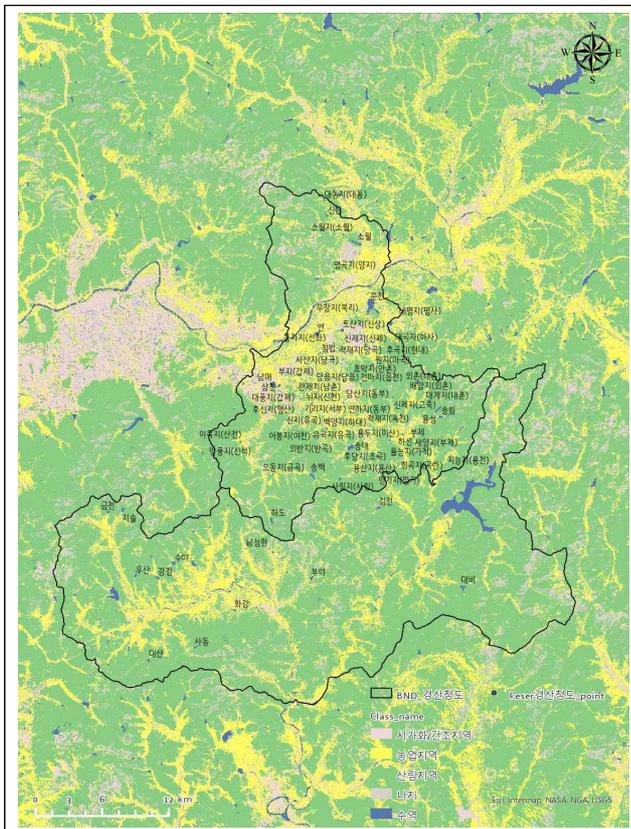
<2018년 6월 24일 위성사진 분석>



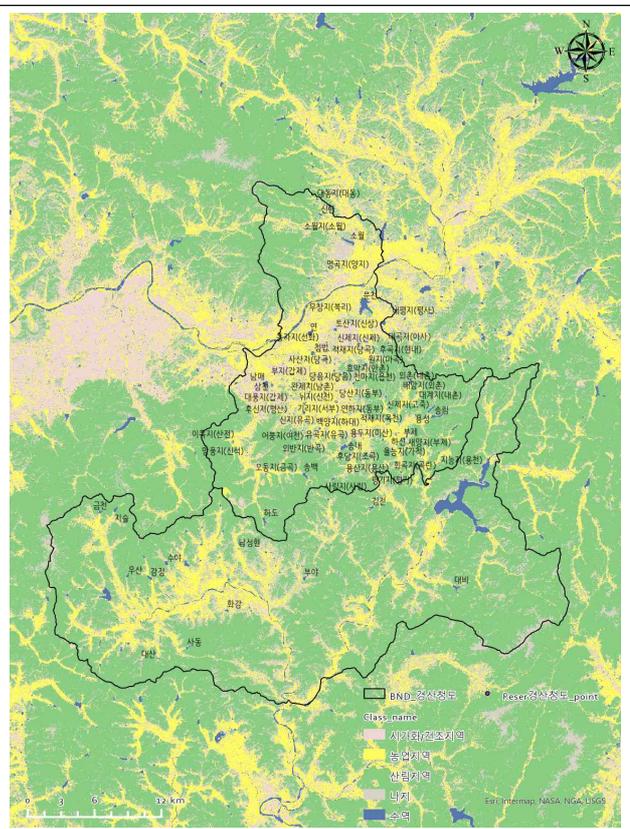
<2018년 7월 14일 위성사진 분석>



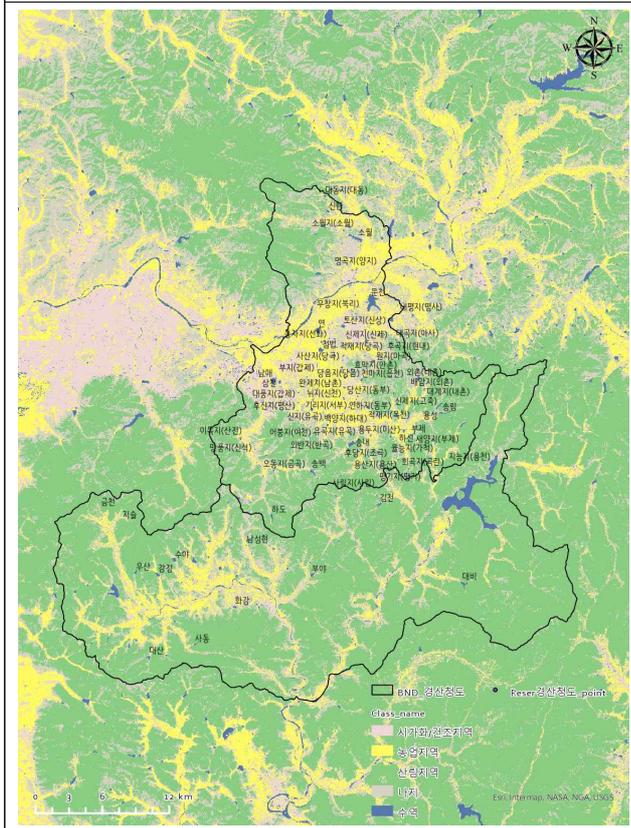
<2018년 9월 27일 위성사진 분석>



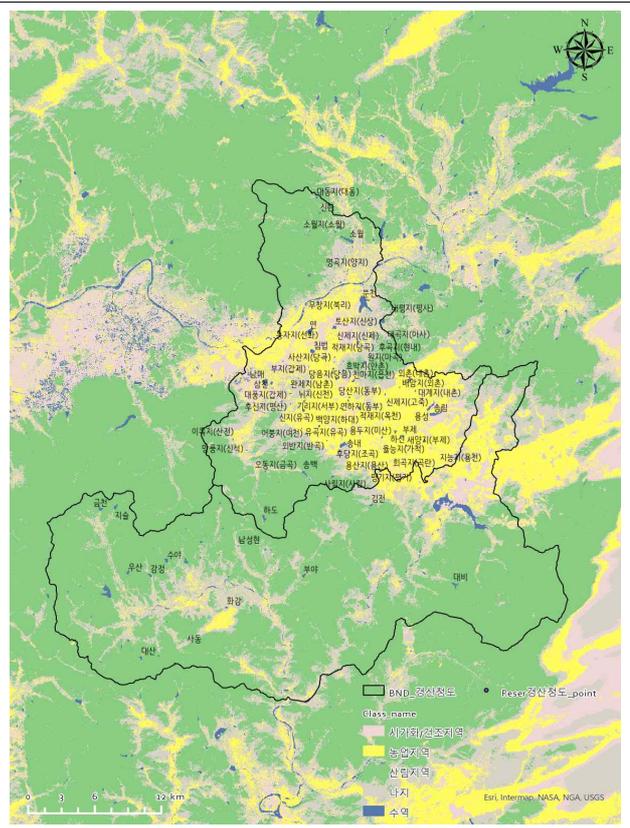
<2018년 10월 2일 위성사진 분석>



<2018년 10월 12일 위성사진 분석>

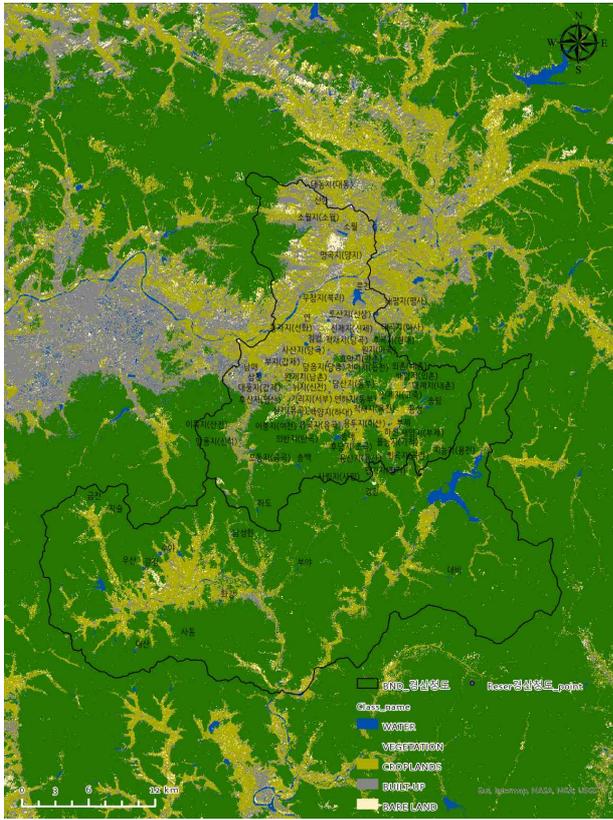


<2018년 11월 26일 위성사진 분석>

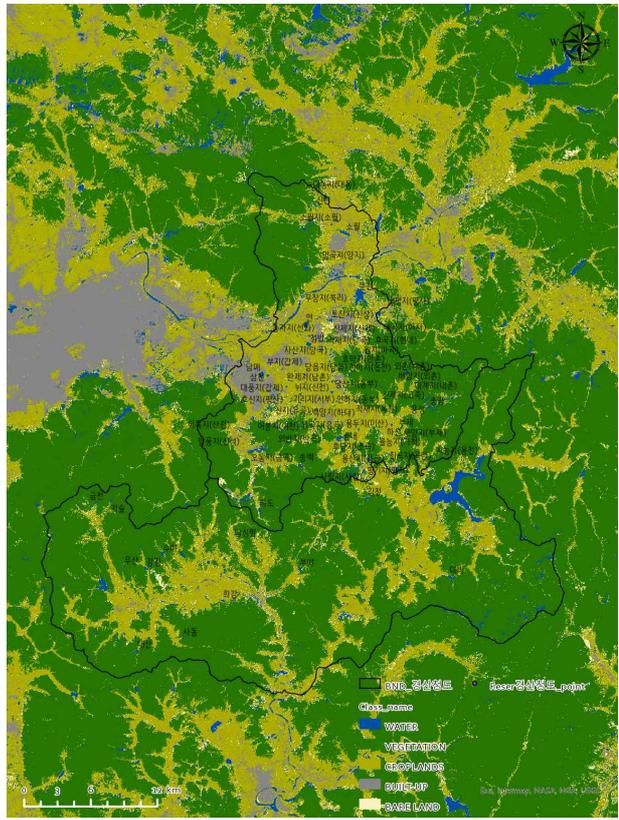


<2018년 12월 26일 위성사진 분석>

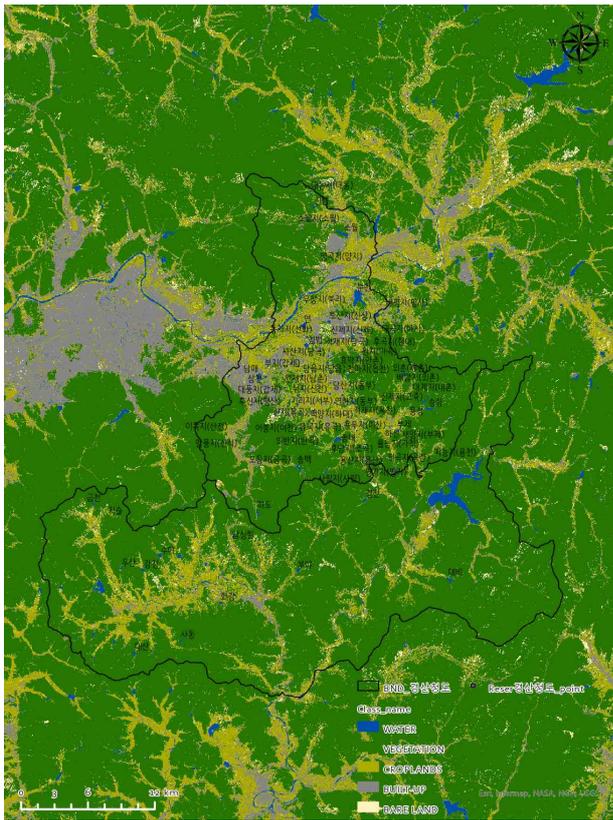
<그림 169> 경산청도 일원 2018년 위성사진 감독분류 결과



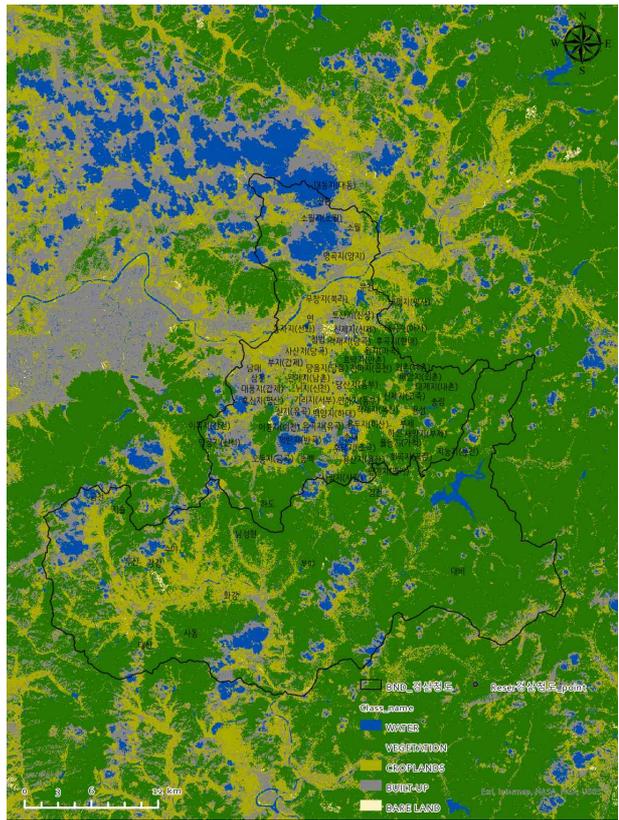
<2019년 1월 5일 위성사진 분석>



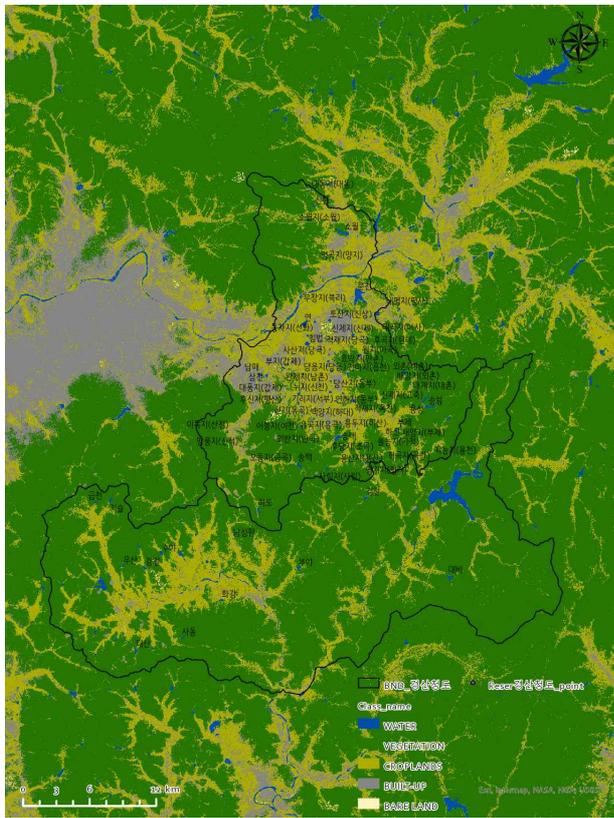
<2019년 1월 15일 위성사진 분석>



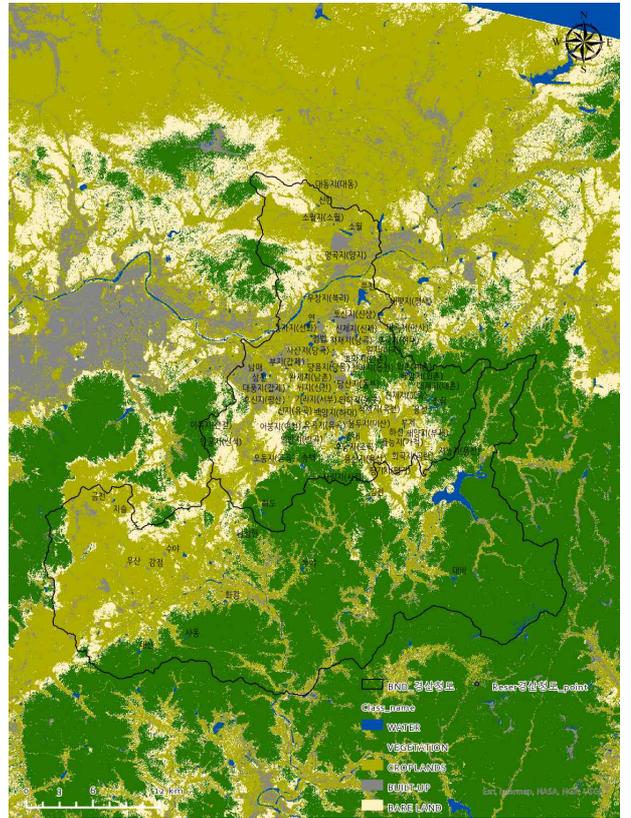
<2019년 2월 9일 위성사진 분석>



<2019년 3월 16일 위성사진 분석>



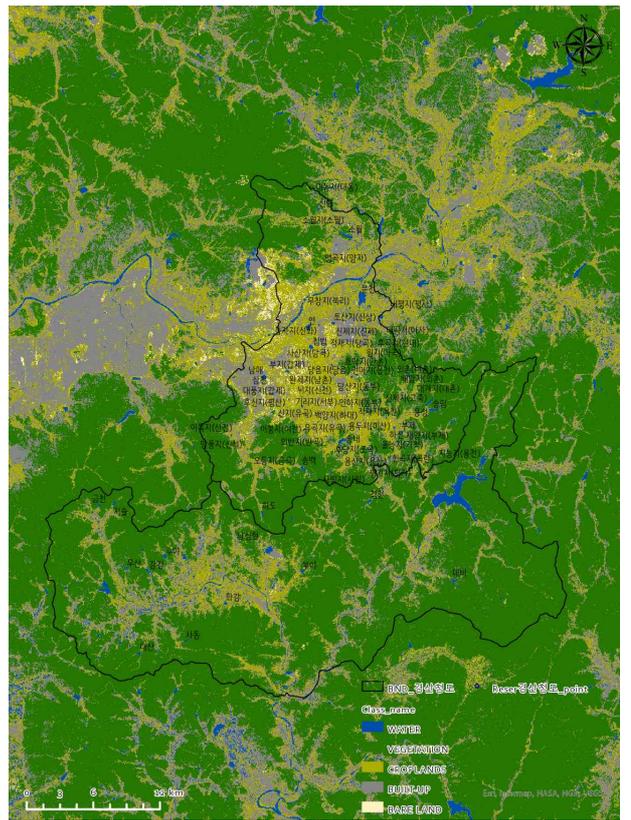
<2019년 4월 20일 위성사진 분석>



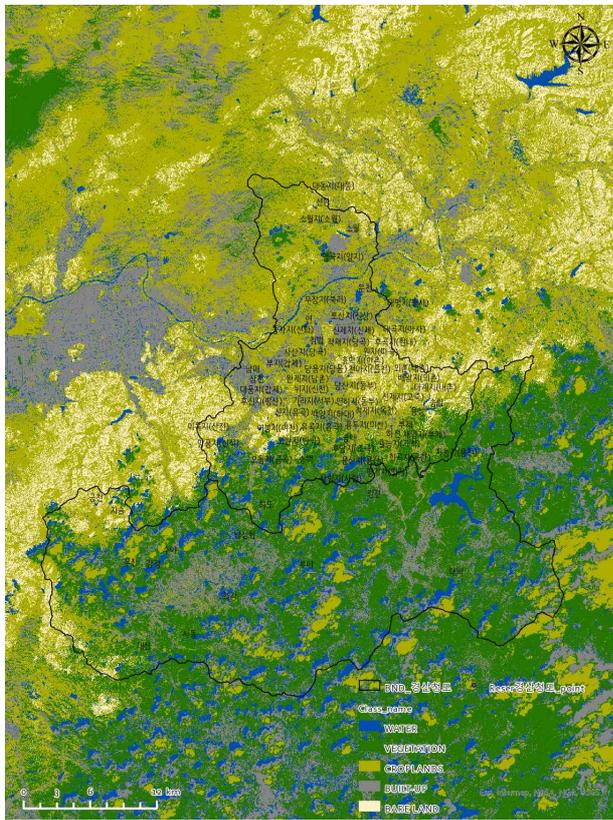
<2019년 5월 5일 위성사진 분석>



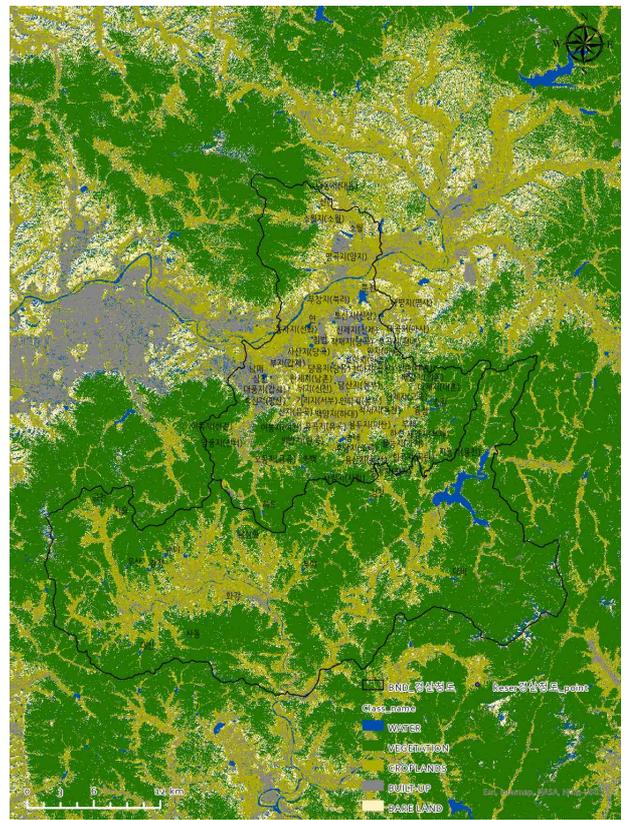
<2019년 6월 4일 위성사진 분석>



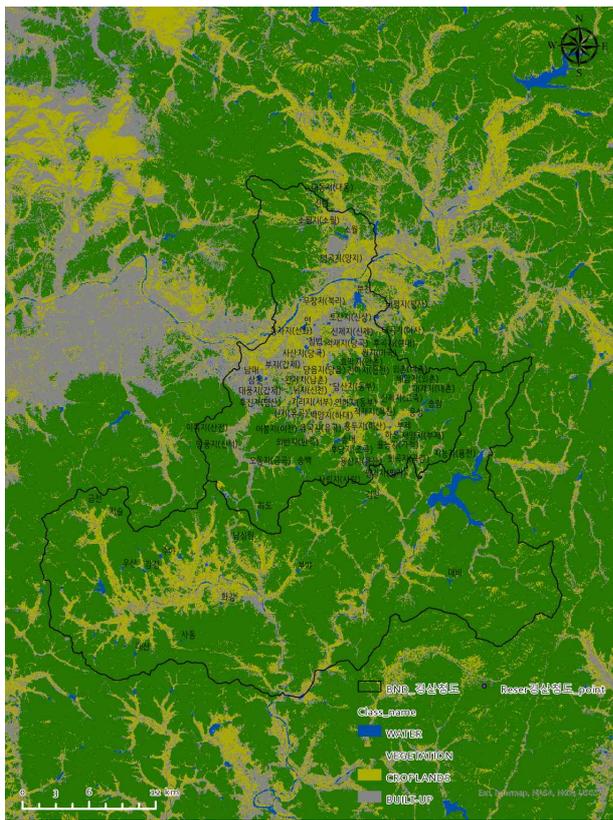
<2019년 7월 4일 위성사진 분석>



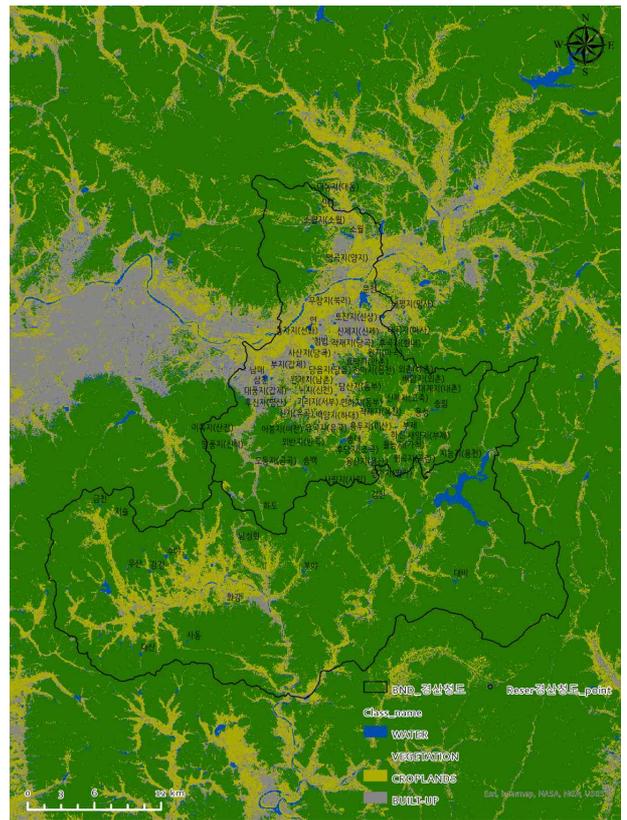
<2019년 8월 18일 위성사진 분석>



<2019년 10월 27일 위성사진 분석>



<2019년 11월 21일 위성사진 분석>



<2019년 12월 16일 위성사진 분석>

<그림 170> 경상북도 일원 2019년 위성사진 감독분류 결과

<위성영상 분석 과정 매뉴얼>

step 1) 저수지별 만수면적 추출

- 저수지별 만수면적 폴리곤 작업
 - 저수지별 만수일 확인
 - 만수일과 비슷한 시기의 위성사진에 대하여 저수지별 만수면적 폴리곤화
 - 저수지 순번과 폴리곤작업 순번에 주의해야 함. 최종 분석시 저수지번호와 저수지명이 매칭이 안 될 수 있음
 - 만수면적 그리드화
 - 필요에 따라 리클래스 또는 래스터계산기 활용하여 코드값 부여
 - 저수지 하나씩 추출한 후, 개별 저수지 래스터를 아스키코드로 변환. 수위내용 VB 모의에 활용

step 2) 분류된 위성사진을 활용한 시기별 저수면적 계산

- 래스터계산기를 활용하여 위성사진에 대한 시기별 저수면적 계산
 - 시기별 저수면적 = “저수지 만수면적 그리드파일” X 100000 + “시기별 위성사진”
 - 위의 식에서 100000은 저수지 면적을 도출하기 위한 임의의 코드를 부여한 것임
 - 분석된 결과 테이블을 엑셀로 정리

step 3) 시기별 저수면적 추출을 위한 위성사진 감독분류

- (전처리 과정) 위성사진은 10m의 고해상도로 작업
 - 본 연구에서 활용한 위성사진은 센티넬-2임
 - 센티넬-2 위성사진의 경우, 밴드 2, 3, 4, 8을 활용함
 - 가시광선은 구름을 투과하지 못하므로 구름이 최소화된 위성사진으로 확보
 - 본 연구에서는 구름 20% 이하로 설정하여 위성사진 확보(USGS)
 - 따라서 저수지 면적은 구름, 이미지 분류작업 등과 같은 과정의 변수로 인해 실제 측량 값과 위성사진 분석 결과는 오차가 발생할 수 있음
 - 이는 정확도 평가를 통해 신뢰성을 확보하였음(Kappa 지수)
 - 기하보정이 안된 위성사진, 좌표계가 맞지 않는 위성사진 등은 GCP(지오그래픽 컨트롤 포인트) 작업을 통해 래스터(위성사진) 기하보정을 실시
 - 이때 정확히 보정된 Reference map(레퍼런스 맵) 필요
 - 본 연구에서는 arcgis의 래스터 이미지 지리참조 툴을 활용하여 보정함
 - 또한 다양한 방법론을 도입하여 분석을 시도함

case 1) 2017년 위성사진 분석방법

1. 센티넬-2 위성사진의 밴드3, 8 활용
2. RGB 및 근적외선으로 해상도 10m 격자로 활용가치가 좋음
3. 기하보정된 위성사진이므로 추가 기하보정 필요없음
4. 레이어스택 없이 NDWI 분석실시 활용
5. 수분지수를 구하는 공식으로 수면적 분석에 탁월함
6. $NDWI = (Green - Nir) / (Green + Nir) \Leftrightarrow (B3 - B8) / (B3 + B8)$
7. 분석된 NDWI를 리클래스 분석을 통해 Water surface와 Non water surface를 구분

