보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( )

물관리연구사업 제6차년도 최종보고서

발간등록번호
11-1613000-002109-01

R&D /
16CCTI-B060950-06

첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화 최종보고서(별권)

2018. 01. 22

주관연구기관 / 서울대학교 산학협력단
협동연구기관 / 충남대학교 산학협력단
연세대학교 산학협력단
K-water

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

16CCTI-B060950-06

첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화 최종보고서 별권

2018

물관리연구사업 6차년도 최종보고서

국토교통과학기술진흥원
국토교통부

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 물관리연구사업의 연구보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.

비매품/무료
93530
9 791188 683017
ISBN 979-11-88683-01-7

목 차

1. 1세부: 대하천 친환경 시설물 및 하도 유지관리 기술 개발 ····· 1

가. 1-1 세세부: 유역침식을 고려한 하도 안정화 기술 개발 ····· 3
(1) 하도 안정화 기술 개발 ····· 3
(2) 유역침식을 고려한 준설하천의 하도 안정화를 위한 구조적, 비구조적 관리 지침서 개발을 위한연구 ····· 3
(3) 실무자를 위한 사용자 매뉴얼 개발 ····· 13
(4) 기술실시계약 및 기술워크숍 개최 ····· 14
나. 1-2 세세부: 사주발생제어 및 저수로 안정화기술 개발 ····· 15
(1) 수치모형의 적용성 검증 ····· 15
(2) 수제설치에 따른 하도변화 분석(수치모의 및 내실실험) ····· 16
(3) 저수로 안정성 평가지표 ····· 20
다. 1-3 세세부: 유역침식 제어기술 개발 ····· 25
(1) 유역침식 제어기술 개발 ····· 25
(2) 유역유사 예측 및 유사관리 가이드라인 보고서 ····· 25
라. 1-4 세세부: 다기능보 배사 효율 극대화 및 하류 세굴 방지 방안 연구 ····· 27
(1) 다기능보 퇴적 저감을 위한 운영시나리오 산정 및 운영 방안 마련 ····· 27
(2) 세굴 피해 저감을 위한 다기능보 상하류 보 운영 조건 제시 ····· 29
(3) 하류 세굴 저감 방안 제시 (하천 설계 기준 개정) ····· 32
(4) 현장 자료를 통한 검증 ····· 36
마. 1-5 세세부: 하천시설관리 최적화 기술 개발 ····· 37
(1) 홍수터 친수시설 안정성 평가 기술 개발 ····· 37
(2) 어도 이용효율 평가 기술 개발 ····· 41
(3) 유속측정용 GPS 전자부자 개발 ····· 46
(4) 복단면 수리 실험 및 요소기술 고도화를 위한 현장 실험 ····· 48
바. 1-6 세세부: 홍수량 조절시설 최적 운영 기술 적용, 합류부 하상 안정화를 위한 구조적 대책 개발 ····· 50
(1) 하천진단시스템 홍수량 조절시설 연구내용 반영 및 최적 운영 및 유지관리 가이드라인(안) 내용 보완 ····· 50
(2) 합류부 하도변화 분석 및 안정화 가이드라인 개발 ····· 55
사. 1-7 세세부: 신설 수공구조물을 고려한 하천운영 고도화 기술 개발 ····· 62
(1) 지형관리 시스템 및 통합 시뮬레이션 시스템 개발 ····· 62
(2) 하천시설물 운영을 고려한 하천진단시스템 설계 및 개발 ····· 63

(3) 하천시설물 운영을 고려한 하천진단시스템 고도화 ····· 66
아. 연구성과의 검증방안 및 한계점 ····· 76

2. 2세부: 첨단기술 기반 하천계측 및 운영 기술 개발 ····· 79

가. 2-1 세세부: 휴대용 초음파 유속계의 사용자 인터페이스 개발
및 성능 검증(2-4-2) ····· 81
(1) 새로운 유량산정 프로그램 개발 ····· 81
(2) 유량산정 프로그램 검증 및 보완 ····· 83
(3) 모바일앱 및 PC 후처리 프로그램 개발 ····· 84
(4) 유속계 시제품의 성능 평가 및 보완 ····· 86
나. 2-2 세세부: 첨단기술을 이용한 하천 조사기술 개발 ····· 87
(1) 하상측정 기술 개발 ····· 87
(2) 첨단기술을 이용한 하천조사기술의 효율성 ····· 90
(3) LBS 기반 GIS 통합 하상 모니터링 프로그램 개발 ····· 92
다. 2-3 세세부: Smart River 정보관리 기술개발 ····· 93
(1) 하천공간정보 표준 데이터모델 개발 ····· 93
(2) 하천공간정보에 대한 웹서비스(HydroG-OneFlow) ····· 94
(3) 통합하천정보시스템 개발 ····· 95
(4) 통합하천정보 제공 운영지침 개발 ····· 99
라. 2-4 세세부: 하천정보 분석 모델 및 예·경보시스템 개발 ····· 101
(1) RiverCAST-K의 개발 ····· 101
(2) RiverALARM-K의 개발 ····· 105
마. 2-4-1 세세부: HydroConnector 개발 및 통합지침서 활용서비스 ····· 111
(1) Hydro Connector 하천정보 연계 운영 프로그램 개발 ····· 111
(2) 타 세부 프로그램과의 결합을 위한 모듈 개발 ····· 113
바. 2-4-2 세세부: 입자혼합모형 가시화 S/W 개발 ····· 116
(1) Development of PMV-2D ····· 116
사. 2-5 세세부: 첨단기술 기반의 지능형 하천정보 제공시스템 개발 ····· 121
(1) 하천예보시스템 구축(RiverCAST-K) ····· 121
(2) 수질사고 경보 시스템 GUI 구축(RiverALARM-K) ····· 124
(3) Hydro Portal 구축 ····· 126
(4) NFC를 이용한 시설물 관리 ····· 127
아. 2-6 세세부: 하천관리기술 검증을 위한 통합테스트베드 운영관리 ····· 128
(1) 3차원 지형 현황조사 ····· 128
(2) 통합테스트베드 자료 구축 ····· 131

자. 2-7 세세부: 실내외 겸용 휴대용 스마트 초음파 유속계 개발 ····· 136
(1) 센서 및 컨트롤러 설계 및 제작 ····· 136
(2) 모바일 앱/PC 프로그램 개발 ····· 143
(3) 수조시험 및 현장시험 ····· 144
(4) 초음파 유속계 실용화과정 간 애로 사항 ····· 150
차. 2-8 세세부: 휴대용 표면영상유속계 시스템 개발 ····· 151
(1) 선행연구사례조사 ····· 151
(2) 휴대용 표면영상유속계의 성능 설정 ····· 152
(3) 스마트폰 영상 유속계 개발 ····· 154
(4) 다중 유속계 유량 산출 시스템 개발 ····· 157
(5) 공인시험성적서 취득 계획안 ····· 160
(6) 표면영상유속계 실용화 간 애로사항 ····· 164
카. 2-9 세세부: 하천계측 유량 불확도 산정 소프트웨어 개발 ····· 165
(1) ADCP 불확도 산정 이론적 표준안 확보 ····· 165
(2) 불확도 평가를 위한 현장 실험 및 자료 분석 ····· 167
(3) ADCP 측정 불확도 산정 소프트웨어(ACUA) 프로토타입 개발 ····· 169
타. 연구성과의 검증방안 및 한계점 ····· 171

3. 3세부: 한국형 수문량 분석 선진화 기술 개발 ····· 175

가. 3-1 세세부: 설계강우의 결정방법 개발 ····· 177
(1) 강우자료 D/B 구축 ····· 177
(2) 지역빈도해석 기법의 표준화 ····· 178
(3) 설계강우량의 시간분포 기법 개선 ····· 182
나. 3-2 세부: 설계강우의 ARF 및 공간분포 산정방법 개발 ····· 190
(1) 레이더 강우 기반 호우중심형 면적우량환산계수(ARF) 산정 ····· 190
(2) 지상강우 기반 호우중심형 면적우량환산계수(ARF) 산정 ····· 192
(3) 레이더 및 지상강우 합성 호우중심형 면적우량환산계수(ARF) 산정 ····· 193
다. 3-3 세세부: 설계홍수량 산정방법 개발 ····· 202
(1) 강우-유출자료 수집 및 검증 ····· 202
(2) 도달시간(Tc) 및 저류상수(K)의 적용성 검토 ····· 205
(3) 설계강우의 임계지속기간 결정 방법 ····· 206
(4) 한국형 유효강우량 산정 가이드 ····· 210
라. 3-4 세세부: 하도추적 및 홍수위 산정기술 개발 ····· 217

(1) Muskingum 기법의 저류상수 K, 가중계수 X에 대한 민감도 분석 ····· 217
(2) 비선형 유하시간 산정공식의 영향 분석 ····· 218
(3) 하도특성에 따른 평창강의 하도홍수해석 매개변수 산정 ····· 219
(4) 청미천에 대한 하도추적 기법 적용 ····· 221
(5) 섬강에 대한 하도추적 기법 적용 ····· 223
(6) 적용모형의 수립: 낙동강 ····· 231
(7) 조위 및 하구둑 운영조건을 고려한 빈도별 홍수위 산정 ····· 235
마. 3-5 세세부: 홍수빈도해석에 의한 설계홍수량 산정방법 일반화 ····· 238
(1) 홍수량 자료의 공간확장기법 적용 ····· 238
(2) 홍수빈도해석에 의한 설계홍수량 결정기법 검토 ····· 243
(3) 대규모 유역의 설계홍수량 산정방안 제시 ····· 244
(4) 미계측 유역을 위한 설계홍수량 산정기법 개발 및 적용 ····· 247
바. 3-6 세세부: 개념적 강우-유출모형을 활용한 홍수량 산정방법 개발 ····· 253
(1) 태풍사상 기반 강우유출모형 매개변수의 지역화 모형 개발 ····· 253
사. 3-7 세세부: 유역특성인자 및 홍수량 산정 통합시스템 구축 ····· 263
(1) 유역정보관리 시스템 설계 및 구현 ····· 263
(2) 홍수량 산정 통합시스템 구축 ····· 264
(3) 통합시스템 적용성 평가 및 기존 유사 모형과의 결과 비교를 통한 신뢰성 검토 ····· 266
(4) 전국단위 유역특성인자 및 매개변수 D/B 구축 ····· 267
(5) 고해상 GIS기반의 홍수량 산정 매개변수의 지역화 ····· 270
(6) 유역 홍수량 산정 통합시스템 메뉴얼 제시 ····· 271
(7) 홍수량 산정 통합시스템의 전국단위 확대 적용 및 평가 ····· 272
(8) 홍수량 산정 통합시스템의 전국단위 확대 적용 및 최종평가 ····· 274
(9) 홍수량 산정 통합시스템 보완 및 세세부 연구결과 최종반영 ····· 275
(10) 설계회사 지원용 SW 제작 및 실무자 교육 ····· 276
아. 연구성과의 검증방안 및 한계점 ····· 278

4. 4세부: 물안보 확보를 위한 하천의 탄력적 물관리 기술 ····· 281

가. 4-1 세세부: 외부환경 변화에 따른 하천 수량 평가 방안 및 매개변수 추정 지원 시스템 개발 ····· 283
(1) SWMM 5의 매개변수 추정 지원 시스템 개발 ····· 283
(2) SWMM 5의 매개변수 추정 지원 시스템 사용자 설명서 및 튜토리얼 작성 ····· 287
(3) 낙동강 표준유역 단위의 물 순환 DB 소프트웨어 개발 ····· 289
(4) 표준유역단위의 물 순환 DB 생성 ····· 290

나. 4-2 세세부: 외부환경 변화에 따른 물 순환 복원 기술 평가 시스템 개발 294
(1) 프로그램 개발 목표 및 구성 ····· 294
(2) 2차년도 - 토지이용 변화에 대한 민감도 분석 도구(LUSM) 개발 ····· 295
(3) 3차년도 - 중소유역 물 순환 취약성 분석 도구(HCVM) 개발 ····· 296
(4) 4차년도 - 물 순환 개선시설 효과 분석 도구(WMAM) 개발 ····· 297
(5) 5차년도 - 중소유역 물 순환 복원을 위한 계획의 우선순위 결정 도구(WMPM) 개발 ····· 297
(6) 6차년도 - LUSM, WMPM의 개선 ····· 299
(7) 개발 프로그램의 가이드라인 작성 ····· 301
(8) 교육회 및 시연회 실시 ····· 302
다. 4-3 세세부: 하천유량관리 고도화 기술 개발 ····· 303
(1) 중권역별 일단위 유량 모의 및 평가 ····· 303
(2) Test bed 자연유량 재산정 및 모형의 결과 비교 ····· 303
(3) 이수기 유지유량 만족도 ····· 304
(4) 중장기 하천유량 예측 ····· 305
(5) 실시간 계측망 설계 가이드라인 전문가 평가 ····· 306
(6) 연구성과 요소기술 연계를 위한 MP 개발 ····· 306
(7) 모바일 앱 시제품 완성 및 사용자 의견수렴 ····· 307
(8) 하천수 이용효율 향상 및 탄력적 운영관리를 위한 실용화 기술 개발 ····· 307
(9) 4세부 연구성과 요소기술 연계 방안 및 실용화 순위 도출 ····· 312
(10) 탄력적 유량관리 실용화를 위한 표준화 ····· 313
(11) 외부환경 제약사항 및 대처방안 ····· 313
(12) 하천수 관리제도 개선 ····· 314
(13) 물안보 R&D 전략과제 도출 ····· 314
(14) 하천유량관리 융·통합 기술 적용에 따른 자료관리 및 분석 툴 개발(위탁) ····· 315
라. 4-4 세세부: 수리권 이용률 및 수자원 가용성 평가 연구 ····· 318
(1) 하천수 사용허가 업무지침 개발 ····· 318
(2) 하천법(시행령 및 시행규칙 포함)과의 법리적 정합성 검토 ····· 318
(3) 사용료 관리기준, 용도범위 기준 등 징수체계 개선안 제시 ····· 320
마. 4-5 세세부: 유역특성을 고려한 구조적 하천수량 확보 기술개발 ····· 322
(1) 수자원 개발 New Trend 기술 조사 ····· 322
(2) 블루댐 및 설치 기법(IPET, CLDT, VT) 개발 ····· 322
(3) 유역 특성 고려한 구조적 하천수량확보 가이드라인 개발 ····· 324
(4) 구조물 평가지표함수 개발 ····· 325
(5) 지역특성을 고려한 물 이용종합계획 수립 ····· 326
(6) 비구조적 방법에 의한 하천유량 관리 기술의 기술이전 ····· 327

바. 4-6 세세부: 용수수급 요소를 고려한 비구조적 하천수량 확보 기술 ····· 330
(1) 확보 기술 개발 ····· 330
(2) 확보 기술 적용 ····· 332
사. 4-7 세세부: 탄력성 평가에 의한 하천수량 가이드라인 개발 ····· 337
(1) 대상유역 선정 및 수자원 확보량 DB 구축 ····· 337
(2) 대상하천의 고밀도 하천수량 분석 ····· 339
(3) 탄력성 평가 가이드라인 적용 및 개선 ····· 341
아. 연구성과의 검증방안 및 한계점 ····· 347

5. 5세부과제(총괄과제): 정성·정량적 성과관리에 관한 연구 ····· 349

가. 총괄과제 설치 및 운영 ····· 351
(1) 총괄과제 사무국 목표 ····· 351
(2) 총괄과제 사무국 설치 및 운영 ····· 354
(3) 총괄과제 업무 추진 계획 및 방법 ····· 356
나. 과제 및 조직관리를 위한 5차년도 주요 업무수행 내용 ····· 358
(1) 연구 성과 관리 ····· 358
(2) 연구 자료 관리 ····· 400
(3) 연구단 조직 관리 ····· 423
(4) 연구단 주요 행사 ····· 427
(5) 연구단 홍보 관리 ····· 439
다. 연구단 하천기술실증·실용화센터 운영 ····· 474
(1) 하천기술실증·실용화센터 운영의 목적 ····· 474
(2) 하천기술실증·실용화센터의 조직 ····· 474
(3) 하천기술실증·실용화센터 운영 ····· 476
라. 하천설계기준 개정 추진 ····· 478
(1) 하천설계기준 개정(안) 추진배경 ····· 478
(2) 하천설계기준 개정(안) 추진 연혁 ····· 478
(3) 하천설계기준 개정(안) 제안 목록 ····· 481
(4) 하천설계기준 개정(안) 상정 및 보완에 대한 자문을 위한 장기전문가 선정 ····· 481
(5) 하천설계기준 개정(안) 마련을 위한 장기전문가 활용 ····· 482
(6) 하천설계기준 개정(안)을 위한 수요조사서 발송 (국토교통부 하천계획과, 2017년 2월 22일) ····· 482
마. 국산 유속계 검증 및 제품화를 위한 유량조사사업단 위탁과제 추진 ····· 483
(1) 센서 실용화 위탁과제의 개요 ····· 483
(2) 유량조사사업단과의 실용화 목표 및 내용 ····· 484

(3) 국산 유속계 검증 및 실용화를 위한 위탁과제 연구성과
(유량조사사업단) ····· 484
바. ARCROM 연구단 사업의 성과분석 및 기술의 경제성 평가 ····· 491
(1) 환경농업가치연구소 위탁과제 추진(3차년도) ····· 491
(2) ㈜다래전략사업화센터 위탁과제 추진(5차년도) ····· 493
사. 연구성과 사업 및 제품화 추진 전략 ····· 499
(1) 실용화 추진전략 개요 ····· 499
(2) 향후 3년간 분기별 실용화 추진전략 및 교육방안 ····· 503
아. 연구단 자체평가회의 개최 ····· 508
(1) 1세부과제 자체평가회의 ····· 508
(2) 2세부과제 자체평가회의 ····· 509
(3) 3세부과제 자체평가회의 ····· 511
(4) 4세부과제 자체평가회의 ····· 512

6차년도 1세부과제

대하천 친환경시설물 및 하도 유지관리 기술 개발

충 남 대 학 교

1. 1세부: 대하천 친환경 시설물 및 하도 유지관리 기술 개발

가. 1-1 세세부: 유역침식을 고려한 하도 안정화 기술 개발

(1) 하도 안정화 기술개발

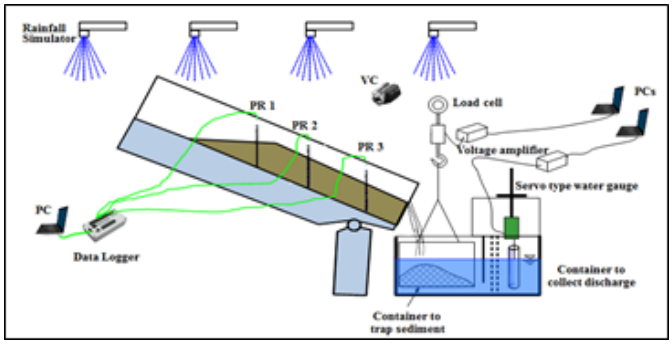
○ 기후변화의 영향으로 나타나는 이상강우에 의해 산지유역에서 다량의 유사가 유입되어 하천에 퇴적하게 되면 하천이 가지고 있는 통수능력이 감소하게 됨. 본 연구에서는 강우에 의해 나타날 수 있는 유역침식과 하천퇴적 및 침식문제에 관한 예측 및 분석기법과 가이드라인 제시하여 실무자의 유사관련 업무를 지원하는 것을 목표로 함.

(2) 유역침식을 고려한 준설하천의 하도 안정화를 위한 구조적, 비구조적 관리 지침서 개발을 위한 연구

(가) 유사발생 Risk-Map 개발

○ (2차년) 단위사면 침식 및 토양유실 메커니즘 분석

- 강우강도, 지하수 함수량 등에 따른 유사 유출 거동과 유출된 유사의 농도와 입도 분석을 통한 한국형 인자 산출
- 강우, 지표면 흐름 깊이, 지표면 피복 상채, 단위수류력 등 토양유실에 지배적인 영향인자 산정

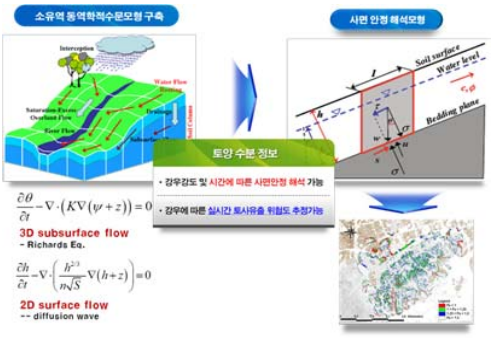


<단위사면 침식 실험모식도>

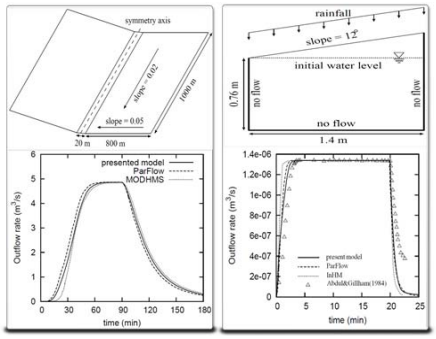


<실험 결과 사면형상>

- 유역 유사유출발생 위험도 평가를 위한 동역학적 사면안정해석모형의 기초단계로서 지표수-지하수 연계 동역학적 수문모형 개발
- 유한체적법을 기반으로 새로운 이산화 및 지표수-지하수 연계방법 개발



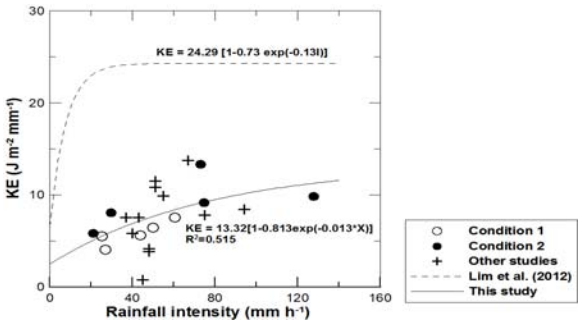
<사면안정해석모형 개념도>



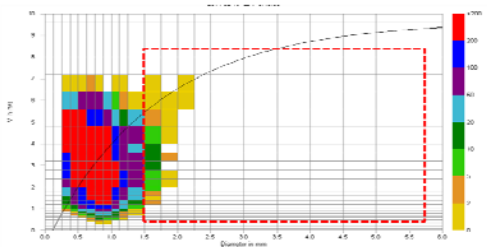
<지표수-지하수 모의 검증결과>

○ (3차년) 토양침식 및 유실 해석 기법 개발

- 토양침식 및 유실 해석 기법 개발을 위한 강우강도의 공간적 분포에 따른 최적 강우 조건을 설정하고 이 조건에서의 강우 입자의 물리적 특성을 분석 함
- 강우특성에 따른 토양침식 및 산사태 연구를 위해 실내 인공강우장치와 사면 모형을 구축을 통한 실내실험 수행(특허출원 및 등록)
- 모형 개선을 위한 레이져 디스트로미터를 이용한 최적 강우조건에서의 강우입자-에너지 관계를 이용한 물리적 특성 분석

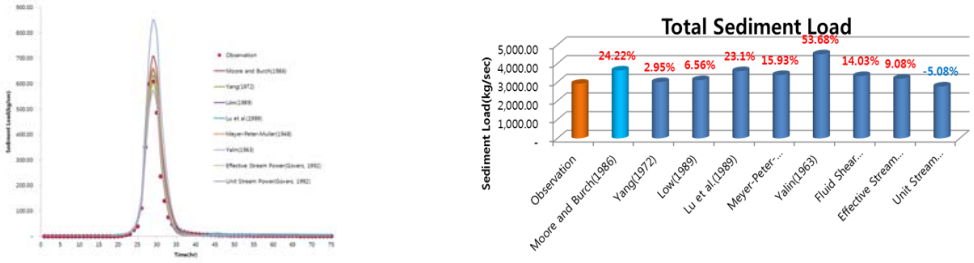


<강우강도와 강우에너지(KE) 관계>



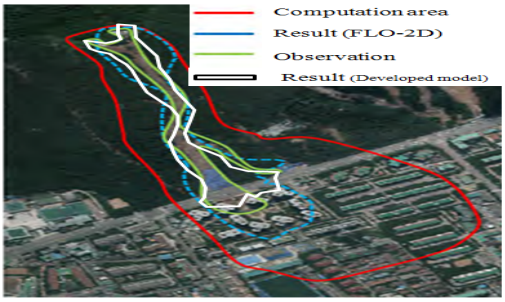
<강우입자크기분포와 강우입자 속도와의 스펙트럼 분석도>

- 다양한 유역 유사유출 공식을 적용한 결과 비교분석을 통해 개발된 분포형 유사유출모형 개선

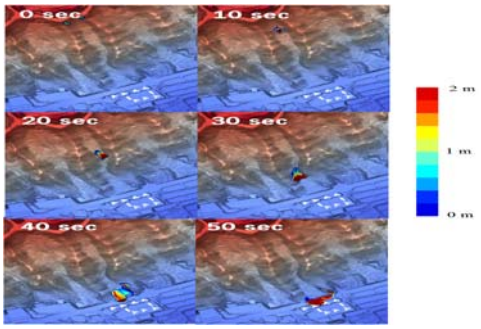


<공식별 결과 비교>

- 소유역 사면안정해석 모형(토석류 해석모형) 개발하여 우면산에서 발생된 산사태 결과와 분석결과의 비교를 통해 모형검증
- 적용결과 실제현상을 유사하게 재현되는 것을 확인함



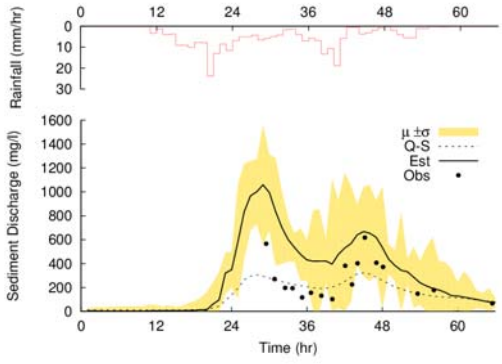
<토석류 유하 영역 비교>



<토석류 깊이 변화>

○ (4차년) 토양유실 위험성 평가

- 모형에 입력되는 여러 인자들의 보정을 위한 불확실성 평가 및 파라메타의 추정기법인 파티클 필터를 개발된 토양침식모델에 추가하여 Test-bed의 지류유역인 금호강유역을 대상으로 분석을 수행함

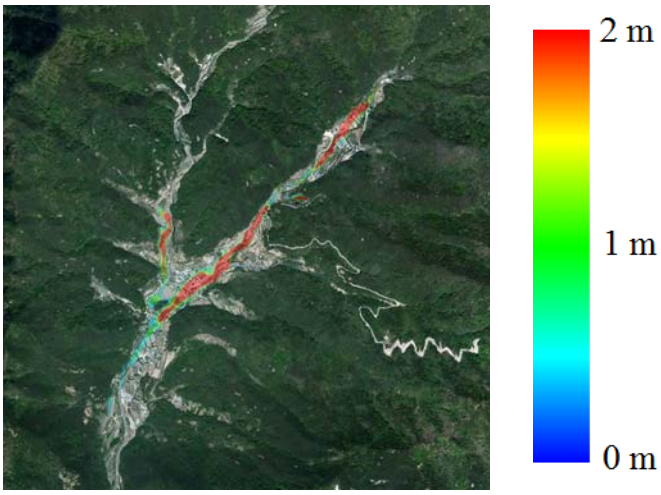


<유사유출량 비교>



<토양 유실 지도>

- 토석류 침식모형의 Test-Bed의 지류인 금호강 유역에 적용을 통한 사면안정 분석



<토석류 모의 결과>

○ (5차년) 토양유실 Risk Map DB구축

- 토양침식, 사면안정, 토양분류와 관련된 법령과 평가지침, 평가기준을 조사하여 유사발생과 관련 있는 인자를 기준으로 유사발생 안정성을 등급화기준을 마련함
- 금호강유역을 대상으로 토양특성 및 유사유출모형의 결과를 이용하여 Risk Map 개발

<평가점수 등급>

등급	평가점수	내용
1	34 ~ 41	· 유사발생이 매우 높으며 유사의 하도유입이 높은 지역으로 유사저감 대책이 필요
2	26 ~ 33	· 유사발생이 높으며 유사의 하도유입이 높은 지역으로 유사저감 대책이 필요
3	19 ~ 26	· 유사발생이 높으며 유사의 하도유입이 예상되는 지역
4	11 ~ 18	· 유사발생이 적으며 유사의 하도유입이 예상되는 지역
5	0 ~ 10	· 유사발생이 미미하며 하천유입에 되더라도 영향이 없는 지역

<사면 및 토양특성 평가표>

사면경사 및 토양특성에 따른 점수					
경사도 (°)	20미만	20 ~ 33	34 ~ 43	44 ~ 53	54 이상
	2	4	6	8	10

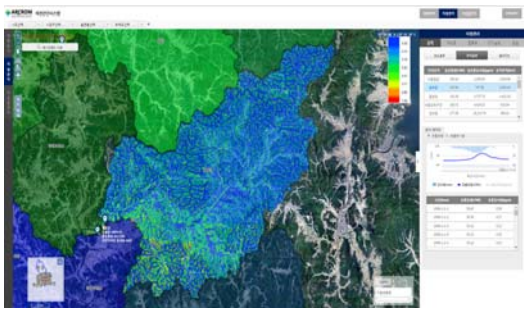
토양 특성에 따른 점수				
구분 \ 점수	1	2	3	4
토성	사질(사력질)-	사양질-	식양질-	미사식양질-
	자갈이 많은	미사사양질	자갈이 많은	식질
	사양질(역질)		사양질(식양질)	
배수등급	매우양호	약간양호	약간불량	불량
투수성 (cm/hour)	매우빠름, 빠름 (> 12.0)	약간 빠름 (12~6.0)	약간느림 (6.0~0.5)	느림, 매우느림 (< 0.5)
투수저해토층의 유무 및 출현 깊이(cm)	존재하지 않음	100~50	50~25	25이하

토지피복에 따른 점수							
수역	습지	시가와 지역	산림지	논	초지	밭	나지
-	-	<선택>	1	3	5	7	10

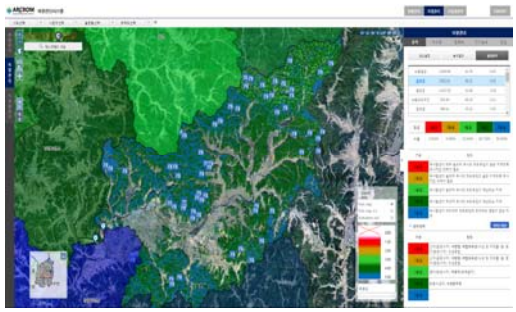
산불 발생여부에 따른 점수	
비산불피해지	산불피해지
1	5

○ (6차년) 유사발생 Risk-Map 개발

- 낙동강유역을 대상으로 분포형 유사유출모형을 적용하여 낙동강 유역의 단위 면적당 유사발생량 및 침퇴적깊이를 계산
- 낙동강 지류인 금호강 유역을 대상으로 등급화된 유사발생 Risk-Map개발(하천진단 시스템 제공)



<금호강유역의 유사침식지도>



<금호강유역의 유사발생 위험지도>

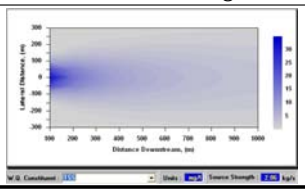
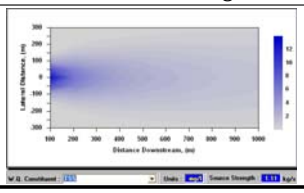
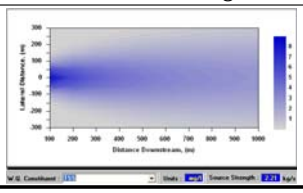
(나) 국내 다기능보에 대한 환경창 16건 수립

○ (2차년) 준설최적화 모형 기반 구축

- 국내외 준설토 처리기법 및 활용방안에 관련한 자료 수집과 하상변동 모형을 통한 준설지점 선정 분석
- 국외 준설최적화 프로그램 적용을 통한 하천준설 최적화모형 개발에 필요한 기반 기술 구축
- 준설주기분석을 위한 준설관련모형 자료 수집 및 유사특성 관련 문헌조사

○ (3차년) 하천준설 최적화 모형 구축 및 시법적용

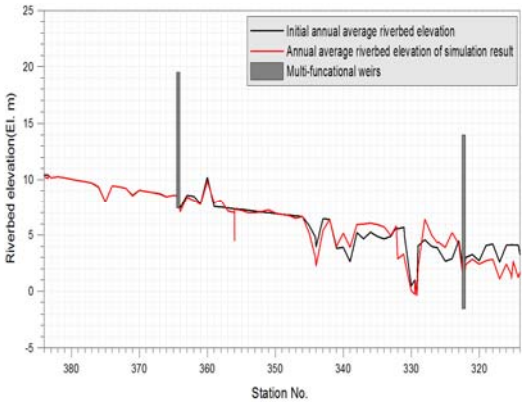
- DREDGE 모형적용: 낙동강을 대상으로 적용

Dredger type	HLC300 type hydraulic cutter suction dredger	HLC150 type hydraulic cutter suction dredger	Grab dredger
Dredger Datas	Cutterhead diameter: 1.3m Cutterhead length: 1.5m Thickness of cut: 1.2 Swing velocity : 0.3m/s	Cutterhead diameter: 0.8m Cutterhead length: 1m Thickness of cut: 0.7 Swing velocity : 0.3m /s	Bucket size: 25㎥ Cycle time:60s
Water Data	Water depth:3.0m Water velocity: 0.61m/s Mean particle size:5um TGU value:5300 g/㎥	Water depth:3.0m Water velocity: 0.61m/s Mean particle size:5um TGU value:5300 g/㎥	Water depth:3.0m Water velocity: 0.61m/s Mean particle size:5um TGU value:5300 g/㎥
Output data			

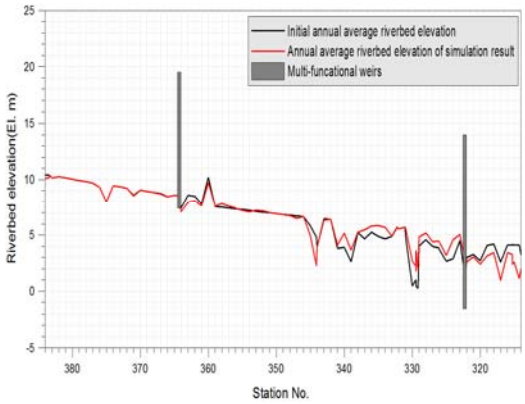
- 개발된 하천준설최적화 모형(RID-2M)과 기존 준설최적화 모형인 SPN-D2M2와 경제적 효율성 비교결과 준설사업비가 18% 감소

○ (4차년) 준설주기분석 및 한국형 환경창 개발

- 준설주기분석을 위해서 장기하상변동모의 및 수문거동모의가 가능한 1차원 하상변동모형인 HEC-RAS를 이용하여 Test-Bed구간(강정고령보-달성보 포함)에서의 다기능보 수문운영 시나리오를 반영한 10년 장기하상변동 분석



<수문항시 개방 모의결과>



<수문항시 개발(홍수기) 모의결과>

- Test-Bed 구간을 대상으로 친수시설, 어류, 조류를 고려한 환경창을 개발하였고 균등가중치와 엔트로피 가중치 산정방법을 적용한 통합 환경창 개발

KEWs factors	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Fish	0.283	0.283	0.283	0.025	0.025	0.194	0.090	0.090	0.090	0.090	0.283	0.283
Bird	0.013	0.035	0.256	0.256	0.256	0.256	0.256	0.256	0.256	0.191	0.052	0.034
RFUF	0.274	0.273	0.236	0.125	0.002	0.053	0.106	0.142	0.179	0.216	0.248	0.276
Work Windows	0.570	0.591	0.774	0.405	0.283	0.503	0.452	0.487	0.524	0.496	0.583	0.592

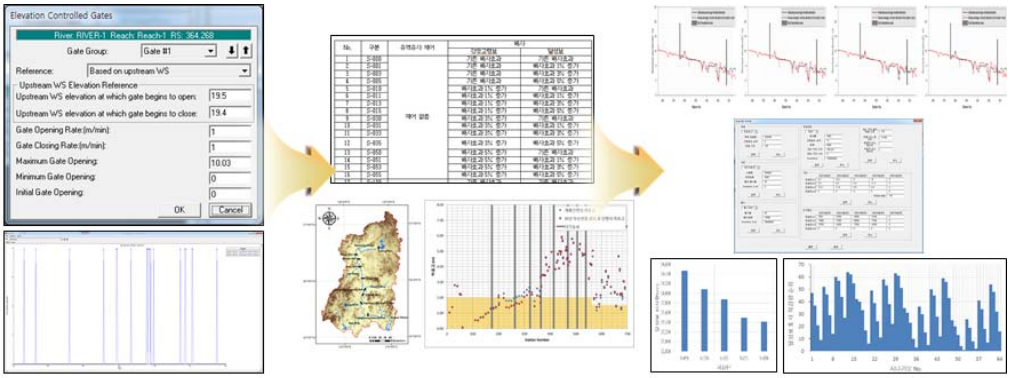
<균등 가중치를 이용한 통합 환경창>

KEWs factors	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Fish	0.283	0.283	0.283	0.025	0.025	0.194	0.090	0.090	0.090	0.090	0.283	0.283
Bird	0.012	0.032	0.237	0.237	0.237	0.237	0.237	0.237	0.237	0.177	0.048	0.031
RFUF	0.294	0.292	0.253	0.133	0.002	0.057	0.114	0.152	0.192	0.231	0.266	0.295
Work Windows	0.589	0.608	0.773	0.395	0.264	0.488	0.441	0.479	0.519	0.498	0.598	0.610

<엔트로피 가중치를 이용한 통합 환경창>

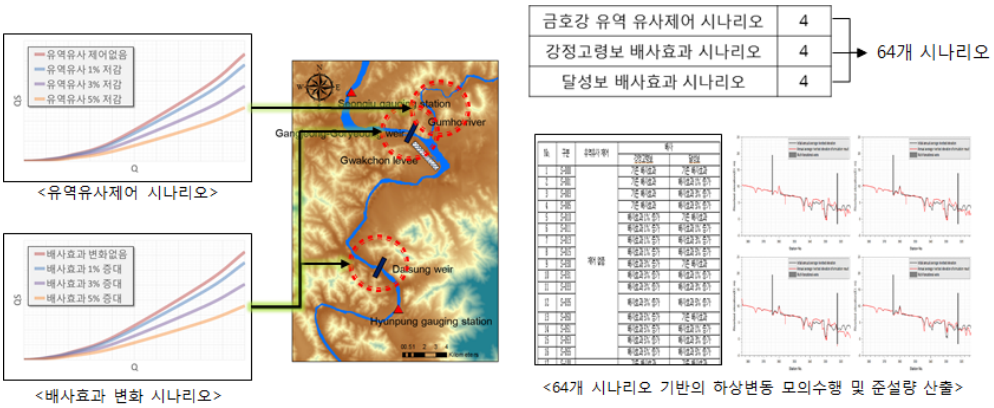
○ (5차년) 유역유사 제어 및 배사 등을 고려한 준설 경제성 분석

- 분석을 위하여 달성보의 퇴사량을 산정하였으며, 달성보의 퇴사량을 모두 준설할 경우를 가정하여 준설 경제성을 분석함



<부정류 모의통한 수문운영 시계열 자료 취득> <시나리오 수립 및 하상변동 모의> <시나리오별 퇴사량 및 준설비용 산정>

<유역유사제어 및 배사효율을 고려한 준설 경제성 분석 절차>



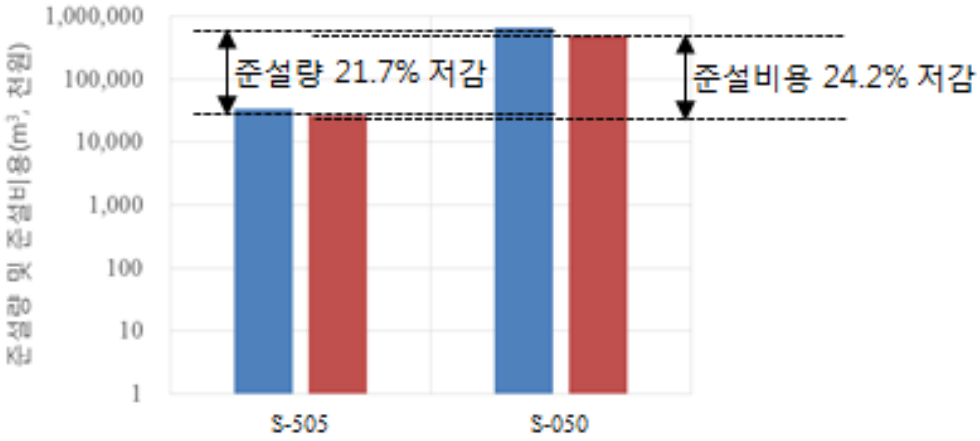
<유역유사제어 시나리오>

<배사효과 변화 시나리오>

<64개 시나리오 기반의 하상변동 모의수행 및 준설량 산출>

<유역유사제어 및 배사효율을 고려한 하상변동 모의 절차>

- 개발된 환경창을 적용한 준설비용 산정결과 준설비용이 약 24.2%가 감소하는 것으로 분석됨



<유역유사제어 및 배사효율변화로 인한 준설량 및 준설비용의 차이>

○ (6차년) 국내 다기능보에 대한 환경창 개발

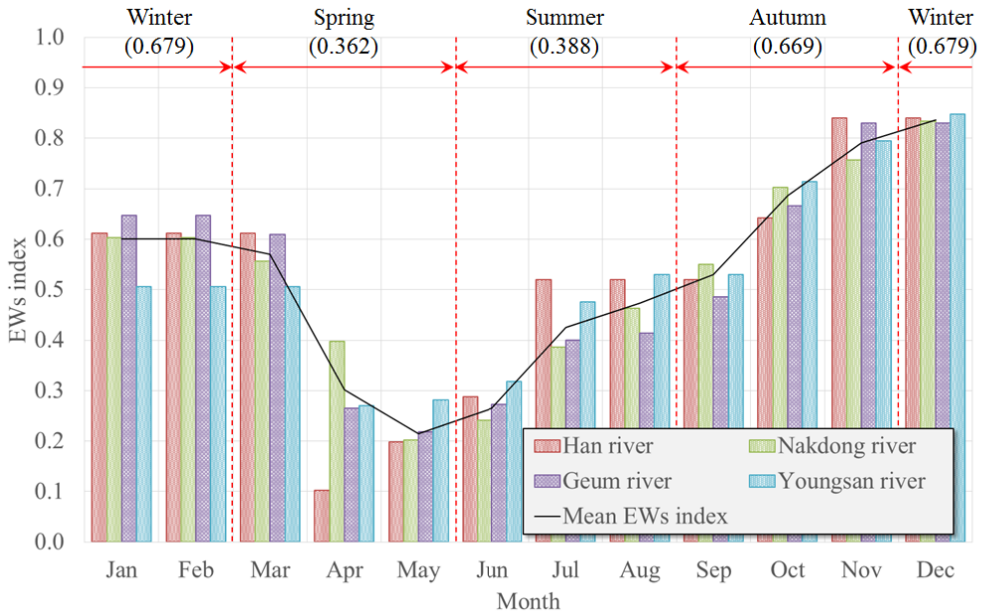
- 16개의 다기능보에서 출현하는 법적보호종은 식물 2종, 포유류 2종, 양서파충류 2종, 어류 2종, 무척추동물 1종으로 총 9종인 것으로 조사되었으며 자료취득이 가능한 6개의 종을 대상으로 성장단계에 따른 등급화 수행
- 다기능보별 운영자의 준설과 관련된 업무지원을 위한 한국형 환경창 제시(특허출원 완료, 특허등록 진행중)

<Growth stage of target biota for setting of environmental windows>

Month	Classification of life stage for each biota					
	Zacco platypus	Culter brevicauda	Gobiobotia nakdongensis	Lutra lutra	Felis bengalensis euptilura	Kaloula borealis
Jan	W	W	W	B		W
Feb	W	W	W	B		W
Mar	W	G	W	B	B	A
Apr	S, G	G	G	B, G	B	W
May	S, G	S, G	G	G	B	S
Jun	G	S, G	S, J, G	G	G	S, G
Jul	G, J	S, J, G	J, G	G	G	S, G
Aug	G, J	J, G	J, G	G	G	S, G
Sep	G, J	J, G	J, G	G		W
Oct	G, J	J, G	J, G			W
Nov	W	J, G	W			W
Dec	W	W	W			W

W: winter sleep period, S: spawning season, G: growth season, J: juvenile stage
B: breeding season, A: appearance period, (): Grading of growth stage

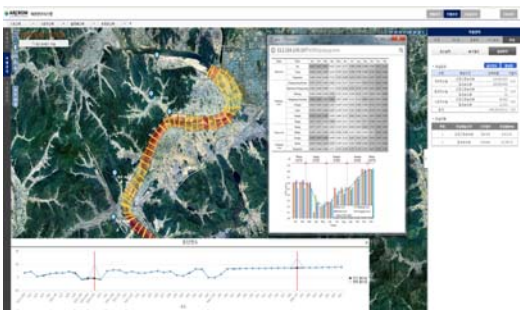
- 각 다기능보의 환경창을 수립한 결과를 통합적으로 분석하기 위해서 환경창 지수를 산술평균하여 분석을 수행



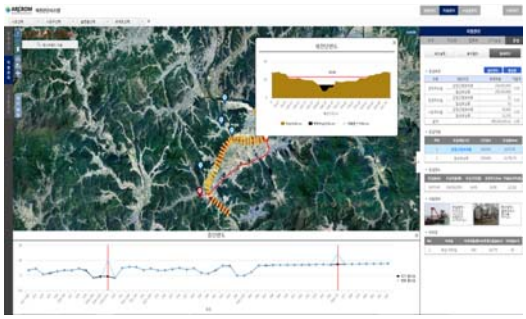
<Monthly average value of EWs index>

<최적준설을 위한 16개의 다기능보의 환경창>

Basin	Multi-functional weir	Environmental friendly dredging season		
		Good	Middle	Bad
Han river	Ipo	Nov ~ Mar	Oct	Apr ~ May
	Yeoju	Oct ~ Mar	-	Apr ~ May
	Gangcheon	Oct ~ Dec	Jan ~ Mar	Apr ~ May
Nakdong river	Changnyeong-Haman	Oct ~ Dec	Jan ~ Mar	Apr ~ May
	Hapcheon-Changnyeong	Oct ~ Dec	Jan ~ Mar	Apr ~ May
	Dalsung	Oct ~ Dec	Jan ~ Apr	May
	Gangjeong-Goryeong	Dec ~ Feb, Apr	Oct ~ Nov, Mar	May
	Chilgok	Oct ~ Mar	-	Apr ~ May
	Gumi	Oct ~ Mar	-	Apr ~ May
	Nakdan	Nov ~ Mar	-	Apr ~ May
	Sangju	Oct ~ Feb	Mar ~ Apr	May
Geum river	Sejong	Oct ~ Dec	Jan ~ Mar	Apr ~ May
	Baekje	Oct ~ Mar	May	Apr
	Gongju	Nov ~ Mar	Oct	Apr ~ May
Youngsan river	Juksan	Oct ~ Mar	-	Apr ~ May
	Seungchon	Oct ~ Dec	Jan ~ Mar	Apr ~ May



a) 준설기간 설정을 위한 통합환경창



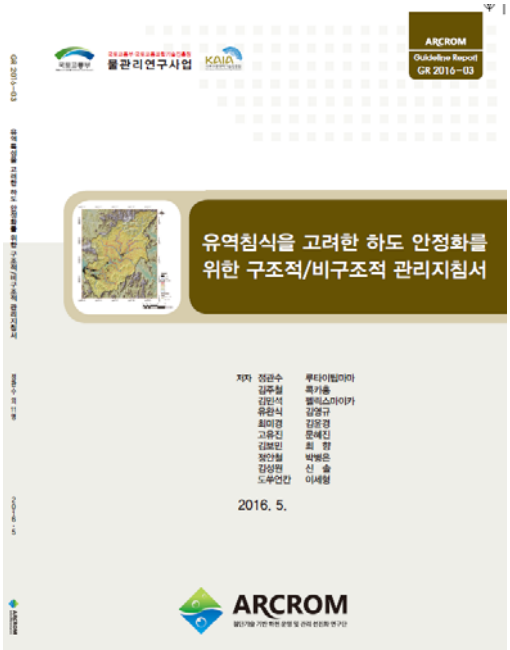
b) 위험단면에서의 준설토 처리방안

<하천준설 최적관리 하천진단 시스템 제공>

(3) 실무자를 위한 사용자 매뉴얼 개발

○ 유역침식을 고려한 하도안정화를 위한 구조적/비구조적 관리지침서

- 하천관리자 및 실무자를 위하여 유역의 유사관리에서 하도유사관리까지의 전 과정에 대한 관리방안 제시
- 유역단위의 유사관리에 대한 종합적인 유사관리 지침(안)과 유사관리를 위한 조사지침 제시
- 국내외 하천준설 기준검토와 하천준설 관리기법 제시
- Test-Bed 적용을 통한 관리기술의 활용성 확보



<유역침식을 고려한 하도안정화를 위한 가이드라인>

○ 유역침식 및 유사발생 모의 모형 사용자 매뉴얼

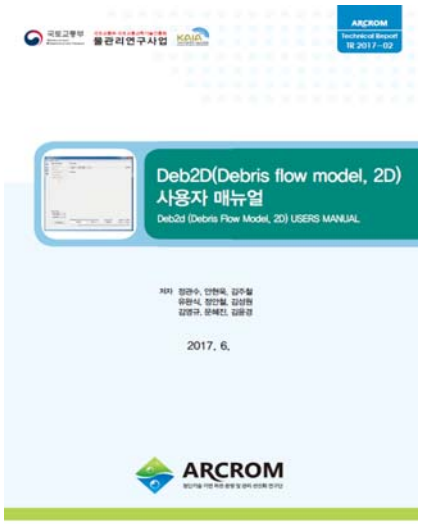
- 유사발생 분석을 위한 자료수집에서 분석 및 결과도출까지의 전체 과정을 포

함하고 있음

○ Deb2D 사용자 매뉴얼
- 토석류의 유동을 해석하기 위한 소프트웨어로 실무자를 위해 이론적인 부분과 튜토리얼을 포함하고 있음



<유역침식 및 유사발생 모형 사용자 매뉴얼>



<유역침식 및 유사발생 모형 사용자 매뉴얼>

(4) 기술실시계약 및 기술워크숍 개최

○ 기술실시계약국가: 몽골, 태국, 캄보디아, 베트남

○ 기술명: Techniques for developing the Soil Erosion Risk-Map, Techniques for developing the Environmental Windows to dredge river sedimentation



<국제심포지엄 개최 및 기술실시계약>

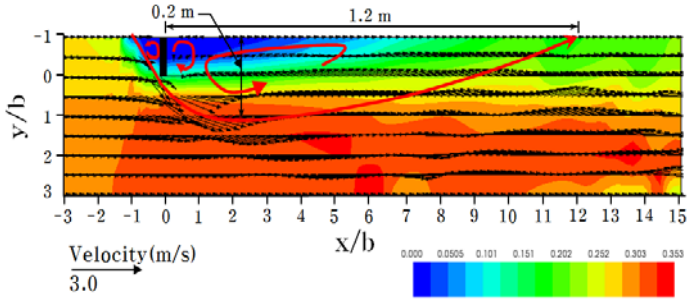


<기술워크숍 개최>

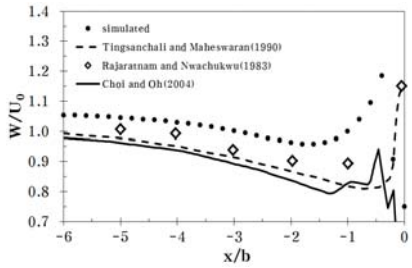
나. 1-2 세세부: 사주발생제어 및 저수로 안정화기술 개발

(1) 수치모형의 적용성 검증

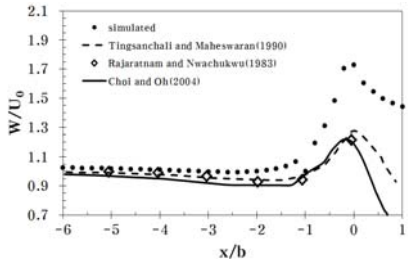
○ Michiue and Hinokidani(1992)실험결과와 수치모의 결과 비교



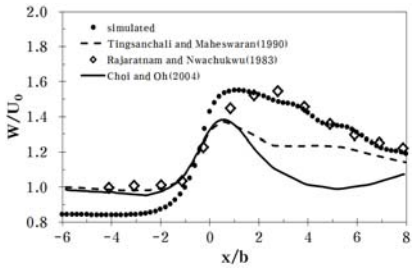
<수제주변에서 유속과 흐름장>



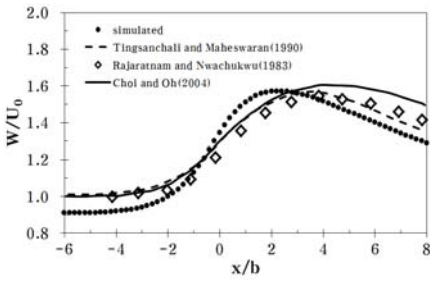
(a) y/b=1.0



(b) y/b=1.5



(c) y/b=2.0



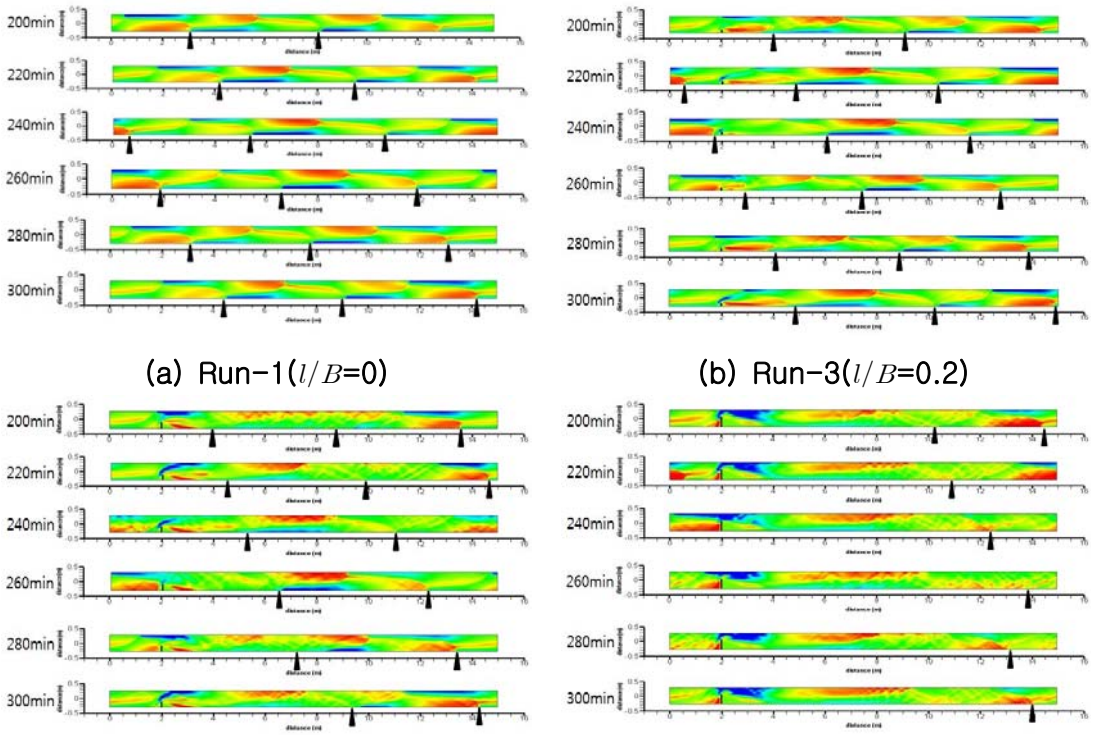
(d) y/b=3.0

< 무차원 유속의 변화 >

- 흐름은 수제 끝부분에서 분리하여 하류지점에서 재결합하여 재순환 영역이 형성되며, 수제의 전부에서 흐름이 분리되어 2차류가 형성됨
- 수제길이(y)와 하폭(b)의 비인 무차원 길이(y/b)이가 3인 지점에서 최대 무차원 유속이 발생함
- 재결합길이 및 재순환 영역의 최대 폭은 각각 수제의 12.0배, 2배의 길이로 나타났음

(2) 수제설치에 따른 하도변화 분석(수치모의 및 내실실험)

○ 수제길이 대 하폭비(l/B)=0.1~0.6)

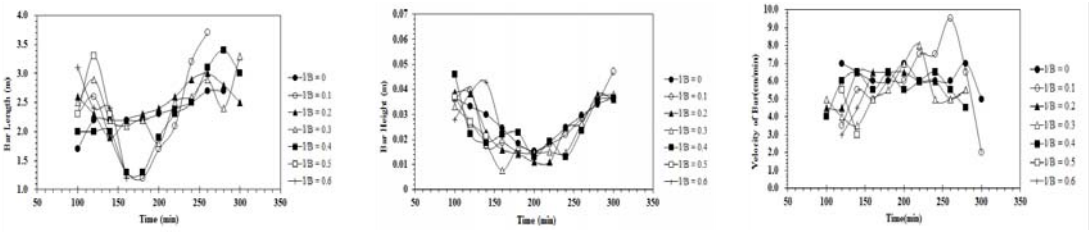


(a) Run-1(l/B=0) (b) Run-3(l/B=0.2)

(c) Run-5(l/B=0.4) (d) Run-6(l/B=0.6)

<수제에 의한 사주의 변화에 대한 수치모의 결과(▲는 사주의 위치를 우안에서 나타냄)>

- 수제가 없는 상태(a)에서 하안에 수충부를 형성하며 교호사주가 발달하고, 일정한 속도와 형상을 유지하며 하류로 이동
- l/B=0.2인 조건(b)에서 사주의 이동과 형상이 거의 변화 없이 일정하고 하류로 이동하나, 사주가 수제의 전부에 만날 때, 세굴이 형성
- 무차원 수제의 길이(l/B)이가 0.4인 조건에서 수제의 전면에 깊은 세굴이 형성되고, 유향이 수로의 좌안으로 편향되면서 수충부가 형성됨
- 무차원 수제의 길이(l/B)이가 0.6인 조건에서 사주의 파장은 증가하지만, 고정사주의 특성을 보여줌

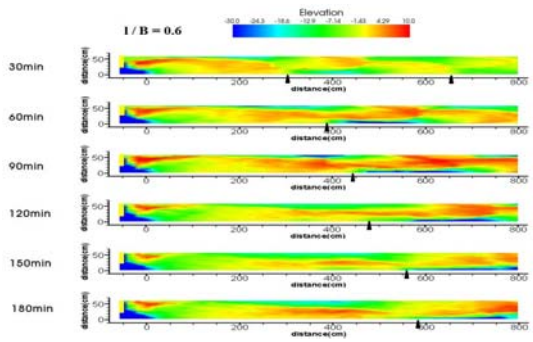


(a)사주의 파장 (b)사주의 파고 (c)사주의 이동속도

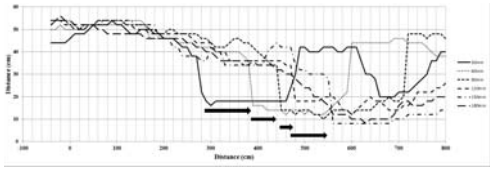
<사주의 특성 변화>

- 무차원 수제의 길이가 증가함에 따라, 사주의 파장이 증가함
- 사주의 이동속도는 수제가 없는 조건에서 보다 수제가 있을 때 초기에는 감소하는 것으로 나타남
- 무차원 수제가의 비가 0.6 일 경우에 수제 상류에서 발달하는 사주는 하류로 이동을 하지 않음
- 수제 직하류에서도 사주가 발생하지 않으나, 수제의 영향이 감소되는 지점에서 교호사주가 발달하며, 시간이 증가함에 따라 사주의 파장은 길어짐.

