

R&D / 15TBIP-
C094404-01

국토교통기술사업화지원사업

Report

사업화지원과제 최종보고서

2017. 07. 07.

주관연구기관 / 플러스파운틴(주)

협동연구기관 / 한국건설기술연구원

참여기관 / 더데일리(주)

국토교통부

국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원 귀하

‘자연형 하천 조성을 위한 수량수질 의사결정 · 관리기술 실용화’(연구개발 기간 : 2015.04.27.
~ 2017.04.26) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2017. 07. 07.

주관연구기관명 : 플러스파운틴(주)

(대표자) 김 우 진

협동연구기관명 : 한국건설기술연구원

(대표자) 이 태 식

참 여 기 관 명 : 더데일리

(대표자) 공 경 보

주관연구기관책임자: 한 상 훈

협동연구기관책임자: 김 원 재

참 여 기 관 책임자: 장 진 구

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라
최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	15TBIP-C094404-01	해당 단계 연구 기간	2016.04.27. ~ 2017.04.26.	단계구분	2단계 / 2단계
연구사업명	중사업명				
	세부사업명				
연구과제명	대과제명	국토교통기술사업화지원사업			
	세부과제명	자연형하천 조성을 위한 수량수질 의사결정·관리기술 실용화			
연구책임자	한상훈	해당단계 참여 연구원 수	총: 11명 내부: 11명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부:369,000천원 기업:246,000천원 정부 외: 천원 계:615,000천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 11명 내부: 11명 외부: 명	총 연구개발비	정부:741,000천원 기업:606,000천원 정부 외: 천원 계:1,347,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	플러스파운틴(주) / 환경생태사업부			공동연구기관명 :한국건설기술연구원 참여기업 : 더데일리(주)	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명 :	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자 :	
요약 자연형하천 수량/수질 의사결정·유지관리시스템은 하천 생태계를 구성하는 지표종이자 깃대종인 70여 가지 대표어종의 데이터베이스를 이용한 자연형하천의 수질/수량 의사결정 기술임. 본 과제에서는 의사결정지원 프로그램 개선 및 상용화, 하천용수 모니터링시스템의 완성 및 실제하천을 대상으로 하천용수 모니터링 시스템의 시범설치, 모니터링시스템으로부터 수집된 데이터를 이용한 실제 의사결정시스템의 구동 및 하천유지용수의 모의, 수요처 발굴 및 마케팅방안 결정, 실제 계약 및 매출 발생이 최종목표임.				보고서 면수 : 85면	

국문 요약문

연구의 목적 및 내용	자연형하천 조성을 위한 수량수질 의사결정·관리기술은 “하천생태계를 구성하는 지표종이자 깃대종인 70여 가지 대표어종의 데이터베이스를 이용한 자연형하천 수질·수량 의사결정 기술”임. 생태하천을 조성함에 필수적인 양질의 풍부한 생태용수원을 확보·개선·공급·관리함에 있어, 우수, 지하수, 하천수 및 하수처리수 등 확보 가능한 다양한 생태용수원을 선택적으로 취수, 수질개선, 조합하여 목표 생태어종(깃대종)에 적합한 수질 및 수량을 생태하천에 공급하도록 설계 및 유지관리에 활용가능한 의사결정 프로그램 (EcoR3-DSS, Ecological River Restoration & Rehabilitation -Decision Support System)의 실용화 및 사업화를 진행하기 위한 사업임. 본 연구는 자연형하천 조성에 있어 하천유지용수의 수량·수질 결정에 대한 의사결정지원시스템의 현장적용 및 상용화를 최종 목표로 함. 기존 개발 기술의 성능개선, 서식조건을 고려한 로직 및 알고리즘 개선, 실제 하천 대상지에 적용을 통한 시스템 검증 및 완성, 개발 제품의 구매 대상 선정, 마케팅 전략 수립 등을 수행함.				
연구개발성과	• 서식조건을 고려한 자연형하천 수량/수질 결정기술 개발 및 실시간모니터링 시스템 연계 기술 개발. • 서식조건을 고려한 수량/수질 결정기술 개발에 의한 기술 우위 점유. • 자연형하천 수질 예측 및 유지용수량 산정을 위한 수질모델링 기법 활용. • 지자체 하천복원 및 자연형하천 복원사업에 본 연구결과 활용. • 연구 과제수행기간 중 1건 이상의 판매 및 설치를 목표로 함.				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	• 자연형하천의 수량/수질 예측 및 하천유지용수량을 과학적으로 산정. • 자연형하천 복원을 위한 하천유지용수 확보기법의 평가 가이드라인 제시. • 자연형하천 수질 모니터링을 위한 수질항목 및 네트워크 연계 구축. • 네트워크 센싱 기반의 수질 모니터링시스템에 의한 자연형 하천 실시간 수질 감시체계 구축. • 하수처리수 재이용수, 우수, 하천수 등 다양한 유지용수원의 복합적 이용을 고려한 하천유지용수 확보기반 마련. • 하천유지용수 최적 확보 의사결정 연계방안 도출. • 다중 하천유지용수원에 대응하는 통합 수량/수질 관리기법 도출.				
핵심어 (5개 이내)	자연형 하천	수량수량	의사결정	하천관리	서식조건

< SUMMARY >

Purpose & Contents	Water Quantity and quality decision making and management technology for nature-friendly river rehabilitation is "water quantity and quality decision technology for nature-friendly river using database of about 70 representative fish species which are the index species constituting river ecosystem". In order to secure, improve, supply and manage of water resource that is essential for the creation of an ecological river environment, various water resources such as stormwater, ground water, river water and sewage water can be selectively taken and a decision making program (EcoR3-DSS, Ecological River Restoration & Rehabilitation-Decision Support System) has been developed. The purpose of this study is to apply the decision support system for water quantity and quality of river maintenance water to the field application and commercialization. Improvement of existing technologies, upgrade of logic and algorithm considering habitat conditions, verification and completion of system through application to actual sites, selection of purchase target of developed product and establishment of marketing strategy have been executed.				
Results	• Development of nature-friendly river water quantity / quality determination technology considering habitat conditions and development of real-time monitoring system linkage technology • Occupation of technology advantage by developing quantity / quality determination technology considering habitat conditions • Prediction of water quality on nature-friendly river and utilization of water quality modeling technique • Utilization of the result of this study for local government and nature-friendly river restoration project • Sales and installation of more than one system				
Expected Contribution	• Scientific estimation of quantity / quality of nature-friendly river and river maintenance water • Evaluation guidelines of securing river maintenance water for nature-friendly river restoration • Establishment of water quality items and networks for nature-friendly river monitoring • Construction of real-time water quality monitoring system of nature-friendly river using network based water quality monitoring system • Establishment of river maintenance water considering combined use of various resources such as sewage treated water, rain water and river water • Optimal utilization of decision making system • Development of integrated water quantity / quality management method corresponding to multiple river maintenance water resources				
Keywords	Nature-friendly river	Water quantity and quality	Decision making	River management	Habitat condition

< Contents >

Chapter1. Summary of R&D project	08
Chapter2. Current situation of international R&D	10
Chapter3. Project contents and outputs	16
Chapter4. Achievement and contribution plan	75
Chapter5. Application plan of project results	76
Chapter6. New collected technology information during the R&D project	77
Chapter7. Security level of the outputs	78
Chapter8. Research facilities	79
Chapter9. Security execution history	80
Chapter10. Representative results	82
Chapter11. Additional contents	83
Chapter12. References	84

< 목 차 >

제1장. 연구개발과제의 개요	08
제2장. 국내외 기술 개발 현황	10
제3장. 연구 수행 내용 및 성과	16
제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	75
제5장. 연구개발성과의 활용 계획	76
제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보	77
제7장. 연구개발성과의 보안등급	78
제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황	79
제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적	80
제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적	82
제11장. 기타 사항	83
제12장. 참고 문헌	84

제1장. 연구개발과제의 개요

1. 연구개발 목적

가. 연구 목적

- (1) 본 연구는 자연형하천 조성을 위한 수량수질 의사결정·관리기술의 실용화는“하천생태계를 구성하는 지표종이자 깃대종인 70여 가지 대표어종의 데이터베이스를 이용한 자연형하천 수질·수량 의사결정 기술”로서 생태하천을 조성함에 필수적인 양질의 풍부한 생태용수원을 확보·개선·공급·관리함에 있어, 우수, 지하수, 하천수 및 하수처리수 등 확보 가능한 다양한 생태용수원을 선택적으로 취수, 수질개선, 조합하여 목표 생태어종(깃대종)에 적합한 수질 및 수량을 생태하천에 공급하도록 설계 및 유지관리에 활용가능한 의사결정 프로그램(EcoR3-DSS, Ecological River Restoration & Rehabilitation-Decision Support System)의 실용화 및 사업화임.

나. 연구 필요성

- (1) 보유기술의 핵심인 생태어종 서식조건의 데이터베이스는 생태어류 총 개체수와 크기 등 개체군 특성, 하천치수와 서식지, 하상재료, 수심, 유속 등 물리적 서식조건, pH, 수온, 용존산소(DO), 부유물질량(SS), 전기전도도(Conductivity), 생물화학적산소요구량(BOD), 화학적산소요구량(COD), 총질소(TN), 총인(TP), 암모니아성질소(NH₃-N) 등 이화학적 서식조건 등이 포함되었으며, 이는 다시 말하면 목표 어종에 대한 물리적, 이화학적 서식조건의 정량적인 통계 자료를 제공하는 것임.
- (2) 본 기술은 목표로 한 생태어종이나 수량, 수질에 적합한 서식조건 데이터베이스를 프로그램에 탑재해 별도의 실험이나 자료검색을 하지 않고도 자연형 하천의 수량 및 수질에 대한 의사결정 지원이 가능토록 구성하였음. 또한 지속적인 추가 보완이 이뤄지도록 개방형 데이터베이스를 구축하였음.
- (3) 이 시스템은 자연형 하천 조성이나 생태하천 복원의 설계단계에 적용할 수 있고 하천 조성 및 복원이 완료된 후에도 사후 유지관리 단계에서도 모니터링 시스템과 연계해 활용이 가능함.
- (4) 상기 장점에도 불구하고 깃대종(생태어종)에 적합한 서식조건을 고려한 자연형하천의 수량·수질 의사결정 및 관리기술가 다소 취약함.
- (5) 따라서, 서식조건을 고려한 추가 로직과 현장을 대상으로 시범하천에 보유기술을 적용하여 개발기술의 실용화 및 사업화를 도모하고자 함.

다. 연구 범위

- (1) 본 연구는 자연형하천 조성에 있어 하천유지용수의 수량/수질 결정에 대한 의사결정 지원시스템의 현장적용 및 상용화를 최종목표로 하며, 설계용 의사결정지원 소프트웨어인 EcoR3-DSS와 유지관리를 위한 시스템인 생태하천 유지관리시스템에 대한 기술개선 및 상용화가 주된 목표임.
- (2) 본 연구의 성과범위는 기존 개발기술의 성능개선, 서식조건을 고려한 로직 및 알고리즘 개선, 실제 하천 대상지에 적용을 통한 시스템검증 및 완성, 개발제품의 구매대상 선정, 마케팅 전략 수립 등임.

라. 최종목표의 성격 및 설정근거

- (1) 여러 가용한 생태용수원을 대상으로 하여 생태하천 조성사업의 복원 목표인 생태어종 (깃대종)에 가장 적합한 수질과 수량 조합조건을 경제성과 물순환건전성을 고려한 모의를 통하여 자동으로 선정해 주는 의사결정시스템인 EcoR3-DSS(SOFT WARE)의 최종 상용화 버전으로의 업그레이드.
- (2) 유지관리를 위한 모니터링 시스템개발 및 모니터링장치 간 네트워킹 및 제어 부분.
- (3) HARD WARE : 자연형/친환경 소재를 이용한 하도 내 자연형 수질정화기술을 개발 하고 이용하여 COS, BOD, 하천 내 오염수질을 개선하는 기술을 시스템을 구축함.
- (4) SOFT WARE : IT를 융복합한 모니터링 및 제어시스템을 통하여 실시간 의사결정 시스템을 구축하고 나아가 실시간으로 오염물질을 제어하는 실시간 관리 기술을 개발함.
- (5) Test Bed : 시범 지역을 선정하고 개발된 제품 및 기술을 실제 사이트에 적용하여 제품의 시장 출시 가능 형태로 개발함.
- (6) 아이디어개발(), 시작품제작(○), 제품개발(○), 공정개발(○), 기타()

제2장. 국내외 기술 개발 현황

1. 관련 분야의 국내외 연구동향 및 학술적 성과

가. 국가연구개발사업 유사연구 검토

부처명	사업명	과제명	예산(억원)	비고
국토교통부	물관리연구사업	그린에너지를 활용한 정체수역 수질개선 융복합기술 개발	42.22	
국토교통부	건설핵심기술 연구개발사업	생물서식환경 조성기술 개발	48.8	
환경부	G-7환경기술 개발사업	국내여건에 맞는 자연형 하천공법의 개발	25	
환경부	차세대 핵심환경기술 개발사업	하천 생태 기능 복원을 위한 핵심 기술 개발	8	

나. 하천구역 내 물질순환을 고려한 자연정화기술 개발

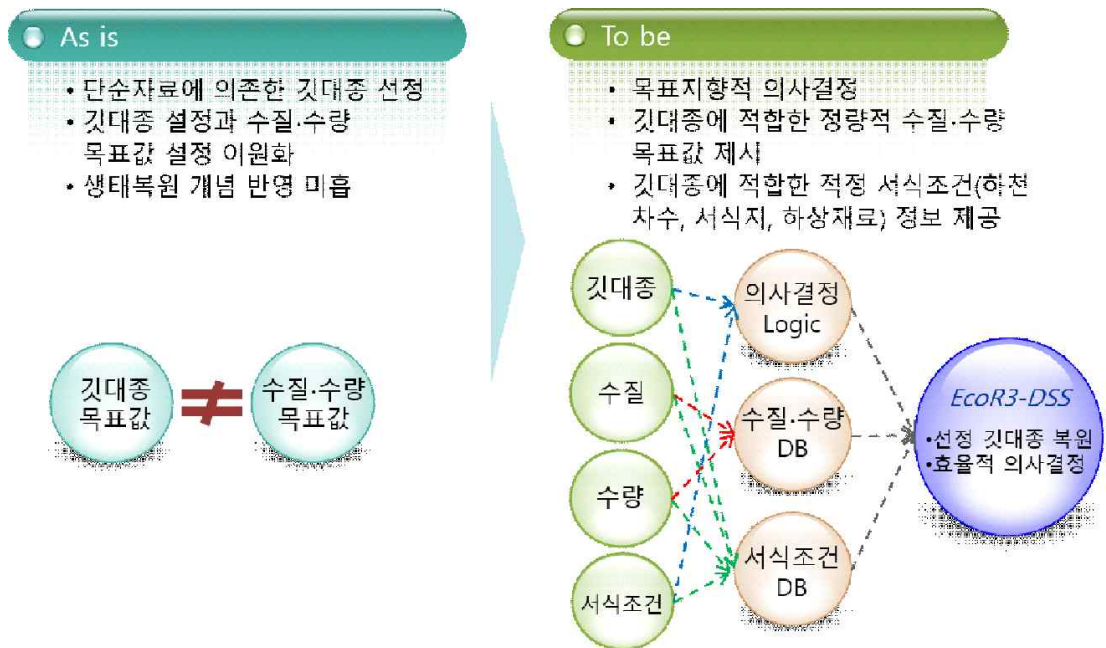
- (1) “Eco River21연구단”에서는 하천공간을 활용하여 하천과 수변공간을 연계한 수질정화 및 수생태계 복원기술 관련 연구는 미시행함.
- (2) 본 과제는 단기적 수질개선 효과를 지양하고 하천공간의 종적·횡적 구조를 연계하여 하도 내 자정기능 회복을 위한 친환경적 기술이 적용된 선진화된 하천관리기술 개발이 주요 목표임.
- (3) 하천 고유의 형태, 수생식물, 미생물 등을 활용하여 융복합기술과 접목하여 친환경 수질정화 기술을 개발하는 것이 본 과제의 주요 목적이므로, 기존에 개발된 기술을 일부 활용 및 연계가 가능함.
- (4) 본 과제는 하도 내 물질순환 및 자연정화 기작 규명 후 구조물개선기술을 제시하고 이를 IT 기반으로 유지·관리하는 기법 제안이 주요 목표임.
- (5) 수변공간을 활용한 오염부하 저감 및 차단 융복합기술 개발함.
- (6) 국토해양부 과제인 “자연식생을 이용한 하천 및 하수정화기술 실용화(건설기술연구원, 2003)”는 간접적으로 호소나 처리장에 인공습지를 도입하여 하천 내 유입되는 오염물질의 총량을 줄이고자 하여 본 연구와 유사성을 보였음.
- (7) 국토해양부 과제인 “수자원 보호를 위한 폐광 지역 환경복원 기술 개발(한국건설기술연구원, 2003)”은 하천 상류에 위치한 폐광산에서 유출되는 중금속을 포함한 광산 폐수를 국내 실정에 적합하게 처리할 수 있는 기술에 대한 연구를 실시하였음.
- (8) 환경부 과제인 “하천 생태 기능 복원을 위한 핵심 기술 개발(한국건설기술연구원, 2004)”은 자연형 저수로 호안 공법, 자연형 수제공법, 수충부 호안공법 등과 같은 다양한 공법들을 개발 및 적용하는 연구를 실시하여 일부 유사성을 보였음.
- (9) 환경부 과제인 “국내 환경에 적합한 소택형 대체습지 조성기술 개발(서울대학교, 2003)”은 소택형 대체습지 조성기술을 개발하여 국내 습지 총량을 증가시켜 생물다양성의 증진, 수질정화, 홍수예방, 기후조절 등의 효과를 얻을 수 있는 연구로서, 본 연구와 일부 유사성을 보였음.

- (10) 환경부 과제인 “낙동강 하구역 습지 생태계 훼손지역 복원 및 관리 기술(부산대학교, 2007)”은 낙동강 자체의 특성을 분석하여 생태계 복원 및 수리적으로 안정시킬 수 있는 인공습지를 개발하는 연구를 실시하여 유사성을 보였음.

다. 사업화과제의 차별화 내용

(1) 기술의 우수성

- (가) 본 기술은 깃대종(생태어류) 데이터베이스를 구축해 대표 생태어종에 적합한 수질·수량에 대한 서식조건과 최적조건을 제시해 하천 조성 및 복원사업의 논리와 정당성을 획기적으로 향상시키는 기능을 갖췄음.
- (나) 지금까지는 하천을 복원할 때 생태 현황분석과 대표 생태어종을 선정한 이후 선정 대표 생태어종과 별개로 목표 수질 및 수질을 설정한 뒤 가용 생태용수원을 조합한 후 생태용수를 공급하는 절차를 수행하였음.
- (다) 하지만 이와 같이 기존 하천 복원 의사결정 과정에서 선정 대표 생태어종과 목표 수질·수량을 직접 연계하는 과정이 누락돼 사업 후 대표 생태어종의 서식조건 또는 최적조건이 무시된 채 사업이 종료되는 문제가 발생하고 있음.
- (라) 즉, 자연형하천 복원시 기존에는 대표 생태종을 선정하였으나, 목표 생태종에 적합한 수질·수량의 연계가 이루어지지 못한 채 복원사업이 진행되었음. 본 기술은 목표 생태종에 적합한 서식조건을 제공함으로써 자연형하천 복원사업에서 논리적인 접근을 가능하도록 개발하였음.



(2) 기술의 독창성

- (가) 본 기술은 하천을 자연적으로 복원할 때 수량과 수질의 의사결정 과정을 C#언어 기반의 소프트웨어로 구동화해 시스템화했으며 목표로 한 수량과 수질에 적합한 조건을 통계 처리해 데이터베이스화한 점이 특징임.
- (나) 생태어종 서식조건 데이터베이스는 생태어류 총 개체수와 크기 등 개체군 특성, 하천차수와 서식지, 하상재료, 수심, 유속 등 물리적 서식조건, pH, 수온, 용존산소(DO), 부유물질량(SS), 전기전도도(Conductivity), 생물화학적산소요구량(BOD),

화학적산소요구량(COD), 총질소(TN), 총인(TP), 암모니아성질소(NH₃-N) 등 이화학적 서식조건 등이 포함되었으며, 이는 다시 말하면 목표 어종에 대한 물리적, 이화학적 서식조건의 정량적인 통계 자료를 제공하는 것임.