NDWI는 McFeeters(1996)에 의하여 개발됨

일반적으로 물을 포함한 경우는 양수 값, 토양 및 육상식물은 음수 값(0 포함)으로 분석됨

수역의 경우 0.5보다 큰 값으로 분석됨

-1 ~ 0 : 초목이나 수분이 없는 밝은 표면

0 ~ +1 : 수분 함량

위의 값을 세부적으로 분석한 내용은 아래와 같음

-1 ~ -0.3 : 가뭄 상태, 비수성표면

-0.3 ~ 0 : 약간 가뭄, 비수성 표면

0 ~ 0.2 : 홍수지대(비), 물 / 건물

0.2 ~ 1 : Water surface

(발췌) Whenever there is a need to detect a water body, sharpen its outline on the map, and monitor changes in its clarity, the NDWI index is applied. Beyond the visible spectrum towards the infrared, water reflects almost no light. The NDWI makes use of this property to successfully outline water bodies on the map and monitor water's turbidity.

(연구사례) 맥피터스&스튜어트(2013). 지리정보시스템 내에서 NDWI(Normalized Difference Water Index)를 사용한 모기 퇴치를 위한 수영장 감지: 실용적인 접근

위의 사례에서는 아래와 같이 설정하였음

0.3 미만 : Non water

0.3 이상 : Water

- 본 연구에서는 NDWI 지도를 아래와 같이 구분하여 분석을 실시함
- 구글 맵, 네이버 맵 등과 NDWI 지도를 비교한 결과, 지수 값 0 ~ 1 까지를 수면적으로 판단함

색상	상위 값	레이블
	≤ -0.3	-1.0 - -0.3
	≤ 0.0	-0.3 - 0
	≤ 0.2	0 - 0.2
	≤ 0.5	0.2 - 0.5
	≤ 1.0	0.5 - 1.0

- 최종 NDWI 지수값 분류에 따라 수면적 구분함
- 또한 저수면적 분석을 위해 수면적만 보이도록 리클래스하는 등 후처리함

case 2) 2018 ~ 2019년 위성사진 분석방법

1. 센티넬 위성사진 2, 3, 4, 8밴드 활용(R, G,B, 근적외선 밴드이며, 해상도 10m 격자로 활용가치가 좋음)
2. 레이어스택(Composite band) 처리
3. 간단하게 멀티스펙트럴(미리 조합해놓은 밴드) 이미지를 통해 이미 조합된 위성사진을 불러올 수도 있음
4. 리샘플링은 Nearest neighbor로 처리하였음
5. 분석을 위해 밴드조합 색상은 False color 하였음(적외선, R8, G4, B3 셋팅) - 이는 식물, 도시, 수면을 적절하게 구분하고, 토지보다 식물에서 더 높은 대비를 보여주는 특징이 있음
6. 아래와 같이 저수지에 물이 있으나 녹조 등으로 인해 적외선 구분이 어려운 케이스도 있음. 연구목적이 수

면(물)을 구분하는 것이므로 분홍색을 수면으로 구분하도록 감독분류 시 트레이닝시키도록 함



7. Arcgis에서 이미지분석의 감독분류 실시

- classification type은 최근접네이버(픽셀기반)로 하였으므로 픽셀베이스 분류하는 방식을 채택(이는 유사성을 기반으로 하여 인접픽셀을 그룹화하여 개체별로 분류하는 방식)
- classification schema는 NLCD2011(국제토지피복데이터베이스, 미국)을 참조하여 변형하였음
- 연구상황이나 목적에 따라 대한민국 토지피복분류를 채택할 수 있음(2019년 자료에서는 국내 랜드커버 기준으로 자료를 감독분류하였음) - 수면을 분류하는 과정에는 문제가 없음

- national land cover dababase 2011(NLCD 2011)
- Bureau of land management, United States of America, land cover
- 1 Water (River, Dam, Reservoir, Sea)
- 2 Vegetation (Forest, Scrub)
- 3 Croplands (Agriculture, Farm, Cultivated crops)
- 4 Built-up (Developed, Urban, Rural, Road)
- 5 Bare land

NLCD2011	NLCD2011
물	Water
개발	Developed
불모지	Barren
숲	Forest
낙엽수림	Deciduous Forest
상록수림	Evergreen Forest
혼합림	Mixed Forest
관목지	Shrubland
초본	Herbaceous
조림됨/경작됨	Planted / Cultivated
습지	Wetlands

○ 국내 랜드커버 기준(토지피복지도 분류코드에 따름, 환경부 세분류토지피복지도 기준으로 하였으며, 분류를 위해 초지, 습지는 재분류함)

- 100 시가화/건조지역(주거, 문화체육시설, 공공시설, 도로, 상업시설 등) settlement
- 200 농업지역(논, 밭, 과수 등) agriculture land
- 300 산림지역(활엽수림, 침엽수림, 혼효림 등) forest
- 400 초지(묘지, 인공초지 등) => 본 연구에서 산림지역과 통합 herbaceous
- 500 습지 => 본 연구에서 삭제(판단 어려움, 연구목적과 상이) wetlands
- 600 나지(암벽, 바위, 강기슭)
- 700 수역(하천, 호수) river

8. 이미지 감독분류 시 수면(물) 픽셀 샘플 선택(최소 50개, 저수지 가장자리 부분을 정교하게 선택하여 감독분류가 잘 될 수 있도록 해야 함). 이 외 다양한 객체에 대한 감독을 실시함

- 연구목적에 따라 물만 선택하여 분류되게 할 수도 있음. 다양한 목적에 따라 샘플(트레이닝 시키는 것) 선택하여 래스터 분석을 실시함

- 단, 물 픽셀만 선택하여 감독분류하는 것과 다양한 분류체계를 선택하여 감독분류하는 것은 정확도 평가에서 달라질 수 있음

9. 감독분류 알고리즘은 최대우도법 활용하려 하였으나, Arcgis의 벡터머신지원 알고리즘을 활용함. 이는 입력 데이터 벡터를 차원이 높은 피쳐공간에 매핑하여 데이터를 각각 다른 클래스로 적절하게 구분하며, 큰 이미지의 처리가 가능한 장점이 있음

분류자

백터 머신 지원

클래스당 최대 샘플 수

500

▼ 세그먼트 속성

활성 색도 색상

평균 디지털 숫자

표준편차

픽셀 수

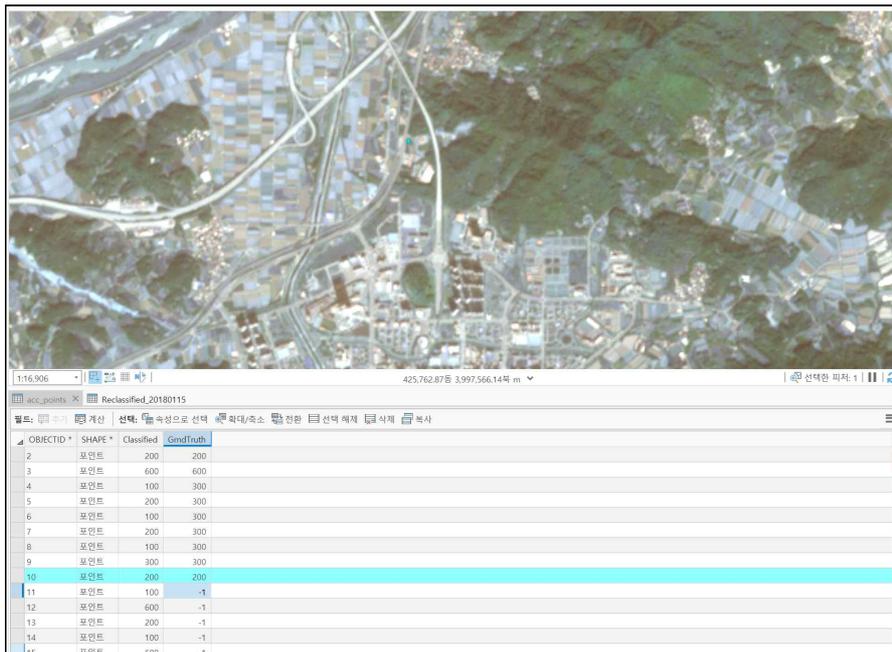
컴팩트

직사각형

10. 분류된 이미지의 저수지를 원본과 비교하여 수면적(원하는 분류체계로의 변환)으로 잘 분류되었는지 확인하고, 상이한 부분은 클래스 재분류를 실시함(픽셀단위 재분류)
11. 최종 분류된 이미지 도출

step 4) 정확도 평가(Accuracy Assessment)

1. 정확도평가를 간단히 말하면, 분류된 지도에서 정해놓은 물, 땅의 정량 값을 실제로 그 포인트가 물, 땅인지 정량 값으로 확인하는 작업임
2. 레퍼런스맵(분석한 위성사진의 원본을 활용)과 감독분류(무감독분류)된 맵에서 1:1 포인트 비교를 통해 잘 분류되었는지 확인하고 평가하는 과정. 위성사진 이미지를 레퍼런스 맵으로 놓고 감독분류된 맵과 일대일 비교를 시작
3. 랜덤포인트는 500개로 설정하고, 각 위성사진에 랜덤으로 포인트팅되는 랜덤포인트 방식을 취함(객체별 균등 할당 등 다양한 방법론이 있음)



4. 위성사진 전체를 놓고 시작할 수도 있고, 타겟 지역만 마스크시켜 평가하는 방법도 있음. 단, 위성사진을 마스크하면 알 수 없는 색상 오류가 발생하는 경우도 있으니 주의함
5. 그라운드 트루 값을 확인하기 위해 실제 좌표를 가지고 현장조사 및 측량을 통해 값을 취득해야 하지만, 시간과 공간 등 제약이 많고, 여건이 어려운 경우 해당하는 위성지도를 활용함(2018년 1월 분류지도는 2018년 1월경에 생성된 위성지도를 활용하여 그라운드 트루 값을 읽어야 함을 유의)
6. Groundtruth의 값을 확인하기 위해, 레퍼런스맵(그 시기의 위성사진)으로 설정한 위성사진을 통해 일대일

확인하는 방법이 있고, 다른 하나는 다음과 같음. 정확도 평가 속성 테이블에서 위경도 필드를 추가하여 기하 계산을 통해 좌표 값을 획득함(다만, 정확히 기하보정 및 좌표계가 설정된 지도라면 생략해 무방함)

OBJECTID *	SHAPE *	Classified	GrndTruth	X_coordinate	Y_coordinate	Lat(위)	Lon(경)
1	포인트	100	300	128	36	36.138156	127.95795
2	포인트	200	300	128	36	36.125879	127.98756
3	포인트	100	300	128	36	36.093638	127.970424
4	포인트	700	300	128	36	36.074883	127.918806
5	포인트	600	300	128	36	36.075251	127.992097
6	포인트	100	300	128	36	36.13315	128.016251
7	포인트	300	300	128	36	36.096473	128.063142
8	포인트	200	200	128	36	36.077763	128.104122
9	포인트	100	300	128	36	36.076046	128.091592
10	포인트	100	300	128	36	36.060256	128.217576
11	포인트	700	200	128	36	36.106921	128.33077
12	포인트	200	300	128	36	36.089096	128.319369
13	포인트	600	300	128	36	36.073896	128.325719
14	포인트	100	100	128	36	36.052125	128.318133
15	포인트	100	100	128	36	36.098429	128.360614
16	포인트	200	200	128	36	36.096841	128.479602
17	포인트	100	100	128	36	36.091319	128.495412
18	포인트	600	300	129	36	36.134159	128.622061
19	포인트	300	300	129	36	36.106417	128.776183
20	포인트	100	300	129	36	36.113732	128.839941
21	포인트	600	300	129	36	36.106391	128.813402
22	포인트	200	300	129	36	36.120409	128.946494
23	포인트	700	700	129	36	36.070743	129.008829
24	포인트	300	300	129	36	36.119576	129.089509
25	포인트	600	600	129	36	36.097961	129.050047
26	포인트	100	-1	128	36	35.983174	127.896543
27	포인트	200	-1	128	36	35.977204	128.04115
28	포인트	600	-1	128	36	35.962333	128.030573
29	포인트	100	-1	128	36	36.013079	128.186638

7. 정리된 정확도 평가테이블을 바탕으로 혼합행렬(confusion matrix) 계산을 통해 정확도율, Kappa 지수 등 계산함.

Kappa	Interpretation	
< 0	No agreement	일치하지 않음
0.0 - 0.20	Slight agreement	약간 일치함
0.21 - 0.40	Fair agreement	어느정도 일치함
0.41 - 0.60	Moderate agreement	적당히 일치함
0.61 - 0.80	Substantial agreement	상당히 일치함
0.81 - 1.00	Almost perfect agreement	완벽하게 일치함

8. 본 연구에서 2017년 위성사진은 수분지수(NDWI)에 의한 위성사진 분류를 하였는데, NDWI를 개발한 McFeeters(1996)의 정의에 의거하여 0부터 1까지를 Water surface로 분류하였음. 이는 저수지 수면적을 보다 잘 파악하기 위한 전처리였음. 따라서 NDWI 지수 값의 세분류에서 판단할 경우, 건물이나 식생에 포함된 수분도 분류됨. 따라서 정확도 평가는 하지 않음

나) 저수지 수위내용곡선 모의모형 개발 및 적용

- 아래의 모형은 저수지 등고선을 모의하여 저수면적과 저수량을 모의하는 모델로 김대식(충남대, 공동연구기관 책임자)에 의하여 개발되었으며, ASCII 자료를 통해 수위내용곡선을 모의할 수 있음(2차년도 연구성과)
- 모델은 김대식(충남대)에 의하여 개발되었으며, ASCII 자료를 통해 수위내용곡선을 모의할 수 있음
- 수위내용 예측자료를 가장 신뢰하고, 약식 측량을 통해 계산한 값이 예측자료와 상이할 경우 통계연보 자료를 신뢰하였음
- 수위내용 모의는 격자(10m)를 기반으로 함
- 거리계수는 0.8~1.2 구간에서 신뢰하며, 사수위 위치는 예측지점 GPS 좌표를 활용함(예측지점은 최저수위부터 최대수위까지 예측하기 때문임)
- 또한 취수탑의 위치가 확인될 경우, 취수탑의 위치도 사수위치로 지정하였음
- 퇴적물이 쌓였다는 가정적인 변수가 있지만, 사수위 위치는 급경사지가 아니므로 해당위치로부터 반경 10m는 사수위로 판단하였음
- 즉, 사수위 위치는 GPS 좌표의 픽셀(지점)과 주변 8개 픽셀(지점), 그리고 취수탑 위치가 명확한 경우에는 취수탑 위치의 픽셀과 주변 8개 픽셀을 포함함(최소 9개, 최대 18개의 사수위 위치좌표를 부여함)
- 만수면적은 예측자료, 통계연보를 신뢰하므로 GIS에서 최대보정을 실시함
- 수위내용 자료는 홍수위까지 작성되었으나, 수위내용 모의는 만수면적을 기준으로 하므로 만수위까지 시뮬레이션 하였음
- 본 모형은 저수지 바닥표고 측량자료가 없는 경우에 DEM을 시뮬레이션 할 수 있고, 수위내용적 곡선을 모의하여 재현할 수 있음
- 용어 설명
 - MaxEle.. = 만수위 표고, 최고수위, 최대수심
 - MinEle.. = 사수위 표고, 최저수위, 최저수심
 - Dist..Coef..(DC) = 거리계수
 - MPT = Minimum Point
 - DAD = Depth Area Diagram
- 사용방법
 - ①. 코드값을 가진 저수지 ASCII 파일 로드 -> Draw Reservoir Ascii File -> 저수지 아스키 로드
 - ②. 저수지 만수경계를 만드는 작업 -> Make Border -> 저수지 아스키파일을 로드하면 BND파일이 생성됨
 - ③. 생성된 만수경계를 불러오는 작업 -> Open Border or DEM -> 만들어진 ***.BND 파일을 로드하면 경계라인이 나타남
 - ④. 사수위에 해당되는 위치, 바닥표고, 예측센서 위치 등의 아는 지점을 표시 -> Point of Minimum Reservoir Height -> No. of input point에서 지점의 수를 입력 후 input 클릭 -> 사

수위 위치를 input info.. 테이블에 입력

⑤. Initial condition to make Border -> Max, Min값 입력(④에서 입력한 input info.. 테이블 값을 우선으로 적용하게 되어 있음)

⑥. ④번의 테이블을 끄고 save를 클릭하면 파일이 저장됨(File No. to Save에서 구분자(숫자) 지정) -> save -> Open/Show -> 1MPT파일 로드(구분자+MPT) -> 아는 지점에 대한 포인트가 지도에 표시됨 -> 지도에는 테두리경계 격자와 사수위 표고가 표시되고 이로부터 전체 격자의 바닥표고를 보간법으로 계산하게 됨

⑦. Simulation -> Make DEM 클릭(구분숫자 지정) -> 구분자DEM이 만들어짐

⑧. Open Border or DEM -> 만들어진 1DEM 로드(구분자+DEM) -> 포인트 값에 의해 전체 격자에 대한 바닥 표고에 대한 모의가 수행된 지도가 만들어짐

⑨. Graph -> Open -> 1DEM 오픈 -> Generate Depth-Area Curve를 누르면 1DAD파일이 만들어짐

⑩. Draw Graph -> .1DAD 로드 -> depth-area(수위면적) & depth-volume(수위유량) 수위내용 적곡선이 표시됨

* 여기까지는 선형보간을 통해 만들어졌는데, 직선적으로 비례하는 선형보간을 할 것이냐 아니면 지수함수가 되는 비선형보간이냐에 따라 달라지게 됨. 이는 DC값 조정으로 보간할 수 있는데, DC값이 1.0 이상이면 저수지에 퇴적물이 많이 쌓여 체적이 줄어들었다는 것이고, 1.0 이하이면 준설 등을 통해 저수지가 깊어져 체적이 늘어났다는 의미임. 일반적으로 0.7~0.8 값으로 활용하는 것이 적정함

- 위 모델을 적용하여 한국농어촌공사 경산청도지사의 계측저수지 27개에 대하여 모의하였으며, 수위별 저수량과 저수면적을 도출하고 R^2 값을 통해 적합성을 판단하였음
- 위 모델을 적용하여 한국농어촌공사 경산청도지사의 계측저수지 27개에 대하여 모의하였음
- 수위별 저수량과 저수면적을 도출하고 R^2 값을 통해 적합성을 판단하였음
- 아래의 결과는 일부 저수지에 대한 내용임

<표 29> 신한저수지 수위내용 모의

*사수위; **만수위; ***홍수위

저수지명 (경산청도지사-경 산시)	저수지 제원				수위내용 모의			R ²	
	수위 (EL.m)	수심 (m)	저수량 (m3)	면적 (m2)	수심 (m)	저수량 (m3)	면적 (m2)	저수량	면적
신한	92.0	0	-	3,000	-	800	800	0.9586	0.8803
	93.0	1	5,000	7,000	1	1,500	700		
	94.0	2	13,050	9,100	2	4,300	2,800		
	95.0	3	26,650	18,100	3	8,300	4,000		
	96.0*	4	46,550	21,700	4	14,600	6,300		
	97.0	5	70,650	26,500	5	23,300	8,700		
	98.0	6	99,850	31,900	6	36,000	12,700		
	99.0	7	135,300	39,000	7	53,400	17,400		
	100.0	8	180,400	51,200	8	76,700	23,300		
	101.0	9	232,800	53,600	9	110,400	33,700		
	102.0	10	288,000	56,800	10	156,800	46,400		
	103.0	11	347,150	61,500	11	208,900	52,100		
	103.8**	11.8	401,000	74,000	12	282,100	73,200		
104.8***	12.8	475,000	74,000	-	-	-			

<표 30> 소월저수지 수위내용 모

*사수위; **만수위; ***홍수위

저수지명 (경산청도지사-경산시)	저수지 제원				수위내용 모의			R ²	
	수위 (EL.m)	수심 (m)	저수량 (m3)	면적 (m2)	수심 (m)	저수량 (m3)	면적 (m2)	저수량	면적
	61.5*	0.0	-	100	-	800	800		
	62.0	0.5	2,125	8,400	-	-	-		
	62.5	1.0	7,800	14,300	1	1,500	700		
	63.0	1.5	16,300	19,700	-	-	-		
	63.5	2.0	27,400	24,700	2	3,500	2,000		
	64.0	2.5	41,575	32,000	-	-	-		
	64.5	3.0	58,800	36,900	3	7,100	3,600		
	65.0	3.5	80,375	49,400	-	-	-		
	65.5	4.0	108,825	64,400	4	12,300	5,200		
	66.0	4.5	143,550	74,500	-	-	-		
	66.5	5.0	184,400	88,900	5	19,000	6,700		
	67.0	5.5	231,225	98,400	-	-	-		
	67.5	6.0	282,700	107,500	6	28,500	9,500		
	68.0	6.5	338,325	115,000	-	-	-		
	68.5	7.0	397,850	123,100	7	40,200	11,700		
	69.0	7.5	461,425	131,200	-	-	-		
소월	69.5	8.0	529,200	139,900	8	57,200	17,000	0.8477	0.7106
	70.0	8.5	601,625	149,800	-	-	-		
	70.5	9.0	678,825	159,000	9	82,700	25,500		
	71.0	9.5	760,500	167,700	-	-	-		
	71.5	10.0	846,650	176,900	10	118,500	35,800		
	72.0	10.5	937,550	186,700	-	-	-		
	72.5	11.0	1,034,275	200,200	11	173,300	54,800		
	73.0	11.5	1,137,725	213,600	-	-	-		
	73.5	12.0	1,248,550	229,700	12	254,800	81,500		
	74.0	12.5	1,366,600	242,500	-	-	-		
	74.5	13.0	1,490,000	251,100	13	375,000	120,200		
	75.0	13.5	1,617,475	258,800	-	-	-		
	75.5	14.0	1,748,800	266,500	14	552,100	177,100		
	76.0	14.5	1,876,975	246,200	-	-	-		
	76.5	15.0	2,009,425	283,600	15	765,200	213,100		
	76.7**	15.2	2,066,285	285,000	16	1,048,400	283,200		
	77.7***	16.2	2,351,285	285,000	-	-	-		