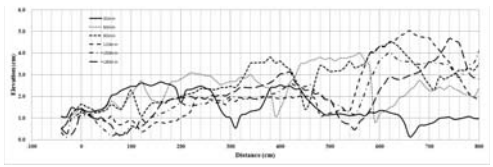
○ 단일 수제조건에서 교호사주의 거동분석(l/B=0.6)



<수제에 의한 사주의 변화에 대한 수치모의 결과(▲는 사주의 위치를 우안에서 나타냄)>



[단일수제조건에서 하상파의 시간적 변화]



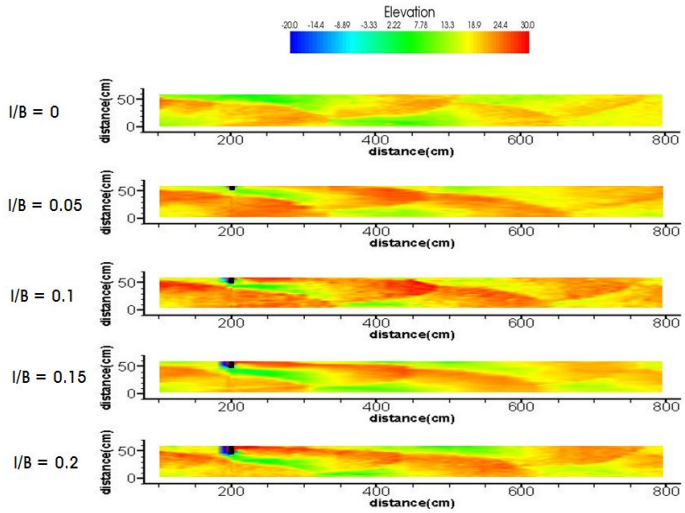
[단일수제조건에서 횡단면 상대하상고의 시간적 변화]

- 단일수제(l/B = 0.6)를 설치한 조건에서의 교호사주의 거동은 시간경과에 따라 파장은 90 min 까지 길어지다가 이후부터는 짧아지는 경향을 보이고 150 min 이후 정지상태로 하상이 변동됨
- 파고의 경우 시간경과에 따라 초기 파고에 비해 점차 발달되며 하류부로 갈수

록 그 차가 커짐

- 단일수제(l/B = 0.6) 설치조건에서의 파속은 앞서 파장변화와 동일하게 90 min 까지는 급격하게 감소하며 이후부터는 완만하게 감소하는 경향을 보임

○ 수제길이 대 하폭비의 변화에 따른 사주의 거동(l/B = 0.05 ~ 0.2)

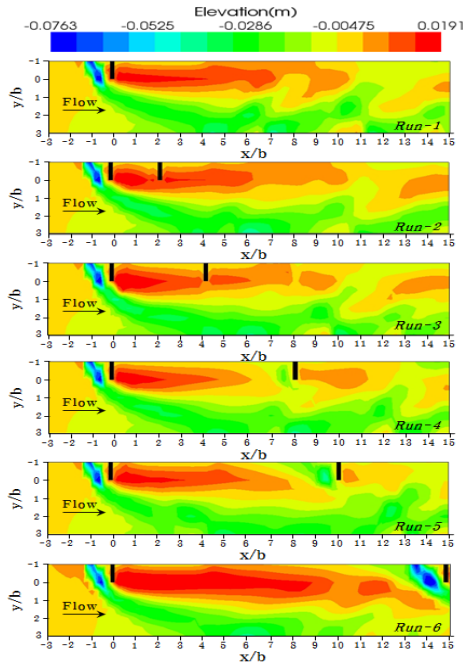


<무차원 수제의 길이 변화에 따른 사주의 변화(run time = 30 min)>

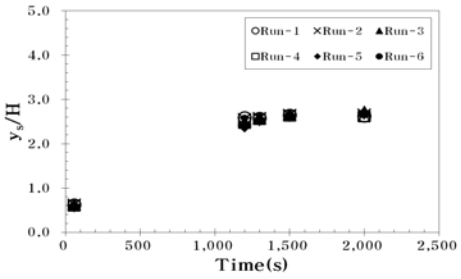
- 교호사주 발생 흐름조건에서 하도내에 교호사주가 발생하며 일정 수제길이까지 하류부 교호사주가 우세한 경향이 나타남
- 실험초기에는 교호사주의 형태로 발달하다가 30 min이후부터는 교호사주는 점차 사라지며 복렬사주와 no-bar형태로 변화(시간적 변화에 따른 보완실험 계획)
- 파고는 수제 설치 유무에 상관없이 하류부로 갈수록 작아짐
- 수제설치 이후 수제 전면에서 세굴이 형성되며 l/B = 0.2에서 최대세굴 발생

○ 수제의 간격 및 배치에 의한 하도의 평면변화

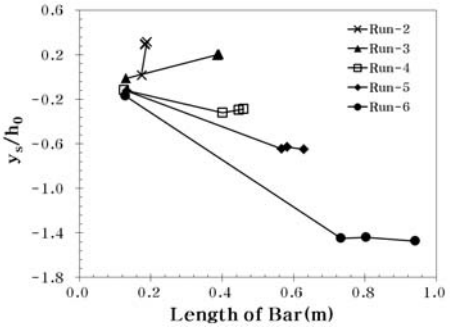
- 수제 설계요소에 따른 하상변동 특성을 분석하기 위하여 단일수제와 연속수제 간격조건 변화에 따른 최대세굴심(y_s)과 수심(H)의 비인 무차원 세굴심(y_s/H) 분석 필요



<수제 간격의 변화에 대한 사주의 변화>



<시간의 변화에 따른 y_s/H 의 관계>



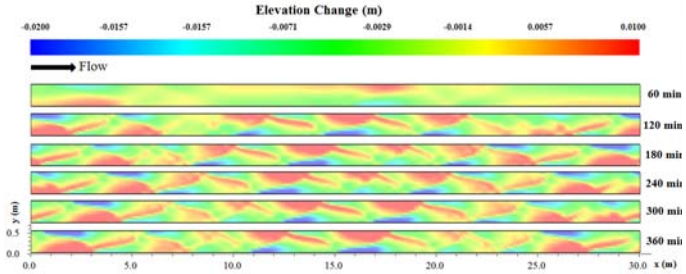
<사주의 길이에 대한 y_s/h_0 의 변화>

- t = 2,000초 일 때는 y_s/H 가 2.62~2.65로 동적평형상태에 도달한 이후 y_s/H의 변화가 거의 없으며, F_r는 0.37로 시간이 지날수록 L/b에 따른 변화가 없는 것으로 나타남
- L/b이 작을수록 y_s/H와 F_r는 증가하며, 시간이 증가할수록 y_s/H는 점차 증가하며, 동적평형상태를 유지하면서 F_r는 0.36~0.37을 유지함.
- 최상류단 수제에서 발달된 사주와 무차원 평균세굴심(y_s/h_0)의 변화를 분석한 결과 무차원 수제간격(L/b)이 4 이하인 경우에 최상류단 수제의 영향과 하류단 수제의 간섭을 받아 하류에서 하상이 상승
- 무차원 수제 간격이 10 이상인 경우에는 수제의 독립성이 강하게 나타나며, 단독수제와 같은 특성을 보임
- 따라서, 무차원 수제간격이 4 ~ 10인 경우에는 군수제의 역할이 감소

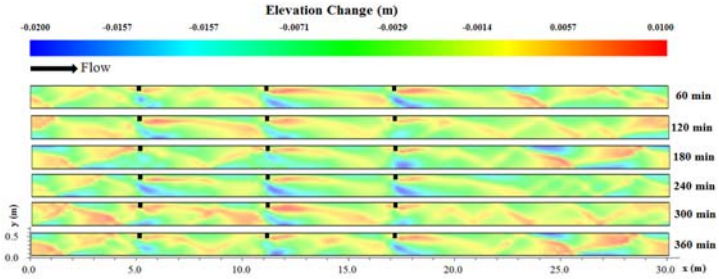
○ 직렬로 설치된수제에 의한 교호사주의 거동

- 수치모의 결과, 사주가 발달하고 하류로 이동하는 특성을 잘 모의함
- 수제의 길이 비(L/B = 0.2)인 경우에 흐름이 우안으로 집중되며, 수제 하류에서 깊은 세굴심이 발생함
- 수제의 길이 비(L/B = 0.4)인 경우에 흐름이 우안으로 집중되고, 수제 하류에서 깊은 세굴심이 발생하며, 세굴영역에 하류로 전파됨
- 수제의 길이가 증가함에 따라, 수제의 주변에서 난류의 강도인 와도(vorticity)

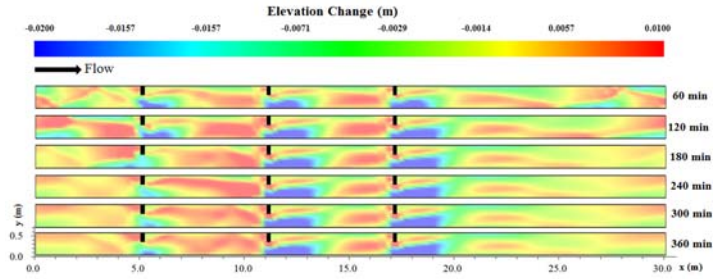
가 증가함



<교호사주의 변화(run time = 360 min)>



<수제에 의한 교호사주의 변화(L/B=0.2)>

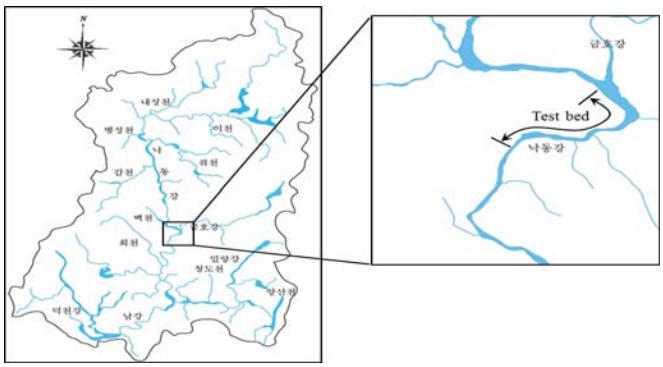


<수제에 의한 교호사주의 변화 (L/B=0.4)>

(3) 저수로 안정성 평가지표

○ Test Bed 구간 (달성보 ~ 강정보)에서 수제 설치 전후의 흐름 및 하상 변동 분석 수행

- 테스트베드 범위인 낙동강 본류의 달성보 ~ 강정보 구간에 대한 수제 설치 전·후의 흐름특성 및 하상고의 변화량 분석
- 연구대상구간은 강정고령보 에서부터 달성보 구간으로 유로연장 23.36 km이고, 하상경사는 0.00045 로서 완경사를 이루고 있으며, 하상토 입경은 5.875 mm임



<연구대상구역>

- 수치모형으로는 Nays2DH를 사용하였으며 조도계수는 0.023으로 「낙동강(상류, 하류) 하천기본계획 (국토교통부, 2009)」을 참고함
- 강정고령보 직하류에 2열 수제 설치
- 수리학적 조건은 확률빈도강우량을 시나리오로 결정하였으며, 자료는 낙동강홍수산정프로그램의 모의결과를 사용

○ 위험성평가를 위한 평가표

- 수리 특성 변화에 따른 저수로 안정성을 정량적으로 평가할 수 있는 지표를 개발
- 평가 항목 : 하폭 대 수심의 비, 사행도, 하상경사, 하안 부근에서 유속, 무차원 한계소류력(Shield Number), 소류력(tractive force) 등 6가지 항목으로 구성
- 개발된 「저수로 안정성 평가 기준」를 적용하여 하도 구간별 저수로 안정성 평가를 수행
- 수치모의 결과와 현장 조사 결과 비교 검토하여 위험도 구간을 설정
- 위험도를 1 ~ 5 등급으로 구분하고 1등급 이상인 경우, 저수로 안정화 대책이 시급한 구간으로 지정하고 관리하며 저수로 안정화를 위한 비구적인 대책과 병행함
- 평가등급 이외에도 현장조사를 통해 분석된 내용을 반영할 수 있음

<저수로 안정성 평가 기준>

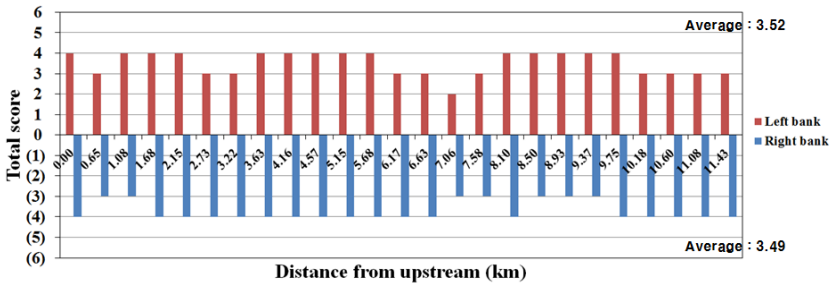
평가 항목	평가 내용	평가 등급	평가기준
하도 형상	하폭 대 수심비	1	No Bar
		3	Alternate Bar
		5	Braided Bar
	사행도	1	사수부
		3	직선부
		5	수충부
	하상경사	1	1/3,000 이하
		2	1/3,000 ~ 1/2,000
		3	1/2,000 ~ 1/1,000
		4	1/1,000 ~ 1/200
		5	1/200 이상
수리특성	유속(m/s)	1	0.5 m/s 이하
		2	0.5 ~ 1.0 m/s
		3	1.0 ~ 2.0 m/s
		4	2.0 ~ 3.0 m/s
		5	3.0 m/s 이상
하도변화	소류력(t/m2)	1	1/500 이하
		2	1/500 ~ 1/300
		3	1/200 ~ 1/300
		4	1/150 ~ 1/200
		5	1/150 이상
	무차원한계소류력	1	τ_*<0.05
		2	0.05≤ τ_*<1
		3	1≤ τ_*<2
		4	2≤ τ_*<4
		5	4≤ τ_*

<등급별 평가 점수 및 내용>

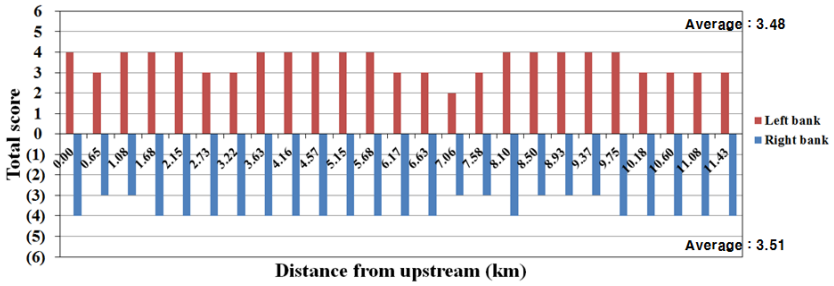
등급	평가점수	내용
1	6 ~ 10	· 하상변동이 미미하며 하안이 안정되어 저수로가 안정된 구간
2	11 ~ 15	· 하상변동은 발생하지만 하안이 안정되고, 저수로 변화가 경미한 구간
3	16 ~ 20	· 하상변동 및 하안침식이 발생하고, 저수로 변화가 발생하며, 호안보호가 필요한 구간
4	21 ~ 25	· 하상변동 및 하안침식이 발생하고, 호안보호 및 저수로 안정화 대책이 장기적으로 필요한 구간
5	26 ~ 30	· 하상변동 및 하안침식이 크게 발생하고, 호안보호 및 저수로 안정화 대책이 긴급하게 필요한 구간

○ 200년 빈도 유량이 흘렀을 때, 수제조건에 따른 흐름 특성 및 저수로 안정성 평가점수 분석

- 하폭 대 수심비, 하도 경사, 사행도의 평가점수에 대하여, 저수로를 좌안과 우안으로 나누어 평가
- 유속의 경우 수제의 개수가 늘어날수록 수제가 설치된 우안에서 점수가 높지만, 좌안에서 평가점수는 낮음
- 소류력의 경우 수제의 개수가 늘어날수록 수제가 설치된 우안에서 점수는 높지만, 좌안에서 평가점수는 낮음
- 각 요소별 평가점수를 고려하여 저수로의 안정성 평가 종합점수를 산출한 결과, 수제의 개수가 늘어날수록 수제가 설치된 우안에서의 평가점수는 높으나, 좌안에서 평가점수는 낮음



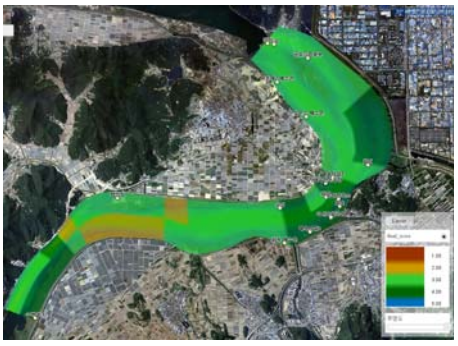
(a) 수제 미반영



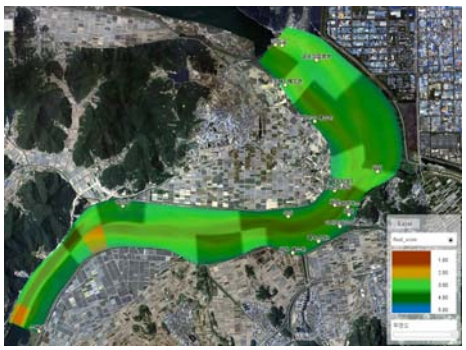
(b) 수제 반영(2개)

<수제설치에 대한 저수로 안정화 평가 점수(200년 빈도 유량)>

- 수제설치가 많을수록, 강정고령보 직하류 우안에서 안정성은 증가하지만, 수제가 설치되지 않은 좌안에서 흐름이 집중되어 안정성은 낮아짐
- 수제설치가 많을수록 하도가 안정화 됨
- 하천진단시스템에 적용하여 시스템에 나타낸 결과, 유량이 작을수록 위험구간은 적고 유량이 증가할수록 위험 구간이 증가함



< 2년빈도 유량(4,588 m3/s)에 대한 저수로 안정화 결과>



< 2년빈도 유량(16,065 m3/s)에 대한 저수로 안정화 결과>

다. 1-3 세세부: 유역침식 제어기술 개발

(1) 유역침식 제어기술 개발

○ 본 연구는 유역침식을 제어하는 기법들의 적용성 평가를 통하여 신뢰성 있는 제어기법을 제공하고 한국형 매개변수를 이용한 침식제어기법을 제시함과 동시에 유역침식을 고려한 하도안정화 관리 지침서개발을 목표로 함.

(2) 유역유사 예측 및 유사관리 가이드라인 보고서

○ (2차년) 유역침식 제어기법 문헌조사
- 유역침식 제어기법 선정을 위한 국내외 문헌조사 수행
- 제어기법별 효율성 검토
- 유역침식 적용사례 조사를 통한 자료 수집과 적용기법에 따른 효율성 비교 검토

○ (3차년) 제어기법별 지배인자 검토 및 평가기법 개발
- 토양침식의 위험도를 산정하고 자연상태에서의 침식속도의 정량적 산정을 위해 침식조절기법 비교

○ (4차년) 시험유역 적용 및 가이드라인 보고서 작성
- 강우량 등의 수문기상자료와 토사유출량의 계측 및 지형, 토지이용, 식생조건 등을 고려하여 적용유역 선정

특성	대상 유역
유역 위치	경북 칠곡군 지천면 심천리 산 2-12 위도:N35° 58′ 40.68783″ 경도:E128° 31′ 13.57138″ 고도:188 EL. 188m
유역 경사	최대경사: 43%, 평균경사: 19%
유역 지형	
수문 기상	연평균강우량 약 748mm
유역 연혁	2009년 4월 지천면 건령산 일대 산불 발생 2009년 6월 경북 칠곡군 지천면 심천리 산2-12 시험유역 선정

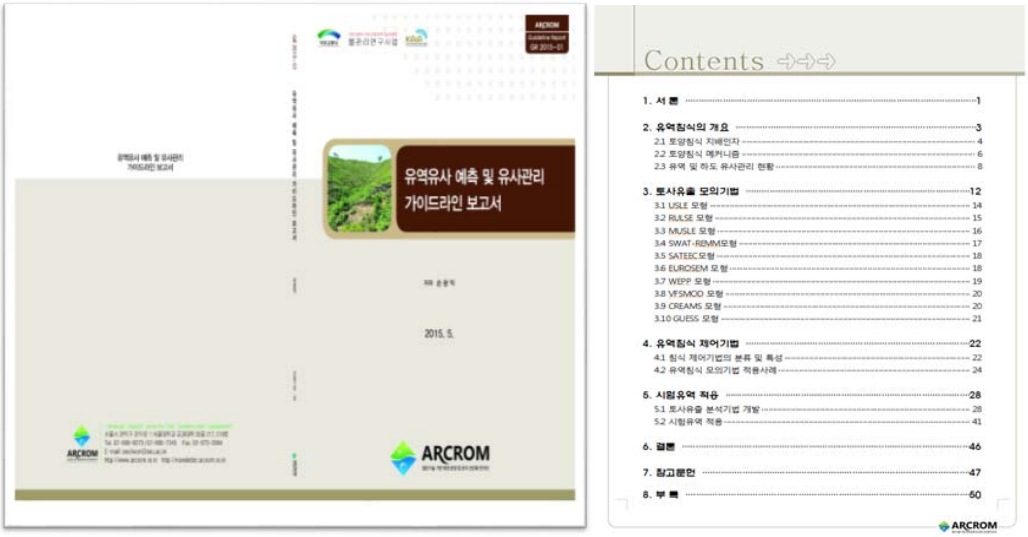
<적용유역 유역개황>

- 자동계측장치를 이용하여 강우측정 및 저류조와 소규모 조사구를 이용한 유사유출량 측정
- 초생대 적용에 따른 토사유출량 비교 및 유사저감효과 분석

<산정된 토사유출량 및 실측 토사유출량의 비교>

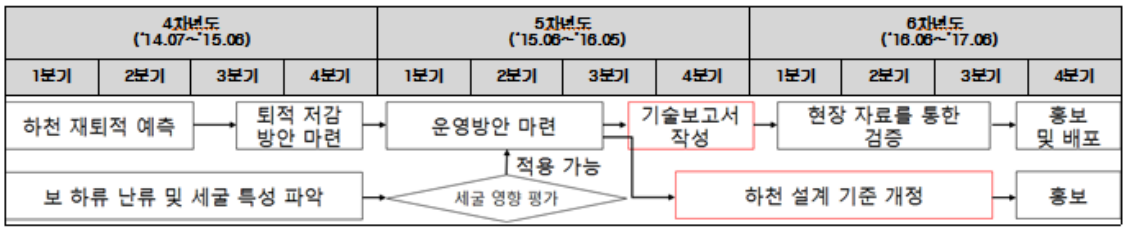
CASE	초생대		연평균 유사저감 효율(%)	연평균 P값
	설치전(kg)	설치후(kg)		
1	7.67	1.40	26.08	0.4
2	3.79	2.20		
3	1.22	0.0		
4	0.68	0.0		
5	2.33	1.10		
6	1172.56	866.53		
7	532.83	418.85		
9	21.43	9.77		
10	75.81	49.71		
11	47.59	32.81		
12	4.27	0.0		

○ 국내외 토사유출모의 기법과 유역침식제어기법을 기반으로 실무활용을 위한 유사관리 가이드라인 개발



<개발된 가이드라인>

라. 1-4 세세부: 다기능보 배사 효율 극대화 및 하류 세굴 방지 방안 연구



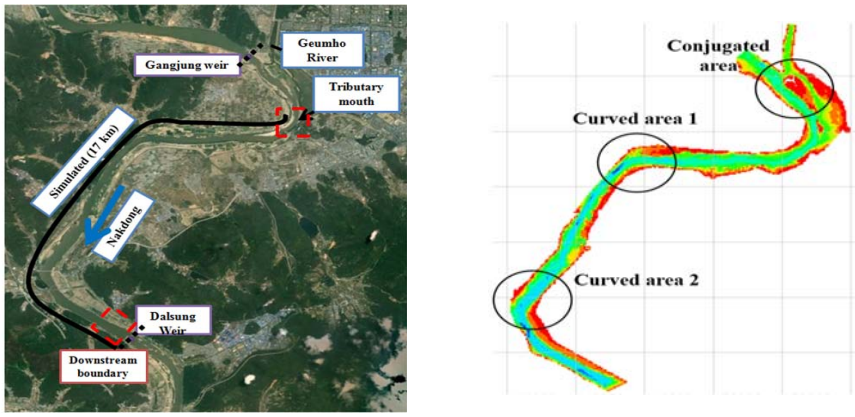
<1-4 세세부 연구 진행 계획>

○ 본 과제는 다기능보 배사 효율을 극대화 시키며 보 상하류에서 발생하는 국부적인 세굴을 최소화 시키고자 주변 퇴적 양상부터 운영방안 마련, 개정안 수정 등에 관하여 목표로 함.

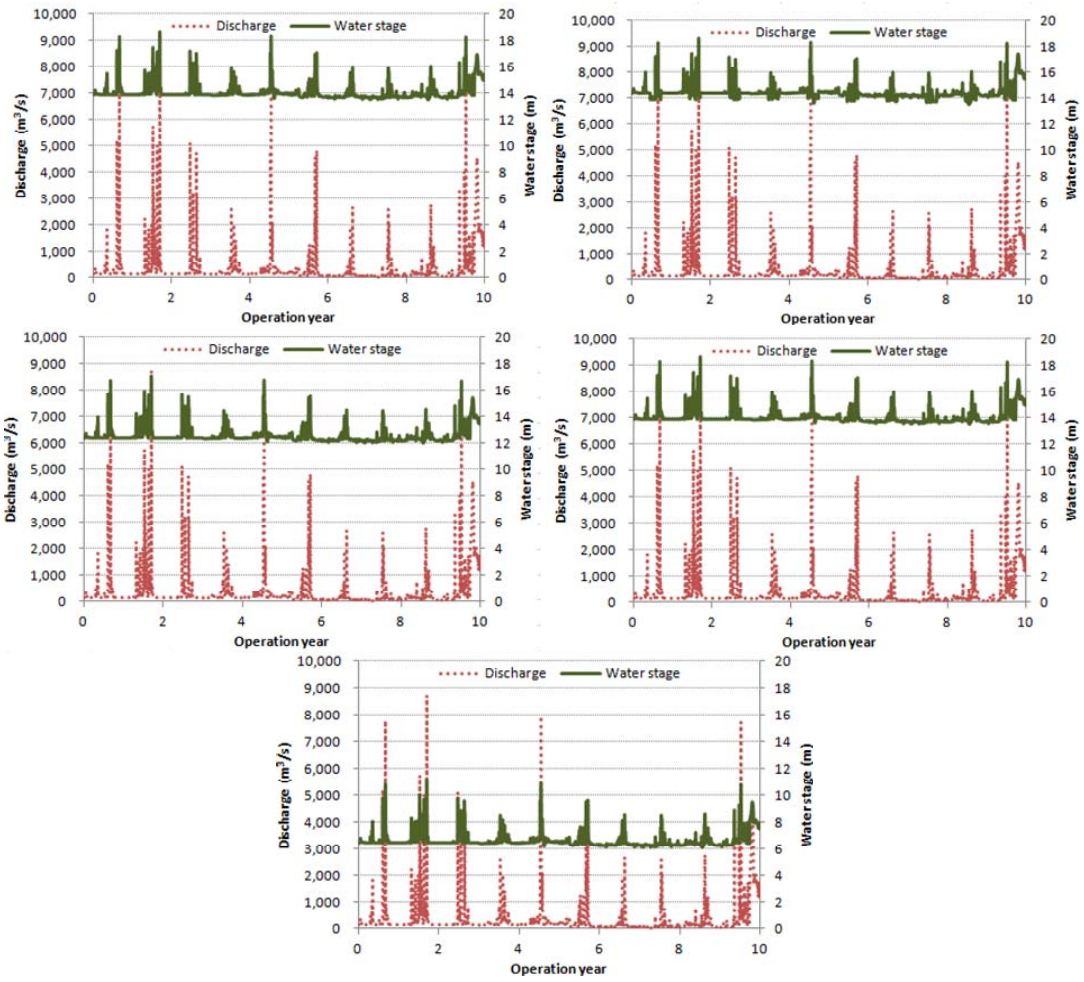
(1) 다기능보 퇴적 저감을 위한 운영시나리오 산정 및 운영 방안 마련

○ 수치 모의를 통한 운영시나리오 선정

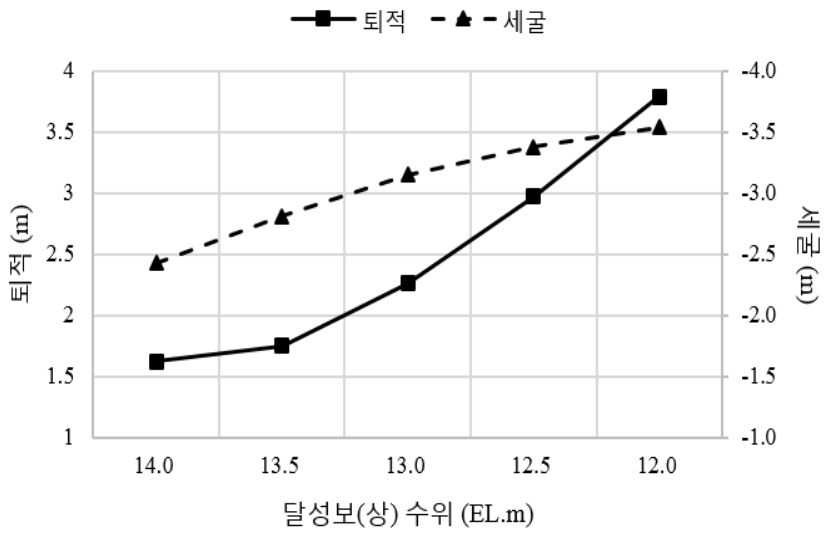
- 4차년도에 GSTAR 및 TELEMAC-2D 모형을 활용하여 장, 단기간 낙동강 부근의 퇴적 양상 변화를 모의
- 결과적으로 달성보 상류부의 관리수위를 14 m로 유지하는 것이 퇴적 및 하상 변화를 최소화 하는데 적절
- 홍수기에는 수문 개방할 경우 저수용량 확보에 도움
- 가동보 전면 개방시에는 저수용량의 증대가 예상



<수치 모의 대상 유역>



<시나리오 별 유량-수위 곡선>



<달성보 관리 수위에 따른 세굴 및 퇴적량>

(2) 세굴 피해 저감을 위한 다기능보 상하류 보 운영 조건 제시

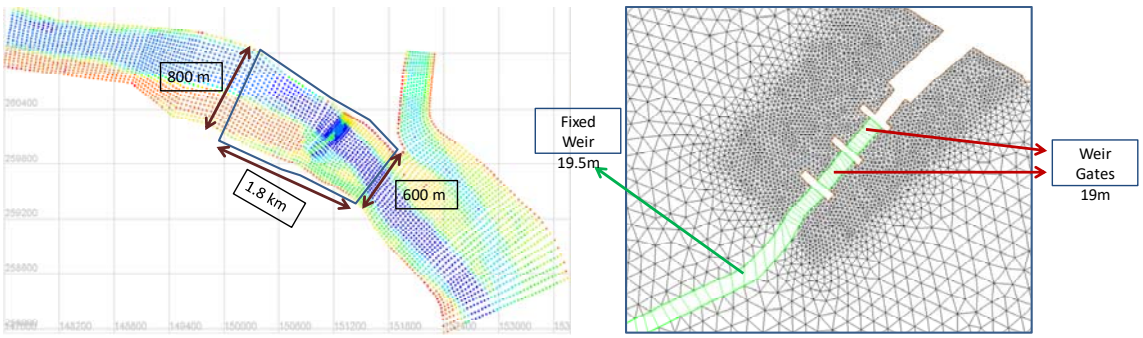
○ 다기능보 상하류 보 운영 조건 제시

- 유량 조건 및 수문의 개방 여부에 따른 강정고령보 하류에서 발생하는 세굴 양상 예측 후 적절한 보 운영 조건 제시
- 실제 강정고령보의 유량 자료를 이용하여 총 4가지 시나리오에 대해 수치 모의 시행

<수치 모의 시나리오>

조건	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
상류 유입조건	평수기 관리수위	평균 홍수발생시 (2년주기)	평균 홍수발생시 (2년주기)	10년 주기 홍수 발생
하류 수위조건	평수기 관리수위	평수기 관리수위	평수기 관리수위	평수기 관리수위
보 운영조건	수문 개방	수문 폐쇄	수문 개방	수문 폐쇄

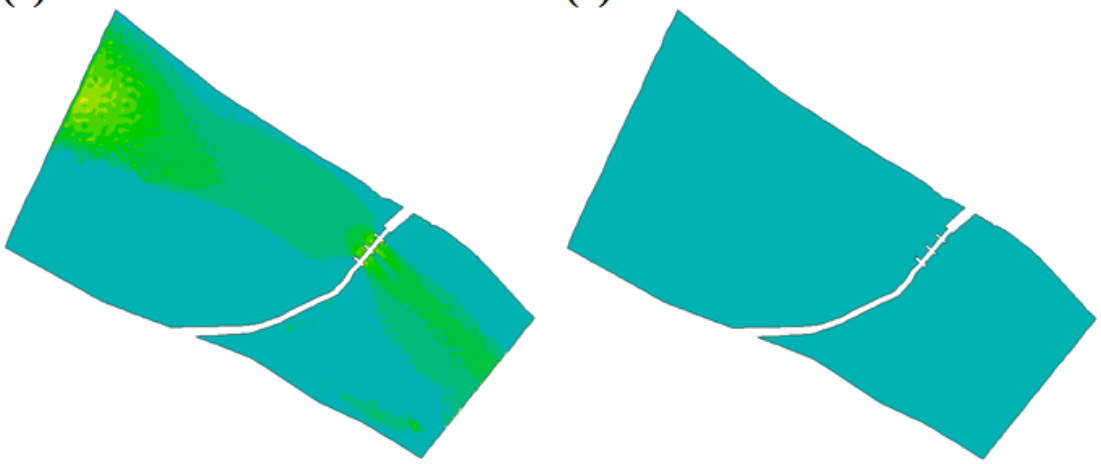
- 모의 지역은 강정고령보 상하류부 1.8 km 지역으로 선정
- 모의 결과 상류부 유입 조건에 따라 적절한 보 운영 조건의 필요가 요구됨
- 평수기에는 수문 개방 여부와 상관 없이 세굴이 발생하지 않음을 확인
- 2년 빈도, 10년 주기 홍수기에는 수문을 개방하였을 경우 보 상하류 부근에서 세굴이 발생
- 즉, 상류 측에서 2년 빈도 이상의 유량이 유입되면 세굴을 방지하기 위해 수문을 폐쇄하여 관리하는 것이 적절



<수치 모의 지역 (강정고령보 상,하류부)>

Case 1 : 평수량 / 수문 개방

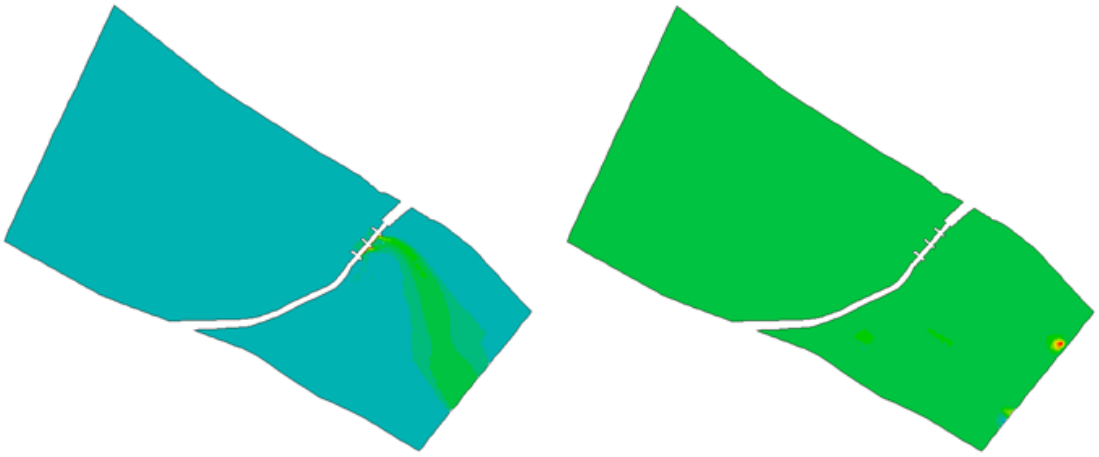
(a) (b)



<평수기 관리수위, 수문 개방에 따른 (a) 유량 및 (b) 하상변동량 모의 결과>

Case 2 : 2년주기 홍수량 / 수문 폐쇄

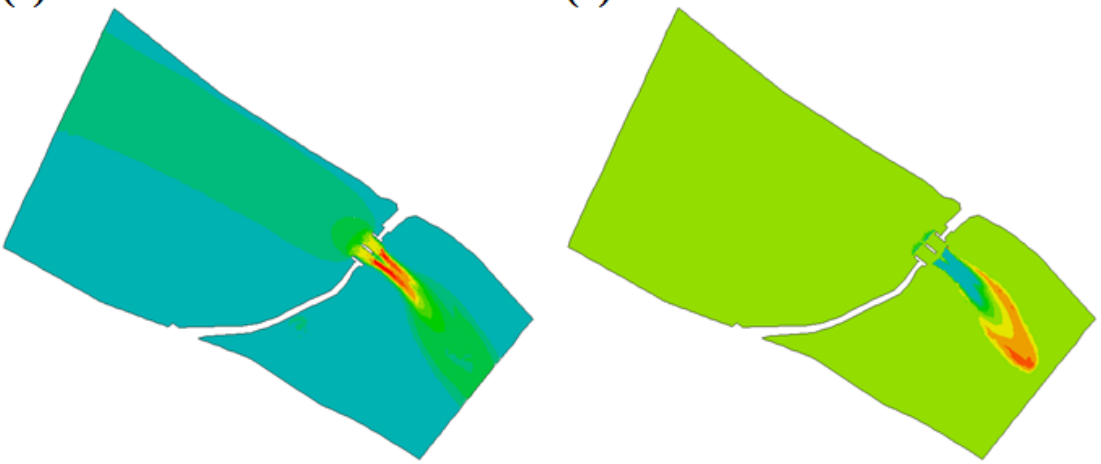
(a) (b)



<2년주기 홍수 발생 수위, 수문 폐쇄에 따른 (a) 유량 및 (b) 하상변동량 모의 결과>

Case 3 : 2년주기 홍수량 / 수문 개방

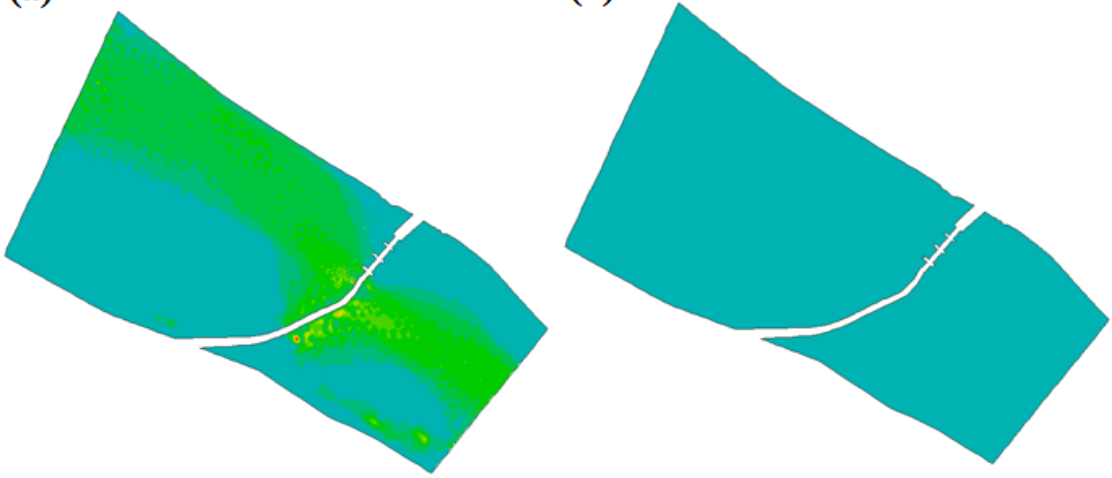
(a) (b)



<2년주기 홍수 발생 수위, 수문 개방에 따른 (a) 유량 및 (b) 하상변동량 모의 결과>

Case 4 : 10년주기 홍수량 / 수문 폐쇄

(a) (b)

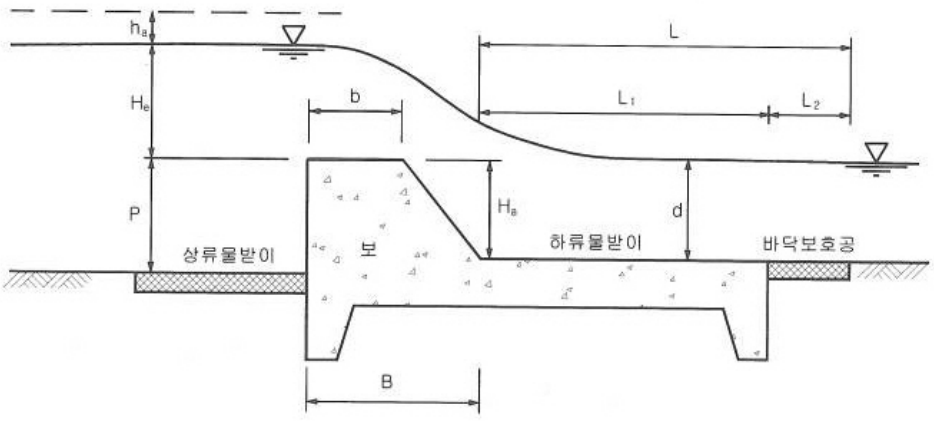


<10년주기 홍수 발생 수위, 수문 폐쇄에 따른 (a) 유량 및 (b) 하상변동량 모의 결과>

(3) 하류 세굴 저감 방안 제시 (하천 설계 기준 개정)

○ 세굴 저감을 위한 적절한 대하천용 물받이공 및 바닥보호공 설계 길이 산정

- 5차년도에 보 하류부 세굴 피해 저감을 위한 적절한 대하천용 물받이공 및 바닥보호공 설계 길이 산정 방법 제안
- 현장의 수리학적 특성을 반영한 설계 길이 산정이 가능



< 보, 물받이공, 바닥보호공 개요도 >

<대하천용 물받이공 산정 공식>

산정 방법	공식
Bligh 식	$L_1 = 0.6 \cdot C \sqrt{H}$ 여기서 C 는 Bligh 계수 (하상토 상태에 따라 결정, 표2 참조) H는 다음중 가장 큰 값으로 한다. 1) 물받이상판에서 보마루까지의 높이 (m) 2) 보상류부 최고수위 - 보하류부 최고 수위 (m) 3) 보상류부 최저수위 - 보하류부 최저 수위 (m)
2. 건설시험소 공식	$L_1 = 4.05 \cdot H^{0.316} \cdot q^{0.514} \cdot D_{50}^{-0.325}$ 여기서 q 는 계획홍수량에 해당하는 단위폭당유량 (m2/s), D50는 중앙입경 (mm)
3. FAO 공식	$L_1 = 1.25 \sqrt{H_0 \times (H_s + 0.45 H_0)} + 4 \times h_2$ 여기서 H0 는 설계홍수유하시 보상류부 수두 (m), Hs 는 물받이 상판에서 보마루까지의 높이 (m), h2는 보 직하류 수심의 공액수심 (m)

<대하천용 하상토상태에 따른 블라이계수>

하상토의 상태	블라이계수
극미립사 또는 이토 (0.1~0.005mm)	18
가는 모래 (0.25~0.1mm)	15
굵은 모래 (1.00~0.5mm)	12
자갈과 모래의 혼합	9
호박돌 자갈	4~6

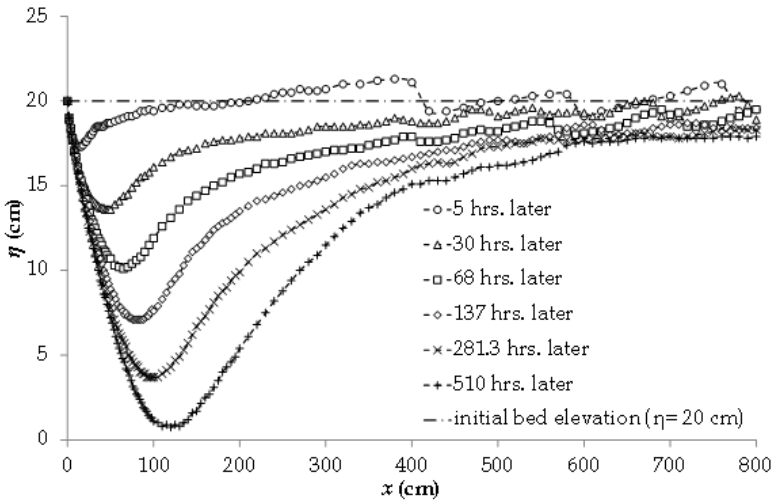
<대하천용 바닥보호공 길이 산정 공식>

산정 방법	공식
1. 블라이식	$L_2 = 0.66\ C \cdot f \cdot (H_a \cdot q)^{1/2} - L_1$ 여기서 L_2은 하류측 물받이 길이 (m), f 는 안전율, C 는 블라이 계수, q 는 단위 폭당유량 (m2/s)
2.CIRIA 공식	$L_2 = n_s \cdot y_{max}$ 여기서 ns는 cotα, α(°)는 하상붕괴 후 각도(하상재료의 수중안식각), ymax는 최대 세굴심 (m)이며 이는 아래의 식을 통해 산정 $\frac{y_{max}}{h_0} = \frac{\alpha U_0 - U_c}{U_c}$ 여기서 U_c는 초기 유사 이송 임계 속도를 의미하고, α는 난류 계수로 다음과 같이 제안 $\alpha = 1 + 3r_0$ $r_0 = \frac{\sqrt{k_o}}{U_0}$ $U_c = 2.5\sqrt{\Psi_c(G-1)gd_{50}}\ ln(12h_0/k_s)$ 이때 Ψ_c는 Shields parameter, G 는 유사의 상대 무게, g 는 중력가속도, k_s는 Nikuradse의 표면거칠기를 의미 r_0는 상대적 난류 강도로서 수심 평균 한 난류의 크기 값으로 산정이 가능, U_0 는 수심 평균 속도, k_0는 수심 평균한 난류 에너지크기를 뜻함 $k_0 = \frac{1}{h}\int_0^h k(z)dz$ $k(z) = \frac{1}{2}(\overline{u'(z)^2} + \overline{v'(z)^2} + \overline{w'(z)^2})$

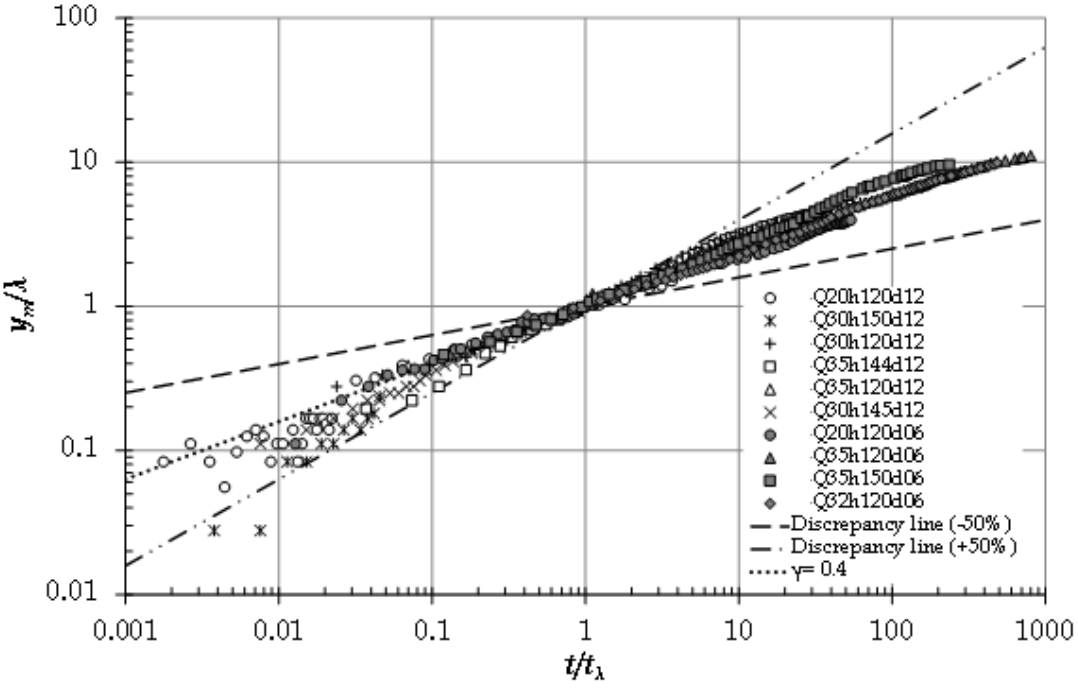
- 바닥 보호공 길이 산정 시 하상 세굴심을 이용하여 설계가 가능하며 세굴심은 실험적 연구를 통해 추정식 도출
- 실험은 세굴에 영향을 미치는 주요 인자인 유사 입경, 유량, 수심 등을 변경하면서 4차년도부터 5차년도까지 진행

<세굴 실험 초기 지수 및 주요 인자>

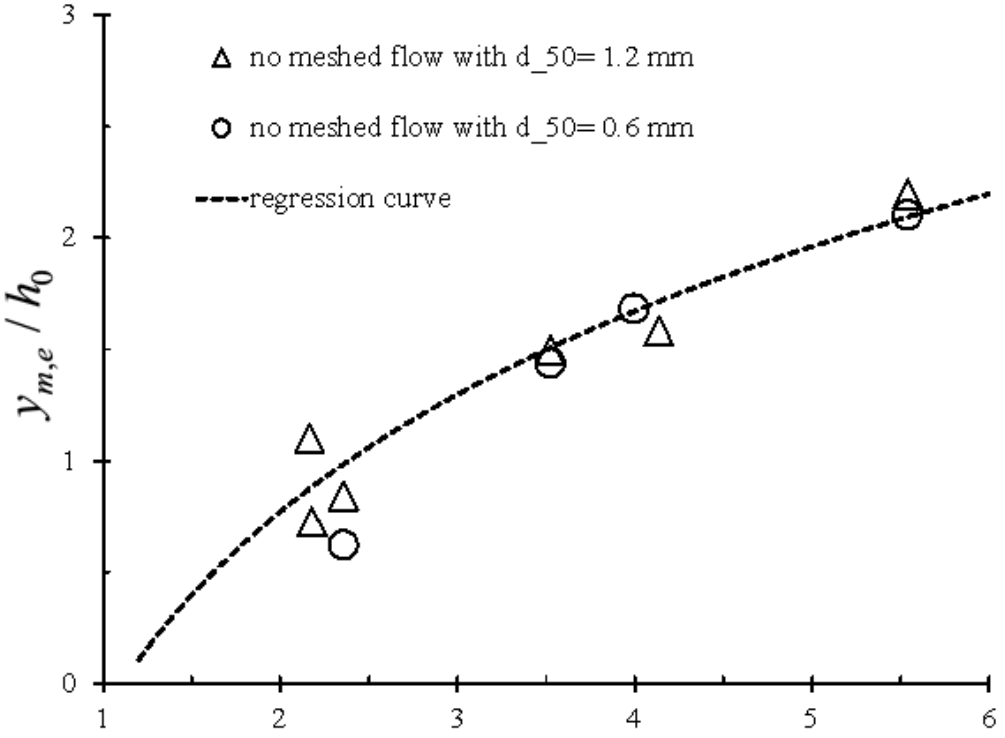
Case number	Flow Parameters					Sediment Parameters		Equilibrium Prediction			
	U_0 (m/s)	Fr $(-)$	r_0 $(-)$	τ_0 (Pa)	Re $(-)$	k_s (mm)	D_* (m)	$u_{*,c}$ (m/s)	U_c (m/s)	α $(-)$	$y_{m,e}$ (m)
Q20h120d12	0.27	0.30	0.073	0.29	113	6	30.4	0.021	0.26	1.88	0.121
Q30h150d12	0.33	0.34	0.054	0.23	140	6	30.4	0.023	0.30	1.98	0.178
Q30h120d12	0.42	0.45	0.055	0.36	172	6	30.4	0.022	0.28	2.4	0.31
Q35h120d12	0.49	0.53	0.054	0.48	246	6	30.4	0.019	0.24	2.6	0.51
Q35h144d12	0.41	0.42	0.056	0.36	197	6	30.4	0.023	0.30	2.2	0.29
Q30h145d12	0.35	0.35	0.059	0.29	124	6	30.4	0.023	0.30	2.0	0.193
Q20h120d06	0.27	0.24	0.06	0.29	113	3	15.18	0.018	0.26	1.82	0.108
Q35h120d06	0.49	0.53	0.054	0.48	246	3	15.18	0.016	0.23	2.6	0.55
Q35h150d06	0.39	0.32	0.057	0.38	187	3	15.18	0.018	0.27	2.2	0.32
Q32h120d06	0.44	0.49	0.057	0.44	174	3	15.18	0.017	0.24	2.5	0.42



<시간에 따른 세굴심 변화>



<평형 세굴심과 세굴 지속 시간 사이의 관계>



<최대 평형 세굴심과 주요 인자들간의 관계>

- 위의 실험 결과값을 바탕으로 세굴심 추정식 개발 가능 (5차년도 기술보고서)
- 실제 시공 설계 시 다양한 산정 공식을 통해 나온 결과 중 최장값을 선택하는 것이 가장 적절한 방안
- 즉, 이를 통해 대하천에 이미 설치되어 있거나 혹은 신규 다기능보에 적용하여 하상 변동에 안전한 구조물 설치를 가능하게 함
- 또한 세굴로 인한 피해에 대해 추가적인 보강을 실시하는데 소요되는 예산의 절감을 가능하게 하며 수리구조물의 안정성을 증대시킬 수 있음

(4) 현장 자료를 통한 검증

○ 현장 자료를 이용한 실제 설계 길이 제안

- 본 과제에서 현장 자료를 가지고 실제 물받이공 및 바닥 보호공의 설계 길이를 판단하고자 하였으나 4대강 사업 직전 직후 하천 지형 데이터의 취득이 어려움으로 이는 추후에 분석
- 따라서 강정고령보의 예시 유량값을 가지고 물받이공 길이 산정

(q= 21.0m^2/s ,$H_a = 11.50m$, $H_0 = 16.75m$, 하상토 상태: 자갈과 모래 (1.00 mm))

<물받이공 산정 예시>

방법	산정값
1. Bligh식 (하천설계기준, 2009)	$L_1 = 0.6 \cdot C \cdot \sqrt{H_a} = 0.6 \times 9 \times \sqrt{11.50} = 18.31\,m$
2. 건설시험소 공식 (하천설계기준, 2009)	$L_1 = 4.05 H^{0.316} q^{0.514} D_{50}^{-0.325}$ $= 4.05(11.5)^{0.316}(21.0)^{0.514}(1.0)^{-0.325} = 41.9\,m$
3. FAO	$L_1 = 1.25\sqrt{H_0 \times (H_s + 0.45H_0)} + 4 \times h_2$ $= 1.25\sqrt{16.75 \times (11.5 + 0.45 \cdot 16.75)} + 4 \times 8.06 = 54.56\,m$

- 실제 강정고령보의 물받이공 길이는 Bligh 공식을 사용한 결과값을 이용하여 약 20 m로 산정되었으나 계산 결과 3가지 방법 중 최장 길이 (54.56 m)로 설계 하는 것이 가장 적절한 길이라 판단

마. 1-5 세세부: 하천시설관리 최적화 기술 개발

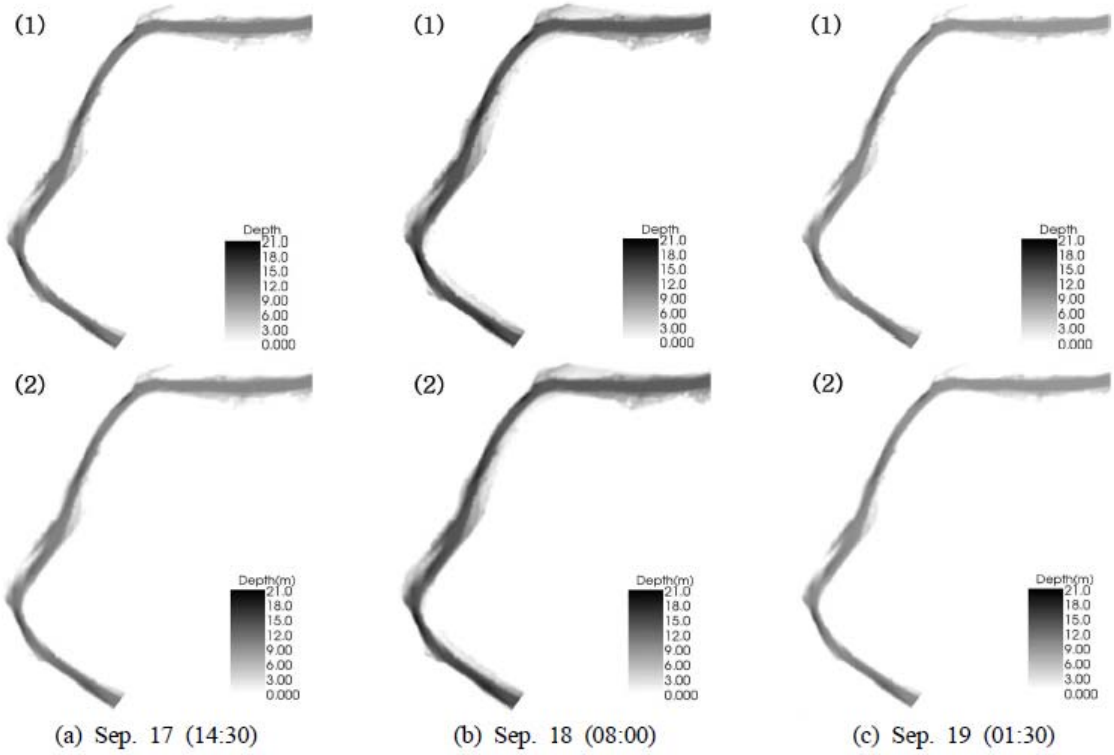
(1) 홍수터 친수시설 안정성 평가 기술 개발

○ 홍수 이후 침식 및 퇴적 발생에 대한 상대적 공간분포를 예측하여 제공함으로써 홍수터의 유지관리 우선순위에 대한 의사결정을 지원할 수 있으며, 친수공간에서의 친수 및 하천시설물 설치 계획 수립 등에 활용될 수 있도록 하는 것을 목표로 함

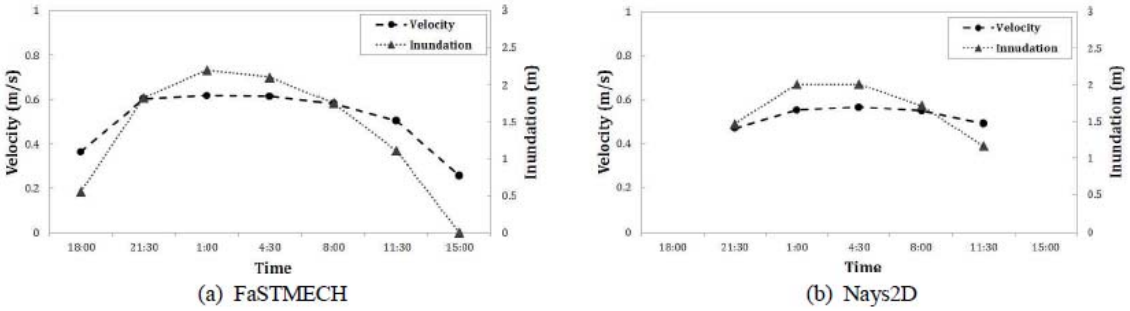
(가) 홍수터 수리학적 영향 분석

○ 2차원 흐름해석 모형의 적용성 분석

- 2차년도 연구에서는 홍수터 구간에서의 수리학적 영향 분석을 위해 마름/젖음처리가 가능한 2차원 흐름해석 모형을 적용함
- 적용모형은 FaSTMECH(준정류)와 Nays2D(부정류) 모형을 이용하였으며, 적용사상은 태풍 산바 시 유량조건을 사용함
- 첨두홍수량 시기에 대부분의 홍수터가 침수됨을 알 수 있으며, 친수시설이 조성되어 있는 특정 구간에서 두 모형간의 수리학적 영향을 비교 분석함



<시간에 따른 침수심 결과 : (1) FaSTMECH, (2) Nays2D (Ku et al., 2014)>



(a) FaSTMECH (b) Nays2D

<특정 홍수터 구간에서의 유속 및 침수심 비교 결과 (Ku et al., 2014)>

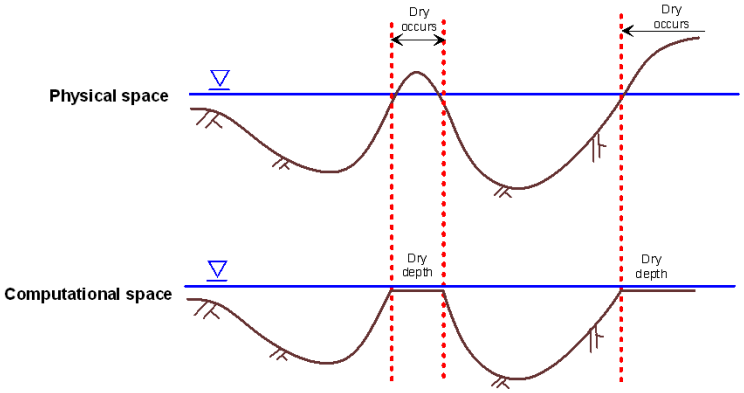
- 두 모형간의 유속 및 침수심 비교 결과 부정류 모형의 경우 수위가 상승하였다가 하강하는 시기에서 배수효과에 대한 유속 증가 현상을 구현하는 것으로 보이나 두 모형간의 큰 차이는 없음
- 따라서 친수시설 안정성 평가를 위해 적용될 2차원 흐름해석 모형은 구동시간이 상대적으로 짧은 준 정류 모형을 적용하는 것이 더 효율적일 것으로 판단됨

○ 친수시설 안정성 평가를 위한 홍수위험도 지수의 적용

- 3~4차년도 연구에서는 국외 제외지에서의 다양한 홍수위험도 평가 지수를 분석하고 본 연구에 적용함

○ 2차원 흐름해석 모형(HDM-2D)의 알고리즘 개선 및 모형의 검증

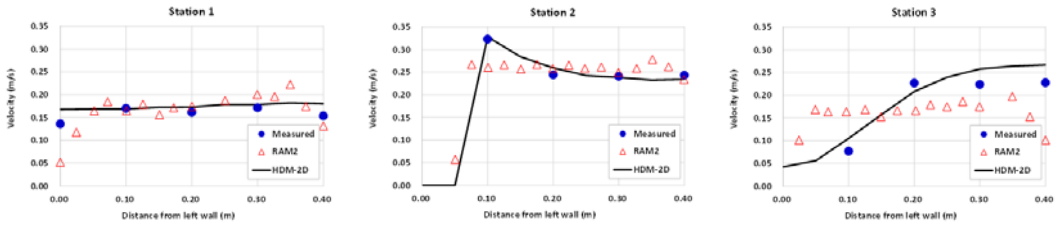
- 4~5차년도에는 국내에서 기 개발된 2차원 흐름해석 모형을 활용하기 위해 2차원 수치해석 전문가 활용을 통해 HDM-2D 모형의 마름/젖음 알고리즘과 준 정류 해석 기법을 추가 개선하여 기 연구된 수리실험 결과들과 비교하여 모형의 검증을 실시함