(다) 본 기술은 목표로 한 생태어종이나 수량, 수질에 적합한 서식조건 데이터베이스를 프로그램에 탑재해 별도의 실험이나 자료검색을 하지 않고도 자연형 하천의 수량 및 수질에 대한 의사결정 지원이 가능토록 했다. 또 지속적인 추가 보완이 이뤄지도록 개방형 데이터베이스를 구축하였음.

(라) 이 시스템은 자연형 하천 조성이나 생태하천 복원의 설계단계에 적용할 수 있고 하천 조성 및 복원이 완료된 후에도 사후 유지관리 단계에서도 모니터링 시스템과 연계해 활용이 가능함.

(마) 시스템의 기본 로직은 총 7단계의 절차를 거쳐 수행하게 되는데, 대상하천의 정보 구축, 대상하천에 대한 입력자료 구축 및 모식화, 목표값 설정, 모니터링 자료 수집 및 입력, QUAL2K 연계 수행, 하천용수 수량 수질 적정성 평가, 결과 분석 및 목표 수량 수질 결정 등임.

(3) 기술의 활용성

(가) 본 기술의 활용성은 크게 환경적인 측면과 경제산업적인 측면으로 나뉘 기대해 볼 수 있으며, 환경적인 측면에서 살펴보면 하천 조성 또는 복원사업이 끝나고 장기간 의무화된 하천 모니터링을 위한 기본 체계를 제공하였음.

(나) 점차 황폐해져가는 하천의 수량 및 수질을 개선하고 수생태계 건전성을 확보하는 부분에서도 유용함.

(다) 하천 복원용수의 적정 유지용수량 결정기법에 의한 하천의 건천화를 방지할뿐더러 수질모델링 기법 개발에 의한 생태하천 공원화에도 기여할 수 있음.

(라) 이와 더불어 생태적 건전성 확보에 의한 생물 서식처도 제공하는 기능을 가지며, 경제·산업적 측면으로는 본 기술의 실용화 및 상품화가 완료되면 향후 외국 선진 업체와의 사업 경쟁력을 강화할 수 있을 것으로 전망됨.

(마) 또 아시아 등 신흥시장에 대한 수출효과도 기대할 수도 있음. 통합수질관리기법 개발에 따라 하천의 건천화 방지사업, 하수 재이용 및 빗물 재이용 등 여러 비점 오염저감사업에 적용이 가능할 것으로 기대돼 국내시장 및 해외시장에서의 기술 수출 전망도 밝음.

(바) 선진국의 하천복원기술에 대한 기술 경쟁력 확보 차원에서도 본 기술의 활용성은 크다고 할 수 있을 것임.

(사) 유비쿼터스 모니터링(Ubiquitous Monitoring) 수요 확대에 따라 수량 및 수질 센서에 대한 수요가 대폭 늘어 국내의 관련 산업도 급속도로 성장할 것으로 예측됨.

(아) 사회간접자본(SOC) 확충 차원에서 접근하면 미래 지자체 SOC사업의 일환으로 하천 복원을 위한 기반 확보에도 도움을 줄 수 있으며, 실제 각 지자체별로 자연형 및 생태하천 복원사업에 도입할 경우 30% 이상의 가치향상과 3000억원 이상의 직·간접적인 기대효과도 예상됨.

2. 국내외 관련 기술 특허 동향

가. 국내외 연구 동향

- (1) 하천구역 내 물질순환을 고려한 자연정화기술 개발
 - (가) “Eco River21연구단”에서는 하천공간을 활용하여 하천과 수변공간을 연계한 수질정화 및 수생태계 복원기술 관련 연구는 미시행함.
 - (나) 본 과제는 단기적 수질개선 효과를 지양하고 하천공간의 종적·횡적 구조를 연계하여 하도 내 자정기능 회복을 위한 친환경적 기술이 적용된 선진화된 하천관리기술 개발이 주요 목표임.
 - (다) 하천 고유의 형태, 수생식물, 미생물 등을 활용하여 융복합기술과 접목하여 친환경 수질정화 기술을 개발하는 것이 본 과제의 주요 목적이므로, 기존에 개발된 기술을 일부 활용/연계 가능함.
 - (라) 본 과제는 하도 내 물질순환 및 자연정화 기작 규명 후 구조물 개선 기술을 제시하고 이를 IT 기반으로 유지관리하는 기법 제안이 주요 목표임.
- (2) 수변공간을 활용한 오염부하 저감 및 차단 융복합기술 개발
 - (가) 국토해양부 과제인 “자연식생을 이용한 하천 및 하수정화기술 실용화(한국건설기술연구원, 2003)”는 간접적으로 호소나 처리장에 인공습지를 도입하여 하천 내 유입되는 오염물질의 총량을 줄이고자 하여 본 연구와 유사성을 보였음.
 - (나) 국토해양부 과제인 “수자원 보호를 위한 폐광 지역 환경복원 기술 개발(한국건설기술연구원, 2003)”은 하천 상류에 위치한 폐광산에서 유출되는 중금속을 포함한 광산 폐수를 국내 실정에 적합하게 처리할 수 있는 기술에 대한 연구를 실시하였음.
 - (다) 환경부 과제인 “하천 생태 기능 복원을 위한 핵심 기술 개발(한국건설기술연구원, 2004)”은 자연형 저수로 호안 공법, 자연형 수제공법, 수충부 호안 공법 등과 같은 다양한 공법들을 개발 및 적용하는 연구를 실시하여 일부 유사성을 보였음.
 - (라) 환경부 과제인 “국내 환경에 적합한 소택형 대체습지 조성기술 개발(서울대학교, 2003)”은 소택형 대체습지 조성기술을 개발하여 국내 습지 총량을 증가시켜 생물 다양성의 증진, 수질정화, 홍수예방, 기후조절 등의 효과를 얻을 수 있는 연구로서, 본 연구와 일부 유사성을 보였음.
 - (마) 환경부 과제인 “낙동강 하구역 습지 생태계 훼손지역 복원 및 관리 기술(부산대학교, 2007)”은 낙동강 자체의 특성을 분석하여 생태계 복원 및 수리적으로 안정시킬 수 있는 인공습지를 개발하는 연구를 실시하여 유사성을 보였음.

나. 국내외 관련 기술 특허 동향

- (1) 미국의 경우 오픈소스 지리정보시스템(Open source GIS), 유역 데이터베이스, 유역 모델 및 하천모델을 통합하는 시스템을 개발해 지자체 및 중앙정부에서 오염총량관리제(TMDL, Total Maximum Daily Loads)를 시행하는 수단으로 사용하도록 지원하고 있음.
- (2) 독일은 1980년부터 E+E(Erprobungs und Entwicklungsvorhaben) 프로젝트에서 자연보존/복원 및 유지관리를 위한 새로운 기법 개발과 검증을 수행하고 있음.
- (3) 일본의 자연공생센터에서는 자연과 인간의 공생을 목표로 생태계와 물리환경인자의 관계를 명확히 하는 연구가 진행되고 있으며 이를 바탕으로 하천의 자연성, 생태적 건전성을 높이는 ‘자연재생사업’이 추진되고 있음.

- (4) 이와 같은 국외 연구 및 기술개발 동향에도 불구하고 본 기술처럼 정량적 생태어류 DB를 사전에 구축하고 이를 활용해 복원하고자 하는 생태어종(깃대종)에 적합한 수질 및 수량의 조합조건을 결정토록 지원하는 유사한 기술은 제안된 사례가 없는 것으로 조사되었음.
- (5) 본 기술에서 생태어류 DB는 하천 복원용수 확보를 위한 의사결정지원의 주요한 단계로 우수, 지하수, 하천수 및 하수처리수 등 다양한 용수원을 선택적으로 조합해 하천에 공급함으로써 생태적으로 건전한 하천복원이 가능토록 지원하는 시스템의 기초자료를 의미하며, 이를 위해 우리나라 하천에 서식하는 어류의 개체군 특성, 물리적 서식조건 및 이화학적 서식조건에 대한 자료를 정량화하기 위한 생태어류의 원시 데이터를 수집, 통계처리를 통해 데이터베이스를 구축하였음.
- (6) 본 기술에서의 DB는 우리나라에 서식하는 어류 중 최상류에 서식하는 어류 2종, 상류에 서식하는 어류 4종, 중류에 서식하는 어류 48종 및 하류에 서식하는 어류 16종 등 총 70종에 대해 총 개체수 및 크기 등 생태적 서식조건과 하천차수, 서식지 형태, 수심 및 유속에 대한 물리적 서식조건과 수질에 대한 이화학적 서식조건의 데이터를 정량화 하였으며, 이렇게 정량화된 데이터를 통계 처리해 하천 복원용수 의사결정지원시스템에서 직접 사용가능한 형태의 정보를 도출하였음.
- (7) 기존 하천 복원용수 목표수질은 주로 BOD를 기준으로 설정하고 있어 대표 생태어종의 서식처 제공 취지에 부합되지 않았다는 단점과 선정된 어종이 선호하는 수심 및 유속 등 수량 결정이 합리적으로 이뤄지지 않았다는 한계가 있었음.
- (8) 기존 기술과 본 기술을 생태어류 서식조건 DB의 유무, 의사결정 방법 및 하천 복원사업 후 사후관리 등의 측면에서 기술수준을 비교한 결과는 다음과 같음.

구분	기존 기술	신청 기술	비고
생태어류 서식조건 DB	어류 분포, 어류 종류(고유종, 보호대상종, 경제성 어류, 외래 도입종), 어류 특성(전장 등) 및 특징(정성적)에 대한 데이터베이스를 구축하였으나 수질 및 수량에 대한 정량적 데이터베이스는 전무함	70종 생태어류(담수어류)에 대한 서식조건을 데이터베이스화함 - 개체군 특성: 총개체수, 크기 - 물리적 서식조건 : 하천차수, 서식지, 하상재료, 수심, 유속 - 이화학적 서식조건 : pH, 수온, DO, SS, 전기전도도, BOD, COD, TN, TP, NH3-N	한국과학기술정보연구원 “국내 담수어류 DB 구축(2002)” 과제 등 기술 검토
의사결정 방 법	생태하천복원 시 목표 생태어종(깃대종)에 적합한 수질·수량 의사결정은 자료를 수집해 설계자가 직접 판단함	의사결정 과정을 아래 절차를 기준으로 시스템(프로그램)화로 설계하며, 담당자 변경 시에도 동일결과 도출함 ① 대상하천의 정보를 구축 ② 대상하천에 대한 입력자료 구축 및 모식화 ③ 목표값 설정 ④ 모니터링 자료 수집 및 입력 ⑤ QUAL2K 연계 수행 ⑥ 생태복원용수 수질·수량 적정성평가 ⑦ 결과 분석 및 목표 수질·수량 결정	-

구분	기존 기술	신청 기술	비고
생태하천 복원사업 후 사후 관리	목표 생태어종(깃대종)에 적합한 수질 · 수량에 대한 범위 혹은 가이드라인 없이 BOD, TN 및 TP 등으로 사업목표인 수질 확보 여부 사후 관리함	유지관리용 의사결정지원시스템 (EcoR3-DSS ver.2.0) ① 실시간모니터링시스템 연계 가능 ② 매뉴얼 모니터링데이터 연계 가능 ③ 수질뿐만 아니라 목표 생태어종의 물리적 서식조건(유속 및 수위)에 대한 사후 목표값 설정	-

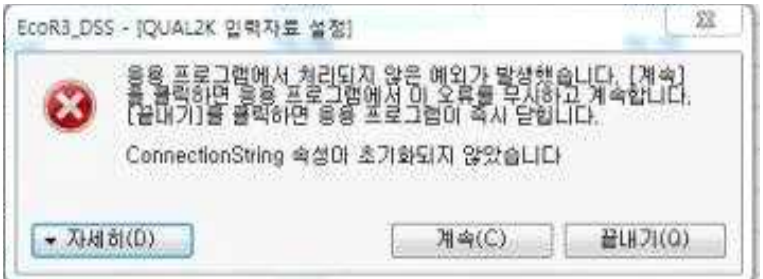
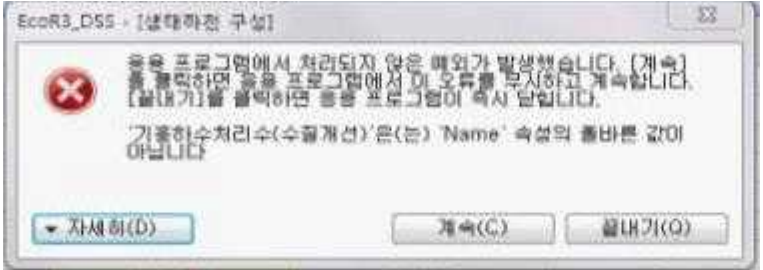
3. 종합결론

- (1) 하천 정비 및 복원사업 관련하여 현재 진행 중인 정부부처의 사업은 수량 확보와 수질 개선 및 생태적 복원을 목적으로 추진되고 있어 본 기술을 현장 적용하여 실용화 및 사업화를 도모할 수 있을 것으로 기대됨.
- (2) 본 기술은 복원하고자 하는 목표 생태어종의 서식환경 DB로부터 복원하고자 하는 하천의 수량 및 수질을 최적으로 제시함.
- (3) 수질적 측면에서는 여러 수질인자들을 복합적으로 고려해 과도하거나 과소한 처리로 인한 수처리 및 수질관리비용이 상승하는 것을 방지할 수 있음.
- (4) 수량적 측면에서는 필요충분한 적정량의 용수를 공급할 수 있도록 해 용수 공급비용을 절감할 수 있음.
- (5) 경제적 측면에서는 시설비 및 유지관리비를 동시에 고려해 저비용·고효율의 용수원 조합조건을 판단할 수 있도록 함.
- (6) 이상의 과정을 통해 국토교통부의 지방하천 정비사업, 환경부의 생태하천 조성사업 및 지방자치단체의 하천정비사업 등을 위한 핵심적 의사결정수단을 제공할 수 있어 에너지와 자원의 절약 효과 및 녹색성장에 대한 기여 또한 충분히 달성할 수 있을 것으로 판단됨.

구 분	환경부	국토교통부
사 업 명	생태하천복원사업	지방하천정비사업
사업 목적	수질이 오염되거나 생태계가 훼손, 교란된 하천의 생태적 건강성 회복	하천의 이 · 치수 및 환경, 친수, 문화 등을 종합적으로 고려한 하천정비
사업의 구분	수질개선 및 생태복원이 주목적인 사업비가 전체 사업비의 50% 이상인 사업	이·치수기능 확보가 주목적인 사업
수질개선 및 생태적 복원을 주목적으로 하는 사업	1. 물리화학적 및 생태학적 수질정화 2. 하천변에 매설된 오 · 폐수 차집관로의 신설 및 개선 3. 비점오염원의 유입을 차단하기 위한 시설(수변수질정화습지, 비점오염원 저감 시설 설치 등) 4. 생태이동통로의 조성 및 개선 5. 하천 내 생물서식공간 확보 6. 수질개선 또는 생태계 회복을 위해 필요한 하수재이용시설 등 관련시설	

필드항목이 일치하지 않거나 테이블의 스키마정보와 일치하지 않는 구문을 사용했기 때문임.

- (마) catch(Exception ex) 구문이 거의 없어 프로그램 구동시 에러가 발생하면 프로그램이 예상치 못하게 종료되는 현상이 발생해 디버깅을 통한 프로그램 수정을 할 수 없는 상태임.
- (바) 해당 구동환경의 문제점은 QUAL2K배포 엑셀의 매크로가 실행 중 오류가 발생하고 엑셀 매크로는 EcoR3-DSS와 다른 프로세스이므로 오류 발생시 디버깅이 불가능함.
- (사) 엑셀 매크로 오류가 발생하는 원인을 확인한 결과 배포된 엑셀 매크로의 참조기능이 배포 PC의 Microsoft Office 환경에 따라 달라진다는 것을 확인함.

주요 문제점	비 고
프로그램 구동 중 오류발생과 함께 실행이 종료되는 현상 발생	
프로젝트 생성할 때 에러 발생	“System.Data.OleDb.OleDbException(0x80040E14): CREATE TABLE 문의 구문 오류입니다.”
데이터를 입력할 때 또는 수정할 때 에러 발생	
모의실행 중 매크로 오류 또는 QUAL2K 실행 오류 발생	

(3) 개선내용

- (가) 최적 구동환경 테스트를 통해 참조해야 하는 필수 dll 및 라이브러리를 선정함.
- (나) 프로그램의 모든 DB I/O Transaction 부문에 Try Catch구문을 추가해 혹여 발생할 수 있는 오류로 사용 중 프로그램이 다운되는 현상 방지함.
- (다) 또한 Catch구문의 오류는 확인하여 입력 및 수정항목과 데이터베이스의 테이블과 화면의 항목의 구성을 일치시키는 프로그램 소스 수정 시행함.
- (라) 개발환경 및 개발 PC의 이동에 따른 라이선스를 추가 구매하여 반영함.

다. 입력체계 변경

(1) 개발과정

(가) QUAL2K 엑셀과 EcoR3-DSS 프로그램을 혼용하면서 발생하는 문제점을 개선하기 위해 입력체계를 통합함.

(나) QUAL2K에 입력해야 하는 Reach 입력변수를 EcoR3-DSS프로그램에서 입력 가능하도록 구현함.

(2) 문제점 도출

(가) 하천정보입력 중 REACH 입력은 QUAL2K에 입력해야만 EcoR3-DSS프로그램을 구동할 수 있음.

Reach ID	Name	Length (ft)	Elevation (ft)	...
1	Reach 1	10.00	10.00	...
2	Reach 2	10.00	10.00	...
3	Reach 3	10.00	10.00	...
4	Reach 4	10.00	10.00	...
5	Reach 5	10.00	10.00	...
6	Reach 6	10.00	10.00	...
7	Reach 7	10.00	10.00	...
8	Reach 8	10.00	10.00	...
9	Reach 9	10.00	10.00	...
10	Reach 10	10.00	10.00	...
11	Reach 11	10.00	10.00	...
12	Reach 12	10.00	10.00	...
13	Reach 13	10.00	10.00	...
14	Reach 14	10.00	10.00	...
15	Reach 15	10.00	10.00	...
16	Reach 16	10.00	10.00	...
17	Reach 17	10.00	10.00	...
18	Reach 18	10.00	10.00	...
19	Reach 19	10.00	10.00	...
20	Reach 20	10.00	10.00	...
21	Reach 21	10.00	10.00	...
22	Reach 22	10.00	10.00	...
23	Reach 23	10.00	10.00	...
24	Reach 24	10.00	10.00	...
25	Reach 25	10.00	10.00	...
26	Reach 26	10.00	10.00	...
27	Reach 27	10.00	10.00	...
28	Reach 28	10.00	10.00	...
29	Reach 29	10.00	10.00	...
30	Reach 30	10.00	10.00	...
31	Reach 31	10.00	10.00	...
32	Reach 32	10.00	10.00	...
33	Reach 33	10.00	10.00	...
34	Reach 34	10.00	10.00	...
35	Reach 35	10.00	10.00	...
36	Reach 36	10.00	10.00	...
37	Reach 37	10.00	10.00	...
38	Reach 38	10.00	10.00	...
39	Reach 39	10.00	10.00	...
40	Reach 40	10.00	10.00	...
41	Reach 41	10.00	10.00	...
42	Reach 42	10.00	10.00	...
43	Reach 43	10.00	10.00	...
44	Reach 44	10.00	10.00	...
45	Reach 45	10.00	10.00	...
46	Reach 46	10.00	10.00	...
47	Reach 47	10.00	10.00	...
48	Reach 48	10.00	10.00	...
49	Reach 49	10.00	10.00	...
50	Reach 50	10.00	10.00	...
51	Reach 51	10.00	10.00	...
52	Reach 52	10.00	10.00	...
53	Reach 53	10.00	10.00	...
54	Reach 54	10.00	10.00	...
55	Reach 55	10.00	10.00	...
56	Reach 56	10.00	10.00	...
57	Reach 57	10.00	10.00	...
58	Reach 58	10.00	10.00	...
59	Reach 59	10.00	10.00	...
60	Reach 60	10.00	10.00	...
61	Reach 61	10.00	10.00	...
62	Reach 62	10.00	10.00	...
63	Reach 63	10.00	10.00	...
64	Reach 64	10.00	10.00	...
65	Reach 65	10.00	10.00	...
66	Reach 66	10.00	10.00	...
67	Reach 67	10.00	10.00	...
68	Reach 68	10.00	10.00	...
69	Reach 69	10.00	10.00	...
70	Reach 70	10.00	10.00	...
71	Reach 71	10.00	10.00	...
72	Reach 72	10.00	10.00	...
73	Reach 73	10.00	10.00	...
74	Reach 74	10.00	10.00	...
75	Reach 75	10.00	10.00	...
76	Reach 76	10.00	10.00	...
77	Reach 77	10.00	10.00	...
78	Reach 78	10.00	10.00	...
79	Reach 79	10.00	10.00	...
80	Reach 80	10.00	10.00	...
81	Reach 81	10.00	10.00	...
82	Reach 82	10.00	10.00	...
83	Reach 83	10.00	10.00	...
84	Reach 84	10.00	10.00	...
85	Reach 85	10.00	10.00	...
86	Reach 86	10.00	10.00	...
87	Reach 87	10.00	10.00	...
88	Reach 88	10.00	10.00	...
89	Reach 89	10.00	10.00	...
90	Reach 90	10.00	10.00	...
91	Reach 91	10.00	10.00	...
92	Reach 92	10.00	10.00	...
93	Reach 93	10.00	10.00	...
94	Reach 94	10.00	10.00	...
95	Reach 95	10.00	10.00	...
96	Reach 96	10.00	10.00	...
97	Reach 97	10.00	10.00	...
98	Reach 98	10.00	10.00	...
99	Reach 99	10.00	10.00	...
100	Reach 100	10.00	10.00	...