<표 31> 신한저수지의 SimReserDEM 적용

*사수위; **만수위; ***홍수위

저수지명 (경산청도지사-경산시)	저수지 제원				수위내용 모의			R ²	
	수위 (EL.m)	수심 (m)	저수량 (m3)	면적 (m2)	수심 (m)	저수량 (m3)	면적 (m2)	저수량	면적
신한	92.0	0	-	3,000	-	800	800	0.9586	0.8803
	93.0	1	5,000	7,000	1	1,500	700		
	94.0	2	13,050	9,100	2	4,300	2,800		
	95.0	3	26,650	18,100	3	8,300	4,000		
	96.0*	4	46,550	21,700	4	14,600	6,300		
	97.0	5	70,650	26,500	5	23,300	8,700		
	98.0	6	99,850	31,900	6	36,000	12,700		
	99.0	7	135,300	39,000	7	53,400	17,400		
	100.0	8	180,400	51,200	8	76,700	23,300		
	101.0	9	232,800	53,600	9	110,400	33,700		
	102.0	10	288,000	56,800	10	156,800	46,400		
	103.0	11	347,150	61,500	11	208,900	52,100		
	103.8**	11.8	401,000	74,000	12	282,100	73,200		
	104.8***	12.8	475,000	74,000	-	-	-		

다) 위성영상 분석과 수위내용 모의자료의 비교

- 시계열 위성영상 분석을 통해 도출된 저수지 면적은 각각의 날짜별 다양하게 도출되었으므로, 분석을 위해 해당 날짜의 수위, 면적, 저수량 통계자료를 위성영상 분석자료에 따른 기준으로 수위에 따른 평균 면적, 평균 저수량을 구함
- 위와 같은 방식으로 한국농어촌공사 경산청도지사의 계측저수지 27개 저수지 중, 수위, 저수량 등 결측 값이 있는 4개소를 제외한 23개에 대하여 통계자료, 모의자료, 영상자료 분석결과를 비교분석함

<표 32> 신한저수지 분석자료

저수지명 (경산시)	저수지 제원(a)				수위내용 모의(b)			위성영상 분석(c)		R ²					
	수위 (EL.m)	수심 (m)	저수량 (m3)	면적 (m2)	수심 (m)	저수량 (m3)	면적 (m2)	평균 면적 (m2)	저수량 추정 (m3)	a-b 저수량	a-b 면적	a-c 저수량	a-c 면적	b-c 저수량	b-c 면적
신한	92.0	0	-	3,000	-	800	800			0.9586	0.8803	0.9881	0.4776	0.9955	0.7166
	93.0	1	5,000	7,000	1	1,500	700								
	94.0	2	13,050	9,100	2	4,300	2,800								
	95.0	3	26,650	18,100	3	8,300	4,000								
	96.0*	4	46,550	21,700	4	14,600	6,300								
	97.0	5	70,650	26,500	5	23,300	8,700								
	98.0	6	99,850	31,900	6	36,000	12,700	28,900	16,837						
	99.0	7	135,300	39,000	7	53,400	17,400								
	100.0	8	180,400	51,200	8	76,700	23,300	19,400	45,951						
	101.0	9	232,800	53,600	9	110,400	33,700	37,300	74,064						
	102.0	10	288,000	56,800	10	156,800	46,400								
	103.0	11	347,150	61,500	11	208,900	52,100	40,408	130,188						
	103.8* *	11.8	401,000	74,000	12	282,100	73,200	46,644	171,660						
	104.8* **	12.8	475,000	74,000	-	-	-								

*사수위; **만수위; ***홍수위

<표 33> 소월저수지 분석자료

저수지명 (경산시)	저수지 제원(a)				수위내용 모의(b)			위성영상 분석(c)		R ²					
	수위(EL.m)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	평균 면적 (m2)	저수량 추 정(m3)	a-b 저수량	a-b 면적	a-c 저수량	a-c 면적	b-c 저수량	b-c 면적
소월	61.5*	0.0	-	100	-	800	800			0.8477	0.7106	0.9428	0.1102	0.8260	0.0006
	62.5	1.0	7,800	14,300	1	1,500	700								
	63.5	2.0	27,400	24,700	2	3,500	2,000								
	64.5	3.0	58,800	36,900	3	7,100	3,600								
	65.5	4.0	108,825	64,400	4	12,300	5,200								
	66.5	5.0	184,400	88,900	5	19,000	6,700								
	67.5	6.0	282,700	107,500	6	28,500	9,500								
	68.5	7.0	397,850	123,100	7	40,200	11,700								
	69.5	8.0	529,200	139,900	8	57,200	17,000								
	70.5	9.0	678,825	159,000	9	82,700	25,500	241,700	757,693						
	71.5	10.0	846,650	176,900	10	118,500	35,800	241,200	991,108						
	72.5	11.0	1,034,275	200,200	11	173,300	54,800	173,575	983,243						
	73.5	12.0	1,248,550	229,700	12	254,800	81,500	192,640	1,303,753						
	74.5	13.0	1,490,000	251,100	13	375,000	120,200	179,263	1,604,129						
	75.5	14.0	1,748,800	266,500	14	552,100	177,100	215,756	1,823,594						
	76.5	15.0	2,009,425	283,600	15	765,200	213,100								
	76.7**	15.2	2,066,285	285,000	16	1,048,400	283,200	221,800	2,017,071						
	77.7***	16.2	2,351,285	285,000	-	-	-								

*사수위; **만수위; ***홍수위

<표 34> 문천저수지 분석자료

저수지명 (문천시)	저수지 제원(a)				수위내용 모의(b)			위성영상 분석(c)		R ²					
	수위(EL.m)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	평균 면적(m2)	저수량 추정(m3)	a-b 저수량	a-b 면적	a-c 저수량	a-c 면적	b-c 저수량	b-c 면적
문천	52.65*	-0.3			-	-	-			0.9968	0.9660	1.0000	0.2999	0.9979	0.1530
	53.0	0	1,564	8,937	-	10,100	10,100								
	54.0	1	29,682	47,300	1	42,800	32,700								
	55.0	2	114,400	122,136	2	118,900	76,100								
	56.0	3	305,435	259,933	3	272,100	153,200								
	57.0	4	632,722	394,641	4	547,400	275,300	820,633	880,739						
	58.0	5	1,122,291	584,497	5	1,050,700	503,300	686,294	1,287,546						
	59.0	6	1,764,634	700,189	6	1,814,500	763,800	763,180	1,810,481						
	60.0**	7	2,533,244	837,032	7	2,651,300	836,800								
	61.0***	8	3,370,276	837,032	-	-	-								

*사수위; **만수위; ***홍수위

<표 35> 연저수지 분석자료

저수지명 (연)	저수지 제원(a)				수위내용 모의(b)			위성영상 분석(c)		R ²					
	수위(EL.m)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	평균 면적(m2)	저수량 추정(m3)	a-b 저수량	a-b 면적	a-c 저수량	a-c 면적	b-c 저수량	b-c 면적
연	45.7*	-0.3	-	-	-	-	-			0.9613	0.9971	0.9839	0.9387	1.0000	1.0000
	46.0	0	175,272	26,291	-	33,600	33,600	19,650	38,091						
	46.5	0.5	187,621	90,724	-	-	-	192,300	85,666						
	47.0	1	196,040	95,916	1	217,600	184,000	157,629	103,361						
	47.5	1.5	199,840	98,970	-	-	-	176,530	115,592						
	48**	2	207,580	101,855	2	425,100	207,500								
	49***	3	207,580		-	-	-								

*사수위; **만수위; ***홍수위

<표 36> 침법저수지 분석자료

저수지명 (침법)	저수지 제원(a)				수위내용 모의(b)			위성영상 분석(c)		R ²					
	수위(EL.m)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	평균 면적(m2)	저수량 추정(m3)	a-b 저수량	a-b 면적	a-c 저수량	a-c 면적	b-c 저수량	b-c 면적
침법	51.3*	-0.7	-	-	-	-	-			0.9958	0.9923	0.9683	0.0969	1.0000	1.0000
	52.0	0.0	55	158	-	9,800	9,800								
	52.5	0.5	10,058	15,852	-	-	-								
	53.0	1.0	26,185	39,215	1	54,300	44,500								
	53.5	1.5	55,101	71,526	-	-	-	91,250	54,286						
	54.0	2.0	96,955	101,250	2	146,000	91,700	117,600	120,229						
	54.5	2.5	145,229	131,200	-	-	-	97,850	158,929						
	55.0	3.0	207,403	132,182	3	277,800	131,800	96,517	301,027						
	55.5	3.5	278,958	143,662	-	-	-	113,831	349,358						
	56**	4.0	355,815	153,095	4	430,100	152,300								
	57***	5.0	508,910	153,095	-	-	-								

*사수위; **만수위; ***홍수위

<표 37> 남매저수지 분석자료

저수지명 (남매)	저수지 제원(a)				수위내용 모의(b)			위성영상 분석(c)		R ²					
	수위(EL.m)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	평균 면적(m2)	저수량 추정(m3)	a-b 저수량	a-b 면적	a-c 저수량	a-c 면적	b-c 저수량	b-c 면적
남매	51.64*	-	60,000	5,700	-	-	-			0.9994	0.9618	0.9942	0.6930	0.9970	0.5833
	52.00	0	61,686	10,840	-	4,200	4,200								
	53.00	1	84,945	45,520	1	22,500	18,300								
	54.00	2	148,349	78,030	2	70,300	47,800								
	55.00	3	255,128	109,160	3	162,700	92,400								
	56.00	4	408,514	207,380	4	304,900	142,200								
	57.00	5	611,738	232,570	5	501,500	196,600	166,133	693,869						
	58.00	6	868,032	249,000	6	728,400	226,900	197,542	776,945						
	59**	7	1,180,000	259,550	7	984,500	256,100	191,300	854,493						
	60***	8	1,439,550	259,550	-	-	-								

*사수위; **만수위; ***홍수위

<표 38> 삼천저수지 분석자료

저수지명 (삼천)	저수지 제원(a)				수위내용 모의(b)			위성영상 분석(c)		R ²					
	수위(EL.m)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	평균 면적(m2)	저수량 추정(m3)	a-b 저수량	a-b 면적	a-c 저수량	a-c 면적	b-c 저수량	b-c 면적
삼천	50.68*	-0.3	11,000	652	-	-	-			0.9969	0.7821	0.9463	0.7821	1.0000	1.0000
	51.0	0.0	12,743	10,240	-	7,100	7,100								
	51.5	0.5	27,433	48,518	-	-	-								
	52.0	1.0	55,895	65,330	1	39,800	32,700	62,100	83,267						
	52.5	1.5	89,341	68,452	-	-	-	56,200	118,651						
	53.0	2.0	124,232	71,110	2	103,300	63,500	47,650	151,216						
	53.5	2.5	160,506	73,985	-	-	-	42,508	161,677						
	54.0**	3.0	198,000	75,990	3	179,100	75,800								
	55.0***	4.0	273,990	75,990	-	-	-								

*사수위; **만수위; ***홍수위

<표 39> 용성저수지 분석자료

저수지명 (용성)	저수지 제원(a)				수위내용 모의(b)			위성영상 분석(c)		R ²					
	수위(EL. m)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	평균 면적(m2)	저수량 추정(m3)	a-b 저수량	a-b 면적	a - 저수량 ^c	a-c 면적	b - 저수량 ^c	b-c 면적
	120.0	0	-	310	-	800	800								
	121.0	1	1,102	1,894	1	1,500	700								
	122.0	2	4,495	4,891	2	2,100	600								
	123.0	3	10,629	7,376	3	2,600	500								
	124*	4	20,000	11,365	4	3,000	400								
	125.0	5	32,465	13,564	5	3,500	500								
	126.0	6	47,180	15,865	6	4,400	900								
	127.0	7	65,117	20,009	7	5,700	1,300								
	128.0	8	87,974	25,705	8	8,100	2,400								
	129.0	9	116,304	30,954	9	11,000	2,900								
	130.0	10	151,519	39,475	10	14,700	3,700								
	131.0	11	193,977	45,440	11	19,400	4,700								
	132.0	12	244,349	55,304	12	24,800	5,400								
	133.0	13	303,150	62,297	13	31,000	6,200								
	134.0	14	368,289	67,981	14	38,700	7,700								
	135.0	15	439,449	74,338	15	48,200	9,500								
	136.0	16	516,046	78,855	16	59,400	11,200								
용성	137.0	17	596,847	82,746	17	72,500	13,100			0.8724	0.6828	0.9926	0.0158	0.9451	0.0276
	138.0	18	683,116	89,792	18	87,200	14,700								
	139.0	19	775,724	95,424	19	105,300	18,100								
	140.0	20	874,131	101,390	20	127,600	22,300								
	141.0	21	977,881	106,110	21	155,300	27,700								
	142.0	22	1,086,624	111,376	22	190,200	34,900	126,300	723,203						
	143.0	23	1,201,085	117,545	23	234,100	43,900	83,325	796,207						
	144.0	24	1,321,162	122,609	24	289,500	55,400	49,500	877,748						
	145.0	25	1,447,047	129,160	25	358,500	69,000	114,200	1,026,601						
	146.0	26	1,578,891	134,527	26	446,700	88,200	105,675	1,127,356						
	147.0	27	1,716,337	140,365	27	554,300	107,600	118,700	1,202,028						
	148.0	28	1,859,332	145,625	28	668,600	114,300	96,875	1,316,046						
	148.7**	28.7	1,963,000	150,569	29	816,500	147,900	101,936	1,368,864						
	149.0	29	2,008,489	152,688	-	-	-								
	150.0	30	2,164,964	160,261	-	-	-								
	151.0	31	2,328,469	166,748	-	-	-								
	152.0	32	2,498,993	174,299	-	-	-								
	153***	33	2,677,278	182,271	-	-	-								

*사수위; **만수위; ***홍수위

<표 40> 송림저수지 분석자료

저수지명 (송림)	저수지 제원(a)				수위내용 모의(b)			위성영상 분석(c)		R ²					
	수위(EL.m)	수심(m)	저수량(m ³)	면적(m ²)	수심(m)	저수량(m ³)	면적(m ²)	평균 면적(m ²)	저수량 추정(m ³)	a-b 저수량	a-b 면적	a - c 저수량	a-c 면적	b - c 저수량	b-c 면적
송림	114	0.0	0	0	-	1,700	1,700			0.9033	0.9216	0.9948	0.0952	0.9738	0.1156
	115	1.0	3254	6509	1	3,300	1,600								
	116	2.0	11887	10757	2	4,800	1,500								
	117	3.0	26179	17827	3	6,200	1,400								
	118	4.0	46538	22890	4	7,500	1,300								
	119	5.0	71857	27749	5	8,700	1,200								
	120	6.0	102212	32962	6	10,800	2,100								
	121	7.0	136290	35194	7	13,400	2,600								
	122	8.0	172852	37930	8	17,100	3,700								
	123*	9.0	212207	40781	9	22,100	5,000								
	124	10.0	255316	45437	10	27,800	5,700								
	125	11.0	303446	50823	11	34,300	6,500								
	126	12.0	355839	53962	12	42,600	8,300								
	127	13.0	411486	57332	13	52,500	9,900								
	128	14.0	470755	61205	14	63,700	11,200								
	129	15.0	534005	65295	15	77,100	13,400								
	130	16.0	601136	68967	16	92,700	15,600								
	131	17.0	671572	71905	17	111,100	18,400								
	132	18.0	745140	75231	18	132,500	21,400								
	133	19.0	822207	78903	19	156,900	24,400								
	134	20.0	903386	83455	20	184,700	27,800								
	135	21.0	989598	88969	21	216,000	31,300								
	136	22.0	1081144	94124	22	250,900	34,900								
	137	23.0	1177881	99351	23	288,200	37,300								
	138	24.0	1279896	104679	24	329,000	40,800								
	139	25.0	1385316	106161	25	373,300	44,300								
	140	26.0	1492218	107644	26	420,900	47,600								
	141	27.0	1601901	111722	27	472,900	52,000	148,700	828,781						
	142	28.0	1716175	116826	28	528,300	55,400	149,650	890,282						
	143	29.0	1835319	121463	29	587,700	59,400	53,400	935,409						
	144	30.0	1959537	126974	30	651,500	63,800	120,300	1,012,791						
	145	31.0	2089629	133210	31	720,400	68,900	48,400	1,101,380						
	146	32.0	2224840	137211	32	794,100	73,700	118,000	1,230,445						
	147	33.0	2364659	142427	33	874,300	80,200	118,700	1,344,466						
	148	34.0	2507700	143656	34	959,800	85,500	116,617	1,452,460						
	149	35.0	2655390	151725	35	1,053,100	93,300	102,975	1,578,732						
	149.2	35.2	2685906	153435	36	1,156,000	102,900								
	150	36.0	2814677	168493	37	1,268,300	112,300	132,625	1,682,569						
	151	37.0	2987167	176487	38	1,391,500	123,200	136,083	1,748,436						
	152	38.0	3167776	184732	39	1,525,200	133,700	151,800	1,886,728						
	153	39.0	3356981	193678	40	1,672,000	146,800								
	154	40.0	3555583	203526	41	1,834,200	162,200	133,250	2,117,217						
	155.5	41.5	3,084,610	209,144	42	1,996,300	162,100								
	156.5	42.5	3,170,730	220,357	43	2,198,600	202,300								

*사수위; **만수위; ***홍수위

<표 41> 송내저수지 분석자료

저수지명 (송내)	저수지 제원(a)				수위내용 모의(b)			위성영상 분석(c)		R ²					
	수위(EL.m)	수심(m)	저수량(m ³)	면적(m ²)	수심(m)	저수량(m ³)	면적(m ²)	평균 면적(m ²)	저수량 추정(m ³)	a-b 저수량	a-b 면적	a-c 저수량	a-c 면적	b-c 저수량	b-c 면적
송내	96	0	-	2	-	800	800			0.9626	0.9373	0.9922	0.2784	0.9943	0.2040
	96.7	0.7	1,131	3,230	-	-	-								
	97	1	2,146	3,538	1	2,300	1,500								
	98*	2	57,000	19,378	2	5,700	3,400								
	99	3	76,157	40,414	3	11,900	6,200								
	100	4	106,940	55,666	4	21,300	9,400								
	101	5	145,619	65,058	5	35,800	14,500								
	102	6	193,277	83,690	6	58,100	22,300								
	103	7	252,273	100,450	7	91,500	33,400								
	104	8	325,406	127,810	8	140,900	49,400								
	105	9	413,565	147,350	9	210,100	69,200								
	106	10	512,338	160,938	10	300,800	90,700	178,133	388,802						
	107	11	620,982	184,402	11	416,100	115,300	136,000	521,151						
	108	12	735,125	209,314	12	557,600	141,500	166,775	612,320						
	109	13	857,725	223,282	13	727,800	170,200	161,700	798,145						
	110	14	1,010,997	245,746	14	905,600	177,800	131,600	932,707						
111**	15	1,144,000	263,458	15	1,113,800	208,200									
112***	16	2,070,592	279,442	-	-	-									

*사수위; **만수위; ***홍수위

<표 42> 하신저수지 분석자료

저수지명 (하신)	저수지 제원(a)				수위내용 모의(b)			위성영상 분석(c)		R ²					
	수위(EL.m)	수심(m)	저수량(m ³)	면적(m ²)	수심(m)	저수량(m ³)	면적(m ²)	평균 면적(m ²)	저수량 추정(m ³)	a - b 저수량	a - b 면적	a - c 저수량	a - c 면적	b - c 저수량	b - c 면적
하신	81.31*	-0.2			-	-	-	39,700	-	0.9984	0.7596	0.9864	0.8734	1.0000	1.0000
	81.5	0.0	91	958	-	2,700	2,700								
	82.0	0.5	3,702	13,484	-	-	-								
	82.5	1.0	14,003	27,717	1	11,400	8,700								
	83.0	1.5	30,100	36,671	-	-	-	26,630	32,691						
	83.5	2.0	49,399	40,522	2	35,100	23,700	26,380	51,687						
	84.0	2.5	70,176	42,586	-	-	-	29,675	80,482						
	84.5	3.0	91,901	44,312	3	70,400	35,300	28,209	117,728						
	85**	3.5	114,493	46,053	-	-	-								
	86***	4.0	160,546	46,053	4	115,800	45,400								

*사수위; **만수위; ***홍수위

<표 43> 부제저수지 분석자료

저수지명 (부제)	저수지 제원(a)				수위내용 모의(b)			위성영상 분석(c)		R ²					
	수위(EL.m)	수심(m)	저수량(m ³)	면적(m ²)	수심(m)	저수량(m ³)	면적(m ²)	평균 면적(m ²)	저수량 추정(m ³)	a - b 저수량	a-b 면적	a - c 저수량	a-c 면적	b - c 저수량	b-c 면적
부제	87.7*	-0.3	-	-	-	-	-			0.9836	0.7921	0.9779	0.9179	0.9571	0.9814
	88.0	0.0	16	114	-	800	800								
	89.0	1.0	1,491	2,836		3,200	2,400								
	90.0	2.0	9,953	12,565	2	8,300	5,100								
	91.0	3.0	32,231	28,523	3	17,200	8,900								
	92.0	4.0	63,354	38,091	4	32,500	15,300								
	93.0	5.0	101,516	41,343	5	55,300	22,800	30,671	100,693						
	94.0	6.0	144,909	44,384	6	90,200	34,900	35,700	195,177						
	95.0	7.0	191,726	47,204	7	127,200	37,000	36,105	272,542						
	96**	8.0	239,938	49,839	8	176,400	49,200	39,500	324,616						
	97***	9.0	289,777	49,839	-	-	-								

*사수위; **만수위; ***홍수위

<표 44> 송백저수지 분석자료

저수지명 (송백)	저수지 제원(a)				수위내용 모의(b)			위성영상 분석(c)		R ²					
	수위(EL.m)	수심(m)	저수량(m ³)	면적(m ²)	수심(m)	저수량(m ³)	면적(m ²)	평균 면적(m ²)	저수량 추정(m ³)	a-b 저수량	a-b 면적	a - c 저수량	a-c 면적	b - c 저수량	b-c 면적
송백	170	0	0	600	-	800	800			0.9620	0.8618	0.9843	0.1826	0.9665	0.1822
	171	1	1250	1900	1	1,500	700								
	172	2	4100	3800	2	2,100	600								
	173	3	9150	6300	3	2,600	500								
	174	4	17200	9800	4	3,400	800								
	175	5	28750	13300	5	5,100	1,700								
	176	6	42700	14600	6	7,600	2,500								
	177	7	58050	16100	7	11,200	3,600								
	178	8	77100	22000	8	15,900	4,700								
	179	9	102450	28700	9	22,000	6,100								
	180	10	133400	33200	10	29,600	7,600								
	181*	11	169000	38500	11	39,100	9,500								
	182	12	209000	41000	12	50,600	11,500								
	183	13	252800	46600	13	64,400	13,800								
	184	14	302800	53400	14	81,000	16,600								
	185	15	359500	60000	15	100,000	19,000								
	186	16	421700	64400	16	122,800	22,800								
	187	17	489100	70400	17	149,300	26,500								
	188	18	562400	76200	18	179,300	30,000								
	189	19	640650	80300	19	213,800	34,500								
	190	20	723400	85200	20	253,400	39,600								
	191	21	811650	91300	21	299,300	45,900								
	192	22	906000	97400	22	352,000	52,700								
	193	23	1004550	99700	23	412,300	60,300	99,750	247,443						
	194	24	1106000	103200	24	479,700	67,400	63,700	275,036						
	195	25	1211050	106900	25	555,900	76,200								
	196	26	1319650	110300	26	641,300	85,400	91,233	389,862						
	197	27	1432200	114800	27	735,800	94,500	94,125	472,824						
198.0	28	1,548,750	118,300	28	830,200	94,400	97,075	497,888							
198.7**	28.7	1,632,000	120,260	29	947,400	117,200	98,600	530,778							
199.0	29	1,668,440	121,100	-	-	-									
200***	30	1,791,490	125,000	-	-	-									

*사수위; **만수위; ***홍수위

<표 45> 하도저수지 분석자료

저수지명 (하도)	저수지 제원(a)				수위내용 모의(b)			위성영상 분석(c)		R ²					
	수위(EL.m)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	평균 면적(m2)	저수량 추정(m3)	a-b 저수량	a-b 면적	a - c 저수량	a-c 면적	b - c 저수량	b-c 면적
하도	170	0	0	1580	-	800	800			0.9585	0.8935	0.9965	0.5589	0.9593	0.5499
	171	1	3589	5598	1	1,500	700								
	172	2	10333	7890	2	2,100	600								
	173	3	18876	9195	3	2,600	500								
	174	4	30892	14837	4	3,900	1,300								
	175	5	46285	15948	5	6,400	2,500								
	176*	6	63000	17482	6	9,900	3,500								
	177	7	81030	18578	7	13,600	3,700								
	178	8	100155	19672	8	18,500	4,900								
	179	9	120617	21251	9	24,100	5,600								
	180	10	143081	23677	10	30,800	6,700								
	181	11	167601	25363	11	38,500	7,700								
	182	12	194425	28285	12	47,900	9,400								
	183	13	224198	31260	13	58,300	10,400								
	184	14	257443	35229	14	70,800	12,500								
	185	15	294403	38690	15	85,500	14,700								
	186	16	335704	43912	16	102,300	16,800								
	187	17	381551	47782	17	121,700	19,400								
	188	18	436287	61690	18	143,900	22,200								
	189	19	501047	67830	19	169,800	25,900								
	190	20	571491	73057	20	199,500	29,700								
	191	21	647097	78154	21	236,100	36,600								
	192	22	727389	82430	22	280,400	44,300	95,900	416,407						
	193	23	811949	86690	23	333,500	53,100								
	194	24	901525	92461	24	395,900	62,400								
	195	25	997089	98666	25	470,300	74,400	67,873	550,958						
	196	26	1098730	104615	26	556,200	85,900	84,665	604,314						
	197	27	1206156	110236	27	642,000	85,800								
197.5**	27.5	1,262,000	113,138	28	751,800	109,800	68,400	667,931							
198.0	28	1,319,295	116,041	-	-	-									
198.4***	28.4	1,366,163	118,299	-	-	-									