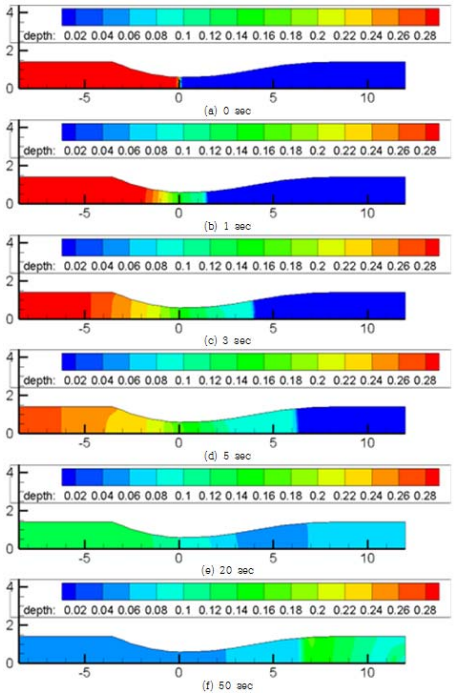
<HDM-2D 마름/젖음 알고리즘 수정 후>

- 기존 마름/젖음 알고리즘은 박막(Thin film)기법을 사용하였으며, 임계값 이하로 수심이 떨어지면 마름이 발생한 것으로 간주

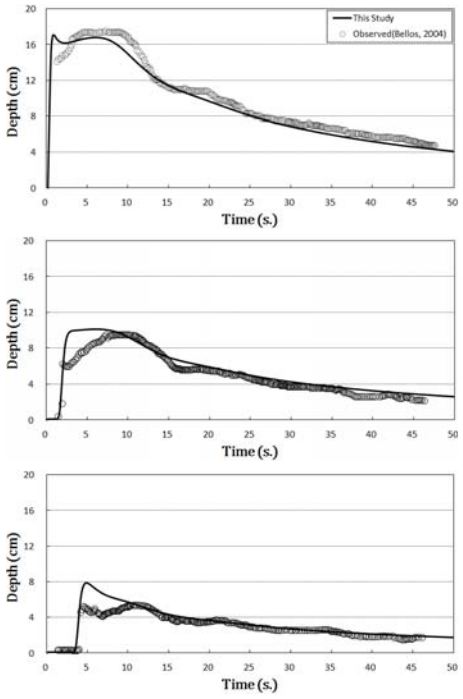
- 테스트베드에 적용해 본 결과 경사가 급한 홍수터 구간에 적용하기 한계가 있음
- 마름이 발생하는 구간의 지형을 한계수심만큼 남기고 제거함으로써 수치적 안정성 확보



<기존연구 결과와 HDM-2D모형 비교>



<시간에 따른 수심 변화>



<모의결과 및 관측치의 수심변화 결과>
(Song et al., 2016)

- 추가적인 모형의 검증을 위해 아래 그림과 같이 Bellos(2004)가 연구한 댐 붕괴 현상에 대한 실험 결과와 같은 조건으로 적용하여 모형의 결과와 비교하였으며, 그 결과 실측된 수심값과 모의값의 경향이 매우 유사하게 나타났음

○ 친수시설 안정성 평가 지수 개발 및 적용
- 5~6차년도에는 침식과 퇴적을 동시에 고려할 수 있는 친수시설 안정성 평가

지수를 개발하였고, 개발된 지수를 검증하고 테스트베드 내 통합 빈도별 홍수 시나리오에 적용하여 침식/퇴적 발생에 대한 상대적 공간분포를 예측함

- 홍수터에서의 상대적 침식/퇴적 분포를 산정하기 위해 아래 식과 같이 Einstein-Krone 공식(1962)을 이용하였음

$$D = \omega P_d C_a = \omega\left(1 - \frac{\tau_b}{\tau_{cd}}\right) C_a$$

- where, D = deposition flux [kg/m2/s]; ω = settling velocity of a single particle in tranquil water [m/s]; P_d = probability for settling particles to remain deposited; C_d = near-bed volumetric sediment concentration [kg/m3]; τ_b = local bed shear [N/m2]; τ_{cd} = critical shear stress for deposition [N/m2]
- τ_{cd} , ω와 C_a는 모델링할 때 일반적으로 상수로 사용하고 있기 때문에 모형의 결과에 의해 바뀔 수 있는 것은 물에 의한 shear stress인 τ_b(local bed shear)임. 따라서 τ_b를 제외한 나머지 항은 상수로 가정. Einstein-Krone 공식에서 τ_b보다 τ_{cd}의 값이 클 경우 퇴적이 발생하며 τ_b 보다 τ_{cd}의 값이 작을 경우에는 침식이 발생할 수 있음
- 일정 구간의 하천에서 특정 홍수파가 시작되고 끝나는 시간 동안의 바닥전단력을 평균화하여 상대적 퇴적량을 예측하기 위한 Steady Erosion and Deposition Index(SEDI) 지수를 개발함 Steady-uniform flow 시 유사 입자(sediment particle)의 움직임을 결정하는 τ_0를 아래 식과 같이 나타낼 수 있음

$$\tau_0 = \gamma R S \approx \gamma h S$$

- 폭이 넓은 하천에서는 $R \approx h$로 간주하며, Manning 공식 $V = \frac{1}{n} h^{2/3} S^{1/2}$를 S에 대하여 정리하고 위 식에 대입하면 아래 식과 같이 표현됨

$$\tau_0 = \gamma n^2 V^2 h^{-1/3}$$

- 따라서 τ_b는 V^2과 $h^{-1/3}$의 함수이며, τ_{cd}는 아래 식과 같이 Shields diagram을 이용하여 구할 수 있으므로 위 식에서 구한 τ_b와 아래 식에서 구한 τ_{cd}를 τ_b/τ_{cd}에 대입하면 아래 식으로 나타낼 수 있음

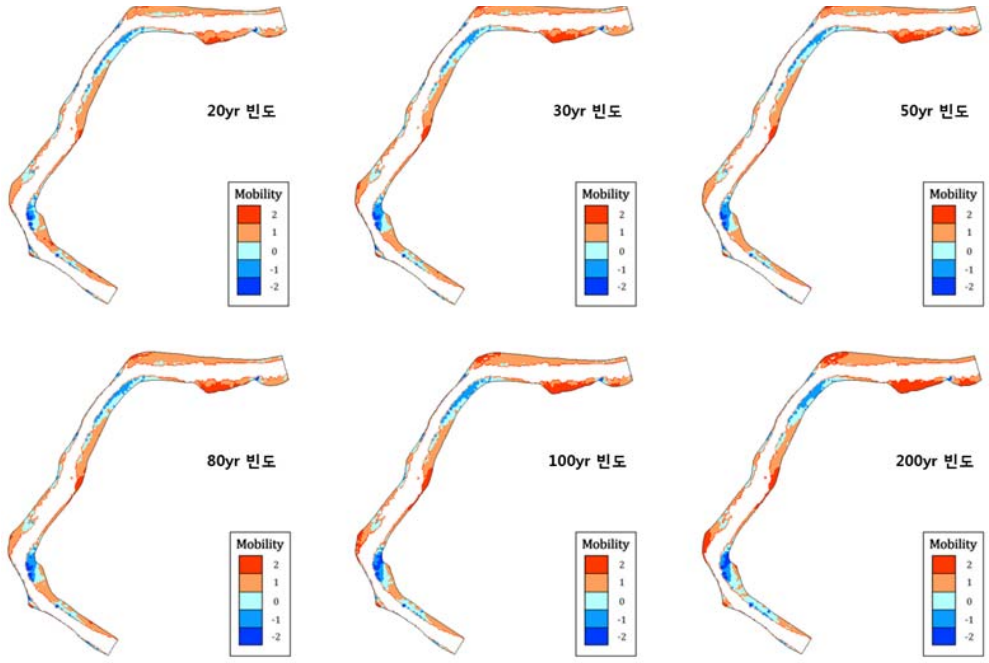
$$\tau_{*c} = \frac{\tau_{0_c}}{(\gamma_s - \gamma) d_s}$$

$$\frac{\tau_0}{\tau_{0_c}} = \frac{\gamma n^2 V^2 h^{-1/3}}{\tau_{*c}(\gamma_s - \gamma) d_s} = \frac{\gamma n^2}{\tau_{*c}(\gamma_s - \gamma) d_s} \frac{V^2}{h^{1/3}} = constant \times \frac{V^2}{h^{1/3}}$$

– 위 식과 같이 입자에 관련된 속성은 상수로 간주하고 $\frac{V^2}{h^{1/3}}$을 Steady Erosion and Deposition Index(SEDI)라 정의함

– 아래 그림과 같이 통합 빈도별 홍수시나리오에 대한 침식/퇴적 발생 위험 등급을 산정하였으며, 아래 표와 같이 홍수터 구간에서의 홍수 이후 등급에 따른 홍수터 유지관리 우선순위를 결정할 수 있음

Mobility	-2	-1	0	1	2
	침식발생 고위험 구간	침식발생 위험 구간	상대적 안정 구간	퇴적발생 위험 구간	퇴적발생 고위험 구간



<빈도별 홍수량에 따른 지수 등급화 결과>

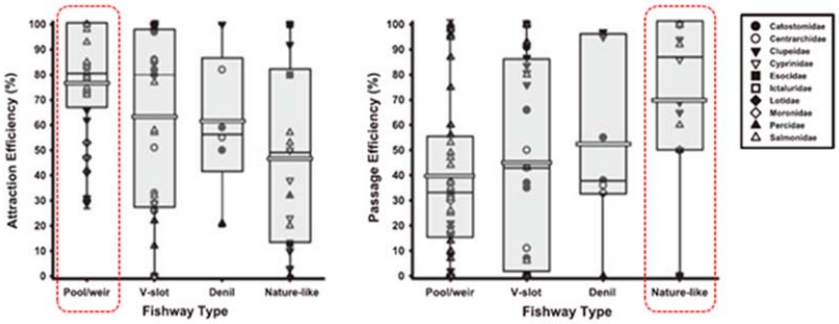
– 개발된 지수는 침식과 퇴적에 대한 정량적인 양을 제시하지는 못하지만, 수많은 가정과 매개변수를 포함하는 복잡한 유사이송모형을 적용하지 않고 자연하천의 흐름정보만으로 홍수터 구간의 침식과 퇴적의 상대적 공간 분포를 제시할 수 있다는 측면에서 의미가 있음

(2) 어도 이용효율 평가 기술 개발

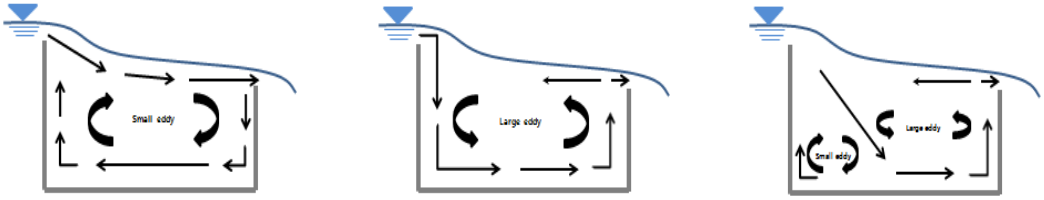
○ 대규모 자연형어도의 이용효율 평가 기술은 산란기 시기의 효과적인 어도 운영과 신규 어도의 설계 및 기존 어도의 재설계 등에서 기초자료로 활용할 수 있도록 하는 것을 목표로 함

○ 어도 유인 및 이동효율 분석을 통한 어도 이용효율 평가

- 2~4차년도 연구에서는 낙동강 다기능보에 설치된 어도를 전수조사하고, 인공형 어도 내에서의 이동효율과 자연형 어도 입구에서의 유인효율에 대한 연구를 진행함
- 인공형 어도에서는 유인효율이 높기 때문에 어도 내에서의 이동효율을 높이는 방안을 마련해야하며, 자연형 어도에서는 어도 내 이동효율 높기 때문에 어도 입구부에서의 유인효율을 높이는 방안이 마련되어야 함



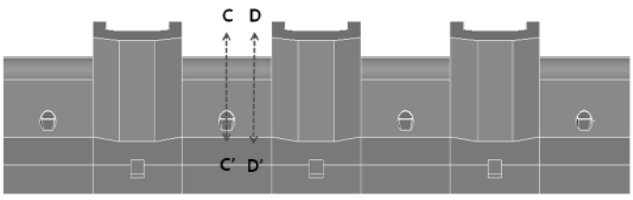
<어도 형식에 따른 유인 및 이동효율(bunt et al., 2012)>



(a) Streaming flow (b) Plunging flow (C) Inclined flow

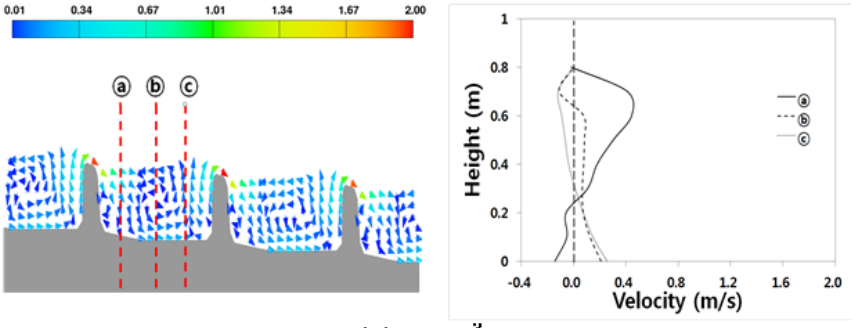
<Flow Patterns in Fishway(Hayashida et al., 2000)>

- 인공형 어도 내 흐름구조는 아래 그림과 같이 표면류(streaming flow)와 잠입류(plunging flow) 그리고 두가지의 흐름이 공존하는 경사류(Inclined flow)로 구분할 수 있으며, 잠입류가 발생할 때 가장 효율이 높은 것으로 나타남
- 달성보 아이스하버식 인공형 어도 내의 흐름구조를 예측하기 위해 3차원 흐름해석 모형을 이용하여 유량변화에 따른 흐름구조를 분석함

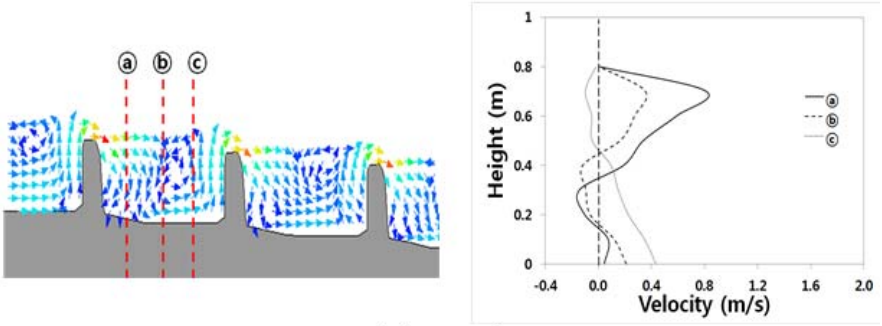


<분석지점(Jo et al., 2013)>

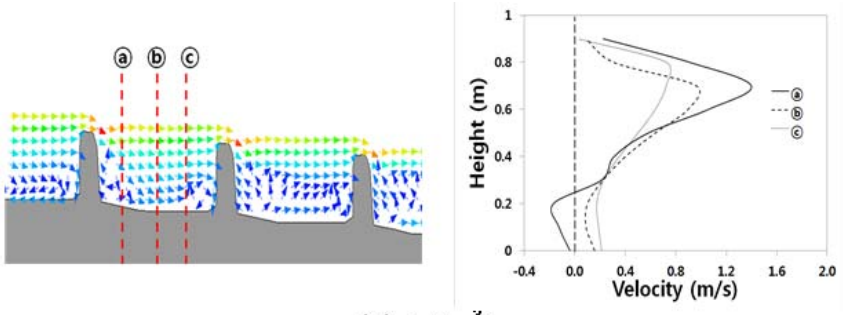
- 유량조건에 따른 인공형 어도 내에서의 연직흐름분포 결과를 아래 그림에 나타내었고, 결과를 요약하면 유량이 0.8 m3/s 이하인 경우 어류가 소상하기 쉬운 잠입류가 나타났으며, 유량이 1.0 m3/s 일 경우 Inclined flow가 유량이 1.2 m3/s이상인 경우 어류가 소상함에 있어 종종 방향을 잃어 소상을 실패 할 수 있는 표면류가 발생하는 것으로 나타남
- 따라서 달성보 인공형 어도의 효율을 증대시키기 위해서는 유입유량을 0.8 m3/s 이하로 운영하는 것이 적절할 것으로 판단됨



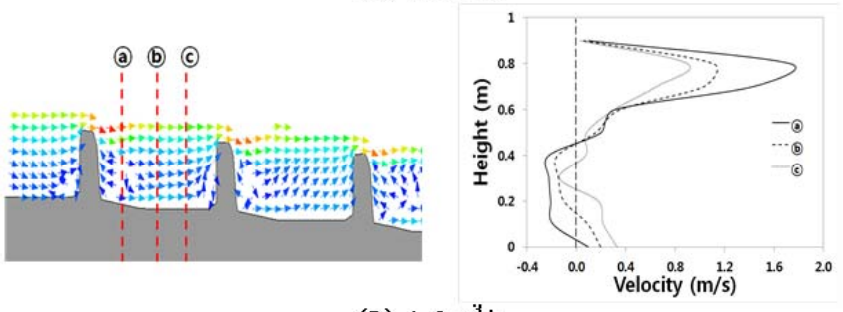
(A) 0.6 m^3/s



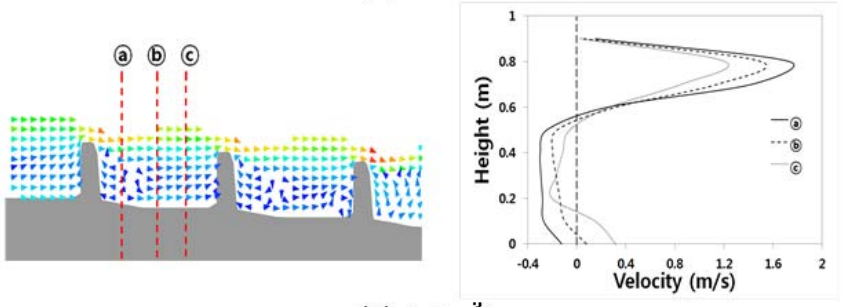
(B) 0.8 m^3/s



(C) 1.0 m^3/s



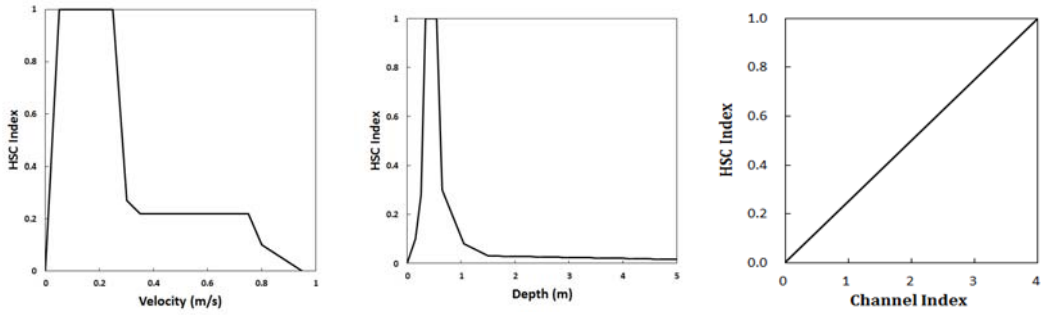
(D) 1.2 m^3/s



(E) 1.4 m^3/s

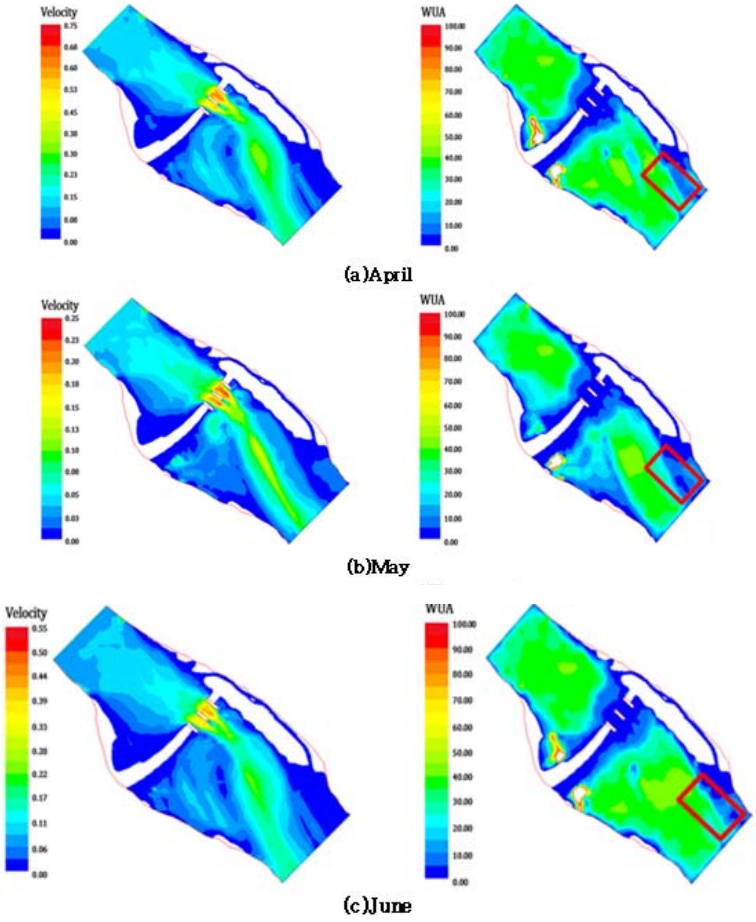
<인공형 어도 내 연직방향 흐름해석 결과(Jo et al., 2013)>

- 5~6차년도 연구에서는 어도 이용효율 평가에 있어 대하천사업 이후 어류의 우점이 바뀔 수 있을 것으로 판단하여 한국수자원공사에서 제공받은 어류모니터링 자료를 통해 대표어종을 재선정함

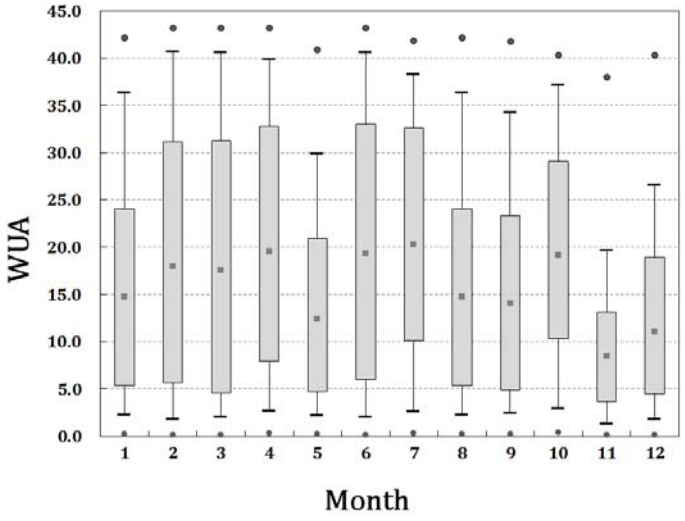


<모래무지의 서식처 적합도 지수>

- 2013년 실제 보운영 현황에 따른 어도 이용효율을 평가함



<보 운영에 따른 어도 이용효율 평가 결과>



<보 운영에 따른 어도 이용효율 평가 지수 산정결과>

- 위 그림과 같이 어도 이용효율 산정 결과는 7월에 가장 높게 나타났으며, 4월,

6월 순으로 나타남

- 실제 강정고령보 어류 모니터링 자료과 비교했을 때 대표어종인 모래무지는 산란기 기간중 4월에 어도를 가장 많이 이용하였으며, 본 연구에서 산정된 평가 지수 결과와 비슷한 양상을 보임
- 따라서 본 연구에서 어도 이용효율 평가 지수로 사용한 WUA는 어도 이용효율을 대변할 수 있는 적절한 지표임을 어류 모니터링 자료를 통해 간접적으로 증명 되었다고 판단됨
- 어도의 경우는 어도 내의 관리에 대한 측면이 중요할 수 있으나 보 운영 및 어도 내 수문 운영 등에 따라 어도 내·외측에서의 수리학적 영향이 크게 변화하며 이에 따라 어도의 이용효율이 변화될 수 있는 것을 본 연구를 통해 알 수 있음. 따라서 어도의 효율을 증대시키기 위해서는 시기에 따라 적절한 운영이 중요하다고 판단됨

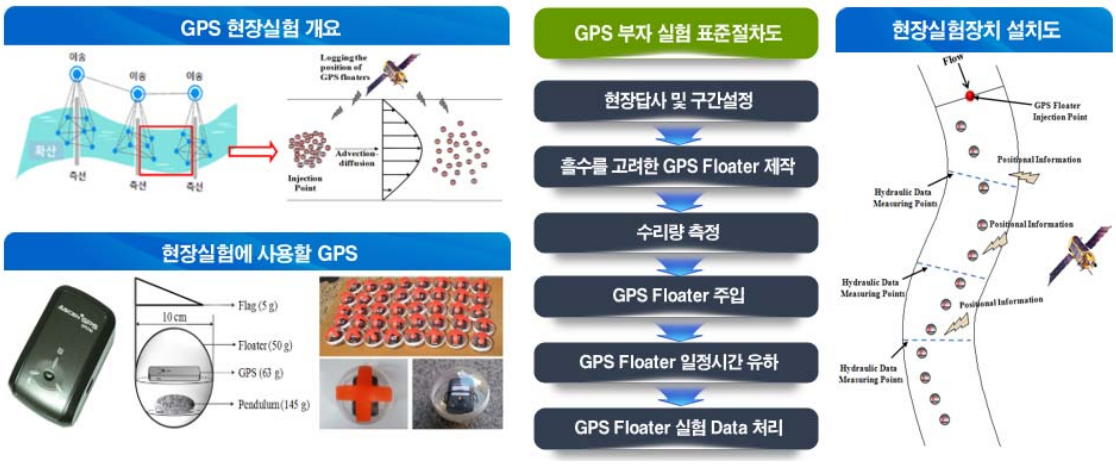
○ 하천설계기준(어도편) 개정을 위한 상정안

- 2~5차년도 연구를 진행하면서 하천설계기준(어도편) 개정을 위해 개정안을 제시함

(3) 유속측정용 GPS 전자부자 개발

○ 유속측정용 GPS 전자부자는 사람의 접근이 용이하지 않은 구간 및 어도 입구부와 같은 저유속 구간에서의 2차원 유속 분포를 측절할 수 있으며, 드론 영상분석 및 LS-PIV 기법을 활용한 유속측정 기법과 연계하여 무참조 영상유속측정 기법 등의 기술개발에 기여할 수 있도록 하는 것을 목표로 함

- 2~5차년도 연구에서 자연형 어도 내·외부에서의 표면 유속을 측정하기 위한 방법으로 유속측정용 GPS 전자부자를 활용하였으며, 전자부자의 흘수와 편리성 및 휴대성을 고려하고, 바람의 영향으로부터 적게 받는 형태로 제작함



<유속측정용 GPS 전자부자 개요>

- 6차년도에서는 유속측정용 GPS 전자부자의 고도화 및 실용화를 위해 표면유속뿐만 아니라 평균유속도 고려할 수 있는 연직 다지점 GPS 전자부자를 개발함

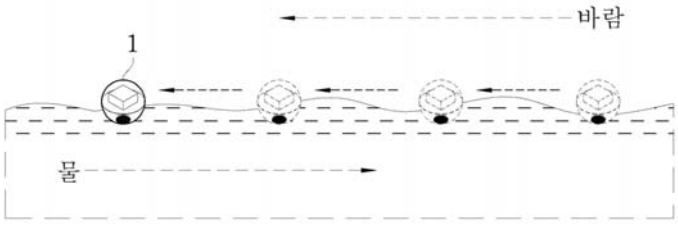


<기존 GPS Floate>

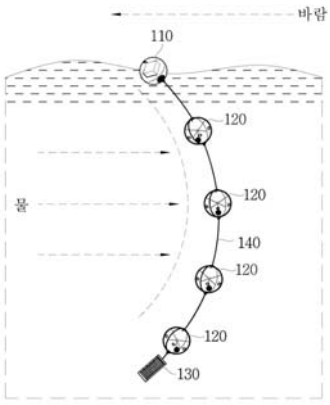


<연직다지점 GPS 부자>

- 아래 그림 및 표와 같이 실험수로에서 바람영향 실험을 진행
- 개발된 연직 다지점 GPS 전자부자의 실용화를 위해 특허 출원을 진행하였으며, 출원된 내용은 아래와 같음



<기존 GPS 부자의 문제점>



<연직 다지점 GPS 전자 플로터 상태도>

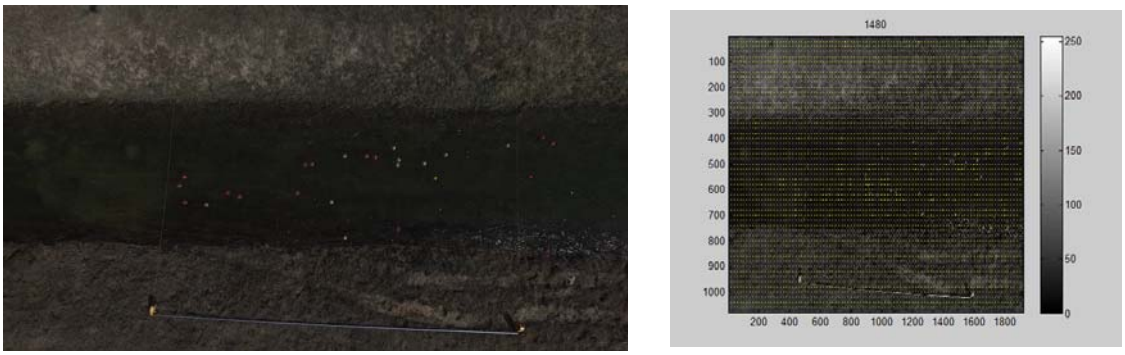
- GPS 전자부자를 이용한 유속측정기법은 프로그램 등록과 특허출원을 통해 개

발기술을 검증하였으며, 실제 자연하천에 적용에 대한 실용성을 높이기 위해 향후 기술이전을 통한 제품화 진행시 GPS 전자부자의 소형화 및 단순화 과정을 통해 문제점을 해결할 수 있을 것으로 판단됨

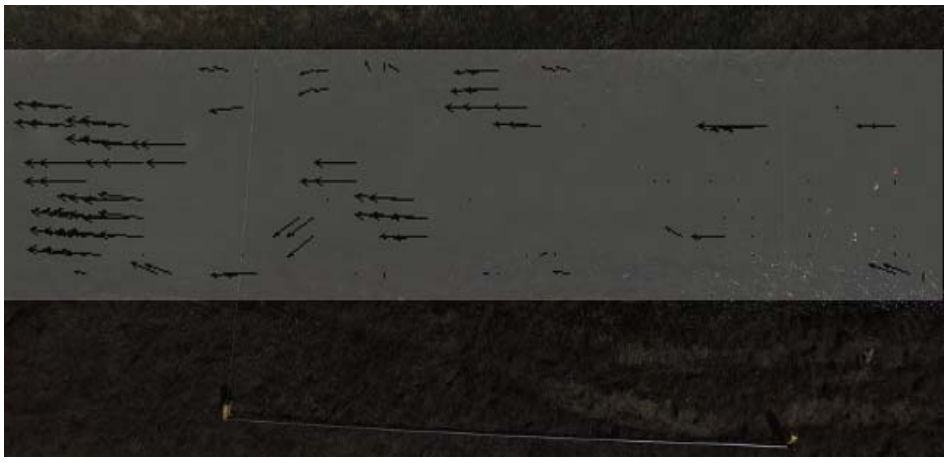
(4) 복단면 수리 실험 및 요소기술 고도화를 위한 현장 실험

○ 복단면 수리실험 및 현장 실험 실시

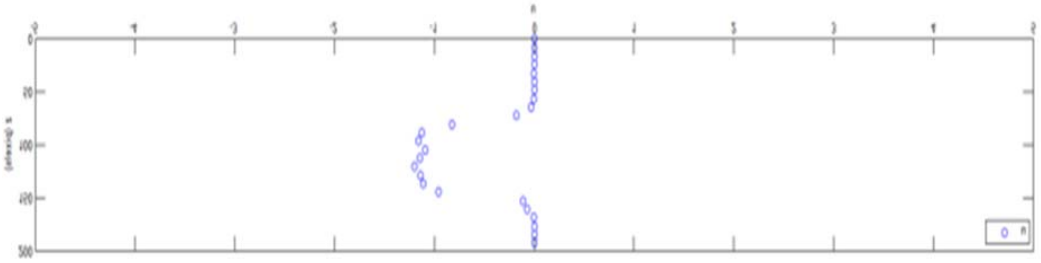
- 요소기술 검증을 위해 복단면 실험 수로를 제작하였으며, GPS 부자의 검증 실험, 복단면에서의 흐름구조 분석 및 소류력계를 통한 소류력 측정을 실시함
- 또한 안동 하천실험센터 실규모 실험장에서 LS-PIV 적용 실험 및 요소기술 고도화를 위한 현장계측을 실시함



<GPS 부자의 영상 분석>



<PIV 영상 분석 결과>



<LS-PIV 흐름분포 분석>

- GPS가 장착된 부자를 이용하여 LS-PIV분석 결과, 위 그림과 같은 결과를 얻었으며, Noise filtering 후 흐름이 없는 영역을 보정한 후 실제 유속을 보정함
- 촬영된 영상을 이용한 LS-PIV 분석 결과와 GPS Floater의 GPS 좌표를 이용하여 산출한 결과 아래 표와 같은 결과를 보임
- GPS Floater에 의해 산정된 유속의 경우, 유속편차가 다른 방법에 비해 크게 나타났으며, 이러한 이유는 GPS에서 산정되는 유속단위가 km/hr이기 때문에 m/s로 환산할 경우 오차가 크게 나타남
- 이러한 결과를 토대로 GPS 전자부자의 경우 소하천보다 대하천에서 적용하는 것이 적합할 것으로 판단됨

<측정방법에 따른 유속비교 표>

	Flow Tracker (m/s)	LS-PIV (m/s)	LS-PIV (오차율, %)	GPS (m/s)	GPS (오차율, %)
우안	0.89	0.96	8%	0.28	69%
	0.99	1.14	15%	0.83	16%
	1.10	1.15	5%	1.11	1%
	1.07	1.16	8%	1.11	4%
좌안	0.78	0.82	5%	-	-

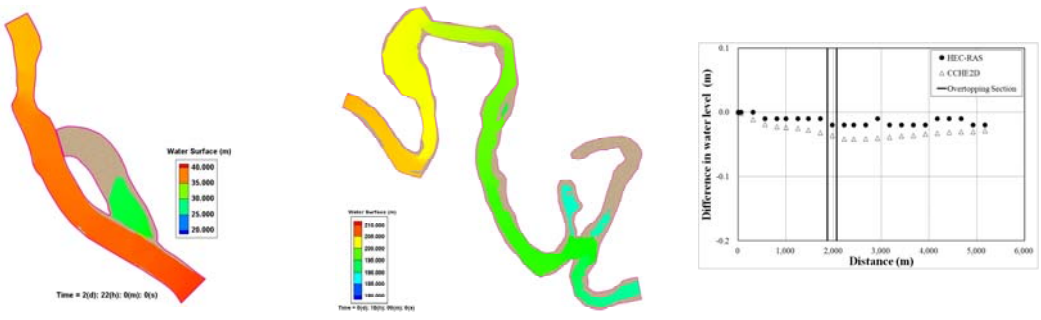
바. 1-6 세세부: 홍수량 조절시설 최적 운영 기술 적용, 합류부 하상 안정화를 위한 구조적 대책 개발

(1) 하천진단시스템 홍수량 조절시설 연구내용 반영 및 최적 운영 및 유지관리 가이드라인(안) 내용 보완

(가) 하천진단시스템 내 홍수량 조절시설 반영을 위한 성능 검토 및 가상 홍수조절지 반영

○ 국내 운영 중인 홍수량 조절시설(화순 홍수조절지) 홍수 저감 효과 성능 검토

- 최근 이상기후로 인한 국지성 집중호우가 빈번하게 발생하여 홍수에 대한 부담이 지속적으로 증가하고 있으며, 홍수로 인해 발생되는 피해를 줄이기 위해 다양한 대안들이 제안됨
- 홍수량 조절시설(홍수조절지, 강변저류지)의 경우, 신규 제방 설치 및 기존 제방을 증고하기 위한 하천부지 확보가 어려운 여건에서 활용 가치가 매우 높은 대안으로 하도의 홍수를 분담하여 홍수 위험을 저감시키고 비홍수기에는 습지, 농경지, 생태 및 체육공원 등 다양한 목적으로 활용 가능
- 국내에 경우 4대강살리기사업을 통해 화순, 담양 홍수조절지와 여주, 나주, 영월 강변저류지를 최초 도입하고 운영 중에 있음
- 여주, 나주, 영월 강변저류지의 경우에는 선행 연구를 통해 홍수 저감 효과 성능 검토를 수행하였으며, 화순 홍수조절지 홍수 저감 효과 검토를 추가적으로 수행하고자 함

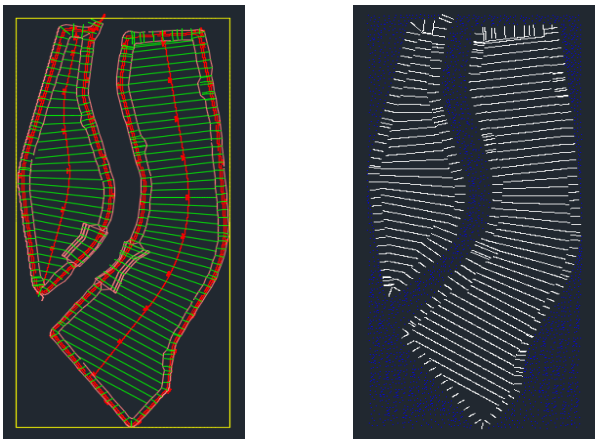


<강변저류지 홍수 저감 효과 성능 검토>

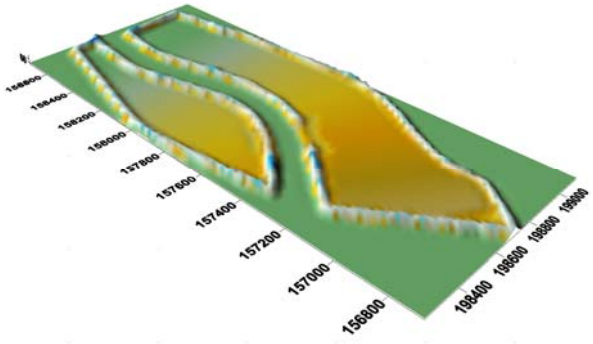
- 화순 홍수조절지의 홍수 저감 효과 성능 검토를 위해 관련 보고서 및 지형 자료를 요청하여 확보하였으며, 확보된 지형 자료를 이용하여 수치해석을 수행하

기 위한 화순 홍수조절지 지형 작업 수행

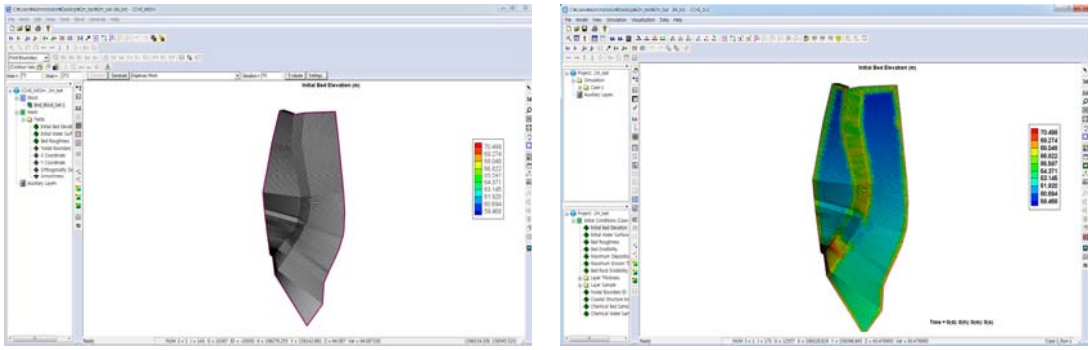
- 영산강 하천기본계획(2013)에서 확보한 지석천 지형 자료 중 화순 홍수조절지가 위치한 지석천 상류 지형이 하천기본계획 구역에 포함되어 있지 않으며, 화순홍수조절지 실시 설계 수행처로부터 관련 자료 협조 요청을 받지 못해 자료 확보 불가능
- 6차년도 현재까지 자료 확보 노력을 지속적으로 하고 있으며, 화순 홍수조절지가 위치한 지석천 상류 지형자료가 확보되는 데로 홍수 저감 효과 성능 검토 추가 수행 예정



<화순홍수조절지 지형 작업>



<지형 형상 확인>



<수치해석 수행을 위한 모형 mesh 작업>

○ 하천진단시스템 내 가상 홍수량 조절시설 반영 효과 표출

- 하천진단시스템의 주요 목표인 리스크 표출 및 대처방안 제시에서 홍수량 조절시설의 경우, 시설 반영에 따른 대상지역의 위험도 판단 및 지수화와 대처방안 제시가 부적절하다고 판단
- 가상 홍수량 조절시설 반영 전후의 하도 내 수위를 표출하여 시설 반영에 의한 홍수 저감 효과를 시각적으로 확인할 수 있게 함

○ 가상 홍수량 조절시설 반영 대상지역 선정

- 1세부 T/B 구간인 낙동강-금호강 유역에서 금호강 상류부 2개 지역을 후보지로 선정 후 가상후보지 2 지역을 최종 대상지역으로 선정
- 금호강 하류(안심보) 36,065 m ~ 금호강 상류(금호잠수교) 44,135 m (8 km) 지역의 금호강 하천기본계획(2013) 지형자료 확보 후 수치해석용 지형 및 mesh 작업



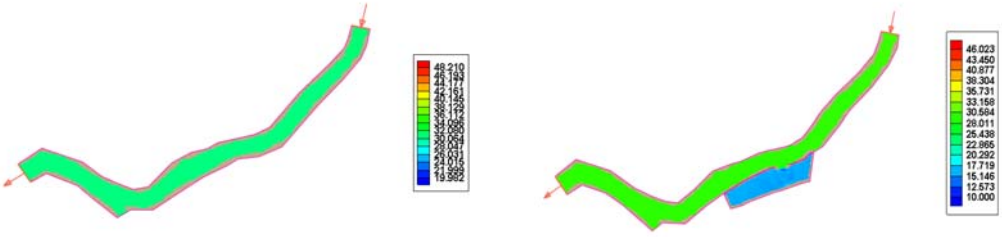
<가상 홍수조절지 후보지 선정>



<가상 홍수량 조절시설 지형 및 mesh 작업>

○ 금호강 상류 가상 홍수량 조절시설 반영에 따른 홍수 저감 효과 검토

- 금호강 하천기본계획(2013)의 100년 빈도 홍수량(4540 m^3 /s)에 따른 가상 홍수조절지 홍수 저감 효과 분석 및 하천진단시스템 홍수위 결과자료 제공



(a) 반영 전 수위 (b) 반영 후 수위

<가상 홍수량 조절시설 반영 전후 수위 결과>

- 100년 빈도 모의 결과는 다음과 같으며, 가상 홍수량 조절시설 반영으로 인해 하도 내 수위가 1 m 가량 저감됨

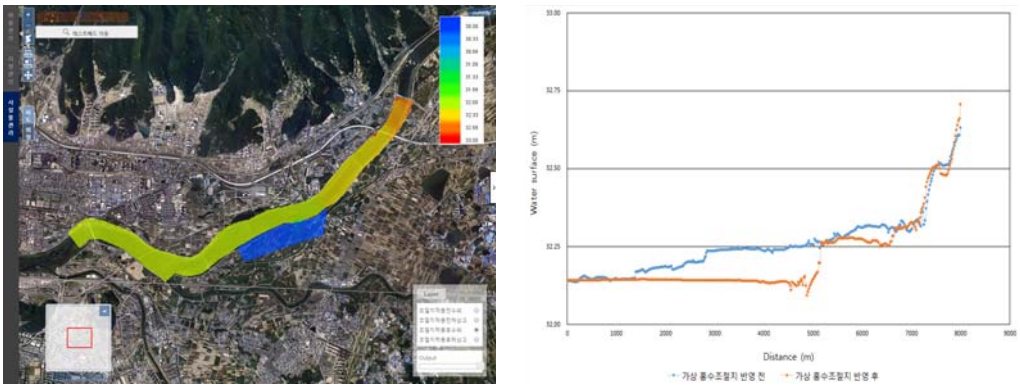
<가상 홍수량 조절시설 반영에 따른 수위 변화>

홍수량 조절지설 횡월류부 하류 2 km 하도 내 수위 (m)	
가상 홍수조절지 반영 전	가상 홍수조절지 반영 후
30 m 내외	29 m 내외

- 홍수량 조절시설 위치 조건에 다양한 변화를 주어 홍수 저감 효과의 변동성을 검토하고, 현장실무자가 의사결정자료로 활용할 수 있도록 하천진단시스템에

적용하여 관련 정보 제공 시스템 개발에 동기 부여가 가능

- 빈도 홍수량 및 가상 홍수량 조절시설 위치 조건에 다양한 변화를 주어 홍수 저감 효과 예측값을 제공하고, 적용 대상지역의 홍수량 조절시설 운영 조건에 따른 홍수 저감 효과를 보여줌으로써 효율적인 홍수량 조절시설 사업 평가가 가능



<하천진단시스템 가상 홍수조절지 반영에 따른 수위 변화 표출 화면>

(나) 국내 홍수량 조절시설 설계 기준과 운영 방안 검토 내용을 반영하여 홍수량 조절시설 최적 운영 및 유지관리 가이드라인의 완성도 보완

○ 개요

- 4대강살리기사업의 일환으로 홍수량 조절시설(홍수조절지, 강변저류지)이 국내 최근 도입되었으나, 하도 내 수문과 같은 하도 유량 조절시설을 함께 고려한 기술 개발 및 관련 운영 방안이 명확하게 마련되지 않아 이에 대한 기술 개발이 필요
- 홍수량 조절시설의 국내 도입 후 구체화 된 운영 및 유지관리 방안과 설계 관련 사항의 부재로 인해 시설 활용 및 도입 영향평가가 효율적으로 이루어지 않고 있음
- 본 연구를 통해 홍수량 조절시설 최적 운영 및 유지관리 가이드라인(안)을 제안하여 기존 시설 운영 및 관리 규정 검토와 함께 설계에 활용 가능한 기초 기술 자료 제공
- 제안된 가이드라인(안)에 대한 연구단 자체평가와 전문가 검증을 통한 가이드라인(안) 활용성 제고 및 현장 실무자 수요 조사 예정

○ 홍수량 조절시설 운영 및 유지관리 가이드라인 보완(설계기준 검토 내용 반영)

- 홍수량 조절시설 운영기법에 대한 수리실험 분석 결과와 관련 국내 설계기준 검토 내용 반영을 통한 가이드라인(안) 보완 작업
- 국내 홍수량 조절시설 도입 후 구체적인 운영 기준이나 평가 방안이 없는 상태로, 본 과제의 가이드라인(안) 개발을 통해 신규 요소 기술 도입 계기를 마련
- 표준화된 홍수량 조절시설 운영 절차 확립이 가능할 것으로 기대



<홍수량 조절시설 운영 및 유지관리 가이드라인(안)>

(2) 합류부 하도변화 분석 및 안정화 가이드라인 개발

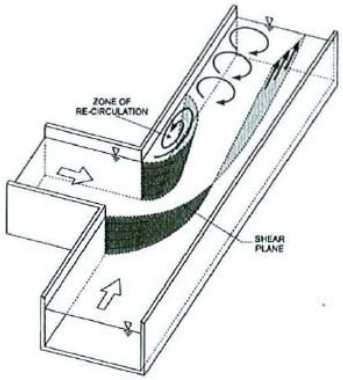
(가) 합류부 하상 및 하도변화

○ 합류부 특성

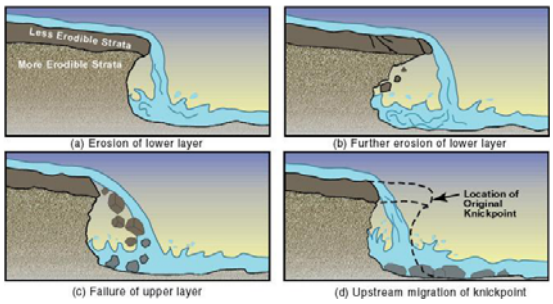
- 하천 합류부는 수리학 및 지형학적 관점에서 흐름, 퇴적, 오염 물질의 이송 등의 복잡하고 다양한 변화가 나타나는 지점(그림 1)이므로 합류부에서의 흐름 및 유사이송 특성을 관찰하고 이를 예측하기에 매우 큰 어려움이 있음
- 지금까지의 합류부 연구는 본류와 지류로부터 유입되는 유량에 따른 흐름의 변화와 유사이송 및 합류각에 따른 변화가 주된 연구 대상으로 고려되었음
- 유사이송 특히 부유사의 이송은 합류부 흐름 구조와 하상 형태 사이에 밀접한 연관이 있으며 합류부에서의 하도변화는 하상의 침식과 퇴적에 국한되지 않고 하안의 침식과 퇴적까지 동반한 평면적 변화가 나타나는 지점임

○ 하도 절개 과정 및 두부침식

- 하도의 침식은 하천에서 평형상태가 유지되지 못했을 때 나타나는 여러 반응들 중 하나이며, 충적하천의 평형 조건은 유입되는 유량, 유사량과 유출되는 유량 그리고 유사량이 균형을 이루는 상태를 의미함
- 유입되는 유사량과 유출되는 유사량이 균형을 이루게 되면 하도에서 침식되는 양과 퇴적되는 양이 균형을 이루게 되므로 횡단면의 형태는 국부적으로만 변화가 일어나게 되며 전체적으로 하도는 평형상태가 됨(Julien, 2002)
- 이러한 평형상태가 유지되지 않으면 충적하천은 유입되고 유출되는 흐름과 유사량 사이의 균형을 회복하기 위해 동적인 반응을 일으키게 되며, 대표적인 예가 바로 하도의 퇴적과 침식임
- 본류와 지류가 만나는 합류부의 경우 급격한 수위차에 의해 지류에서 두부침식이 발생하기도 하며 이러한 현상은 지류 하천을 횡단하거나 하도에 설치되어 있는 다양한 수리구조물 및 하천시설물의 안정성을 위협하기도 함
- 두부침식은 하상의 표고가 급격하게 변화함으로써 발생하는 하도저하와 관련이 있으며 일반적으로 그림 2에서 나타낸 것과 같이 상류방향으로 진행함



<하천 합류부의 수리학적 개념 모식도 (출처 : Weber et al., 2001)>



<두부침식의 발생 형태(출처 : May, 1989)>

(나) 두부침식 위험성 및 탄력적 대처 방안 분석

○ 수리실험을 통한 두부침식 메커니즘 분석 및 검증

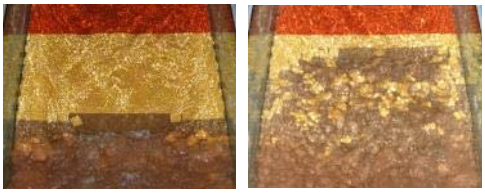
- 하천의 합류부 구간은 본류와 지류에서 유입되는 유량의 크기가 달라 더욱 복잡한 흐름을 형성하게 됨(지운과 장은경, 2014)
- 두부침식의 피해를 사전에 방지하기 위해서는 발생원인과 그 메커니즘에 대한 정량적 분석이 반드시 필요하며, 따라서 본 연구에서는 개수로 실험 장치를 이용하여 비점착성 유사로 이루어진 하상에서의 두부침식에 관한 수리실험을 수

행하였음

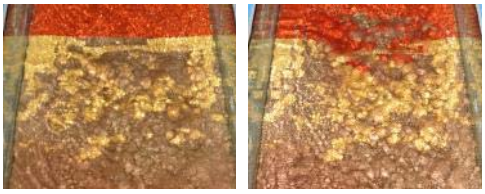
- 본 연구에서는 수리 조건에 따른 천급점 이동 및 최종 하상경사 변화 등을 그림과 같이 분석하였음

○ 두부침식 수리실험을 통한 탄력적 대처 방안 제시

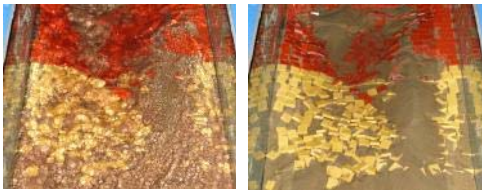
- 두부침식의 발생과 천급점 이동은 초기에 빠르게 진행되었고 시간이 지나면서 증가속도는 감소하였으며, 따라서 비첨착성 하상에서는 두부침식 발생 후 상류로 전파되는 범위와 속도가 다르게 나타날 수 있기 때문에 실제 하천에서 두부침식에 대처하는 하상보호공과 같은 구조물을 설치할 경우 이를 고려한 적절한 위치선정 및 규모를 결정하는 것이 필요함
- 시간에 따른 두부침식 이동성을 분석한 결과, 동일한 유량 조건임에도 불구하고 상·하류단 유속차에 의해 천급점 이동이 다른 것으로 나타났으며, 유속차가 클수록 천급점 이동이 더 빠르게 진행되는 것으로 나타남
- 천급점의 위치를 기준으로 상·하류단 수위차에 의한 천급점 이동 분석 결과는 유속차에 비해 상대적으로 두부침식 이동성에 미치는 영향이 크지 않는 것으로 나타났으며 이를 통해 상·하류단 수위차보다 유속차가 천급점 이동에 더 민감한 변수임을 알 수 있음
- 유속차에 의한 최종 하상경사 분석 결과, 상·하류단 유속차가 클수록 더 완만한 하상경사가 나타나는 것을 확인하였으며 수위차에 의한 분석 결과, 천급점 이동 분석 결과와 마찬가지로 최종 하상경사와 수위차의 변화는 상관성이 크지 않는 것으로 나타나 유속차에 비해 정량적인 관계로 정의하기에는 무리가 있음
- 따라서 실제 모래 하천에서도 상하류단 수위차가 크지 않더라도 유속차가 큰 구간에서는 두부침식 발생 및 천급점의 상류 이동 속도가 클 것으로 판단되기 때문에 이러한 구간을 사전에 선별하여 적절한 대비책을 마련하는 것이 필요함



(a) 15초 후 (b) 1분 후

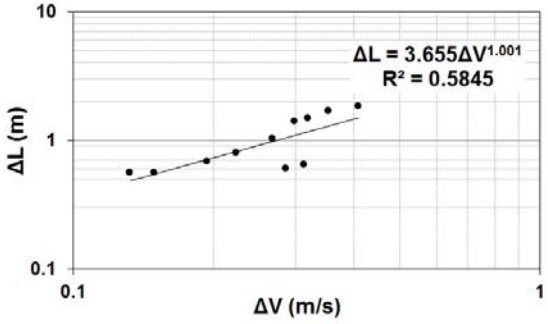


(c) 5분 후 (d) 1시간 후

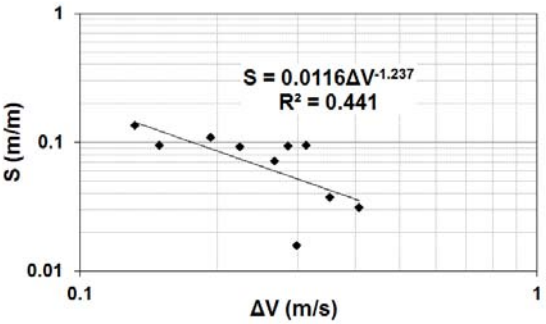


(e) 3시간 후 (f) 4시간 후

<두부침식 실험 결과
(출처 : 지운 등, 2014)>



(a) 천급점 이동거리와 유속차의 관계



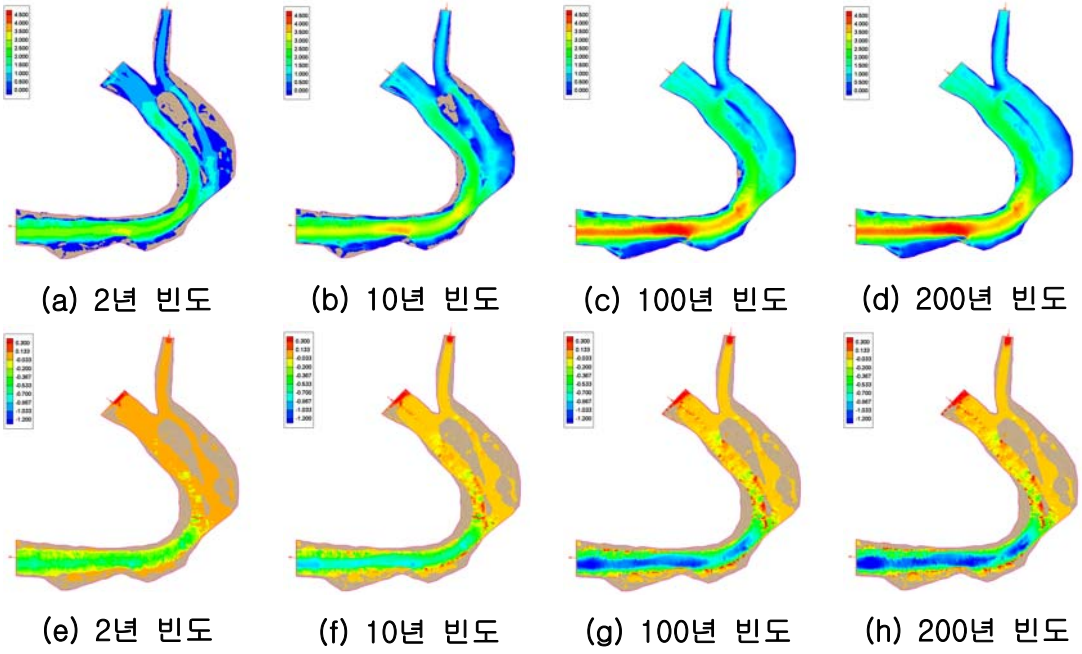
(b) 하상경사와 유속차의 관계

<천급점 이동거리 하상경사 분석 결과
(출처 : 지운 등, 2014)>

(다) 수치모의에 의한 합류부 구간에서의 하상 및 하안의 침식과 퇴적 분석

○ 합류부 구간의 2차원 수치해석 결과

- 본 연구에서는 1세부 전체 시범하천 구간을 고려하여 낙동강과 금호강 합류부 구간을 대상으로 하도변화 분석을 위해 2차원 수치모의 연구를 수행하였음
- 분석결과(그림 5), 본 연구의 대상구간과 같이 지속적인 침식이 발생하는 본류 구간의 경우 하상 안정화를 위해 경사제어 구조물 도입 또는 하폭을 확대하는 방법 등을 활용할 필요가 있을 것으로 판단됨
- 최적관리대책을 적용한 후 발생 가능한 현상들은 사전에 재검토하여 지류와 본류의 복잡하고 다양한 수리조건을 신중하게 고려해야할 필요가 있음
- 합류부 구간에서의 하안 침식과 퇴적 여부에 대한 수치모의 결과는 하상의 침식과 퇴적에 국한하지 않고 합류부 하도의 평면적 변화를 예측함으로써 적절한 하도안정화 대책과 방법을 실제 하도 구간에 대해 제시하고 적용하는데 적극 활용될 수 있음



(a) 2년 빈도 (b) 10년 빈도 (c) 100년 빈도 (d) 200년 빈도

(e) 2년 빈도 (f) 10년 빈도 (g) 100년 빈도 (h) 200년 빈도

<최대 유량 발생 시 유속 분포 (m/s)((a), (b), (c), (d)) 및
하상변동 (m)((e), (f), (g), (h))>

(라) 합류부 하상 안정화를 위한 안정화 대책 제시

○ 하상경사 제어를 통한 하상 안정화

- 하상이 저하되는 하천의 안정성을 확보하기 위해 하상경사 제어 구조물(Grade Control Structure)과 같은 다양한 구조적 대책들을 활용할 필요가 있음
- 하상경사 제어 구조물은 주로 흐름에 직각인 방향으로 하천을 가로질러 설치되는 구조물로써 하상경사를 제어하고 세굴 혹은 두부침식 등을 방지하는 목적으로 활용됨
- 하상경사 구조물은 하천에 존재하는 어류의 활동 공간에 부정적인 영향을 끼칠 수 있으나 하도의 안정성을 확보하고 수변 생태계의 서식처를 개선하며 유사와 오염물질의 이동을 제어할 수 있음
- 하상이 침식되는 구간에서 침식을 발생시키는 흐름에 저항할 수 있는 구조물을 설치함으로써 하상침식으로 인해 발생하는 문제를 적극적으로 대처할 수 있음