(3) 개선내용

(가) EcoR3-DSS 프로그램의 모든 입력값은 QUAL2K에 연동되도록 구현함.

(나) QUAL2K에 입력 입력해야 하는 Reach 값을 EcoR3-DSS 프로그램에서 입력 가능하도록 구현함.

(다) 입력방식은 사용자가 쉽게 입력할 수 있도록 EXCEL 입력방식 형태로 구성함.

Reach 구성 : 하천의 Reach를 구성하고 세부적인 QUAL2K 정보를 입력합니다.

Reach No	하천구간길이(km)	구간(Location)		수위차(Elevation)		매닝공식(Manning Formula)		
		Upstream(km)	DownStream(km)	상류(m)	하류(m)	하상경사	매닝계수	하폭(m)
1	0.7	13	12.3	27	26	0.0101	0.03	5
2	0.7	12.3	11.6	26	25	0.0101	0.03	5
3	0.7	11.6	10.9	25	24	0.0101	0.03	5
4	0.71	10.9	10.19	24	23	0.0101	0.03	5
5	0.71	10.19	9.48	23	22	0.0101	0.03	5
6	0.71	9.48	8.77	22	21	0.0101	0.03	5
7	0.7	8.77	8.07	21	20	0.0101	0.03	5
8	0.65	8.07	7.42	20	19	0.0101	0.03	5
9	0.1	7.42	7.32	19	18	0.0101	0.03	2.2
10	0.2	7.32	7.12	18	17	0.0101	0.03	3.9
11	0.1	7.12	7.02	17	16	0.0101	0.03	5.6
12	0.5	7.02	6.52	16	15	0.0101	0.03	5.693
13	0.5	6.52	6.02	15	14	0.0101	0.03	5.786
14	0.5	6.02	5.52	14	13	0.0101	0.03	5.879
15	0.5	5.52	5.02	13	12	0.0101	0.03	5.972
16	0.5	5.02	4.52	12	11	0.0101	0.03	6.065
17	0.1	4.52	4.42	11	10	0.0019	0.03	6.158
18	0.44	4.42	3.98	10	9	0.0019	0.03	6.25
19	0.44	3.98	3.54	9	8	0.0019	0.03	12.1
20	0.1	3.54	3.44	8	7	0.0019	0.03	17.95
21	0.49	3.44	2.95	7	6	0.0069	0.03	10
22	0.49	2.95	2.46	6	5	0.0069	0.03	10
23	0.49	2.46	1.97	5	4	0.0069	0.03	16.9
24	0.49	1.97	1.48	4	3	0.0069	0.03	13.45
25	0.49	1.48	0.99	3	2	0.0069	0.03	10
26	0.49	0.99	0.5	2	1	0.0069	0.03	7.6
27	0.5	0.5	0	1	0	0.0069	0.03	10.5

라. 메뉴구성개선

(1) 개발과정

- (가) 기존 EcoR3-DSS 프로그램의 현장검증을 통한 문제점을 파악하여 보완함.
- (나) EcoR3-DSS 프로그램 개선사항을 종합적으로 검토하여 최적의 메뉴로 재구성함.
- (다) 사용자의 편의를 위하여 메뉴바를 수정하고 항목별로 설명을 명기함.

(2) 문제점 도출

- (가) 기존 프로그램의 메뉴는 불필요하거나 모호한 구성체계를 갖추고 있음.

<기준>

파일	생태하천관리	모니터링	의사결정지원	보고서	환경설정	도움말
*새 프로젝트 *열기 *저장 *다른이름으로저장 *끝내기 *기존에 열었던파일	*생태하천정보 *생태용수원 등록 *생태하천구성 *생태종 선정	*모니터링 *SCADA 데이터조회	*적정관리범위 설정 *목표유량 설정 *QUAL2K 자료입력 설정 *QUAL2K 실행 *생태용수원 선정	*보고서 출력	*옵션설정 *비밀번호 변경 *자료조회 항목 설정 *물순환건전도 평가 설정 *호스트 설정 *수위-유량관계 곡선식 설정	*시스템 정보 *사용설명서

(3) 개선내용

- (가) 불필요한 메뉴를 삭제하고 체계적인 메뉴로 재구성함.
- (나) 유지관리용 프로그램에 포함되는 항목은 삭제함.
- (다) 의사결정활용여부 항목은 입력단계에서 불필요하여 삭제함.
- (라) 생태용수원의 입력값의 단위를 m3/d로 일원화 하였음.
- (마) 모의실행 화면을 단추형태로 수정함.

<변경>

파일	하천정보입력	기본자료 입력	Q2K자료입력	환경설정	도움말
*새 프로젝트 *열기 *저장 *다른이름 으로 저장 *끝내기 *기존에 열었던 파일	*하천기본정보 *가용생태용수원 *생태하천 구성 *생태종 검색 *생태종적정관리 범위	*수질 자료입력 *목표 유량 설정 *모의실행 *가중치설정 *모의결과보기 *엑셀보고서출력	*Reach 구성 *Q2K 파일 열기 (link)	*옵션설정 *비밀번호 변경 *자료조회 항목 설정 *물순환건전도 평가 설정 *호스트 설정 *수위-유량관계 곡선식 설정	*시스템 정보 *사용설명서

마. 용도별 프로그램 분리

(1) 개발과정

- (가) 테스트베드 현장과 설계지원을 통한 프로그램 검증을 실시하여 문제점을 도출함.
- (나) 발주처, 용역사의 의견을 수렴하여 프로그램 개선사항에 반영함.
- (다) EcoR3-DSS 프로그램을 설계용과 유지관리용으로 분리하여 개발함.
- (라) 유지관리용 프로그램은 EcoR3-DSS의 서식조건을 고려한 수량, 수질 결정 로직을 유지하고, 현장에 맞는 디자인으로 재구성하여 프로그램 개발을 실시함.

(2) 문제점 도출

- (가) 기존 EcoR3-DSS 프로그램은 설계용과 유지관리용으로 혼용됨.
- (나) 발주처, 설계자, 시민 등의 사용자는 각각의 특성과 목적이 달라 혼용되는 메뉴와 디자인으로 사용의 혼란을 줄 수 있음.

(3) 개선내용

- (가) 사용자의 특성과 목적에 맞게 설계용과 유지관리용 프로그램을 구분하여 개발함.

구 분	설계용 EcoR3-DSS 프로그램	유지관리용 EcoR3-DSS 프로그램
이미지		
사 용 자	설계자	발주처, 시민
설치장소	설계자 PC	모니터링시스템 운영실 PC
운영체제	WINDOW XP, 7	WINDOW XP 이상
사용목적	하천 생태수량·수질 설계용	하천 수량·수질 모니터링용
특 징	• 어류서식환경을 고려한 수량·수질 결정 • 70종의 어류 DB기반 의사결정지원	• 어류서식환경을 고려한 수량·수질 결정 로직 반영 • 환경부 하천수질기준 반영 • 하천계측기와 연동하여 데이터 수집 및 분석
활용방법	• 자연형 하천조성을 위한 최적 용수원 시나리오 제시	• 자연형 하천 조성을 위한 필요 수량·수질 조건 제시 • 목표 수량·수질과 연계한 모니터링 결과 제시 • 키오스크와 연계하여 시민들에게 하천정보 제공

2. 자연형하천 모니터링 기술적용 및 검증

가. 개요

- (1) 본 연구에서는 실시간 모니터링 시스템의 시스템 정의 및 규격화, 설치환경 최적화를 위해 테스트베드를 설치하고 현장 적용 및 최적화를 검증함.
- (2) 실시간 모니터링 시스템 설치내용은 크게 유지관리용 EcoR3-DSS프로그램과 모니터링 시스템으로 구분됨.
- (3) 검증내용은 프로그램과 모니터링 시스템 연계성, 모니터링 시스템 계측기 정확성, 유지관리 운영부문에 구분하여 검증을 실시함.



<EcoR3-DSS 프로그램 구성>

나. 실시간 모니터링 시스템 정의 및 규격화

- (1) 테스트베드 대상지 선정
 - (가) 테스트베드 대상지인 양재천은 한강의 제2지류로 과천시 관악산에서 발원해 북서측으로 유하하다 한강 제1지류인 탄천으로 합류되는 법정하천으로 동경 126° 57' 50" ~ 127° 04' 60", 북위 37° 24' 23" ~ 37° 30' 01" 사이에 위치하며 행정구역으로는 서울시 강남구와 서초구와 경기도 과천시에 포함되며, 총 130,454세대 336,553명의 인구가 거주하고 있음.
 - (나) 양재천의 유역면적은 57.12km², 유로연장은 16.31km, 하상경사는 1/458로 비교적 완경사를 이룸.
 - (다) 탄천의 제1지류로서 경기도 과천시 청계산에서 발원해 과천시 과천역 부근 북개부를 유하하다가 과천경마장 부근에서 우안측으로 막계천이 유입하고 중류부에서 다시 우안측으로 여의천이 유입하여 서울시를 북동쪽으로 유하해 탄천으로 합류함.
 - (라) 수질은 BOD 2.9~3.3mg/L로 목표수질 기준을 만족하는 II~III등급이며 하상은 세립질 성분은 거의 분포하지 않는 자갈이 및 중립~조립질 모래의 조립토로 분포하고 하상재료 구성은 조골재의 비율이 낮고 세골재가 대부분을 차지함.
 - (마) 양재천의 토양은 수문학적 토양군 중 A형의 비율이 39%, D형의 비율이 35%로 나타났으며 임상은 사유림이 47%, 국유림 및 사유림이 53%를 차지하고 토지이용 현황은 임야가 58%를 차지하고 있어 유역의 식생비율은 양호함.

- (바) 북측으로는 관악산과 우면산이 남측으로는 청계산으로 분수령을 이루며 원래 한강 1지류로서 탄천과 합류하지 않고 곧바로 한강으로 흘러 들어가는 하천이었으나 한강개발사업과 시가지 개발로 인해 현재의 하천의 모습을 형성됨.
- (사) 상류 일부구간을 제외하고는 자연형하천으로 정비가 이뤄져 있는 상태이고 본 연구에서는 본격적인 도심지가 시작되는 무지개다리 이후부터 서초구청 관할지역을 중심으로 약 6.3km 지역에 대해 깃대종 선정 및 깃대종에 적합한 수량수질 의사결정 관리기술 적용 대상지로 선정함.



<양재천>

(2) 시스템 설치 대상지

- (가) 대상지는 관할 기관의 협의와 설치환경(설비, 전기, 제어실)등을 고려하여 양재천 서초구 관할 구역에 설치를 하였으며, 3개 안 중 양재천 수질정화시설에 설치함.



<테스트베드 대상지>

다. 실시간 모니터링 시스템 테스트베드 설계도서 작성

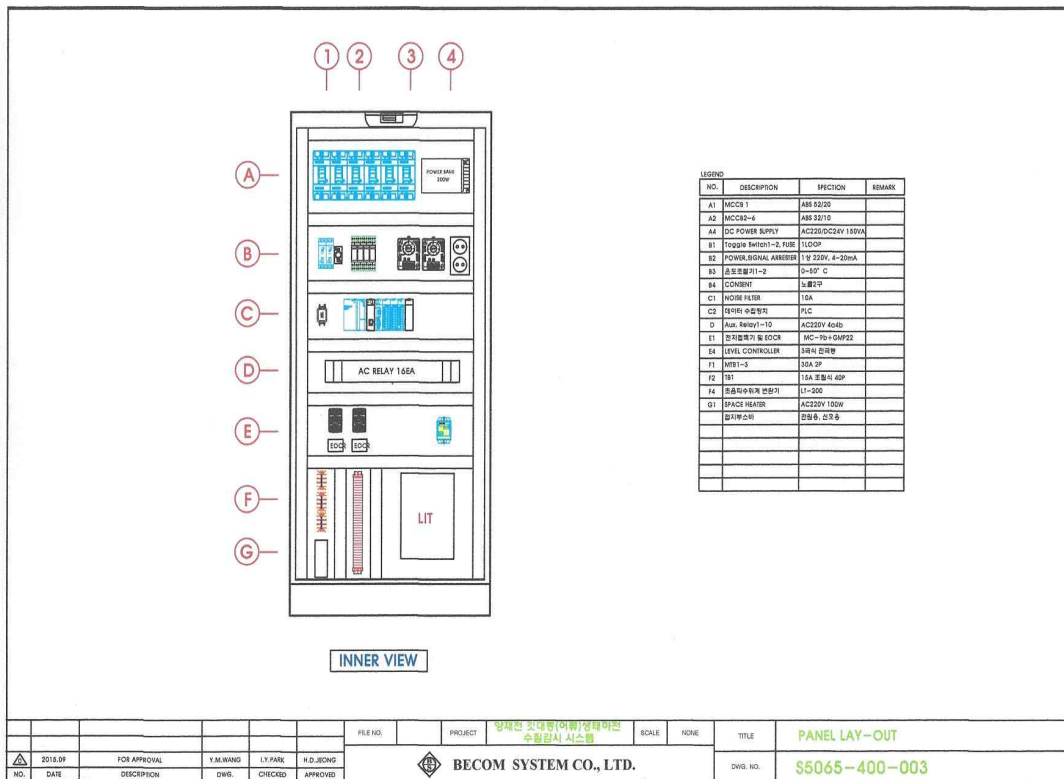
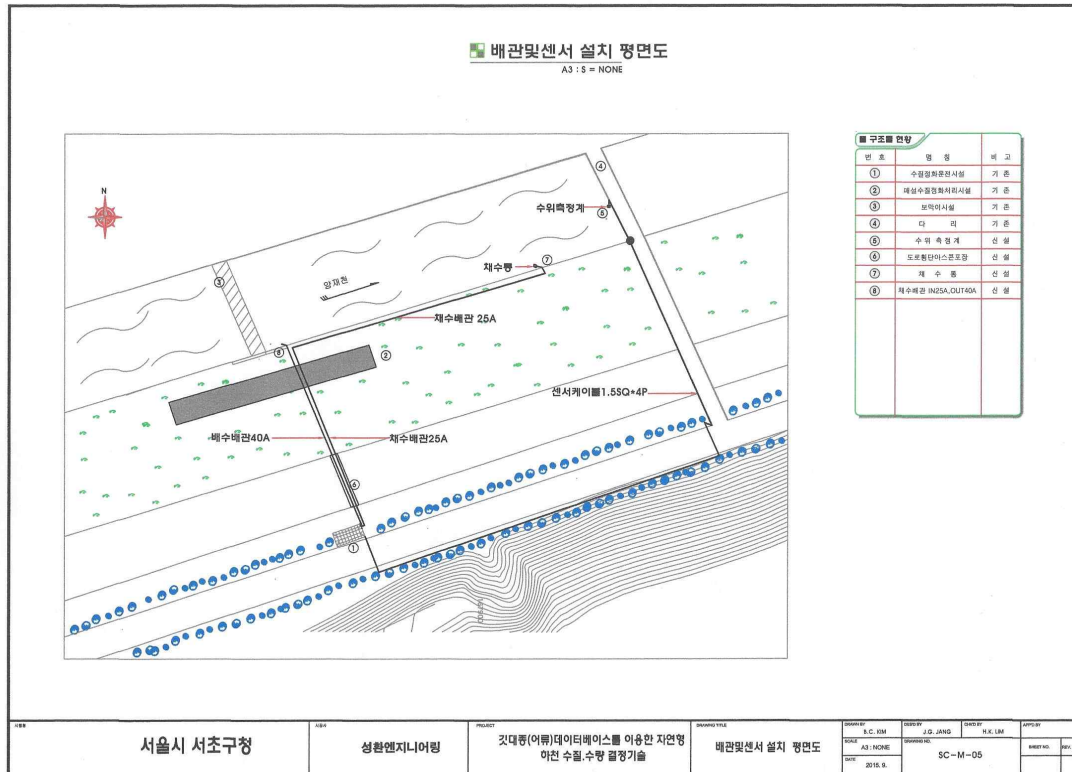
(1) 주요 구성

(가) 측정장비는 하천의 대표수질을 측정할 수 있는 지점에 설치하되, 강우시 유량 및 유속의 증가로 인해 측정장비가 유실되지 않는 지점을 선정함.

(나) 태풍 등으로 인해 외부측정이 곤란할 경우를 대비하여 측정기의 내부 설치 및 측정이 가능하도록 설치장소를 고려해야함.

NO	품 명		규 격	단위	수량
1	채 수 시 설	채수펌프	- 펌프용량 : 자흡식 5 ~ 10ℓ/분	EA	2
		이송배관	- 관경 및 유속 : 20mm 이상, 0.2m/s이상 - 설치재질 : 주름관내 Flexible 내압호스 (보온재 시공)	Set	1
		저류수조	- 종류 : 측정시료 및 자동채수용 수조(일체형)	Set	1
2	측정소	측 정 소	- 설치방식 : R.C조 또는 가설건물방식 - 설치규격 : 2mW×1.5mL×2.5mH	Set	1
		전력설비	- 설비용량 : 220V×단상(소요전력의 1.2배이상수진)		
		환기시설	- 시설용량 : 1식/측정소		
		방재시설	- 설치시설 : 피뢰 및 측정장비 접지시설, 소화시설		
		외곽울타리	- 설치방식 : 유입관 매쉬웬스 설치		
3	측 정 장 비	Multi Probe	- 수온(Temp): 0.0~45.0℃ - 수소이온농도(pH) : 0.00~14.00 - 용존산소(DO): 0.00~20.00mg/L - 전기전도도(EC): 0.0~10.0ms/cm - 클로로필-a:0.0~200.0μg/L - 탁 도: 0~10, 0~100, 0~1,000NTU	Set	1
		TN·TP 자동측정장치	- 0 ~ 20m	Set	1
		초음파 수위계	- 0 ~ 20m	Set	1
4	자 료 전 송 시스템	신규측정소 전송 시설구축	- D/L설치 : 32bit 저전력 마이크로프로세서, 400Mhz CPU, 128MB Memory 2GB HDD - 측정/부대장비통신연결 - Web기반 상위관리시스템 인터페이스	Set	1
		무선정보용 모뎀설치	- 규격: 무선HSDPA모뎀	Set	1
5	부 대 시 설	무정전전원장치 (UPS/AVR)	- 시설용량 3KVA - 입력전압 : 220V, 출력전압 : 220V - 정전보상시간 : 10분이상	Set	1
6	유 지 관 리	소모품, 유지보수	- 시약 및 정기점검(1년 해당분)	식	1
7	폐기물 저장소	시약 폐기물 저장	- 1200*800*900 - 사면철판, 양문개방형, 황색도장	개소	1

(2) 설계도 작성



라. 현장적용 및 검증

(1) 테스트베드 구축

(가) 공정은 자재발주 및 제작, U자관 부설 및 배관공사, 채수장치 구성, 센서류 및 모니터링 시스템 구성, 자동제어반 제작, 검수 및 입고 설치, 시운전으로 구성됨.

(나) 예정공정은 다음 표와 같으며, 현장상황에 따라 공사일정은 다소 달라질 수 있음.

(다) 시운전은 정상범위까지 계속 시행됨.