*사수위; **만수위; ***홍수위

<표 46> 금천저수지 분석자료

저수지명 (금천천)	저수지 제원(a)				수위내용 모의(b)			위성영상 분석(c)		R ²					
	수위(EL.m)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	평균 면적(m2)	저수량 추정(m3)	a-b 저수량	a-b 면적	a-c 저수량	a-c 면적	b-c 저수량	b-c 면적
금천	225*	0	7000	1480	-	800	800			0.9473	0.8290	0.9623	0.3703	0.9662	0.4673
	226	1	8930	2380	1	1,500	700								
	227	2	12380	4520	2	2,100	600								
	228	3	17825	6370	3	3,000	900								
	229	4	25181	8342	4	5,000	2,000								
	230	5	35157	11610	5	7,700	2,700								
	231	6	49797	17670	6	11,000	3,300								
	232	7	69517	21770	7	15,900	4,900								
	233	8	96482	32160	8	21,600	5,700								
	234	9	129357	33590	9	28,700	7,100								
	235	10	163337	34370	10	37,500	8,800								
	236	11	199652	38260	11	48,600	11,100								
	237	12	239722	41880	12	61,700	13,100								
	238	13	283602	45880	13	77,700	16,000								
	239	14	331187	49290	14	95,900	18,200								
	240	15	383037	54410	15	118,700	22,800								
	241	16	439057	57630	16	145,500	26,800								
	242	17	498377	61010	17	176,700	31,200								
	243	18	561032	64300	18	213,600	36,900								
	244	19	627602	68840	19	258,100	44,500	65,400	591,503						
	245	20	697337	70630	20	310,700	52,600	44,188	616,695						
	246	21	769887	74470	21	368,400	57,700	55,820	692,115						
	247	22	846312	78380	22	426,000	57,600	42,367	724,632						
	247.3**	22.3	870000	79540	23	503,800	77,800								
248	23	926619	82230	-	-	-									
248.3***	23.3	951551	83980	-	-	-									

*사수위; **만수위; ***홍수위

<표 47> 지슬저수지 분석자료

저수지명 (지슬)	저수지 제원(a)				수위내용 모의(b)			위성영상 분석(c)		R ²					
	수위(EL. m)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	평균 면적(m2)	저수량 추정(m3)	a-b 저수량	a-b 면적	a - c 저수량	a-c 면적	b - c 저수량	b-c 면적
	236	0	0	740	-	800	800								
	237	1	1330	1920	1	1,500	700								
	238	2	4200	3820	2	2,100	600								
	239	3	8810	5410	3	2,600	500								
	240*	4	14870	6710	4	3,300	700								
	241	5	22900	9350	5	5,300	2,000								
	242	6	34250	13350	6	7,700	2,400								
	243	7	49200	16550	7	10,600	2,900								
	244	8	67500	20050	8	14,300	3,700								
	245	9	89020	22990	9	18,600	4,300								
	246	10	113960	26890	10	24,300	5,700								
	247	11	142500	30200	11	30,900	6,600								
	248	12	174780	34370	12	39,300	8,400								
	249	13	211130	38330	13	49,400	10,100								
	250	14	252090	43600	14	60,500	11,100								
	251	15	296610	45440	15	74,800	14,300								
지슬	252	16	344260	49860	16	91,100	16,300			0.9575	0.8776	0.9953	0.3352	0.9859	0.3560
	253	17	395630	52880	17	110,900	19,800								
	254	18	450220	56300	18	133,700	22,800	50,686	268,724						
	255	19	508120	59500	19	160,400	26,700								
	256	20	569190	62640	20	190,900	30,500								
	257	21	633800	66580	21	225,600	34,700	59,900	410,601						
	258	22	703110	72050	22	265,300	39,700	61,950	484,016						
	259	23	776640	75010	23	310,000	44,700	57,300	510,409						
	260	24	853450	78620	24	361,300	51,300	78,250	584,187						
	261	25	934310	83110	25	419,500	58,200	69,200	632,083						
	262	26	1019220	86720	26	485,600	66,100	86,500	715,969						
	263	27	1107250	89350	27	557,600	72,000	86,300	792,448						
	264.0	28	1,198,320	92,790	28	632,000	74,400	84,600	820,824						
	265.0	29	1,291,110	92,790	29	706,300	74,300	50,787	930,450						
	265.8**	29.8	1,363,870	98,260	30	801,100	94,800								
	266.0	30	1,387,520	101,670	-	-	-								
	266.8***	30.8	1,469,190	102,520	-	-	-								

*사수위; **만수위; ***홍수위

<표 48> 우산저수지 분석자료

저수지명 (우산)	저수지 제원(a)				수위내용 모의(b)			위성영상 분석(c)		R ²					
	수위(EL. m)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	평균 면적(m2)	저수량 추정(m3)	a-b 저수량	a-b 면적	a - c 저수량	a-c 면적	b - c 저수량	b-c 면적
	164	0	0	0	-	800	800								
	165	1	0	0	1	1,500	700								
	166	2	500	1000	2	2,100	600								
	167	3	1500	1000	3	2,600	500								
	168	4	3000	2000	4	3,000	400								
	169	5	5500	3000	5	3,700	700								
	169.5*	5.5	7130	3500	-	-	-								
	170	6	8627	4000	6	5,000	1,300								
	171	7	12904	6000	7	6,700	1,700								
	172	8	18891	8000	8	9,400	2,700								
	173	9	26590	10000	9	12,500	3,100								
	174	10	35999	12000	10	17,100	4,600								
	175	11	47118	14000	11	22,200	5,100								
	176	12	60376	17000	12	28,800	6,600								
	177	13	75773	19000	13	36,500	7,700								
	178	14	93308	22000	14	45,400	8,900								
	179	15	113409	25000	15	56,600	11,200								
	180	16	136076	28000	16	69,500	12,900			0.9841	0.9470	0.9917	0.0002	0.9684	0.0000
	181	17	161737	32000	17	85,500	16,000								
	182	18	190819	36000	18	104,000	18,500								
	183	19	222895	39000	19	126,700	22,700								
	184	20	257538	42000	20	152,300	25,600								
	185	21	295173	46000	21	181,200	28,900								
	186	22	335803	49000	22	213,500	32,300								
	187	23	378999	52000	23	251,100	37,600	58,100	202,286						
	188	24	424333	54000	24	292,700	41,600	58,600	219,808						
	189	25	471806	57000	25	339,100	46,400	42,850	261,633						
	190	26	521845	60000	26	392,100	53,000	49,978	278,946						
	191.0	27	576,160	67,000	27	448,600	56,500	50,200	335,375						
	192.0	28	634,753	70,000	28	507,100									
	192.2	28.2	646,736	70,060	-	-	-		370,679						
	193.0	29	695,680	73,000	29	565,500	58,400	51,900	418,656						
	194**	30	753,130	78,000	30	639,900	74,400	57,250	441,560						
	195***	31	968,110	83,000	-	-	-								

*사수위; **만수위; ***홍수위

<표 49> 수야저수지 분석자료

저수지명 (수야)	저수지 제원(a)				수위내용 모의(b)			위성영상 분석(c)		R ²					
	수위(EL.m)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	평균 면적(m2)	저수량 추정(m3)	a-b 저수량	a-b 면적	a - c 저수량	a-c 면적	b - c 저수량	b-c 면적
수야	131.5*	-0.5	65,000	1,513	-	-	-			0.9799	0.8932	0.9988	0.4832	0.9994	0.4787
	132.0	0	67,554	8,700	-	800	800								
	133.0	1	79,407	15,005	1	3,500	2,700								
	134.0	2	99,395	24,971	2	9,700	6,200								
	135.0	3	131,707	39,652	3	22,500	12,800								
	136.0	4	184,161	65,255	4	47,000	24,500								
	137.0	5	257,536	81,495	5	88,300	41,300	103,100	328,126						
	138.0	6	343,575	90,582	6	149,500	61,200	82,588	369,405						
	139.0	7	438,582	99,432	7	233,600	84,100	86,411	418,753						
	140.0	8	540,812	105,028	8	326,700	93,100	86,450	476,255						
	141.0**	9	649,000	111,347	9	436,500	109,800								
142.0***	10	760,347	111,347	-	-	-									

*사수위; **만수위; ***홍수위

<표 50> 대산저수지 분석자료

저수지명 (대산)	저수지 제원(a)				수위내용 모의(b)			위성영상 분석(c)		R ²					
	수위(EL.m)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	평균 면적(m2)	저수량 추정(m3)	a-b 저수량	a-b 면적	a - c 저수량	a-c 면적	b - c 저수량	b-c 면적
대산	101*	0	24,000	4,650	-	700	700			0.9392	0.8735	0.9921	0.2510	0.9718	0.1896
	102.0	1	28,008	7,990	1	1,800	1,100								
	103.0	2	39,737	15,390	2	4,900	3,100								
	104.0	3	58,037	21,090	3	10,000	5,100								
	105.0	4	86,578	32,810	4	18,300	8,300								
	106.0	5	128,230	46,320	5	30,100	11,800								
	107.0	6	179,710	57,710	6	48,800	18,700	81,200	240,354						
	108.0	7	240,517	65,620	7	76,500	27,700								
	109.0	8	310,150	73,400	8	115,800	39,300	81,800	323,738						
	110.0	9	388,108	86,980	9	173,200	57,400	42,600	403,547						
	111.0	10	473,888	92,780	10	249,900	76,700	69,475	443,510						
	112.0	11	566,990	102,220	11	331,800	81,900	67,871	513,318						
	112.5**	11.5	605,000	105,020	12	434,200	102,400								
113***	12	658,855	110,400	-	-	-									

*사수위; **만수위; ***홍수위

<표 51> 사동저수지 분석자료

저수지명 (사동)	저수지 제원(a)				수위내용 모의(b)			위성영상 분석(c)		R ²					
	수위(EL.m)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	수심(m)	저수량(m3)	면적(m2)	평균 면적(m2)	저수량 추정(m3)	a - b 저수량	a-b 면적	a-c수량	a-c 면적	b - c 저수량	b-c 면적
	174.0	0	21,211	57	-	800	800								
	175.0	1	21,795	1,110	1	1,500	700								
	176.0	2	22,915	1,130	2	2,100	600								
	177.0	3	24,565	2,170	3	2,600	500								
	178.0	4	27,280	3,260	4	3,000	400								
	179.0	5	31,290	4,760	5	3,400	400								
	180.0	6	37,055	6,770	6	4,200	800								
	181.0*	7	44,000	7,120	7	5,700	1,500								
	182.0	8	51,575	8,030	8	7,700	2,000								
	183.0	9	60,200	9,220	9	9,900	2,200								
	184.0	10	69,960	10,300	10	12,400	2,500								
	185.0	11	81,185	12,150	11	15,000	2,600								
	186.0	12	94,195	13,870	12	18,800	3,800								
	187.0	13	108,370	14,480	13	22,800	4,000								
	188.0	14	123,920	16,620	14	27,600	4,800								
	189.0	15	141,520	18,580	15	32,800	5,200								
	190.0	16	160,960	20,300	16	39,600	6,800								
	191.0	17	182,380	22,540	17	47,100	7,500								
사동	192.0	18	205,915	24,530	18	55,300	8,200			0.9713	0.8805	0.9962	0.0457	0.9878	0.0446
	193.0	19	231,535	26,710	19	64,400	9,100								
	194.0	20	259,280	28,780	20	74,900	10,500								
	195.0	21	289,595	31,850	21	86,900	12,000								
	196.0	22	323,740	36,440	22	100,200	13,300	48,767	213,535						
	197.0	23	361,350	38,780	23	115,200	15,000	34,500	218,667						
	198.0	24	401,360	41,240	24	131,800	16,600	29,800	241,210						
	199.0	25	443,800	43,640	25	150,800	19,000	29,300	257,004						
	200.0	26	488,905	46,570	26	173,500	22,700								
	201.0	27	536,705	49,030	27	200,100	26,600								
	202.0	28	586,990	51,540	28	230,400	30,300	35,850	321,988						
	203.0	29	639,960	54,400	29	264,600	34,200								
	204.0	30	695,600	56,880	30	303,700	39,100	22,600	373,161						
	205.0	31	753,975	59,870	31	346,300	42,600	34,133	384,407						
	206.0	32	815,245	62,670	32	388,800	42,500	40,991	412,290						
	207**	33	879,000	64,840	33	449,400	60,600								
	208.0	34	946,040	69,240	-	-	-								
	209.0	35	1,016,870	72,420	-	-	-								
	210.0***	36	1,090,910	75,660	-	-	-								

*사수위; **만수위; ***홍수위

<표 52> 화강저수지 분석자료

저수지명 (화강)	저수지 제원(a)				수위내용 모의(b)			위성영상 분석(c)		R ²					
	수위(EL.m)	수심(m)	저수량(m ³)	면적(m ²)	수심(m)	저수량(m ³)	면적(m ²)	평균 면적(m ²)	저수량 추정(m ³)	a - b 저수량	a-b 면적	a - c 저수량	a-c 면적	b - c 저수량	b-c 면적
화강	116*	0	0	100	-	1,700	1,700			0.9333	0.9018	0.9921	0.5016	0.9904	0.4137
	117	1	1925	4200	1	4,400	2,700								
	118	2	9275	10800	2	9,200	4,800								
	119	3	24575	20200	3	17,200	8,000								
	120	4	49725	31200	4	31,400	14,200								
	121	5	85675	39200	5	52,100	20,700	53,400	101,964						
	122	6	127100	43700	6	79,300	27,200	53,500	126,874						
	123.0	7	173,500	49,100	7	112,700	33,400	47,550	203,815						
	124.0	8	224,750	52,700	8	152,900	40,200	43,850	243,566						
	125.0	9	278,525	54,800	9	198,900	46,000	50,295	309,660						
	126.0	10	334,300	56,700	10	244,800	45,900	47,540	365,761						
	127.0	11	391,875	58,400	11	301,600	56,800								
	127.1**	11.1	397,725	58,600	-	-	-								
	128.1***	12.1	456,325	58,600	-	-	-								

*사수위; **만수위; ***홍수위

<표 53> 부야저수지 분석자료

저수지명 (부야)	저수지 제원(a)				수위내용 모의(b)			위성영상 분석(c)		R ²					
	수위(EL.m)	수심(m)	저수량(m ³)	면적(m ²)	수심(m)	저수량(m ³)	면적(m ²)	평균 면적(m ²)	저수량 추정(m ³)	a - b 저수량	a-b 면적	a - c 저수량	a-c 면적	b - c 저수량	b-c 면적
부야	96.5*	-0.5	1,800	-	-	-	-			0.9681	0.9326	0.9979	0.0280	0.9497	0.0106
	97.0	0.0	3,600	7,200	-	1,600	1,600								
	98.0	1.0	10,505	6,610	1	5,600	4,000								
	99.0	2.0	26,845	26,070	2	14,000	8,400								
	100.0	3.0	57,680	35,600	3	29,700	15,700								
	101.0	4.0	100,475	49,990	4	56,400	26,700								
	102.0	5.0	155,145	59,350	5	95,400	39,000	69,200	178,152						
	103.0	6.0	218,685	67,730	6	147,600	52,200	69,733	229,414						
	104.0	7.0	291,190	77,280	7	213,900	66,300	73,325	277,409						
	104.8	7.8	356,026	84,810	8	283,900	70,000	43,800	332,068						
	105.2**	8.2	388,400	86,060	9	369,500	85,600	81,433	349,010						
	106.2***	9.2	477,090	91,320	-	-	-								

*사수위; **만수위; ***홍수위

<표 54> 김전저수지 분석자료

저수지명 (김전)	저수지 제원(a)				수위내용 모의(b)			위성영상 분석(c)		R ²					
	수위(EL.m)	수심(m)	저수량(m ³)	면적(m ²)	수심(m)	저수량(m ³)	면적(m ²)	평균 면적(m ²)	저수량 추정(m ³)	a - b 저수량	b a-b 면적	a - c 저수량	c a-c 면적	b - c 저수량	c b-c 면적
김전	175.0	0	-	56	-	800	800			0.9797	0.9512	0.9668	0.0031	0.9694	0.0815
	176.0	1	1,380	2,706	1	1,500	700								
	177.0	2	5,410	5,356	2	2,100	600								
	178.0	3	12,090	8,006	3	4,000	1,900								
	179.0	4	21,450	10,706	4	6,600	2,600								
	180.0	5	33,510	13,407	5	10,400	3,800								
	181.0	6	49,040	17,654	6	15,300	4,900								
	182.0*	7	68,000	22,230	7	22,100	6,800								
	183.0	8	93,550	26,914	8	31,500	9,400								
	184.0	9	122,930	31,842	9	43,600	12,100								
	185.0	10	157,100	36,504	10	59,500	15,900								
	186.0	11	196,750	42,792	11	79,300	19,800								
	187.0	12	242,590	48,896	12	104,100	24,800								
	188.0	13	294,700	55,324	13	134,300	30,200								
	189.0	14	353,260	61,802	14	170,900	36,600	84,600	103,222						
	190.0	15	418,300	68,285	15	215,600	44,700	53,017	107,991						
	191.0	16	489,530	74,165	16	271,500	55,900								
	192.0	17	567,780	82,338	17	338,000	66,500	52,300	192,858						
	193.0	18	653,930	89,966	18	414,300	76,300	71,075	244,933						
	194.0	19	748,130	98,434	19	490,500	76,200	63,489	257,577						
	194.2**	19.2	767,000	100,147	-	-	-	81,333	262,692						
195.0	20	850,850	107,002	20	587,500	97,000									
195.2***	20.2	872,584	110,336	-	-	-									

*사수위; **만수위; ***홍수위

- 저수지 자료와 분석내용의 상관성을 알아보기 위해 R² 값을 분석함
- 아래의 표는 저수지 계측자료(a)와 수위내용 모의(b) 및 위성영상 분석(c)을 통해 추정된 저수량, 면적에 대한 상관성 자료임
- 결과를 살펴보면, 모든 시나리오에서 저수량에 대하여 높은 상관성을 보였으나, a-c, b-c 에 대하여 낮은 상관성을 보임
- 저수지 계측자료(a)와 수위내용 모의(b)의 비교에서는 높은 상관성을 보였는데, 이는 개발된 SimReserDEM 모델이 비교적 활용성이 높다고 해석할 수 있음
- 다만 위성영상 분석(c)자료에서 면적에 대한 부분은 실제 형상을 고려하지 못했던 부분, 위성영상 판독의 한계(수체탐지 불가, 날씨 문제, 나무와 같은 객체와 수계가 중복) 등으로 인하여 오차가 발생한 것으로 해석할 수 있음

<표 55> 저수지 실측자료와 모의자료의 비교분석

연번	구분	a-b 저수량	a-b 면적	a-c 저수량	a-c 면적	b-c 저수량	b-c 면적
1	신한	0.9586	0.8803	0.9881	0.4776	0.9955	0.7166
2	소월	0.8477	0.7106	0.9428	0.1102	0.8260	0.0006
3	문천	0.9968	0.9660	1.0000	0.2999	0.9979	0.1530
4	연	0.9613	0.9971	0.9839	0.9387	1.0000	1.0000
5	침법	0.9958	0.9923	0.9683	0.0969	1.0000	1.0000
6	남매	0.9994	0.9618	0.9942	0.6930	0.9970	0.5833
7	삼천	0.9969	0.7821	0.9463	0.7821	1.0000	1.0000
8	용성	0.8724	0.6828	0.9926	0.0158	0.9451	0.0276
9	송림	0.9033	0.9216	0.9948	0.0952	0.9738	0.1156
10	송내	0.9626	0.9373	0.9922	0.2784	0.9943	0.2040
11	하신	0.9984	0.7596	0.9864	0.8734	1.0000	1.0000
12	부제	0.9836	0.7921	0.9779	0.9179	0.9571	0.9814
13	송백	0.9620	0.8618	0.9843	0.1826	0.9665	0.1822
14	하도	0.9585	0.8935	0.9965	0.5589	0.9593	0.5499
15	금천	0.9473	0.8290	0.9623	0.3703	0.9662	0.4673
16	지슬	0.9575	0.8776	0.9953	0.3352	0.9859	0.3560
17	우산	0.9841	0.9470	0.9917	0.0002	0.9884	0.0000
18	수야	0.9799	0.8932	0.9988	0.4832	0.9994	0.4787
19	대산	0.9392	0.8735	0.9921	0.2510	0.9718	0.1896
20	사동	0.9713	0.8805	0.9962	0.0457	0.9878	0.0446
21	화강	0.9933	0.9018	0.9921	0.5016	0.9904	0.4137
22	부야	0.9681	0.9326	0.9979	0.0280	0.9497	0.0106
23	김전	0.9797	0.9512	0.9668	0.0031	0.9694	0.0815
평균		0.9616	0.8794	0.9844	0.3626	0.9748	0.4155

- 본 연구에서는 영상자료를 활용한 미계측저수지의 수위내용을 추정하기 위해 경산, 청도 등 농어촌공사관리 계측 저수지의 통계자료를 분석하여 수위내용곡선을 추정함
- 이후 분석된 자료를 바탕으로 저수지 유형을 구분하는 과정을 거쳤으며, 위성 영상자료를 활용하여 시계열 저수면적을 추정함
- 저수면적 추정기법을 제시하였으며, 이를 활용하여 계측자료와 비교하여 정합성을 도출함
- 또한 개발된 SimReserDEM을 활용하여 저수지의 수위내용을 모의하였으며, 이를 계측자료와 비교함
- 최종적으로 저수지 계측자료와 영상자료를 활용한 수위내용자료, SimReserDEM 모의자료를 비교하여 정합성을 판단하였음

전국 17,000여 농업용 저수지에 대하여 현재 현장 자동모니터링장치가 설치된 저수지는 전체 저수지의 10% 정도이며 자동계측기가 설치되지 않은 소규모 저수지에는 직접 계측이 아닌 간접 추정방식을 적용할 필요가 있는데 이를 위하여 RS, GIS 등의 정보에서부터 저수지의 수면추적과 저수위-내용적 관계를 산출하는 기술이 개발되었다.

개발된 미계측 저수지에 대한 저수위-내용적 관계와 저수위 예측을 위한 적용은 경상북

도 경산시를 대상으로 조사, 분석이 이루어 졌으나 연구기간중 COVID-19에 따른 지자체의 담당업무와 사업비 제한 등의 문제로 인하여 실제 적용이 이루어지지 못하였는데 연구개발 이후 지속적으로 해당 지자체에 대하여 적용, 활용이 실시되어야 할 것으로 판단됨

(6) 영상정보를 활용한 수위 수치화 및 저수지 계측정보의 품질관리

○ 영상정보를 활용한 수위 수치화 검·보정 기술

- 영상정보를 활용한 수위 수치화 검·보정 기술은 기존 현장 CCTV 영상의 수집과 더불어 드론을 이용한 영상 수집데이터를 시스템에 주기적, 비주기적으로 저장하고 관리하여 저수지 계측자료로 활용
- 농업용 저수지 환경에서 CCTV 등 영상은 다양한 환경에서 개별로 설치되고, 운영되므로 이기종의 시스템 자료를 영상관리서버를 통해 이미지를 저장하고, 이를 계측자료와 연계하여 수치화 검·보정 기술 개발
- 공공기관의 영상정보 데이터는 크게 3가지 방식중 대부분 자체서버 운영방식으로 구축되어 시스템 활용 중이지만, 최근 영상장비 관리의 한계와 유지보수를 고려한 병행 방식이 요구되어 이를 감안하여 개발(DVR 서비스 방식 등)

구분	자체서버 운영방식	클라우드 방식	DVR 서비스 방식
구성도			
장점	<ul style="list-style-type: none"> 공공기관 자체 보안망 구성 다수의 시스템 구축 방식 카메라 직접 제어/관리 	<ul style="list-style-type: none"> 상위 시스템 구축을 위한 비용 최소화 및 지능형 솔루션 가능 웹/모바일 서비스 가능 국정원 인증 솔루션 도입 기존 CCTV 연계 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 영상정보 현장에서 보관 외부자료 연계 가능 저렴한 시스템 구축 및 현장 유지관리 지원 장점
단점	<ul style="list-style-type: none"> 영상통합솔루션 구축 비용 과다 제한된 장소에서 영상 정보 제공 네트워크, 보안솔루션 비용 요구 유지관리 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> 공사 영상정보를 외부에 보관 외부 자료 연계 한계 	<ul style="list-style-type: none"> 업체 서비스 연계시 보안지침 위반 (출동/경보서비스 제공) >> VPN을 활용한 보안 적용 가능