○ 합류부 하도 안정화를 위한 공법

- 합류부 하상과 하안의 안정화를 위해서는 사석을 포설하는 방법과 만곡부 위어를 설치하는 방법들을 활용할 수 있으며, 이 중 사석포설은 사석을 그대로 포설하거나 돌망태 및 매트리스와 같은 망태 사석, 그라우팅 사석, 콘크리트 마대 및 콘크리트 슬래브 등을 활용하여 적용하는 유형이 있음
- 또한 만곡부 위어는 대하천과 선박항해가 가능하게 하고자 하는 하천에서 충분한 수심을 확보하기 위해 개발이 시작된 기술이나 하안침식이 지속적으로 발생하는 구간에서 흐름 방향을 제어하고 하안침식을 방어하는데 활용할 수 있으며 수제나 베인 등과 함께 다양한 활용 방안을 도출할 수 있음
- 만곡부 위어가 이차류를 제어한다는 장점은 있으나 이러한 구조물로 인해 하안 주변에 유사가 퇴적되는 문제를 발생시키기도 하며 이러한 현상이 과하게 발생할 경우에는 구조물의 기능이 저하되는 문제가 발생하는 경우도 있음

(마) 국내하천에 적용 가능한 합류부 하도변화 분석 및 안정화 가이드라인

- 본 연구에서는 합류부 하상에서 발생할 수 있는 하도변화 및 두부침식과 관련된 연구결과와 해석결과들이 하천 관리자 및 실무자들의 효과적인 하도관리 방안 도출에 적극 활용될 수 있도록 보다 구체적인 위험성 평가 방법 및 진단 시스템을 활용하는 방안을 가이드라인을 통해 제시하였음
- 가이드라인에서 제시하고 있는 내용은 주로 합류부 하도변화의 메커니즘, 합류

부 하도 변화 분석 및 대책과 관련한 연구와 기술 동향, 두부침식 및 하도변화 분석 결과 등이며 특히 합류부 하도 안정화를 위해 하상경사를 제어하는 방법과 하안의 침식과 퇴적 제어하는 방법을 제시하고 있음

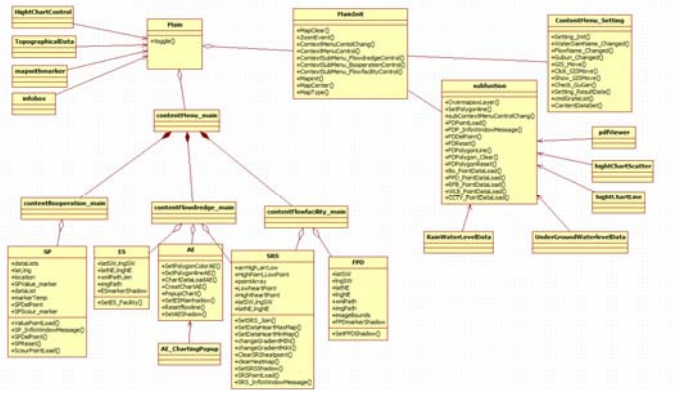
- 현재 사례연구 중심의 솔루션 제시 형태로 진행되고 있는 합류부 구간의 다양한 연구성과들이 보다 적극적인 방법으로 진단 시스템에서 종합되고 다시 하천관리를 위한 정보로 합성될 수 있도록 향후 다양한 시도와 노력이 지속되어야 할 것이며, 본 연구를 통해 도출되는 연구결과의 상세한 설명은 합류부 하도변화 분석 및 안정화 가이드라인에 수록되어 있음

사. 1-7 세세부: 신설 수공구조물을 고려한 하천운영 고도화 기술 개발

(1) 지형관리 시스템 및 통합 시뮬레이션 시스템 개발

(가) 통합 의사결정 시스템 설계

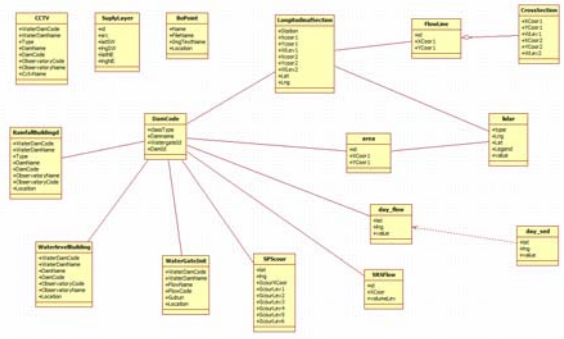
- 준설하천 : 유역 침식 안정화, 사주제어 안정화, 합류부 하상 안정화 표출 기능
- 보 운영 : 다 기능보 배사효율 방안, 다기능보 하류 세굴 방안 표출 기능
- 하천시설 : 홍수량 조절시설 및 홍수터 친수시설 최적화 기술 기능
- 친수/치수 시설물 : 우량국, 수위국, 홍수피해 과거 사상, CCTV 표출



<통합 의사결정시스템 데이터연계>

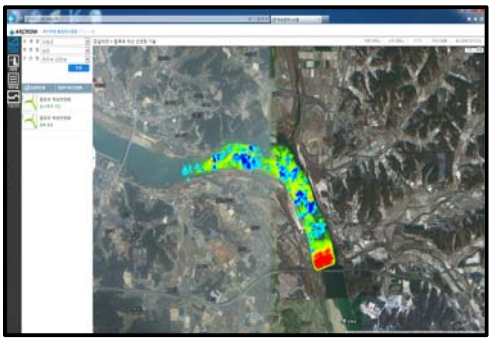
(나) 데이터 베이스 구축

- 연차 연구 결과를 기반으로 데이터베이스 구축
- 낙동강 수계의 하도 정보 및 단면 정보 활용

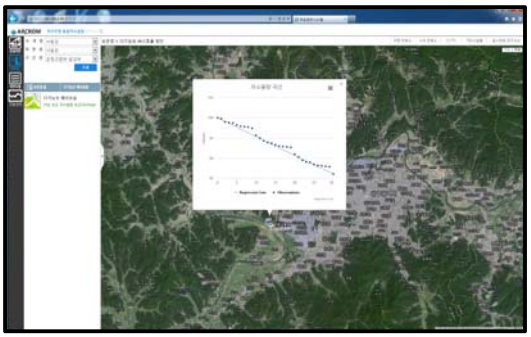


<데이터 베이스 연계>

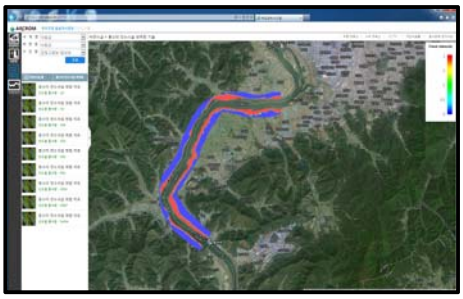
(다) 통합 의사결정 시스템 기능 개발



<합류부 하상 안정화 기술>



<다기능보 배사효율 및 하류 세굴 방안>



<홍수터 친수시설 최적 기술>



<친수/치수 시설물 - 수위 관측소>

(2) 하천시설물 운영을 고려한 하천진단시스템 설계 및 개발

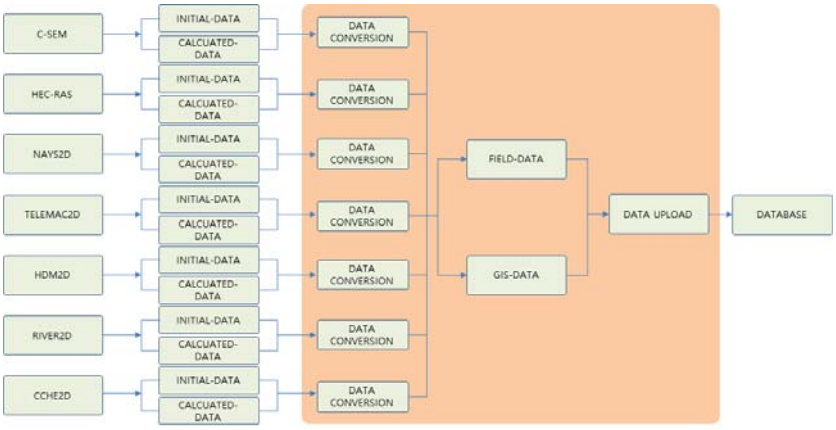
- 기존 연구(㈜웹솔루스 수행)에서는 다양한 분석 모델의 수행을 통해 모의결과를 사용자에게 제공함
- 이후 연구(㈜알엔에이솔루션)에서는 기존 연구내용을 바탕으로 하천의 환경변화에 따른 하천에 미치는 영향을 진단하여 사용자에게 보다 고급정보를 제공할 수 있는 시스템을 개발
- 변화에 따른 하천의 영향을 진단하기 위하여 시나리오 기반으로 모의를 수행하고, 각 세세부의 연구내용을 반영하여 각 결과에 따른 진단평가 및 대응방안을 제시할 수 있도록 설계
- 실제 사용자가 보다 실무에 활용할 수 있는 기능 위주로 기존 기능을 개선

(가) 모의결과 및 지형정보 통합 DB 구축

○ 해석 모형별 입출력 데이터 분석 및 연계모듈 개발

① 데이터 연계모듈 개발

- 각 세세부 연구모형(7개 모형 : C-SEM, HEC-RAS, NAYS2D, TELEMAC2D, HDM2D, RIVER2D, CCHE2D) 모의정보의 관리를 위한 연계모듈 개발
- 각 모형별 입출력 자료의 구조에 따른 데이터 분석 및 자료구분(GIS 자료/분석자료)
- 모형별/시나리오별 모의결과 정보의 데이터베이스 적재



<모형결과 데이터베이스>

○ 모의결과 및 지형정보 통합 DB 구축

① 통합 DB 데이터구조(ERD)

- 각 모형 별 모의입력 데이터 및 모의결과데이터 통합 구조 설계
- 각 모형별 공통사항 구분 및 개별사항 별도 구분
- GIS 표출을 위해 SHP정보와 연계하여 구조 설계



<ERD>

(나) 시나리오 기반 모의결과 통합 해석 및 하천진단 시스템 개발

○ 시나리오 기반 하천진단 시스템 개발

– 하천 현황의 분석 및 관리를 위한 세부정보 제공

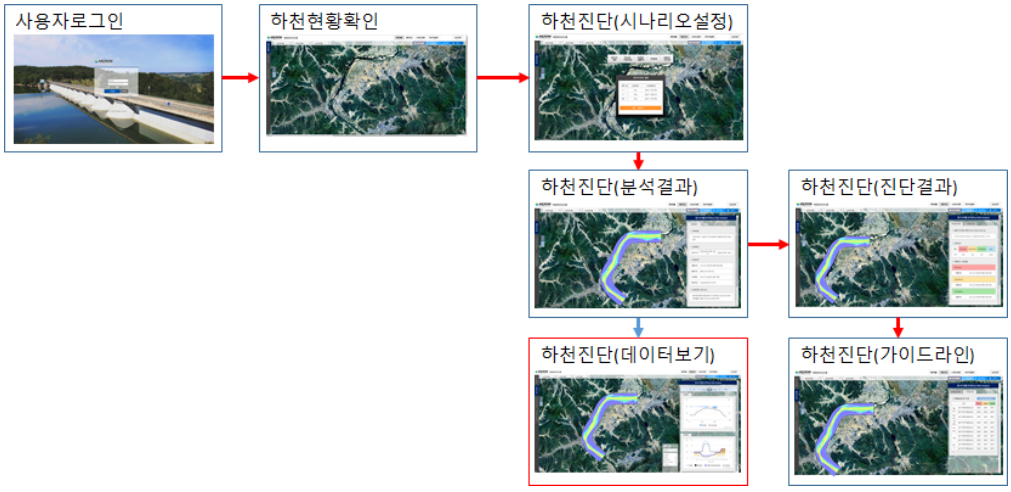
– 세세부 연구 결과의 세부정보 표출 및 제공

○ 시설물 유지관리 업무 활용방안



<하천시설 유지관리 업무>

○ 하천진단(시나리오별 모의분석) 프로세스



<시나리오 결과 확인>

○ 하천진단(시설관리대상 분석) 프로세스



<시설관리>

(3) 하천시설물 운영을 고려한 하천진단시스템 고도화

(가) 모의결과 및 지형정보 통합 DB 고도화

○ 모의결과 데이터베이스 고도화

– 세세부 모의결과 데이터 구축범위 검토

<분석모형별 비교>

구분	연구 내용	분석모형			비고
		모형명	분석구간	분석결과	
충남대	유역침식 안정성	C-SEM	금호강 상류	유역지형 변화맵, 출구유량(유사량)	
서울대	보하류 세굴 변화	Telemac2D	강정보 직하류 -달성보 직상류	하상변동(보하류 세굴)	신규 데이터 구축예정
		HEC-RAS	강정보 직하류 - 달성보 직상류	하상변동(보상류 퇴적)	충남대 포함
교통대	저수로 하상변동	Nays2D	강정보 직하류 일부	하상변동	수제 유무 반영여부 검토
인제대	홍수터 범람	HDM2D	강정보 하류 - 달성보 상류	수위, 유속	
건기연 (합류부)	합류부 침식	CCHE2D	강정보 직하류 일부	하상변동	모의 완료
인제대	어도효율	RIVER2D	강정보/달성보 부근	유속	
충남대	준설 최적화	HEC-RAS	강정보 직하류 - 달성보 직상류	장기하상변동	준설지점 선정자료 사용
		RIDOM	강정보 직하류 - 달성보 직상류	준설비용 (최적화)	
건기연 (조절지)	홍수조절지 효과	CCHE2D	강정보 상하류 (낙동강, 금호강)	수위	빈도유량 사용여부 검토

(나) 시나리오 기반 모의결과 통합해석 및 하천진단 시스템 고도화

○ 시스템 기능 구성 변경 및 개선

- 진단시스템 개선 및 개발방향 검토
  ; 5차년 개발 진단시스템 기능 검토
  ; 6차년도 진단시스템 개발범위 검토

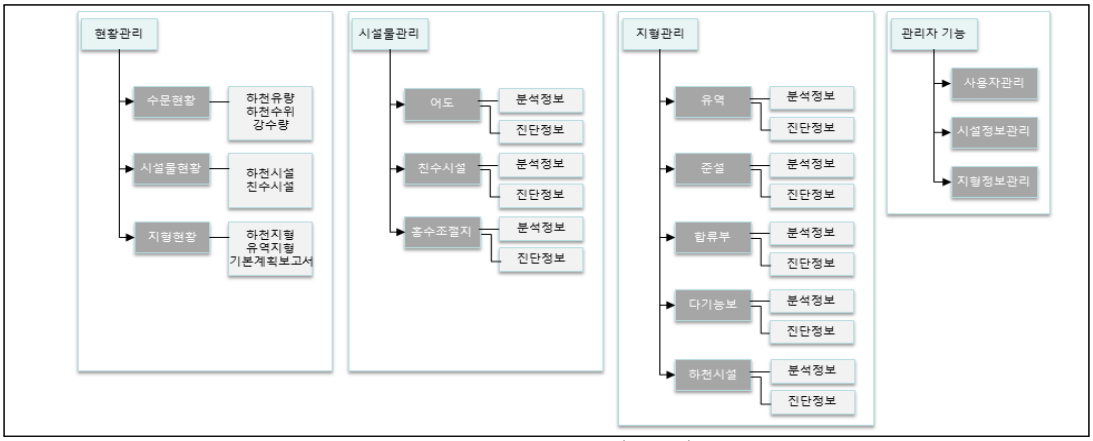
- 진단시스템 개발 및 개선방향 설정

○ 시스템 기능 설계

- 시스템 변경 및 개선방향 설계

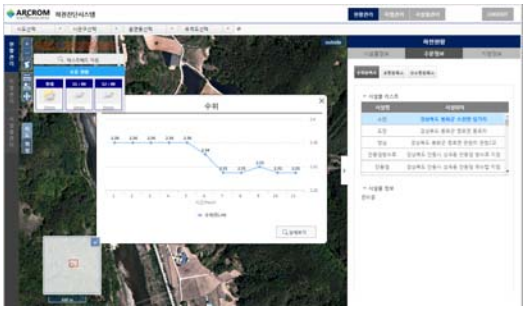
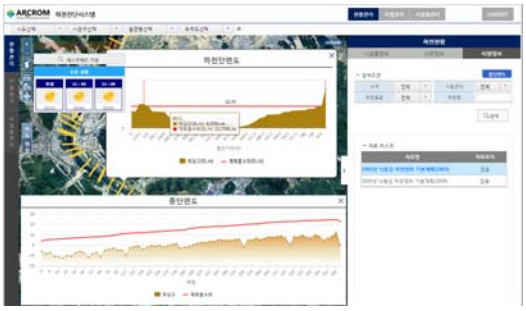
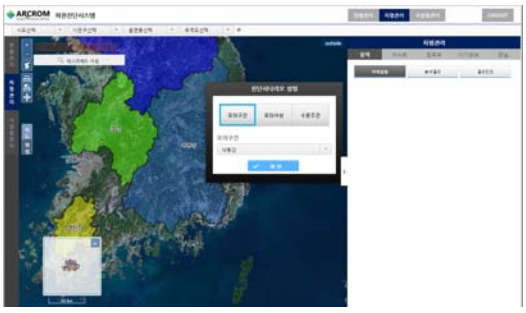
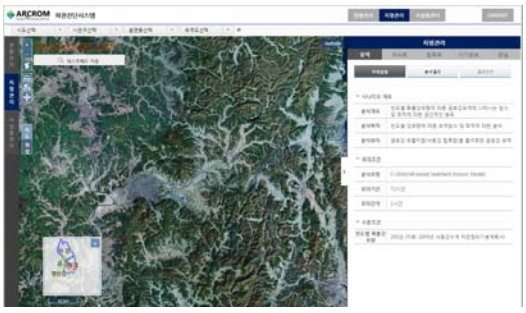
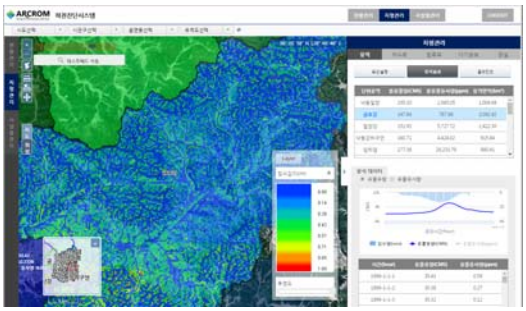
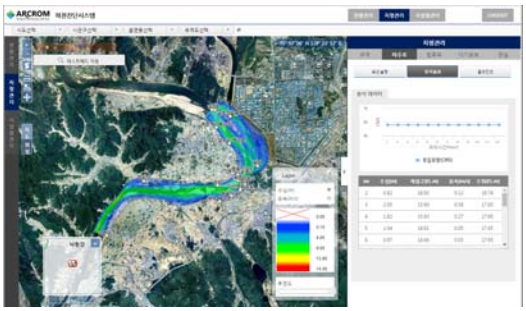
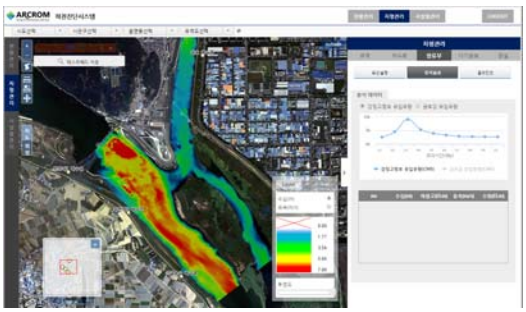
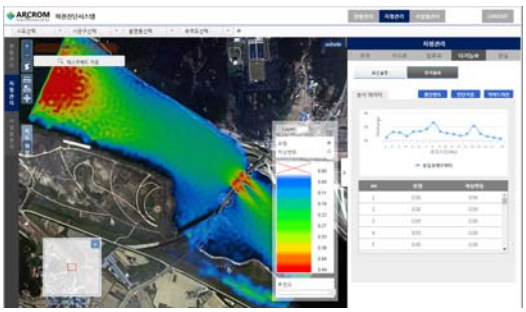
<참여연구기관별 진단결과>

구분	진단분야	진단모형		
		진단방법	출력	진단결과
충남대 (유역)	지형관리	각 맵 데이터(Raster) 간 연산	위험 맵(Riskmap)	지류유출유량(유사량) 및 침식위험지도
서울대	지형관리	(보하류)하상변화량	하상(보하류세굴) 침식 위험도	유량/유속에 따른 보 세굴위험도
교통대	하천시설관리	유속/수위 및 시설특성 간 연산	호안침식 위험지수	하안침식 위험도
인제대	친수시설관리	유속, 수위 등 데이터 연산	친수시설 안정성 평가지수	홍수터 유속 및 수심 등 연산 (친수시설 안정성지수)
건기연 (합류부)	지형관리	유속, 지형변화 등 데이터 연산	하상(두부침식) 침식 위험지수	유속 및 지형변화에 따른 두부침식 위험도
인제대	하천시설관리	모의결과 비교에 따른 효율연산	어도효율 지수	어도효율
충남대 (준설)	지형관리	수위, 홍수위, 제방고 등 비교	준설지수	준설지점
		모델수행	준설비용	준설최적지점(비용)
건기연 (조절지)	홍수위비교	수위 데이터 연산	홍수위 저감비율	홍수조절지 운영에 따른 홍수위 저감량



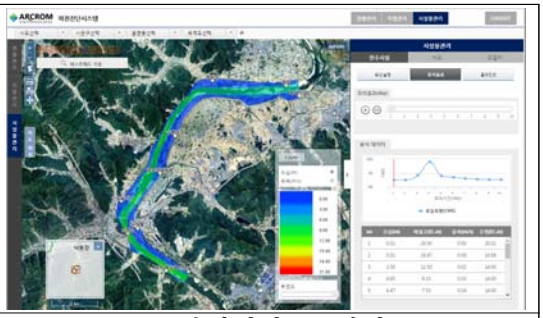
<시스템 기능구성(개선)>

○ 진단시스템 주요 화면

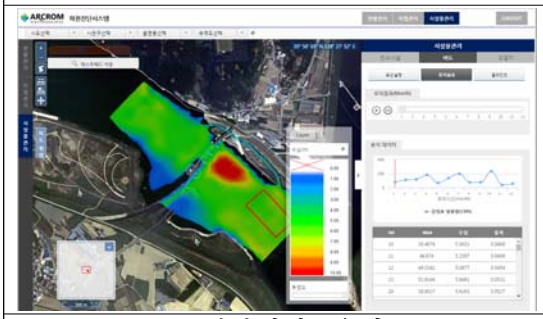
현황관리-수문정보	현황관리-지형정보
	
모의설정-시나리오선택	모의설정-개요
	
분석결과-유역	분석결과-하천시설
	
분석결과-합류부	분석결과-다기능보
	
분석결과-준설	분석결과-친수시설



분석결과-어도



분석결과-조절지



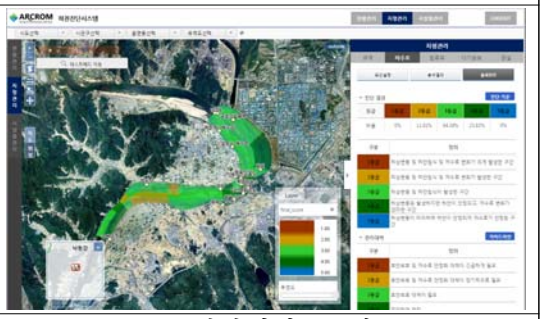
진단결과-유역



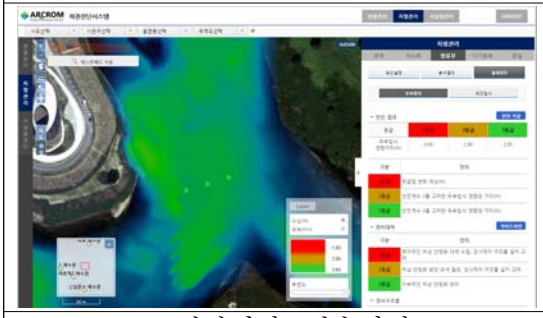
진단결과-하천시설



진단결과-합류부



진단결과-준설

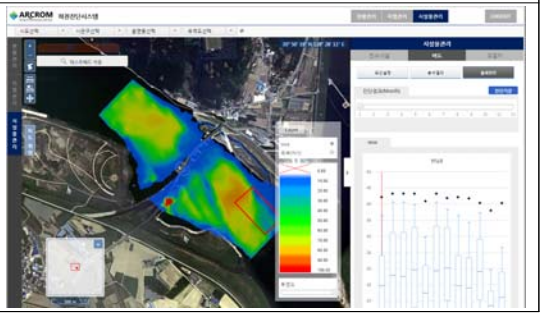


진단결과-친수시설



진단결과-어도





○ 하천진단시스템 기능테스트

－기능테스트 86개 항목 중 86개 항목 테스트 통과(기능테스트 통과율 100%)

통합시험 결과서									
프로젝트명			신설수공구조물을 고려한 하천운영 고도화 기술 개발						
문서번호			RNA_LAB_KAIA_03_01						
NO	단위시험명		케이스명	검수항목		시험항목 및 처리절차	예상결과 및 검증방법	테스트 결과	단위시험 ID
				메뉴	항목				
1	공통	GIS 기본기능	위성지도 선택	공통	공통	GIS 화면에서 위성지도를 선택한다	위성지도가 화면에 표출된다	OK	UT_Gis_01
			도로지도 선택	공통	공통	GIS 화면에서 도로지도를 선택한다	도로지도가 화면에 표출된다	OK	UT_Gis_02
			테스트베드 이동	공통	공통	테스트베드 버튼을 선택한다	테스트베드로 지도가 이동된다	OK	UT_Gis_03
			거리계산	공통	공통	거리계산 버튼을 누른다	두 점 사이 거리가 계산된다	OK	UT_Gis_04
			넓이계산	공통	공통	넓이계산 버튼을 누른다	다각형 면적이 계산된다	OK	UT_Gis_05
			줌인	공통	공통	줌 인 또는 스크롤을 올린다	줌인이 된다	OK	UT_Gis_06
			줌아웃	공통	공통	줌 아웃 또는 스크롤을 내린다	줌아웃이 된다	OK	UT_Gis_07
			지도이동	공통	공통	마우스 좌클릭 상태에서 이동한다	지도가 이동된다	OK	UT_Gis_08
			전체지도보기	공통	공통	전체지도 버튼을 누른다	전체지도로 줌아웃된다	OK	UT_Gis_09
			레이어 선택	지형관리/ 시설물관리	분석결과/ 결과진단	레이어를 선택한다	선택 레이어의 결과를 표출한다	OK	UT_Gis_10
			투명도 조절	지형관리/ 시설물관리	분석결과/ 결과진단	투명도 바를 움직인다	선택 레이어의 투명도가 변경된다	OK	UT_Gis_11
2	현황관	시설물 정보	친수시설물 조회	현황관리	시설물정보	친수시설물 버튼을 누른다	시설물 리스트가 표출된다	OK	UT_Sta_01
			친수시설물 상세조회	현황관리	시설물정보	시설물을 선택한다	시설물 상세정보가 표출된다	OK	UT_Sta_02

통합시험 결과서									
프로젝트명			신설수공구조물을 고려한 하천운영 고도화 기술 개발						
문서번호			RNA_LAB_KAIA_03_01						
NO	단위시험명		케이스명	검수항목		시험항목 및 처리절차	예상결과 및 검증방법	테스트 결과	단위시험 ID
				메뉴	항목				
	리		하천시설물 조회	현황관리	시설물정보	하천시설물 버튼을 누른다	시설물 리스트가 표출된다	OK	UT_Sta_03
			하천시설물 상세조회	현황관리	시설물정보	시설물을 선택한다	시설물 상세정보가 표출된다	OK	UT_Sta_04
		수문정보	수위관측소 조회	수문정보	수문정보	수위관측소를 선택한다	수위관측소 리스트가 표출된다	OK	UT_Sta_05
			수위관측소 상세조회	현황관리	수문정보	관측소를 선택한다	관측소 상세정보가 표출된다	OK	UT_Sta_06
			유량관측소 조회	현황관리	수문정보	유량관측소를 선택한다	유량관측소 리스트가 표출된다	OK	UT_Sta_07
			유량관측소 상세조회	현황관리	수문정보	관측소를 선택한다	관측소 상세정보가 표출된다	OK	UT_Sta_08
			강수량관측소 조회	현황관리	수문정보	강수량관측소를 선택한다	강수량관측소 리스트가 표출된다	OK	UT_Sta_09
			강수량관측소 상세조회	현황관리	수문정보	관측소를 선택한다	관측소 상세정보가 표출된다	OK	UT_Sta_10
		지형정보	지형자료 검색	현황관리	지형정보	검색조건을 선택하여 조회한다	지형자료 리스트가 표출된다	OK	UT_Sta_11
			지형자료 조회	현황관리	지형정보	지형자료를 선택한다	지형자료 세부정보가 표출된다	OK	UT_Sta_12
			단면정보 조회	현황관리	지형정보	단면을 선택한다	단면 세부정보가 표출된다	OK	UT_Sta_13
3	지형관리	유역	모의설정	지형관리	유역	모의설정을 선택한다	진단시나리오 설정창이 표출된다	OK	UT_Geo_01
			모의개요	지형관리	유역	모의설정을 완료한다	모의개요정보가 표출된다	OK	UT_Geo_02
			분석결과	지형관리	유역	분석결과를 선택한다	분석결과 데이터가 표출된다	OK	UT_Geo_03
			분석결과 상세	지형관리	유역	결과리스트에서 유역을 선택한다	선택유역 상세결과가 표출된다	OK	UT_Geo_04

통합시험 결과서									
프로젝트명			신설수공구조물을 고려한 하천운영 고도화 기술 개발						
문서번호			RNA_LAB_KAIA_03_01						
NO	단위시험명		케이스명	검수항목		시험항목 및 처리절차	예상결과 및 검증방법	테스트 결과	단위시험 ID
				메뉴	항목				
			결과진단	지형관리	유역	결과진단을 선택한다	결과진단 데이터가 표출된다	OK	UT_Geo_05
			결과진단 상세	지형관리	유역	진단리스트에서 유역을 선택한다	선택유역 상세결과가 표출된다	OK	UT_Geo_06
			진단기준 확인	지형관리	유역	진단기준 버튼을 선택한다	진단기준 팝업이 생성된다	OK	UT_Geo_07
			가이드라인 확인	지형관리	유역	가이드라인 버튼을 선택한다	가이드라인 보고서가 다운된다	OK	UT_Geo_08
		저수로	모의설정	지형관리	저수로	모의설정을 선택한다	진단시나리오 설정창이 표출된다	OK	UT_Geo_09
			모의개요	지형관리	저수로	모의설정을 완료한다	모의개요정보가 표출된다	OK	UT_Geo_10
			분석결과	지형관리	저수로	분석결과를 선택한다	분석결과 데이터가 표출된다	OK	UT_Geo_11
			분석결과 상세	지형관리	저수로	결과화면에서 특정 지점을 선택한다	선택지점의 단면 및 상세결과가 표출된다	OK	UT_Geo_12
			결과진단	지형관리	저수로	결과진단을 선택한다	결과진단 데이터가 표출된다	OK	UT_Geo_13
			결과비교	지형관리	저수로	결과비교 버튼을 선택한다	두가지 진단결과 비교화면으로 전환된다	OK	UT_Geo_14
			진단기준 확인	지형관리	저수로	진단기준 버튼을 선택한다	진단기준 팝업이 생성된다	OK	UT_Geo_15
			가이드라인 확인	지형관리	저수로	가이드라인 버튼을 선택한다	가이드라인 보고서가 다운된다	OK	UT_Geo_16
		합류부	모의설정	지형관리	합류부	모의설정을 선택한다	진단시나리오 설정창이 표출된다	OK	UT_Geo_17
			모의개요	지형관리	합류부	모의설정을 완료한다	모의개요정보가 표출된다	OK	UT_Geo_18
			분석결과	지형관리	합류부	분석결과를 선택한다	분석결과 데이터가 표출된다	OK	UT_Geo_19
			분석결과 상세	지형관리	합류부	결과화면에서 특정 지점을 선택한다	선택지점의 단면 및 상세결과가 표출된다	OK	UT_Geo_20
			두부침식 결과진단	지형관리	합류부	결과진단을 선택한다	결과진단 데이터가 표출된다	OK	UT_Geo_21
			두부침식 결과진단 상세	지형관리	합류부	진단결과 등급을 선택한다	선택 등급의 거리가 표출된다	OK	UT_Geo_22
			하안침식 결과진단	지형관리	합류부	결과진단 선택 후 지점을 선택한다	선택지점의 진단을 위한 질의가 표출된다	OK	UT_Geo_23

통합시험 결과서									
프로젝트명			신설수공구조물을 고려한 하천운영 고도화 기술 개발						
문서번호			RNA_LAB_KAIA_03_01						
NO	단위시험명		케이스명	검수항목		시험항목 및 처리절차	예상결과 및 검증방법	테스트 결과	단위시험 ID
				메뉴	항목				
			하안침식 결과진단 결과	지형관리	합류부	질의항목을 완료한다	질의내용을 기준으로 진단결과를 표출한다	OK	UT_Geo_24
			진단기준 확인	지형관리	합류부	진단기준 버튼을 선택한다	진단기준 팝업이 생성된다	OK	UT_Geo_25
			가이드라인 확인	지형관리	합류부	가이드라인 버튼을 선택한다	가이드라인 보고서가 다운된다	OK	UT_Geo_26
		다기능보	모의설정	지형관리	다기능보	모의설정을 선택한다	진단시나리오 설정창이 표출된다	OK	UT_Geo_27
			모의개요	지형관리	다기능보	모의설정을 완료한다	모의개요정보가 표출된다	OK	UT_Geo_28
			분석결과	지형관리	다기능보	분석결과를 선택한다	분석결과 데이터가 표출된다	OK	UT_Geo_29
			종단면도	지형관리	다기능보	종단면도를 선택한다	다기능 보 종단 이미지가 표출된다	OK	UT_Geo_30
			진단기준 확인	지형관리	다기능보	진단기준 버튼을 선택한다	진단기준 팝업이 생성된다	OK	UT_Geo_31
			가이드라인 확인	지형관리	다기능보	가이드라인 버튼을 선택한다	가이드라인 보고서가 다운된다	OK	UT_Geo_32
		준설	모의설정	지형관리	준설	모의설정을 선택한다	진단시나리오 설정창이 표출된다	OK	UT_Geo_33
			모의개요	지형관리	준설	모의설정을 완료한다	모의개요정보가 표출된다	OK	UT_Geo_34
			분석결과	지형관리	준설	분석결과를 선택한다	분석결과 데이터가 표출된다	OK	UT_Geo_35
			분석결과 상세	지형관리	준설	분석결과에서 측점을 선택한다	선택지점의 단면 및 상세결과가 표출된다	OK	UT_Geo_36
			종단면도	지형관리	준설	종단면도를 선택한다	분석결과의 종단그래프가 표출된다	OK	UT_Geo_37
			결과진단	지형관리	준설	결과진단을 선택한다	결과진단 데이터가 표출된다	OK	UT_Geo_38
			결과진단 상세	지형관리	준설	준설지형 리스트를 선택한다	선택지점의 상세 결과진단 정보를 표출한다	OK	UT_Geo_39
			환경창	지형관리	준설	환경창 버튼을 선택한다	환경창 팝업이 생성된다	OK	UT_Geo_40
			진단기준 확인	지형관리	준설	진단기준 버튼을 선택한다	진단기준 팝업이 생성된다	OK	UT_Geo_41
			가이드라인 확인	지형관리	준설	가이드라인 버튼을 선택한다	가이드라인 보고서가 다운된다	OK	UT_Geo_42

통합시험 결과서									
프로젝트명			신설수공구조물을 고려한 하천운영 고도화 기술 개발						
문서번호			RNA_LAB_KAIA_03_01						
NO	단위시험명		케이스명	검수항목		시험항목 및 처리절차	예상결과 및 검증방법	테스트 결과	단위시험 ID
				메뉴	항목				
4	시설물관리	친수시설	모의설정	시설물관리	친수시설	모의설정을 선택한다	진단시나리오 설정창이 표출된다	OK	UT_Str_01
			모의개요	시설물관리	친수시설	모의설정을 완료한다	모의개요정보가 표출된다	OK	UT_Str_02
			분석결과	시설물관리	친수시설	분석결과를 선택한다	분석결과 데이터가 표출된다	OK	UT_Str_03
			분석결과 재생	시설물관리	친수시설	모의결과 재생버튼을 누른다	모의결과가 재생된다	OK	UT_Str_04
			분석결과 상세	시설물관리	친수시설	결과화면에서 특정 지점을 선택한다	선택지점의 단면 및 상세결과가 표출된다	OK	UT_Str_05
			결과진단	시설물관리	친수시설	결과진단을 선택한다	결과진단 데이터가 표출된다	OK	UT_Str_06
			결과진단 상세	시설물관리	친수시설	위험구간 시설물을 선택한다	선택 시설물의 상세 정보가 표출된다	OK	UT_Str_07
			진단기준 확인	시설물관리	친수시설	진단기준 버튼을 선택한다	진단기준 팝업이 생성된다	OK	UT_Str_08
			가이드라인 확인	시설물관리	친수시설	가이드라인 버튼을 선택한다	가이드라인 보고서가 다운된다	OK	UT_Str_09
		어도	모의설정	시설물관리	어도	모의설정을 선택한다	진단시나리오 설정창이 표출된다	OK	UT_Str_10
			모의개요	시설물관리	어도	모의설정을 완료한다	모의개요정보가 표출된다	OK	UT_Str_11
			분석결과	시설물관리	어도	분석결과를 선택한다	분석결과 데이터가 표출된다	OK	UT_Str_12
			분석결과 재생	시설물관리	어도	모의결과 재생버튼을 누른다	모의결과가 재생된다	OK	UT_Str_13
			결과진단	시설물관리	어도	결과진단을 선택한다	결과진단 데이터가 표출된다	OK	UT_Str_14
			결과진단 상세	시설물관리	어도	결과진단 확인 월을 선택한다	선택 월의 결과진단 정보가 표출된다	OK	UT_Str_15
			진단기준 확인	시설물관리	어도	진단기준 버튼을 선택한다	진단기준 팝업이 생성된다	OK	UT_Str_16
		조절지	모의설정	시설물관리	조절지	모의설정을 선택한다	진단시나리오 설정창이 표출된다	OK	UT_Str_17
			모의개요	시설물관리	조절지	모의설정을 완료한다	모의개요정보가 표출된다	OK	UT_Str_18
			분석결과	시설물관리	조절지	분석결과를 선택한다	분석결과 데이터가 표출된다	OK	UT_Str_19
			분석결과 상세	시설물관리	조절지	결과화면에서 특정 지점을 선택한다	선택지점의 단면 및 상세결과가 표출된다	OK	UT_Str_20
			종단면도	시설물관리	조절지	종단면도를 선택한다	분석결과의 종단그래프가 표출된다	OK	UT_Str_21

아. 연구성과의 검증방안 및 한계점

세부명	최종연구성과	검증 방안	적용범위 및 한계점
(1-1) 유역침식을 고려한 하도 안정화 기술 개발	○유역침식을 고려한 하도안정화를 위한 구조적/비구조적 관리지침서 -유사발생위험지도 개발 -하천준설	○물리기반의 모형을 이용한 유사발생위험 분석결과와 RUSLE와의 비교를 통한 검증 -금호강을 대상으로: 유사발생위험지역과 유사발생이 높을 것으로 예상되는 지역이 동일함. ○유역유사 제어 및 배사 등을 고려한 준설 경제성 분석 - 64개의 시나리오에 따른 저수지 퇴사량 및 준설비용 산정: 준설 경제성 24% 증가 ○환경적 영향을 고려한 준설시기 결정 - 사회·환경을 고려한 준설시기 결정을 위한 환경창 개발 - 환경창 개발과 관련한 특허등록	-유역침식모형은 하도내 유입되는 유사량을 계산하지만 하도내에 유사침식 및 퇴적은 고려하지 않음. -Test Bed 구간 이외에 타 유역에 적용하기 위한 추가 작업이 필요 -유사발생분석에 대하여 물리적으로 이를 분석할 수 있는 모형 적용과 국내 기술선진화를 위한 제도개선이 필요 -하천관리지원을 위한 분석에 있어 관련데이터의 효율적인 이용을 위한 관리부처간에 데이터 공유와 기초연구를 위한 다양한 자료의 공개가 필요
(1-2) 사주발생제어 및 저수로 안정화기술 개발	○사주발생제어 및 저수로 안정화기술 개발	○사주발생 제어 및 저수로 안전화 기술가이드라인	-빈도별 확률강우량에 따른 낙동강유역에 나타나는 침식 및 퇴적에 대한 흐름특성 및 하도변화에 대해 예측 -수치지형자료 및 기타 공공기관의 검증된 자료와 현장에서 측정된 자료를 이용한 분석결과와 결과를 평가할 수 있게 본 연구에서 제시한 「저수로 안정성 평가표」를 활용한다면 저수로 안정성에 대한 구체적인 평가가 이루어 질 것으로 판단됨
(1-3) 유역침식 제어기술 개발	○유역유사 예측 및 유사관리 기술	○초생대 기법 적용을 통한 유사저감효과 분석: 대상지역의 경우 연 평균 24 %저감 효과가 있는 것으로 분석됨 ○최대강우강도와 토사유출량과의 상관관계 도출	-산지사면에서의 유사발생량 측정 및 저감 효율 평가를 위한 지속적인 실험을 통한 데이터 획득이 필요 -상세한 검증을 위해 대규모 실험장비의 설치가 필요하며 추가비용이 듬
(1-4) 다기능보 배사 효율 극대화 및 하류 세굴 방지 방안 연구	○다기능보 상하류 장단기 하상변동 예측 기술개발	○다기능보 상하류의 하상변동과 하상토 입경변화를 예측하는 절차에 대한 기술보고서를 작성하여 전문가 검증을 수행함. 기술보고서를 포함한 실적에 대한 전문가 평가에서 평균 96.33점 (당초 목표 90점 이상) 획득	-다기능보 상하류 하상, 하상토입경분포에 대한 실측자료를 통한 상세한 검증이 필요
(1-5)	○친수시설 수리적 안	○친수시설 수리적 안정성 평가를 위한 2차원 흐름해석	-홍수터에서의 홍수 이후 침식/퇴적 발생에 대한 상대적 공

하천시설관리 최적화 기술 개발	정성 평가 기술	모형의 검증은 대상 지역의 수위측정망의 관측치를 활용하여 검증 ○친수시설 안정성 평가 지표의 검증은 홍수 이후 침식 및 퇴적 발생 구간에 대한 드론 모니터링을 통한 정성적 검증	간분포를 예측하는 친수시설 수리적 안정성 평가 지표의 검증은 정량적인 검증에 한계가 있으며, 테스트베드 구간은 태풍 산바 이후 침수된 바 없기 때문에 지표의 검증에 어려움이 있음. 하지만 산바 이후 특정 홍수터 구간에서의 모니터링 결과와 비교를 통해 정성적 검증은 가능
	○ 자연형어도 이용효율 평가 기술	○어도 이용효율 평가를 위한 2차원 물리서식처 모형의 수리검증은 어도 내·외부에서의 유속 및 수위측정 결과와 비교를 통한 정량적 검증 ○이용효율 평가 지표의 검증은 어도 내부에서의 어류 모니터링을 통한 정성적 검증	-어도의 이용효율 평가를 위해선 자연형 어도 내에서의 어류 모니터링을 통한 대표어종 선정 및 모니터링 된 어도에 대한 서식처 적합도 지수가 산정되어야 하므로, 시기별 및 계절별 어류 모니터링 자료가 필요함
	○ 유속 측정용 GPS 전자부자	○실험수로에서의 유속계로 측정된 결과와 비교를 통한 검증 ○자연하천에서의 적용성 검증은 실측된 유속값과 비교를 통한 검증 ○특허출원을 통한 기술적 검증 완료 및 특허 진행중	-GPS 전자부자를 활용한 유속측정 시 전자부자를 투여한 후 다시 수거하여 데이터 로긴을 통해 유속을 산정하는 방식이므로, 홍수 사상 등에 적용하기에는 아직 한계점이 있으며, GPS의 실시간 데이터 로긴 및 소형화 등의 개발이 진행되면 전자부자의 적용범위가 넓어질 것으로 판단됨
(1-6) 홍수량 조절시설 최적 운영 기술 적용,합류부 하상 안정화를 위한 구조적 대책 개발	○ 홍수량 조절시설 최적 운영 및 유지관리 가이드라인 ○ 합류부 하도변화 분석 및 안정화 가이드라인	○관련 전문가 검증을 통한 홍수량 조절시설 운영 관련 기초 자료 및 가이드라인 활용성 확인 결과, 실무 적용 기초 자료로 사용 가능한 것으로 확인 ○하도 변화 분석을 위해 적용한 낙동강 테스트베드의 측정 자료와 비교하여 CCHE2D의 유속과 수심 검증 -낙동강 테스트베드: 오차율 10% 이하 ○합류부 하도 변화 분석 결과의 하천진단시스템 반영 여부를 통해 검증, 표출 내용, 응답시간을 테스트 한 결과, 오차율 없음을 확인	-향후 실질적인 실무 활용을 위해서는 보다 다양한 시설 운영 조건에 대한 추가적인 연구가 필요하며, 수치해석 자료 및 실측자료를 바탕으로 한 추가 검증단계가 필요함 -하천진단시스템 적용을 위해 설정한 빈도유량 이상의 유량이 발생했을 경우 적용성의 한계가 발생할 수 있음 - 본 연구에서 제시한 가이드라인은 합류부 하상의 안정화 방안을 위해 하도경사 방법을 제시하였으며 이외의 방법을 적용하기 위해서는 추가적인 분석이 요구됨
(1-7) 신설 수공구조물을 고려한 하천운영 고도화 기술 개발	○ 하천진단 시스템	○86개 항목에 대한 기능테스트 수행(통과율 100%) -시설물관리 -지형관리 -현황관리	- 낙동강 일부유역 및 구간에 대하여 개발되어 있어 다른 유역의 데이터를 반영하는데 새로운 작업이 필요 - 다량의 데이터를 업로드를 위한 데이터 변화 모듈 및 프로그램 개발이 필요

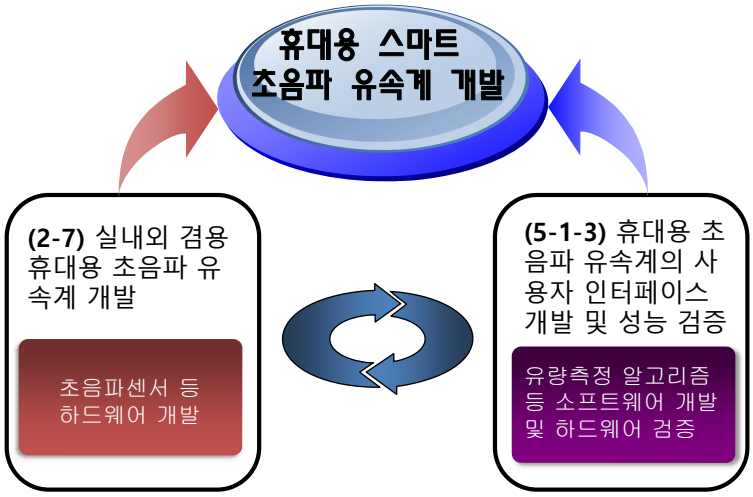
6차년도 2세부과제

첨단기술 기반 하천계측 및 운영 기술 개발

서 울 대 학 교

2. 2세부: 첨단기술 기반 하천계측 및 운영 기술 개발

가. 2-1 세세부: 휴대용 초음파 유속계의 사용자 인터페이스 개발 및 성능 검증



<휴대용 초음파 유속계 개발을 위한 협업 다이어그램>

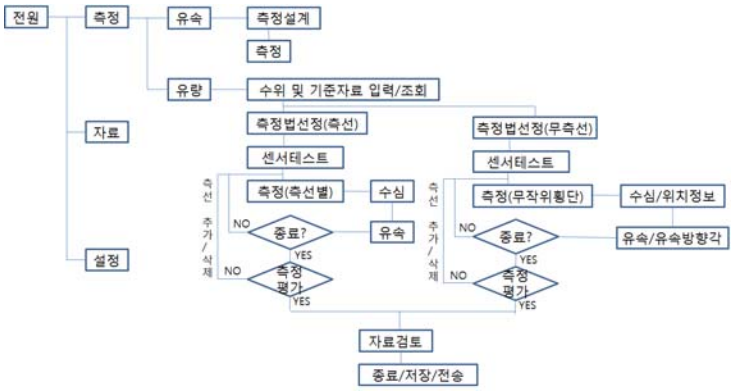
○ 휴대용 초음파 유속계 개발과 관련하여 2-7과제와 협업으로 장비 개발을 진행함. 한국건설기술연구원에서는 측정된 유속을 이용한 유량계산 프로그램 및 스마트한 유속계 사용을 가능하게 하는 모바일앱과 후처리 프로그램에 대한 개념 확립과 알고리즘을 개발하였음. 사용자 유속측정의 편의성을 고려한 무측선 유량계산 알고리즘을 개발하여 유량계산 프로그램의 활용성을 증대시킴.

(1) 새로운 유량산정 프로그램 개발

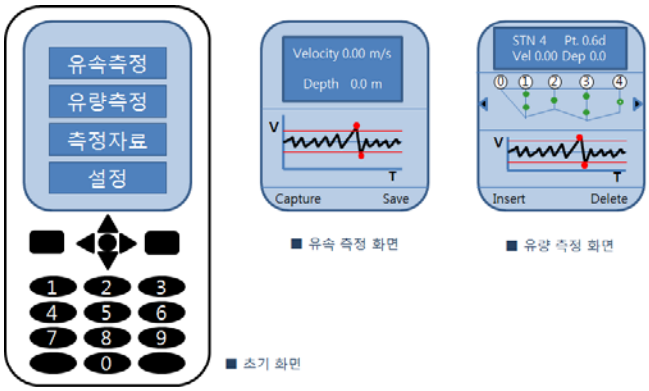
(가) 새로운 유량산정 프로그램 개발

○ 새로운 유량산정 알고리즘 개발

- 휴대용 초음파 유속계에 적합한 새로운 유량산정 알고리즘 개발
- 새로운 유량산정 프로그램 작성
- 대화형 방식의 프로그램 최적화



<새로운 유량산정 알고리즘>

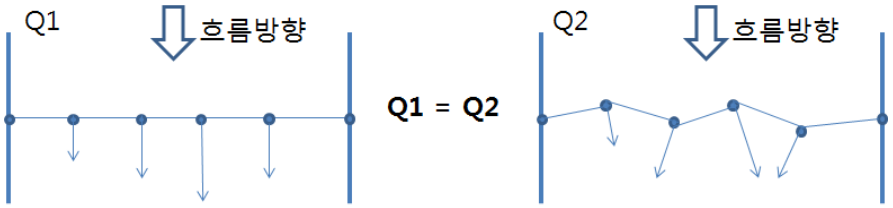


<유량산정 알고리즘에 따른 컨트롤러 UI 화면 구성>

(나) 무측선 유량산정 프로그램 개발

○ 무측선 유량산정 알고리즘 개발

- 새로운 유량산정 알고리즘에 추가된 기능으로 기존 도섭 유량측정법과 달리 측선 설치없이 유속을 측정하여 유량계산을 할 수 있는 알고리즘
- 현장 측정인력 및 측정시간 효율성 확보
- 초음파 유속계의 GPS센서 및 컴파스와 연동



<무측선 유량산정 알고리즘 개념>

○ 무측선 유량산정 알고리즘 실내 검증

- 실내 실험을 통해 무측선 유량산정 알고리즘 활용성 검증
- 다양한 측선에 대한 유량계산 결과와 수로 유량 및 측선 평균 유량의 비교를 통해 활용성 검증
- 유량 비교 결과 측선 설치 없이 임의의 위치에서 측정하여도 유량측정 정확도 확보 가능

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	31.33	31.11	32.71	34.02	35.31	35.89	36.00	35.39	34.48	34.11	34.06	33.71	33.40	34.03	34.90	35.80	36.70	36.36	35.38
2	31.99	31.15	32.59	34.87	34.98	35.89	36.59	36.05	34.49	34.16	33.48	32.82	32.27	33.49	34.47	35.86	36.44	36.90	35.69
3	31.46	33.08	34.21	33.53	35.02	35.47	36.05	35.38	34.79	34.21	34.27	32.84	32.82	33.53	35.51	35.52	36.08	36.78	35.29
4	31.37	31.26	32.98	33.95	35.02	35.41	35.85	34.99	34.88	34.41	33.51	32.61	32.90	33.81	35.03	36.88	37.05	36.71	35.21
5	30.91	32.38	33.31	33.74	34.98	35.20	36.35	34.92	34.63	33.77	33.83	32.62	33.37	32.16	34.77	35.66	36.64	36.33	35.55
6	31.16	31.78	33.04	33.43	34.52	35.71	35.99	35.70	35.08	34.34	33.20	32.61	33.25	33.66	34.78	35.78	36.67	35.99	35.18

0.2065㎥/s

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	31.33	31.11	32.71	34.02	35.31	35.89	36.00	35.39	34.48	34.11	34.06	33.71	33.40	34.03	34.90	35.80	36.70	36.36	35.38
2	31.99	31.15	32.59	34.87	34.98	35.89	36.59	36.05	34.49	34.16	33.48	32.82	32.27	33.49	34.47	35.86	36.44	36.90	35.69
3	31.46	33.08	34.21	33.53	35.02	35.47	36.05	35.38	34.79	34.21	34.27	32.84	32.82	33.53	35.51	35.52	36.08	36.78	35.29
4	31.37	31.26	32.98	33.95	35.02	35.41	35.85	34.99	34.88	34.41	33.51	32.61	32.90	33.81	35.03	36.88	37.05	36.71	35.21
5	30.91	32.38	33.31	33.74	34.98	35.20	36.35	34.92	34.63	33.77	33.83	32.62	33.37	32.16	34.77	35.66	36.64	36.33	35.55
6	31.16	31.78	33.04	33.43	34.52	35.71	35.99	35.70	35.08	34.34	33.20	32.61	33.25	33.66	34.78	35.78	36.67	35.99	35.18

0.2069㎥/s

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	31.33	31.11	32.71	34.02	35.31	35.89	36.00	35.39	34.48	34.11	34.06	33.71	33.40	34.03	34.90	35.80	36.70	36.36	35.38
2	31.99	31.15	32.59	34.87	34.98	35.89	36.59	36.05	34.49	34.16	33.48	32.82	32.27	33.49	34.47	35.86	36.44	36.90	35.69
3	31.46	33.08	34.21	33.53	35.02	35.47	36.05	35.38	34.79	34.21	34.27	32.84	32.82	33.53	35.51	35.52	36.08	36.78	35.29
4	31.37	31.26	32.98	33.95	35.02	35.41	35.85	34.99	34.88	34.41	33.51	32.61	32.90	33.81	35.03	36.88	37.05	36.71	35.21
5	30.91	32.38	33.31	33.74	34.98	35.20	36.35	34.92	34.63	33.77	33.83	32.62	33.37	32.16	34.77	35.66	36.64	36.33	35.55
6	31.16	31.78	33.04	33.43	34.52	35.71	35.99	35.70	35.08	34.34	33.20	32.61	33.25	33.66	34.78	35.78	36.67	35.99	35.18

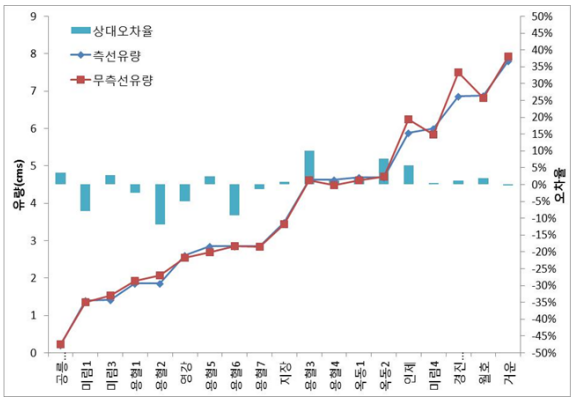
0.2063㎥/s

<무측선 유량산정 알고리즘 검증을 위한 실내 실험 결과 (유량:0.2038㎥/s)>

(2) 유량산정 프로그램 검증 및 보완

(가) 무측선 유량산정 알고리즘 현장 검증

- 유량산정 프로그램내 무측선 유량산정법에 대해서도 검증 실시
- 하나의 측정지점에 대해 측선에 의한 유량측정과 무측선 유량측정법을 병행하여 실시하고 결과 비교
- 현장 측정 10회 이상 실시하여 측정 정확도 5%이내를 확보하는 것이 최종적인 정성 목표임
- 총 19회 측정하여 평균 4.09% 오차를 보임

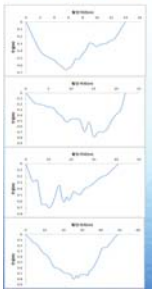


총 19회 측정
유량규모 :
0.22~7.81㎥/s
평균오차 :
4.09%

<현장 유량 검증 결과>

(나) 유량산정 프로그램 계산능력 검증

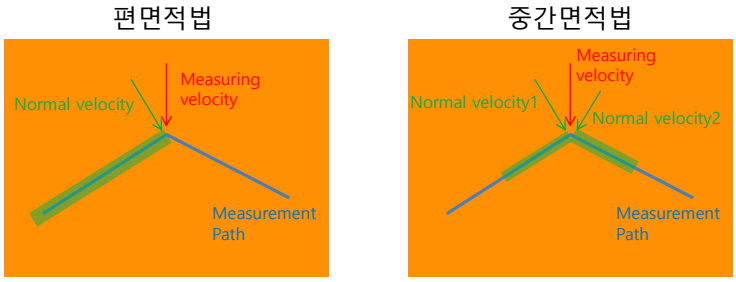
- 현장 측정 결과의 피드백을 통한 유량산정 프로그램 최적화
- 측선 및 무측선 유량산정 가능한 프로그램 탑재
- 다양한 단면 형상과 하폭에 대해 총 20회 유량측정결과를 대상으로 평균 2% 이내 상대오차

단면형상	최대수심/횡단폭	측선유량비교(㎥/s)		무측선유량비교(㎥/s)	
		유속계(FT)	프로그램	엑셀계산	프로그램
	0.66m / 14m	0.217	0.209	0.228	0.225
	0.78m / 22m	2.606	2.578	2.543	2.532
	0.70m / 41m	5.990	5.819	5.830	5.816
	0.80m / 49m	7.813	7.729	7.916	7.895

<유량계산 능력 검증 결과>

(다) 측정면적계산법에 다른 오차 분석

- 프로그램상 측정면적을 계산할 때 편면적법과 중간면적법으로 계산할 때 오차 분석 수행
- 전체 측정결과 오차 평균은 중간단면적법의 경우 4.32%로 편면적법 4.45%에 비해 우수하나 지점별로 차이 발생
- 따라서 편면적법 또는 중간면적법 어느 것으로 계산하여도 무방



<측정면적계산법>

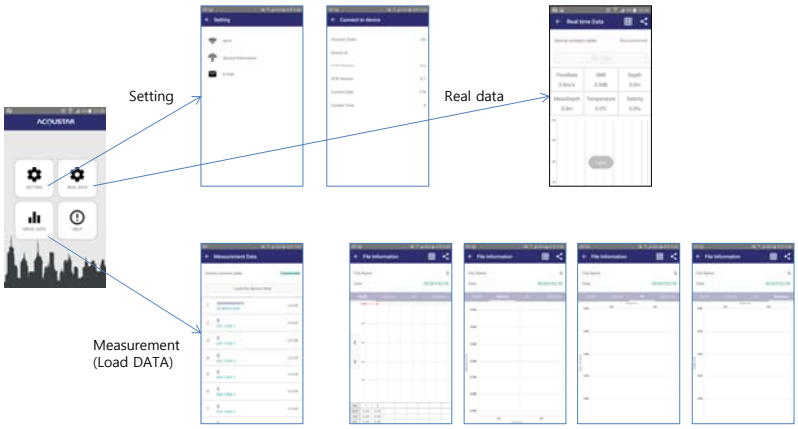
(3) 모바일앱 및 PC 후처리 프로그램 개발

(가) 모바일앱 알고리즘 개발

- 현장의 실시간 측정자료와 저장된 과거 측정자료를 핸들링할 수 있는 어플리케이션 개발
- 실시간으로 초음파 유속계의 측정자료 및 유량계산 결과를 텍스트와 그래픽으

로 표출

- 현장에서 summary 된 리포트 확인 기능
- 유속계 컨트롤러와 통신하기 위해 블루투스 또는 와이파이 통신 가능
- 이메일에 의한 자료 전송 기능



<개발된 모바일앱 GUI>

(나) PC후처리프로그램 알고리즘 개발

- 현장에서 측정된 자료의 데이터 편집 및 자료 변환을 위한 내업용 프로그램 개발
- 실시간으로 초음파 유속계의 측정자료 및 유량계산 결과를 텍스트와 그래픽으로 표출



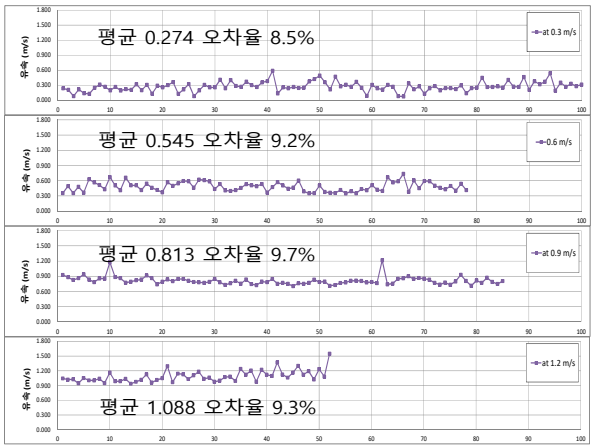
<PC후처리프로그램 기능>

(4) 유속계 시제품의 성능 평가 및 보완

(가) 유속계 검증을 위한 실내 실험

○ 검정대차 활용

– 유속검정 대차를 이용한 초음파 유속계 검정(평균오차율 : 9.2%)