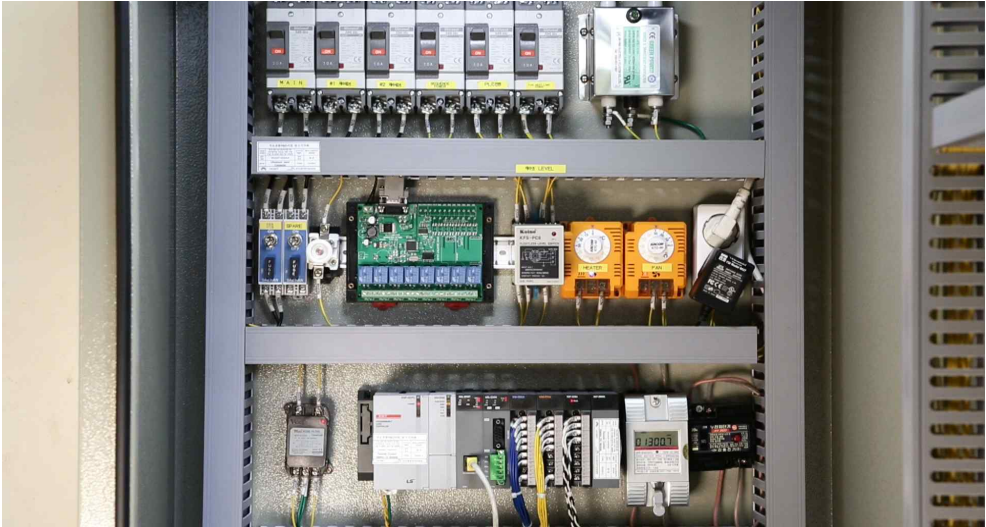
공 정	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																							
자체발주 및 제작																																																					
U자관 부설 및 배선공사																																																					
채수장치 구성																																																					
센서류 및 모니터링 시스템 구성																																																					
자동제어반 제작																																																					
검수 및 입고 설치																																																					
시운전																																																					

(라) 시공사진은 다음과 같음.

구 분	사 진
테스트베드지 전 경	
기계실 전 경	
배관매설-1	

구 분	사 진
배관매설-2	 
현장실측 및 콘크리트 타공	 
펌프 및 수조 설치	

구 분	사 진
멀티프루브 설 치	
자동 제어반 설 치-1	
자동 제어반 설 치-2	

구 분	사 진
자동제어반 설 치-3	
컴퓨터 스테이션-2	
TN · TP 자동측정장치 설 치-1	

구 분	사 진
TN · TP 자동측정장치 설 치-2	
초음파수위계	 초음파수위계 - 초음파를 이용한 측정 - 하상레벨과 수위(수면)를 측정
채수 필터설치	

(2) 실시간 모니터링 시스템(유지관리용 EcoR3-DSS 프로그램)

(가) 본 프로그램은 EcoR3-DSS 유지관리 프로그램으로, 실시간 DATA를 통해 하천에 대한 모니터링을 실시하며, 현재 유량 및 수질과 목표 유량 및 수질을 비교하여 개선 방안을 제시할 수 있음.

① 메인이미지

- 실시간 하천 모니터링 시스템의 메인화면으로 수질과 깃대종의 서식환경에 대한 실시간 자료를 확인할 수 있음.



② 시스템개요

- 사업명, 사업개요, 적용기술 등 시스템에 대한 설명을 볼 수 있음.



③ 하천 정보

- 하천의 기본 정보를 볼 수 있으며, 하천명, 행정구역, 지리적 특징, 설치시설, 위치도 등을 볼 수 있음.

실시간 하천 모니터링 시스템 for EcoH3-DSS 12월16일 11시43분

메인 | 시스템 개요 | 하천 정보 | **모니터링 정보** | 실시간 모니터링 | 환경설정

하천명 양재천 서초구 구간(약 6.3km지역)

행정구역 서울특별시 강남구, 서초구, 경기도 과천시

지리적특징 한강의 계 2차류, 과천 관악산에서 발원하여 단천으로 합류

설치시설 수질·수량 모니터링장비, 모니터링관리시스템, 자연형하천 모니터링 HMI, SCADA 등

KAIA, KICT, and other logos are displayed at the bottom.

④ 깃대종

- 설계 프로그램에서 설정되었던 깃대종의 정보를 볼 수 있음.

실시간 하천 모니터링 시스템 for EcoH3-DSS 12월16일 11시44분

메인 | 시스템 개요 | 하천 정보 | **모니터링 정보** | 실시간 모니터링 | 환경설정

깃대종 한 지역의 생태계를 특징적으로 나타내는 동·식물, 지표종

양재천 깃대종 참갈겨니

항목	내용
종명	Zacco-Koreanus
과명	잉어목 잉어과 파랑잉어과
특징	몸이 길고 옆으로 납작하며, 주둥이가 볼록함 입은 주둥이 끝에 있으며, 입구에는 아래로 쳐져 입을 꼭 닫은 후 천하고, 몸통 중간에서 아래쪽으로 미어짐 피라미와 비슷해보이지만 입과 눈 모양, 물결이 다른 몸통은 황갈색을 띠며, 눈은 검은 복부는 회색이며, 배와 거느리미는 선명한 수광색을 띠 송알의 황갈색 긴 띠가 꼬리근육과 꼬리까지 연결됨 산란기가 되면 수컷은 체측에 노란색을 띠 꼬리나와 비슷한나뭇잎을 뒤집어 노란색 반점이 없음 특징의 송상류의 흐름이 비교적 빠른 수역에서 생활함 자갈이나 모래, 바닥에 은하리 많이 곳에서 생활함
몸길이	약 15cm
산란기	5~7월
분포	우리나라 전 하천에 분포함
특성	한강유역, 중식성
특징	한강유역, 열대위기 하천 등서물 다함

KAIA, KICT, and other logos are displayed at the bottom.

⑤ 실시간 모니터링

- 실시간 하천 모니터링 자료를 볼 수 있으며, 온도, 수소이온농도, 용존산소, 전기전도도, 클로로필A, 탁도, 총질소, 총인, 암모니아질소, 수위, 유량의 정보를 볼 수 있음.



⑥ 환경설정

- 화면 내에서 프로그램, 계측기, 펌프의 세부 사항을 조절할 수 있도록 설정함.

실시간 하천 모니터링 시스템 for EcoR3-DSS

02월20일 13시21분

메인 | 시스템 개요 | 하천 정보 | 강대용 정보 | 실시간 모니터링 | 환경설정

프로그램 설정

☐ 윈도우 시작시 프로그램 실행합니다.
☐ 프로그램 시작시 펌프 작동을 시작합니다.

비밀번호:

연결 데이터베이스: server\databasemssql\pochanseo08

수위 보정값: 데이터

적용

수위 수동 설정

프로그램 종료

하천 등급: 수동 < 0
 온도: 자동 < 0
 수소이온농도: 자동 < 0
 용존산소: 자동 < 0
 전기전도도: 자동 < 0
 총유기물: 자동 < 0
 탁도: 자동 < 0

강변/하상 등급: 수동 < 0
 수위: 자동 < 0
 강변/하상 등급: 수동 < 0
 수위: 자동 < 0

적용

펌프 정보 설정

☐ 펌프 작동가 모드: 사용안함
☐ 용출수 작동가 모드: 사용안함
☐ 용출수 작동가 모드: 사용안함
☐ 용출수 작동가 모드: 사용안함

☐ 강변/하상 작동가 모드: 사용안함
☐ 수위 작동가 모드: 사용안함
☐ 데이터 작동가 모드: 사용안함

적용

펌프구동 설정

작동 방식: 자동 수동
 펌프 선택: 펌프1 펌프2
 자동 작동 조건: 펌프1 작동시간: 60 분
 펌프2 작동시간: 60 분

가동종료: 가동
 가동시간: 가동

적용

(3) 실시간 모니터링 시스템과 계측기 연동 확인

(가) 개요

- ① 측정기기를 이용해 양재천의 수량·수질 DATA를 측정한 후, 프로그램과 계측기의 연동 확인을 통해 모니터링 시스템의 기술을 검증함.
- ② 계측한 데이터는 현장조사 데이터와 비교하여 데이터의 신뢰도를 검증함.
- ③ 계측데이터와 수질검사 데이터 검증함.

(나) 검증방법

- ① 계측데이터의 정확성을 검증하기 위해 현장조사 데이터와 비교를 실시함.
- ② 현장조사 중 유량은 건설연과 실측을 통해 수심 계측 실시함.
- ③ 현장조사 중 수질은 채수하여 서울대학교 NICEM에 수질분석 실시함.

구 분	사 진
수 심 측 정	 

구 분	사 진
수 질 측 정	 

(다) 실시간 모니터링 시스템 연동 확인 및 데이터 수집결과

① 수량

구 분	2016년								2017년	
	2월	3월	4월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월
수위(m)	0.50	0.60	0.30	-	-	0.60	0.60	0.66	0.68	0.67
유량(m³/d)	-	-	-	-	-	-	-	203,216	212,839	209,204

② 수질

구 분	2016년								2017년	
	2월	3월	4월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월
탁도(NTU)	0.2	0.2	3.7	1.4	1.3	2.1	0.8	0.9	-	-
클로로필 (µg/L)	0.9	0.7	4.8	3.0	1.9	3.3	-	0.9	-	-
용존산소 (mg/L)	5.00	4.00	1.00	-	1.00	8.29	0.01	3.60	-	-
수소이온농도	7.60	7.80	7.80	9.80	9.00	7.49	7.39	7.30	-	-
전기전도도 (µS/cm)	215	56	482	334	482	602	637	627	627	627
총질소 (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	4.441	7.751	7.751
총인 (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	0.095	0.192	0.192
암모니아성 질소(mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	0.160	0.160	0.160

(라) 현장조사 데이터 수집결과

㉠ 수량

구 분	2016년								2017년	
	2월	3월	4월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월
수위(m)	-	-	-	-	0.5	-	0.5	0.66	0.68	0.67
유량(m³/d)	-	-	-	-	-	-	-	203,216	212,839	209,204

㉡ 수질

구 분	2016년								2017년	
	2월	3월	4월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월
탁도(NTU)	-	-	-	-	3.0	-	7.0	-	-	-
클로로필 (µg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
용존산소 (mg/L)	-	-	-	-	6.8	-	8.2	-	-	-
수소이온농도	-	-	-	-	7.3	-	7.5	-	-	-
전기전도도 (µS/cm)	-	-	-	-	504	-	627	-	-	-
총질소 (mg/L)	-	-	-	-	5.24	-	9.130	-	-	-
총인 (mg/L)	-	-	-	-	0.078	-	0.204	-	-	-
암모니아성 질소(mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(마) 실시간모니터링 시스템과 직접채수 비교

- ① EcoR3-DSS프로그램 계측값과 시료분석값의 9월과 11월의 데이터를 비교하였으며, 9월과 11월에는 총인(T-P), 전질소(T-N), 암모니아(NH₄⁺)의 값이 측정되지 않아 비교가 불가함.
- ② 9월 데이터 비교 결과, 수소이온농도(pH)와 DO의 값의 차이를 보였으며, EC의 값은 정확한 값이 도출되었음을 알 수 있음.

구 분	단 위	EcoR3-DSS	시료분석값	비 고
수소이온농도(pH)	-	9.000	7.350	차이O
용존산소(DO)	mg/L	1.000	6.700	차이O
전기전도도(EC)	μS/cm	482.000	497.500	차이X
총인(T-P)	mg/L	-	0.114	-
총질소(T-N)	mg/L	-	5.425	-

- ③ 11월 데이터 비교 결과, DO의 값은 큰 차이를 보였으며, 수소이온농도(pH)와 EC는 정확한 데이터를 도출하고 있음을 알 수 있음.

구 분	단 위	EcoR3-DSS	계측결과값	비 고
수소이온농도(pH)	-	7.39	7.525	차이X
용존산소(DO)	mg/L	0.01	8.375	차이O
전기전도도(EC)	μS/cm	637	612.500	차이X
총인(T-P)	mg/L	-	0.160	-
총질소(T-N)	mg/L	-	9.168	-
암모니아성 질소(NH ₃ -N)	mg/L	-	0.300	-

(바) 문제점 및 개선사항

- ① 데이터의 비교 결과, EcoR3-DSS프로그램의 결과값과 현장조사 데이터 결과값의 차이가 발생하였으며, 문제점의 원인은 계측기기에 있음을 발견하였음.
- ② 이후 계측기기의 보정 및 기기정비를 실시하였으며, 정확한 데이터 값의 도출을 확인함.

(4) 계측기 보정

- 데이터의 정확성을 높이기 위해 정기적인 계측기 보정을 실시해야한다.

(가) 멀티프루브

① 멀티프루브 구성

- ㉠ 멀티프루브는 pH센서, 전기전도도 및 온도, DO센서, 클로로필A, 탁도센서로 구성됨.
- ㉡ pH센서는 수소이온농도를 측정하며, 산성도의 척도가 됨.
- ㉢ 전기전도도와 온도센서는 하나로 구성되어 있으며, 전기가 통하기 쉬운 정도와 수온을 측정함.
- ㉣ DO(용존산소)센서는 물 속 용해되어있는 산소의 양을 측정하며, 부영양화 등의 지표로 사용됨.
- ㉤ 클로로필A 센서는 형광검출기를 이용해 수계환경 내 plankton(algae, phytoplankton)의 농도를 측정해 부영양화의 정도 및 환경에 미치는 영양염류의 양을

- 추정할 수 있으며, 센서는 장기간 모니터링이 가능하게 self-wiping이 됨.
 ㉞ 탁도센서는 물의 흐린 정도 측정 및 빛의 산란정도를 광학적으로 측정함.



② 멀티프루브 시약

- ㉠ 멀티프루브 센서 보정시 각 센서에 해당되는 시약이 필요함.

- ㉡ pH 4.0 표준액, pH 7.0 표준액, pH 10.0 표준액, 무수황산나트륨(Na_2SO_3), 염화칼륨(KCl), $1000\mu\text{S}/\text{cm}$ 전도도표준액, 클로로필 표준시약, 탈이온수가 필요함.

③ 멀티프루브 점검

점검방법	점검내용
매월 정기 점검	매월 지정된 요일에 장비 정비 및 보정 실시
매분기 정기 점검	전원공급장치, 통신상태 및 전반적인 상태 점검
매년 정기 점검	센서의 상태 및 overhaul 점검 실시
특별 점검	장비의 이상 혹은 이상 가능성 발생시 보안하여 정상운영이 가능하도록 조치

④ 멀티프루브 보정 주기

측정항목	내용
DO(용존산소)	Rapid Pulse 방식 : 최소 한달에 1회 membrane 교체(기포 발생시 무조건 교체)
	Optic 방식 : membrane교체는 0.5~1년에 1회 교체
pH	최소 45일에 보정 실시
전기전도도(염분)	최소 30~45일에 보정 실시
탁도	최소 45~60일에 보정 실시
클로로필A	최소 45~60일에 보정 실시
로다민	최소 45~60일에 보정 실시
수심	최소 45~60일에 보정 실시

⑤ 멀티프루브 센서 보정

- ㉠ 보정은 가급적 자주, 조사 전에 매번 실시하는 것이 가장 바람직함.

- ㉡ 각 측정 센서는 현장에서 연속 모니터링을 목적으로 설계되었으며, 별도의 세정장치 없이 최소 30일 이상 연속적인 모니터링이 가능해야 함.

- ㉢ 또한, 최소한의 전력을 사용하도록 설계됨.

- ㉔ 장비보정은 단말기와 연결하여 보관통에 시약을 담아 실시함.
- ㉕ 장비보정은 현장용 Display(650MDS) 이용방법과 컴퓨터 연결방법이 있음.
- ㉖ 보정주기는 월 1회, 상온(21~28℃), 햇빛이 들지 않는 실내에서 실시함.
- ㉗ 보정순서는 DO, 전기전도도, pH, 탁도, 클로로필A 순서가 가장 적합함.
- ㉘ 계측기기는 숫자 변화가 거의 없어야 하며, 5% 이상의 변화가 있을 시 센서의 교체 또는 수리가 필요함.
- ㉙ DO센서는 별도의 사포(계측기 전용 사포)를 이용해 표면의 이물질을 제거해야함.
- ㉚ DO센서와 전기전도도의 센서 보정시 온도의 영향을 받으므로, 보정시 현재 온도 값의 확인이 필요함.



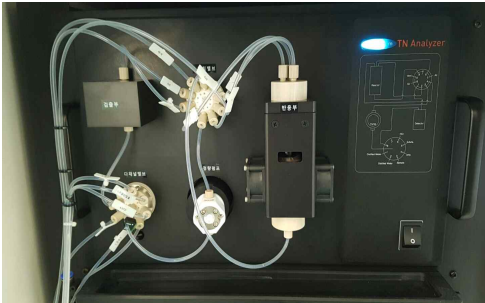
<단말기와 멀티프루브 연결>



<멤브레인(필름)과 용액의 사용>

(나) TN · TP 자동측정장치

① TN · TP 자동측정장치 구성

구 분	사 진
TN · TP 자동측정장치 외함	
TN · TP 장 치	 <TN 장치>  <TP 장치>

구 분	사 진	
TN · TP 시 약		
	<TN 시약>	<TP 시약>
TN · TP 프로그램화면		
	<TN 프로그램>	<TP 프로그램>

② TN · TP 자동측정장치 시료 · 시약

- ㉓ TN · TP 자동측정장치의 시료 분석용량은 10mL이며, 고정밀 정량펌프(0.1mL/stroke)를 사용해 계량하며, 시약 교체 주기는 2주일이 적절함.
- ㉔ 발생하는 폐액은 가동시간에 따라 폐기주기가 다름.
- ㉕ TN시약은 100% 알칼리 과황산칼륨, 2N 염산, 질산성 질소 표준원액(1,000mg/L, NO₃-N STOCK), 질산성 질소 표준용액(5mg/L, NO₃-N STD), 증류수가 사용되며, 1회 기준으로 산정한 시약 소모량은 다음과 같음.

시 약	시료 10mL 1회 분석시 소모량(mL)
TN 표준용액	30mL(자동 검량 및 스팬교정만 사용)
100% 알칼리과황산칼륨	1mL
2N 염산	2mL
증류수	20mL(세척용)

- ㉖ TP시약은 과황산칼륨 용액(4% W/V), 몰리브덴산암모늄 혼합용액, Ascorbic acid용액, 인산염 인 표준원액(100mg PO₄-P/L), 인산염 인 표준용액(0.2mg PO₄-P/L), 2% NaOH용액, 증류수이며, 1회 기준으로 산정한 시약 소모량은 다음과 같음.

시 약	시료 10mL 1회 분석시 소모량(mL)
0.2mg/L TP STD	30mL(자동 검량 및 스팬교정만 사용)
과황산칼륨	1mL
몰리브덴산암모늄 혼합용액	0.5mL
아스코르빈산용액	0.5mL
2% NaOH	1mL
증류수(세척용)	40mL

㉠ 영점액(증류수), 표준용액의 흡광도를 측정하여 검량선의 기울기와 절편값을 구하며, 이를 통해 보정을 실시함.