<그림 172> 기존 영상데이터 운영방식 비교

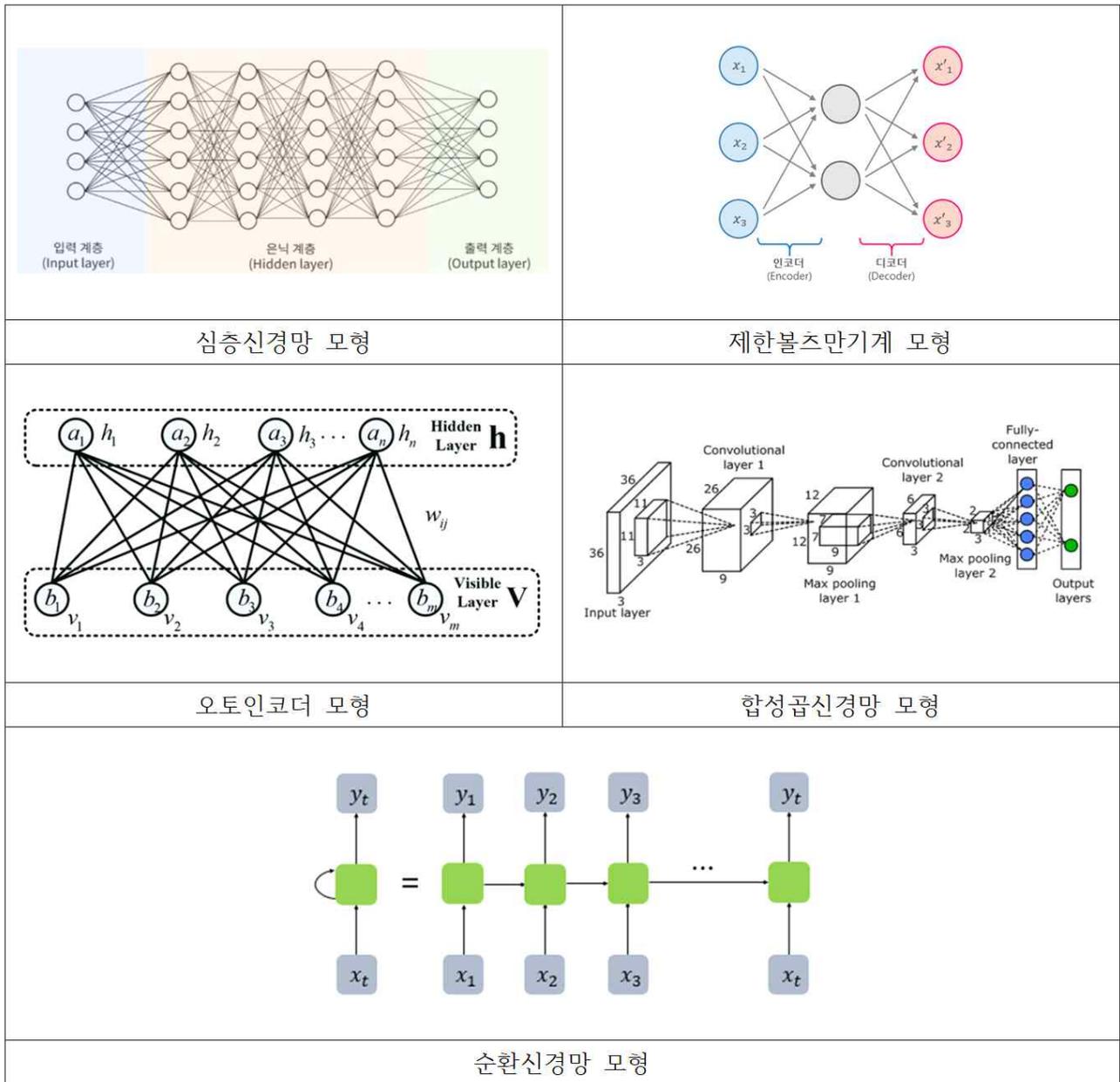
- 영상데이터 수집은 기존 자체서버 운영환경에서 환경의 변화없이 오픈소스프로그램 모듈 (ffmpeg)를 활용하여 매시간 이미지 저장 기능을 수행하도록 구성하고 수위자료와 연계하여 정보 제공 기능 개발
- 저장된 이미지 정보는 계측정보와 연관 태그를 통해, 수위가 측정되거나, 모의된 시간에 영상정보로 융합하여 이상치 판단과 검보정에 활용하도록 사용자 제공



<그림 173> 영상정보와 수위자료 연계

○ 저수지 수위 관련 영상정보의 저수위 수치화 기술

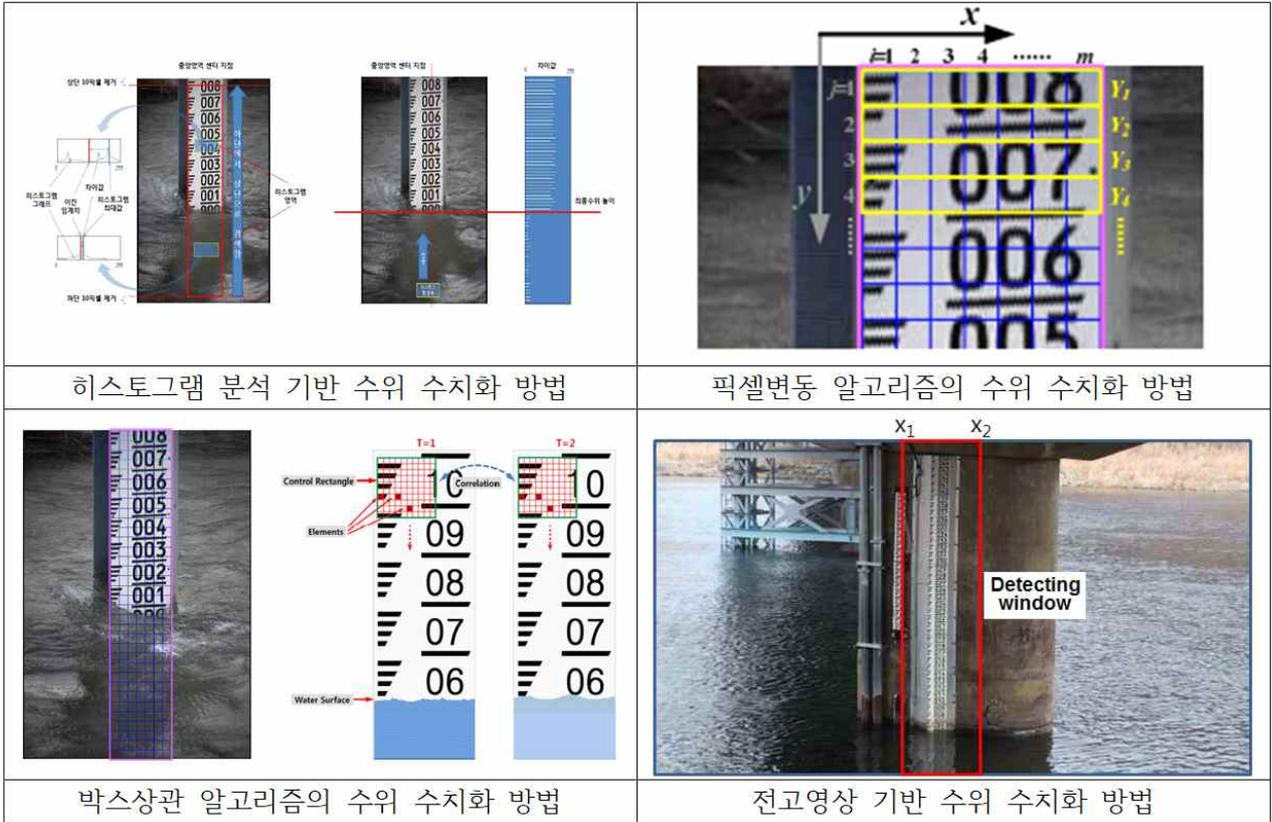
- 이미지 데이터의 품질 및 처리 방법으로는 이미지 데이터의 품질 및 특성을 정리하고, 한국데이터진흥원의 데이터 품질 평가 기준표를 바탕으로 본 연구에서 주로 수집한 데이터 (수위, 저수량, 이미지 데이터 등)에 대한 품질 기준을 선정하였음
- 인공지능 또는 딥러닝 모형을 바탕으로 한 기술 개발에 필요로 하는 많은 양과 높은 품질을 만족하는 데이터 구축을 위해 저수지 데이터 전처리 방법론 도출함
- 이미지의 영상정보를 활용한 딥러닝 및 빅데이터 기술 현황 조사로는 기계학습에 대한 개념과 대표적인 딥러닝 모형인 심층신경망, 제한볼츠만기계, 오토인코더, 합성곱신경망, 순환신경망에 대한 기본 이론, 모형의 구조 등을 체계적으로 조사, 딥러닝 모형을 기반으로 영상 및 이미지 자료를 활발히 활용하여 연구개발이 이루어지고 있는 대표 분야 (의료 및 기계 분야)를 선정하여, 연구개발 사례를 조사하여 정리함
- 타 분야의 국외 선진기업과 국내 기업을 대상으로 하여 영상정보 자료를 기반으로 한 빅데이터 구축 사례는 다음과 같음



<그림 174> 저수위 관련 영상정보 빅데이터 수치화 방법

○ 이미지-수위 수치화 방법론 및 기술현황 조사

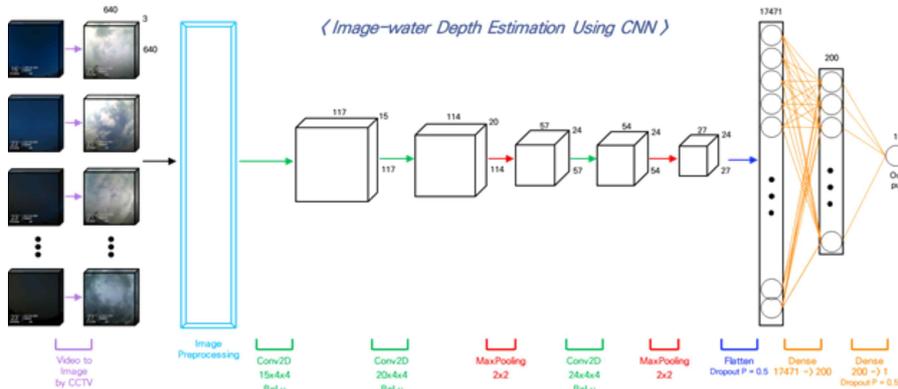
- 국내 농업용 저수지의 이미지-수위 수치화 방법론 제안을 위해 수자원공학 분야의 하천, 댐 등을 대상으로 개발된 이미지-수위 분석 추출 기술현황을 조사 및 검토하여 정리함
- 국내 및 국외에서 공개된 이미지-수위 수치화 모형에 관한 특허 기술을 조사하여 정리하였으며, 조사된 특허 기술 중 딥러닝 모형을 기반으로 한 특허 기술 사례는 부재하다는 것을 확인함



<그림 175> 수위표 이미지-수위 분석 추출 방법

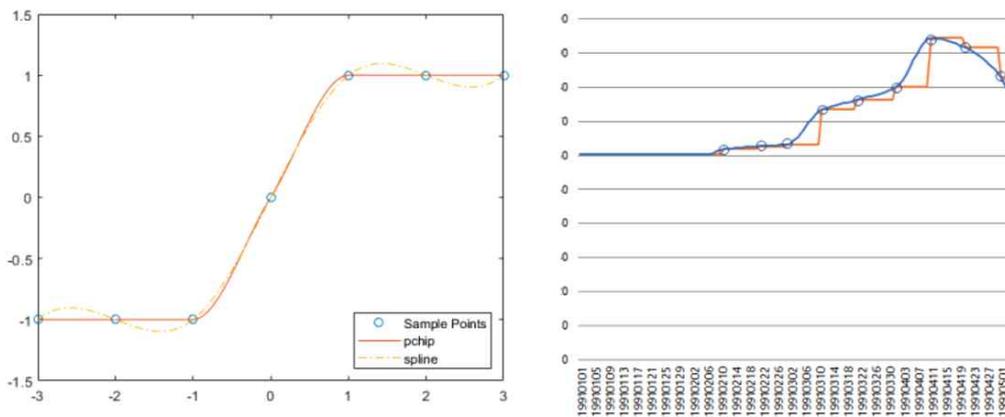
○ 성능 영향 분석과 이미지

- 저수위 수치화 모형에 포함되는 최적의 매개변수 조합을 최적화함으로써 개발 모형의 성능 향상을 위한 기술 개발이 필요함
- 각종 첨단 기술인 사물인터넷 (IoT), 다중 센서, 클라우드, 빅데이터, 원격 탐사 (인공위성, 드론 등), CCTV 기반 영상정보 처리 기술 (컴퓨터 비전 분야), 디지털 트윈, 플랫폼 연계 등을 종합적이고 체계적으로 활용하는 방안 마련이 필요함



<그림 176> 2차년도 개발의 합성곱신경망 기반 이미지-저수위 수치화 모형의 예시

- 계측제어 정보의 빅데이터, AI기반 자료 품질관리(AQC, MQC) 기술 개발
 - 실시간 계측데이터는 현장에서부터 10분마다 저장되어 무선을 통해 농촌용수종합정보시스템으로 전송되며, 일간 144회, 연간 52,560회 데이터가 축적되며, 이를 시간, 일단위 데이터 변환하여 저장하도록 구성됨
 - 실시간 품질관리 기법은 대용량의 데이터를 짧은 시간에 처리해야 하는 어려움과 100% 품질관리가 안 되는 기술적 문제로 운영자가 직접 수정하는 일괄품질관리 방법이 병행되어야 함
 - 실시간 계측데이터의 장기간 누락, 오류를 검증하기 위한 자료로써 농업수리시설관리시스템(RIMS) 자료는 오전 10시까지 지사 담당자가 수기입력되는 정보에 실시간 계측자료가 동기화되고, 운영자 검토를 통해 확정된 저수지 데이터 저장되도록 구성됨
 - 기존 품질관리시스템은 자동품질관리를 기준으로 통신 현황, RIMS 오차, 전일대비, 조건표이탈, 데이터 고정, 품질관리 기능을 농촌용수종합정보시스템에서 제공
 - 품질관리시스템은 수동 품질관리 기능을 구현하도록 다양한 자료(RIMS 수위, 공급량, 강우량 등)와 연계 되고 사용자가 직접 데이터를 수정 가능한 기능 구현
 - 시스템 구축 및 운영을 위해 단계별 추진으로 선행된 RIMS 품질관리 기술을 기반으로 자동 계측자료에 대한 품질관리 지침을 정립하고 관리, 평가

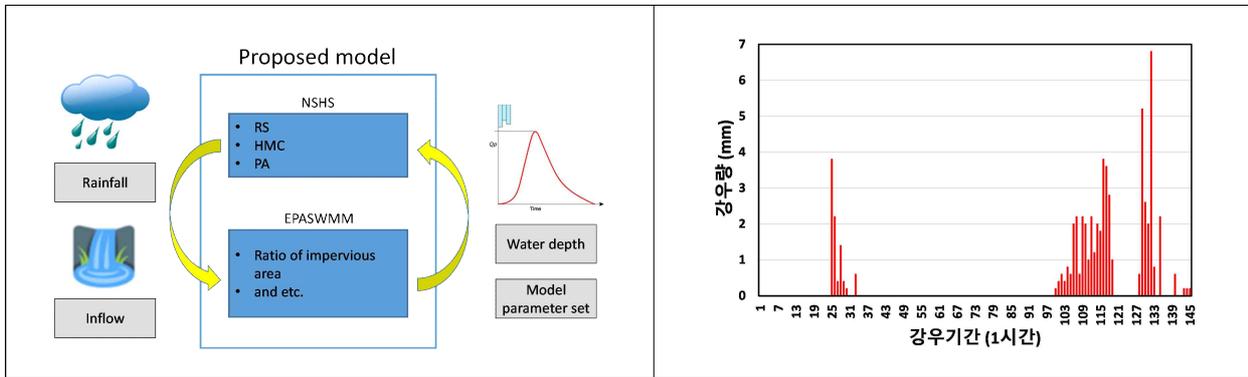


<그림 177> 저수지 계측자료 원기데이터 및 품질관리 예



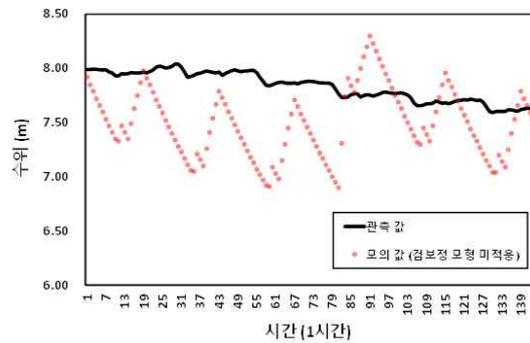
<그림 178> 실시간 품질관리 데이터 생성 절차(한국농어촌공사)

- 용덕과 이동저수지의 경우 초음파식수위계를 사용하고 미산 저수지만 압력식 수위계를 사용하는 것으로 조사됨. 수로 각 지점에 12개의 자동수위계측계가 설치된 것으로 조사되었으며, 모두 초음파식인 것으로 조사됨
- 농업용 저수지 유역의 저수위-저수량 관계식 구축
- 주요 지점별 저수위-저수량 관계식 산정은 2005년에 정리된 정보가 확인됨
- 당시 산정 결과 방아지점을 제외한 대부분의 지점에서 결정계수가 0.9를 상회하는 값으로 나타나, 신뢰도는 있는 것으로 판단됨
- 다만, 목측으로 계측했었고, 당시와 수리·수문 조건이 변하였기에, 새로이 측정할 필요가 있는 것으로 나타남
- 이동저수지 저수량 산정에 필요한 데이터 중 현재 확보 가능한 지점은 이동저수지 시점 수위 데이터이며 해당 자료는 일 데이터로 2014년부터 2021년 10월까지 8년 정도 계측됨
- 유량값이 계측되지 않아 저수위-저수량 관계식 구축에 한계가 있으며 차년도에 유량값 계측을 통해 저수위-저수량 관계식 구축이 필요함
- 연구대상지역 지형자료를 조사하여 관개시설 기반 SWMM 모형의 적용을 검토함
- 최적화 기법인 화음탐색법을 활용하여 SWMM 모형 매개변수 최적화 모형을 검토하고 연구대상지역 유역의 SWMM 모형 매개변수 적용 등, 다양한 데이터를 활용한 것은 아니어서, 다양한 형태의 목적함수, 매개변수, 기왕 강우사상, 최신 강우사상 등을 종합적으로 고려하여 검토정을 검토

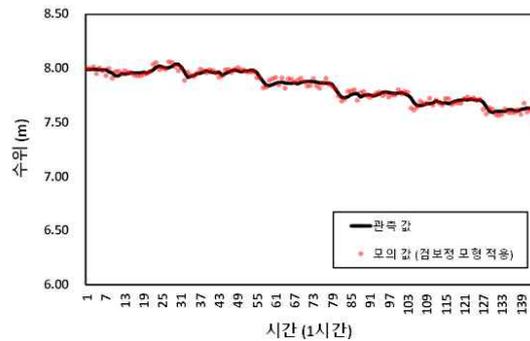


매개변수 검보정 모형 개념도

강우사상 (6월 25일부터 6월 30일까지)



(가) 검보정 모형 미적용



(나) 검보정 모형 적용

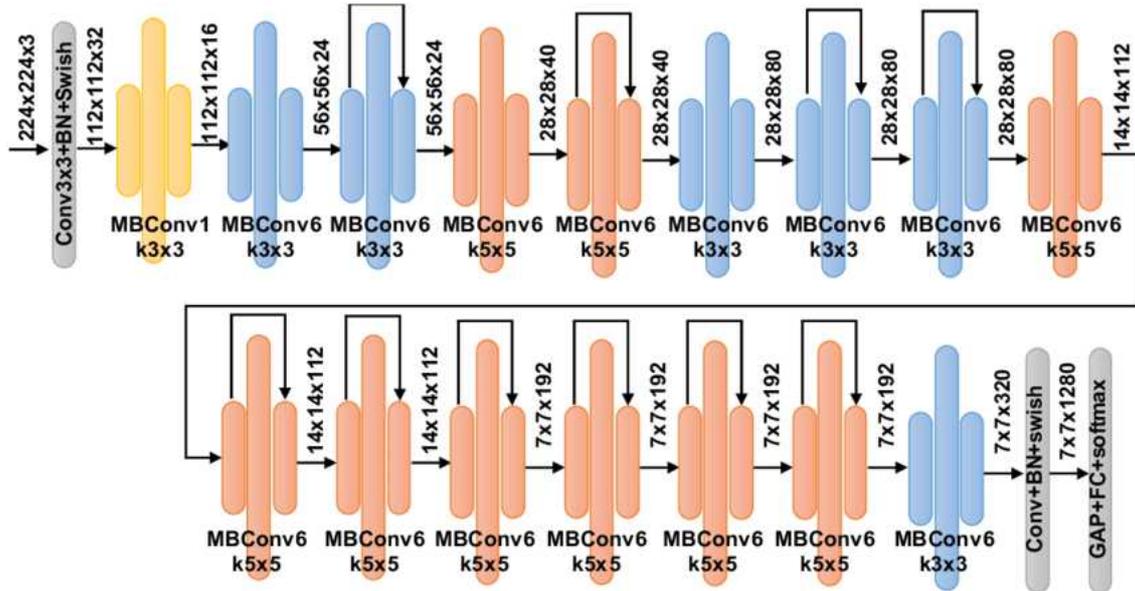
매개변수 검보정 결과

<그림> 저수지 계측자료 원기데이터 및 품질관리 예

- CCTV 영상정보 기반 저수위 수치화 기술

- 농업용 저수지 자동수위 관측기술과 영상정보 간의 연계를 위한 빅데이터 체계를 마련하고 영상정보를 활용한 딥러닝 모델을 기반으로 한 농업용 저수위 수치화 모형을 개발
- 영상정보 처리를 위한 딥러닝 모델의 종류와 그 개념과 특징을 조사 및 분석
- 저수지 CCTV 영상정보 전처리를 위한 딥러닝 모델을 제안, 딥러닝 모델간의 효율성을 분석하여 향후 자동 수위 관측기술 검보정 기술 제안
- 충북 영동군 미전저수지와 충주시 구룡저수지, 경산시 문천저수지, 용성저수지의 CCTV 영상정보를 활용하여 등간격 단위 그룹과 Jenks Natural Breaks 4개, 8개 그룹으로 분류한 모델을 epoch에 따라 학습하면서 나타난 손실 값과 정확도 값의 분석함
- 최신 딥러닝 모델인 ResNet, EfficientNet의 경우, 높은 정확도를 나타냈고 초매개변

수 튜닝(hyperparameter) 최적화를 통해 분석 결과 정확도가 더욱 향상되는 것을 확인함



<그림 180> EfficientNet의 구조 (Haikel Alhichri et al., 2021)



(가) 미전저수지



(나) 구룡저수지

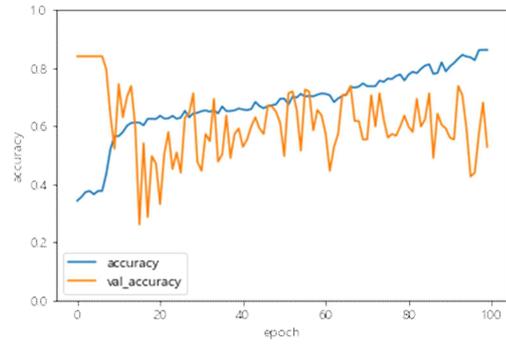
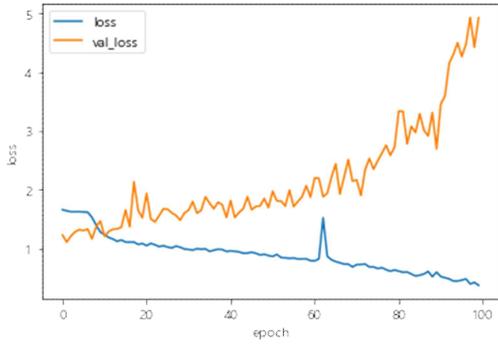


(다) 문천저수지

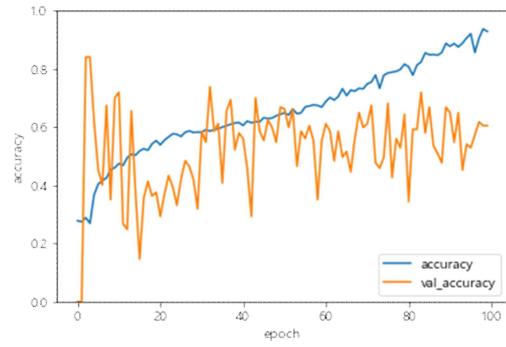
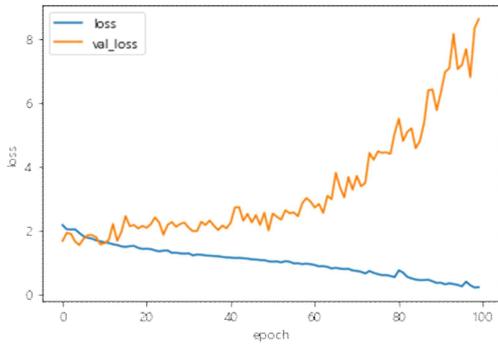


(라) 용성저수지

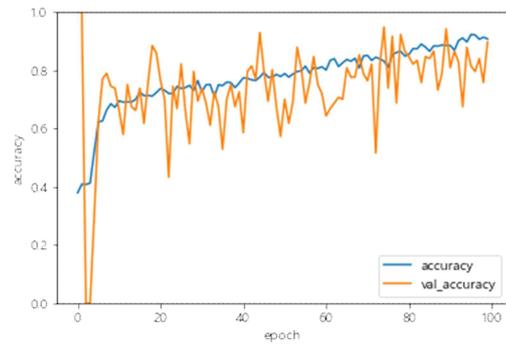
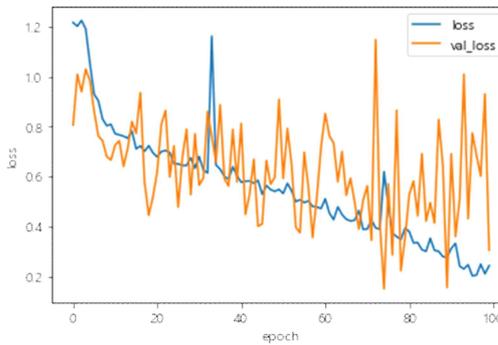
<그림 181> CCTV 영상인식 저수지 전경