<초음파 유속계 검정 결과>

○ 실험수로 활용

– 개발된 유속계를 기존 유속측정 장비와 비교

– 현장/실험실용 ADV 또는 현장측정용 ADV(FlowTracker)와 비교

– 측정 오차 및 불확실도 산정

FT유속 (m/s)	0.061	0.084	0.085	0.122	0.162	0.228	0.271
시제품 유속 (m/s)	0.074	0.082	0.097	0.123	0.152	0.225	0.274
오차율 (%)	21.58	2.18	14.84	0.56	5.98	1.38	1.17

<초음파 유속계 측정 오차>

나. 2-2 세세부: 첨단기술을 이용한 하천 조사기술 개발

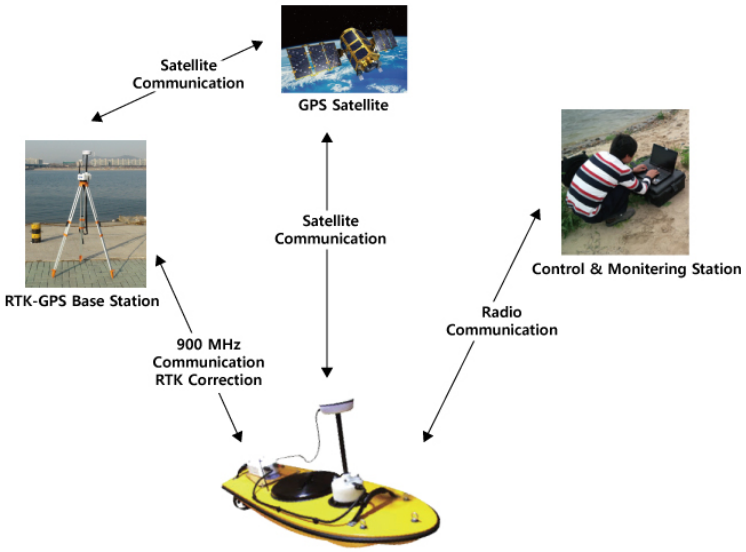
(1) 하상측정 기술 개발

○ ADCP를 장착한 R2V2와 디지털 카메라를 장착한 UAV를 이용한 하천지형자료 취득 시스템으로 측정한 하상과 고수부가 통합된 3차원 하천지형의 정확도를 평가함

(가) 하상측정기술의 개발

○ R2V2 with ADCP를 이용한 저수부 측정

- 9개의 Transducer가 내장되어 있는 M9 센서를 이용한 ADCP와 무선조종 하천측정용 보트인 R2V2를 이용
- R2V2 with ADCP는 하천을 자유롭게 이동하며 유속, 유량, 하상단면 등을 측정할 수 있는 하천유량 계측보트로 RTK-GPS 모듈을 장착하여 정밀한 위치 측정이 가능

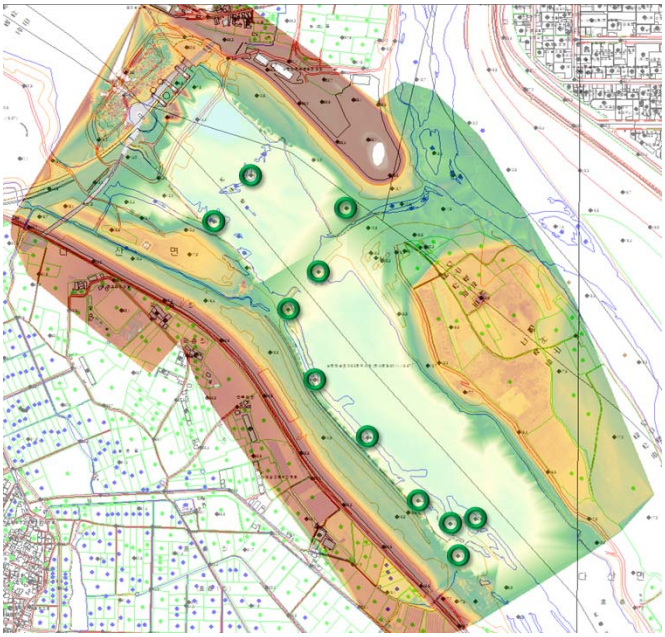


<R2V2의 위치정보 결정 시스템>

○ R2V2 with ADCP를 이용한 저수부 측정결과의 정확도 평가

- 2013년에 제작된 수치지형도 상에 표시된 저수부 Point 표고를 이용하여 본 과제에서 측정한 하상 측정자료와 비교 수행
- GIS Tool을 이용하여 본 과제로부터 생산한 측정자료와 수치지형도의 평면 일치도 분석: 인위적 수정 없이 정확히 일치
- 수치지형도를 이용하여 DEM 생성 (Cell Size: 30 m × 30 m)

- 평면좌표 상 동일 지점의 표고를 비교
- 수치지형도 중 하상에 위치한 표고점 11개 활용
- 상대오차의 평균 값: 8.8%



<수치지형도와 측정자료의 저수부 표고 비교>

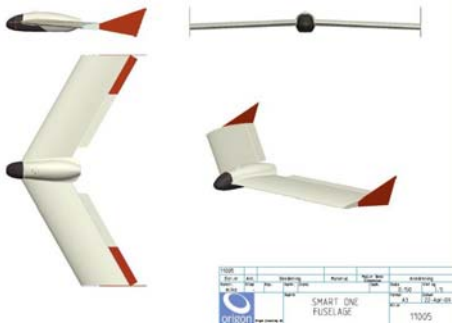
<수치지형도 상의 저수부 표고와 상대오차>

수치지도(m)	측정자료(m)	상대오차
9.7	8.7	10.3%
9.4	8.3	11.7%
11.6	11.8	-1.7%
11.6	10.4	10.3%
10.9	11.4	-4.6%
9.8	10.1	-3.1%
9.7	8.6	11.3%
9.9	9.1	8.1%
10.3	7.5	27.2%
9.6	8	16.7%
10.8	9.7	10.2%
오차의 평균		8.8%

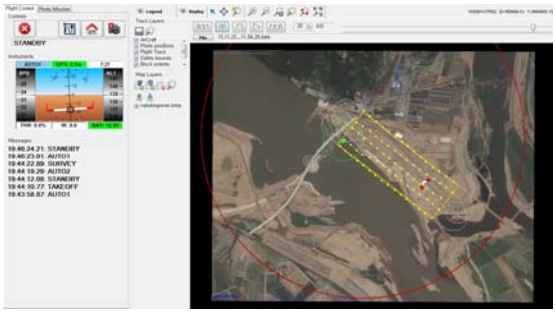
(나) 고수부측정 기술 개발

○ UAV with Digital Camera를 이용한 고수부 측정

- 본 과제에서는 비행체로 전기모터와 두 개의 날개로 구성되어 있는 SmartPlanes사의 SmartOne을 적용
- 자동항법 장치를 위한 GPS와 IMU(Inertial Measurement Unit) 그리고 기체를 구동하기 위한 모터가 장착되어 있고, 100~1,200 m의 저고도에서 약 50 km/hr의 저속비행을 통해 GSD(Ground Sample Distance) 3 cm 이하의 초정밀 정사영상을 취득할 수 있으며, 리튬폴리머 배터리를 내장하여 600 gr의 장비를 탑재하고 100~150 분 동안 촬영 가능



<UAV SmartOne>



<비행모니터링 시스템>

○ UAV with Digital Camera를 이용한 고수부 측정결과의 정확도 평가

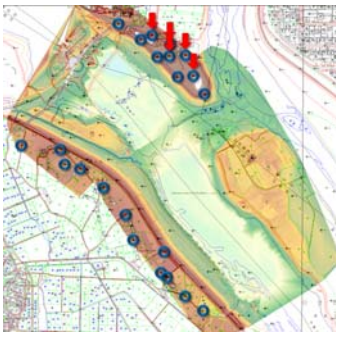
- 수치지형도 및 Total station 측정결과와 비교하여 정확도 평가

<고수부 측정결과의 정확도 평가>

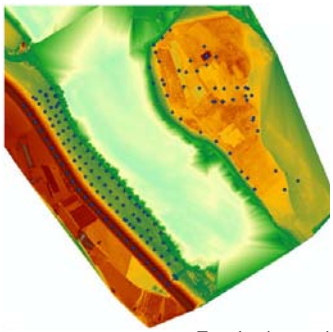
비교자료	비교자료 수	이상자료 수	상대오차의 평균값(%)	이상자료를 제외한 오차의 평균값(%)
2013년 국토지리정보원 수치지형도 고수부	34	10	6.9	1.0
2013년 국토지리정보원 수치지형도 제내지	23	5	4.8	0.8
Total station 측정결과	147	-	2.1	-



<수치지형도 상의 고수부와 비교>



<수치지형도 상의 제내지와 비교>



<Total station 측정자료와 고수부 표고 비교>

(다) 하상 및 고수부 통합자료의 정확도

- 수집한 공인된 측정자료 또는 공인된 방법으로 수행한 측정자료 중 하상부는 Multi-Beam Echo Sounder로 최근(2014년)에 측정한 자료, 고수부는 Total Station으로 최근(2014년)에 측정한 자료를 활용하여 하상 및 고수부 통합자료의 정확도를 평가
- 총 183개 지점
- 상대오차의 평균 : 2.4 %, RRMSE : 3.41 %
- 상대오차의 평균 2.4%, RRMSE 3.41%의 오차는 활용목적에 따라서는 즉시 실무에 적용할 수 있는 수준의 오차이며, 향후 측정방법의 표준화 및 고도화에 대한 연구가 수행된다면 측량의 방법으로도 활용될 수 있는 가능성이 충분하다고 판단

(2) 첨단기술을 이용한 하천조사기술의 효율성

○ 첨단기술을 이용한 하천조사기술의 시간적 효율성

- 첨단기술을 이용한 하상측정의 시간적 효율성을 비교하기 위해 단위측선(km)당 측정을 위해 소요되는 시간을 비교
- 첨단기술을 이용한 하상측정은 기존측정방법에 비해 같은 거리를 측정하는데 소요되는 시간이 약 54.2%로 감소
- 첨단기술을 이용한 하상측정의 측정밀도를 비교하기 위해 단위면적당 각 측정방법에 의한 측점 개수를 비교
- 첨단기술을 이용한 하상측정은 기존측정방법에 비해 같은 면적의 하천을 측정할 때 약 4.7배의 측점을 측정
- 첨단기술을 이용한 하상측정은 기존방법에 비해 측정에 소요되는 인원도 약 42.8로 감소

- 종합적인 효율성을 검토하기 위해 단위면적 당, 단위 시간 당, 소요인원 당 측정할 수 있는 측점의 개수를 척도로 이용
- 첨단기술을 이용한 하상측정은 기존 측정방법에 비해 약 4.4배 이상 효율적인 것으로 판단

< 첨단기술을 이용한 하상측정과 기존 측정방법 비교 >

측정방법	하천연장 (m)	측정간격 (m)	하폭 (m)	총측선거리 (m)	소요시간 (hr)	소요인원 (인)	측점수 (개)
첨단기술 하상측정	1,000	50	500	12,000	약 5.5시간	2인	17,000
기존 측정	1,000	200	500	3,000	약 2.5시간	3-4인	3,000

< 첨단기술을 이용한 하상측정의 효율성 >

구분	첨단기술	기존측정	증감율(%)
단위측선 당 시간(min/km)	27.5	60	-54.2
단위면적 당 측점(개/100㎡)	3.4	0.6	+466.7
총 소요인원(인)	2	3.5	-42.8
효율성 척도(개/100㎡/hr/인)	0.31	0.06	+440.9

<네트워크 프로시저의 시간적 효율성 비교>

항목	소요시간(분)		비율
	2차년도 방법	3차년도 방법	
측정장비 수거	10	-	
자료 다운로드	5	-	
자료 전송	5	5	
자료 표준화 - 1단면 표준화시 소요시간 : 5분 - 총 측정 단면 수 : 30	150	5	
계	170	10	6%

○ 첨단기술을 이용한 하천조사기술의 경제성
- 공공측량성과 심사를 수행하는 측량단가를 기준으로 산정

- 수심측량 비용과 지형측량 비용을 합산하여 비교
- 본 과제의 테스트베드인 강정고령보 하류 1 km 구간에 대해 산정

<첨단기술을 이용한 하천조사기술의 항목별 비용>

(단위: 천원)

구분	수심측량(하도)		지형측량(고수부)			총 비용		
	일반측량	R2V2	지상측량	항측라이다	UAV	일반측량 + 지상측량	일반측량 + 항측라이다	R2V2 + UAV
비용	18,000	15,000	40,000	20,000	10,000	58,000	38,000	25,000

(3) LBS 기반 GIS 통합 하상 모니터링 프로그램 개발

- R2V2_M9을 이용하여 유속, 하상 및 유량을 계측하는 일이 수많은 시험운영을 거쳐서 검증되었고 국내와 국외에서 실무에 활용
- R2V2_M9을 이용하여 계측되는 자료는 트랙, DMG, 면적, 평균유속, 보트속도, 수심 등의 자료가 있음
- matlab 자료형식으로 출력한 R2V2_M9의 자료를 이용하여 계측한 지점의 3차원 수심 분포와 용적을 산정할 수 있는 matlab 용용프로그램을 개발

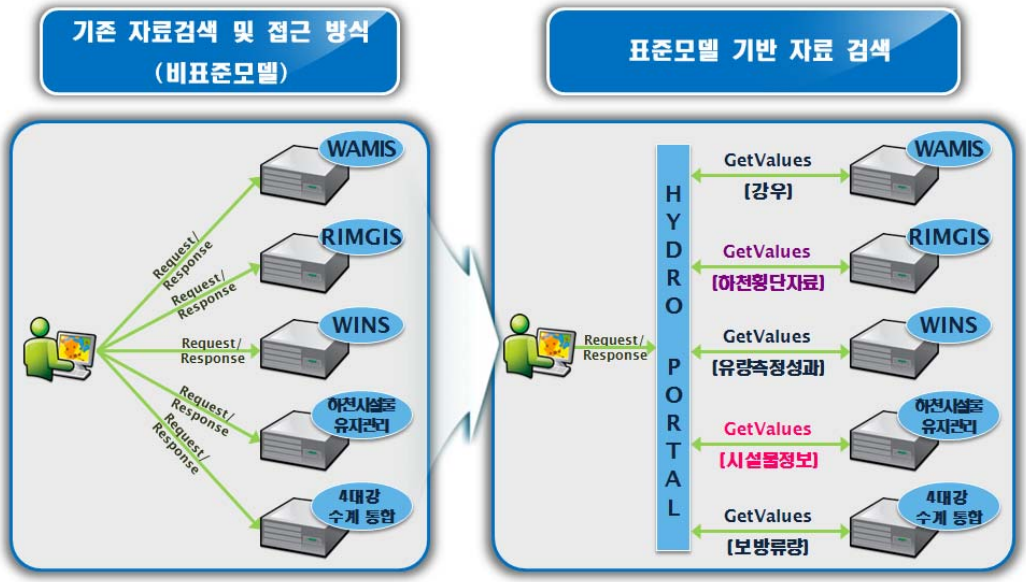


<개발된 소프트웨어의 메인화면>

다. 2-3 세세부: Smart River 정보관리 기술개발

(1) 하천공간정보 표준 데이터모델 개발

○ 하천관련 공간정보시스템들의 정보 공유 및 활용을 위해 국가차원의 물관련 공간정보 소스의 종합적인 관리 체계를 제시 함. 본 연구에서 제시하고자 하는 하천공간정보의 데이터모델은 국내의 다부처 수자원 관련 시스템들을 서비스 측면에서 통합하고 단일 방식의 서비스 기법을 제시하고, 검색어를 통하여 누구나 자료에 접근할 수 있도록 하는 것을 목표로 함.

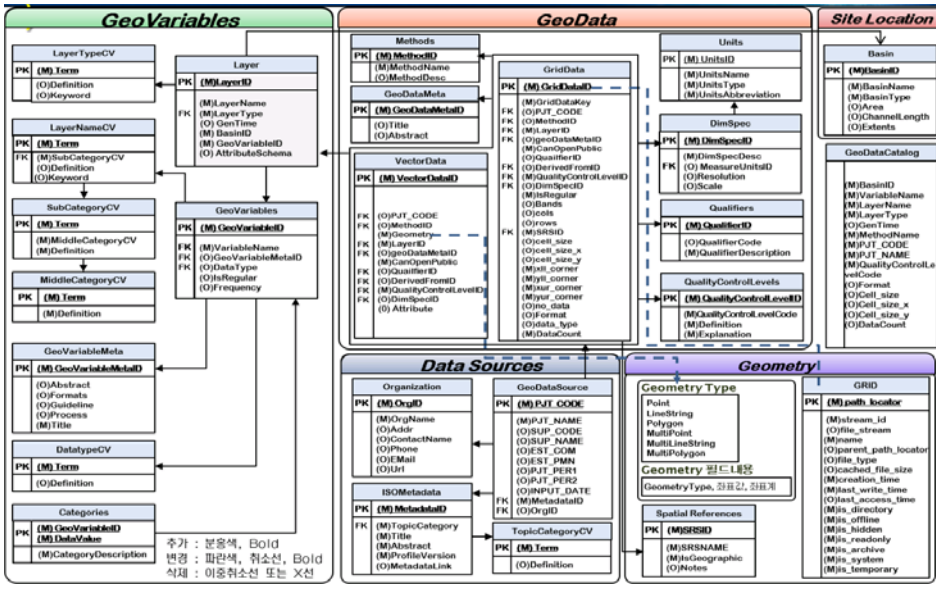


< 하천공간정보 표준데이터모델 개념도 >

(가) 격자기반 하천공간정보 표준 데이터모델 개발

○ 하천공간정보 표준데이터모델 설계 및 제작

- 총 25개의 테이블로 이루어져 있으며, 주제별로는 GeoVariables, GeoData, Geometry, SiteLocation 등 테이블 세트(Table set)와 함께 포털검색 활용을 위한 카탈로그(GeoDataCatalog) 테이블로 구성
- 메타데이터 관련 테이블은 GeoDataMeta, GeoVariableMeta, ISOMetadata 포함
- 온톨로지 기반 검색 지원을 위한 CV(Controlled Vocabulary)의 경우 LayerTypeCV, LayerNameCV, SubCategoryCV, MiddleCategoryCV, DataTypeCV, Topic CategoryCV 포함



< 하천공간정보 표준데이터모델 최종 ERD >

(나) 하천공간정보 시계열정보 표준 데이터모델 연계 구축

○ 하천공간정보 데이터모델(HydroGDM)과 시계열 데이터모델 연계

- 하천공간정보는 HydroGML, 시계열정보는 WaterML로 제공
- 통합 표준 하천정보 공유 체계 구축을 위한 연계 검색 모듈 개발

○ 하천공간정보(HydroGDM) 변환관리 프로그램 구현

- HydroGDM 변환관리 프로그램은 기존 Shape 파일, ESRI GDB 파일들을 HydroGDM 형태에 맞게 변환하여 등록 및 관리 하는 프로그램
- 서버 접속 시 HydroGDM 테이블 조회 가능
- 추가 레이어에 대한 GIS 기본 툴 제공
- HydroGDM 변환 결과 예시는 ESRI FileGDB에 대한 변환으로 Shape 파일들의 묶음 형태로 관리함으로써 사용자가 여러 파일을 한 번에 관리 가능
- 기존 파일들의 유효성 검사를 수행할 수 있도록 기능을 추가하여 Vaild, Simple, Empty, Ring 등의 검사 수행 후 Layer 유효 여부를 화면에 표출

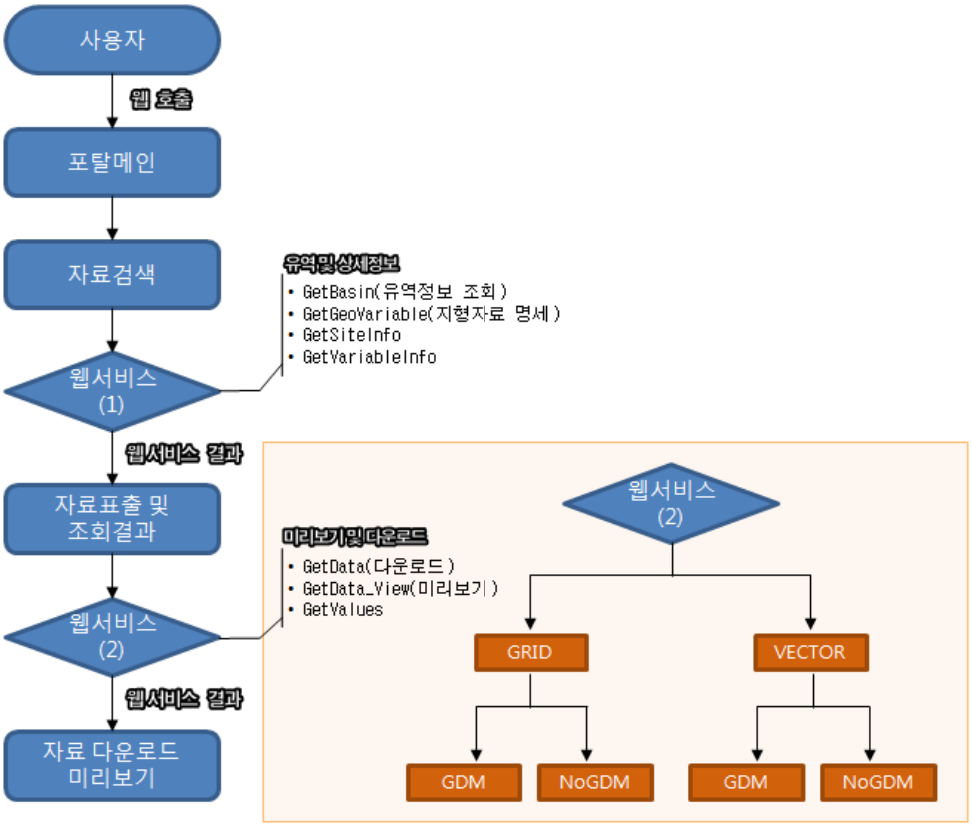
(2) 하천공간정보에 대한 웹서비스(HydroG-OneFlow)

○ 하천공간정보에 대한 웹 서비스 구현

- 사용자가 웹 브라우저에서 포탈 메인에 접속하여 자료 검색
- 카탈로그 DB에서 목록을 가져오며, 가져온 목록의 유역정보, 하천공간정보의 상세 내역을 웹 서비스를 호출하여 가져온 후 바인딩을 통하여 화면에 결과 자료를 표출
- 사용자가 다시 결과 자료를 다운로드할 경우, 웹 서비스가 호출(GetData)되어

서 GRID/VECTOR 여부로 분기되며 GRID의 GDM인 경우 GetData_GRID_download 함수를 통해서 자료를 다운로드 받고, NoGDM의 경우 GetData_NoGDM_GRID_download 함수를 통해서 자료를 다운로드

- VECTOR의 GDM인 경우 GetData_Vector_download 함수를 이용하고, NoGDM의 경우 GetData_NoGDM_Vector_download 함수를 이용



<하천공간정보에 대한 웹 서비스(HydroG-OneFlow) 절차도>

○ 하천공간정보에 대한 웹 서비스 구현에 따른 검증

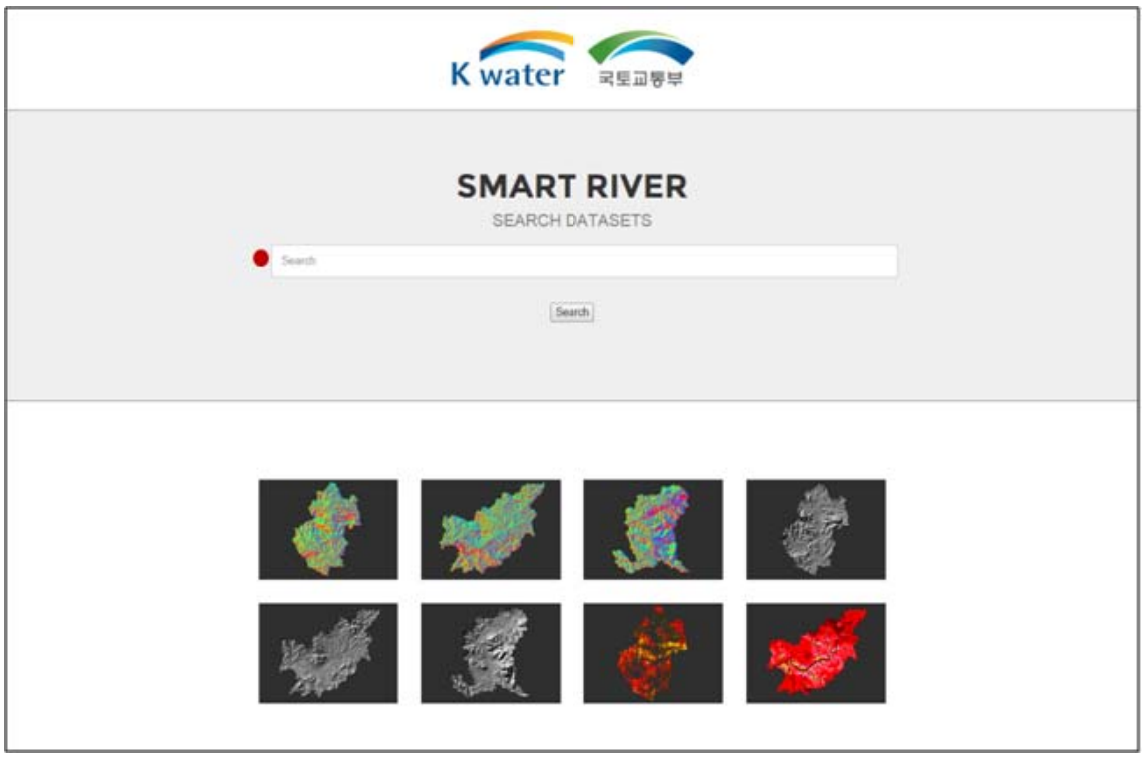
- 웹서비스 검증수행 방법은 공개 SW 포탈 테스트를 참조하였으며, 수행 도구로는 Apache JMeter와 MS에서 제공하는 StyleCop을 이용
- Apache JMeter는 성능테스트 도구로써 오픈소스이며, 가상사용자를 인위적으로 생성하여 시스템의 처리량, 응답시간 등을 테스트하기 위한 도구
- 하천공간정보 웹 서비스(HydroG-OneFlow)에 대한 가용성 검증을 통해 오차율 없음을 확인

(3) 통합하천정보시스템 개발

(가) 하천정보 제공을 위한 통합하천정보시스템 개발

○ 하천정보시스템의 포탈 서비스 구현

- 포탈 서비스 GUI를 고도화하여 구글과 같이 검색어를 입력할 수 있으며, 디자인 전체 자료, 공간 자료, 관측 자료 DB를 연동함



< 포탈 서비스 프로토타입 메인 화면 >

○ WaterML, HydroGML 자료 변환을 위한 활용 모듈 개발
- 통합하천정보 포털시스템의 하천정보공유 프로토콜의 공동 활용을 위한 변환 및 관리 모듈 개발
- 시계열데이터 관련 WaterML파일 형식을 일반 사용자가 활용할 수 있는 공동활용 포맷(csv, xls 등)으로 변환 기능 개발
- 하천공간정보 자료는 HydroGML파일을 GIS툴에서 활용 가능한 형식(shp 등)으로 변환 기능 개발

○ 국가물정보시스템(WAMIS, RIMGIS 등) 실시간 자료변환 모듈개발
- 국가물정보시스템(WAMIS, RIMGIS 등)의 최신 실시간 자료를 ODM(Obserations Data Model)으로 변환하는 모듈 개발

○ HydroGDM 변환관리 프로그램 고도화
- 국가물정보시스템에 대한 하천공간정보(HydroGDM) 구축을 위한 변환관리 프로그램의 기능을 고도화 하였음
- WaterML, HydroGML 자료변환을 위한 활용 모듈, 국가물정보시스템

(WAMIS, RIMGIS 등) 시계열 자료 변화 모듈을 HydroGDM 변환관리 프로그램에 통합 구축

- 기존 MS-SQL용 HydroGDM 변환 프로그램과 오라클용 HydroGDM 변환 프로그램 2set 구축

(나) 기존 국가물정보시스템과의 DB 연계성 차별성

○ 기존 시스템과의 DB 연계성

- 국가 물정보 시스템에서 매일 최신화 되는 수문기상 관련자료(강수량, 수위, 유량, 기상 등 일/시 자료)를 ODM(Obserations Data Model)으로 서비스

<기존 시스템 DB 연계 자료 항목>

구분	항목
일자료	강수량, 수위, 유량, 기온, 풍속, 습도, 증발량, 운량, 기압, 적설, 이슬점, 일사량, 일조시간
시자료	강수량, 수위, 유량, 기온, 습도, 이슬점, 해면기압, 풍속, 일사량, 진운, 적설, 일조시간

- RIMGIS의 공간정보(SHAPE), 속성정보(TEXT) 모두 수용
- 국가 물관련시스템과 연계 방안 설정

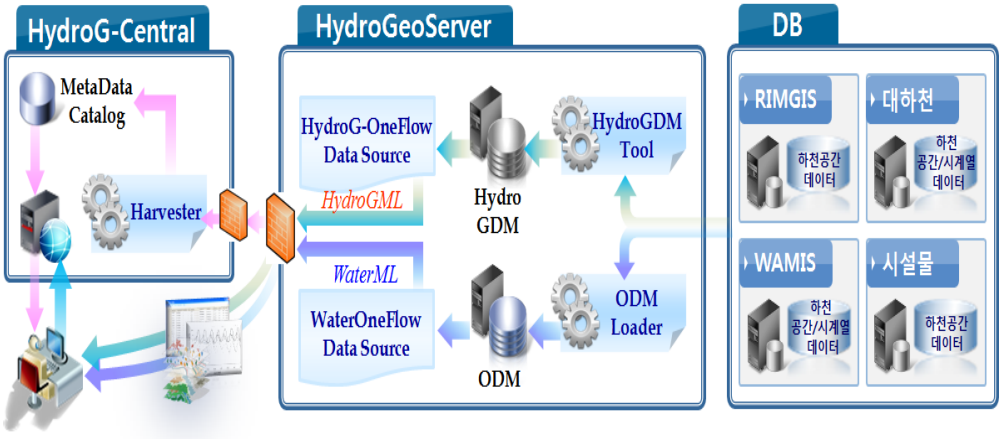
(공간적 범위)

· 낙동강유역 3개 중권역 – 강정고령보, 금호강, 창녕합천보

(내용적 범위)

· 공간데이터 : RIMGIS(Shape 파일), WAMIS(지형공간 자료)

· 시계열정보 : 강우, 수위, 기상, 유량, 댐 등(제원, 일자료)



<기존 시스템과의 연계도>

○ 기존시스템과의 차별성

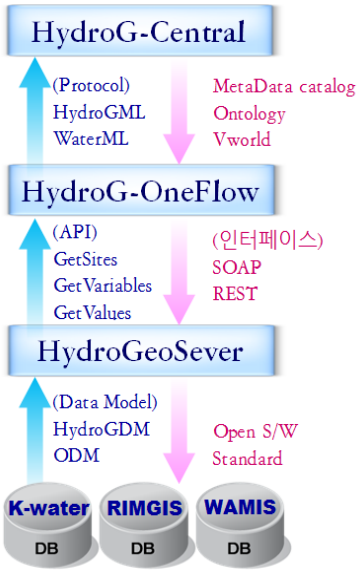
- 오라클 스케쥴러, 프로시저 기능을 통해 기존의 수동적이었던 getCatalog (카탈로그 갱신)를 자동화로 하여 매일 최신 ODM 자료를 포털에 표출
- DBMS 변경으로 인한 공간 데이터 쿼리 변경
- 국제표준인 GML(Geography Markup Language)을 이용한 모든 공간정보 서비스 제공
- RIMGIS 공간정보(SHAPE) 외 모든 공간정보(RASTER, GRID) 수용

<기존 시스템 자료 종류>

명칭	세부명칭	자료 종류	비고
RIMGIS	-	벡터	
WAMIS	-	벡터/그리드	
기타	MODIS	그리드	
	강우 레이더	그리드	

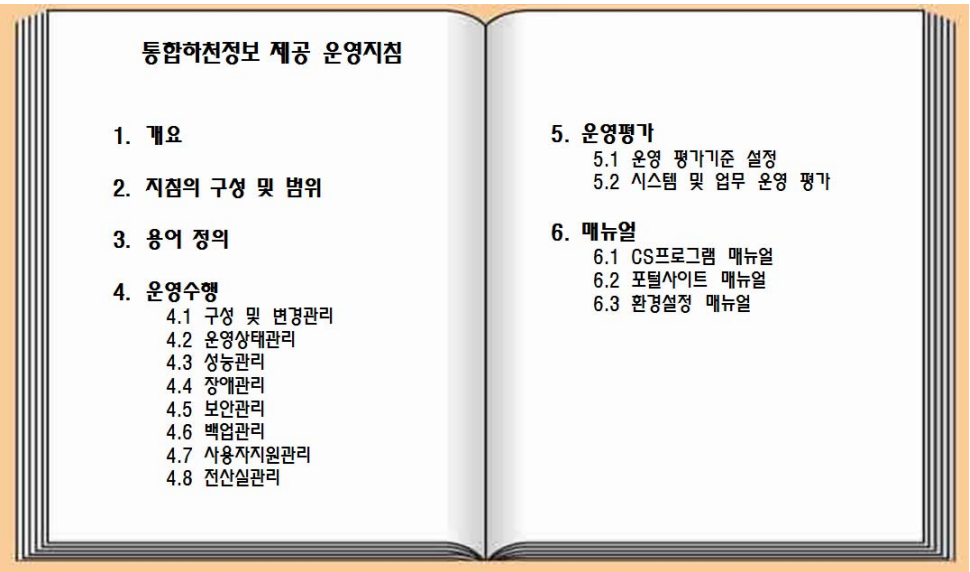
- 물 전문 포털은 기존 단일 시스템에서 개념, 모델 및 표준을 기반으로 하는 플랫폼 형태의 SOA(Service Oriented Architecture)의 웹서비스 제공
- 각 단계별 서비스를 레고 블럭과 같이 각각 개발 되어 다이내믹하게 선택하고 통합이 가능하여 어플리케이션을 파워풀하게 조립 가능
  · 모듈별로 구성되어 시스템 개발 및 유지관리 등에 효율성 제공
- 문맥적(단위, 유사어, 문자 인코딩 등) 및 문법적(날짜표기법, 그레고리력 및 줄리안 등) 이질성 극복 가능

<기존 시스템과의 차별성>

구 분	물 전문 포털시스템	일반 포털시스템
Portal		◦물관련 전용 표준 프로토콜을 제공되지 않음(파일 기반 데이터 제공) ◦비표준 데이터 ※data.go.kr(정부3.0)에서 향후 제공 가능
Web Service		◦API 제공되지 않음 ◦검색 Web Page만 제공
Server		◦시스템별 전용 Database 설계 ◦DBMS(Oracle, MS SQL 등) ◦GIS Server(ArcGIS) ◦Web Server(MS IIS) ◦종속적 S/W

(4) 통합하천정보 제공 운영지침 개발

(가) 운영지침(안) 구성



< 통합하천정보 제공 운영지침 목차 구성 >

(나) 운영지침(안) 내용

1. 개요

2. 지침의 구성 및 범위

- 본 지침은 통합하천정보 제공 운영을 안정적으로 유지하기 위해 실제 운영단계에서 필요한 구성 및 변경관리, 운영 상태관리, 성능관리, 장애관리, 보안관리 등에 대한 세부 사항들, 그리고 운영평가 등을 주 내용으로 함

3. 용어정의

- 본 지침에서 사용되는 용어의 정의

4. 운영 수행

- 8대 관리요소(구성 및 변경관리, 운영 상태관리, 성능관리, 장애관리, 보안관리, 백업관리, 사용자지원관리, 전산실관리)에 대해 각각의 사항을 기술

5. 운영 평가

① 운영 평가기준의 설정

◦ 관련업무

◦ 관련산출물

- 운영 평가 항목별 평가기준표
- 운영 평가 절차

② 시스템 및 업무 운영 평가

◦ 관련업무

- 시스템 운영에 대한 주기적인 평가 및 결과 정리·분석
- 시스템 운영 평가결과를 통한 시스템 운영의 개선
- 업무 운영에 대한 주기적인 평가 및 결과 정리·분석
- 업무 운영에 평가결과를 통한 업무 운영의 개선

◦ 관련문서

- 시스템 운영 평가 결과 및 분석서
- 운영 운영 평가 결과 및 분석서

6. 매뉴얼

① CS프로그램 매뉴얼

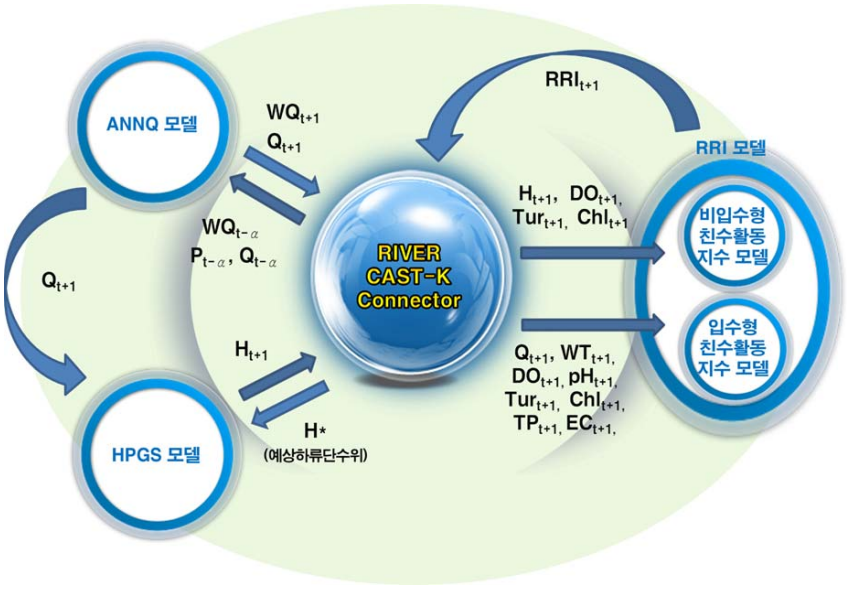
② 포털사이트 매뉴얼

③ 환경설정 매뉴얼

라. 2-4 세세부: 하천정보 분석 모델 및 예·경보시스템 개발

(1) RiverCAST-K의 개발

○ RiverCAST-K는 GUI기반 수리-수질 수시 예측 프로그램이다. 수질 및 수리데이터와 같이 불확실성이 내재되었거나 입출력자료의 관계가 비선형적인 경우의 해석을 위해 데이터기반모델인 인공신경망(ANN)을 개발함. 일 단위 수질(DO,Chl-a,pH,TN,TP) 및 수위 데이터를 인공신경망(ANN)모델을 통해 예측하며 ANN모델에서 예측한 유량 데이터를 이용하여 하류 수위에 대한 상류 측선의 수위를 HPG 모델에서 예측함. ANN에서 예측한 수질데이터와 HPG 모델에서 예측한 수위데이터를 하나의 종합수질 지수로 산정하여 비입수형 친수활동 지수와 입수형 친수활동 지수를 예보함.

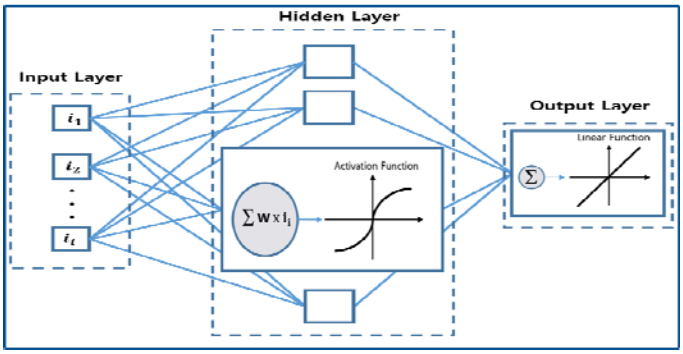


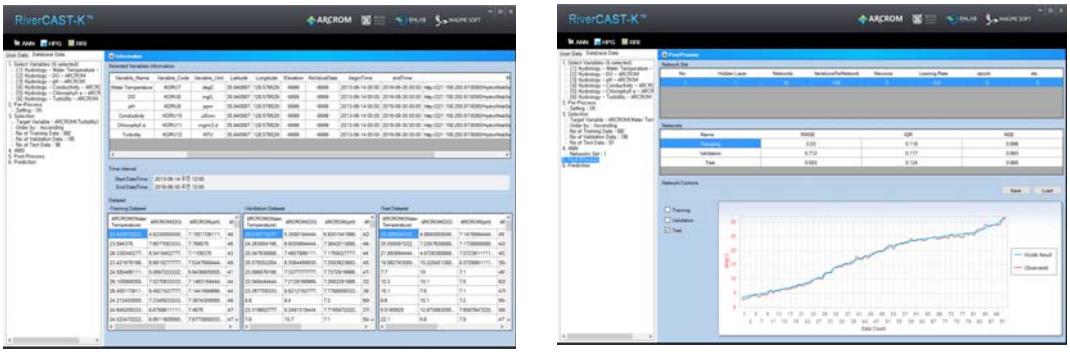
<RiverCAST-K 모식도>

(가) RiverCAST-K 모델의 개발

○ RiverCAST-K ANN 의 개발

- 일 단위 자료를 이용하여 수질 및 수위 값을 예측하는 인공신경망(ANN)모델 개발
- 요인분석, 주성분분석 및 군집화 등의 방법을 이용하여 데이터를 전 처리 하였으며 앙상블기법을 적용하여 예측의 정확도를 향상

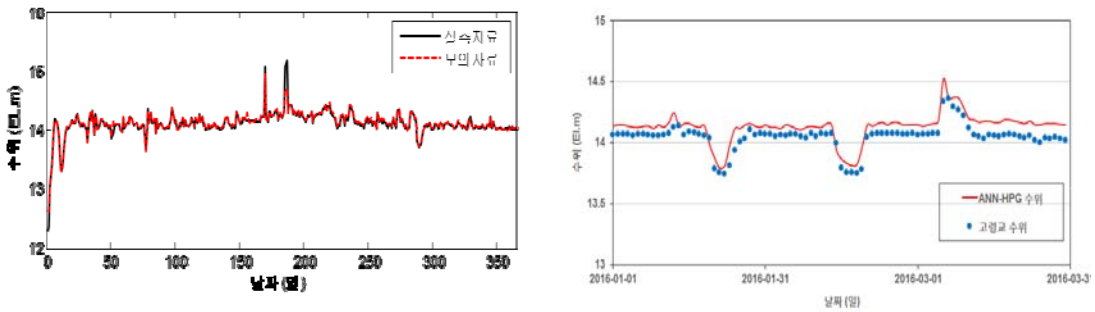




< ANN모델의 구조도 및 성능검증 >

○ RiverCAST-K HPG의 개발

- HPG는 임의의 개수로 구간에서 가능한 모든 흐름 조건에 대한 배수위 곡선을 도시한 그래프, 표준축차법을 활용하여 배수위 계산
- 사전 계산한 자료를 데이터베이스로 구축한 후 불러오며 입력 유량 및 하류수위에 대한 상류 측선의 수위 예측 가능
- ANN과의 모델 결합을 통한 하이브리드 모형 연구
- 실측자료와 HPG 모의자료 비교를 통한 정확도 개선 연구



< 실측자료와 HPG 모의자료 비교 2013/2016년 >

< 실측자료와 모의결과 비교 결과 >

	2004년 자료	ANN연결 후 2006년 자료	2011년 자료	2013년 자료	ANN연결 후 2016년 자료
오차율	4.73 %	13.97 %	10.02 %	3.80 %	1.10 %
결정계수	0.97	0.74	0.90	0.98	0.98

- 보간법 도입과 유량 간격 및 통수능 방정식 수정으로 모델 정확도 개선
- 시스템 예보를 통한 수위 예측 계산 정확성 확인, 테스트베드 구간 고령교 유량 예측 및 달성보 수위를 이용한 고령교 수위 예측 가능
- RIVERCAST-K GUI연결을 통한 시스템 예보 자동화, ANN예측 유량으로 HPG 및 RRSI 모델의 입력 유량인자 연결 가능



< 예보된 ANN유량과 HPG 모델과의 연결 >

○ 비입수형 및 입수형 친수활동지수(RRI)의 산정
- 기존 입수형 친수활동의 수질인자에 초점을 둔 하천 레크리에이션 지수를 확장
- 비입수형 및 입수형 친수활동의 수질뿐만 아닌 수리인자까지 포함한 친수활동지수의 산정
- 입수형 친수활동지수는 다음과 같이 종합수리지수와 종합수질지수를 종합하여 산정함

		비입수형 종합수질지수		
		1	2	3
입수형 종합수질지수	1	우수	주의	불량
	2	주의	주의	불량
	3	불량	불량	불량

<입수형 친수활동지수 산정 매트릭스>

(나) 센서 계측자료의 하천정보 DB

○ 시험하천 적용을 통한 ANN 모델의 정확도 분석

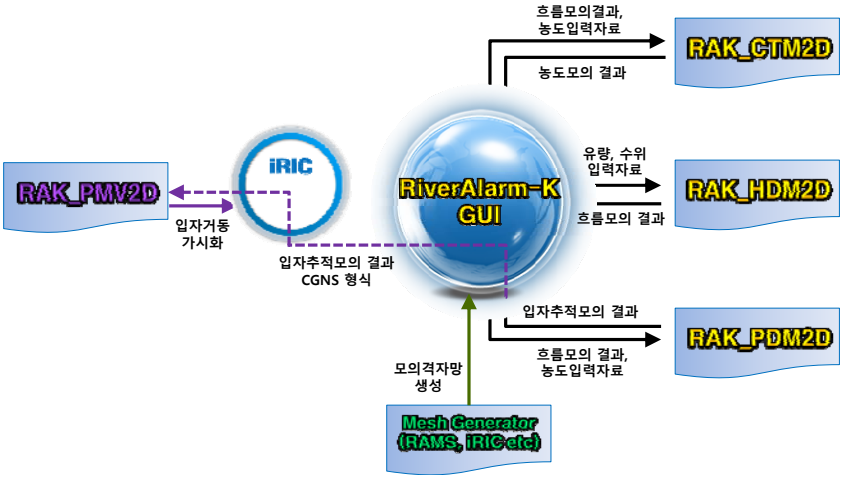
- 테스트베드 구간 내에 위치한 ARCWQ2 지점에 대해 RiverCast-K ANN 모델 적용 및 결과 검토
- 검증결과, 평균 NSE 0.865로 나타났으며, 최소 NSE는 값의 시계열 변동성이 심한 탁도에서 0.604로 나타남

<RiverCast-K ANN 모델을 이용한 센서 계측 수질자료 모델링 결과>

수질항목	예측결과		
	RMSE	IQR	NSE
수온(℃)	0.55	0.029	0.996
DO(mg/L)	0.85	0.337	0.967
pH	0.21	0.044	0.787
탁도	7.6	0.720	0.604
전기전도도(μS/Cm)	24.7	0.933	0.967
Chlorophyll-a(mg/m³)	3.45	0.183	0.869
Total	-	-	0.865

(2) RiverALARM-K의 개발

○ RiverALARM-K(RAK)는 수질오염사고 발생 시 하천관리자의 신속한 의사결정을 돕기 위한 프로그램임. RAK는 하천흐름해석모델(HDM-2D), 수질해석모델(CTM-2D), 입자분산모델(PDM-2D)로 구성되며, 매그파이(2-4-3 세세부)에서 개발한 GUI를 통해 전, 후처리를 수행. PDM-2D의 모의결과는 일본 홋카이도대학(2-4-1세세부)에서 개발한 PMV-2D를 통해 구현됨.

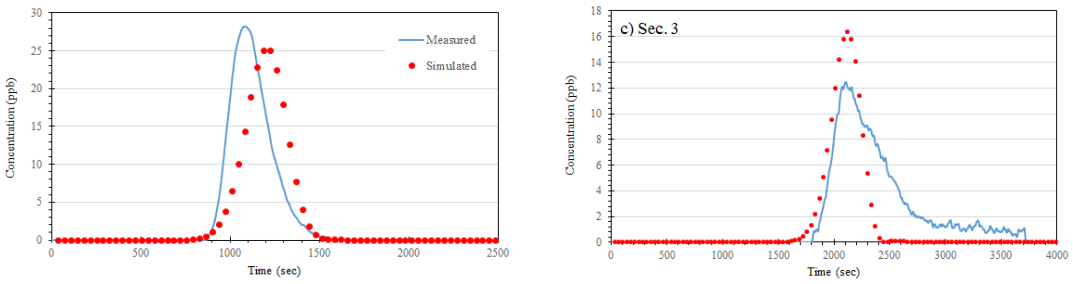


<대하천 수질사고 경보시스템 연계도>

(가) 수질모델 농도예측 오차율

○ CTM-2D 용존성 오염물질 혼합모의결과 오차율

- 2015년 섬강에서 수행된 2차원 추적자 실험결과를 이용하여 모델 검증
- 모의구간의 유량은 5.69 m3/s, 평균 수심은 0.44 m, 하폭은 45 m



Sec. 1 Sec.2

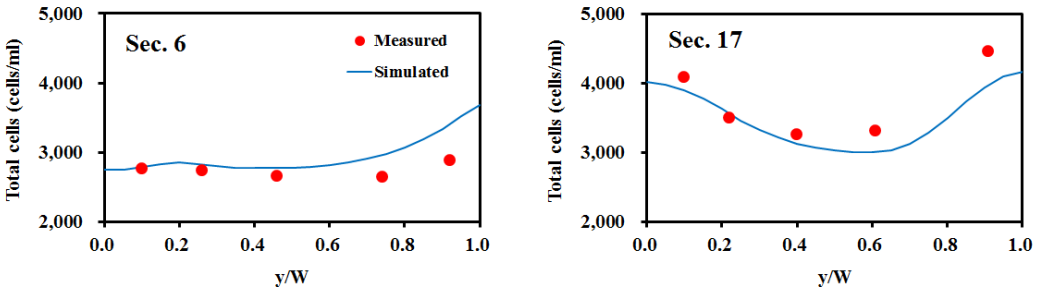
<CTM-2D 농도모의결과와 측정값 비교>

<측선별 최대농도값 및 도달시간>

측선	최대농도(ppb)		최대농도 도달시간(s)		오차율(%)
	측정값	모의값	측정값	모의값	
Sec. 1	27.2	25.1	1,116	1,188	6.45
Sec. 3	12.1	16.4	2,088	2,124	1.72
Sec. 5	7.7	6.3	5,040	4,644	7.86

- 최대농도의 오차는 만곡부에서 발생되는 이차류 및 재순환 구간에서의 저장대 효과로 인해 모의값이 실측값보다 높게 나타났으며, Sec. 5에서 최대농도 도달시간의 오차가 7.86%로 계산됨

○ CTM-2D 부영양화 모의결과 오차율
- 낙동강 테스트베드 측정자료를 이용하여 모델 검증
- 모의구간의 유량은 240 m3/s, 평균유속 0.19 m/s, 평균수심 5.3 m



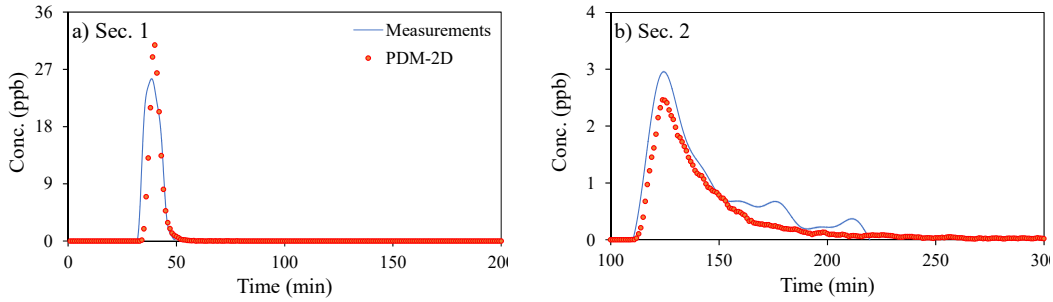
<CTM-2D 조류 농도모의결과와 측정값 비교>

<측선별 오차율>

측선	Sec. 1	Sec. 6	Sec. 11	Sec. 17
오차율(%)	10.5	7.5	9.0	6.7

- 광합성효율이 증가하는 저수심서 상대적으로 높은 농도의 조류가 발생하는 현상을 모델을 통해 예측 가능하였으며, 대부분의 측선서 10% 미만의 오차율이 발생했으며, Sec. 1에서 최대오차율 10.5%가 발생함

○ PDM-2D 입자추적모의 혼합모의결과 비교
- 2015년 홍천강에서 수행된 2차원 추적자 실험결과를 이용하여 모델 검증
- 모의구간의 유량은 2.15 m3/s, 평균 수심은 0.91 m, 하폭은 54 m



<PDM-2D 입자추적 모의결과 비교>

<측선별 최대농도값 및 도달시간>

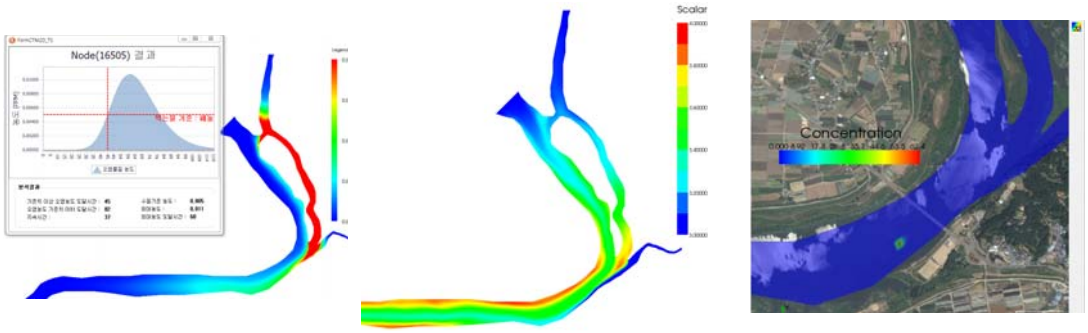
측선	최대농도(ppb)		최대농도 도달시간(min)		오차율(%)
	측정값	모의값	측정값	모의값	
Sec. 1	25.5	30.8	38.5	38.0	1.4
Sec. 2	2.9	2.5	124.5	123.0	1.2
Sec. 4	0.9	1.1	287.6	281.0	2.3

- 하천의 저장대로 인한 농도곡선의 꼬리를 잘 재현하고 있으며, Sec. 4에서 최대농도 도달시간의 오차가 2.3%로 계산됨

(나) 수질사고 시나리오 구축결과

○ 수질오염사고 발생 시 신속한 대응을 위해 수질오염사고 유형에 따라 총 32개 사고시나리오를 구축

- HDM-2D의 모의는 테스트베드의 유황 및 실측된 유량조건을 이용
- CTM-2D, PDM-2D는 테스트 베드 내에서 발생할 수 있는 하폐수처리장 오작동, 폐놀유출, 선박 유류유출, 조류발생 사고를 모의 후 결과저장
- 농도-시간 곡선 표출결과로부터 먹는 물 기준치 이상 농도의 도달시간, 지속시간, 최대농도 등을 분석가능



Case PH-4-2 Case AB-1-2 Case OL-4-1

<RAK 수질사고 시나리오 모의결과>

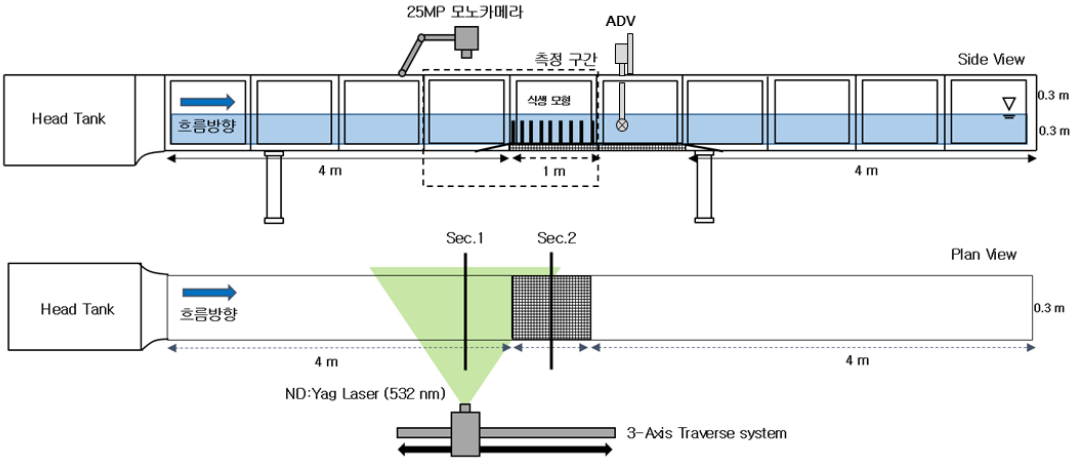
<수질사고 시나리오 구축>

오염물질	유량조건	유량 (m3/s)			Case	사고시나리오
		낙동강	금호강	진천천		
보존성 오염물질 (EC)	실측유량	410.0	65.0	7	EC-1-1	성서하폐수 처리장 오작동
					EC-1-2	강정고령보 펄스방류
	갈수기	32.0	1.9	4	EC-2-1	성서하폐수 처리장 오작동
					EC-2-2	강정고령보 펄스방류
	저수기	70.2	4.3	4	EC-3-1	성서하폐수 처리장 오작동
					EC-3-2	강정고령보 펄스방류
	평수기	97.5	7.0	4	EC-4-1	성서하폐수 처리장 오작동
					EC-4-2	강정고령보 펄스방류
비보존성 오염물질 (Phenol)	실측유량	410.0	65.0	7	PH-1-1	성서산업단지 페놀유출사고
					PH-1-2	강정고령보 펄스방류
	갈수기	32.0	1.9	4	PH-2-1	성서산업단지 페놀유출사고
					PH-2-2	강정고령보 펄스방류
	저수기	70.2	4.3	4	PH-3-1	성서산업단지 페놀유출사고
					PH-3-2	강정고령보 펄스방류
	평수기	97.5	7.0	4	PH-4-1	성서산업단지 페놀유출사고
					PH-4-2	강정고령보 펄스방류
조류	실측유량	410.0	65.0	7	AB-1-1	일사량 상승 및 고농도 영양염류 유입
					AB-1-2	강정고령보 펄스방류
	갈수기	32.0	1.9	4	AB-2-1	일사량 상승 및 고농도 영양염류 유입
					AB-2-2	강정고령보 펄스방류
	저수기	70.2	4.3	4	AB-3-1	일사량 상승 및 고농도 영양염류 유입
					AB-3-2	강정고령보 펄스방류
	평수기	97.5	7.0	4	AB-4-1	일사량 상승 및 고농도 영양염류 유입
					AB-4-2	강정고령보 펄스방류
부유성 오염물질 (유류)	실측유량	410.0	65.0	7	OL-1-1	화원유원지 선박 유류유출
					OL-1-2	사문진교/고령교 차량전복사고
	갈수기	32.0	1.9	4	OL-2-1	화원유원지 선박 유류유출
					OL-2-2	사문진교/고령교 차량전복사고
	저수기	70.2	4.3	4	OL-3-1	화원유원지 선박 유류유출
					OL-3-2	사문진교/고령교 차량전복사고
	평수기	97.5	7.0	4	OL-4-1	화원유원지 선박 유류유출
					OL-4-2	사문진교/고령교 차량전복사고

(다) 실험실 개수로 실험을 통한 모델 정밀검증

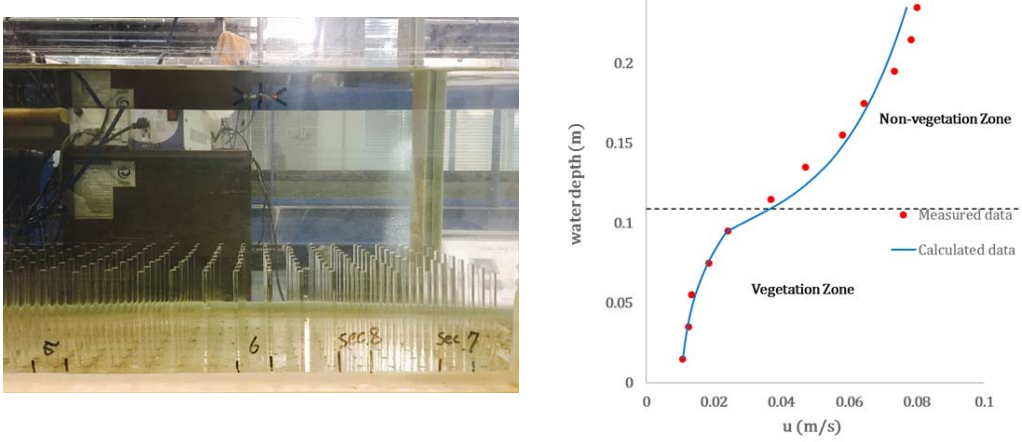
○ 식생모형이 설치된 실내 실험실 개수로에서 ADV 및 PIV를 이용한 유속분포 정밀 계측

- 사용된 실험실 수로는 서울대학교 수리해안실험실에 위치한 길이 10 m, 폭 0.3 m, 높이 0.6 m의 SNS-12 수로를 사용
- 식생모형은 높이 10 cm, 지름 0.3 cm의 원기둥형 모형으로 배열은 3 cm 간격으로 폭방향으로 9개, 흐름방향으로 33개로 설치하여, 1 m 구간에 식생밀도는 2.80%로 균일