(5) 호소형 모니터링 시스템과 수질개선 시스템 연계

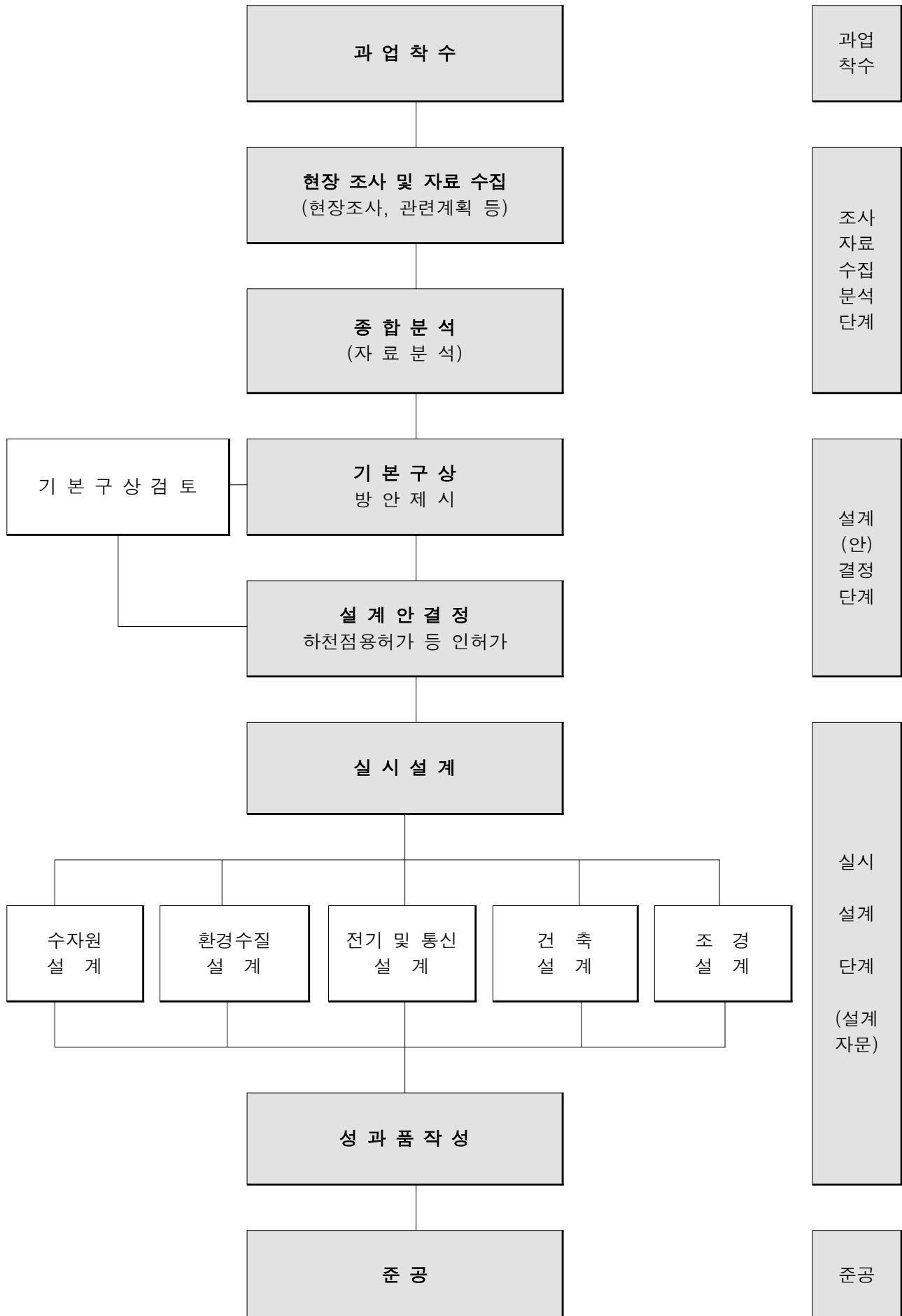
⑤ 적용시설 : 유지관리용 EcoR3-DSS 시스템

② 대상지 : 강원도 양구군 양구서천 일원



■ 기본 및 실시설계

⑤ 과업 수행과정

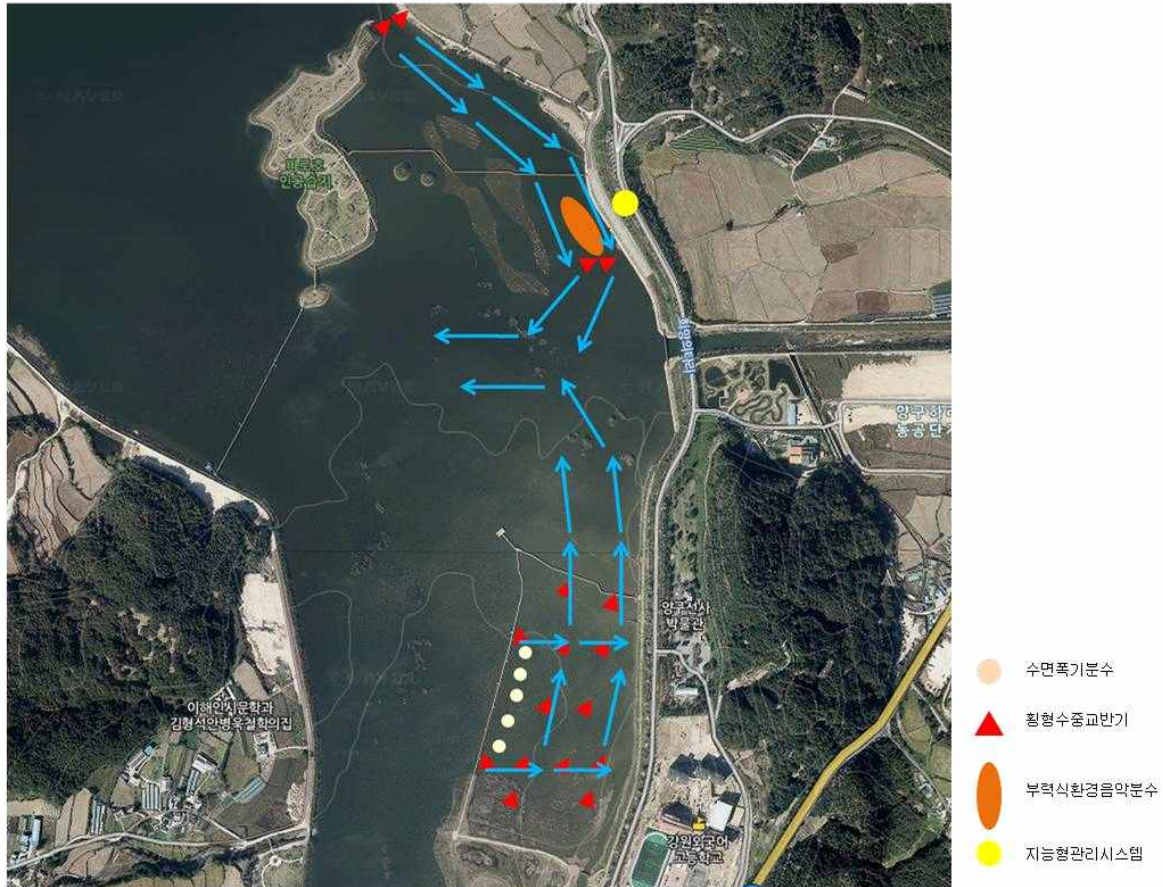


⑥ 개선방안

환경수질

파로호 상류습지조성 구역수질개선과 지역자원화사업 기본구상(안)

환경수질적 측면 개선방안

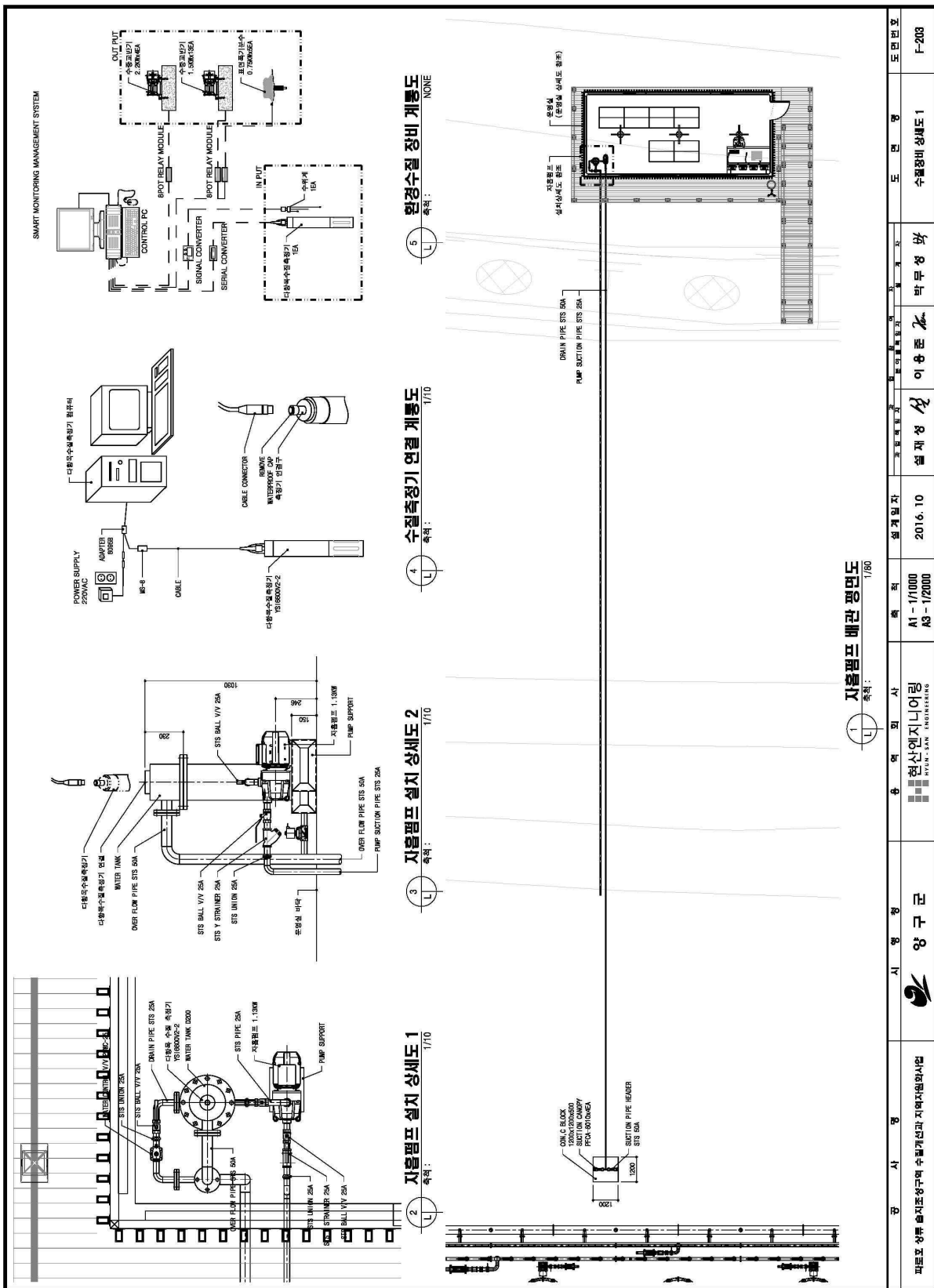


2. 수질개선 방안

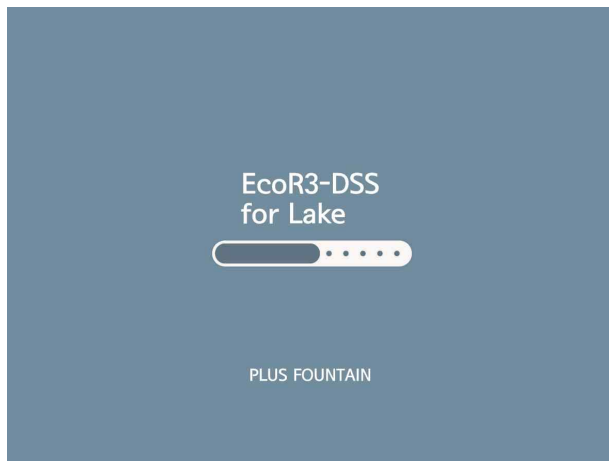
- 처리 1 : 데크로드 주변에 배치하여 정체수역내 용존산소 공급 및 경관성 확보
- 처리 2 : 정체구역(외고앞, 한반도섬 주변)을 중심으로 지속적 수류형성을 통해 청정수 유입을 유도
- 처리 3 : 방문객 및 이용이 활발한 곳에 경관성을 가진 수질개선시설을 특화 배치
- 관리 및 제어 : 수질상태를 상시 모니터링하여, 시설의 탄력적 자동 운전을 시행하는 지능형 제어시스템으로 통합

구분	처리 1	처리2	처리3
계획 시설물	· 수면폭기분수	· 횡형수중교반기	· 부력식 환경음악분수
효과	· 정체수역 내 용존산소 공급 · 성층화 및 전도현상으로 인한 수질악화 억제 · 표면 폭기연출과 경관성 증진	· 청정수 유입 · 정체구역 내 수류형성 · 하부 침전 및 혐기화 해소 · 물순환주기 28일 간격(일 12시간 가동)	· 정체수역 내 물순환 촉진 · 하부 침전 및 혐기화 억제 · 표면 폭기 및 DO증대 · 경관성강화. 지역자원화 추진
관리	· 지능형 관리&모니터링 시스템(EcoR3DSS)적용 · 오염원 변화에 따른 설치시설의 프로그램 운전과 수질 관리 자동 대응 · 예측모형을 통한 연간 관리방안 수립의사결정 지원, 보고서 작성지원 기능		

⑦ 실시설계도면



⑧ 호소형 모니터링 프로그램 구성



3. 서식조건을 고려한 수량·수질 결정시스템 개발

- 본 연구에서는 EcoR3-DSS 프로그램 내부 로직과 알고리즘을 검증하여 보완함.
- 설계용 프로그램과 유지관리용 프로그램에 대한 현장적용을 통해 검증함.

가. EcoR3-DSS 프로그램 의사결정 기법 및 로직 개선

(1) 개요

- EcoR3-DSS 프로그램의 로직과 알고리즘이 올바르게 적용되고 있는지 검증함.
- EcoR3-DSS 프로그램의 핵심 로직인 의사결정 알고리즘과 다중평가기법을 검토함.

(2) 수량·수질 의사결정 알고리즘 검토

- 항목별 가중치를 변경하여 수량, 수질, 경제성, 물순환건전도 등의 항목들이 의사결정 단계에서 올바르게 적용되고 있는지를 검증함.

(가) 수행내용

① 생태용수원 등록

- 과천 하수처리수, 하구취수정 등 총 2건의 생태용수원을 등록함.



② 생태용수원 정보입력

- 등록한 용수원에 대한 수질정보를 입력함.
- 수질정보는 해당 기관의 자료를 인용함.

구분	과천하수처리수	하구취수정
수온(℃)	14.2	7.4
Conductivity(μS/cm)	550	550
pH	7.6	7.5
DO(mg/L)	9.1	10.4
SS(mg/L)	2.3	6.6
BOD(mg/L)	1	3.3
T-N(mg/L)	10.451	6.097
NH3-N(mg/L)	1.25	1.25
T-P(mg/L)	0.099	0.319

③ 깃대종 선정

- 깃대종은 참갈겨니로 선정하였고, 이에 따른 목표 수량·수질의 서식범위는 다음의 표와 같음.

구분	서식범위	하한	상한
수심(m)	서식	0.1	1.5
	최적	0.3	0.55
유속(m/s)	서식	0	1.7
	최적	0.13	0.55
pH	서식	6.0	9.7
	최적	7.9	8.5
수온(℃)	서식	6.4	29
	최적	17	24
DO(mg/L)	서식	4.1	14.4
	최적	8.7	10.6
SS(mg/L)	서식	0.1	365.5
	최적	2	6
Conductivity(μS/cm)	서식	55	421
	최적	121	166
BOD(mg/L)	서식	0.1	55.5
	최적	0.6	1.2
T-N(mg/L)	서식	0.78	4.75
	최적	1.56	2.17
T-P(mg/L)	서식	0	0.266
	최적	0.015	0.033
NH3-N(mg/L)	서식	0	0.371
	최적	0.025	0.062

④ 수심 가중치 변경

- 전체 4가지 항목(수량, 수질, 경제성, 물순환건전도)의 가중치 중 수질, 경제성, 물순환건전도에 대한 가중치는 부여하지 않고 수량 가중치 내 수심과 유속항목의 가중치를 각각 1로 입력하여 알고리즘을 검토함.
- 검토 결과 각 가중치를 올바르게 적용하고 있음을 검토함.

점수	생태용수 조합비율 (m³/d)		수량			
	과천하수처리수	하구취수정	수심(m)	유속(m/s)	유량(m³/s)	수량점수
59.98	14812.2	9874.8	0.14	0.3	0.42	59.978
59.98	17280.9	7406.1	0.14	0.3	0.42	59.978
59.98	19749.6	4937.4	0.14	0.3	0.42	59.978
59.98	22218.3	2468.7	0.14	0.3	0.42	59.978

수량					
수량 가중지	항목	Data	항목별 가중지	항목별 점수	수량 점수
0.25	수심(m)		0.5	59.98	59.98
	유속(m/s)		0.50	100.00	

⑤ 유속 가중치 변경

점수	생태용수 조합비율 (m³/d)		수량			
	과천하수처리수	하구취수정	수심(m)	유속(m/s)	유량(m³/s)	수량점수
100	14812.2	9874.8	0.14	0.3	0.42	100
100	17280.9	7406.1	0.14	0.3	0.42	100
100	19749.6	4937.4	0.14	0.3	0.42	100
100	22218.3	2468.7	0.14	0.3	0.42	100

⑤ 수량					
수량 가중치	항목	Data	항목별 가중치	항목별 점수	수량 점수
0.25	수심(m)		0.5	59.98	100.00
	유속(m/s)		0.50	100.00	

⑥ 수질 가중치 변경

- 가중치 중 수량, 경제성 및 물순환건전성에 대한 가중치는 부여하지 않고 수질항목에 대해서 가중치를 고려하여 알고리즘을 검토함.
- 전기전도도, T-N, T-P, NH3-N에 대한 가중치 설정하여 알고리즘 검토는 수행하지 않았음.
- 수질 가중치 1, 수질 중 pH 가중치 1을 반영하여 알고리즘 검토함.
- 분석 결과 수질점수는 가중치를 반영하여 점수화하지 못함.

점수	생태용수 조합비율(m³/d)		수질(mg/L)									
	과천하수처리수	하구취수정	수온(℃)	Conductivity(μS/cm)	pH	DO	SS	BOD	T-N	NH3-N	T-P	수질 점수
70.6	22218.3	2468.7	12.32	9.65	8.016	10.636	5.47	2.253	8.068	1.439	0.368	70.599
70.51	19749.6	4937.4	11.946	9.65	7.944	10.711	5.737	2.396	7.793	1.438	0.382	70.512
70.4	17280.9	7406.1	11.573	9.65	7.884	10.787	6.003	2.538	7.517	1.436	0.395	70.405
70.3	14812.2	9874.8	11.2	9.65	7.832	10.863	6.269	2.68	7.242	1.435	0.409	70.301

⑥ 수질					
수질 가중치	항목	Data	항목별 가중치	항목별 점수	수질 점수
0.25	pH	8.016	0.11	100.00	70.60
	수온	12.32	0.11	77.92	
	DO	10.636	0.11	99.52	
	SS	5.47	0.11	100.00	
	Conductivity	9.65	0.11	15.64	
	BOD	2.253	0.11	99.78	
	T-N	8.068	0.11	0.00	
	T-P	0.368	0.11	28.11	
	NH3-N	1.439	0.12	0.00	

⑦ 경제성 및 물순환 건전도 가중치 변경

- 가중치 중 수질, 수량 및 물순환건전성에 대한 가중치는 부여하지 않고 경제성에 대한 가중치만을 고려하여 알고리즘을 검토함.
- 경제성 및 물순환건전성에 대한 가중치는 정확히 반영하여 점수화를 수행하였음.

㉔ 경제성 가중치 1, 생산단가 가중치 1을 반영하여 알고리즘 검토

점수	생태용수조합비율 (m ³ /d)		경제성			물순환건전도 (점수)
	과천하수처리수	하구취수정	생산단가(원)	시설비(백만원)	경제성총점	
40	14812.2	9874.8	40	0	40	80
30	17280.9	7406.1	30	0	30	80
20	19749.6	4937.4	20	0	20	80
10	22218.3	2468.7	10	0	10	80

㉕ 물순환 건전성 가중치 1을 반영하여 알고리즘 검토

점수	생태용수조합비율 (m ³ /d)		경제성			물순환건전도 (점수)
	과천하수처리수	하구취수정	생산단가(원)	시설비(백만원)	경제성총점	
80	14812.2	9874.8	40	0	40	80
80	17280.9	7406.1	30	0	30	80
80	19749.6	4937.4	20	0	20	80
80	22218.3	2468.7	10	0	10	80

(나) 문제점 도출

- 수질의 가중치를 1로 설정하여 알고리즘을 분석한 결과 수질점수는 가중치를 반영하여 점수화하지 못함.

(3) 수량·수질 의사결정 정확도 테스트

(가) 개요

- ① 선정된 대표생태어종(참갈겨니)의 서식범위/최적범위 상,하한 값을 입력데이터로 입력한 경우 전체요인을 같은 수치로 고정한 후 항목 당 적용 값을 변경시키며 점수화가 정확하게 적용되는지 여부를 판단하는 정확도 테스트를 수행함.
- ② 항목별 가중치는 아래와 같이 동일하게 설정함.