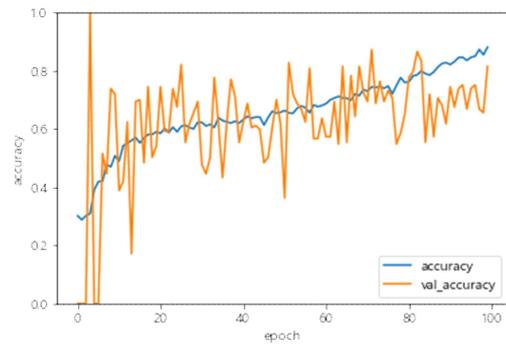
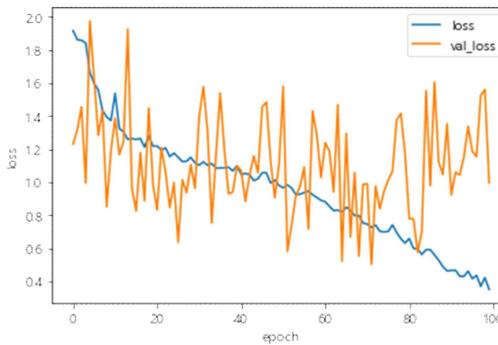
(가) 미전저수지의 등간격 10cm 단위 그룹 (좌: 손실 값; 우: 정확도 값)



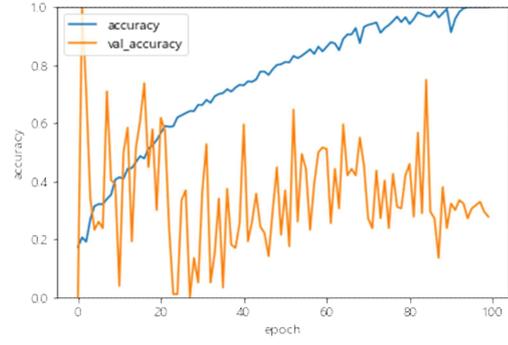
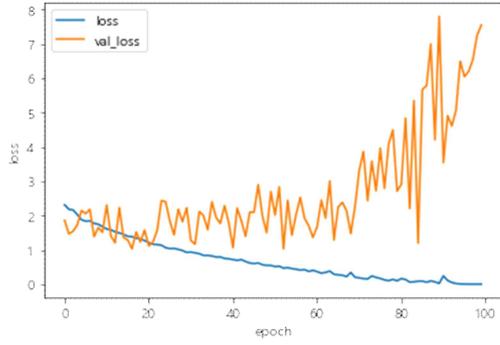
(나) 미전저수지의 등간격 20cm 단위 그룹 (좌: 손실 값; 우: 정확도 값)



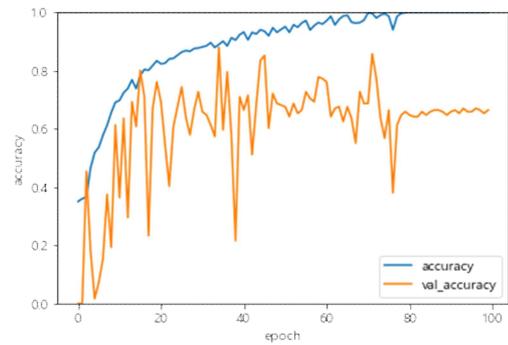
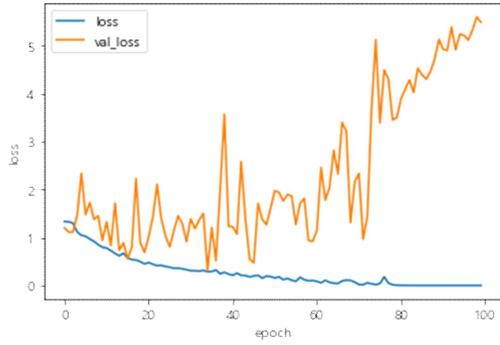
(다) 미전저수지의 Jenks Natural Breaks 4개 그룹 (좌: 손실 값; 우: 정확도 값)



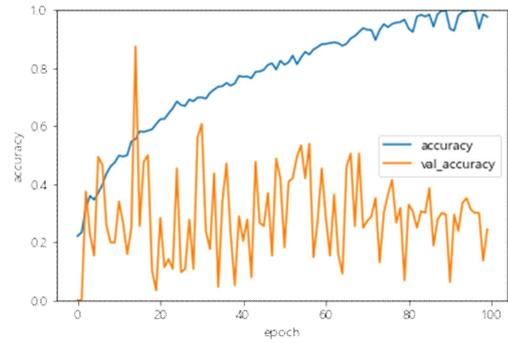
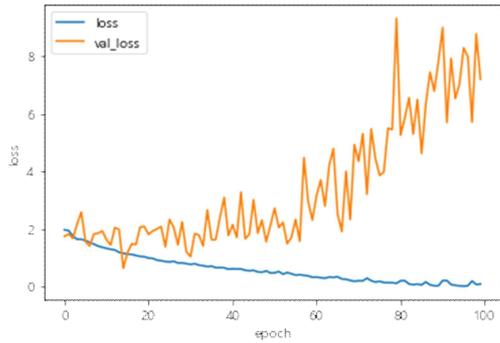
(라) 미전저수지의 Jenks Natural Breaks 8개 그룹 (좌: 손실 값; 우: 정확도 값)



(마) 구룡저수지의 등간격 10cm 단위 그룹 (좌: 손실 값; 우: 정확도 값)

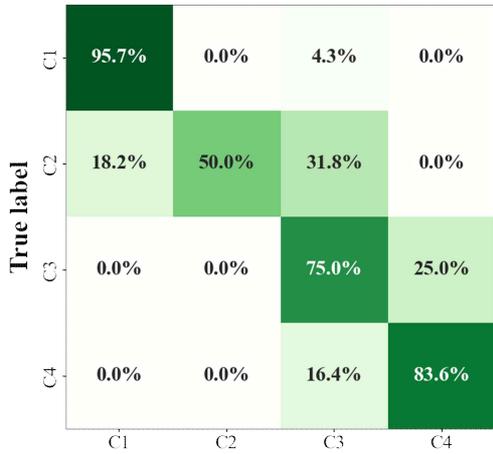


(바) 구룡저수지의 Jenks Natural Breaks 4개 그룹 (좌: 손실 값; 우: 정확도 값)

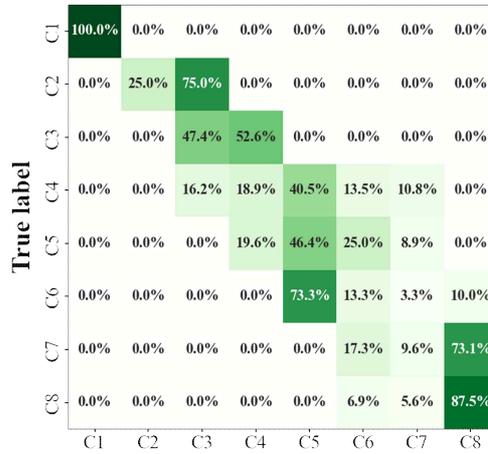


(사) 구룡저수지의 Jenks Natural Breaks 8개 그룹 (좌: 손실 값; 우: 정확도 값)

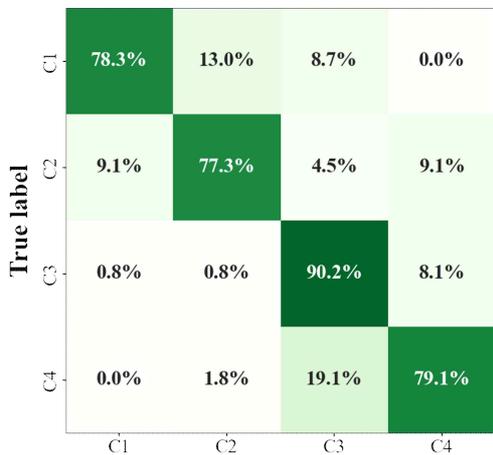
<그림 182> 합성곱신경망 기반의 수위인식 모델 결과(손실값과 정확도 값)



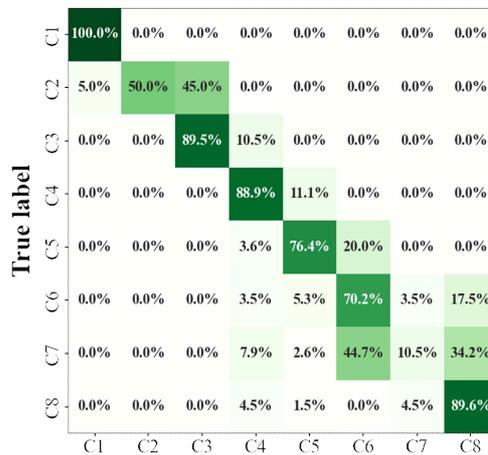
(가) 합성곱신경망(J-4)



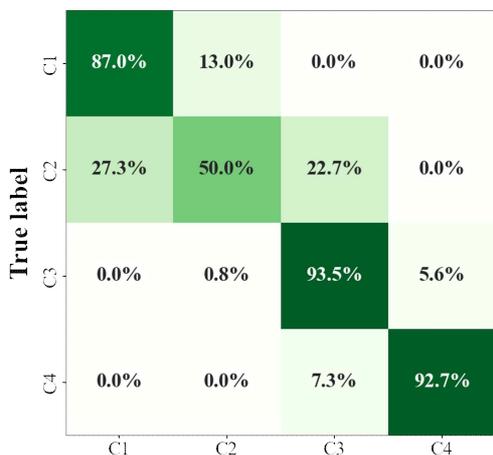
(나) 합성곱신경망(J-8)



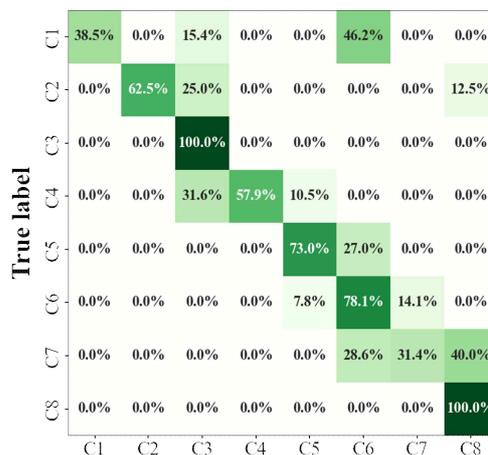
(다) ResNet(J-4)



(라) ResNet(J-8)

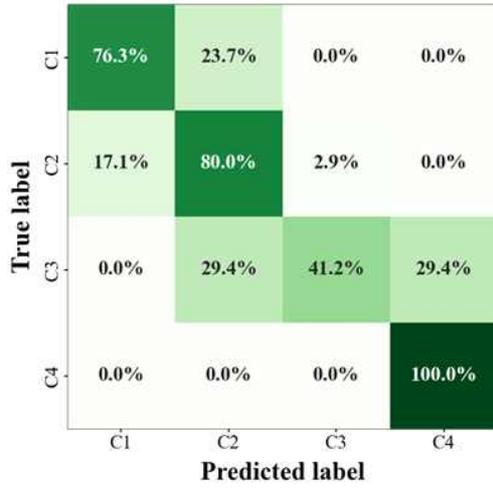


(마) EfficientNet(J-4)

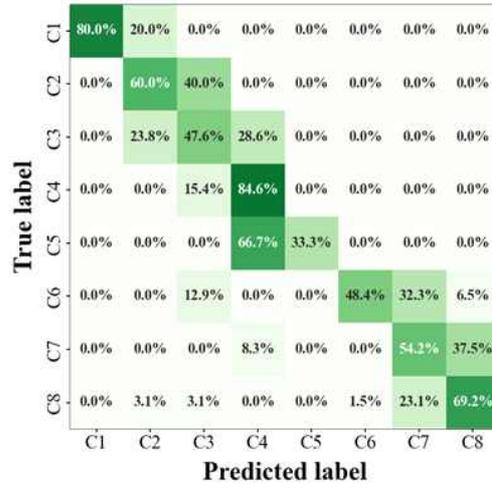


(바) EfficientNet(J-8)

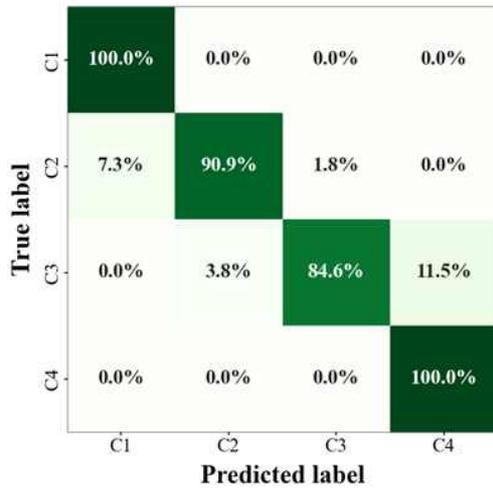
<그림 183> 수위 분석 모형-2로부터 도출한 수위 예측 결과(미전저수지)



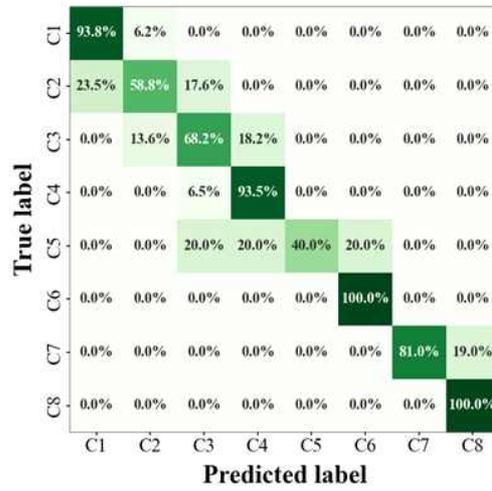
(가) 합성곱신경망(J-4)



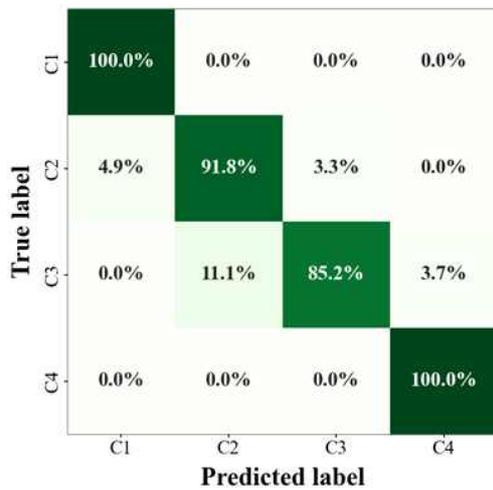
(나) 합성곱신경망(J-8)



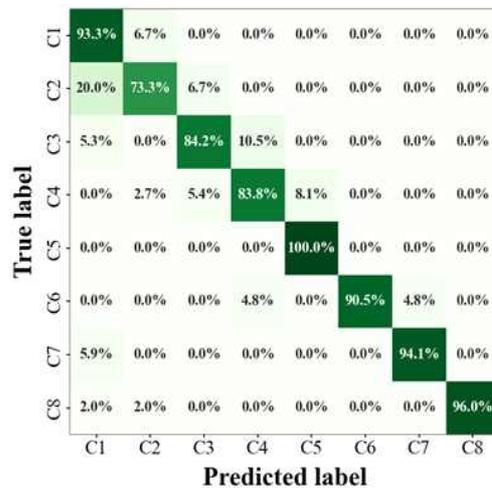
(다) ResNet(J-4)



(라) ResNet(J-8)

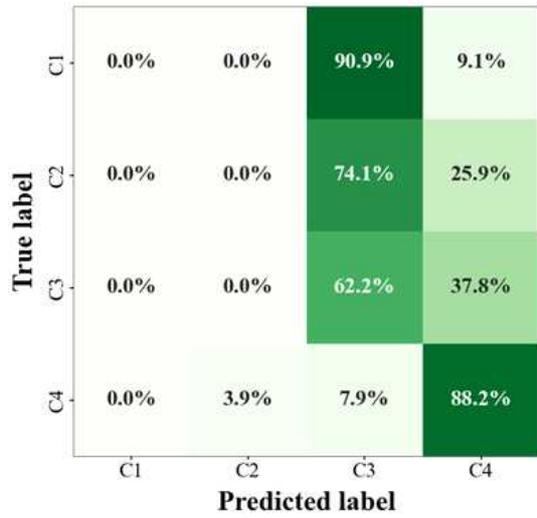


(마) EfficientNet(J-4)

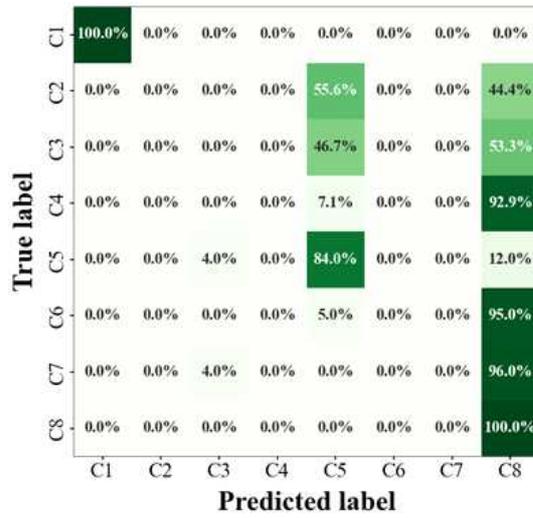


(바) EfficientNet(J-8)

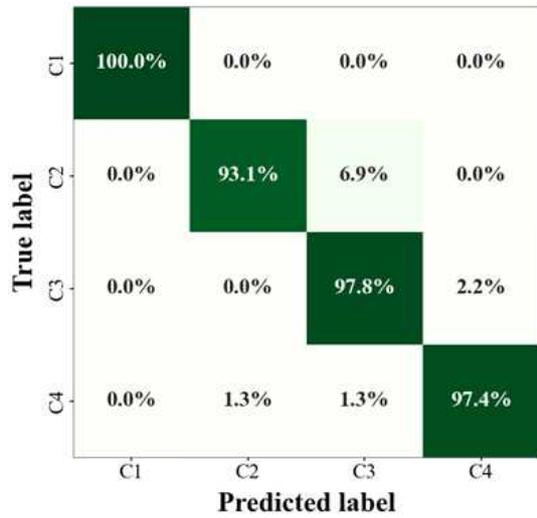
<그림 184> 수위 분석 모형-2로부터 도출한 수위 예측 결과(구룡저수지)



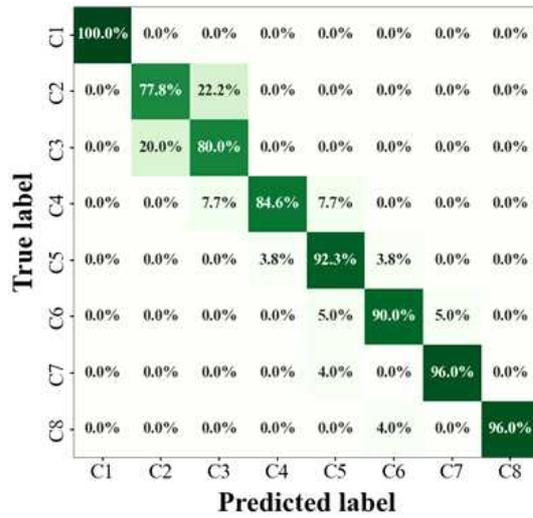
(가) 합성곱신경망(J-4)



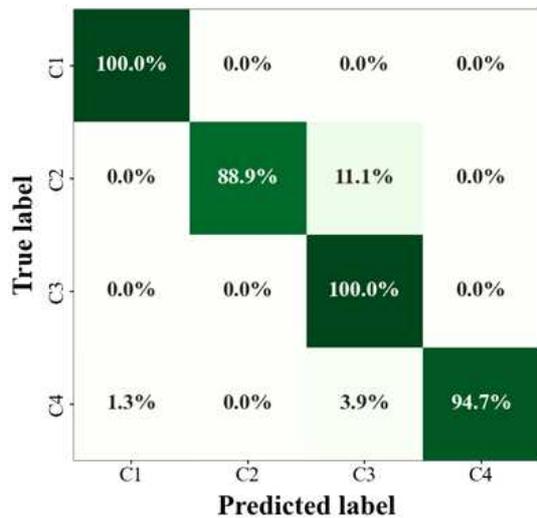
(나) 합성곱신경망(J-8)



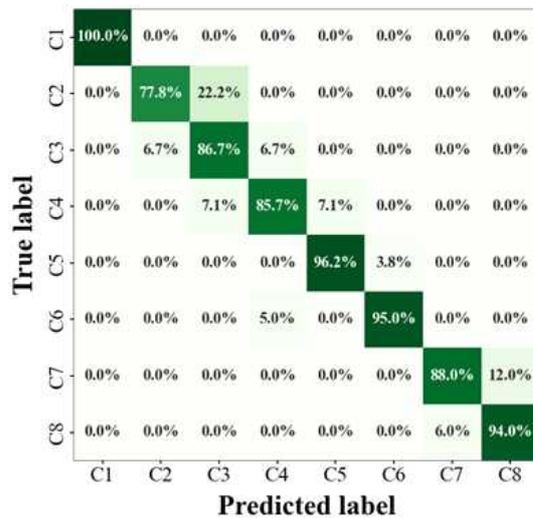
(다) ResNet(J-4)



(라) ResNet(J-8)

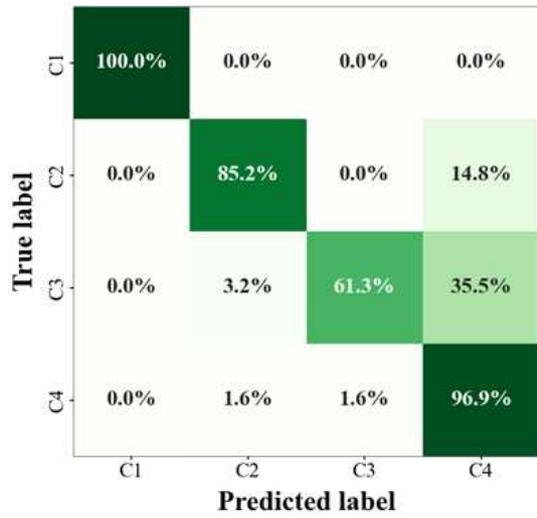


(마) EfficientNet(J-4)

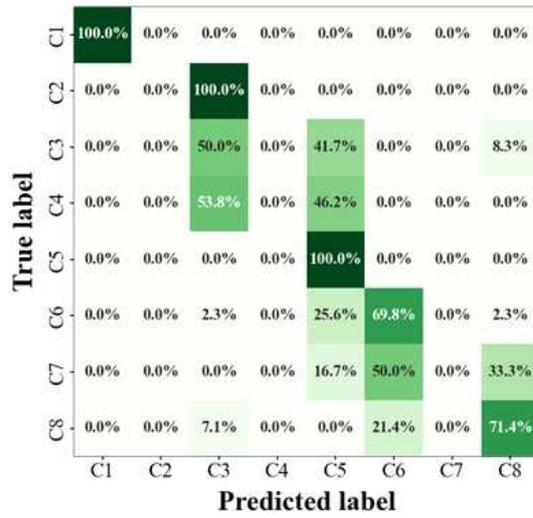


(바) EfficientNet(J-8)

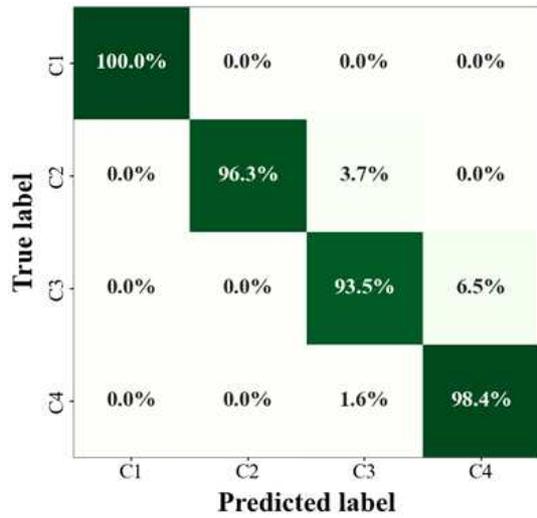
<그림 185> 수위 분석 모형-2로부터 도출한 수위 예측 결과(문천저수지)



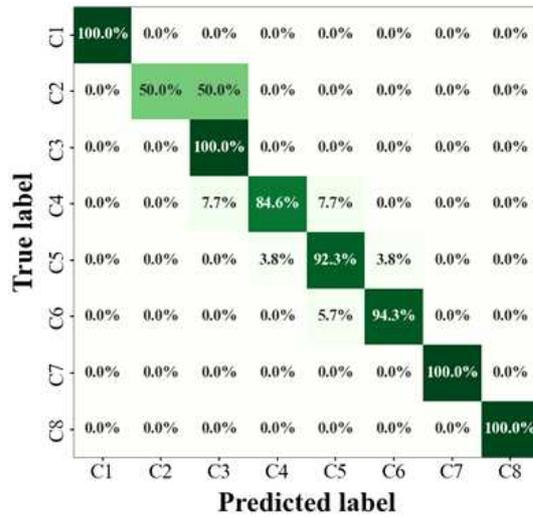
(가) 합성곱신경망(J-4)



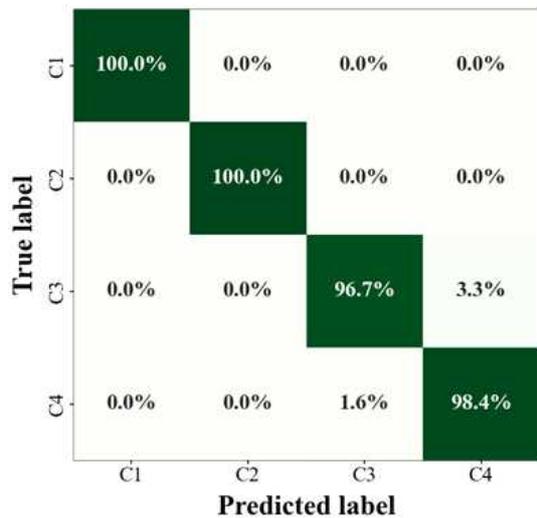
(나) 합성곱신경망(J-8)