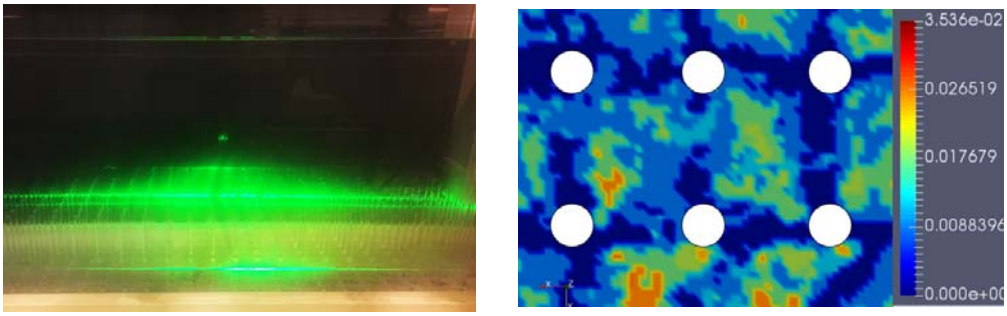
<실험실 개수로 및 PIV 시스템 구축>

- ADV를 이용하여 유속분포를 연직방향 12점에서 30 Hz로 측정하고, 기존의 제안된 경험식(Huai, 2008)과 비교 검증



<식생구간에서 ADV를 이용한 연직방향 유속분포 측정 결과>

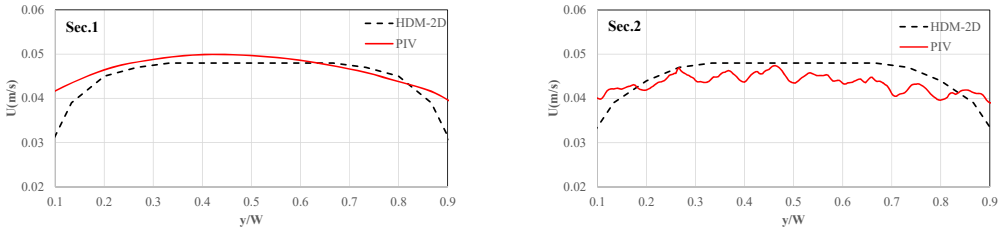
- PIV를 이용하여 ADV 유속계로 측정이 어려운 식생구간 내에서의 정밀 유속 측정
- ADV 유속계와의 비교 검증 결과, 비교적 유사한 경향을 나타내는 것을 확인할 수 있었으며, 약 92%이상의 측정값이 일치되는 것으로 확인



<PIV를 이용한 식생구간 유속장 측정 결과>

○ HDM-2D 모의

- 고정된 유량, 하폭 및 수위 조건에 대해서 검증 수행 (Q=0.0402m^3/s, H=0.3m, W=0.3m)
- 유속분포의 최대 오차는 식생이 설치된 단면의 좌안과 우안의 양끝에서 나타났으며 그 외의 구간에는 비교적 잘 맞는 경향을 나타내었으며 평균오차는 약 9.2%로 나타남



<HDM-2D 유속 모의 결과와 측정값 비교>

<HDM-2D 실험실 수로 유속 모의결과와 측정값 비교>

측선	Sec. 1(식생 X)	Sec. 2(식생 O)
오차율(%)	3.6	9.2

마. 2-4-1 세세부: HydroConnector 개발 및 통합지침서 활용서비스

(1) Hydro Connector 하천정보 연계 운영 프로그램 개발

(가) Hydro Connector

○ 개발 목적

- 자료의 이용 목적에 따라 자료의 후처리가 필요함
- 표준화된 하천정보 D/B의 중요성이 강조됨에 따라 이러한 후처리를 능동적으로 하고자 하는 수요가 증가
- 특히, 모델링의 경우 입력자료의 형태가 각기 다름에 따라 순수 모델링의 처리 속도에 비해 입력자료 구축에 소요되는 시간이 증대됨
- 따라서 연계성을 강화한다는 측면에서 표준화된 하천정보 D/B 자료를 능동적으로 활용하여 하천정보 분석 모델링을 실행할 수 있는 시스템 또는 프로프로그램의 구축이 요구됨



<HydroConnector 개발 목적 및 개요>

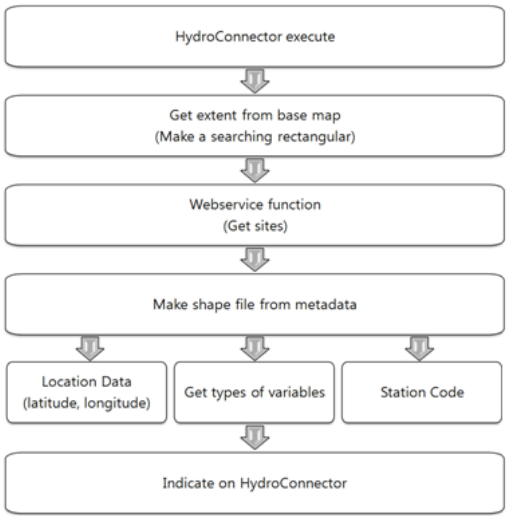
○ 차별성

- 기존의 D/B 접속방식이 아닌 웹서비스를 통한 수자원분야의 표준화된 파일전송 규격 방식인 WML을 사용하여 D/B의 부하를 줄이며, 신속하고 정확하게 자료의 전달이 가능
- 데이터 기반 자료 및 지리 기반 자료의 능동적 활용가능
- 본 연구과제를 통해 검증된 하천정보분석 모델을 활용하여 결과의 신뢰성 확보
- 오픈소스 프로그램을 사용하여 경제적 효과 발생
- 사용자 중심의 인터페이스 개발을 통한 접근성 및 자료 활용성 증대

(나) D/B 자료 취득을 위한 모듈 개발

○ 자료 검색 모듈(Webservice Connector)

- 국내에 수공정보는 제한적 제공되어 능동적으로 활용하기 힘든 구조
- 또한 국내에 제공되는 수공정보는 제공처에 따라 자료의 형식이 달라 자료의 후처리가 불가피함
- 따라서 2-5세부과제에서 개발하고 있는 하천정보 D/B의 WaterOneFlow 웹서비스를 활용하여 세부 연구간의 연계성을 강화함과 동시에 표준화된 자료를 활용 할 수 있음
- 하천정보 D/B의 WaterOneFlow 웹서비스에서 제공하는 기본함수를 이용하여 관측소의 위치정보를 담당하는 메타데이터(Meta data)와 데이터 기반 자료를 능동적으로 획득
- 획득된 자료를 GUI 모듈로 전송하여 GIS기반 프로그램내의 지도에 표시
- 또한 프로그램 실행 시 자동으로 관측소 정보를 업데이트 하여 최신 자료를 활용 가능 상태로 유지

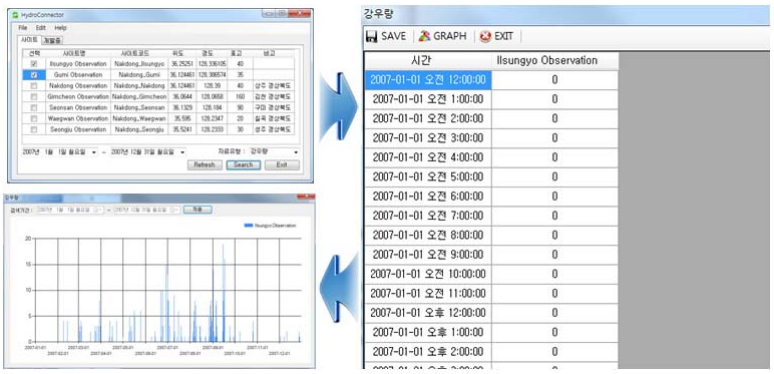


<자료검색 모듈 알고리즘>

○ 자료 검색 인터페이스 개발

- 기존의 제한적이고 부하가 큰 하천정보 D/B에 접근하는 방식이 아닌 웹서비스를 활용하여 빠르고 부하가 적은 데이터전송 방식인 WML(Warter Markup Language)을 사용
- 하천정보 D/B에서 제공하는 관측소의 위치를 자동검색 후 위치표시
- 사용자의 관심 지역 내의 관측소 위치를 지도상에서 능동적으로 표시
- 지도내에 표시되는 관측소 중 단수 혹은 복수의 관측소를 선택하여 시계열 정보를 볼 수 있는 기능 제공

– 검색된 자료를 정성적(그래프) 또는 정량적(저장)으로 활용



<자료검색 사례>

(2) 타 세부 프로그램과의 결합을 위한 모듈 개발

(가) HPG모형

○ 개요

– 결합된 HPG 모델은 개발된 GUI Module을 통해 지도상의 임의의 지점을 선택할 경우 해당 지점의 수위를 예측

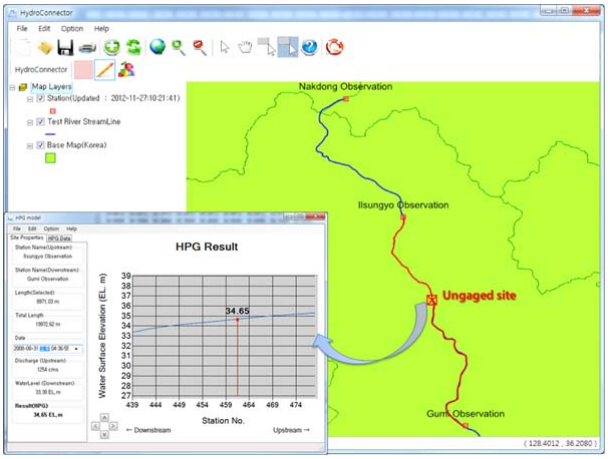
– 기본적으로 현재시간에 대하여 선택된 임의의 지점의 상하류단의 수위곡선을 정성적으로 표현

– 사용자의 사용 용도(연구 등)의 범위를 확장시키기 위한 정량적인 자료 추출 기능 포함

– 하천정보 D/B내의 과거의 자료를 활용하여 과거 수위 확인 가능

– 하천정보 D/B 자료에 국한된 모델활용이 아닌 사용자의 설정에 따라 상류단의 유량과 하류단의 수위조건 변경 가능

– 사용자의 설정에 따라 단수의 관측소 구간이 아닌 여러 관측소 구간의 수위곡선 확인 가능

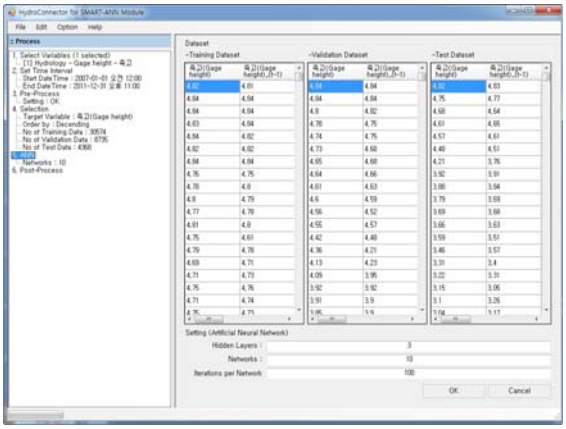


<결합된 HPG 모형>

(나) ANN모형

○ 인공신경망 학습 인터페이스 구축

- C# 언어 및 .Net 기반 알고리즘 작성
- Backpropgation 알고리즘을 통한 학습 및 검증 오차율 감소
- 사용자 설정에 따라 히든레이어 및 반복회수 설정 가능



<인공신경망 인터페이스>

○ 오차 감소를 위한 Levenberg-Marquardt 알고리즘 추가

- Backpropgation 시, 오차산정 및 전달방식에 대한 기능
- Levenberg-Marquardt 알고리즘 추가시 단순 인공신경망에 비해 학습시간 및 오차감소 결과 확인
- 계산속도 향상을 위한 병렬구조 채택

```
public double RunEpoch(double[][] input, double[][] output)
{
    // 변수 초기화 및 메모리 할당
    int N = input.Length;

    JaggedCholeskyDecompositionF decomposition = null;
    double sumOfSquaredErrors = 0.0;
    double sumOfSquaredWeights = 0.0;
    double trace = 0.0;

    // 헤센의 상삼각행렬을 0으로 설정
    for (int i = 0; i < hessian.Length; i++)
    {
        Array.Clear(hessian[i], i, hessian.Length - i);
    }

    // 그레디언트 벡터를 0으로 설정
    Array.Clear(Gradient, 0, gradient.Length);

    // Block에 대한 분할문제.
    // 단일 야코비안과 오차 행렬을 계산하는 것 대신에
    // 헤센행렬과 그레디언트 벡터를 활용하여 작게 구역을
    // 지정하여 계산함.

    int blockSize = input.Length / Blocks;
    int finalBlock = input.Length % Blocks;
    int jacobianSize = blockSize * outputCount;

    // 필요하다면 야코비안 매트릭스만 재할당
    if (jacobian[0] == null || jacobian[0].Length < jacobianSize)
    {
        for (int i = 0; i < jacobian.Length; i++)
        {
            this.jacobian[i] = new float[jacobianSize];
        }
    }

    // 필요하다면 오차벡터도 재할당
    if (errors == null || errors.Length < jacobianSize)
```

<Levenberg-Marquardt 소스코드(약 900줄)>

○ 무작위 자료를 통한 학습 및 검증 오차 분석

- 테스트 웹서비스상의 자료를 활용하여 인공신경망 알고리즘 평가
- 단일 관측소를 무작위로 선정하여 학습 및 검증, 테스트 자료로 활용
- lag-time을 “5”, 반복횟수를 100회, 히든 레이어 개수 3개, 생성할 네트워크 개수를 10개로 설정하여 생성시, 평균 오차 0.36

<인공신경망 오차분석(예)>

관측소 / 네트워크	죽고(수위)		일선교(강우)		낙동(유량)	
	학습	검증	학습	검증	학습	검증
1	0.0298	0.0304	0.6745	0.6099	0.0785	0.0790
2	0.0311	0.0317	0.6744	0.6100	0.0808	0.0813
3	0.0324	0.0330	0.6742	0.6099	0.0784	0.0790
4	0.0298	0.0304	0.6743	0.6099	0.0806	0.0811
5	0.0325	0.0331	0.6744	0.6099	0.0839	0.0844
6	0.0311	0.0317	0.6741	0.6098	0.0804	0.0809
7	0.0298	0.0304	0.6744	0.6099	0.0842	0.0847
8	0.0348	0.0354	0.6744	0.6099	0.0802	0.0807
9	0.0322	0.0328	0.6745	0.6098	0.0836	0.0841
10	0.0309	0.0315	0.6747	0.6096	0.0835	0.0839
평균	0.0314	0.0321	0.6744	0.6099	0.0814	0.0819

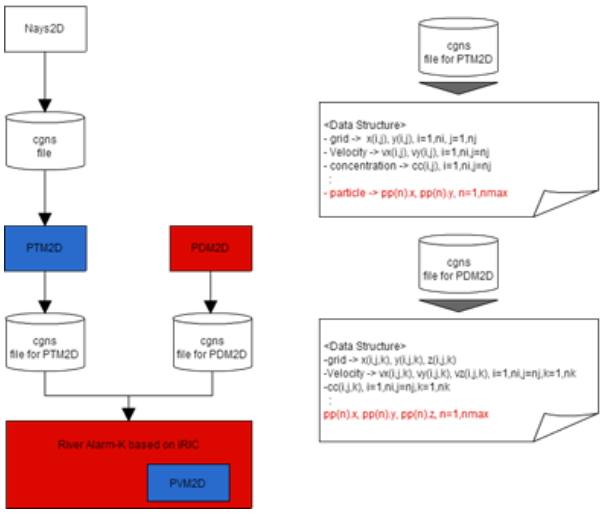
바. 2-4-2 세세부: 입자혼합모형 가시화 S/W 개발

(1) Development of PMV-2D

(가) Determinant of input/output data format of PMV-2D

○ Determination of input data format

- PMV-2D data format was developed using the cgns.file format as shown in following figure.

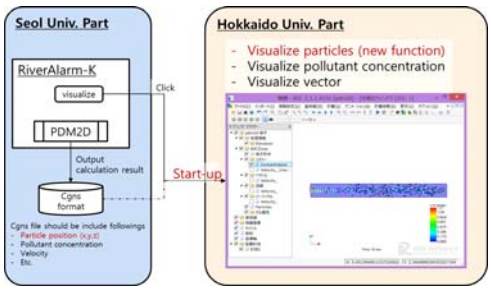


<Input/output data in cgns.file format>

(나) Development of PMV-2D

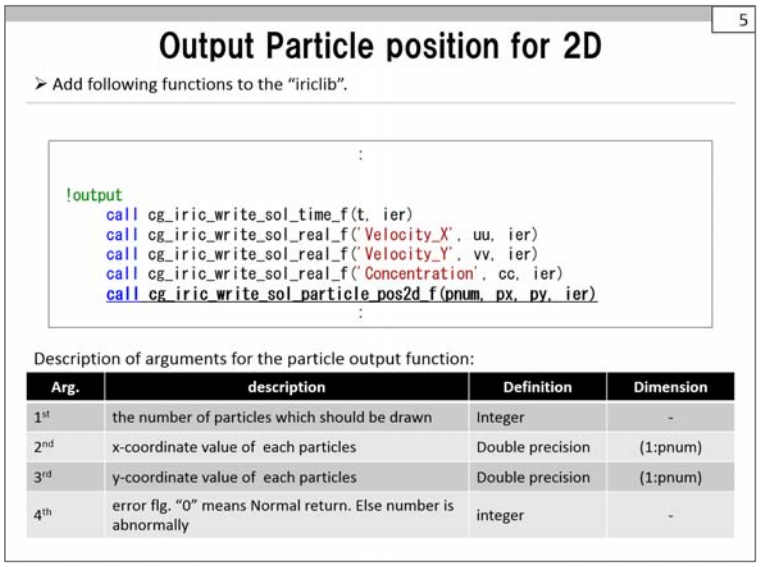
○ Linkage of RiverALARM-K and PMV-2D

- Development of input and output library in iRIC GUI to transfer the data from RIVERALARM-K.



<Outlines of linkage between RiverALARM-K and PMV-2D>

○ Development of particle visualization algorithm



5

Output Particle position for 2D

➢ Add following functions to the "iriclib".

```
:
!output
    call cg_iric_write_sol_time_f(t, ier)
    call cg_iric_write_sol_real_f('Velocity_X', uu, ier)
    call cg_iric_write_sol_real_f('Velocity_Y', vv, ier)
    call cg_iric_write_sol_real_f('Concentration', cc, ier)
    call cg_iric_write_sol_particle_pos2d_f(pnum, px, py, ier)
:
```

Description of arguments for the particle output function:

Arg.	description	Definition	Dimension
1st	the number of particles which should be drawn	Integer	-
2nd	x-coordinate value of each particles	Double precision	(1:pnum)
3rd	y-coordinate value of each particles	Double precision	(1:pnum)
4th	error flg. "0" means Normal return. Else number is abnormally	integer	-

<Input/output data in cgns.file format>

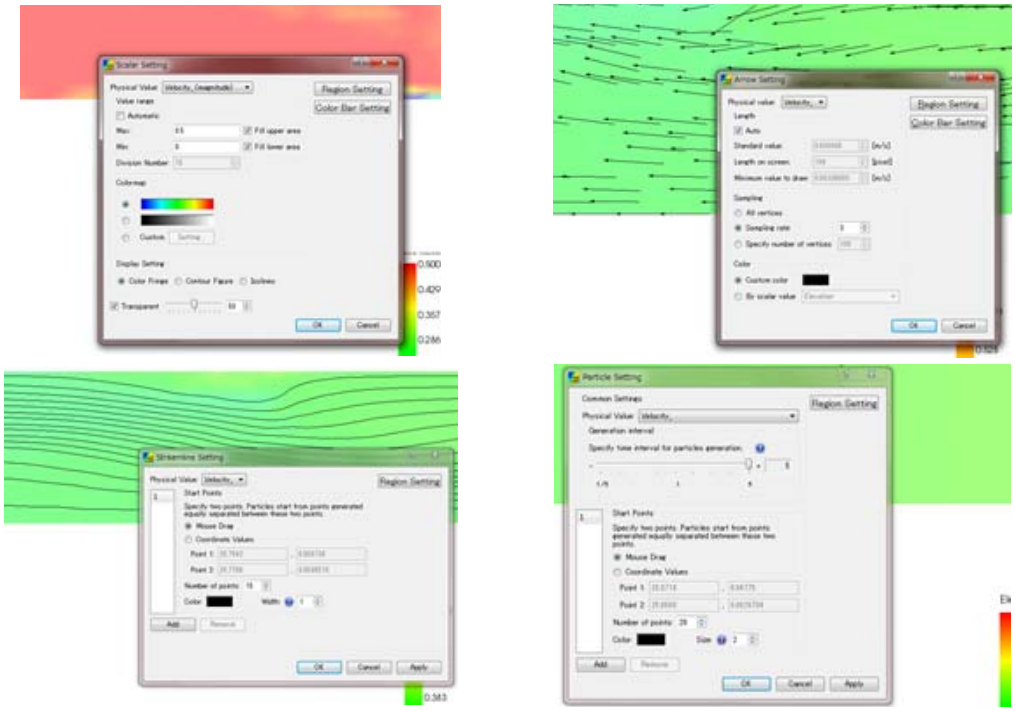
○ Create functions as below into the iRIC lib to visualize the calculation results of particle locations. Following table shows the two functions. The particle attributes can be output to CGNS file.

<New functions into the iRIC lib.>

No.	Definition of the function	Explanation
1	cg_iric_write_sol_particle_real (fid, name, value, ier)	outputs a particle attributes (real)
2	cg_iric_write_sol_particle_integer (fid, name, value, ier)	outputs a particle attributes (integer)

fid : ID of CGNS file (the return value of cg_open_f)
name: The name of the attribute (string)
value: Attribute value (real or integer, a one-dimensional array)
ier: rror number (0 means successful)

○ Build particle visualization functions for visualize calculated particle locations, particle velocity, particle concentration, and so on.



<Examples of new visualization tools>

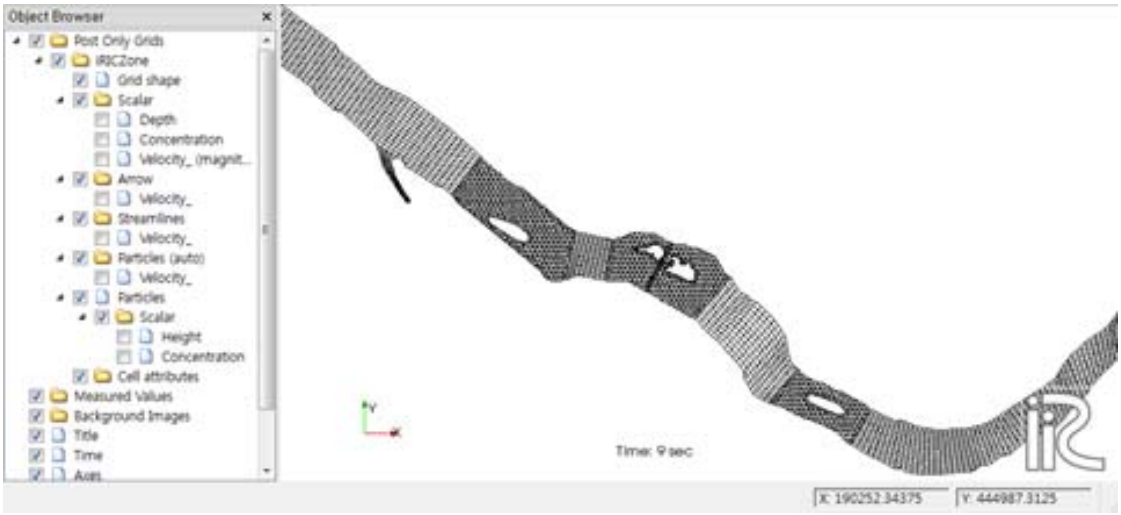
○ The functions for creating “hybrid” grids constructed by both triangle and square meshes are developed. Also, the calculation results as Color contour, Arrows, Streamlines, and Particle trace are visualized in the hybrid grids.

<Functions for visualizing hybrid mesh>

```
! Output X, Y
  call cg_coord_write_f(fin, baseId, zoneId, RealDouble, "CoordinateX", x, coordId, ier)
  call cg_coord_write_f(fin, baseId, zoneId, RealDouble, "CoordinateY", y, coordId, ier)

! Output quad cell structure
  call cg_section_write_f(fin, baseId, zoneId, "QuadCells", QUAD_4, 1, quadCount, 0, quadCells, secId, ier)

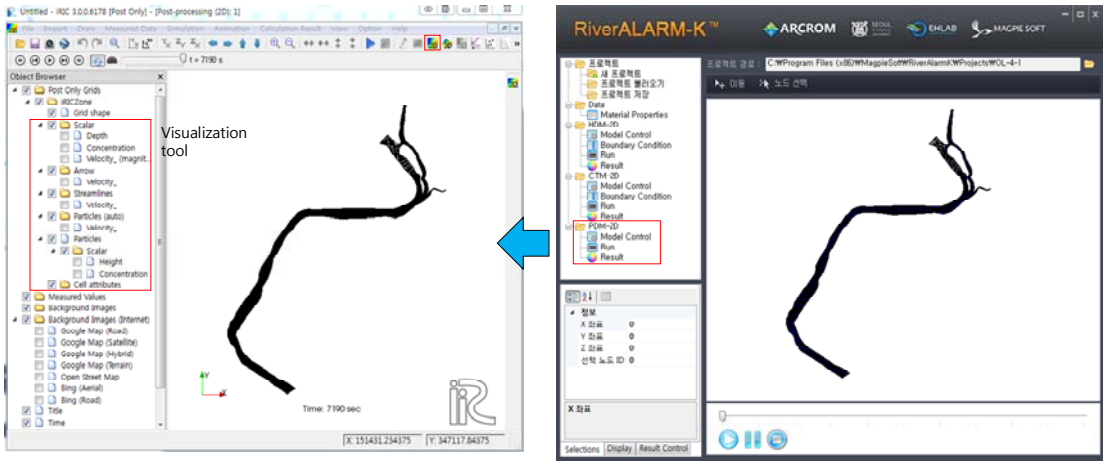
! Output tri cell structure
  call cg_section_write_f(fin, baseId, zoneId, "TriCells", TRI_3, 1, triCount, 0, triCells, secId, ier)
```



<Generation of hybrid mesh>

○ Adding PMV-2D in the RiverALARM-K software

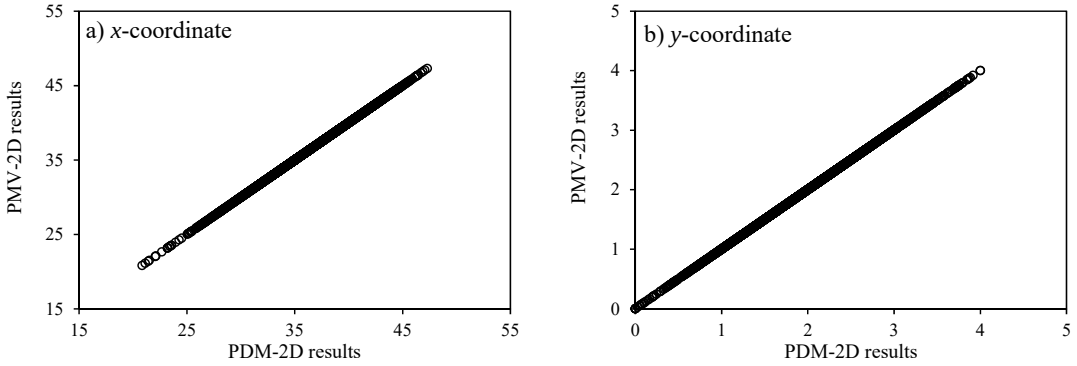
- Development of input and output library in iRIC GUI to transfer the data from RIVERALARM-K.



<PMV-2D in the RiverALARM-K>

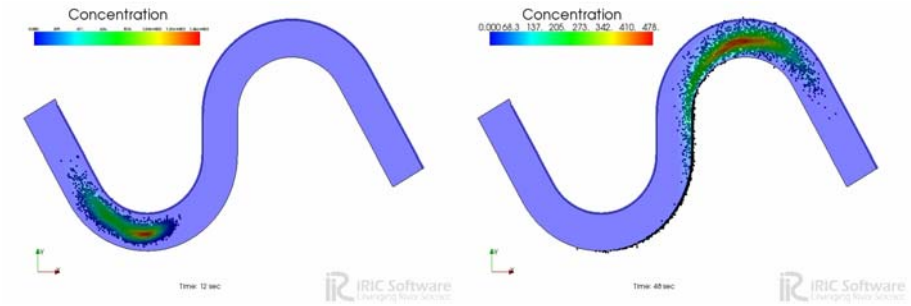
(다) Application results of PMV-2D

○ Linkage error between PDM-2D results and PMV-2D results shows about 0.0%.

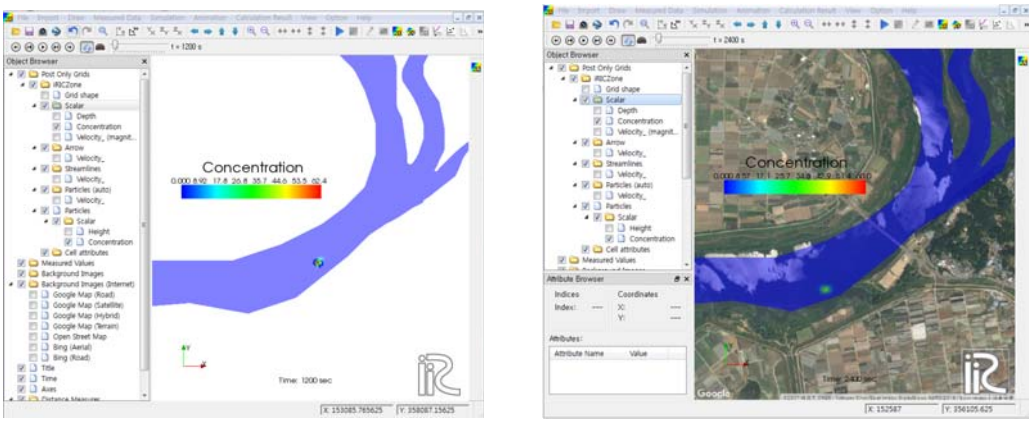


<Comparison results between PDM-2D and PMV-2D>

○ PDM-2D simulation results using PMV-2D.



<PDM-2D simulation results in the meandering channel>



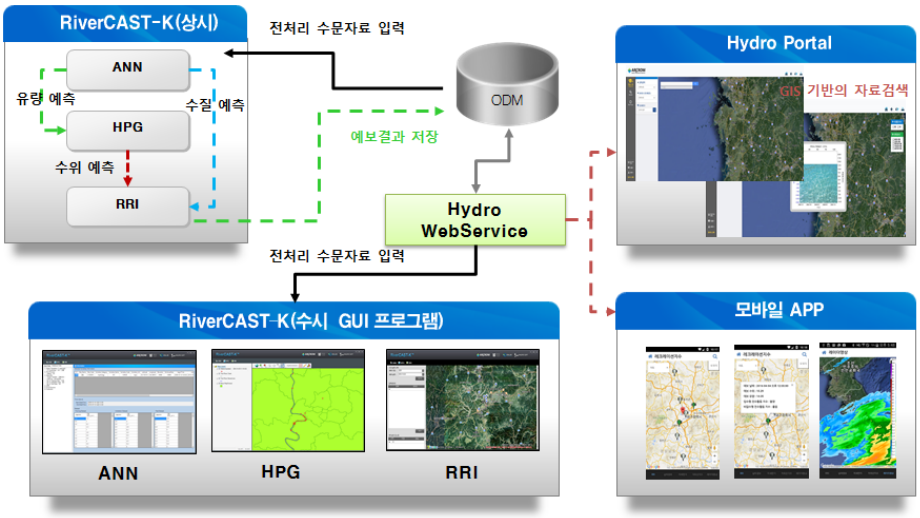
<PDM-2D simulation results in the test-bed>

사. 2-5 세세부: 첨단기술 기반의 지능형 하천정보 제공시스템 개발

(1) 하천예보시스템 구축(RiverCAST-K)

(가) 시스템 개요

○ 시스템 구성도



<RiverCAST-K 시스템 구성도>

○ 시스템 개요

- 쉽고 편리하게 사용자별 모의 수행 할 수 있는 GUI 기반 수리-수질 수시 예측 프로그램이다. ANN 데이터 기반 유량 및 수질 예측 모델로서 일 수질 자료를 이용한DO,Chl-a,pH,TN,TP ,수위 학습 데이터를 인공 신경망을 통해 예측 한다. ANN 모델에서 예측한 유량을 데이터를 이용하여 표준 축차법으로 배수위 계산, 사전 계산한 자료를 데이터 베이스에 구축하여 유량 및 하류 수위에 대한 상류 측선의 수위를 HPG 모델에서 예측한다. ANN,HPG 모델에서 예측한 수질,수위데이터를 퍼지합성방법으로 소속도로 변환하고 가중합하여 하나의 종합수질 지수로 산정하여 비입수형 친수활동 지수와 입수형 친수활동을 예보한다.

(나) 주요기능

○ 경계조건 연계를 통한 전처리 기능 수행
○ ANN-HPG-RRI 예측 데이터 연계 분석
○ 스케줄에 의한 예보지점 자동모의 수행(RRI 지수 예보)
○ RRI 친수 활동 지수 산정 후 DB 저장

○ 산정된 RRI 지수 모바일(APP) 연계

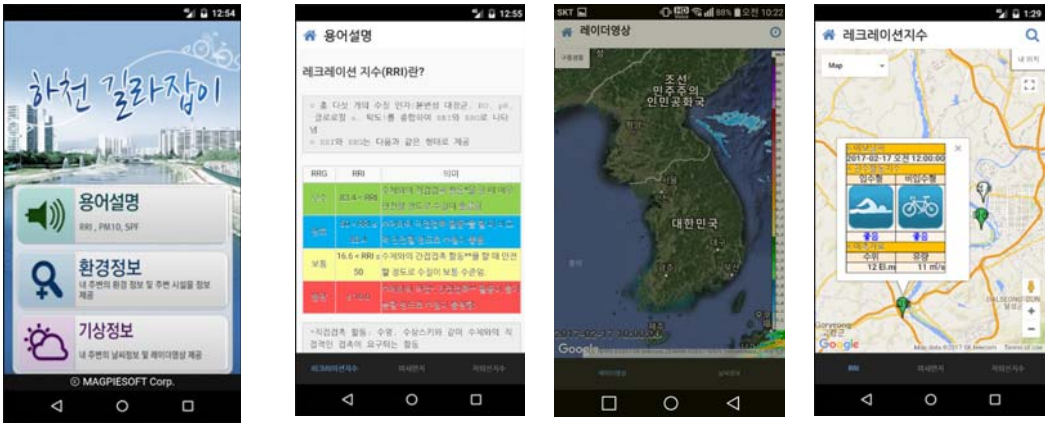
(다) 예보지점 확대



<모바일 예보 지점 화면>

○ 자동 예보 지점확대(확대 지점명 : 도개,상동,신암,왜관,적포,창암,청암,칠곡,칠서,해평,회상)

(라) 모바일 서비스 제품화



<Google Play 앱 등록>

(마) 하천예보 시스템 적용 모듈의 기능 및 테스트 결과

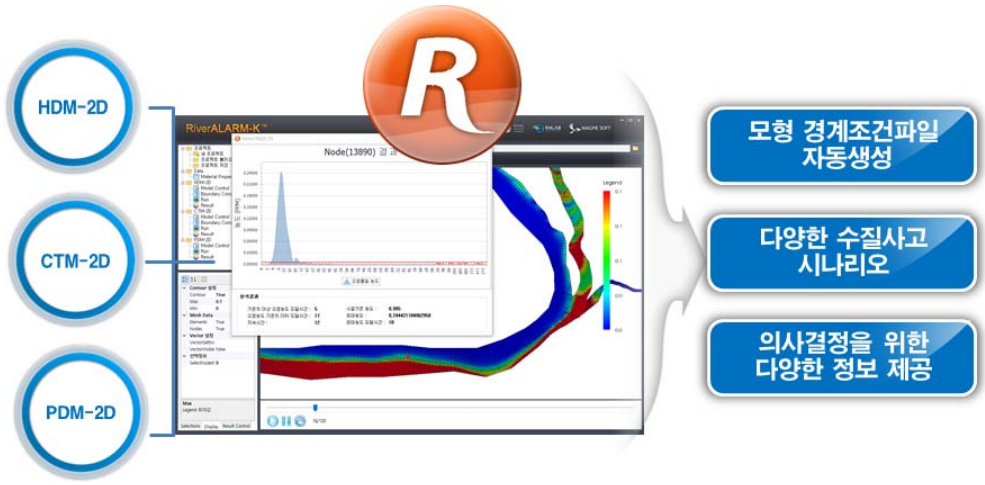
<하천예보시스템 테스트결과>

프로세스 단계				설명	테스트 결과
1	2	3	4		
ANN (Database Data 모드)	Select Variables		지점 별 항목 선택	항목별 기간 설정	OK
	Pre-Process	Lag TIme	학습기간 설정	학습 대상/입력변수에 대한 기간과 널값을 포함할지에 대한 설정	OK
		Null Value	널값 제외 선택		
	Selection	Target Variable	학습 항목 선택	학습대상/입력 대상에 대한 자료 구성비 설정과 정렬 방법 설정	OK
		Order by	정렬 선택		
		Rate	Trainning,Validation,Test 비율 설정		
	ANN	Artificial Neural Network	네트워크 구동 옵션 설정	네트워크 인스턴스/ 히든레이어 별 뉴런 개수 설정	OK
	Post-Process	Training DATA	학습데이터 입력자료 예측	앙상블 모의를 통한 학습,검증,테스트 오차율 검증	OK
		Validation DATA	검증데이터 입력자료 예측		
		Test DATA	테스트 데이터 입력자료 예측		
	Prediction	Run	Lag-TIme 별 데이터 입력	구성된 네트워크/ Lag-Time 개수만큼 데이터 입력시 예측값 도출	OK
ANN (User Data 모드)	Import Data Set	Trainging Input Data	데이터 입력	각가의 학습,검증,테스트 데이터를 입력	OK
		Trainging Target Data			
		Test Input Data			
		Test Target Data			
		Validation Input Data			
		Validation Target Data			
	Building & Run ANN Model	Artificial Neural Network	네트워크 구동 옵션 설정	네트워크 인스턴스/ 히든레이어 별 뉴런 개수 설정	OK
	Open ANN Model & Prediction	Run	Lag-TIme 별 데이터 입력	구성된 네트워크/ Lag-Time 개수만큼 데이터 입력시 예측값 도출	OK
HPG	Map Layer	Station	레이어 컨트롤	구성된 레이어 on/off 기능	OK
		Test River Chain			
		StreamLine			
		Base Map			
	Toolbar	Pan Mode	지도 이동	지도 이동 기능	OK
		Cursor Mode	커서 모드	커서 모드 기능	OK

프로세스 단계				설명	테스트 결과
1	2	3	4		
		Boundary Of Search	지점 정보 조회	지점 선택시 지점 정보 표출	OK
		Select A Point	유역 선택	선택 유역 GIS표출	OK
	Showing Graph		HPG 분석	날짜별 유량을 가져오거나 ANN의 예측 유량을 가져와 수위를 예측한다.	OK
RRI	구간/날짜 검색	예측지점	예측 지점 선택	DB에 저장된 지점들의 정보를 가져와 GIS표출	OK
		예측 날짜	예측 날짜 선택	예측 지점에 대한 예측 날짜를 설정한다.	OK
	입력데이터 추가	수질 항목별 데이터	데이터 입력	ANN에 예측한 수질 항목 데이터 로딩/ 사용자 입력	OK
	RRI 분석		RRI 산정	입력한 수질에 대한 친수활동 지수 산정	OK
LBS 기반 하천정보 제공 앱	용어설명	레크레이션지수		레크레이션 지수 설명	OK
		미세먼지		미세먼지 설명	OK
		자외선지수		자외선지수 설명	OK
	환경정보	레크레이션 지수		GIS 기반 RRI 정보	OK
		미세먼지		실시간 미세먼지 정보	OK
		자외선지수		실시간 자외선 지수 정보	OK
	기상정보	레이더영상		기상 레이더 영상 정보	OK
		날씨정보		접속지역 날씨 정보	OK

(2) 수질사고 경보 시스템 GUI 구축(RiverALARM-K)

(가) 시스템 개요



<RiverALARM-K 해석엔진>

○ 수질오염사고 발생시 오염된 수체의 도달시간 및 2차원 혼합거동을 제시

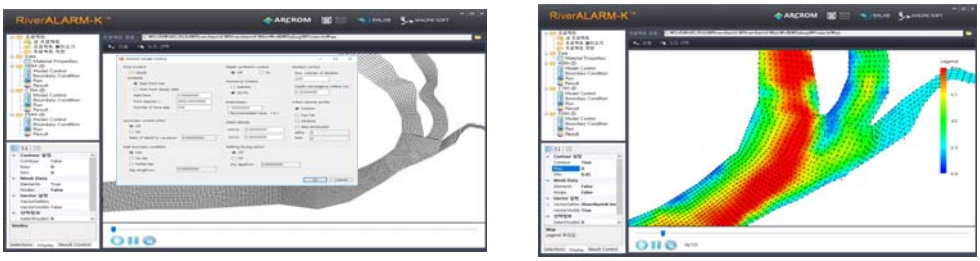
(나) 주요 기능

○ 전처리 기능

- GUI를 통한 해석엔진별(HDM-2D, CTM-2D, PTM-2D) 입력자료 표출 및 파일 제어
- 지형View를 통한 Node 및 NodeString 선택제어
- 해석엔진 수행시 입력자료 파일 자동생성 및 해석엔진 수행

○ 후처리 기능

- 해석엔진 모의결과파일(바이너리) 파싱 및 분석
- 흐름방향 결과 표출을 위한 Vector 모드, 농도 결과 표출을 위한 Contour 모드 지원
- Node별 결과 그래프 및 정보(시간-농도 곡선, 수질기준농도, 기준치 이상 오염농도 도달시간, 지속시간, 최대농도, 최대농도 도달시간) 제공
- 시간별 에니메이션 Play 및 해당 시간별 그래프 연동 표출
- PDM-2D 모의결과 시각화를 위한 결과파일-가시화프로그램(iRIC)연계



<RiverALARM-K GUI 화면>

(다) 사업화

○ 소프트웨어 출시회 개최



<소프트웨어 출시회>



<홍보 브러셔>

○ 프로그램 등록 및 GS 인증



<한국저작권협회 프로그램 등록 -4건>



<RiverALARM-K GS 인증서>

- GS 시험인증 기관 : 한국정보통신기술협회(TTA)
- 인증번호: 17-0156

(라) 수질사고 경보 시스템 기능 및 테스트 결과

<수질사고 경보 시스템 테스트결과>

프로세스 단계			설명	테스트 결과
1	2	3		
프로젝트	새프로젝트		모의기간 및 타입 설정	OK
Data	Material Properties		모형별 계수 입력	OK
HDM-2D	Model Control		모의종류 및 매개변수 설정	OK
	Boundary Condition		NodeString별 유량 및 수위 데이터 입력	OK
	Run		HDM-2D 모형 수행 및 모형 프로세스 종료 감지	OK
	Result	Vector	흐름방향 결과 표출	OK
		Contour	수심, 유속크기, 수위 표출	OK
CTM-2D	Model Control		모의종류 및 매개변수 설정	OK
	Boundary Condition		NodeString 및 Node별 수질 및 기상 데이터 입력	OK
	Run		CTM-2D 모형 수행 및 모형 프로세스 종료 감지	OK
	Result	Contour	모의결과 농도 표출	OK
		그래프	Node별 상세 시계열결과 표출	OK
PDM-2D	Model Control		모의종류 및 매개변수 설정	OK
	Run		PDM-2D 모형 수행 및 모형 프로세스 종료 감지	OK
	Result		결과파일 선택 및 가시화 프로그램(iRIC) 연동	OK

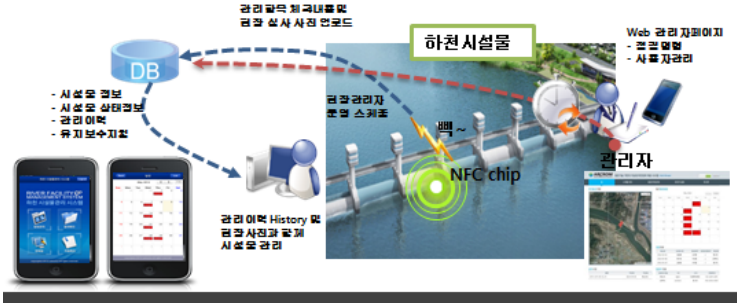
(3) Hydro Portal 구축

○ 수자원 컨텐츠를 제공하는 포탈 사이트
○ 웹서비스를 통한 시계열 자료 제공 및 검색 기능 제공
○ Hydro Portal를 K-Water로 이관하여 Smart River로 구현



<Hydro Portal 화면>

(4) NFC를 이용한 시설물 관리



<시스템 구성>

- NFC 기술을 적용하여 하천 시설물 관리자가 시설물을 관리
- 웹서비스로 연동된 실시간 DB기반 모바일 시스템
- 모바일 기기의 카메라 기능을 이용한 점검관리 관리정보의 신뢰성 및 실시간 상황전파 기능제공



<NFC를 이용한 하천 시설물 관리 모바일 시스템>

아. 2-6 세세부: 하천관리기술 검증을 위한 통합테스트베드 운영 관리

(1) 3차원 지형 현황조사

○ 통합테스트베드 운영을 통해 개별요소기술의 개발과정에서 요구되는 다양한 현장실측자료를 제공하고자 함

○ 하천지형자료는 하도내 흐름특성과 그에 따른 하상변동 특성을 구명하고 각종 수리시설물의 유지 및 관리방안을 도출하는데 필수적인 자료임

○ 따라서 통합테스트베드구간에 대한 정밀한 3차원 지형공간정보는 첨단기반 하천운영기술개발을 위한 기초자료로 활용될 수 있음

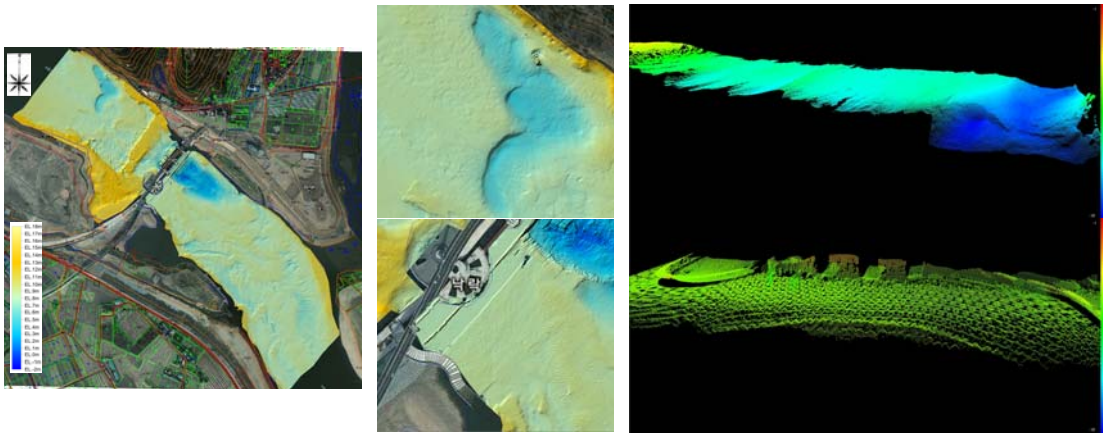
○ 통합테스트베드에 적용된 3차원지형공간정보 취득기법에 대한 중소규모 하천 적용 및 3차원 지형정보 취득

○ 물리적으로 접근이 불가능한 구간에 대한 소형 UAV를 활용한 3차원지형공간정보 취득

(가) 통합테스트베드 지형현황조사

○ Multi-Beam Echo Sounder(MBES)를 이용한 하도지형 측정

- 테스트베드 내에 위치한 수리구조물 상·하류에 대한 0.5 m 간격의 정밀 하도지형자료를 취득하여 하천관리를 위한 기초자료 제공 목적
- 강정고령보 상류 0.6 km, 하류 1 km 구간에 대한 수평격자해상도 0.5 m x 0.5 m 자료 취득(2013.6.26.~27)



< MBES를 이용한 3차원 하도지형 측정 결과 >

○ 통합테스트베드 구간 3차원 지형공간정보 취득

- 통합테스트베드 전체구간(강정고령보-달성보)에 대한 다차원 모의가 가능한 공간해상도를 가지는 지형정보취득 목적
- RTK-GPS(Real-Time Kinematic GPS)와 Total Station을 이용하여 홍수터측량 실시, Single-Beam Echo Sounder(SBES) 하도지형 측정
- 취득된 지형공간정보가 국가기준좌표체계와의 정합성을 확보하도록 좌표일치화 작업을 수행 및 하도측정과 홍수터측정 결과의 병합을 통한 통합테스트베드구간의 3차원 지형공간정보 구축
- 2013년, 2015년 2회에 걸쳐 하도와 홍수터의 지형공간정보 취득
- 개별요소기술의 개발에 활용될 수 있도록 1차원 모형의 입력자료 형태, DEM, CAD 등의 다양한 형식으로의 지형자료변환



<홍수터와 하도 측정결과 병합>



(a) 2013년 SBES와 MBES를 이용한 하도와 홍수터 병합

(b) 2015년 SBES를 이용한 하도와 홍수터 병합

<3차원 지형공간정보 취득>

(나) 중소규모 하천 적용 및 3차원 지형정보 취득

○ 통합테스트베드에 적용된 3차원지형공간정보 취득기법에 대한 중소규모 하천 적용 및 3차원 지형정보 취득을 위해 섬강 및 홍천강에 대한 3차원지형공간정보 취득



(a) 홍수터 (b) 하도 (c) 3차원지형

< 섬강 지형측량 >



(a) 홍수터 (b) 하도

(c) 3차원지형

<홍천강 지형측량>

(다) UAV를 활용한 3차원지형

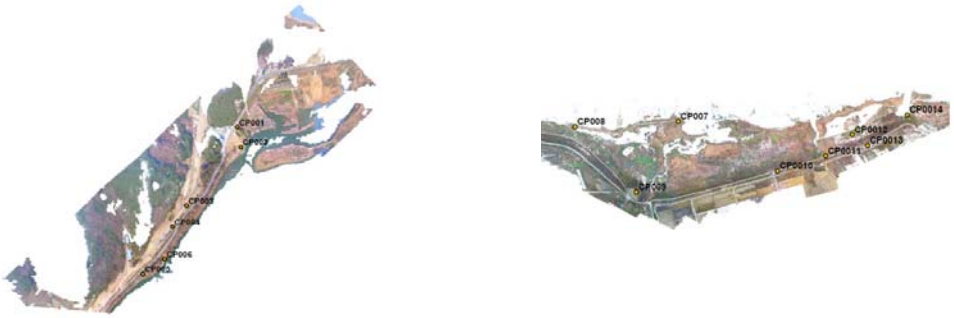
○ 통합테스트베드 3차원지형정보 취득 시 물리적으로 접근이 불가능한 구간(습지 및 경사하안 등)에 대한 소형 UAV를 활용한 3차원지형공간정보 취득

○ 소형 UAV를 이용해 취득한 공간정보와 Network-GPS를 이용한 직접성과와의 비교



(a) 위성사진 (b) 여름철 UAV측정결과 (c) 겨울철 UAV측정결과

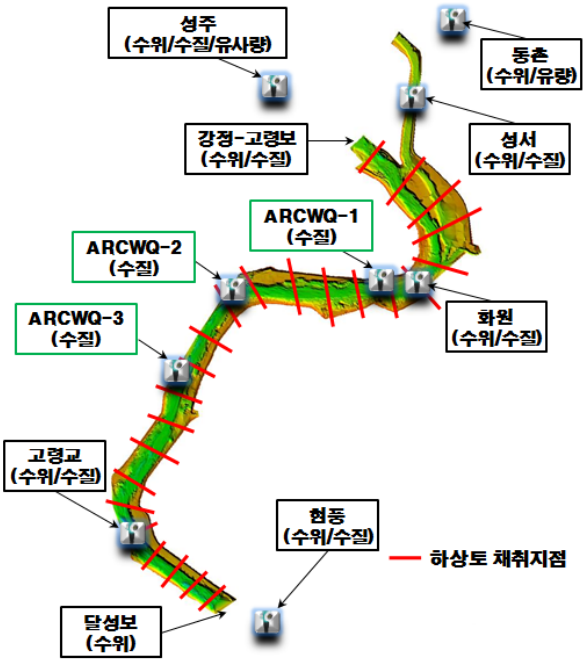
<계절별 UAV를 이용한 측정결과>



(a) 경사하안 (b) 습지

< 경사하안 및 습지에서의 UAV를 이용한 측정 결과 >

(2) 통합테스트베드 자료 구축



< 통합테스트베드 운영 모식도 >

(가) 수질 자료 취득

○ 연구단 주체의 통합테스트베드 운영 관리를 통한 연구단에서 개발된 요소기술 검증을 위한 수질자료의 누적취득 및 분석

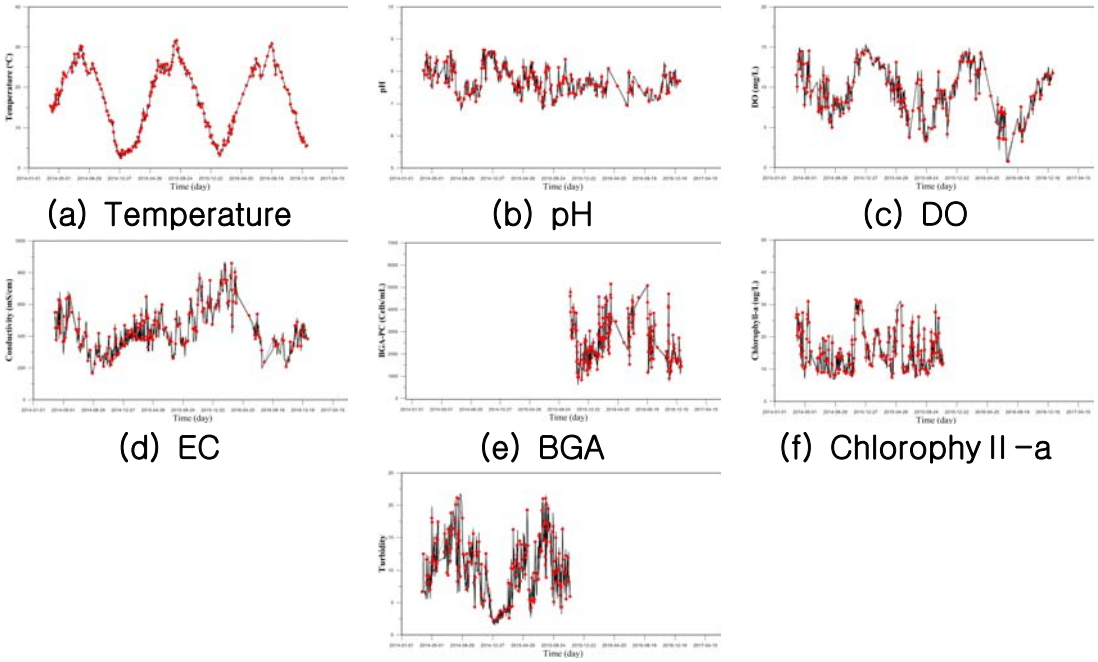
○ 고정식 간이수질측정소(3개소: ARCWQ-1,2,3)의 수질자료 취득

- 측정장비: YSI 6600EDS, YSI 6600V2
- 측정항목: 수온, pH, EC, DO, 클로로필-a, 탁도, BGA
- 측정주기: 5분, 보정 및 자료백업: 15일 간격

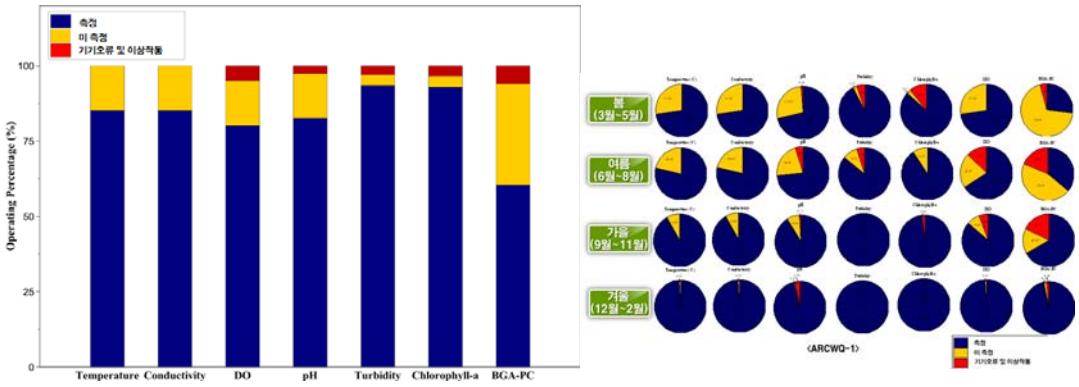
○ 고정식 간이수질측정소(3개소)에 대한 수질 자료의 운영효율 산정

- 환경부 운영 지침에 따른 수질자료의 이상치 제거 및 가동율 산정

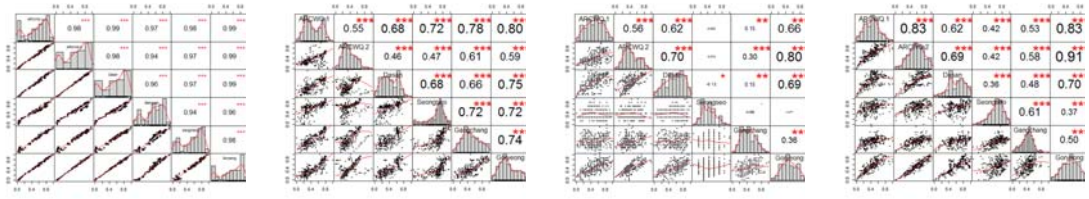
○ 기존 고정식 수질관측소와 신규수질관측소간의 수질인자간 상관성 비교 검토



< 신규 고정식수질측정시설 측정자료: ARCWQ-1 >



< ARECWQ-1:총 측정일수-1013일 평균 가동율-83% >



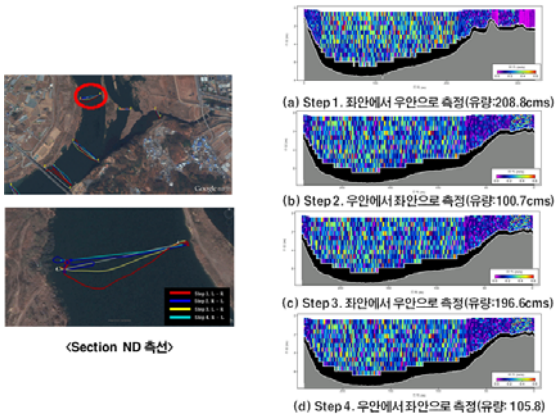
(a) Temperature (b) DO (c) pH (d) 클로로필-a

< 수질관측소간의 산관성 분석결과: ARCWQ-1 >

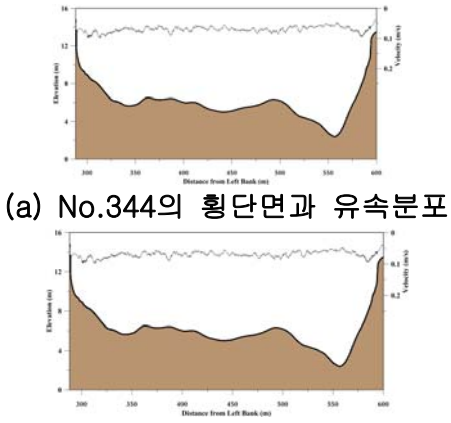
(나) 유속장 측정, 유량-유사량 관계 곡선식

○ 연구단 주체의 통합테스트베드 운영 관리를 통한 연구단에서 개발된 요소기술 검증을 위한 유속장자료 제공 목적

○ ADCP를 이용하여 통합테스트베드 구간 내 주요측선에 대한 유속/유량 자료 취득 (총 측선횟수: 252회)



< 유속 및 유량 측정 >



(a) No.344의 횡단면과 유속분포

(b) No.340의 횡단면과 유속분포

< 횡단면과 유속분포 결과 >

○ 통합테스트베드 운영 관리를 통해 연구단에서 개발하는 요소기술 검증을 위한 유사량 및 하상토 자료 취득

– 유사량 측정지점: 성주대교(성주수위관측소), 아양교(동촌수위관측소)

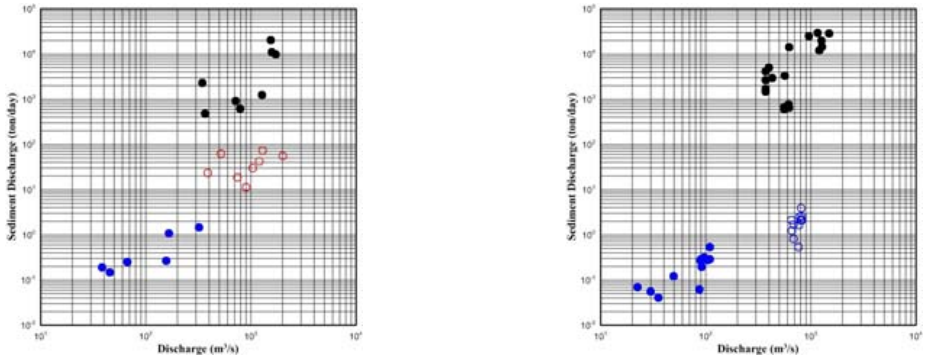
○ 측선별 입도분포 곡선 산정을 위한 하상토 자료 취득

– 하천기본계획 측선에 대해 하상토 입경분포 측정 및 분석

○ 하상토 채취 및 분석지점

– 강정고령보~달성보 구간 내 23개소(1 km간격)

– 측선별 3개 지점(하도 및 양안) 이상 시료채취 및 분석



(a) 성주 (b) 동촌

< 유량-유사량 측정결과 >



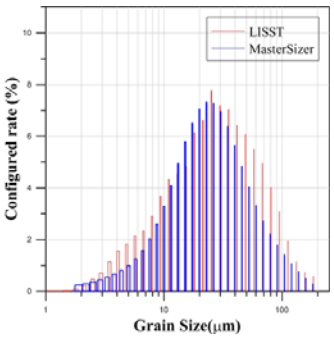
<하천기본계획 측선별 하상토 도분포곡선>

(다) 통합테스트베드 내 유사량 분포 측정을 위한 광학장비의 검증

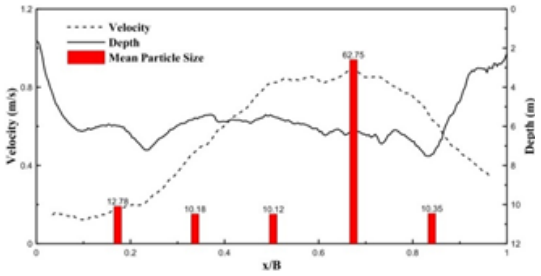
○ 통합테스트베드 구간 내 현장용 광학입도분석장치(LISST)를 이용한 부유사 측정을 수행하고 LISST에 연결된 튜브를 통해 채수된 시료에 대한분석 결과와의 비교

○ 광학입도분석장치(LISST)를 이용한 대상지점별 평균입자 자료취득

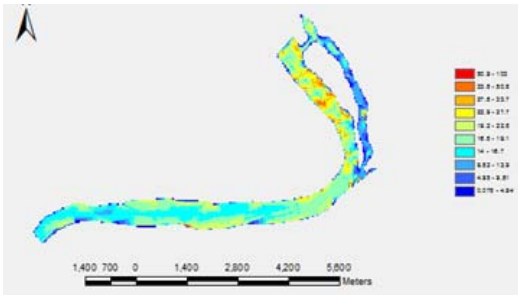
○ 낙동-금호강 합류부의 수표면 및 연직 부유사 수체혼합 자료 취득



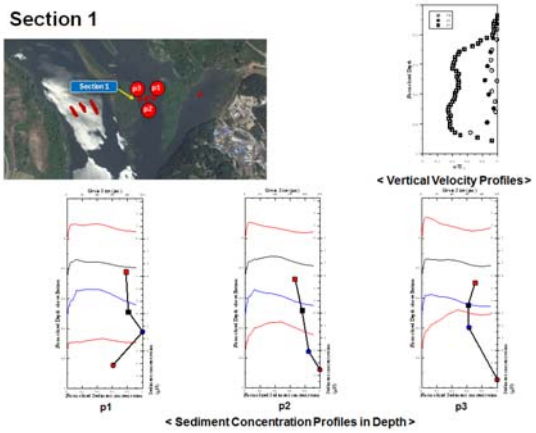
< LISST와 채수 측정결과비교>



< 평균입자 자료 >



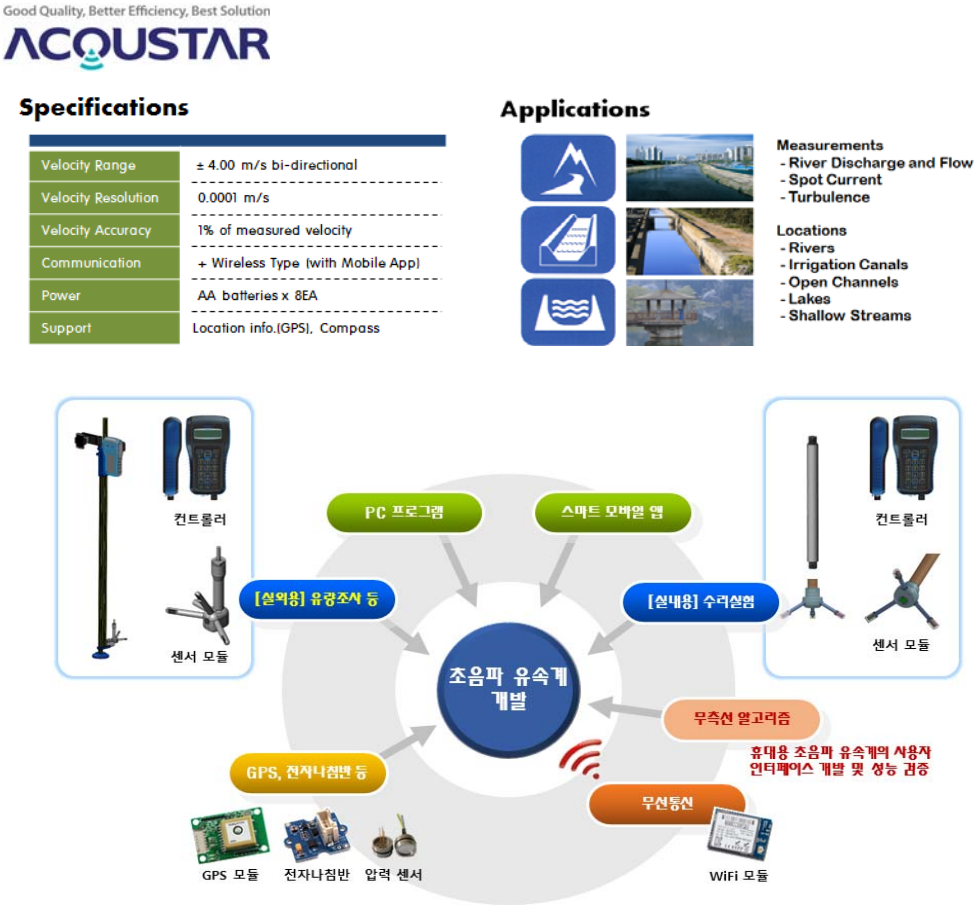
(a) 수표면 부유사 농도분포



(b) 연직 부유사 농도분포

<합류부 수체혼합 분석을 위한 LISST 측정결과>

자. 2-7 세세부: 실내외 겸용 휴대용 스마트 초음파 유속계 개발



<휴대용 초음파 유속계 개요>

○ 하천의 수리·수문학적 자료의 취득을 위한 계측기기는 현재 대부분 값비싼 외산에 의존하고 있는 실정임. 이러한 외산 계측기기는 유지보수 기간도 길고 비용도 고가라는 문제점을 가지고 있음. 이에 본 과제를 통해 수리·수문조사의 기본 계측장비인 휴대용 초음파 유속계를 개발하는 것을 목표로 함.