구분	항목	가중치
수질	pH	0.11
	수온	0.11
	DO	0.11
	SS	0.11
	Conductivity	0.11
	BOD	0.11
	수량	0.25
경제성	생산단가	0.00
	시설비	0.00
	C/B	0.00
	NPV	0.00
	IRR	0.00
	PB	0.00
물순환건전도		0.25

(나) 수심 정확도 테스트

- ① 수심의 정확도 테스트 결과 서식하한/최적하한에 적합하게 점수화 되는 것을 확인함.
- ② 목표수심 : 0.3 m -> 목표유량 : 126,686 m³/d , 최대가용량 : 1.16 m³/s 변경

점수	생태용수조합비율(m³/d)		수량			
	과천하수처리수	하구 취수정	수심(m)	유속(m/s)	유량(m³/s)	수량점수
58.82	18680.2	8005.8	0.3	0.489	1.466	100
58.81	16011.6	10674.4	0.3	0.489	1.466	100
58.79	13343	13343	0.3	0.489	1.466	100
58.78	10674.4	16011.6	0.3	0.489	1.466	100
58.77	8005.8	18680.2	0.3	0.489	1.466	100

- ③ 목표수심 : 0.2 m -> 목표유량 : 65,276 m³/d , 최대가용량 : 0.46 m³/s 변경

상세 모의결과					
수량					
수량 가승지	합복	Data	합복별 가승지	합복별 점수	수량 점수
0.25	수심(m)		0.5	75.00	87.50
	유속(m/s)		0.50	100.00	

④ 목표수심 : 0.1 m -> 목표유량 : 20,828 m³/d , 최대가용량 : 0.12 m³/s 변경

목표유량 찾기		수량 자료							
직접입력	유량 설정	수심(m)		유 속(m/s)		유 량(m ³ /s)		유 량(m ³ /d)	
		UT-line	적용값	UT-line	적용값	UT-line	적용값	UT-line	적용가용량
	95,775.71 (m ³ /d)		0.000000		0.000000				0.115340

번호	생태용수조합비율 (m ³ /d)		수량			
	과천하수처리수	하구 취수정	수심(m)	유속(m/s)	유량(m ³ /s)	수량점수
50.55	10829	0	0.1	0.241	0.241	75
50.55	9746.1	1082.9	0.1	0.241	0.241	75
50.54	8663.2	2165.8	0.1	0.241	0.241	75
50.54	7580.3	3248.7	0.1	0.241	0.241	75
50.53	6497.4	4331.6	0.1	0.241	0.241	75
50.53	5414.5	5414.5	0.1	0.241	0.241	75
50.52	4331.6	6497.4	0.1	0.241	0.241	75
50.51	3248.7	7580.3	0.1	0.241	0.241	75
50.49	2165.8	8663.2	0.1	0.241	0.241	75
50.48	1082.9	9746.1	0.1	0.241	0.241	75
50.46	0	10829	0.1	0.241	0.241	75

(다) 유속 정확도 테스트

- 유속의 정확도 테스트 결과 서식하한/최적하한에 적합하게 점수화 되는 것을 확인함.

① 목표유속 : 0.13 m/s -> 목표유량 : 4,394 m³/d, 최대가용량 : 0.046 m³/s 변경

목표유량 찾기		수량 자료							
직접입력	유량 설정	수심(m)		유 속(m/s)		유 량(m ³ /s)		유 량(m ³ /d)	
		UT-line	적용값	UT-line	적용값	UT-line	적용값	UT-line	적용가용량
	20,828.77 (m ³ /d)		0.100000		0.000000				0.046296

점수	생태용수조합비율 (m³/d)		수량			
	과천하수처리수	하구취수정	수심(m)	유속(m/s)	유량(m³/s)	수량점수
47.46	395	0	0.039	0.13	0.051	67.391
47.46	355.5	39.5	0.039	0.13	0.051	67.391
47.46	316	79	0.039	0.13	0.051	67.391
47.45	276.5	118.5	0.039	0.13	0.051	67.391
47.45	237	158	0.039	0.13	0.051	67.391
47.45	197.5	197.5	0.039	0.13	0.051	67.391
47.45	158	237	0.039	0.13	0.051	67.391
47.45	118.5	276.5	0.039	0.13	0.051	67.391
47.44	79	316	0.039	0.13	0.051	67.391
47.44	39.5	355.5	0.039	0.13	0.051	67.391
47.44	0	395	0.039	0.13	0.051	67.391

상세 모의결과					
수량					
수량 가용지	항목	Data	항목별 가용지	항목별 점수	수량 점수
0.25	수심(m)		0.5	34.78	67.39
	유속(m/s)		0.50	100.00	

② 목표유속 : 0.55 m/s-> 목표유량 : 172,178 m³/d , 최대가용량 : 1.74 m³/s 변경

수량 설정		목표 유속		목표 유량	
수량(m)	가용량	유속(m/s)	가용량	유량(m³/d)	가용량
Data	0.00000		0.00000		1.74000

점수	생태용수조합비율 (m³/d)		수량			
	과천하수처리수	하구 취수정	수심(m)	유속(m/s)	유량(m³/s)	수량점수
47.46	19960.2	2217.8	0.362	0.55	1.993	100
47.46	17742.4	4435.6	0.362	0.55	1.993	100
47.46	15524.6	6653.4	0.362	0.55	1.993	100
47.45	13306.8	8871.2	0.362	0.55	1.993	100
47.45	11089	11089	0.362	0.55	1.993	100
47.45	8871.2	13306.8	0.362	0.55	1.993	100
47.45	6653.4	15524.6	0.362	0.55	1.993	100
47.45	4435.6	17742.4	0.362	0.55	1.993	100
47.44	2217.8	19960.2	0.362	0.55	1.993	100

수량					
수량 가용지	항목	Data	항목별 가용지	항목별 점수	수량 점수
0.25	수심(m)		0.5	100.00	100.00
	유속(m/s)		0.50	100.00	

(라) 수질 정확도 테스트

- ① 수질의 정확도 테스트는 목표유량을 126,686 m³/d, 최대가용량을 1.16 m³/s로 고정하고 수질자료의 적용값을 한 항목 씩 변경하여 수행함.
- ② 수질자료의 적용은 본류시점/생태용수원 두 종/대표지점/본류종점을 모두 동일하게 설정함.
- ③ 수질의 정확도 테스트는 수온, 전기전도도 및 pH에 대해서 수행하였으며, 기타 수질 항목에 대한 정확도 테스트는 진행하지 않았음.
- ④ 수온 입력은 최적 하한 값을 입력하였고, 기타 수질 항목은 서식 하한 값을 입력하여 정확도 테스트를 수행함.
- ⑤ 수질에 대한 정확도 테스트 결과 수질 적용값과 그 수질점수의 상관관계가 없는 것으로 나타났음. 오류에 대한 수정 사항을 반영하여 개선 조치하였음.

수질 자료			
구분	On-line	Off-line	적용값
수온(℃)			17.000
Conductivity(μS/cm)			95.000
pH			6.700
DO(mg/L)			4.100
SS(mg/L)			0.100
BOD(mg/L)			0.100
T-N(mg/L)			0.700
NH3-N(mg/L)			0.000
T-P(mg/L)			0.000

점수	생태용수 조합비율 (m ³ /d)		수질(mg/L)									
	과천하수 처리수	하구 취수정	수온 (℃)	Condu- ctivity (μS/cm)	pH	DO	SS	BOD	T-N	NH ₃ -N	T-P	수질 점수
70.47	16008.6	10672.4	17.535	28.522	7.915	9.221	8.266	3.706	3.947	1.491	0.75	56.177
70.47	18676.7	8004.3	17.538	28.522	7.944	9.28	8.267	3.709	3.947	1.491	0.75	56.177
70.46	13340.5	13340.5	17.531	28.522	7.887	9.162	8.264	3.704	3.947	1.491	0.75	56.161
70.45	10672.4	16008.6	17.527	28.522	7.861	9.102	8.263	3.702	3.946	1.49	0.75	56.127
70.44	8004.3	18676.7	17.523	28.522	7.835	9.041	8.262	3.699	3.946	1.49	0.75	56.094

수질					
수질 가용지	항목	Data	항목별 가용지	항목별 점수	수질 점수
0.25	pH	7.915	0.11	100.00	56.18
	수온	17.535	0.11	100.00	
	DO	9.221	0.11	100.00	
	SS	8.266	0.11	99.68	
	Conductivity	28.522	0.11	29.94	
	BOD	3.706	0.11	99.73	
	T-N	3.947	0.11	65.57	
	T-P	0.75	0.11	0.00	
	NH3-N	1.491	0.12	0.00	

- ⑥ 전기전도도 입력은 최적 하한 값을 입력하였고, 기타 수질 항목은 서식 하한 값을 입력하여 정확도 테스트를 수행함.

수질 자료			
구분	On-line	Off-line	적용값
수온(℃)			6.400
Conductivity(μS/cm)			121.000
pH			6.700
DO(mg/L)			4.100
SS(mg/L)			0.100
BOD(mg/L)			0.100
T-N(mg/L)			0.780
NH3-N(mg/L)			0.000
T-P(mg/L)			0.000

점수	생태용수 조합비율 (m³/d)		수질(mg/L)									
	과천하수 처리수	하구 취수정	수온 (℃)	Condu- ctivity (μS/cm)	pH	DO	SS	BOD	T-N	NH3-N	T-P	수질점 수
70.26	18676.7	8004.3	15.3	44.593	7.891	9.634	8.266	3.718	3.949	1.493	0.75	55.66
70.24	16008.6	10672.4	15.274	44.593	7.861	9.557	8.265	3.715	3.948	1.493	0.75	55.607
70.22	13340.5	13340.5	15.247	44.593	7.832	9.478	8.263	3.712	3.948	1.493	0.75	55.556
70.2	10672.4	16008.6	15.218	44.593	7.804	9.399	8.262	3.709	3.948	1.492	0.75	55.506
70.18	8004.3	18676.7	15.188	44.593	7.777	9.319	8.261	3.706	3.947	1.492	0.75	55.455

수질					
수질 가용지	항목	Data	항목별 가용지	항목별 점수	수질 점수
0.25	pH	7.891	0.11	99.63	55.66
	수온	15.3	0.11	91.98	
	DO	9.634	0.11	100.00	
	SS	8.266	0.11	99.68	
	Conductivity	44.593	0.11	42.12	
	BOD	3.718	0.11	99.73	
	T-N	3.949	0.11	65.53	
	T-P	0.75	0.11	0.00	
	NH3-N	1.493	0.12	0.00	

- ⑦ pH 입력은 최적 하한 값을 입력하였고, 기타 수질 항목은 서식 하한 값을 입력하여 정확도 테스트를 수행함.

수질 자료			
구분	On-line	Off-line	적용값
수온(℃)			6.400
Conductivity(μS/cm)			55.000
pH			7.900
DO(mg/L)			4.100
SS(mg/L)			0.100
BOD(mg/L)			0.100
T-N(mg/L)			0.780
NH3-N(mg/L)			0.000
T-P(mg/L)			0.000

점수	생태용수 조합비율 (m³/d)		수질(mg/L)									
	과천하수 처리수	하구 취수정	수온 (℃)	Condu ctivity (μS/cm)	pH	DO	SS	BOD	T-N	NH ₃ -N	T-P	수질 점 수
70.12	18676.7	8004.3	15.3	28.522	7.907	9.634	8.266	3.718	3.949	1.493	0.75	55.294
70.1	16008.6	10672.4	15.274	28.522	7.874	9.557	8.265	3.715	3.948	1.493	0.75	55.247
70.08	13340.5	13340.5	15.247	28.522	7.843	9.478	8.263	3.712	3.948	1.493	0.75	55.194
70.06	10672.4	16008.6	15.218	28.522	7.814	9.399	8.262	3.709	3.948	1.492	0.75	55.141
70.04	8004.3	18676.7	15.188	28.522	7.785	9.319	8.261	3.706	3.947	1.492	0.75	55.089

(마) 경제성 정확도 테스트

- 경제성 정확도 테스트는 생산단가, 시설비, 편익, 할인율, 최대가용량에 대해 조건을 변경하여 실시함.

① 모든 조건 동일

- 입력한 두개의 생태용수원에 대한 생산단가/시설비/편익/할인율/최대가용량 모두 동일한 수치를 입력한 경우 경제성 점수화는 모두 0점으로 계산됨.

생태용수원명	생산단가(원/m³)	시설비(원)	편익	할인율(%)	1차 사용량	2차 사용량(원/일)	용수원간단가(원/일)
과천하수처리수	10	1,000,000,000	1,000	10	1	20,000	80
하구취수정	10	1,000,000,000	1,000	10	1	20,000	80

점수	생태용수조합비율 (m³/d)		경제성		
	과천하수처리수	하구 취수정	생산단가(원)	시설비(백만원)	경제성총점
52.58	4937.4	19749.6	0	0	0
52.57	7406.1	17280.9	0	0	0
52.57	9874.8	14812.2	0	0	0
52.56	12343.5	12343.5	0	0	0
52.54	14812.2	9874.8	0	0	0
52.51	17280.9	7406.1	0	0	0
52.48	19749.6	4937.4	0	0	0

경제성 가중치	항목	Data	경제성 가중치	경제성 점수	경제성 점수
0.25	생산단가		0.50	0.00	0.00
	시설비		0.50	0.00	

② 시설비 변경

- 용수원별 시설비를 차등하여 입력하여 정확도 테스트 진행함.
- 항목별 가중치를 생산단가 / 시설비 에 각각 1로 입력한 후 정확도 테스트 수행함.
- 생산단가 / 시설비의 점수화가 정상적으로 적용됨을 확인함.



③ 생산단가 가중치 1인 경우

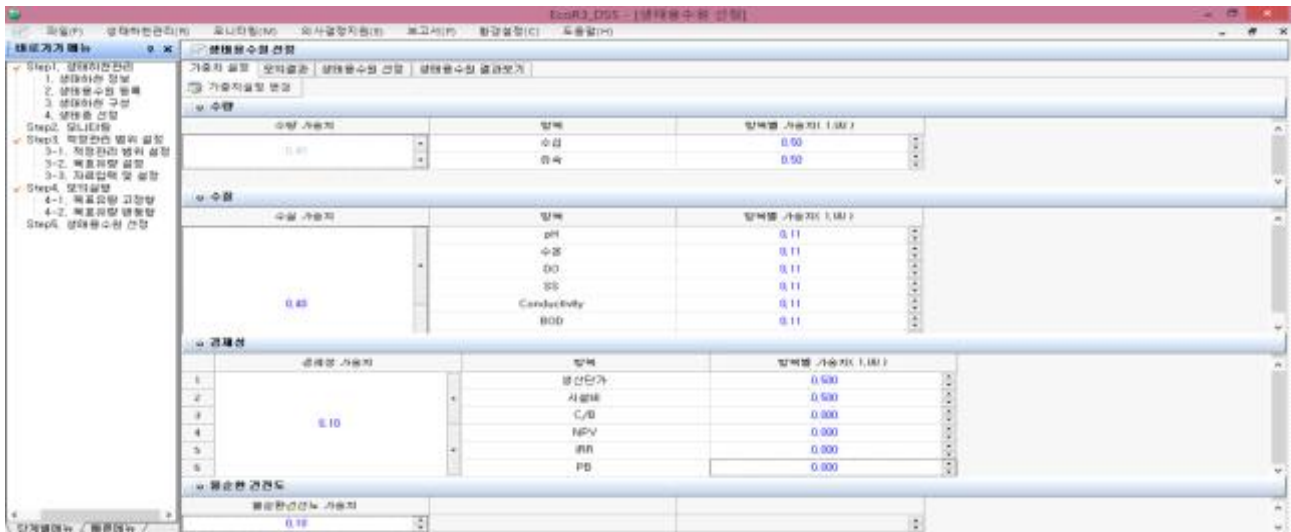
점수	생태용수 조합비율 (m³/d)		경제성		
	과천하수처리수	하구 취수정	생산단가(원)	시설비(백만원)	경제성총점
68.12	4937.4	19749.6	80	0	80
67.12	7406.1	17280.9	70	0	70
66.11	9874.8	14812.2	60	0	60
65.1	12343.5	12343.5	50	0	50
64.06	14812.2	9874.8	40	0	40
63.01	17280.9	7406.1	30	0	30
61.97	19749.6	4937.4	20	0	20

④ 시설비 가중치 1인 경우

점수	생태용수 조합비율 (m³/d)		경제성		
	과천하수처리수	하구 취수정	생산단가(원)	시설비(백만원)	경제성총점
67.97	19749.6	4937.4	0	80	80
67.01	17280.9	7406.1	0	70	70
66.06	14812.2	9874.8	0	60	60
65.1	12343.5	12343.5	0	50	50
64.11	9874.8	14812.2	0	40	40
63.12	7406.1	17280.9	0	30	30
62.12	4937.4	19749.6	0	20	20

⑤ 시설비 가중치 0.5인 경우

- 항목별 가중치를 생산단가 / 시설비에 중 생산단가 및 시설비만 한정하여 각각 0.5로 입력한 후 정확도 테스트를 수행함.
- 정상적으로 점수화가 수행됨을 확인함.



점수	생태용수 조합비율 (m³/d)		경제성		
	과천하수처리수	하구취수정	생산단가(원)	시설비(백만원)	경제성총점
65.12	4937.4	19749.6	40	10	50
65.12	7406.1	17280.9	35	15	50
65.11	9874.8	14812.2	30	20	50
65.1	12343.5	12343.5	25	25	50
65.06	14812.2	9874.8	20	30	50
65.01	17280.9	7406.1	15	35	50
64.97	19749.6	4937.4	10	40	50

⑥ 시설비 가중치 0.334인 경우

- 항목별 가중치를 생산단가 / 시설비 / C/B / NPV / PB에 중 2개를 각각 0.334로 입력한 후 정확도 테스트를 수행함.
- 경제성 항목 중 생산단가, 시설비 및 BC 3개에 한정하여 가중치를 각각 0.334로 입력하여 정확도 테스트를 수행함.

점수	생태용수 조합비율 (m³/d)		경제성		
	과천하수처리수	하구 취수정	생산단가(원)	시설비(백만원)	경제성총점
65.99	19749.6	4937.4	6.6	26.4	60.2
65.69	17280.9	7406.1	9.9	23.1	56.8
65.4	14812.2	9874.8	13.2	19.8	53.4
65.1	12343.5	12343.5	16.5	16.5	50
64.77	9874.8	14812.2	19.8	13.2	46.6
64.44	7406.1	17280.9	23.1	9.9	43.2
64.1	4937.4	19749.6	26.4	6.6	39.8

⑦ 시설비 변경

- 용수원에 대한 시설비를 크게 차등하여 입력한 후 경제성 항목별 가중치를 변경하여 정확도 테스트를 수행함.

생태용수원명	생산단가(원/m³)	시설비(백만원)	연비	발전율(%)	내구연도	최대가용량(m³/d)	용수관급연도(점수)
과천하수처리수	20	10,000,000	1,000	10	1	20,000	80
하구취수정	10	1,000,000,000	1,000	10	1	20,000	80

점수	생태용수조합비율 (m³/d)		경제성		
	과천하수처리수	하구 취수정	생산단가(원)	시설비(백만원)	경제성총점
65.99	19749.6	4937.4	6.6	26.4	60.2
65.69	17280.9	7406.1	9.9	23.1	56.8
65.4	14812.2	9874.8	13.2	19.8	53.4
65.1	12343.5	12343.5	16.5	16.5	50
64.77	9874.8	14812.2	19.8	13.2	46.6
64.44	7406.1	17280.9	23.1	9.9	43.2
64.1	4937.4	19749.6	26.4	6.6	39.8

⑧ 시설비, 생산단가 변경

- 용수원에 대한 생산단가를 차등하여 입력한 후 경제성 항목별 가중치를 변경하여 정확도 테스트를 수행함.

생태용수원명	생산단가(원/m³)	시설비(백만원)	연비	발전율(%)	내구연도	최대가용량(m³/d)	용수관급연도(점수)
과천하수처리수	100	10,000,000	1,000	10	1	20,000	80
하구취수정	10	1,000,000,000	1,000	10	1	20,000	80

점수	생태용수조합비율 (m³/d)		경제성		
	과천하수처리수	하구 취수정	생산단가(원)	시설비(백만원)	경제성총점
65.99	19749.6	4937.4	6.6	26.4	60.2
65.69	17280.9	7406.1	9.9	23.1	56.8
65.4	14812.2	9874.8	13.2	19.8	53.4
65.1	12343.5	12343.5	16.5	16.5	50
64.77	9874.8	14812.2	19.8	13.2	46.6
64.44	7406.1	17280.9	23.1	9.9	43.2
64.1	4937.4	19749.6	26.4	6.6	39.8

⑨ 편익, 모든 가중치 변경

- 각 용수원에 대한 편익을 차등하여 입력한 후 경제성 항목별 가중치를 변경하여 정확도 테스트를 수행함.



점수	생태용수조합비율 (m³/d)		경제성		
	과천하수처리수	하구취수정	생산단가(원)	시설비(백만원)	경제성총점
59.08	4937.4	19749.6	0	0	26
58.57	7406.1	17280.9	0	0	24
58.07	9874.8	14812.2	0	0	22
57.56	12343.5	12343.5	0	0	20
57.04	14812.2	9874.8	0	0	18
56.51	17280.9	7406.1	0	0	16
55.98	19749.6	4937.4	0	0	14

(바) 물순환 건전도 정확도 테스트

- 물순환 건전도는 (생태용수조합비율 x 각 용수의 물순환점수)로 계산됨.
- 물순환 건전도에 대한 다양한 조건을 입력하여 정확도를 테스트함.
- 해당 항목의 점수화가 정확히 적용됨을 확인하였음.