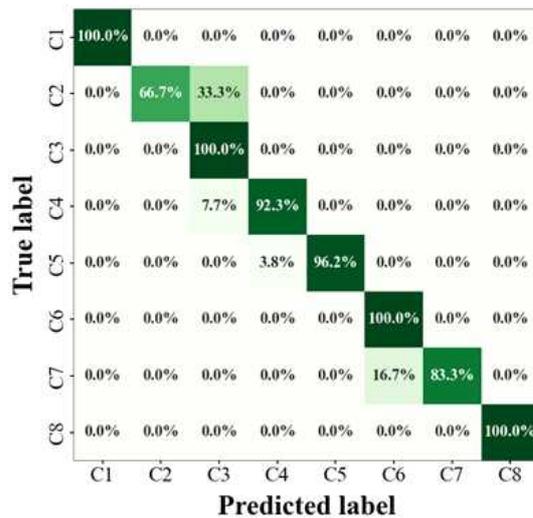
(다) ResNet(J-4)



(라) ResNet(J-8)

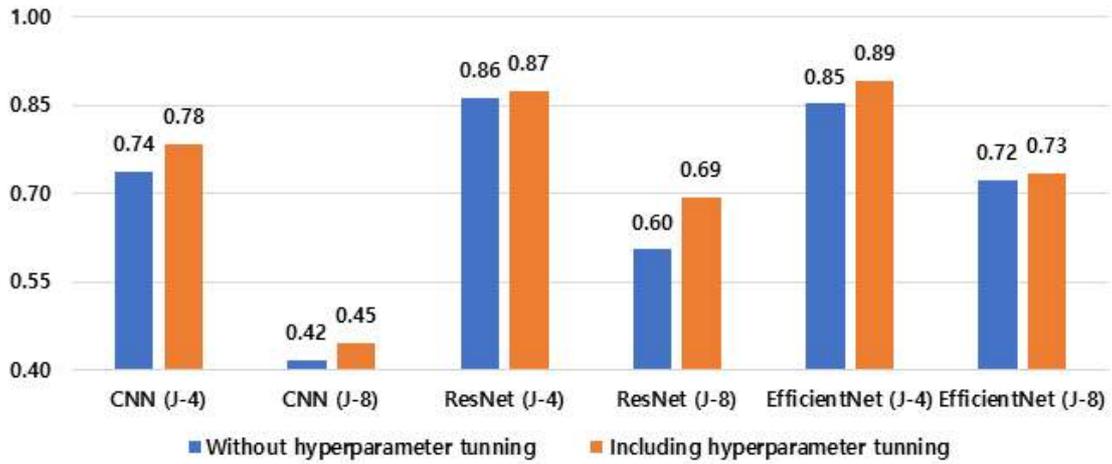


(마) EfficientNet(J-4)

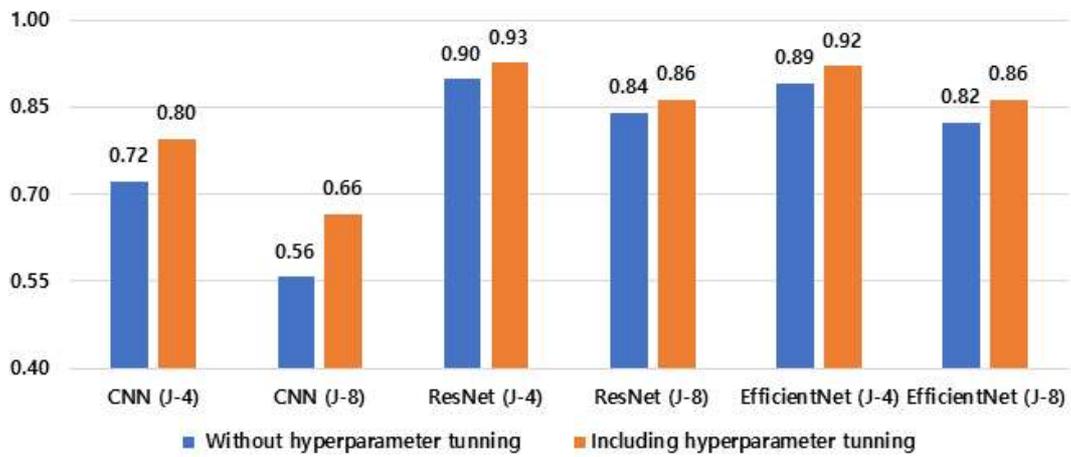


(바) EfficientNet(J-8)

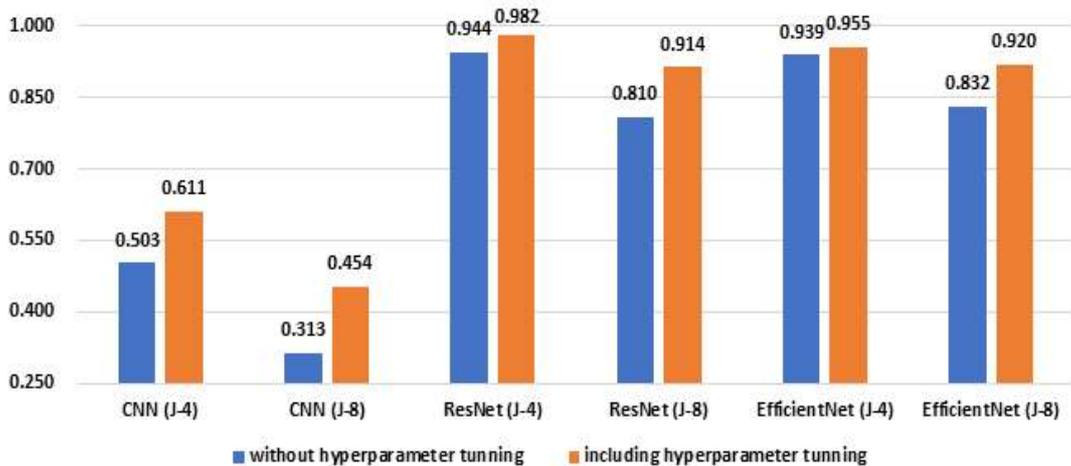
<그림 186> 수위 분석 모형-2로부터 도출한 수위 예측 결과(용성저수지)



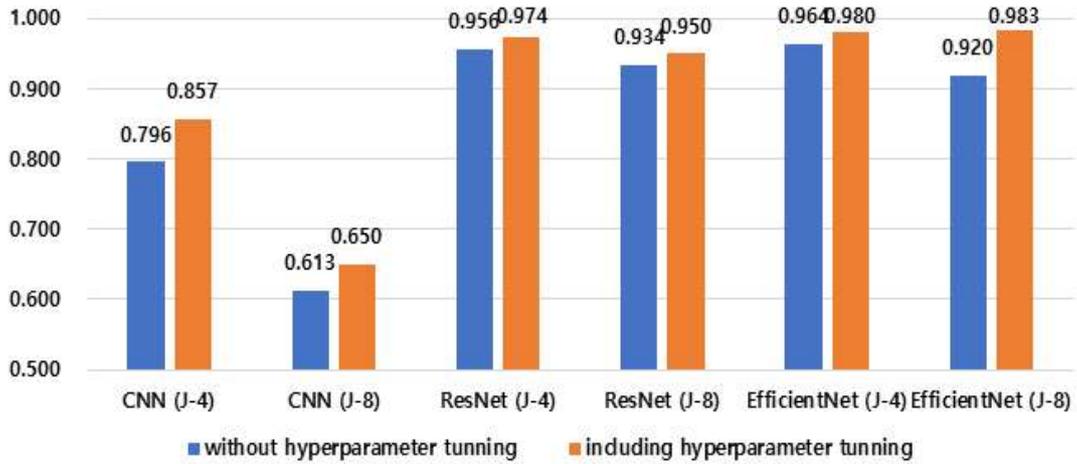
<그림 187> 기존 및 초매개변수 튜닝을 포함한 수위 분석 모형 간의 비교 결과(미전저수지)



<그림 188> 기존 및 초매개변수 튜닝을 포함한 수위 분석 모형 간의 비교 결과(구룡저수지)



<그림 189> 기존 및 초매개변수 튜닝을 포함한 수위 분석 모형 간의 비교 결과(문천저수지)



<그림 190> 기존 및 초매개변수 튜닝을 포함한 수위 분석 모델 간의 비교 결과(용성저수지)

- 드론 영상정보 기반 저수위 수치화 기술

- 농CCTV 영상정보는 수위 분석에 유용하게 활용 가능하지만, 고정되어 운영되기 때문에 공간적 확장성이 떨어지는 단점이 있는 등 공간적 제약을 극복하기 위해 초경량비행장치(드론)을 활용한 영상정보를 활용도 필요
- 드론으로 촬영한 영상정보를 바탕으로 3차원 DSM(Digital Surface Model)을 추출하여 저수지의 수위 정보를 확보하여 저수위 수치화 가능함
- 드론촬영이 용이한 충북 괴산군 백마저수지를 대상으로 3차원 DSM 추출하고 해당 시점의 수위계측값을 비교한 결과 상당한 신뢰도가 있음을 확인함.
- 농업분야 인력의 고령화와 인구 감소, 농업생산기반시설의 광범위한 공간분포에 따른 관리의 어려움을 극복하고자 드론을 활용한 원격탐사기술의 도입을 통하여 저수지 수위 계측의 정확도 향상이 가능함을 확인



(가) 제당 및 수표면 측선

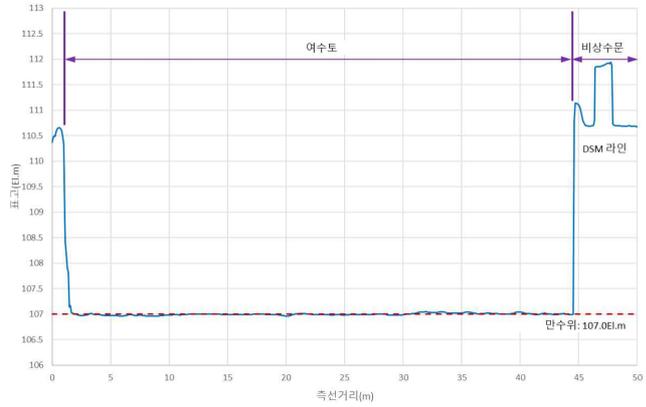


(나) 제당 및 수표면 표고 정보 추출 결과

<그림 191> 드론을 활용한 표고 정보 추출

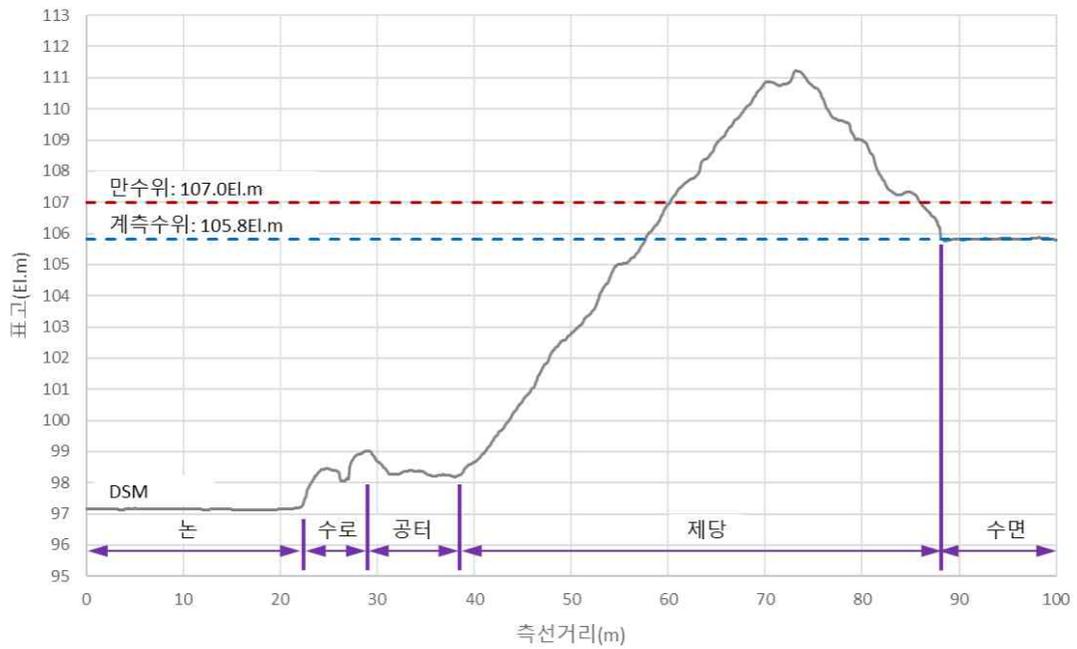


(가) 물넘이 표고 추출 측선



(나) 물넘이 표고 검증

<그림 192> 표고 정보 검증



<그림 193> 드론을 활용한 저수지 수위 추출 결과

○ 설문조사

가. 조사 및 분석방법

- 기존의 저수지 자동수위계 기술에 최근의 ICT 기술을 적용하는 고도화 개발을 통하여 농업용 저수지의 안정적이고 과학적인 관리를 도모하기 위한 설문조사를 구성함
- 해당 자동수위계의 사용자/관계자를 대상으로 설문조사를 구성함
 - 설문조사 방법: 온라인조사
 - 설문조사 대상: 농어촌공사 198회 대상
 - 설문조사 기간: 2021년 10월 6일 ~ 11월 5일 (31일간)
 - 조사항목 : 2개 범주 26개 항목

<표 56> 설문내용

구분	설문내용	
일반사항	성별	연령
	근무	학력
	업무	거주지
자동수위계	사용 경험	정보 확인
	측정값 확인 주기	정보 획득 경로
	사용 목적	부족 부분
	통신 이상	계측값 이상
	다양한 측정기능	접속 방법
	경보기능	만족 부분
	확대 설치 의사	저수지 확대설치 형태
	수로 확대설치 형태	시설유지관리 측면
	유지관리 만족	유지관리 불만족
	교육훈련	아쉬운 부분 등

나. 선호도 조사 결과

① 응답자의 일반적 현황

- 응답인원 198명 중 남성 175명(88.4%), 여성 23명(11.6%)으로 나타났으며, 30대 이하는 122명(61.6%), 40대는 51명(25.8%), 50대는 25명(12.6%), 60대는 0명(0.0%)으로 나타남

<표 57> 일반적 현황

[전체 응답인원(N: 198명)]

번호	문항	세부항목	응답자(명)	비율(%)
1	성별	· 남성	175	88.4
		· 여성	23	11.6
2	연령	· 30대 이하	122	61.6
		· 40대	51	25.8
		· 50대	25	12.6
		· 60대 이상	0	0.0
3	결혼 여부	· 지자체	0	0.0
		· KRC 본사, 도본부	2	1.0
		· KRC 지사	196	99.0
4	학력	· 고졸 이하(제학 포함)	31	15.7
		· 대졸(제학 포함)	163	82.3
		· 대학원졸(제학 포함)	4	2.0
5	업무	· 행정, 관리	4	2.0
		· 기술, 토목	144	72.7
		· 현장관리	42	21.2
		· 기타	8	4.0
6	거주지	· 서울	0	0.0
		· 세종	1	0.5
		· 인천	2	1.0
		· 대전	6	3.0
		· 대구	7	3.5
		· 광주	5	2.5
		· 울산	1	0.5
		· 부산	2	1.0
		· 경기도	39	19.7
		· 강원도	9	4.5
		· 경상남도	24	12.1
		· 경상북도	24	12.1
		· 충청남도	18	9.1
		· 충청북도	10	5.1
		· 전라남도	31	15.7
· 전라북도	19	9.6		

② 자동수위계에 대한 설문 결과

1) 자동수위계 사용 경험

- 자동수위계 사용 경험의 경우, 전체 응답횟수 198회 중 경험이 있다는 응답횟수가 165회(83.3%), 경험이 없다는 응답횟수는 33회(16.7%)로 나타나 대다수의 인원들이 자동수위계 경험이 있는 것으로 분석됨

<표 58> 자동수위계 사용 경험

[전체 응답횟수(N: 198회)]

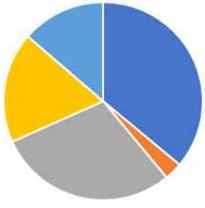
시설 사용 경험	응답항목	응답자(명)	비율(%)
		경험 있음	165
	경험 없음	33	16.7

1-1) 자동수위계 정보확인 방법

- 자동수위계 정보확인 방법에 대해서는 전체 198회 중 74회(37.4%)이 현장장비 및 인터넷, 현장장비 6회(3.0%), 인터넷 (PC)가 60회(30.3%), 인터넷 (폰)이 37회(18.7%) 미응답 28회 (14.1%)로 대다수가 현장장비 및 인터넷으로 정보를 확인하는 것으로 나타남

<표 59> 자동수위계 정보확인 방법

[전체 응답횟수(N: 205회)]

자동수위계 정보확인 방법	응답항목	응답자(명)	비율(%)
		장비 및 인터넷	74
현장장비		6	2.9
인터넷 (PC)		60	29.3
인터넷 (폰)		37	18.0
미응답		28	13.7

2) 자동수위계 측정값 확인 주기

- 자동수위계 측정값 확인주기의 경우 없다가 20회(10.1%), 1회가 50회(25.3%), 2회가 26회(13.1%), 3회 이상이 100회(50.5%), 미응답이 2회(1.0%)로 3회 이상이 가장 많이 나타나 주기적으로 측정값을 확인하고 있는 것으로 나타남

<표 60> 자동수위계 측정값 확인 주기

[전체 응답횟수(N: 198회)]

<p>주별 측정값 확인 횟수</p>	응답항목	응답자(명)	비율(%)
	없다	20	10.1
	1회	50	25.3
	2회	26	13.1
	3회 이상	100	50.5
	미응답	2	1.0

3) 자동수위계 정보획득 경로

- 자동수위계 정보획득에서 교육/훈련 124회(57.7%), 친구/동료 44회(20.5%), 기사/방송 1회 (0.5%), 인터넷 홈페이지 12회(5.6%), 인터넷 조사/스마트폰 어플리케이션 11회 (5.1%), 기타 19회(8.8%), 미응답 4회(1.9%)로 교육/훈련에서 가장 많은 인원수가 나타났으며, 친구/동료와 합치면 168회(78.2%)로 지속적인 교육과 교육을 수강한 인원들을 통해 정보가 전파되는 것으로 분석됨

<표 61> 자동수위계 정보획득 경로

[전체 응답횟수(N: 215회)]

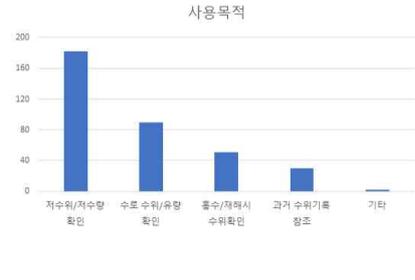
<p>정보획득 경로</p>	응답항목	응답자(명)	비율(%)
	교육/훈련	124	57.7
	친구/동료	44	20.5
	기사/방송	1	0.5
	인터넷 홈페이지	12	5.6
	인터넷 조사/스마트폰 어플리케이션	11	5.1
	기타	19	8.8
	미응답	4	1.9

4) 자동수위계 사용 목적

- 자동수위계 이용의 주목적은 저수위/저수량 확인 182회(51.3%), 수로 수위/유량 확인 90회(25.4%), 홍수/재해시 수위확인 51회(14.4%), 과거 수위기록 참조 30회(8.5%), 기타 2회(0.6%)로 저수위/저수량이 182회로 아주 높게 나타나 자동수위계 관측에서 저수위/저수량 데이터의 중요성을 알 수 있음

<표 62> 자동수위계 이용의 주목적(일반인 대상)

[전체 응답횟수(N: 355회)]

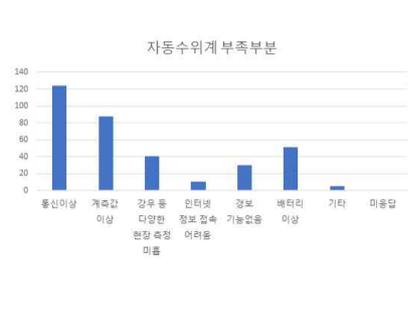
	응답항목	응답자(명)	비율(%)
	저수위/저수량 확인	182	51.3
수로 수위/유량 확인	90	25.4	
홍수/재해시 수위확인	51	14.4	
과거 수위기록 참조	30	8.5	
기타	2	0.6	

5) 자동수위계 이용의 불편 사항

- 자동수위계에서 부족한 부분으로 통신이상 124회(35.4%), 계측값 이상 88회(25.1%), 강우 등 다양한 현장 측정 미흡 41회(11.7%), 인터넷 정보 접속 어려움 10회(2.9%), 경보 기능 없음 30회(8.6%), 배터리 이상 51회(14.6%), 기타 5회(1.4%), 미응답 1회(0.3%)로 나타남

<표 63> 자동수위계 사용시 불편한 사항

[전체 응답횟수(N: 350회)]

	응답항목	응답자(명)	비율(%)
	통신이상	124	35.4
계측값 이상	88	25.1	
강우 등 다양한 현장 측정 미흡	41	11.7	
인터넷 정보 접속 어려움	10	2.9	
경보 기능 없음	30	8.6	
배터리 이상	51	14.6	
기타	5	1.4	
미응답	1	0.3	

6) 통신 이상 현상

- 통신 이상으로는 통신장비 고장 98회(45.4%), 통신상태 불안정 103회(47.7%), 통신비 이상 1회(0.5%), 기타 9회(4.2%), 미응답 5회(2.3%)로 나타남

<표 64> 가상치유농장 유형 선호도(일반인 대상)

[전체 응답횟수(N: 216회)]

응답항목	응답자(명)	비율(%)
통신상태 불안정	103	47.7
통신비 이상	1	0.5
기타	9	4.2
미응답	5	2.3

7) 계측값 이상 현상

- 계측값 이상 현상으로 계측장비 고장 113회(52.8%), 계측값 불안정 73회(34.1%), 초기 계측설정 이상 13회(6.1%), 기타 8회(3.7%), 미응답 7회(3.3%)로 나타남

<표 65> 계측값 이상 현상

[전체 응답횟수(N: 214회)]

응답항목	응답자(명)	비율(%)
계측값 불안정	73	34.1
초기 계측설정 이상	13	6.1
기타	8	3.7
미응답	7	3.3

8) 다양한 측정기능 추가

- 다양한 측정기능으로 강우량 측정 111회(43.0%), 영상/사진 88회(34.1%), 수온/수질 48회(18.6%), 기타 5회(1.9%), 미응답 6회(2.3%)로 나타남

<표 66> 다양한 측정기능 추가

[전체 응답횟수(N: 258회)]

응답항목	응답자(명)	비율(%)
영상/사진	88.0	34.1
수온/수질	48	18.6
기타	5	1.9
미응답	6	2.3

9) 인터넷/폰 접속 기능

- 인터넷/폰 접속 기능에서 PC에서 홈페이지 접속 35회(15.0%), 폰에서 앱 접속 134회(57.5%), 해당지사 HMI 수위정보 접속 52회(22.3%), 기타 5회(2.1%), 미응답 7회(3.0%)로 나타남

<표 67> 인터넷/폰 접속 기능

[전체 응답횟수(N: 233회)]

	응답항목	응답자(명)	비율(%)
	PC에서 홈페이지 접속	35	15.0
폰에서 앱 접속	134	57.5	
해당지사 HMI 수위정보 접속	52	22.3	
기타	5	2.1	
미응답	7	3.0	

10) 경보기능 추가

- 추가하고자 하는 경보기능으로 이상 수위변동 경보 95회(23.1%), 돌발강우 경보 55회(13.4%), 장비 이상 경보 87회(21.2%), 통신 이상 경보 85회(20.7%), 배터리 상태/경보 79회(19.2%), 기타 4회(1.0%), 미응답 6회(1.5%)로 나타남

<표 68> 경보기능 추가

[전체 응답횟수(N: 411회)]

	응답항목	응답자(명)	비율(%)
	이상 수위변동 경보	95	23.1
돌발강우 경보	55	13.4	
장비 이상 경보	87.0	21.2	
통신 이상 경보	85	20.7	
배터리 상태/경보	79	19.2	
기타	4	1.0	
미응답	6	1.5	

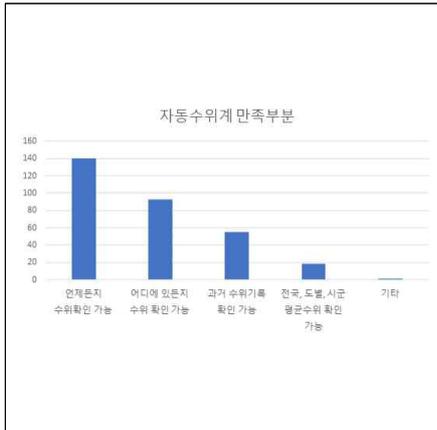
11) 자동수위계 만족 사항

- 자동수위계 만족사항에 대해서는 언제든지 수위확인 가능 140회(45.6%), 어디에 있는지 수위 확인 가능 93회(30.3%), 과거 수위기록 확인 가능 55회(17.9%), 전국, 도별, 시군 평균수위 확인 가능 18회(5.9%), 기타 1회(0.3%)로 나타남

<표 69> 자동수위계 만족 사항

[전체 응답횟수(N: 307회)]

응답항목	응답자(명)	비율(%)
어디에 있든지 수위 확인 가능	93	30.3
과거 수위기록 확인 가능	55	17.9
전국, 도별, 시군 평균수위 확인 가능	18.0	5.9
기타	1	0.3



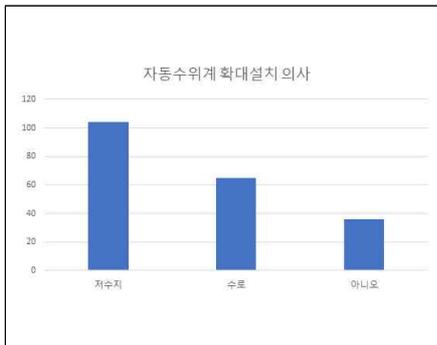
12) 자동수위계 확대설치 의사

- 자동수위계 확대설치 의사에서 동의 중 저수지 설치가 104회(50.7%), 동의 중 수로 설치가 65회(31.7%), 비동의를 36회(17.6%)로 나타남