(1) 센서 및 컨트롤러 설계 및 제작

(가) 초음파 도플러 유속계 자료 조사

○ 유속계 제품 및 특성 조사

- 해외기업의 초음파 도플러 유속계 제품 현황조사
- 현장용, 시험실용, 해양용으로 구분하여 제품출시
- 미국의 SonTek, 노르웨이 Nortek사가 대표적인 유속계 출시
- 컨셉 설계

○ 휴대용 초음파 도플러 유속계 목표규격

초음파 유속계 목표 성능			
항목	기존 기술 (해외)	목표 성능	비고
유속 측정 범위	± 4.00 m/s	± 4.00 m/s	동등 수준
유속 분해능	0.01 cm/s	0.01 cm/s	동등 수준
전원	건전지	건전지	동일함
통신	유선	유선, 무선	+ 무선통신 (WiFi)
소프트웨어	PC 프로그램	PC 프로그램, 모바일 앱	+ 모바일 앱
GPS 데이터 연계	기능 없음	지원	+ GPS 모듈
기구물	일부 모델 도섭봉 지원	도섭봉 및 센서 고정기구	경량화

○ 휴대용 초음파 도플러 유속계 제품형태



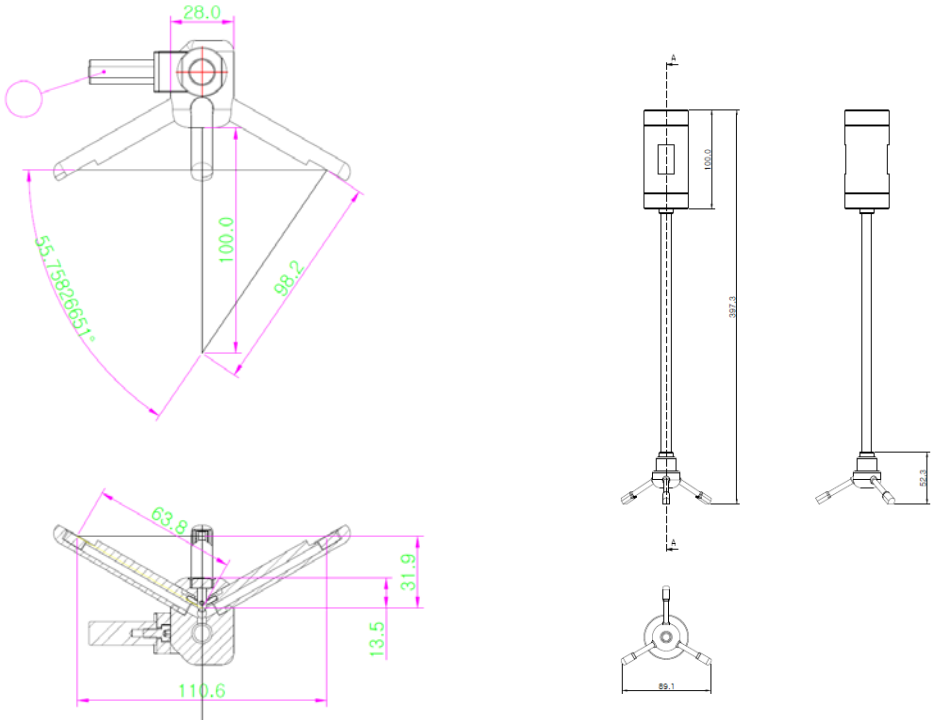
a) 실외형 b)실내형

<초음파 유속계>

○ 유속 센서

– Acoustar의 실내형 유속센서는 Nortek사의 59%, Sontek사의 132% 수준

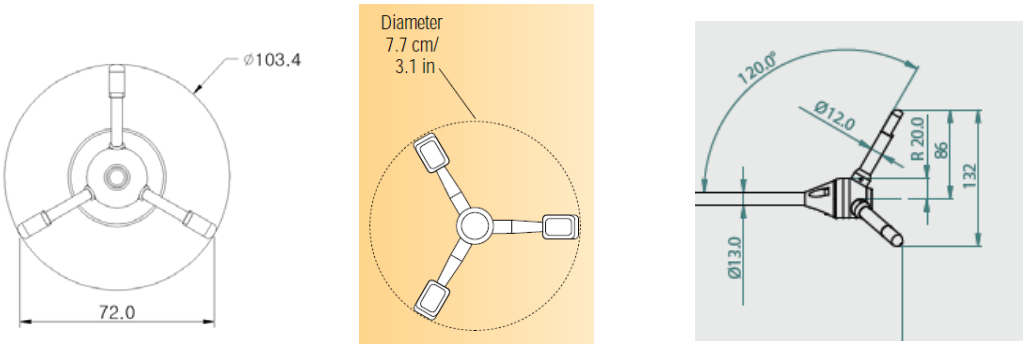
– 향후 Sontek사 유속센서와 같은 크기의 센서 개발 추진



a) 실외형 센서 b) 실내형 센서

<초음파 유속 센서>

	ISTEC	Sontek	Nortek
Diameter	102mm	77mm	172mm

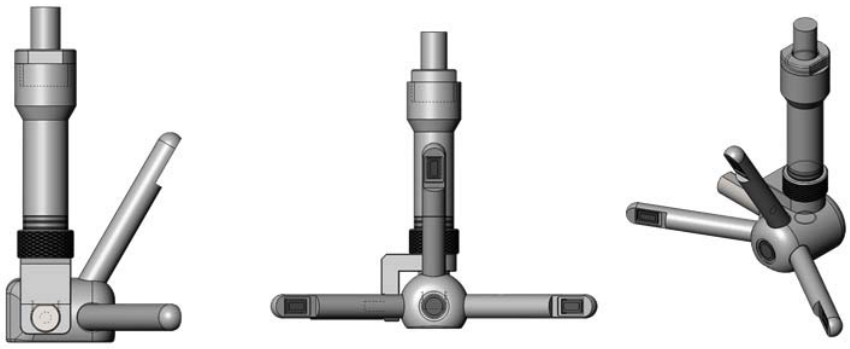


a) Acoustar b)SonTek ADV c)Nortek Vector

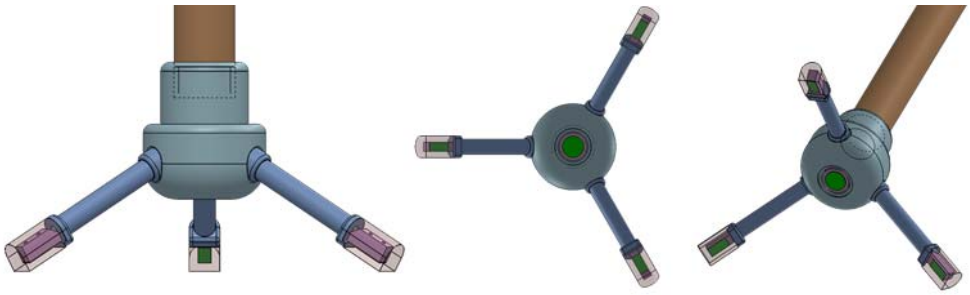
<실내형 초음파 유속 센서 비교>

(나) 설계 및 디자인

○ 센서 모듈 모델링 및 형상설계

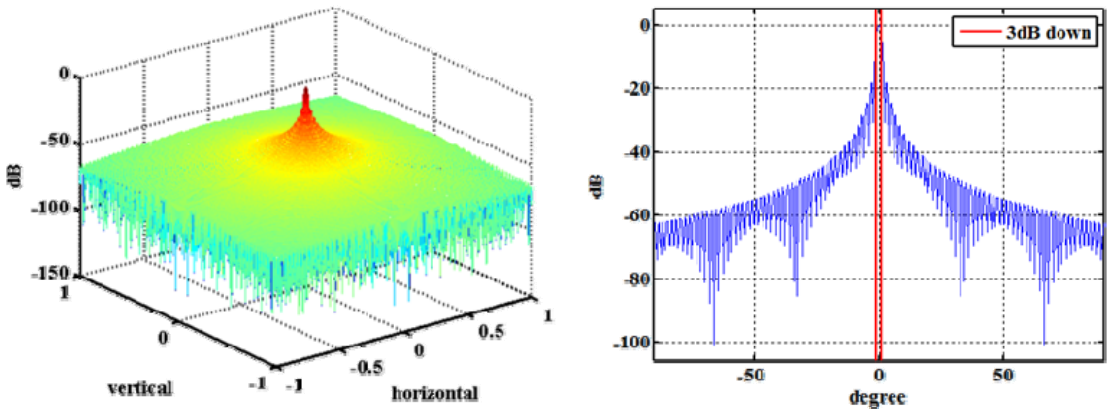


<실외용 센서>



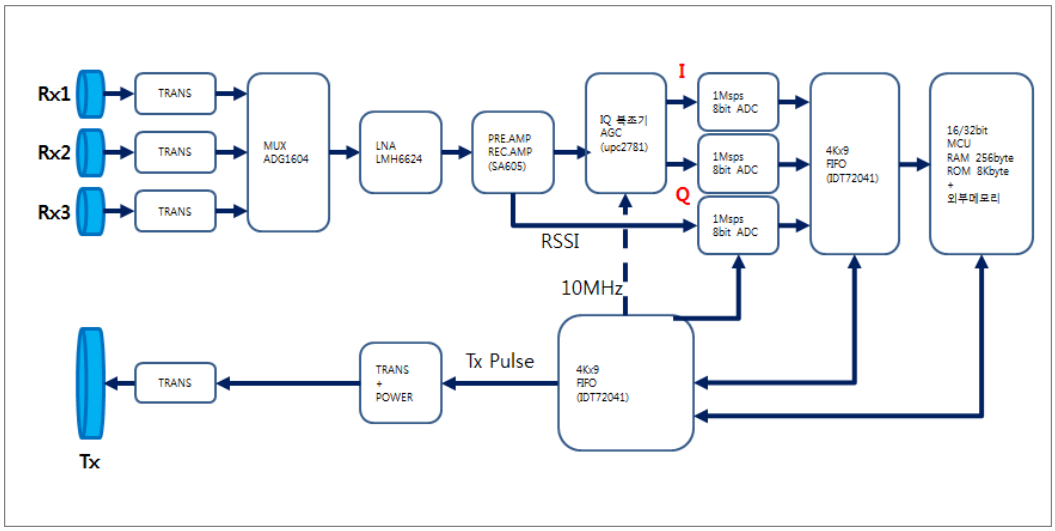
<실내용 센서>

○ 초음파 센서 음장 해석



<송신 빔 패턴을 고려한 음장 해석>

○ 센서 구동 및 신호처리 회로 개념설계



<센서 구동 및 신호처리 회로 개념설계>

(다) 제작 및 시험

○ 초음파 센서 모듈 제작

- 초음파 센서 모듈 설계 및 제작 : 실외형, 실내형
- 센서 모델링 기반의 구조설계
- 센서 및 케이블에 대한 센서 수밀 구조 적용 및 시험
- 센서 하우징, 내부 구조 변경을 통한 송수신 감도 개선
- 초음파 센서 빔각 정렬을 통한 특성 개선



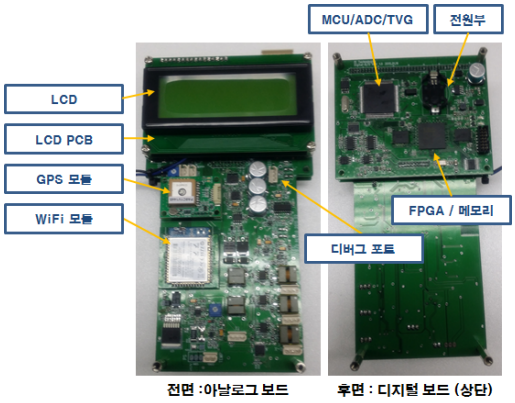
<초음파 센서 모듈 설계-모델링-제작품>

○ 하드웨어 제작

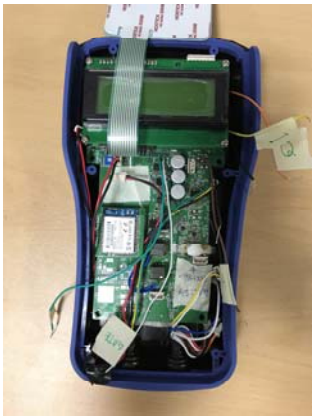
- 키패드와 디스플레이 화면 등의 디자인 설계
- PCB 패턴 최적화 설계를 통한 노이즈 저감
- 초음파 센서 매칭 최적화, 아나로그 회로 개발



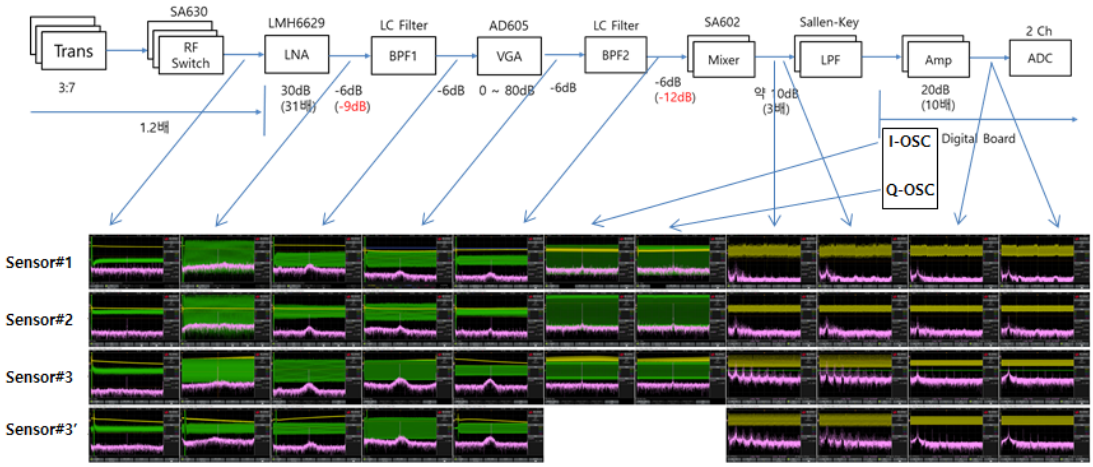
<컨트롤러 보드 제작품>



<컨트롤러 보드 제작품>



<컨트롤러>

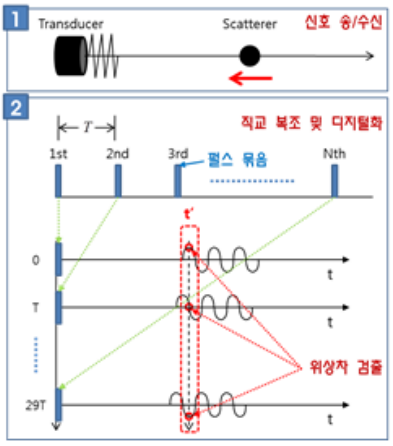


<회로 특성 확인>

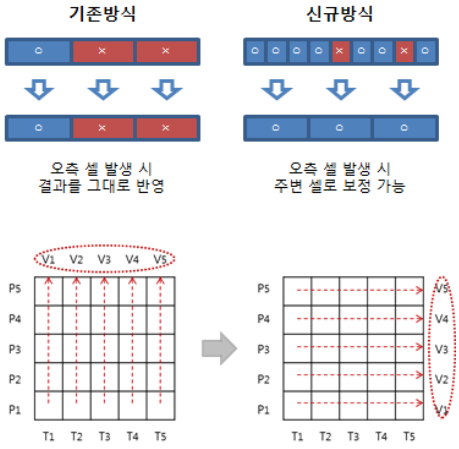
○ 알고리즘 구현 및 아나로그 특성 개선

- 도플러 유속측정 알고리즘 설계 및 구현
- 오측 보상 알고리즘 적용
- 시간추적방식 알고리즘 적용
- 아나로그 스위치, VGA, 필터 특성 확인 및 시험
- 아나로그 보드 보완 설계 및 제작





<메뉴구성 및 유속측정 알고리즘>



<오측 보상 알고리즘>

○ 기구 제작

- 키패드와 디스플레이 화면 등의 디자인 설계
- 도섭봉, 센서 고정 마운트, 컨트롤러 마운트, 장비 가방, 기타 부속품
- 조립/분해 용이한 구조 설계/제작
- 컨트롤러 착탈이 용이한 구조



<회로 및 컨트롤러 케이스>



<도섭봉 제작품>

(2) 모바일 앱/PC 프로그램 개발

(가) 모바일 앱

○ 스마트 앱 제작/설계

- 스마트 앱 UI 설계 : 유속, SNR, 측정시간 등
- WiFi기반 실시간 모니터링이 가능하도록 화면 구성
-

◎ WiFi연동 기반 앱 개발 및 연동시험
-> 컨트롤러와 WiFi를 통해 접속하고 데이터 처리
-> 데이터 확인

◎ 실시간 데이터 처리
-> 유량, SNR, 수심, 측정위치, 수온, 염도 시계열 누적 그래프 표시





프로토콜

앱 화면 예시

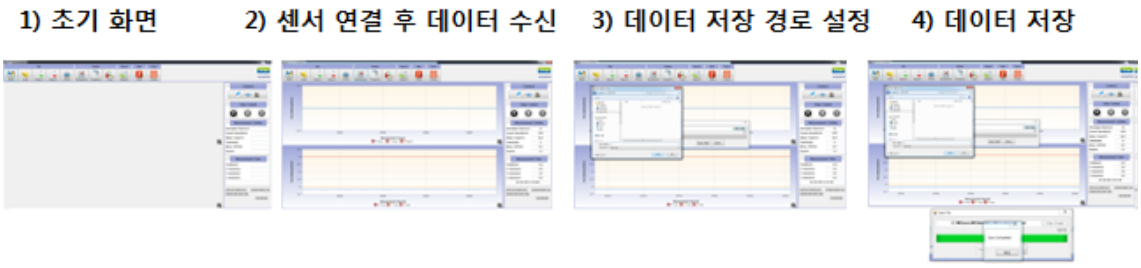


<앱 화면 예시>

(나) PC 프로그램

○ PC 프로그램 제작/설계

- PC 프로그램 UI 설계 : 유속, SNR, 측정시간 등
- 데이터 활용을 위한 후처리 기능과 데이터 로깅 기능 포함
- 시험운용, 보완



<PC 프로그램 구성도>

(3) 수조시험 및 현장시험

(가) 초음파 유속센서

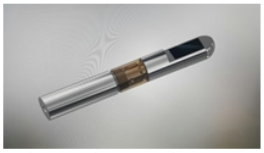
○ 초음파 유속센서 특성시험

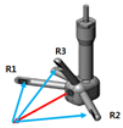
– 초음파 유속센서의 빔각정렬에 따른 특성 분석시험

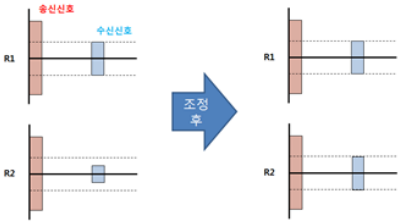
◎ 육안 정렬로 센서를 고정한 경우 초음파 빔이 포커싱 되지 않음을 확인
-> 10HMz 초음파 신호로 빔각이 약 1도 내외로 샤프하게 형성되어 각도에 민감함을 확인
-> 과년도 기구적 정렬은 센서 내부 압전체의 음향학적인 정렬을 보장하지 않음을 확인
=> 기 제작된 센서에서 수신신호 특성이 불균일 했던 원인으로 추정됨

◎ 빔각 정렬 결과
-> 송수신감도가 최대가 되도록 조정
=> 육안 정렬 대비 송수신감도 감도 향상
-> 최대감도각도와 임의각도에 대한 수신 파형 분석
=> 아나로그 파형의 차이 분석

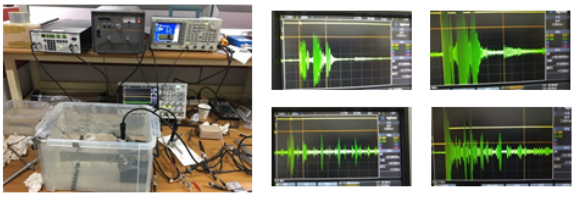








구분		송신	수신1(R1)	수신2(R2)	수신3(R3)	송수신감도
수신각 고정 센서		10Vpp	30mV	측정불가	30mV	-130db
수신각 조정센서	육안 정렬	10Vpp	35mV	50mV	20mV	-127db ~ -130db
	최대수신 정렬	10Vpp	120mV	105mV	110mV	-124db



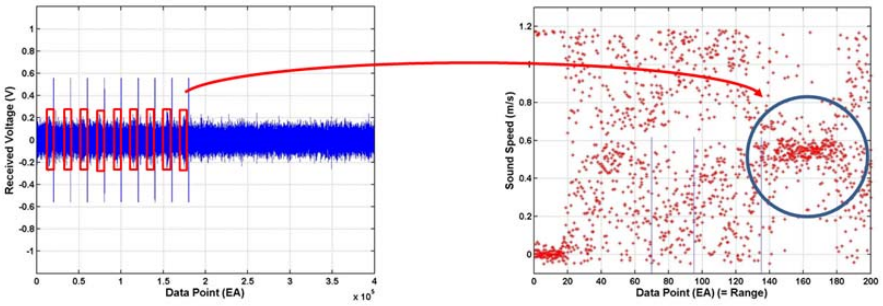
<초음파 센서 시험>

(나) 유속측정 시험

○ 초음파 유속센서 특성시험

– 수조에서 아나로그 신호를 DAQ장치와 Matlab을 이용해서 신호 분석





수신신호 신호처리 후

<신호처리 시험>

○ 회류수조시험

– 시험장소 : 한국건설기술연구원 회류수조, 아이에스테크놀로지 수조

– 센서타입 및 시제에 따른 시험

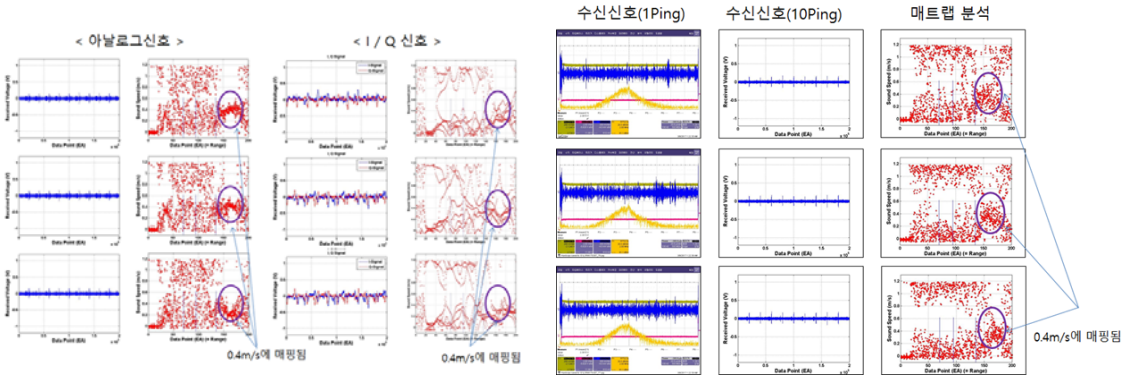
– 아나로그와 디지털단의 순차적으로 검증

– 유속 단계별 신호 분석 및 유속 매핑 알고리즘 개발

– 반복적인 유속측정 시험

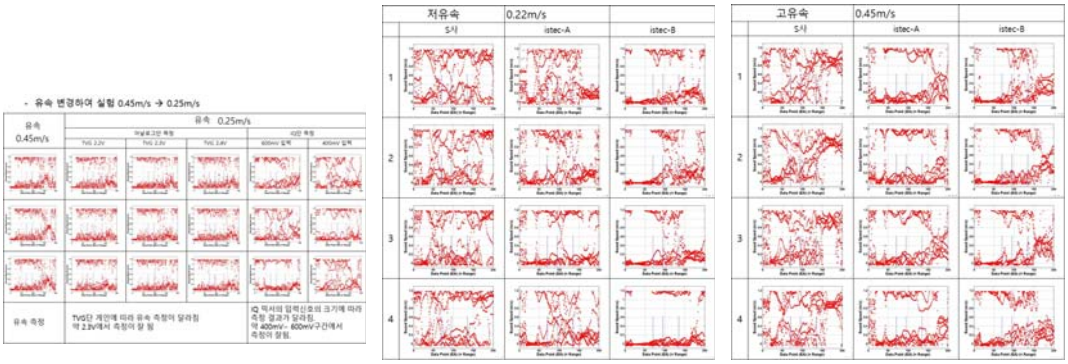


<유속측정 시험>



<IQ분리 전후 유속측정 시험>

– 0.22, 0.45m/s 유속에 대한 신호처리시 유속에 매핑됨을 확인



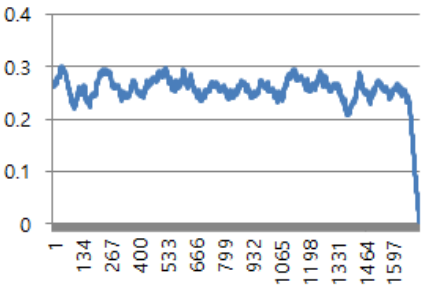
<유속 측정시험>

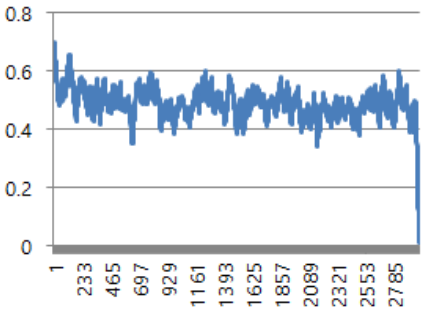
○ 대차수조시험

- 시험장소 : 한국건설기술연구원 대차검정 수조
- 0.2, 0.4m/s 유속에 대한 대차 수조 시험 및 분석
- 유속에 안정적으로 매핑됨(0.05 m/s 옵셋)





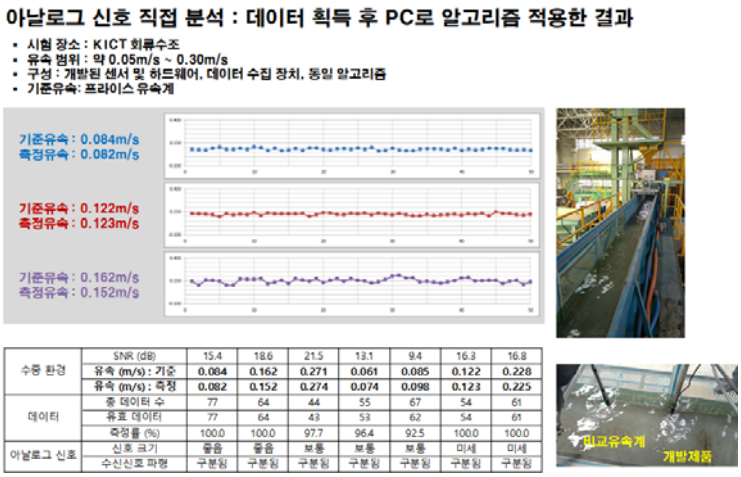




<유속 0.20m/s 출력> <유속 0.40m/s 출력>

○ 회류수조 저유속 검증시험

- 시험장소 : 한국건설기술연구원 회류수조
- 0.08, 0.12, 0.16 m/s 유속에 대한 초음파 센서 시험



수중 환경	SNR (dB)	15.4	18.6	21.5	13.1	9.4	16.3	16.8
	유속 (m/s) : 기준	0.084	0.162	0.271	0.061	0.085	0.122	0.228
	유속 (m/s) : 측정	0.082	0.152	0.274	0.074	0.098	0.123	0.225
데이터	총 데이터 수	77	64	44	55	67	54	61
	유효 데이터	77	64	43	53	62	54	61
	측정률 (%)	100.0	100.0	97.7	96.4	92.5	100.0	100.0
아날로그 신호	신호 크기	좋음	좋음	보통	보통	보통	미세	미세
	수신신호 파형	구분됨	구분됨	구분됨	구분됨	구분됨	구분됨	구분됨

<저유속 측정시험>

○ 유속측정 정확도 검증시험 – 현장시험

– 대상구간 : 섬강(남한강 제1지류), 합류지점으로부터 약 20km 상류

– 상세주소 : 강원도 원주시 지정면 월송이 1142

유속측정 정확도 비교검증																															
																		기관				아이에스테크놀로지㈜									
																		지점명				섬강									
ACOUSTAR, Swoffer 2100, FlowTracker																		측정위치				야래장조									
																		구분				야전									
관측일시			2015년 04월 28일																												
시간		시작시각	1차 12 : 20 경 2차 13 : 30 경			종료시각	1차 13 : 00 경 2차 16 : 30 경																								
측자수위		시작수위	-			종료수위	-																								
측정자 / 측정방법		신 이 루, 이 재 명				도섭법 (2자 : 1점법, 0.6d)																									
날씨 / 바람		맑음 (구름 조금)				약함																									
측정위치		측정기기	측정 1				측정 2				측정 3				측정 4				측정 5												
구간	수심	측정수심		Vx	Vy	Vz	측정시간	Vx	Vy	Vz	측정시간	Vx	Vy	Vz	측정시간	Vx	Vy	Vz	측정시간	Vx	Vy	Vz	측정시간	Vx	Vy	Vz	측정시간	Vx	Vy	Vz	측정시간
1차 (좌안 1브라)	0.36	0.18	Swoffer	min 0.35	avg 0.40	max 0.43	6 sec	min 0.40	avg 0.41	max 0.47	6 sec	min 0.39	avg 0.43	max 0.48	6 sec																
			Flow Tracker	0.370	-0.048	σ 0.017 41.7 dB	30 sec	0.402	-0.028	σ 0.008 40.5 dB	30 sec	0.423	-0.038	σ 0.010 40.2 dB	30 sec																
			Acoustar	0.082	0.022	0.006	30 sec	0.076	0.020	0.006	30 sec	0.088	0.029	0.002	30 sec	0.088	0.029	0.005	30 sec												
			"	0.122	0.047	0.010	30 sec	0.119	0.054	0.012	30 sec																				
2차 (좌 1브라) 좌안 4m	0.30	0.18	Swoffer		avg 0.33		30 sec		avg 0.33		30 sec		avg 0.34		30 sec																
			Acoustar	0.359	-0.008	0.009	data 1	0.392	-0.014	0.007	data 2	0.343	0.000	0.007	data 3	0.031	0.005	0.006	data 4	수락 : 윈드 쉴드 장착 다중			data 5								
			"	0.381	-0.007	0.016	data 1	0.383	-0.006	0.007	data 2	0.388	-0.016	0.006	data 3	0.357	-0.006	0.007	data 4	0.352	0.004	0.008	data 5								
2차 (좌 1브라) 좌안 6m	0.38	0.23	Swoffer		avg 0.32		30 sec		avg 0.37		30 sec		avg 0.31		30 sec		avg 0.27		30 sec												
			Acoustar	0.501	-0.025	0.021	data 1	0.375	-0.020	0.010	data 2	0.384	-0.015	0.009	data 3	0.386	-0.016	0.010	data 4	0.366	-0.003	0.007	data 5								
			"	0.378	-0.008	0.009	data 1	0.365	-0.008	0.009	data 2	0.382	-0.014	0.009	data 3	0.372	-0.011	0.009	data 4	0.279	0.006	0.008	data 5								
2차 (좌 1브라) 좌안 8m	0.40	0.24	Swoffer		avg 0.54		30 sec		avg 0.70		30 sec		avg 0.67		30 sec		avg 0.61		30 sec		avg 0.71		30 sec								
			Acoustar	0.581	-0.025	0.003	data 1	0.589	-0.017	0.004	data 2	0.563	-0.013	0.003	data 3	0.583	-0.025	0.017	data 4	0.470	-0.015	0.009	data 5								
			"	0.556	-0.012	0.001	data 1	0.575	-0.021	0.009	data 2	0.585	-0.280	0.011	data 3	0.375	-0.024	0.018	data 4	0.493	-0.038	0.043	data 5								
2차 (좌 1브라) 좌안 10m	0.58	0.35	Swoffer		avg 0.55		30 sec		avg 0.49		30 sec		avg 0.51		30 sec		avg 0.53		30 sec		avg 0.45		30 sec								
			Acoustar	0.477	-0.019	0.008	data 1	0.363	-0.009	0.001	data 2	0.448	0.003	0.009	data 3	0.473	-0.021	0.009	data 4	0.457	-0.004	0.009	data 5								
			"	0.356	0.001	0.008	data 1	0.365	-0.017	0.007	data 2	0.462	0.006	0.007	data 3																

<시험결과(야장)>



<현장시험 사진>

○ 공인기관 시험성적서

– 시험장소 : 한국건설기술연구원 유속계 검정 시험장

– 0.15 ~ 0.6 m/s 유속에 대한 0.05m/s 단위의 유속 검정 결과

시험성적서

KICT 한국건설기술연구원

경기도 고양시 일산서구 고양대로 283번지
Tel: 031-910-0669 Fax: 031-910-0478

성적서 번호 :
KICT-R-K-2017-01373-1

쪽 (1) / 총 (2)

시험성적서 TEST CERTIFICATE KICT

시점확인 진본 2017.08.10 14:55:14 KICT 정부시점확인센터

1. 의뢰자
   - 기 관 명 : 아이에스테크놀로지(주)
   - 주 소 : 인천광역시 연수구 벤처로100번길 21, 아이에스테크놀로지(주)(송도동)
2. 시험대상품목(또는 시료명) : Acoustar
3. 시험기간 : 2017년 08월 08일 ~ 2017년 08월 08일
4. 시험방법 : 수문조사업무규정
5. 시험환경
   - 수온 : 22.7 ℃ - 장소 : 유속계검정장
6. 시험결과 : y = 1.1568x - 0.0578(y : 실제유속, x : 유속계의 유속)

측정번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
기준유속(m/sec)	0.151	0.202	0.254	0.303	0.355	0.405	0.456	0.507	0.557	0.608
측정유속(m/sec)	0.178	0.224	0.270	0.316	0.359	0.399	0.445	0.488	0.525	0.579

※ 이 시험결과는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에만 한정됩니다.

확인	작성자	승인자
	성 명 : 엄 중 현 (서명)	성 명 : 정 상 화 (서명)

2017년 08월 10일

한국건설기술연구원장

<F-QP-05-05-1/2> 한국건설기술연구원

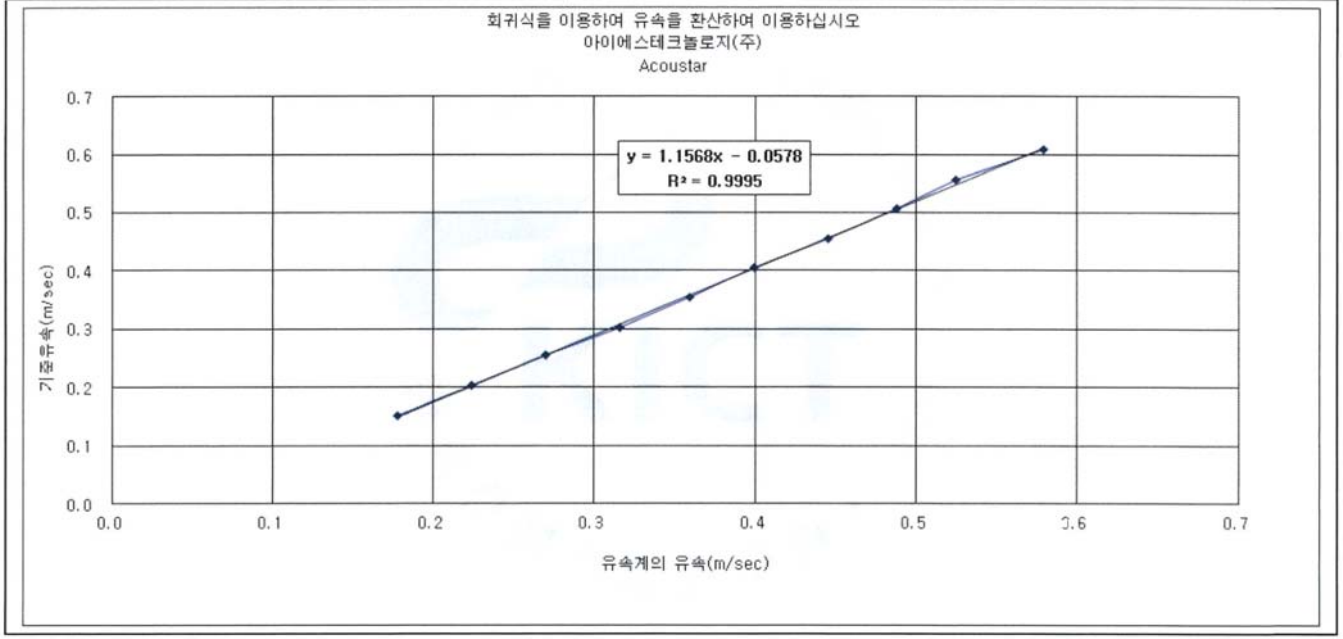
G4B(www.g4b.go.kr)진위확인코드 : 6g07jdBuEsk=

KICT 한국건설기술연구원
경기도 고양시 일산서구 고양대로 283번지
Tel: 031-910-0669 Fax: 031-910-0478

성적서 번호 :
KICT-R-K-2017-01373-1

쪽 (2) / 총 (2)

시험성적서



<F-QP-05-05-2/2>

한국건설기술연구원

G4B(www.g4b.go.kr)검수확인코드 : 6g07dBuEsk=

(4) 초음파 유속계 실용화과정 간 애로 사항

(가) 실용화 개발 기간의 한계

○ 실용화를 위한 유속측정범위 및 특성 안정화 기간 부족

- 실용화를 위해서는 충분한 현장적용시험 및 보완이 요구되지만 연구기간의 제약으로 인해 검증 및 보와의 한계를 가짐

(나) 초음파 도플러 유속측정 게발 및 시험환경

○ 유속측정 시험 환경 제약

- 건기연 회류수조를 이용함으로 해서 시험횟수나 시간에 한계를 가짐
- 자체 수조를 확보하여 기초적인시험 수행하였으나 소형이여서 한계를 가짐
-

(다) 초음파 도플러 유속측정 관련자료 부족

○ 도플러 초음파 유속측정 기술 관련자료 미흡

- 초음파 유속측정 기술자료가 많지 않아 기술개발에 어려움이 있었음
- 초음파 관련기술은 주로 의료 및 방산용에 치중되어 있음

차. 2-8 세세부: 휴대용 표면영상유속계 시스템 개발

○ 표면영상유속계는 홍수나 고속류와 같이 직접 측정이 어려운 하천 상황에서 하천의 표면유속을 간편하게 측정할 수 있는 장비임. 다만, 기존 방식처럼 캠코더를 이용할 경우 참조점을 측량해야 하는 어려움이 있음. 본 연구는 스마트폰에 내장된 고해상도 카메라 및 경사계를 활용하여, 참조점이 필요없이 실시간으로 간편하게 하천의 표면유속을 측정할 수 있는 휴대용 표면영상유속계 시스템을 개발하는 것임.

(1) 선행연구사례조사

(가) 국내외 영상유속계 관련 연구 동향을 분석

○ 표면영상유속계에 직접적으로 영향을 미친 입자영상유속계(PIV, Particle Image Velocimetry)의 관련 연구 동향 분석

○ 연구 계획 단계에서 분석된 표면 영상 유속계의 연구 동향을 개략적으로 살펴보면 다음과 같음.

<표면 영상 유속계 선행연구>

연도	연구자	내용
1984	일본의 기노시타(木下)	항공사진을 이용한 홍수 흐름 해석. 카메론 효과 이용.
1995	일본의 아야(綾)와 후지타(藤田)	캠코더 영상 이용. 참조점의 사영변환에 의한 영상 왜곡 보정 기술 도입
1997	Ettema 등	LSPIV 명칭 도입. 대형 수리 실험에 표면영상 유속계 적용
2002	후지타(藤田) 등:	ITV 시설의 카메라를 이용한 고정식 표면영상유속계 시도
2003	이시카와(石川) 등	optical flow 법에 의한 표면영상유속계
2004	윤병만 등	국내 표면영상유속계 연구 시작. 실험실과 하천 적용
2010	김서준 등	고정식 표면영상유속계 적용 사례
2010	Dramais 등	프랑스 등 유럽의 LSPIV 연구 다수 등장

(나) 국내 스마트폰 응용 관련 연구 동향 분석

○ 영상 처리에 관련된 국내 스마트폰 응용 연구의 동향을 분석

○ 본 연구에 직접 관련된 연구는 없는 것으로 보임

(2) 휴대용 표면영상유속계의 성능 설정

(가) 휴대용 표면영상유속계의 성능 설정

○ 계측 속도 범위: 최소 유속은 0.03 m/s 내외. 최대 유속은 이론적으로 제한이 없으나 실용적인 면에서 약 10.0 m/s 정도. 초음파 유속계는 평갈수시, 영상유속계는 홍수시 측정을 위한 것이므로, 최소 유속보다 최대 유속에 중점을 두고 개발하는 것임.

○ 속도 분해능: 0.01 m/s

○ 측정 빈도: 10초당 1회 측정

○ 정확도: ±5 %

○ 통신: 유무선 통신 지원

○ 소프트웨어: 스마트폰 앱, PC 또는 태블릿 PC 프로그램

○ 하드웨어: 스마트폰, 노트북 PC 또는 태블릿 PC

○ 부속품: 거치대, 조명

○ 기타: 예약 측정 기능. 영상유속계끼리 연계 기능

(나) 휴대용 표면영상유속계 시스템의 필요 사양 설정

○ 하드웨어

- 대상으로 하는 스마트폰의 하드웨어는 Galaxy S3 급(32nm 공정 엑시노스 1.4GHz 쿼드코어 프로세서) 이상
- 스마트폰 카메라: 현재 일반적인 스마트폰 카메라는 영상 분석에 충분한 해상도(기본으로 640×480 화소)를 지니고 있음
- 스마트폰 경사계: 통상 스마트폰의 경사계는 ±0.1° 내외의 오차를 지니고 있으나, 본 연구 분석에서는 그보다 낮은 정확도(±1° 내외)로도 충분함
- 분석을 위한 CPU는 현재 필요한 영상 정보를 수 초 이내에 완료할 수 있을 정도임

○ 소프트웨어

- 스마트폰 OS: Android 4.3 이상. 추후 스마트폰 OS의 발달에 따라 프로그램의 실행 환경이 바뀔 것을 예상하고 이에 대비할 것임
- 개발환경: PC에 Eclipse 4.4 (Luna)를 설치하고 개발



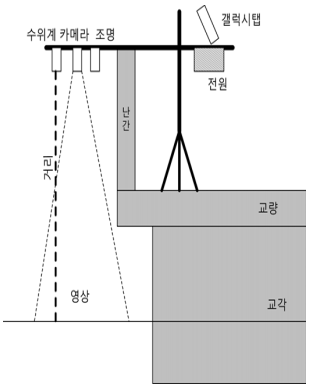
<스마트폰 영상유속계에 의한 유속 산정개요도>

(다) 측정 보조장치의 필요 사양 설정

○ 거치대: 교량 위에서 스마트폰을 일정 시간 고정함. 스마트폰의 경사를 미세 조정할 수 있는 짐벌(gymbal)을 장착

○ 조명: 야간 촬영시 하천의 일정 범위를 조광할 수 있는 LED 등 다수. 반사광에 의해 영상의 품질이 저하되지 않도록 조광 각도를 적절히 선정할 필요 있음

○ 배터리: 야간 측정을 위한 조명 및 장시간 측정을 위한 스마트폰 충전을 위해 대용량 충전용 배터리를 내장



<측정 보조 시스템 개요도>



<현장 측정용 거치대 개발>



<야간 측정용 거치대 개발>

(라) 측정 대상하천의 범위 설정

○ 단일 표면영상유속계: 하폭 20 m 이내. 수심 0.2 m 이상.

○ 다중 표면영상유속계 시스템: 하폭 제한 없음. 수심 0.2 m 이상.

(3) 스마트폰 영상 유속계 개발

(가) 안드로이드 기반 영상 분석 프로그램 개발

○ 영상 취득:

- 스마트폰의 카메라에 프리뷰 기능 장착.
- 경사계로 촬영 영상의 방위각, 전후각, 좌우각을 기록.
- 동영상은 640×480 화소의 30 FPS의 NTSC 표준영상으로 녹화.
- 영상은 미리 설정된 시각(예약 녹화)에 설정된 시간(10초 이내. 현재는 5초로 설정)로 녹화됨

○ 영상 분석

- 녹화된 영상을 시공간 영상 분석법(Spatio-Temporal Image Analysis)의 일종인 CASTI(Correlation Analysis of Spatio-Temporal Image)로 영상내 변위 분석.
- CASTI는 연구 책임자가 특허 등록한 시공간 영상 변위 분석 기법임.



<스마트폰 영상 유속계 녹화 장면>

○ 기존의 특허와의 차별성

- 개발할 표면영상유속계의 영상 취득 방법 및 분석 방법은 기존의 특허와는 현저하게 다름.
- 기존 특허는 캠코더로 영상을 취득하여 PC에서 분석하는 데 반하여, 개발하려는 연구 성과는 스마트폰에서 영상 취득과 분석을 일관 처리함.
- 참조점을 필요로 하지 않는 무참조점 알고리즘을 이용함.
- 소프트웨어 2건 등록

○ 무참조점 알고리즘 개발

- 스마트폰으로 측정된 전후각과 좌우각, 외부에서 주어진 수면과 카메라의 높이 자료를 이용하여 참조점 없이도 영상을 변환하는 알고리즘 적용.
- 영상 변위를 물리 변위, 즉 유속으로 환산
- 개발된 시스템의 자체 시험

(나) 단일 유속계의 유량 산출 시스템 개발

○ 자료: 입력된 횡단면 자료와 수위 자료

○ 표면유속을 평균유속으로 환산하는 과정에 대한 검토.

○ 단일 유속계로 하천 횡단면의 여러 지점을 측정하여, 하천 횡단면의 전체 유량을 자동 산정하는 유량 산출 시스템 개발

(다) 표면영상유속계 성능 시험

○ 영상 분석의 불확실성 검토

– 영상 분석의 불확실성에 대한 설명과 이 문제를 극복하기 위한 방법이나 대책 검토

○ 실험실 시험

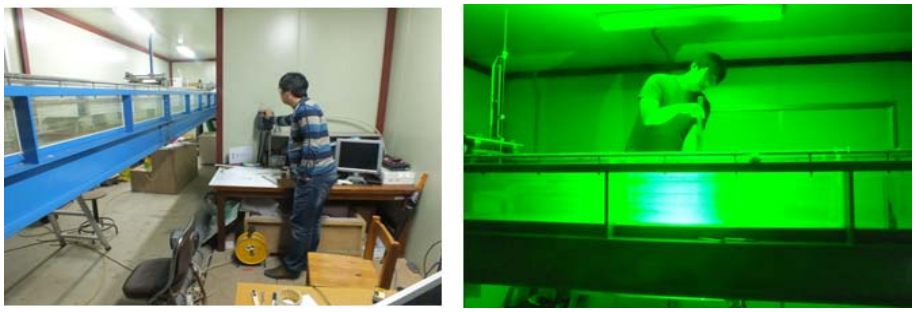
– 실험실 시험 요구 사항 분석

• 설정된 표면영상유속계의 성능 만족도 검사

– 실험실 시험 및 정확도 검증

• 활차를 이용한 시험: 속도 분석의 정확도 시험

• 조도 시험: 영상 분석에 적합한 조도 범위 설정



<표면영상유속계 성능 검증-실내 실험>

○ 현장 시험

– 현장 시험의 요구 사항 분석

• 설정된 표면영상유속계의 성능 만족도 검사

– 현장 시험 및 정확도 검증

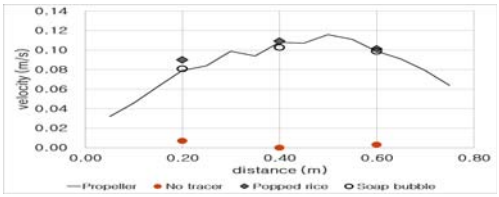
• 유속계를 이용한 시험: 속도 분석의 정확도 시험



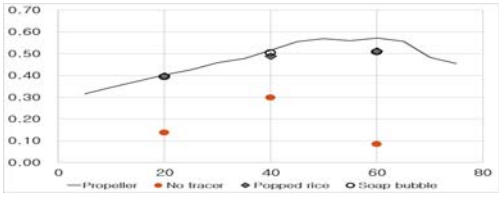
<표면영상유속계 성능 검증-현장 실험>

○ 스마트폰을 이용한 표면영상유속계는 약 11초에 1회의 순간유속 측정(1초간의 평균유속 측정)을 할 수 있어, 현장에서 즉각적으로 하천 수표면의 표면유속을 측정할 수 있었음. 순간유속을 수십회 반복한 뒤 평균하여 시간평균유속을 구할 수 있었음.

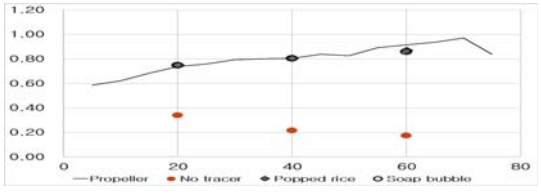
○ 개발된 시스템을 실험 수로에서 시험한 결과 최대 오차 13.9%, 평균적으로 10 % 이내의 오차로 실험 수로의 표면 유속을 측정할 수 있었음. 다만, 통상의 표면영상유속계와 마찬가지로 추적자가 부족한 상태에서는 표면유속을 적절히 측정할 수 없었으며, 측정 정확도에 대해서는 추가적인 실험과 연구가 필요함.



(a) V = 0.085 (m/s)



(b) V = 0.47 (m/s)



(c) V = 0.80 (m/s)

<표면영상유속계 유속 측정 결과>

(4) 다중 유속계 유량 산출 시스템 개발

(가) 여러 대의 영상 유속계로 시스템을 구성하여 폭이 넓은 하천의 동시 측정 시스템 기본 알고리즘 구성

○ Wi-Fi Direct나 Bluetooth 통신을 이용
○ 동영상 전송과 정지영상 전송 중 택일
○ 전송 가능 거리, 전송 자료량 등 검토



<다중 유속계 유량 산출 시스템>

(나) UI 전문가 활용으로 스마트폰 앱의 GUI 변경

○ 프로젝트의 기본 구성
- 기본 전제
- 개선된 표면영상유속계(이하 SIV)는 Android Studio 1.5에서 구동하도록 한다. 또한, 속도 향상을 도모하기 위해 영상 분석에 OpenCV 3.1을 이용하도록 함.

○ 패키지 구성
- 기본 패키지명은 kwon.development.siv4으로, 기능적인 구분을 따라 다시 algorithm(프로그램 알고리즘), db(데이터), model(데이터 모델), thread(쓰레드), tools(각종 도구 클래스), ui(사용자 인터페이스) 패키지로 나뉘며, ui 패키지는 다시 구성요소의 성격에 따라 activity, adapter, view 로 구분

○ 외부 라이브러리의 사용
- SIV에서 이용하는 외부 라이브러리는 CircularImageView, FFMPEG, OpenCV 4 Android의 세 가지 구성. 이들 중 필요에 따라 일부는 추후 수정(삭제 또는 추가)

○ 영상의 취득과 분석, 그리고 데이터의 저장
- 영상의 취득과 분석, 그리고 데이터의 저장 과정 및 루틴은 다음과 같음.

- 영상파일은 PreviewActivity 를 통해 취득되며, ‘Record (녹화)’ 버튼을 선택하여 취득을 시작할 수 있음. 녹화가 시작되면, ‘Settings (설정)’ 액티비티에서 설정한 ‘Record Time(녹화시간)’과 ‘Repeats(반복횟수)’ 만큼 녹화가 진행되며, 설정된 해상도에 맞는 영상이 취득됨.
- 데이터는 기본적으로 /sdcard/kwon.developement.siv4/ 폴더 아래에 쌓이며, sequences.stiv 는 측정데이터의 Sequence가, measures.stiv 에는 JSON 포맷으로 저장된 ‘측정상황’ 데이터가 저장되고, 동영상([SET]_[ITEM].avi), 썸네일([SET]_[ITEM].jpg), 벡터데이터([SET]_[ITEM]_vector.png)는 data/ 폴더 아래에 저장
- 측정상황 DB의 Sequence 파일(Sequences.stiv)
- 예제: {"itemSequence":18,"setSequence":35}
- 위 예제 데이터에서 확인할 수 있듯이, 데이터 저장형식은 표준 JSON-type 을 따르며, 새로운 데이터가 추가될 때마다 이 Sequence 파일에 저장된 번호를 증가시켜 데이터의 무결성을 유지

○ 측정상황 데이터 파일 DB(Measures.stiv)

<측정상황 데이터 DB 예시>

[{"setId":17, "timeEnd":"Mar 23, 2016 2:39:01 PM","timeStart":"Mar 23, 2016 2:39:00
PM","items":[{"result":{"disps":[[0,0],[0.11847554072302204,0],[0,0.170315214234 2845]],"points":[[100,360],[640.118475540723,360.12378274547314],[1179.78138 97180622,360.1703152142343]],"corrs":[[0,0],[0.7238783206967266,0],[0,0.98063 14480250222]]},"timeEnd":"Mar 23, 2016 2:39:01 PM","timeStart":"Mar 23, 2016 2:39:00
PM","orientation_pitch":-11.73116397857666,"orientation_azimuth":195.23707580566 406,"orientation_roll":29.965518951416016,"orientation_length":1.1542996814924207, "itemId":34,"thumb":"₩/storage₩/emulated₩/0₩/kwon.development.siv4₩/data₩/₩ /17_34.jpg","video":"₩/storage₩/emulated₩/0₩/kwon.development.siv4₩/data₩/17 _34.avi","orientation_height":1,"setId":17}],"thumb":"₩/storage₩/emulated₩/0₩/kwo n.development.siv4₩/data₩/₩/17_34.jpg"}]

○ 실제 프로그램의 구현과 시험

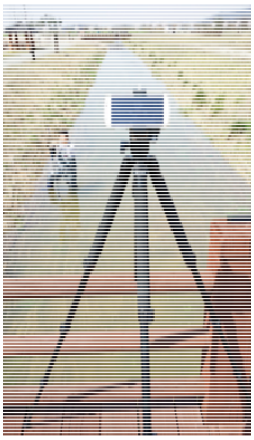
- 시험은 명지대 실험 수로와 안동실험센터의 직선수로에서 실시하였다. 프로그램의 시험 광경은 다음과 같음.