① 첫째조건



물순환건전도 평가

물순환건전도 평가

지표	가중치	등급				
		A (100)	B (90)	C (80)	D (70)	E (60)
동일 지역의 수자원 활용 여부 (자체 지역에서 용수를 확보하고 있는가?)	0.2	☒	☐	☐	☐	☐
유수 용수원의 재 활용 여부 (기존에 활용되지 않던 용수원을 활용하고 있는가? 예: 우수, 지하수, 용출수, 하수처리수 등)	0.2	☐	☐	☒	☐	☐
용수원 공급시 에너지 소비량 정도	0.2	☐	☐	☒	☐	☐
생태용수원으로서의 심미성 확보 여부 (시민들의 기대에 비추어 천수용수로서 적합 한가?)	0.2	☐	☐	☒	☐	☐
기타 부수적 효과 여부 (침투유출 저감, 오염부하 저감등의 부수적 효과를 기대할 수 있는가?)	0.2	☐	☐	☒	☐	☐
사용자 항목 1	0.0	☐	☐	☒	☐	☐
사용자 항목 2	0.0	☐	☐	☒	☐	☐
사용자 항목 3	0.0	☐	☐	☒	☐	☐
합계	1	84				

적용

점수	생태용수 조합비율 (m ³ /d)		물순환건전도(점수)
	과천하수처리수	하구취수정	
53.28	19749.6	4937.4	83.2
53.21	17280.9	7406.1	82.8
53.14	14812.2	9874.8	82.4
53.06	12343.5	12343.5	82
52.97	9874.8	14812.2	81.6
52.87	7406.1	17280.9	81.2
52.78	4937.4	19749.6	80.8

② 둘째조건

EcoRII_DUII - [생태용수원 등록]

과일(F) 생태환경관리(F) 모니터링(M) 의사결정지원(D) 보고서(R) 환경설정(S) 도움말(H)

태로가개 메뉴

Step1. 생태환경관리
1. 생태환경 정보
2. 생태용수원 등록
3. 생태환경 구성
4. 생태환경 설정

Step2. 모니터링
Step3. 환경관리 범위 설정
Step4. 환경관리 범위 설정

생태용수원 등록

등록 삭제 내보내기 저장 삭제 생태용수원 정보

생태용수원명	생성년/처분/비	시설면적(평)	용역	활용률(%)	내수면적	외수면적(㎡/4)	생물종점연노(점수)
1	과천하수처리수	10	1,000,000,000	1,000	10	1	20,000
2	하구취수정	10	1,000,000,000	1,000	10	1	20,000

점수	생태용수 조합비율 (m³/d)		물순환건전도(점수)
	과천하수처리수	하구취수정	
61.17	19749.6	4937.4	92
60.81	17280.9	7406.1	88
60.46	14812.2	9874.8	84
60.1	12343.5	12343.5	80
59.71	9874.8	14812.2	76
59.32	7406.1	17280.9	72
58.92	4937.4	19749.6	68

(4) 다중평가기법 검토

- EcoR3-DSS 프로그램은 대상하천의 다중 용수원 조합 구성에 따른 시나리오 결과를 도출하기 위해 다중평가기법을 적용함.
- 다중평가기법은 기본 경제성평가 기준을 참고하여 작성한 정량화 기준표를 근거로 하고 있음.
- 대상하천의 다중 용수원 조합 구성에 따른 시나리오 적합성을 검토하였음.

평가항목	계량화 로직	평가항목 점수화 가중치설정 (가중치 합 =1)	총점산출	총 점
수량	▶ 최적범위의 점수는 100점 ▶ 서식범위의 점수는 50점	수위 유속	수량(A)	A+B +C+D
수질	▶ 서식범위-최적범위의 점수는 선형내삽법 ▶ 서식범위 이외에는 선형외삽법	각 수질항목 (항목 설정가능)	수질(B)	
경제성	▶ 최저점수와 100점 사이에서 비례 할당	시설비 유지관리비	경제성(C)	
물순환 건전도	▶ Σ 용수원% x 용수원별 물순환 건전도	물순환건전도	물순환 건전도(D)	

나. 서식조건을 고려한 수량·수질 결정 로직 현장 적용성

(1) 개요

- 설계용, 유지관리용 EcoR3-DSS 프로그램을 각각 현장에 적용하여 검증을 실시함.

(2) 설계용 EcoR3-DSS 프로그램 적용

(가) 금강 생태하천 복원사업 예비타당성 조사용역

- ① 사업명 : 금강 생태하천 복원사업 예비타당성 조사용역
- ② 발주처 : 장수군
- ③ 용역사 : 제이씨엔
- ④ 대상지 : 금강 상류
- ⑤ 사업목적 : 생태하천 복원
- ⑥ 과업기간 : 2016. 07 ~ 2017. 07
- ⑦ 적용시설 : 설계용 EcoR3-DSS 프로그램

(나) 대상지현황



생태하천명	금강
생태하천 설명	금강생태하천복원사업
관리구간 총연장(km)	13.0
하폭(m)	18.0
유역등급	Ia
유역면적(km ²)	303.4
위도(° ' ")	35 ° 41 ' 40 "
경도(° ' ")	127 ° 33 ' 30 "

(다) 모의방법

- 설계용 EcoR3-DSS 프로그램을 적용한 모의 순서는 아래와 같음.

① 해당하천의 Reach를 구성함.

Reach	조사지점	누적거리 (km)	구분	길이(km)	하폭(m)	하상경사
1	수분천	13	본류	0.70	5.0	0.0101
2	수분천	12.3	본류	0.70	5.0	0.0101
3	수분천	11.6	본류	0.70	5.0	0.0101
4	수분천	10.9	본류	0.71	5.0	0.0101
5	수분천	10.19	본류	0.71	5.0	0.0101
6	수분천	9.48	본류	0.71	5.0	0.0101
7	수분천	8.77	본류	0.70	5.0	0.0101
8	수분천	8.07	본류	0.65	5.0	0.0101
9	금강 합류	7.42	좌안	0.10	2.2	0.0101
10	금강 본류	7.32	본류	0.20	3.9	0.0101
11	하평천 합류	7.12	우안	0.10	5.6	0.0101
12	금강 본류	7.02	본류	0.50	5.7	0.0101
13	금강 본류	6.52	본류	0.50	5.8	0.0101
14	금강 본류	6.02	본류	0.50	5.9	0.0101
15	금강 본류	5.52	본류	0.50	6.0	0.0101
16	금강 본류	5.02	본류	0.50	6.1	0.0101
17	송천천+용추천 합류	4.52	좌안	0.10	6.2	0.0019
18	금강 본류	4.42	본류	0.44	6.3	0.0019
19	금강 본류	3.98	본류	0.44	12.1	0.0019
20	장수천 합류	3.54	우안	0.10	18.0	0.0019
21	금강 본류	3.44	본류	0.49	10.0	0.0069
22	금강 본류(대표지점)	2.95	본류	0.49	10.0	0.0069
23	금강 본류	2.46	본류	0.49	16.9	0.0069
24	금강 본류	1.97	본류	0.49	13.5	0.0069
25	금강 본류	1.48	본류	0.49	10.0	0.0069
26	금강 본류	0.99	본류	0.49	7.6	0.0069
27	금강 본류	0.5	본류	0.50	10.5	0.0069

② 해당 하천에 사용가능한 용수원을 입력함.

구분	생태용수원명	생산단가 (원/m³)	시설비 (원)	최대가용량 (m³/d)	물순환건전도 (점수)
1	하류 역펌핑수	0	5,000,000	32,000	80
2	하수처리장 처리수	50	10,000,000	30,000	80
3	하수처리장 고도처리수	100	50,000,000	30,000	80

- 목표 수질·수량 확보를 위한 시나리오 구성 : 목표 수질 및 수량에 수렴하기 위한 시나리오는 다음과 같이 7개의 시나리오를 생성해 모의를 수행함.

순번	생태용수원 조합
1	하류 역펌핑수
2	하수처리장 처리수
3	하수처리장 고도처리수
4	하류 역펌핑수 + 하수처리장 처리수
5	하류 역펌핑수 + 하수처리장 고도처리수
6	하수처리장 처리수 + 하수처리장 고도처리수
7	하류 역펌핑수 + 하수처리장 처리수 + 하수처리장 고도처리수

③ 해당 하천에 생태용수원 및 지류 등이 합류되는 구간과 분류시점, 분류종점, 대표 지점 등을 구성함.

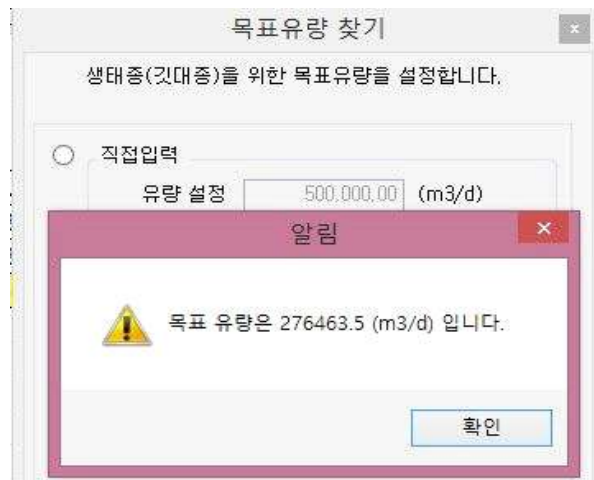
구분	세부명	Reach	합류 위치(km)	합류 방향
분류시점	분류시점	1	13	본류
지류	금강 합류	9	7.42	좌안
지류	하평천 합류	11	7.12	우안
생태용수원	하류 역펌핑수	13	6.52	본류
생태용수원	하수처리장 처리수	14	6.02	우안
생태용수원	하수처리장고도처리	15	5.52	우안
지류	송천천+용추천 합류	17	4.52	좌안
지류	장수천 합류	20	3.54	우안
대표지점	대표지점	22	2.95	본류
분류종점	분류종점	27	0	본류

- ④ 깃대종은 ‘버들치’로 선정하였으며, 설정된 버들치가 서식 가능한 물리적(수심, 유속)수질정보와 화학적(pH, 수온, DO 외 6항목) 수질정보를 설정함
- 서식구간(버들치가 서식 가능한 전체 구간)과 최적구간(버들치가 서식 가능한 상위 50% 구간)으로 나누어 설정함.

수량 항목			
항목명	구분	하한	상한
수심 (m)	서식	0.12	1.10
	최적	0.28	0.36
유속 (m/s)	서식	0	0.54
	최적	0	0.12

수질 항목			
항목명	구분	하한	상한
pH	서식	6.9	8.5
	최적	8	8.49
수온(℃)	서식	9	23
	최적	12.7	21.1
DO (mg/L)	서식	7.5	13.5
	최적	9.4	10.5
SS (mg/L)	서식	1.7	7.8
	최적	4.6	6
Conductivity (μS/cm)	서식	57	323
	최적	130	159
BOD (mg/L)	서식	0.2	1.6
	최적	0.5	1.2
T-N (mg/L)	서식	1.359	4.42
	최적	1.36	2.17
T-P (mg/L)	서식	0.007	0.081
	최적	0.02	0.028
NH3-N (mg/L)	서식	0.011	0.076
	최적	0.061	0.067

- ⑤ 해당 자료를 바탕으로 대표 지점의 목표 유량을 설정함
- 목표 유량은 깃대종인 ‘버들치’의 수심의 최적 하한 수치인 0.28m를 근거로 하여, ‘목표유량 찾기’를 통해 도출된 276,463.5 m³/d를 목표유량으로 설정함.



⑥ 각각의 지류와 생태용수원의 유량, 수질정보 및 기상정보를 입력함.

- 금강 수질자료는 2016년 9월부터 10월까지의 월 대표 수질결과를 활용했으며, 기상자료는 해당 기간의 기상청 평균자료를 모의에 이용하였음.

분류	
유량: 0.5 m³/s	
수질	적용값
수온(℃)	20
Conductivity(μS/cm)	122
pH	8
DO(mg/L)	9.3
SS(mg/L)	9.4
BOD(mg/L)	1.3
T-N(mg/L)	2.182
NH3-N(mg/L)	0.275
T-P(mg/L)	0.046

유입 지류	금강 합류	하평천 합류	송천천+용추천 합류	장수천 합류
유량(m³/s)	0.9	0.1	0.9	0.5
수온(℃)	20	20	20	20
Conductivity(μS/cm)	126	147	149	161
pH	7.9	7.8	7.7	8
DO(mg/L)	9.7	9.2	9.5	10.2
SS(mg/L)	6.7	8.5	6.4	19.9
BOD(mg/L)	1.1	1.4	1.4	1.2
T-N(mg/L)	3.206	4.087	4.255	3.942
NH3-N(mg/L)	0.635	1.894	0.798	1.55
T-P(mg/L)	0.04	0.044	0.048	0.037

구분	하수처리장 처리수	하수처리장 고도처리수	하류 역펌핑수
가용용수량(m ³ /d)	30,000	30,000	32,000
수온(℃)	20	20	20
Conductivity(μS/cm)	100	100	100
pH	7.5	7.5	7.5
DO(mg/L)	2	2	2
SS(mg/L)	5	2.5	2.5
BOD(mg/L)	2.5	1.25	1.25
T-N(mg/L)	10	5	5
NH3-N(mg/L)	0.1	0.05	0.05
T-P(mg/L)	0.1	0.05	0.05

구분	기온(℃)						풍속(m/s)
시간	0	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6.3
AM	20	19.9	19.4	20	20.5	20.4	
PM	24	24.1	23.3	22.6	22.6	22.2	
시간	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	Cloud(%)
AM	21.6	22.2	23.3	22.5	22.9	23.6	0
PM	22.1	21.9	21.7	21.6	21.9	21.8	

(라) 모의결과

- ‘목표유량 고정형’으로 구동하였으며, 결과는 다음과 같음.

구분	점수	생태용수 조합비율 (m³/d)			수량				수질(mg/L)										경제성			물 순환건전도
		하류 역평평수	하수 처리장 처리수	하수 처리장 고도처리	수심 (m)	유속 (m/s)	유량 (m³/s)	수량 점수	수온 (℃)	Conductivity (µS/cm)	pH	DO	SS	BOD	T-N	NH ₃ -N	T-P	수질 점수	생산 단가 (원)	시설비(백만원)	경제성 총점	
1	68.61	25904	0	0	0.28	1.143	3.2	50	17.948	125.5	7.403	9.464	7.355	1.071	3.439	0.712	0.037	76.52	0	5,000,000	100	80
2	68.11	20723.2	5180.8	0	0.28	1.143	3.2	50	17.949	125.5	7.403	9.457	7.401	1.094	3.533	0.713	0.038	76.05	10	6,000,000	96.94	80
3	67.62	15542.4	10361.6	0	0.28	1.143	3.2	50	17.95	125.5	7.402	9.45	7.448	1.117	3.626	0.714	0.039	75.58	20	7,000,000	93.89	80
4	67.61	20723.2	0	5180.8	0.28	1.143	3.2	50	17.95	125.5	7.402	9.45	7.355	1.071	3.439	0.712	0.037	76.51	20	14,000,000	90	80
5	67.12	10361.6	15542.4	0	0.28	1.143	3.2	50	17.951	125.5	7.401	9.443	7.495	1.141	3.72	0.715	0.04	75.1	30	8,000,000	90.83	80
6	67.11	15542.4	5180.8	5180.8	0.28	1.143	3.2	50	17.951	125.5	7.401	9.443	7.401	1.094	3.533	0.713	0.038	76.04	30	15,000,000	86.94	80
7	66.63	5180.8	20723.2	0	0.28	1.143	3.2	50	17.952	125.5	7.401	9.435	7.542	1.164	3.813	0.716	0.041	74.63	40	9,000,000	87.78	80
8	66.62	10361.6	10361.6	5180.8	0.28	1.143	3.2	50	17.952	125.5	7.401	9.435	7.448	1.117	3.626	0.714	0.039	75.57	40	16,000,000	83.89	80
9	66.6	15542.4	0	10361.6	0.28	1.143	3.2	50	17.952	125.5	7.4	9.435	7.355	1.071	3.439	0.712	0.037	76.5	40	23,000,000	80	80
10	66.14	0	25904	0	0.28	1.143	3.2	50	17.953	125.5	7.4	9.426	7.588	1.187	3.907	0.717	0.042	74.16	50	10,000,000	84.72	80
11	66.12	5180.8	15542.4	5180.8	0.28	1.143	3.2	50	17.953	125.5	7.4	9.427	7.495	1.141	3.72	0.715	0.04	75.1	50	17,000,000	80.83	80
12	66.11	10361.6	5180.8	10361.6	0.28	1.143	3.2	50	17.953	125.5	7.4	9.427	7.401	1.094	3.533	0.713	0.038	76.03	50	24,000,000	76.94	80
13	65.63	0	20723.2	5180.8	0.28	1.143	3.2	50	17.954	125.5	7.4	9.419	7.541	1.164	3.813	0.716	0.041	74.63	60	18,000,000	77.78	80
14	65.61	5180.8	10361.6	10361.6	0.28	1.143	3.2	50	17.954	125.5	7.4	9.42	7.448	1.118	3.626	0.714	0.039	75.56	60	25,000,000	73.89	80
15	65.6	10361.6	0	15542.4	0.28	1.143	3.2	50	17.954	125.5	7.399	9.419	7.355	1.071	3.439	0.712	0.037	76.5	60	32,000,000	70	80
16	65.12	0	15542.4	10361.6	0.28	1.143	3.2	50	17.955	125.5	7.399	9.411	7.495	1.141	3.72	0.715	0.04	75.09	70	26,000,000	70.83	80
17	65.1	5180.8	5180.8	15542.4	0.28	1.143	3.2	50	17.955	125.5	7.399	9.411	7.401	1.094	3.533	0.713	0.038	76.03	70	33,000,000	66.94	80
18	64.61	0	10361.6	15542.4	0.28	1.143	3.2	50	17.956	125.5	7.398	9.403	7.448	1.118	3.626	0.714	0.039	75.55	80	34,000,000	63.89	80
19	64.6	5180.8	0	20723.2	0.28	1.143	3.2	50	17.956	125.5	7.398	9.403	7.355	1.071	3.439	0.712	0.037	76.49	80	41,000,000	60	80
20	64.1	0	5180.8	20723.2	0.28	1.143	3.2	50	17.957	125.5	7.398	9.394	7.401	1.094	3.533	0.713	0.038	76	90	42,000,000	56.94	80
21	63.58	0	0	25904	0.28	1.143	3.2	50	17.958	125.5	7.396	9.385	7.355	1.071	3.439	0.712	0.037	76.44	100	50,000,000	50	80

- 총점이 가장 높은 68.61점의 상세 모의 결과는 다음과 같음.

상세 모의결과

수량

수량 가중치	항목	Data	항목별 가중치	항목별 점수	수량 점수
0.4	수심(m)	0.28	0.50	100.00	50.00
	유속(m/s)	1.143	0.50	0.00	

수질

수질 가중치	항목	Data	항목별 가중치	항목별 점수	수질 점수
0.4	pH	7.403	0.11	72.86	76.52
	수온(℃)	17.948	0.11	100.00	
	DO(mg/L)	9.464	0.11	100.00	
	SS(mg/L)	7.355	0.11	62.37	
	Conductivity(μS/cm)	125.5	0.11	96.92	
	BOD(mg/L)	1.071	0.11	100.00	
	T-N(mg/L)	3.439	0.11	71.80	
	T-P(mg/L)	0.037	0.11	91.65	
	NH3-N(mg/L)	0.712	0.12	0.00	

경제성

경제성 가중치	항목	Data	항목별 가중치	항목별 점수	경제성 점수
0.1	생산단가(원/m³)	0.00	0.5	100.00	100.00
	시설비(원)	5,000,000.00	0.5	100.00	

물순환 건전도

물순환건전도 가중치	항목	Data	항목별가중치	항목별 점수	물순환건전도 점수
0.1	물순환건전도	80.00	1.00	80.00	80.00
				총점	68.61

(마) 모의결과활용

- 생태용수량 조합 결정기법으로 최적의 유지용수 확보 시나리오를 도출함.
- 도출된 모의결과를 토대로 예비타당성조사 용역보고서에 반영하였음.
- 하천사업 이후 모니터링 단계에서 서식조건과 생태종과의 적합성 및 목표도달 기준 제시가 가능함.