<표 70> 자동수위계 확대설치 의사

[전체 응답횟수(N: 205회)]

응답항목	응답자(명)	비율(%)
동의 - 저수지 설치	104	50.7
동의 - 수로 설치	65	31.7
비동의	36	17.6



12-1) 저수지 확대설치 형태

- 저수지 확대설치 형태로 전체 저수지 61회(30.0%), 저수용량 5만톤 이상 저수지 40회(19.7%), 저수지 유입부 17회(8.4%), 저수지 하류부 7회(3.4%), 기타 2회(1.0%), 미응답 76회(37.4%)로 나타남

<표 71> 저수지 확대설치 형태

[전체 응답횟수(N: 203회)]

저수지 확대설치 형태	응답항목	응답자(명)	비율(%)
	전체 저수지	61	30.0
저수용량 5만톤 이상 저수지	40	19.7	
저수지 유입부	17.0	8.4	
저수지 하류부	7.0	3.4	
기타	2	1.0	
미응답	76	37.4	

12-2) 수로 확대설치 형태

- 수로 확대설치 형태로 시점 유속/유량계 27회(13.2%), 용수로 주요지점 77회(37.6%), 배수로 주요지점 20회(9.8%), 기타 5회(2.4%), 미응답 76회(37.1%)로 나타남

<표 72> 수로 확대설치 형태

[전체 응답횟수(N: 205회)]

수로 확대설치 형태	응답항목	응답자(명)	비율(%)
	시점 유속/유량계	27	13.2
용수로 주요지점	77	37.6	
배수로 주요지점	20	9.8	
기타	5.0	2.4	
미응답	76	37.1	

13) 시설유지관리 측면 만족 여부

- 시설유지관리 측면에서의 만족 여부는 만족 117회(59.1%), 불만족 78회(39.4%), 미응답 3회(1.5%)로 나타남

<표 73> 시설유지관리측면 만족 여부

[전체 응답횟수(N: 198회)]

시설유지관리 만족여부 	응답항목	응답자(명)	비율(%)
	만족	117	59.1
	불만족	78	39.4
	미응답	3	1.5

13-1) 시설유지관리 측면 만족 부분

- 만족 부분에서 기술성 38회(18.7%), 신속성 66회(32.5%), 호환성 16회(7.9%), 유지관리 비용 7회(3.4%), 기타 1회(0.5%), 미응답 75회(36.9%)로 나타남

<표 74> 시설유지관리 측면 만족 부분

[전체 응답횟수(N: 203회)]

유지관리 측면 만족사항 	응답항목	응답자(명)	비율(%)
	기술성	38	18.7
	신속성	66.0	32.5
	호환성	16.0	7.9
	유지관리 비용	7	3.4
	기타	1	0.5
	미응답	75	36.9

13-2) 시설유지관리 측면 불만족 부분

- 불만족 부분에서 기술성 22회(10.4%), 신속성 45회(21.2%), 호환성 20회(9.4%), 유지관리 비용 36회(17.0%), 기타 5회(2.4%), 미응답 84회(39.6%)로 나타남

<표 75> 시설유지관리 측면 불만족 부분

[전체 응답횟수(N: 212회)]

유지관리 측면 불만족사항 	응답항목	응답자(명)	비율(%)
	기술성	22	10.4
	신속성	45	21.2
	호환성	20	9.4
	유지관리 비용	36	17.0
	기타	5	2.4
	미응답	84	39.6

14) 교육훈련 방향

- 교육훈련 방향으로 세부기술 및 원리 15회(7.1%), 고장진단 및 수리 88회(41.9%), 검측 및 유지관리 107회(51.0%), 기타 0회(0.0%)로 나타남

<표 76> 교육훈련 방향

[전체 응답횟수(N: 210회)]

교육훈련 방향	응답항목	응답자(명)	비율(%)
	세부기술 및 원리	세부기술 및 원리	15
고장진단 및 수리	고장진단 및 수리	88.0	41.9
검측 및 유지관리	검측 및 유지관리	107	51.0
기타	기타	0	0.0

통계법 제13조(비밀의 보호)에 의거 본 조사에서
 개인의 비밀에 속하는 사항은 엄격히 보호됩니다.

ID			
----	--	--	--

농업용 저수지 스마트 물관리 기술 고도화를 위한 설문조사

안녕하십니까

먼저 귀하에게 행복이 충만하시길 기원하오며, 바쁘신 중에도 귀중한 시간을 내주셔서 감사드립니다.

한경대학교에서는 농림식품기술기획평가원에서 지원하는 “농업용 저수지 스마트 물관리 기술 고도화 연구”를 수행 중입니다. 본 연구에서는 기존의 저수지 자동수위계 기술에 최근의 ICT 기술을 적용하는 고도화 개발을 통하여 농업용 저수지의 안정적이고 과학적인 관리를 도모하고자 합니다. 이를 위하여 해당 자동수위계의 사용자/관계자를 대상으로 지속적인 발전을 위한 의견을 청취하고자 합니다.

설문조사는 정보수집 단계에서 본 교가 추출할 수 있는 자료의 출처를 소개하고, 대상자의 응답을 통해 연구의 정보수집 정확성을 높이는데 활용하고자 합니다.

설문결과는 연구 목적 이외에는 어떠한 용도로도 이용되지 않을 것임을 약속드립니다.

귀한 시간을 내어주셔서 감사합니다.

2022. 9.

한경대학교 산학협력단 연구교수 김진택
 TEL: 031)678-4861

I. 일반사항 설문입니다.

1. 성별	① 남	② 여		
2. 연령	① 30대(이하 포함)	② 40대		
	③ 50대	④ 60세 이상		
3. 근무	① 지자체	② KRC 본사,도본부	③ KRC 지사	
4. 학력	① 고졸 이하(재학 포함)	② 대졸(재학 포함)	③ 대학원졸(재학 포함)	
5. 업무	① 행정,관리	② 기술,토목	③ 현장관리	④ 기타()
6. 거주지	① 서울	② 세종	③ 인천	④ 대전
	⑥ 광주	⑦ 울산	⑧ 부산	⑤ 대구
	⑨ 경기도	⑩ 강원도	⑪ 경상남도	⑫ 경상북도
	⑬ 충청남도	⑭ 충청북도	⑮ 전라남도	⑯ 전라북도

II. 자동수위계에 대한 설문입니다.

1. 이전에 자동수위계를 사용하신 경험이 있습니까?

- ① 있다(1-1 이동) ② 없다(2 이동)

1-1. 해당 자동수위계 정보 확인을 어떻게 하고 계십니까?

- ① 현장장비와 인터넷 ② 현장장비
③ 인터넷(PC) ④ 인터넷(폰)

2. 자동수위계 측정값은 주 몇회 확인하십니까?

- ① 없다 ② 1회 ③ 2회 ④ 3회 이상

3. 본 자동수위계에 대한 정보를 어떤 경로를 통해 알게 되셨습니까?(복수응답 가능)

- ① 교육/훈련 ② 친구/동료 ③ 기사/방송
④ 인터넷 홈페이지 ⑤ 인터넷 조사/스마트폰 어플리케이션
⑥ 기타()

4. 해당 자동수위계 사용의 주요 목적은 무엇입니까?(복수응답 가능)

- ① 저수위/저수량 확인 ② 수로 수위/유량 확인 ③ 홍수/재해시 수위확인
④ 과거 수위기록 참조 ⑤ 기타()

5. 본 자동수위계에서 부족한 부분은 무엇입니까?(복수응답 가능)

- ① 통신이상 ② 계측값 이상 ③ 강우 등 다양한 현장 측정 미흡
④ 인터넷 정보 접속 어려움 ⑤ (이상수위 등) 경보 기능 없음
⑥ 배터리 이상 ⑦ 기타()

6. '통신 이상' 으로는 어떤 현상이 있습니까?

- ① 통신장비(모뎀) 고장 ② 통신상태 불안정
③ 통신비 이상 ④ 기타()

7. '계측값 이상' 으로는 어떤 현상이 있습니까?

- ① 계측장비(센서) 고장 ② 계측값 불안정
③ 초기 계측설정 이상 ④ 기타()

8. '다양한 측정기능' 으로는 어떤 기능의 추가를 원하십니까?(복수응답 가능)

- ① 강우량 측정 ② 영상/사진
③ 수온/수질 ④ 기타()

9. '인터넷/폰 접속' 으로는 어떤 기능을 원하십니까?(복수응답 가능)

- ① PC에서 홈페이지 접속 ② 폰에서 앱(App) 접속
③ 해당지사 HMI 수위정보 접속 ④ 기타()

10. '경보 기능'에서 추가하고픈 기능은 어떤 기능입니까?(복수응답 가능)

- ① 이상 수위변동 경보 ② 돌발강우 경보
③ 장비 이상 경보 ④ 통신 이상 경보
⑤ 배터리 상태/경보 ⑥ 기타()

11. 해당 자동수위계의 만족스러운 부분은 무엇입니까?(중복응답 가능)

- ① 언제든지 수위 확인 가능 ② 어디에 있든지 수위 확인 가능
- ③ 과거 수위기록 확인 가능 ④ 전국, 도별, 시군 평균수위 확인 가능
- ⑤ 기타(

12. 본 자동수위계를 확대 설치할 의사가 있으십니까? 없다면 이유는 무엇입니까?

- ① 예-저수지(12-1로 이동) ② 예-수로(12-2로 이동)
- ③ 아니오(이유: _____)

12-1. 만약 해당 시설을 저수지에 확대설치 한다면 어떤 형태 입니까?

- ① 전체 저수지 ② 저수용량 5만톤 이상 저수지
- ③ 저수지 유입부(하천) ④ 저수지 하류부(하천)
- ⑤ 기타(_____)

12-2. 만약 해당 시설을 수로에 확대설치 한다면 어떤 형태 입니까?

- ① 시점 유속/유량계 ② 용수로 주요 지점 설치
- ③ 배수로 주요 지점 설치 ④ 기타(_____)

13. 본 자동수위계의 시설유지관리 측면에서의 만족 여부는 어떻습니까?

- ① 만족(13-1로 이동) ② 아니오(13-2로 이동)

13-1. 유지관리 측면에서 어떤점에 만족 하십니까?

- ① 기술성 ② 신속성
- ③ 호환성 ④ 유지관리 비용
- ⑤ 기타(_____)

13-2. 유지관리 측면에서 어떤점에 불만족 하십니까?

- ① 기술성 ② 신속성
- ③ 호환성 ④ 유지관리 비용
- ⑤ 기타(_____)

14. 본 자동수위계에 대한 교육훈련이 필요하다면 무엇입니까?

- ① 세부기술 및 원리 ② 고장진단 및 수리
- ③ 검측 및 유지관리 ④ 기타(_____)

15. 해당 자동수위계의 아쉬운 부분이나 추가되면 좋겠다고 생각한 부분 등을 자유롭게 작성해 주세요

- 설문에 참여해주셔서 감사합니다 -

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

-
- 농업용 저수지 스마트 물관리 기술 고도화 관련 설문조사 실시 및 분석
 - 본 연구를 위하여 농업용 저수지에 설치 운용되고 있는 자동저수지 자동수위측정장치에 대한 현장의 needs 파악과 연구개발 반영을 위하여 저수지 권리자와 관련기관에 대한 설문조사를 실시하였음. 경기도 안성지사와 충북 청주단양제천지사에 대하여 실시하여 사용일반, H/W활용 및 개선점 등에 대하여 15문항의 설문조사를 실시함
 - 2차년도 설문조사와 3차년도 추가 설문조사를 통하여 최종적인 현장 및 사용자의 needs를 도출하고 연구개발에 반영할 계획임
 - 저수지 저수위 및 복합 계측 센서 및 현장 처리장치 시작품 제작을 완료하였고, 2차년도 2022년 4월부터 시험지구인 경기도 안성 미산저수지에 2개소(저수지, 유입하천)에 수위/온도/빛데리전압, 전류/솔라전압, 전류/강우량 데이터를 수집하고 있음
 - 현장장치의 전원인 배터리는 리튬 인산철 배터리를 적용하여 친환경적이며 운용 온도 특성, 배터리의 총방전 효율과 수명을 개선하고 유지보수 비용을 최소화함
 - 현장처리장치의 운영체제(OS)는 각종 단말 정보기기에 적합한 임베디드 리눅스를 기반으로 개발하여 안정적인 시스템 확보, 연계장치와의 호환성 및 개발기간 단축함
 - 6개월간의 계측 데이터(수위/수온/전압/전류/강우등)를 확보하고 자료분석, 평가를 통한 3차년도 개발과 개선방안을 수립함
 - 사통 취수방식 저수지 계측센서 및 현장 구조물에 대한 시작품을 제작하여 센서하단 수심과 센서 상단수심의 수위값과 온도값을 계측하도록 개발함
 - 4월부터 데이터를 모니터링 한 결과, 수위와 온도 계측값이 일부 이상값(outlier)가 발생하는 문제를 확인하였고 이에 대한 원인파악과 수정을 통하여 보완하여 9월29일 수정된 계측기와 소프트웨어 업그레이드로 안정적인 데이터 결과를 보이고 있음
 - 농업용 저수지 적정관리망 선정 및 현장통신, 처리장치 시작품 제작을 완료하였으며, 현장 통신은 현재 LTE Cat M1을 사용하여 서버와 데이터를 주고 받으며, 현장에 설치된 카메라를 통하여 주간에 2시간 단위로 저수지 수위표를 촬영하여 서버로 보내도록 개발함
 - IoT 기반 현장 계측장치와 운영관리 시스템의 연계 프로그램(app, web) 개발하고 웹서버와 DB를 구축하였고 언제든지 접속하여 현재의 데이터와 지난 데이터를 볼 수 있도록 개발, 구축하였음. 또한, 미계측 저수지에서의 manual 관리용으로 모바일 App을 개발하여 지자체 저수지 담당자와 현장 관리자가 직접 계측한 데이터를 앱으로 정보조회 및 현장수위 등을 입력할 수 있도록 개발함
 - CCTV 영상정보 기반 저수위 수치화 기술
 - 한국농어촌공사 관리 저수지 2개소에 대한 CCTV 영상정보 자료 수집, 대상 지구 유역 개황 조사하고 저수지 CCTV 영상정보 처리를 위한 딥러닝 모델의 종류와 그 개념, 특징에 대하여 조사함
 - 수집한 CCTV 영상정보 자료를 활용 딥러닝 학습 후 손실 값과 정확도 값 분석 완료하고 CNN기법과 최신 딥러닝 모델인 ResNet, EfficientNet 기법의 손실 값 및 정확도 값 비교 분석 완료함
 - 테스트베드에 대한 시험시스템을 구축하고 실제 현장 적용
 - 대상지구(경기 미산저수지) 유역 개황 및 수위 기상관측소 기후 등 조사, 분석
 - 경기 안성 미산저수지에 저수지 취수시설(사통부)와 유입하천(하천용) 지점에 현장 측정장치와 처리장치, 2개소를 설치하여 시스템의 기능과 작동 세부사항을 평가, 분
-

석함

- 경기 안성 미산저수지의 급수지역 농경지 용수로에 자동수문(태양광 전동수문) 지점에 현장 측정장치와 처리장치, 1개소를 설치하여 시스템의 기능과 작동 세부사항을 평가, 분석함

(2) 정량적 연구개발성과(해당 시 작성, 연구개발과제의 특성에 따라 수정 가능합니다)

본 연구의 정량적 연구성과로는 지식재산권 특허출원 3건을 실시하였으며 등록심사중에 있으며(현재까지 등록 0건, 프로그램 등록 1건) 사업화로는 2차년도(2022년)에 베트남 시범설치로 89백만원, 3차년도(2023년)에 경기 성남 탄천사업 설치로 31백만원의 총 120백만원 매출액이 발생하였고 고용창출 17명(계획대비 1,700%)와 기술인증 3건의 성과를 거두었으며 학술성과로는 비SCI논문은 3건, 학술발표 4건과 인력양성 2명(박사1, 석사1) 및 홍보전시 5건과 정책제안 1건의 연구개발 성과를 이루었음

<연구개발성과 목표 대비 실적>

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표											연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	S M A R T	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논 문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
													S C I	비 S C I						
단위	건	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	명	건	건			
가중치	20	10			5		10	20		5				10	5	10	5			
최종 목표	3	2			1		1	700		1		1	4	4	2	1	1			
단계 합계	목표	2	1	저작권				100					2	2	1		1			
	실적	3		1			1	120		17		3	3	4	2	1	4			
달성률 (%)	100	0			0		100	60		1,700			75	100	100		400			

(3) 세부 정량적 연구개발성과(해당되는 항목만 선택하여 작성하되, 증빙자료를 별도 첨부해야 합니다)

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Climate change impact assessment of agricultural reservoir using system dynamics model: focus on Seongju reservoir	Korean Journal Of Agricultural Science	최은혁	48(2)	대한민국	충남대학교 농업과학연구소	비SCIE	2021.06.31	2466-2402	100
2	시스템다이믹스 모델을 이용한 농업용수 시스템의 기후 리질리언스 평가	한국농공학회 논문집	최은혁	63(4)	대한민국	한국농공학회	비SCIE	2021.07.31	1738-3692	100
3	NDWI지수를 활용한 저수지 수위 계측데이터 품질관리	세계농업과물	신안국	71	대한민국	한국관개배수위원회	비SCIE	2023.06.30	2983-1016	100
4	A survey on the application of ICT technologies in automated water level gauges for agricultural reservoirs	Korean Journal Of Agricultural Science	전민기	51(2)	대한민국	충남대학교 농업과학연구소	비SCIE	2024.06.31. (예정)	2466-2402	100

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2021년 한국농공학회 학술발표회	김진택,전민기	2021.11.03	전남 진도 솔비치	대한민국
2	2022년 한국농공학회 학술발표회	김진택,전민기	2022.10.13	대구시 인터볼고 호텔	대한민국
3	2022년 한국농공학회 학술발표회	김대식,구희동	2022.10.13	대구시 인터볼고 호텔	대한민국
4	2022년 한국농공학회 학술발표회	하창용	2022.10.13	대구시 인터볼고 호텔	대한민국
5	2023년 한국농공학회 학술발표회	신안국,이재남,오창조	2023.10.05.	경남 통영 금호리조트	대한민국
6	2023 PAWEES 컨퍼런스	신안국,이승엽	2023.10.23.	부산시 한화리조트해운대	대한민국

기술 요약 정보

연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용여부	허용방식

보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호

생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

[기술적 성과]

지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	통신감도에 따라 데이터 전송시점을 가변하는 미터링 데이터 원격 수집 시스템	한국	유갑상, 유나경	2021-11-24	10-2021-0163699					100	
2	원격 수위 경보 판단 및 신뢰성 향상 위한 측정주기 가변형 원격 계측 장치	한국	유나경	2022-11-15	10-2022-0152370					100	
3	농업용 저수지 공급수의 작물 냉해 방지를 위한 계측 및 수문 제어 장치	한국	김진택	2023-12-08	10-2023-0177645					100	

○ 지식재산권 활용 유형

※ 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능).

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타
1	√									

저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율

신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호

기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		
1	방송통신기자재등(전자파적합성)시험	(주)케이이에스	KC 인증	R-R-ULM-SN-1000	2022년6월2일	한국
2	방송통신기자재등(전자파적합성)시험	(주)케이이에스	KC 인증	R-R-ULM-SN-1000-2	2023년7월25일	한국
3	방송통신기자재등(전자파적합성)시험	(주)케이이에스	KC 인증	R-R-ULM-SN-1000A	2023년8월16일	한국

표준화

○ 국내표준

번호	인증구분 ¹⁾	인증어부 ²⁾	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류 ³⁾	제안/인증일자

- * 1) 한국산업규격(KS) 표준, 단체규격 등에서 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 2) 제안 또는 인증 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 3) 신규 또는 개정 중 해당하는 사항을 기재합니다.

○ 국제표준

번호	표준화단계구분 ¹⁾	표준명	표준기구명 ²⁾	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식 ³⁾	제안자	표준화 번호	제안일자

- * 1) 국제표준 단계 중 신규 작업항목 제안(NP), 국제표준초안(WD), 위원회안(CD), 국제표준안(DIS), 최종국제표준안(FDIS), 국제표준(IS) 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 2) 국제표준화기구(ISO), 국제전기기술위원회(IEC), 공동기술위원회1(JTC1) 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 3) 국제표준(IS), 기술시방서(TS), 기술보고서(TR), 공개활용규격(PAS), 기타 중 해당하는 사항을 기재합니다.

[경제적 성과]

시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	SN-1000	2022.06.01	아이에스테크놀로지(주)	베트남	물관리	1년		

기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황

사업화 투자실적

번호	추가 연구개발 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자 자금 성격*

- * 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등에서 해당하는 사항을 기재합니다.

사업화 현황

번호	사업화 방식 ¹⁾	사업화 형태 ²⁾	지역 ³⁾	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		

- * 1) 기술이전 또는 자기실시 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 2) 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등에서 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 3) 국내 또는 국외 중 해당하는 사항을 기재합니다.

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
베트남 물관리 시범사업	2022	0	6,400	89,000(천원)	전체사업비(3억5천7백)의 일부(25%)로 책정 세금계산서발행(계약금50%)
하천 원격수위측정기	2023	31,350		31,350(천원)	
합계		31,350	6,400	120,350(천원)	

□ 사업화 계획 및 무역 수치 개선 효과

성과		2024년부터 양산예정			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	6개월			
	소요예산(천원)	2,000,000			
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
			57,000,000	147,000,000	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	~95%(공사) ~20%(지자체)	~95%(공사) ~50%(지자체)	~95%(공사) ~70%(지자체)
국외		~ 1%	~5%	~10%	
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		재해위험저수지 조기경보시스템/지자체 저수지 수위계/수로유량계측기 등으로 확대예정			
무역 수치 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
	수 출				

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2021년	2022년	
1	스마트물관리고도화	아이에스테크놀로지	1	7	8
합계			1	7	8

□ 고용 효과

구분		고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력	17
		생산인력	15
	개발 후	연구인력	22
		생산인력	18

□ 비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수)	기타
해당 연도							
기대 목표							

산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원

기술 무역

(단위: 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	기 징수액	총 계약액	해당 연도 징수액	향후 예정액	수출/ 수입

[사회적 성과]

법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용

정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용

설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용

전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황											
			학위별				성별		지역별					
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타	
1	석, 박사	2022	1	1			1	1	2					

산업 기술 인력 양성

번호	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원

다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비

국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	월간잡지	워터저널	기술대상 수상	2022-07-05
2	Internet/PC통신	인터넷유튜브	업체 홍보 동영상	2022-10-17
3	전시회	2022 WATER KOREA	2022 WATER KOREA	2022-08-31
4	전시회	2022 두바이 WETEX	2022 두바이 WETEX	2022-09-27
5	전시회	2023 Weftec	2023 미국 시카고	2023-10-03

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비

구축기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)

* 「과학기술기초법 시행령」 제42조제4항제2호에 따른 연구시설·장비 종합정보시스템을 의미합니다.

2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 저수지 현장 계측감시 장비, 통신 및 연계모듈 기술 개발	○ 저수지 현장 계측감시 장비, 통신 및 연계모듈 기술 개발 및 적용검토 완료	○ 100 %
○ 소규모 미계측 저수지 저수위/저수량 예측 관리 기술 개발	○ 미계측 저수지 저수위/저수량 예측 관리 기술 개발후 대상 지구(경북 경산시) 적용은 미실시	○ 95 %
○ 사물인터넷 기술을 활용한 농업용 저수지 수위,강우,영상 다중 측정 관리 시스템 기술 개발	○ 사물인터넷 기술을 활용한 저수지 수위,강우,영상 다중 측정 관리 시스템 기술 개발 및 적용검토완료	○ 100 %
○ 계측인터페이스(표준프로토콜반영)-26	○ 총 27개 프로토콜 달성	○ 100 %
○ 압력센서 정밀도 - 0.20%	○ 측정 결과 0.12%	
○ 원격 응답속도(<=10Sec)	○ 측정 결과 5sec 이내	
○ 경보 전송 (< =5sec)	○ 측정 결과 1sec 이내	
○ 통신 이중화	○ 구현 및 테스트완료	

4. 목표 미달 시 원인분석(해당없음)

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

(단위 : 백만원, %)

총괄과제명	세부과제명	기관명	유형	총 연구개발비 (A)	정부지원 연구개발비 (B)	정부지원 연구개발비 비율 (C=B/A)	성과 유형	기술기여도	
								산정 근거	비율
농업용 저수지 스마트 물 관리 기술 고도화 연구	저수지 스마트 물 관리 모듈 기술 개발	아이에스 테크놀로지	중소기업 (영리)	588.0	440.0	74.829	기술 고도화	①-①	74.83
계				588	440	-	-	-	-

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

< 연구개발성과 활용계획표(예시) >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내				
		2024	2025	2026	2027	2028
국외논문	SCIE					
	비SCIE					
국내논문	SCIE					
	비SCIE		1			
특허출원	국내					
	국외					
특허등록	국내		2			
	국외					
인력양성	학사		1			
	석사			1		
	박사					
사업화	시제품개발					
	상품출시					
	기술이전					
	공정개발					
	매출액(단위 : 천원)	700,000	2,000,000	3,000,000	4,000,000	5,000,000
	기술료(단위 : 천원)	3,666	10,476	15,714	21,492	26,190
비임상시험 실시						
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상				
		2상				
		3상				
	의료기기					
진료지침개발						
신의료기술개발						
성과홍보						
포상 및 수상실적						
정성적 성과 주요 내용						

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농업기반 및 재해대응 기술개발 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농업기반 및 재해대응 기술개발 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.