(3) 유지관리용 EcoR3-DSS 프로그램 및 실시간하천 모니터링 시스템 적용

(가) 개요

- ① 사업명 : 양재천 테스트베드 설치사업
- ② 대상지 : 양재천
- ③ 사업목적 : 테스트베드 검증
- ④ 과업기간 : 2015.06 ~ 2017.03

(나) 대상지현황



생태하천명	양재천
생태하천 설명	서울시 서초구 관할구간
관리구간 총연장(km)	3.587
하폭(m)	10.50
유역등급	Ⅱ
유역면적(km ²)	57.12
위도(° ' ")	37° 27' 00"
경도(° ' ")	127° 01' 00"

(다) 모의방법

① 해당 하천의 Reach를 구성함.

Reach	조사지점	지점명 ->누적거리	구분	길이(km)	하폭(m)	하상경사
1	양재천 상류	6.240	본류	0.534	8	0.003058
2	양재천 상류	5.706	본류	0.1	7	0.003058
3	양재천 상류	5.606	본류	0.222	9	0.003058
4	양재천 상류	5.384	본류	1.797	15	0.003058
5	양재천 상류	3.587	본류	0.102	15	0.003058
6	양재천 중상류	3.485	본류	0.1	10	0.003058
7	양재천 중상류(대표지점)	3.385	본류	0.356	7	0.003058
8	양재천 중상류	3.029	본류	0.639	10.5	0.003058
9	양재천 중상류	2.390	본류	0.2	10.5	0.001484
10	양재천 중류	2.190	본류	0.2	10.5	0.001484
11	양재천 중류	1.990	본류	0.195	10.5	0.001484
12	양재천 중류	1.795	본류	0.898	10	0.001484
13	양재천 합류	0.897	본류	0.099	16	0.001484
14	양재천 하류	0.798	본류	0.3	12	0.001484
15	양재천 하류	0.498	본류	0.1	12	0.001484
16	양재천 하류	0.398	본류	0.398	12	0.001484

② 해당 하천에 사용가능한 용수원을 입력함.

구분	생태용수원명	생산단가 (원/m³)	시설비 (원)	최대가용량 (m³/d)	물순환건전도 (점수)
1	하구취수정	500	20,000,000	30,000	80
2	하구취수정 수질개선	1000	20,000,000	30,000	80

- 목표 수질·수량 확보를 위한 시나리오 구성 : 목표 수질 및 수량에 수렴하기 위한 시나리오는 다음과 같이 3개의 시나리오를 생성해 모의를 수행함.

순번	생태용수원 조합
1	하구 취수정
2	하구 취수정 수질개선
3	하구 취수정 + 하구 취수정 수질개선

- ③ 해당 하천에 생태용수원 및 지류 등이 합류되는 구간과 본류시점, 본류종점, 대표 지점 등을 구성함.

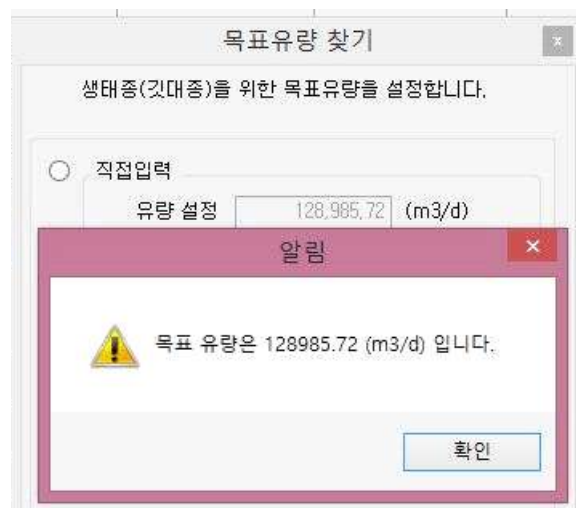
구분	세부명	Reach	합류위치(km)	합류방향
본류시점	본류시점	1	6.24	본류
생태용수원	하구취수정	2	5.706	우안
생태용수원	하구취수정 수질개선	3	5.706	좌안
대표지점	대표지점	7	3.385	본류
지류	여의천합류	9	2.39	우안
본류종점	본류종점	16	0	본류

- ④ 깃대종은 ‘참갈겨니’로 선정하였으며, 설정된 어류가 서식 가능한 물리적(수심, 유속) 수질정보와 화학적(pH 외 8항목)수질정보를 설정함. 서식구간(참갈겨니가 서식 가능한 전체 구간)과 최적구간(참갈겨니가 서식 가능한 상위 50% 구간)으로 나누어 설정함.

수량 항목			
항목명	구분	하한	상한
수심 (m)	서식	0.10	1.5
	최적	0.30	0.55
유속 (m/s)	서식	0	1.7
	최적	0.13	0.55

수질 항목			
항목명	구분	하한	상한
pH	서식	6.0	9.7
	최적	7.9	8.5
수온(℃)	서식	6.4	29
	최적	17	24
DO (mg/L)	서식	4.1	14.4
	최적	8.7	10.6
SS (mg/L)	서식	0.1	365.5
	최적	2	6
Conductivity (μS/cm)	서식	55	421
	최적	121	166
BOD (mg/L)	서식	0.1	55.5
	최적	0.6	1.2
T-N (mg/L)	서식	0.78	4.75
	최적	1.56	2.17
T-P (mg/L)	서식	0	0.266
	최적	0.015	0.033
NH3-N (mg/L)	서식	0	0.371
	최적	0.025	0.062

- ⑤ 해당 자료를 바탕으로 대표 지점의 목표 유량을 설정하였다. 목표 유량은 깃대종인 ‘참갈겨니’의 수심의 최적 하한 수치인 0.3m를 근거로 하여, ‘목표유량 찾기’를 통해 도출된 128,985.72 m³/d를 목표유량으로 설정함.



⑥ 각각의 지류와 생태용수원의 유량, 수질정보 및 기상정보를 입력함.

- 양재천 수질자료는 2015년 6월부터 10월까지의 월 대표 수질결과를 활용함.
- 기상자료는 기상청의 1981~2010년까지의 평균자료를 이용하여 모의에 이용함.

항목	본류	유입 지류	생태용수원	
명칭	양재천	여의천 합류	하구취수정	하구취수정 수질개선
유량	0.99 cm ³ /s	1.3 cm ³ /s	30,000 m ³ /d	30,000 m ³ /d
수온(℃)	14	10	15	15
Conductivity (μS/cm)	66	53.4	55	55
pH	7.5	7.65	7.5	7.5
DO(mg/L)	8.2	9.15	10.1	10.1
SS(mg/L)	5.0	39	6.6	3.3
BOD(mg/L)	2.3	9.5	3.0	1.5
T-N(mg/L)	6.98	6.00	6.097	3.000
NH3-N(mg/L)	1.25	0.27	1.944	1.000
T-P(mg/L)	0.540	0.23	0.319	0.150

구 분	기온(℃)						풍속(m/s)
시 간	0	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	1.2
A M	8.1	7.8	7.5	7.2	7.1	7	
P M	14.3	14.3	14.6	14.9	14.2	13.4	
시 간	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	Cloud(%)
A M	6.9	7.3	8	8.5	9	12.5	3.0
P M	12.9	12.2	11.8	11.4	10.8	10.3	

(라) 모의결과

- ‘목표유량 고정형’으로 구동하였으며, 결과는 다음과 같음.

구분	점수	생태용수 조합비율 (m ³ /d)		수량				수질(mg/L)										경제성			물순환건전도
		하구 취수정	하구 취수정 수질개선	수심 (m)	유속 (m/s)	유량 (m ³ /s)	수량 점수	수온 (℃)	Conductivity (μS/cm)	pH	DO	SS	BOD	T-N	NH ₃ -N	T-P	수질 점수	생산 단가 (원)	시설비 (백만원)	경제성 총점	
1	79.09	28242.5	15207.5	0.24	0.622	1.493	90.97	9.398	55.304	7.275	10.007	2.025	0.956	2.374	0.578	0.102	76.44	675	20,000,000.00	41.25	80
2	79.05	26070	17380	0.24	0.622	1.493	90.97	9.398	55.304	7.275	10.009	1.97	0.931	2.322	0.562	0.099	76.67	700	20,000,000.00	40	80
3	78.99	23897.5	19552.5	0.24	0.622	1.493	90.97	9.399	55.304	7.275	10.01	1.915	0.906	2.27	0.546	0.096	76.82	725	20,000,000.00	38.75	80
4	78.93	21725	21725	0.24	0.622	1.493	90.97	9.399	55.304	7.275	10.011	1.859	0.881	2.218	0.53	0.094	76.97	750	20,000,000.00	37.5	80
5	78.86	19552.5	23897.5	0.24	0.622	1.493	90.97	9.399	55.304	7.275	10.012	1.804	0.856	2.166	0.514	0.091	77.11	775	20,000,000.00	36.25	80
6	78.75	17380	26070	0.24	0.622	1.493	90.97	9.399	55.304	7.275	10.013	1.749	0.831	2.114	0.499	0.088	77.16	800	20,000,000.00	35	80
7	78.64	15207.5	28242.5	0.24	0.622	1.493	90.97	9.4	55.304	7.275	10.014	1.693	0.806	2.062	0.483	0.085	77.2	825	20,000,000.00	33.75	80

(마) 모의결과활용

- 적정 유지용수량 결정기법으로 최적의 유지용수 확보 시나리오를 도출함
- 도출된 모의결과를 토대로 예비타당성조사 용역, 기본 및 실시설계 용역 등에서 생태어종의 서식환경 조성을 위한 근거자료로 활용이 가능함.
- 하천사업 이후 모니터링 단계에서 서식조건과 생태종과의 적합성 및 목표도달 기준 제시가 가능함

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

- 가. 자연형하천 조성에 있어 하천 유지용수의 수량 수질 결정에 대한 의사결정 지원시스템의 현장적용 및 상용화.
- 나. 기존 개발기술의 성능개선, 서식조건을 고려한 로직 및 알고리즘 개선, 실제 하천 대상지의 적용을 통한 시스템 검증 및 완성, 개발제품의 구매대상선정, 마케팅 전략 수립 등의 목표 달성.

2. 관련 분야 기여도

- 가. 서식조건을 고려한 수량수질 결정기술 개발에 의한 기술 우위 점유(세계 최초 기술).
- 나. 생태어중에 적합한 서식조건 DB의 프로그램 탑재로 별도의 실험이나, 자료의 검색 없이 의사결정 수행 가능.
- 다. 통합수질관리기법의 발달에 따라 하천 건천화 방지사업, 수생태계 건전성 확보, 생태하천 공원화, 비점오염저감사업 등 다양한 하천사업에서의 적용 가능.
- 라. 유닛화된 자연형하천 모니터링시스템을 통해 현장 데이터 수집 및 활용분야의 신시장 창출 가능.
- 마. 하천유지용수 확보기법의 평가 가이드라인 제시 가능(정량적/목표지향적).
- 바. Ubiquitous monitoring 수요 확대에 따른 모니터링시스템 주요 센서의 수입 극복 가능.
- 사. 각 지자체별 자연형 및 생태하천복원 도입시 30% 이상의 가치 향상 및 3,000억원 이상의 직·간접적 기대효과 예상.

제5장. 연구개발성과의 활용계획

- 가. 본 기술을 실제하천을 대상으로 하천용수 모니터링 시스템의 시범설치를 실시 및 검증을 하였으며, 이를 통해 모니터링시스템으로부터 수집된 데이터를 이용한 실제 의사결정시스템의 구동 및 하천유지용수의 모의를 실시하고 있음.
- 나. 지자체, 계획·설계 용역사 등 공공 중심의 수요처의 발굴 및 마케팅방안의 결정으로 실제 계약 및 매출 발생을 계획 및 실시하고 있음.

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

- 해당 없음.

제7장. 연구개발성과의 보안등급

- 해당 없음.

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비현황

- 해당 없음.

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치이행실적

1. 연구실 안전조치 이행계획

가. 기술적 위험요소 분석

나. 연구실 안전조치 이행계획 및 단계별 예방대책

- (1) 참여연구원들의 휴먼에러(human error)를 예방하고 연구실의 안전을 확보하기 위해서 예방적 차원의 조치들의 순서를 다음 순서와 같이 진행하고자 함.
- (2) 본 구조재료 실험 연구실의 안전점검 및 정밀안전진단을 실시함.
- (3) 참여연구원들의 교육훈련 및 건강검진을 실시함.
- (4) 참여연구원들의 산재보험가입을 함.
- (5) 연구실의 위험 요소 자체를 근본적으로 없애기 위한 노력을 기울임.
- (6) 현실적으로 위험 요소 자체를 100% 없애거나 어려운 경우 이를 완화할 수 있는 방법을 강구함.
- (7) 심리적 갈등이나 휴먼에러 등이 발생해도 사고로 이어지지 않게 하는 방호장치(안전장치)를 부착함.
- (8) 사고가 발생할 가능성이 있거나 사고가 발생하는 경우 조치를 위한 경보장치를 부착함.
- (9) 위험요소에 노출을 막기 위한 개인보호구를 구비함.
- (10) 참여연구원 스스로 심리적으로 안정된 환경유지로 안전 규칙 등을 준수할 수 있도록 권고함.
- (11) 참여연구원들에게 안전 확보를 위해 고려해야 하는 각 조치들은 위와 같은 순서를 따르게 하고 초기 단계일수록 안전에 기여하는 정도가 크기 때문에, 설계 단계에서부터 근원적으로 사고를 예방하는 것이 가장 효과적임.

다. 안전관리대책

- (1) 근원적으로 에러를 100% 막는다는 것은 실제로 매우 힘들 수 있고, 경제성 때문에 그렇게 할 수 없는 경우가 많음.
- (2) 이런 경우에는 가능한 에러 발생 확률을 최대한 낮추어 줄 수 있는 심리적 안전 환경 유지, 재료나 기계·설비 등을 사용한다. 본 구조 재료 연구실에서는 가구·기계·설비 등의 모서리의 각을 완화시켜 충돌 시 다치는 것을 방지하고자 함.
- (3) 또한, 강화 유리를 사용한 실험 도구 등을 사용하여 파열 등의 사고를 완화시키는 한편 다음과 같은 연구실안전 확보 계획을 준수하도록 함.

라. 방호장치(안전장치) 활용

- (1) 방호장치(안전장치)는 연구실에서 사용하는 기구·기구·설비 등에 사고를 예방하기 위한 장치로 콘크리트 믹서기와 같은 기계의 위험한 구역에 심적 현상인 무의식적으로 손을 넣을 경우 광센서에 의해 자동으로 기계를 멈추게 하는 등 본 연구실에 이미 이와 같은 방호장치가 구비되어 있는 관계로 이를 적절히 활용함.

마. 경보장치 활용

- (1) 경보장치는 사고가 발생하려는 징후가 있거나, 사고가 발생한 경우에 이를 알려주는 장치로 화재경보기나 실험 설비 등에 이상이 있을 때 경보를 알려줄 수 있도록 하는 것으로 본 구조재료 실험동에 경보장치가 설치되어 있어 이러한 경보시스템 또는 안전 표지판 등을 이용함.

바. 개인보호구 이용

- (1) 사고가 나거나, 위험 요인에 노출될 때를 대비해 참여연구원들에게 헬멧이나, 보안경을 착용하도록 함.

사. 참여연구원들의 규칙 준수

- (1) 위에 언급한 조치들에 의해 위험요소가 완화되거나 각종 방호장치, 경보장치, 개인 보호구가 갖추어지더라도, 최종적으로 안전에 대해서도 각 참여연구원이 안전 규칙을 준수해 행동하도록 주지시킴.
- (2) 이렇게 할 때에 사고를 사전에 예방하거나, 사고가 나더라도 그 피해를 최소화할 수 있음.
- (3) 새롭게 연구 장비 및 실험체들을 구입하거나 제작할 때, 이러한 에러 제거 원칙과 에러 완화 원칙 등이 충분히 반영되도록 계획함.

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/ 기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
1	특허 출원	수공간에서의 생태복원용 처리수 공급 제어시스템	플러스 파운틴 (주)	주관	국내		2016.03.24		
2	특허 출원	수공간에서의 생태복원용 처리수 공급 제어방법	플러스 파운틴 (주)	주관	국내		2016.03.24		
3	특허 출원	입상알칼리제를 활용한 물의 부식성개선 시스템 및 방법	한국건 설기술 연구원	공동	국내		2016.03.17		
4	특허 등록	수공간에서의 생태복원용 처리수 공급 제어시스템	플러스 파운틴 (주)	주관	국내		2017.05.11		
5	특허 등록	입상 알칼리제를 활용한 물의 부식성개선 시스템 및 방법	한국건 설기술 연구원	공동	국내		2016.11.24		
6	논문	천연조류제거제를 활용한 응집 부상 전처리공정의 기존 응집공정 대체 가능성	한국건 설기술 연구원	공동	국내		2017.02.02	단독사사	일반 학술지
7	논문	하천 및 호소 수질정화기술 고찰	한국건 설기술 연구원	공동	국내		2016.03.24	단독사사	학술발표
8	논문	퇴비화 공정원리를 이용한 고농도 유기성 폐수 감량 소멸장치의 운전조건 검토	한국건 설기술 연구원	공동	국내		2016.10.18	단독사사	학술발표
9	S/W 등록	자연형 하천 수량 수질 의사결정지원 및 관리프로그램	플러스 파운틴 (주)	주관	국내		2016.03.15		
10	홍보물 저작권	자연형 하천 수량 수질 의사결정 관리기술 실용화 홍보동영상	플러스 파운틴 (주)	주관	국내		2016.11.23		

제11장. 기타 사항

- 가. 정부 및 지자체의 하천 복원 사업 시 본 연구의 핵심성과인 의사결정지원시스템 및 프로그램은 대상지의 권역별 측정망 연동과 호환할 수 있도록 구성하였음. 다만, 사업 수행 시 일부 커스터마이징이 필요함.
- 나. 본 사업은 생태어류(70종)에 대한 DB를 구축하였으나, 추후 후속 과제를 통한 DB 업데이트가 필요함.
- 다. 하천복원사업 이후 유지관리단계에서 식생의 모니터링 뿐 만 아니라 생태 어류, 조류 및 저서생물 등에 대한 모니터링은 필수적으로 판단되며, 각 분야별 전문가 그룹에 의한 모니터링이 필요함.

제12장. 참고 문헌

1. 건설교통부, 영산강·섬진강 수계 하천수 사용실태 조사 및 하천유지유량 산정 보고서.
2. 건설교통부, 자연·사회환경 개선을 위한 하천유지유량 산정방안 보고서.
3. 김정곤, 하천의 생태유량 산정 및 건강성 평가를 위한 모니터링 현황, 2008.
4. 지광재, 농경습지의 수생식물 분포 특성, 2008.
5. 한국수자원공사, 하천유지유량 결정방법의 개발 및 적용, 1995
6. 환경부, 쉬리야 꼬치동자개를 보았니?, 2009.
7. 한국환경정책·평가연구원, 실시간 수질모니터링 및 모델링 체계에 관한 고찰, 2009.
8. 환경부 환경관리공단, 하수처리수 재이용 가이드 북, 2007.
9. 환경부, 물순환 이용체계 개선에 관한 연구, 2006.
10. 환경부, 양직의 상수원 확보 및 유지관리기술, 2007.
11. 권보민, 유지관리 의사결정을 위한 비용분석에 관한 연구, 대한환경공학회 제23권 제1호, 2007
12. 한국수자원공사, 하천유지유량 결정방법의 개발 및 적용, 1995.
13. 수생태복원 사업단, 수생태계 복원을 위한 용수확보기술 및 최적관리기법 개발, 2009.
14. 한국환경정책·평가연구원, 용수목적별 수질 적정성 시범평가 및 환경기준 마련 연구, 2008.
15. 한국수자원공사, 합류부의 흐름 및 하상변동에 관한 연구(반변천과 길안천 합류부)-어류분야, 2009.
16. 한국수자원공사, 환경유량산정 및 하천건강성평가를 위한 어류 모니터링기법 확립 발표자료, 2008.
17. 한국환경정책·평가연구원, 도시하천이 유지용수량 산정 및 확보방안 연구, 2001.
18. 수자원연구원 수자원정책연구소, 환경개선용수 관련 국외출장 보고서, 2007.
19. 경기개발연구원, 경기도내 하천의 건천화 방지에 관한 연구 보고서, 2003.
20. 환경부, 생태하천 복원사업 중장기 추진계획, 2010
21. 환경부, 생태하천 복원사업 추진지침, 2011
22. EPA, Ecological Restoration - EPA 841-F-95-007, 1995.
23. U.S. Department of the Interior, The Instream Flow Incremental Methodology A Primer for IFIM, 1995.
24. 大垣眞一郎、河川の水質と生態系—新しい河川環境創出に向けて—、財団法人 河川環境管理財団、技報堂出版、2007、pp. 1—88.

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 사업화과제(자연형하천 조성을 위한 수량수질 의사결정·관리기술 실용화사업)의 연구보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구 개발성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.