<실험 수로의 유속 측정>



<거치대에 장착된 스마트폰 표면영상유속계>



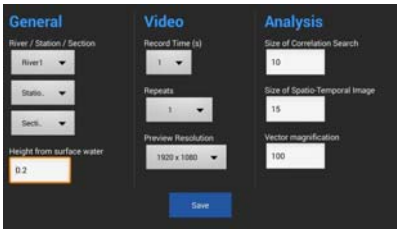
<삼각대에 장치된 스마트폰 표면영상유속계>

○ SIV 프로그램의 화면

– 개발된 프로그램은 당초 예상대로 적절히 작동하였다. 그림은 SIV 의 초기 화면이다. 대시 상태이며, 여기서 설정 단추를 누르면, 그림과 같이 측정 장소에 대한 정보를 선택하고, 관련된 설정 화면을 보여주고 있음



<SIV 프로그램의 대기 화면>



<측정 위치와 설정 화면>



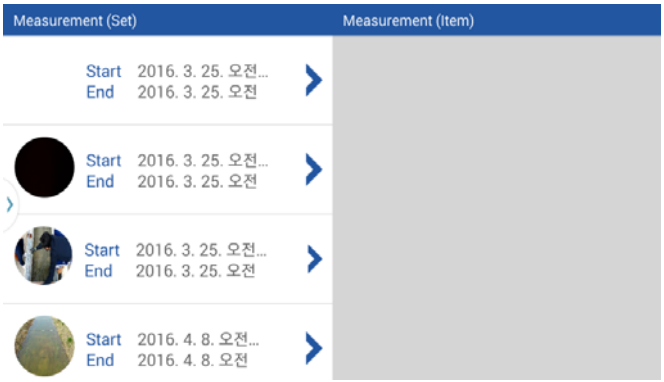
<영상 녹화중 화면>



<측정된 순간 유속>

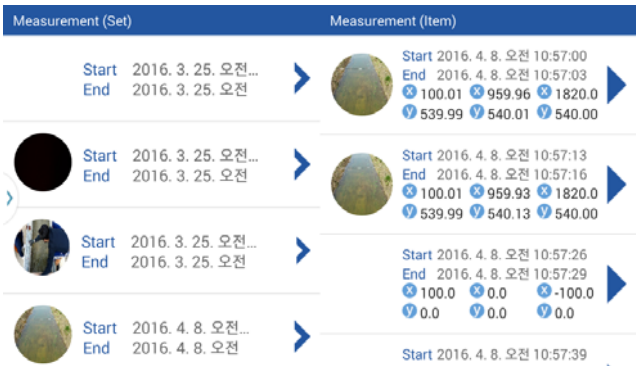
○ 측정 결과

– 측정된 영상은 모두 데이터베이스로 기기내에 저장된다. 이것은 측정상황 단추를 눌러 확인. 측정상황 단추를 누르면 그림과 같은 화면이 나타남



<측정 결과의 목록>

– 여기서 측정자료셑을 하나 선택하면 그 세부적인 목록이 그림과 같이 나타남.



<측정의 세부적인 내용>

○ 유속계 검증

– 광범위한 유속범위에 대한 유속계 검증

– 실제 하천의 홍수량 측정에 적용을 통한 적용성 검증

○ 하천설계기준 개정

– 유량 측정에 영상유속계에 의한 유속 측정 방법 도입

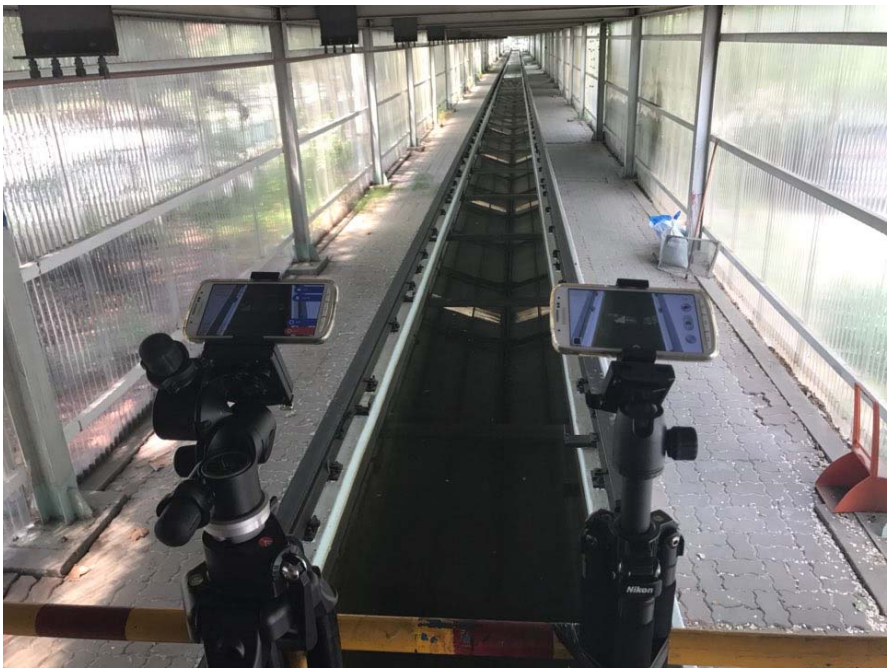
(5) 공인시험성적서 취득 계획안

○ 한국건설기술연구원 검정수로실험 성적서(2017/06/23) 첨부

– 2017년 6월 23일 한국건설기술연구원의 검증수로에서 시험하여 공인시험성적서를 취득하였음.

– 시험장소 : 한국건설기술연구원 대차검정 수조

– 0.2 m/s부터 2.0 m/s까지 10단계 유속에 대한 대차 수조 시험 및 분석





<표면영상유속계 검증 실험>



시험성적서

KICT 한국건설기술연구원

경기도 고양시 일산서구 고양대로 283번지
Tel: 031-910-0669 Fax: 031-910-0478

성적서 번호 : KICT-R-K-2017-00936-1

쪽 (1) / 총 (2)

1. 의뢰자
- 기 관 명 : 동의대학교
- 주 소 : 부산광역시 부산진구 엄광로 176, 공과대학 222-B호(수공학연구실)(가야동)

2. 시험대상품목(또는 시료명) : 스마트폰 표면영상유속계

3. 시험기간 : 2017년 06월 23일 ~ 2017년 06월 23일

4. 시험방법 : 수문조사업무규정

5. 시험환경
- 수온 : 15.5 ℃ - 장소 : 유속계검정장

6. 시험결과 :

측정번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
기준유속(m/sec)	0.202	0.404	0.607	0.809	1.013	1.214	1.416	1.619	1.821	2.023
측정유속(m/sec)	0.534	0.543	0.534	0.533	0.546	0.536	0.536	0.550	0.542	0.550

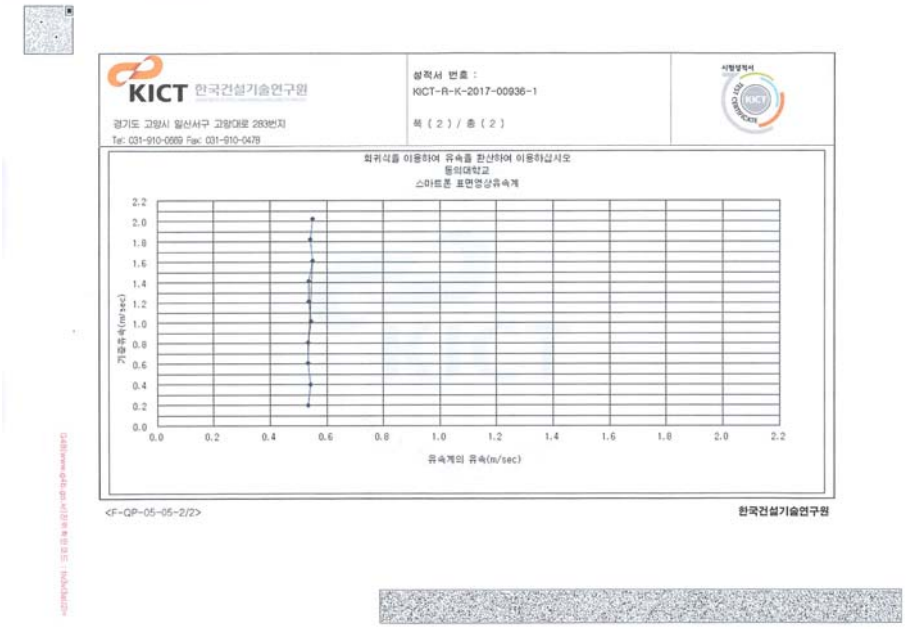
※ 기존 시험방법(대차 이동)을 이용하면 유속값이 출력 되지 않음.
따라서 시험방법을 변경하거나 유속계의 구조적인 문제를 해결해야 할 것으로 보임.

확인	작성자	승인자
	성 명 : 엄 홍 현 (서명)	성 명 : 정 상 화 (서명)

2017년 06월 26일

한국건설기술연구원장

<F-QP-05-05-1/2> 한국건설기술연구원



KICT 한국건설기술연구원

경기도 고양시 일산서구 고양대로 283번지
Tel: 031-910-0669 Fax: 031-910-0478

성적서 번호 : KICT-R-K-2017-00936-1

쪽 (2) / 총 (2)

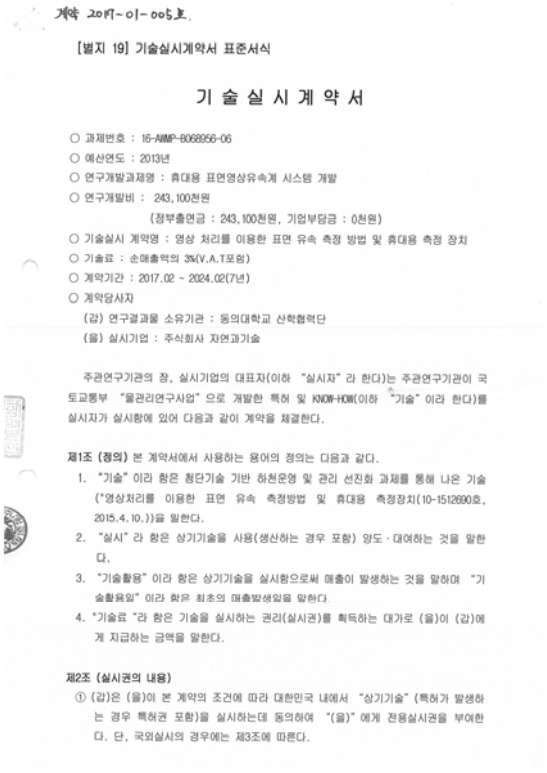
회귀식을 이용하여 유속을 환산하여 이용하십시오
동의대학교
스마트폰 표면영상유속계

<F-QP-05-05-2/2> 한국건설기술연구원

<2017년 6월 23일 표면영상유속계의 시험성적서>

○ 10월말 재시험 준비
- 진동 보정 루틴 추가
- 추적자 산포하여 재실험

○ 앱마켓 출시
- 자연과 기술(2017/02/10) 기술이전 계약 체결



계약 2017-01-005호.

[별지 19] 기술실시계약서 표준서식

기 술 실 시 계 약 서

○ 과제번호 : 16-AMMP-B068956-06
○ 예산연도 : 2013년
○ 연구개발과제명 : 휴대용 표면영상유속계 시스템 개발
○ 연구개발비 : 243,100천원
(정부출연금 : 243,100천원, 기업부담금 : 0천원)
○ 기술실시 계약명 : 영상 처리를 이용한 표면 유속 측정 방법 및 휴대용 측정 장치
○ 기술료 : 순매출액의 3%(V.A.T포함)
○ 계약기간 : 2017.02 ~ 2024.02(7년)
○ 계약당사자
(갑) 연구결과물 소유기관 : 동의대학교 산학협력단
(을) 실시기업 : 주식회사 자연과기술

주관연구기관의 장, 실시기업의 대표자(이하 "실시자"라 한다)는 주관연구기관이 국토교통부 "물관리연구사업"으로 개발한 특허 및 KNOW-HOW(이하 "기술"이라 한다)를 실시자가 실시함에 있어 다음과 같이 계약을 체결한다.

제1조 (정의) 본 계약서에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. "기술"이라 함은 첨단기술 기반 하천운영 및 관리 선진화 과제를 통해 나온 기술("영상처리를 이용한 표면 유속 측정방법 및 휴대용 측정장치(10-1512690호, 2015.4.10.)")을 말한다.
2. "실시"라 함은 상기기술을 사용(생산하는 경우 포함) 양도·대여하는 것을 말한다.
3. "기술활용"이라 함은 상기기술을 실시함으로써 매출이 발생하는 것을 말하며 "기술활용일"이라 함은 최초의 매출발생일을 말한다.
4. "기술료"라 함은 기술을 실시하는 권리(실시권)를 획득하는 대가로 (을)이 (갑)에게 지급하는 금액을 말한다.

제2조 (실시권의 내용)

① (갑)은 (을)이 본 계약의 조건에 따라 대한민국 내에서 "상기기술"(특허가 발생하는 경우 특허권 포함)을 실시하는데 동의하여 "(을)"에게 전용실시권을 부여한다. 단, 국외실시의 경우에는 제3조에 따른다.

<표면영상유속계 실용화를 위한 기술실시 계약>

- 대차의 진동과 추적자 부족으로 적절한 유속 산정 실패

○ 한국건설기술연구원의 공인시험성적서 신규 취득 계획
- 2017년 10월 25일 한국건설기술연구원의 검증수로에서 시험하여 공인시험성적서를 취득할 계획임.
- 시험장소 : 한국건설기술연구원 대차검정 수조
- 0.2 m/s부터 2.0 m/s까지 10단계 유속에 대한 대차 수조 시험 및 분석
- 유속이 안정적으로 도출되는지 검토
- 1차 시험시 문제가 되었던 진동에 대한 보완 루틴 첨부
- 가능하다면 추적자 산포하여 재실험

○ 유량조사사업단에 의한 실제 하천에서의 유속계 검증
- 광범위한 유속범위에 대한 유속계 검증
- 실제 하천의 홍수량 측정에 적용을 통한 적용성 검증

(6) 표면영상유속계 실용화 간 애로사항

(가) 표면영상유속계 실용화 애로 사항

○ 보정 작업의 어려움
- 안드로이드 스마트폰은 종류가 매우 다양하며, 이에 따라 사용하는 카메라의 종류도 매우 다양함
- 이러한 다양한 스마트폰에 적용할 수 있도록 하기 위해서는 적절한 보정용 프로그램을 별도로 제작하여야 함
- 별도의 보정용 프로그램을 작성하는 과정에 많은 시간을 소요하였음

○ 검증 작업의 어려움
- 한국건설기술연구원의 검증수로에서는 대차를 이용하여 유속계를 검증한다. 이 때 물이 움직이는 것이 아니라 유속계가 움직이는 것이므로, 이 때 발생하는 대차의 진동으로 유속 분석에 오류가 발생하기 쉬움.
- 실제 홍수 때는 하천에 부유물이나 유사, 수면파 등 다양한 추적물이 존재하지만, 검증수로에서는 이러한 부유물이 없으므로, 적절한 검증 작업이 곤란할 수도 있음

카. 2-9 세세부: 하천계측 유량 불확도 산정 소프트웨어 개발

(1) ADCP 불확도 산정 이론적 표준안 확보

(가) 고정 측정 방식 ADCP의 불확도 산정 표준안 확보

○ ADCP 불확도 산정 이론적 표준안을 확보하기 위하여, Iowa 대학의 M. Muste 교수가 제공한 GUM 표준안 기반의 지점측정방식 ADCP 유량측정 불확도 산정 결과를 활용

○ 해당 연구에서는 불확도 요인을 17가지 제시하였으며, 그 중 13개의 불확도 요인을 고려하여 불확도를 산정하였음

○ ADCP로 고정측정방식으로 측정된 결과로부터 유량을 산정하는 방식은 일반적으로 사용되는 유속-면적법을 사용하고 있으며, 본 연구에서는 중간단면법(Mid-section method)를 사용

○ 본 연구에서 참고한 Lee et al.(2014)의 연구에서는 중앙부분은 중간단면법을 사용하고, 하안부분은 이동측정방식에서 사용되는 보간법을 사용하였기 때문에, 일반적으로 사용되고 있는 유속-면적법과는 차이가 있음

○ 또한 기존의 연구에서 제안된 요인별 불확도를 본 연구에서 수행된 실험결과를 토대로 재산정하였으며, 그 결과는 다음과 같음

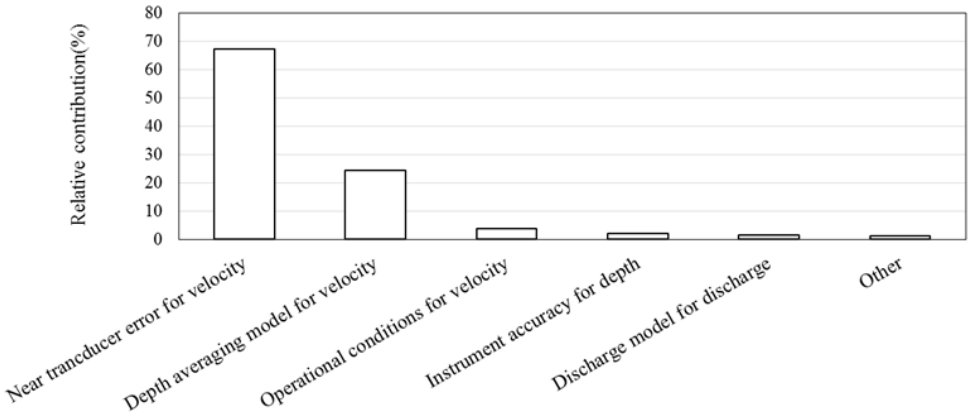
<ADCP 불확도 요인별 표준 불확도 산정 결과 요약>

불확도 요인	불확도 타입	표준 불확도, $u(x_i)$	총 불확도에 대한 기여도 (%)	추정 방법
수심평균유속 측정 불확도 요인, v_n				
기기 해상도, $u(\overline{v}_{re})$	B	0.0005 m/s	0.01	SonTek
기기 정확도, $u(\overline{v}_{ac})$	A	Field (vs. ADV) ±0.94%	0.26	현장 실험
Sampling time, $u(\overline{v}_{st})$	B	2.10%	0.83	현장 실험
Near transducer error, $u(\overline{v}_{nt})$		14.47%	67.38	현장 실험
수심평균 유속 계산 모델, $u(\overline{v}_{vm})$	B	8.69%	24.29	현장 실험
Flow angle induced error, $u(\overline{v}_{an})$	A	Not active	-	Huang (2012)
기기 운용 조건, $u(\overline{v}_{op})$	A	±0.003 m/s	3.65	현장 실험
수심 측정 불확도 요인, d_n				
기기 해상도, $u(\overline{d}_{re})$	B	0.0005 m	0.02	SonTek
기기 정확도, $u(\overline{d}_{ac})$	A	Field (vs. Total station) ±0.0165 m	2.01	현장 실험
기기 운용 조건, $u(\overline{d}_{op})$	A	0.0015 m	0.01	현장 실험

횡방향 측점들 사이의 거리 측정 불확도 요인, b_n				
기기 해상도, $u(\bar{b}_{re})$	B	0.0005 m	0.01	Scale resolution
기기 운용 조건, $u(\bar{b}_{op})$	A	0.0010 m	0.1	WMO (2011)
유량 산정 불확도 요인, Q_n				
유량 계산 모델,$u(\overline{Q}_{mo})$	B	0.50%	1.38	Muste et al. (2004a)
Segment의 수, $u(\overline{Q}_{nv})$	B	0%	0.00	현장 실험
비정상류 조건, $u(\overline{Q}_{us})$	B	0	0.00	현장 실험

<고정측정방식 ADCP의 유량 측정 불확도 평가 결과>

측정 유량	합성 불확도	보정 계속	신뢰구간	확장불확도	확장불확도 (%)
2.42m^3/s	0.103m^3/s	2	95.45%	0.21m^3/s	8.5%



<불확도 요인별 기여도>

○ 위와 같이 산정된 요인별 기여도 분석을 토대로 추후 유량 측정 방식의 불확도 인자 중 지배적인 인자를 구분해 낼 수 있으며,

○ 이를 기반으로 ADCP를 이용한 유량 측정 결과에 대한 불확도를 저감시키는데 활용이 가능함

(나) 이동 측정 방식 ADCP의 불확도 산정 표준안 확보

○ 이동 측정방식 ADCP 불확도 산정 표준안 확보

- 이동 측정방식 ADCP의 불확도 산정 표준안에 관한 연구는 불확도 평가 방법에 대해서만 제시되었으며, 실제 실험을 통한 불확도 평가는 수행된바 없음

- Juan A. Gonzalez-Castro와 Marian Muste(2007)는 이동측정 방식 ADCP의 불확도 요인들에 대하여 소개하고, 유량 산정의 불확도를 계산하기 위한 DRE(Data Reduction Equation)를 제시한 바 있으며, 본 연구에서는 해당 연구를 기반으로 불확도 평가에 대한 표준안을 수립하고자 함
- 해당 연구에서는 AIAA 표준안을 기준으로 불확도 평가 방법을 수행하였기 때문에, 본 연구에서는 GUM 표준안을 기반으로 한 불확도 평가 표준안을 제안하고자 함
- 불확도 요인은 총 20가지를 제시하였으며, 본 연구를 통해 추가한 2가지 요인을 포함하여 총 22개의 불확도 요인을 사용

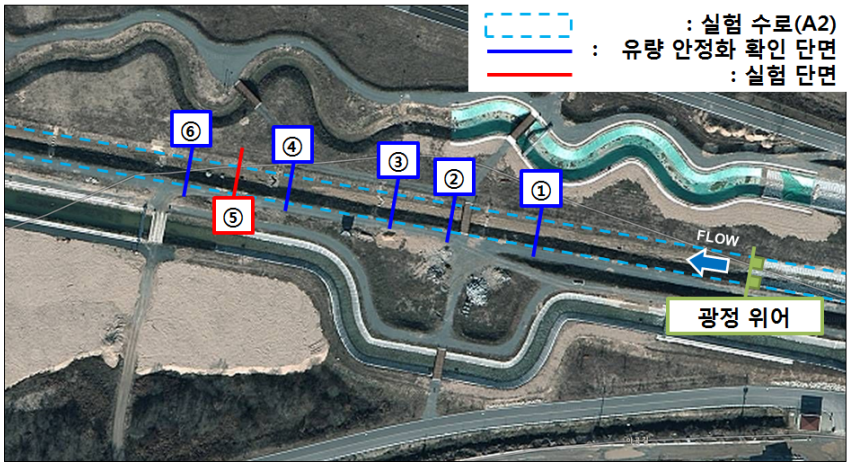
<이동측정방식 ADCP의 불확도 요인>

번 호	불확도 요인	번호	불확도 요인
1	공간 해상도	12	수심
2	도플러 노이즈	13	측정 셀 위치
3	유속 측정 정확도	14	회전
4	음파 간선에 의한 교란	15	측정 시간
5	시간 해상도	16	하안 유량
6	음파 속도	17	연직 유속분포 보간 모델
7	빔 각도	18	유량 산정 모델
8	보트속도	19	Finite summation
9	측정 시간	20	현장 조건 및 기기운용 조건
10	센서 근처에서의 오류	**21**	**측정 시작 방향**
11	보트 속도	**22**	**반복 측정 횟수**

(2) 불확도 평가를 위한 현장 실험 및 자료 분석

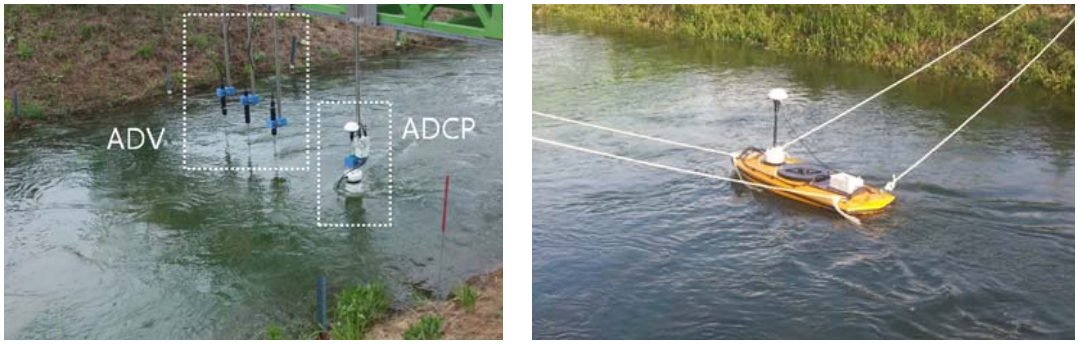
○ 실규모 하천 실험장에서의 실험자료 확보

- ADCP의 측정 불확도를 산정하기 위하여, 측정기기의 정확도 분석을 선행하고, 이를 바탕으로 불확도 요인들을 도출하고자 하였으며, 실험은 건설기술연구원의 안동 하천실험센터에서 수행되었음



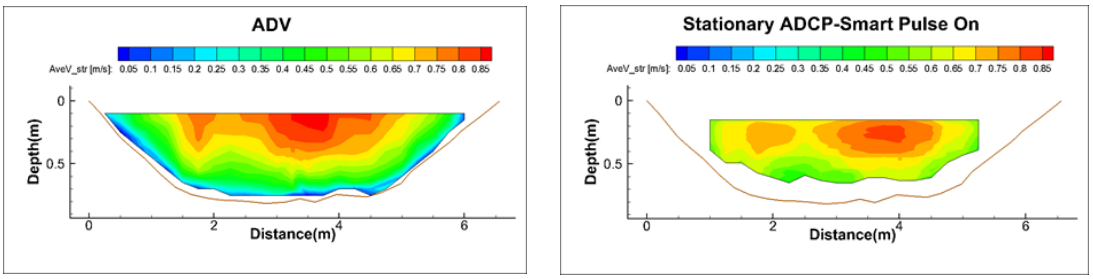
<안동 하천실험센터 직선수로 및 실험 위치>

- ADCP를 통한 유량 측정기법은 고정식 측정 방식과 이동식 측정 방법을 사용하였으며, 유량의 참값을 측정하기 위하여 ADV로 실험단면을 상세하게 계측하였음



<유량 측정 기기 및 측정 방법>

- 또한 ADV 및 ADCP의 지점 측정결과는 자료의 품질을 향상시키기 위하여 측정된 자료의 표준편차의 3배를 초과하는 자료는 특이값으로 보고 제거한 후 분석을 수행하였음



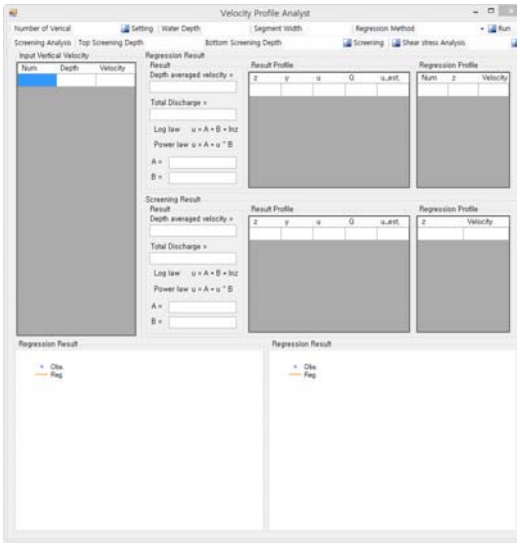
<ADV 및 고정측정방식 ADCP의 측정 결과>

(3) ADCP 측정 불확도 산정 소프트웨어(ACUA) 프로토타입 개발

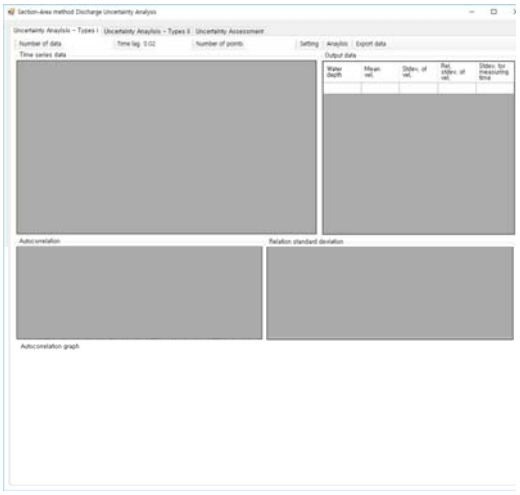
○ ADCP의 유량 측정성과의 불확도 평가절차는 복잡하기 때문에 비전문가가 접근하기에 매우 어려우며, 많은 계산량을 요구하기 때문에 불확도 평가에 대한 지식이 있는 전문가들도 특정 툴이 없이는 평가하기 어렵다는 단점이 있음

○ 이에 따라 본 연구에서는 ADCP의 유량 측정 불확도 평가에 대한 접근성을 제고하기 위하여, 소프트웨어의 개발을 목적으로 하였으며,

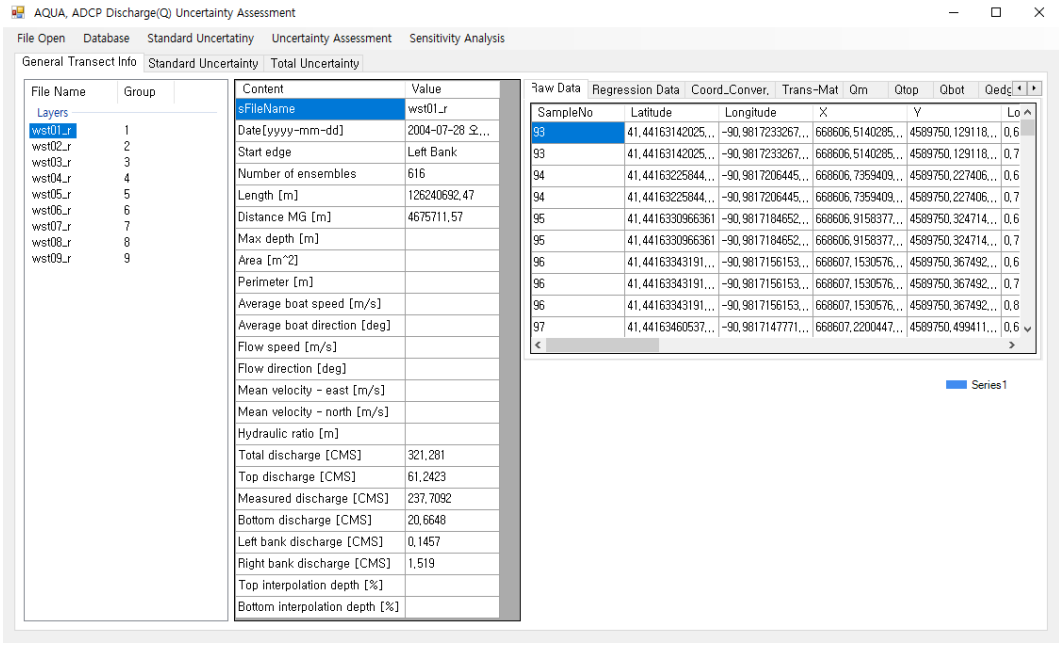
○ 개발된 소프트웨어는 고정 측정 방식이나, 도섭법으로 측정된 수심방향 유속분포를 분석할 때 사용가능한 VPA(Velocity Profile Analyst)와 ISO 기준의 유량 측정 불확도 평가 및 요인별 분석이 가능한 I-QU(ISO based Discharge(Q) Uncertainty estimator), 이동측정 방식 ADCP로 측정된 유량의 불확도를 평가하는 AQUA(ADCP Discharge(Q) Uncertainty Assessment)를 개발하였음



<VPA의 메인 화면>



<I-QU 메인 화면>



<AQUA의 메인 화면>

타. 연구성과의 검증방안 및 한계점

세부명	최종연구성과	검증 방안	적용범위 및 한계점
(2-1)휴대용 초음파 유속계의 사용자 인터페이스 개발 및 성능 검증	○무측선 유량 산정 알고리즘 개발	○측선 유량 계산값과 상대오차 비교하여 정확도 검증 - 19회 유량측정결과 상대오차율: 4.09%	○나침반 센서, GPS센서가 장착된 휴대용 유속측정장비 개발(2-7과제)을 목표로 한 알고리즘 ○GPS센서의 고정확도 확보 필요
(2-2)첨단기술을 이용한 하천 조사기술 개발	○R2V2를 이용한 3차원 하도 측정 기술 개발	○공인 수치지형도와 측정 결과를 비교하여 측정 정확도 검증 -표고점 11개 지점 평균 오차율: 8.8%	○R2V2 및 UAV를 이용한 하천계측 성과가 공인자료로 인정 받을 수 있는 제도적 기반이 필요함.
	○UAV를 이용한 3차원 고수부지 측정 기술 개발	○공인 수치지형도 및 토탈스테이션 측량결과와 비교하여 측정 정확도 검증 -2013년 국토지리정보원 (고수부): 6.9% -2013년 국토지리정보원 (제내지): 4.8% -토탈스테이션: 2.1%	
(2-3)Smart River 정보관리 기술 개발	○SMART RIVER 통합하천정보 제공 시스템 개발	○Apache JMeter와 MS StyleCop를 이용하여, 가상 사용자를 인위적으로 생성한 후 시스템의 처리량, 응답시간을 테스트 한 결과, 오차율 없음을 확인	○다양한 형태로 관리되고 있는 비표준화 데이터를 효율적으로 변환 및 공유하기 하기 위해 부처 간 데이터베이스의 공유 협조가 필요.
(2-4)하천정보 분석모델 및 예·경보시스템 개발/ (2-5)첨단기술 기반의 지능형 하천정보 제공시스템 개발	○하천정보 분석모델 및 예보시스템(RiverCAST-K) 개발	○WAMIS에서 제공되는 낙동강 테스트베드 구간의 수위-유량자료를 이용한 RiverCAST-K의 HPG모듈 정확도 검증 -2004년 자료: 오차율 4.73% -2006년 자료: 오차율 13.97% -2011년 자료: 오차율 10.02% -2013년 자료: 오차율 3.80% -2016년 자료: 오차율 1.10% ○낙동강 테스트베드 구간 내 설치된 간의수질측정망(ARCWQ2)의 수질 측정자료와 비교하여 RiverCAST-K의 ANN모듈 검증	○RiverCAST-K_HPG 수위예측 모델은 사전 모델링을 통하여 데이터베이스를 구축해야 하므로 준설 및 세굴 등에 의한 하상변동이 있을 경우에는 지속적인 하상고 조사 및 모델의 업데이트가 필요하며, 정상류를 가정하였기 때문에 홍수 등의 급격한 유량 및 수위 변화는 모의하기가 어려움. ○데이터베이스 연결을 통한 실시간 데이터 입력이 불가능한 경우, 실시간 상시 모의가 불가능하므로 수리 및 수질정보 데이터베이스 연동을 위해 수리 및 수질데이터의 소관 부처 간의 협의가 필요함. ○데이터 기반 모델이기 때문에 현재 모델이 구축된

		-수온: NSE 0.996 -DO: NSE 0.967 -pH: NSE 0.787 -탁도: NSE 0.604 -전기전도도: NSE 0.967 -Chl-a: NSE 0.869 ○각 모듈 간 GUI 연계 시 정상작동 상태 확인 및 안드로이드 기반 스마트폰 어플리케이션 출시	낙동강 외에 다른 유역에 적용하기 위해서는 추가적인 작업이 필요함. ○실제 친수활동 구간이 운용중인 수질관측망과 거리가 떨어져 있을 경우 적절한 방법에 의한 보완이 필요함.
	○대하천 수질사고 경보시스템(RIverALARM-K) 개발	○Rhodamin WT 용액을 이용한 2차원 추적자 실험 결과와 비교하여 RiverALARM-K의 CTM-2D 및 PDM-2D 모듈의 정확도 검증 -섬강 추적자실험: 오차율 7.86 % 이하 -홍천강 추적자실험: 오차율 2.30 % 이하 ○낙동강 테스트베드의 측정 자료와 비교하여 RiverALARM-K의 CTM-2DA의 정확도 검증 -낙동강 테스트베드: 오차율 10.5% 이하 ○ 각 모듈 간 GUI 연계 시 정상작동 상태 확인 및 한국정보통신기술협회(TTA) GS 인증 획득	○RiverALARM-K의 HDM-2D는 난류모델로써 1-방정식 난류모형을 사용하며, 복잡한 난류의 정밀모의를 위해서 고차원 난류모형을 추가적으로 검토하여야 함. ○RiverALARM-K의 CTM-2D는 수심평균 2차원 이송-분산 방정식을 이용하므로, 오염물질이 성층화된 구간에서는 오차가 발생 할 수 있음. ○RiverALARM-K의 PDM-2D는 수심평균유속분포를 이용하여 종방향유속성분의 연직분포는 Logarithmic 분포식, 횡방향 유속성분의 연직분포는 Odgaard식을 통해 유속분포를 모의하고 있으나, 복잡한 지형조건에 의해 유속구조가 위의 식들의 경향을 따르지 않는 경우, 적절한 추정식을 추가적으로 검토하여 적용하여야 함.
(2-6)하천관리기술 검증을 위한 통합테스트베드 운영 관리	○ 통합테스트베드 운영 관리	○통합테스트베드 지형현황조사 - 2013년 홍수터 측량과 2013년, 2015년, 2017년 3회에 걸쳐 하도측량을 실시하여 지형공간정보해상도 20m×20m크기의 T/B구간 3차원 지형정보취득 - UAV를 이용한 지형성과 정확도 개선을 위해 Network-GPS를 이용한 직접성과대비 오차율 10%	○통합테스트베드 대상구간은 낙동강 강정고령보에서 달성보까지로 한정되어짐 ○테스트베드 운영 및 현장 실험에 대한 국내외 표준(지침)에 따른 실측자료 취득은 상당한 노력과 비용을 필요로 함 ○과업기간 중 발생한 홍수사상 규모 및 빈도 제한으

		이내 달성 ○통합테스트베드 자료구축 - 간이수질측정망(3개소)자료취득 및 운영효율산정을 위한 일자료 가동율80%이상 달성 - 광학장비를 이용한 유사량측정기법 신뢰성평가를 위한 시료채취기법 대비 광학장비를 이용한 측정자료 비교검증 10회 이상 달성	로 인하여 활용성이 높은 고유량 사상에 대한 자료 취득이 미흡
(2-7)실내외 겸용 휴대용 스마트 초음파 유속계 개발	○초음파 유속계 (ACOUSAR) 개발	○공인기관 시험 : 한국건설기술연구원 - 검정범위 : 0.15 ~ 0.60 m/s - 정확도 : R2 = 0.9995 - 시험방법 : 수문조사업무규정 - 시험장소 : 유속계 검정장	○도섭법에 의한 하천이나 수로 유속측정 ○유속측정범위의 확장이 요구됨
(2-8)휴대용 스마트 표면영상유속계 개발	○휴대용 스마트 표면영상유속계 개발	○한국건설기술연구원의 검증수로에서 시험하여 공인시험성적서를 취득 계획	○스마트폰 표면영상유속계는 어디까지나 홍수류의 신속한 측정을 위한 것이므로 보다 정밀한 측정을 위해서는 측정된 동영상을 PC로 옮겨서 PC용 표면영상유속계 프로그램으로 재계산할 필요가 있음 ○야간이나 악천후 시 적절한 조명의 도움 없이 측정이 곤란함
(2-9)하천계측 유량 불확도 산정 소프트웨어 개발	○ADCP 유량의 측정불확도 평가 소프트웨어 개발	○본 소프트웨어는 GUM 표준안에 기반하여 불확도 평가의 전 과정을 수행하였음 ○해당 소프트웨어는 국제적으로 처음 제시되었으며, 제안된 인자들에 대한 표준불확도는 ADV 및 Total station 등의 자료로 측정된 결과와 비교하여 제시하였기 때문에 신뢰성을 충분히 확보하고 있다고 판단됨	○ADCP를 이용한 유량측정은 다양한 형상 및 유량의 하천에서 수행되고 있으며, 유량 측정불확도를 산정하기 위한 요인별 표준불확도도 이에 영향을 받게 됨. ○다양한 조건에 대하여 수행된 실험결과들을 종합하여 요인별 표준불확도를 업데이트한다면 보다 신뢰성 높은 불확도 평가 결과를 얻을 수 있을 것이라 사료됨.

6차년도 3세부과제

한국형 수문량 분석 선진화 기술 개발

연 세 대 학 교

3. 3세부: 한국형 수문량 분석 선진화 기술 개발

가. 3-1 세세부: 설계강우의 결정방법 개발

○ 지역빈도해석을 설계강우량 산정을 최종결과로 하여 관련 연구를 수행함. 강우자료 D/B 구축과 자료의 검·보정, 지역빈도해석의 국내 적용성 검증을 위하여 다양한 방법의 검토 및 비교분석을 실시함. 또한 시간분포 시 첨두유량의 과소산정을 유발한다고 평가받는 Huff 4분위법을 집중호우 기준으로 무차원 누가곡선을 작성함.

(1) 강우자료 D/B 구축

○ 각 유관기관으로부터 강우 원자료 취득

- 각 유관기관으로부터의 강우자료 업데이트 (2015년 자료)
  - 기상청
  - 수자원공사
  - 한국농어촌공사
  - 국토교통부 홍수통제소
- 유역 별 지점 현황 (~2015)

유역	지점 수 (개소)	구축률	검증률
한강	223	100%	100%
낙동강	214	100%	100%
금강	119	100%	100%
그 외	83	100%	100%
계	**639**	100%	100%



○ 오측 및 결측으로 추정되는 자료 검출

- 음수
- 이수기(11월~2월)동안 시간당 30mm 이상 기록 구간
- 홍수기(4월~10월)동안 시간당 50mm 이상 기록 구간
- 최근 5시간 내에 중복된 강우량이 기록된 구간

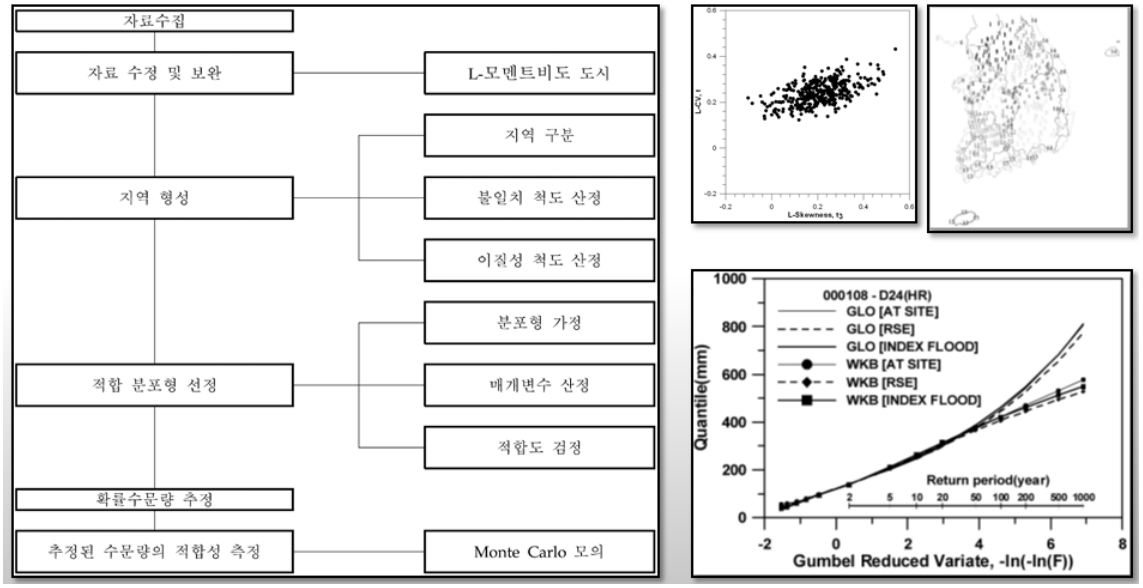
○ 자료 검보정 절차

- 음수: 의미없는 음수(0처리), ±세트로 존재하는 음수(0처리)
- 반복자료: 누적강우(첫 강우 제외 0처리), 전후기록 비교 시 실제 강우(보정하지 않음)
- 홍수기 50mm/hr 이상 또는 30mm/hr 이상
  : 전후시간대 강우 확인하여 집중호우로 판단 (보정하지 않음)
  의미없는 큰 강우 (0으로 보정), 판단불가능시 인근지점과 비교하여 보정

(2) 지역빈도해석 기법의 표준화

○ 지역빈도해석의 기본적인 절차(예시)

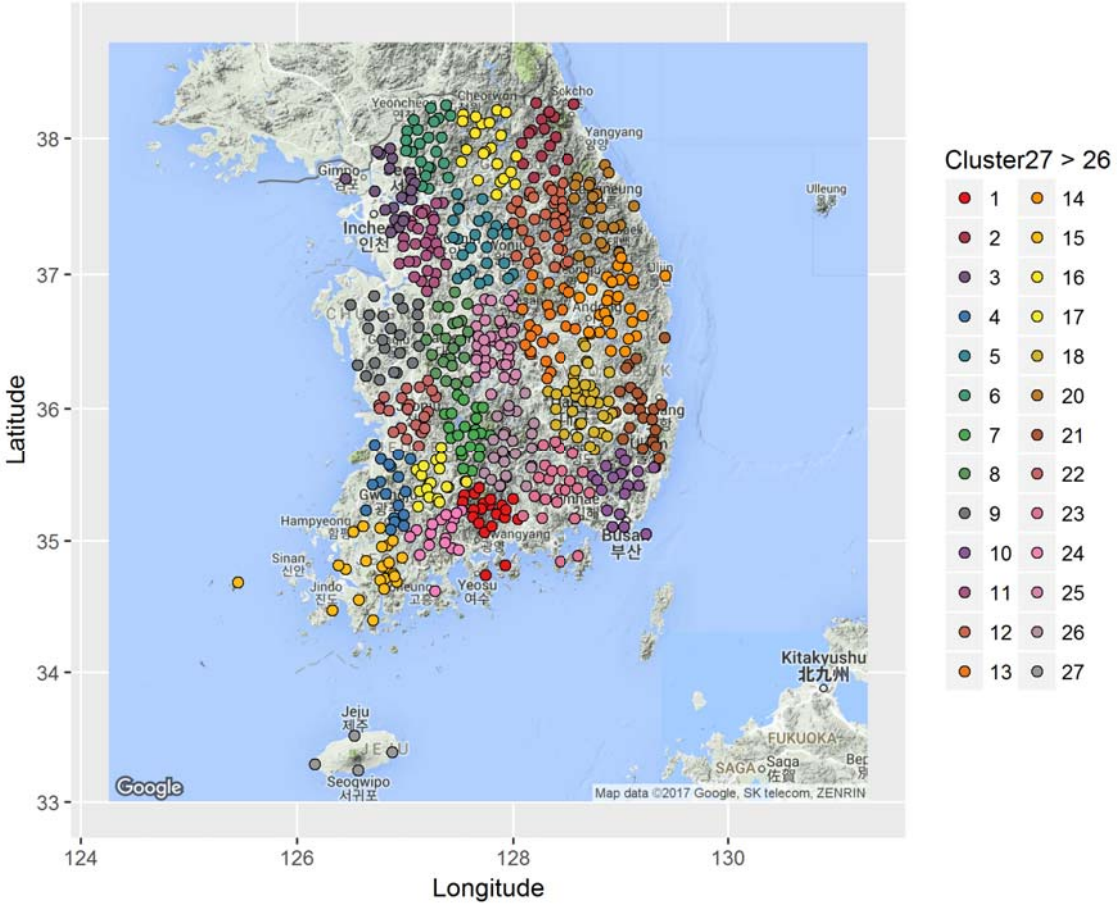
- 자료 수집
- 자료 수정 및 보완(L-모멘트비도)
- 지역 형성(지역구분, 불일치 척도, 이질성 척도)
- 적합 분포형 선정(분포형 가정, 매개변수 추정, 적합도 검정)
- 확률수문량 추정
- 추정된 수문량의 적합성 추정(Monte Carlo 모의)



○ 지역빈도해석 수행 결과 (26개 지역 구분)

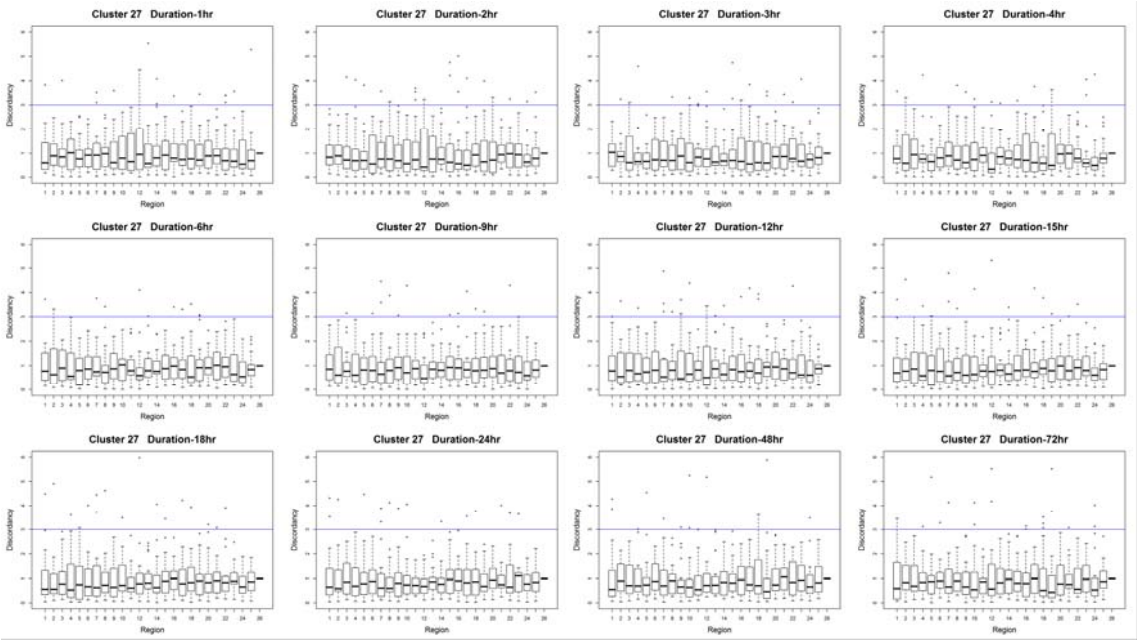
군집	BS01	BS02	BS03	BS04	BS05	BS06	BS07	BS08	BS09	BS10
지점수	22	18	20	19	26	23	23	23	24	19
군집	BS11	BS12	BS13	BS14	BS15	BS16	BS17	BS18	BS19	BS20
지점수	30	36	24	32	22	22	19	37	24	23
군집	BS21	BS22	BS23	BS24	BS25	BS26				
지점수	21	23	17	39	25	4				

- 울릉도(기), 백령도(기) 강우관측소는 동질지역으로 구분할 수 있는 군집을 구성하기 어려워 지역빈도해석에서는 제외 (사용된 지점목록은 기술보고서에 수록)

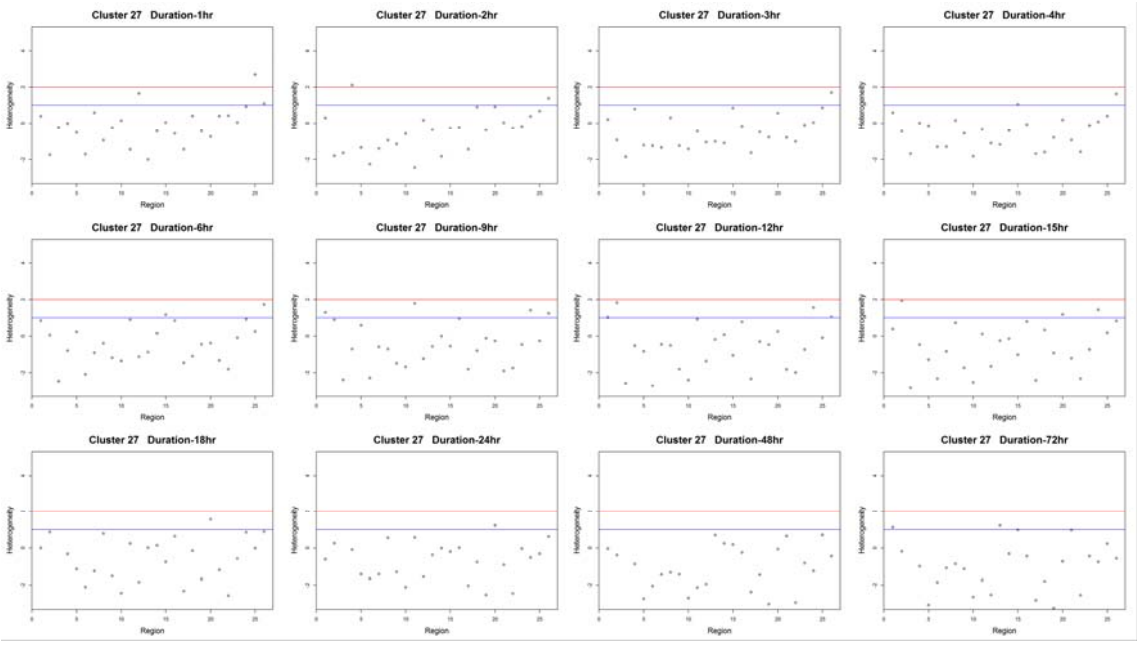


<그림> 전국 26개 지역구분 결과

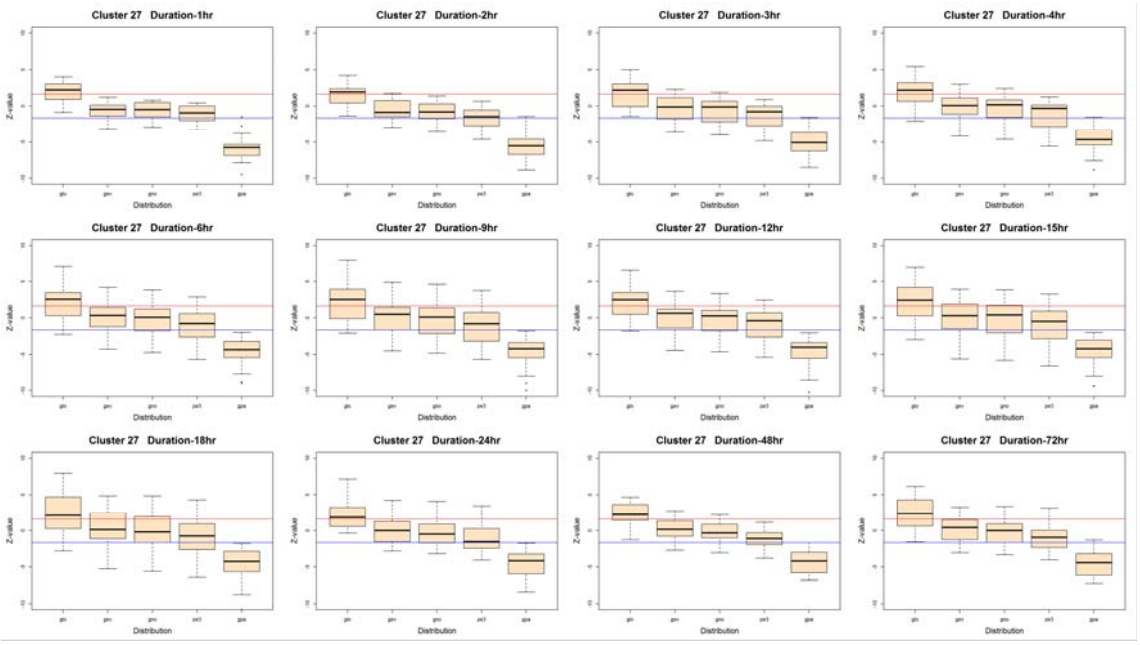
– 이질성 척도, 동질성 척도, 적합도 검정 결과



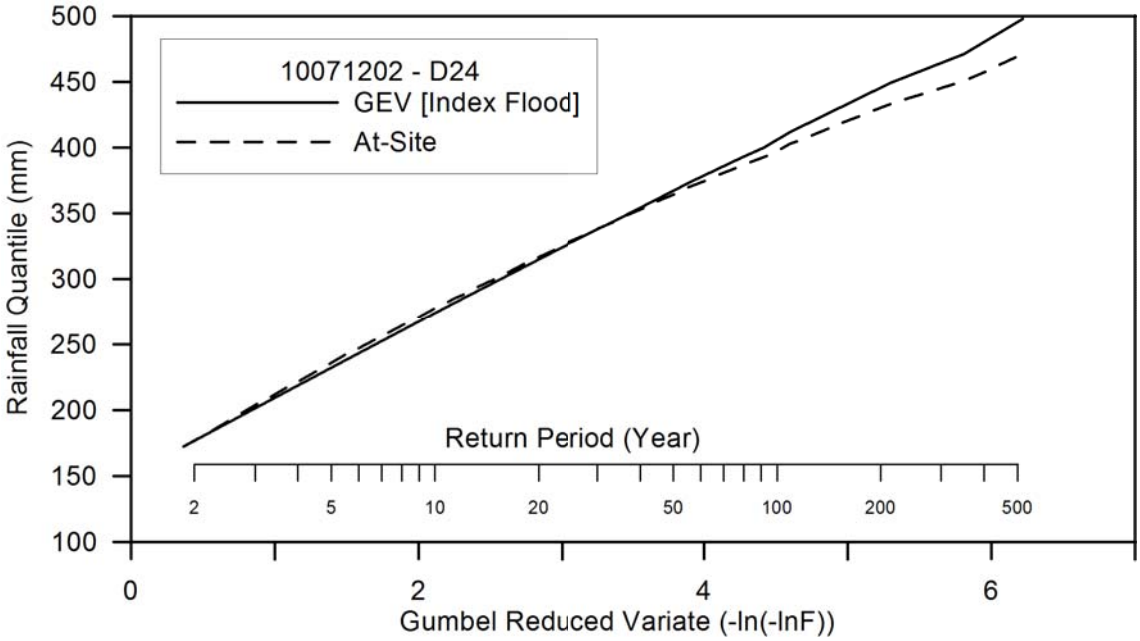
<그림> 이질성 척도 결과



<그림> 동질성 검토 결과



<그림> 분포형 별 적합도 검정 결과



<그림> 한강유역 양평지점 확률강우량 예시 (지속시간: 24시간)

(3) 설계강우량의 시간분포 기법 개선

○ 시간분포 방법의 개선

- 기존 Huff (1967) 방법이 heavy Storm에 해당하는 강우만을 분석을 하였으나 heavy Storm에 해당하는 강우가 지속시간에 관계없이 1inch 이상의 기각기준을 사용하여 강우 사상을 분리
- 기존의 기각기준이 heavy Storm으로 보기 힘든 실정이며, 현재는 수문학적으로 강우로 볼 수 있는 정도로 미비한 수준임
- 최근 기후변화와 국지성 강우의 증가를 감안하여, 한국에서 heavy Storm으로 판단하는 집중호우의 기각기준(시강우량 30mm 이상, 일강우량 80mm 이상, 일강우량이 연강우량의 10% 이상의 강우를 포함하는 강우사상)을 적용하여 Huff의 4분위법의 개선
- 기상청 지점의 시강우자료를 이용하여 새로운 기각기준 (집중호우)을 적용하여 시간분포값을 개발
- 또한 기각기준 재설정과 함께 극한사상의 호우를 재현하기 위하여 강우의 재현기간을 고려한 시간분포 방법을 제안
- 기존의 방법은 HUff 분포에서 초과확률 50%인 중간값을 사용하여 왔으나, 강우의 재현기간을 고려하여 초과확률을 결정하는 방법을 제안
- 이를 통하여 무조건적으로 중간값을 사용하는 방법에서 벗어나 우량주상도상의 강우집중도를 증가시켜 극한사상을 더 잘 포현하는 방법으로 판단됨
- 개선된 시간분포 방법을 통하여 기존 방법의 문제로 지적되어온 첨두유출량 과소산정문제를 보완 할 것으로 기대

<기상청 서울 지점의 무차원 누가 Huff 시간분포 값(초과확률: 50%)>

% duration	MOLTMA(2011)				ARCROM			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.143	0.041	0.023	0.032	0.177	0.028	0.013	0.029
20	0.373	0.123	0.068	0.072	0.439	0.098	0.046	0.061
30	0.562	0.298	0.135	0.133	0.657	0.259	0.091	0.076
40	0.671	0.522	0.221	0.190	0.759	0.510	0.161	0.127
50	0.768	0.722	0.378	0.273	0.836	0.735	0.311	0.232
60	0.854	0.835	0.569	0.356	0.853	0.854	0.596	0.305
70	0.912	0.907	0.794	0.493	0.913	0.922	0.814	0.398
80	0.956	0.952	0.923	0.691	0.974	0.964	0.942	0.565
90	0.982	0.982	0.976	0.912	0.990	0.990	0.985	0.947
100	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

<기상청 영주 지점의 무차원 누가 Huff 시간분포 값(초과확률: 50%)>

% duration	MOLTMA(2011)				ARCROM			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.167	0.055	0.033	0.039	0.151	0.033	0.054	0.046
20	0.384	0.141	0.088	0.081	0.352	0.116	0.123	0.081
30	0.533	0.221	0.161	0.143	0.545	0.229	0.216	0.188
40	0.641	0.505	0.269	0.225	0.628	0.491	0.379	0.313
50	0.730	0.693	0.412	0.314	0.717	0.692	0.572	0.333
60	0.816	0.798	0.637	0.399	0.837	0.839	0.777	0.400
70	0.887	0.881	0.796	0.495	0.936	0.926	0.931	0.482
80	0.943	0.938	0.909	0.687	0.965	0.961	0.986	0.672
90	0.976	0.973	0.971	0.897	0.987	0.988	0.991	0.833
100	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

<기상청 임실 지점의 무차원 누가 Huff 시간분포 값(초과확률: 50%)>

% duration	MOLTMA(2011)				ARCROM			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.167	0.044	0.039	0.033	0.135	0.032	0.038	0.029
20	0.418	0.138	0.094	0.078	0.440	0.132	0.066	0.070
30	0.601	0.311	0.185	0.127	0.585	0.252	0.140	0.112
40	0.705	0.538	0.270	0.206	0.671	0.508	0.188	0.139
50	0.791	0.699	0.403	0.288	0.727	0.757	0.343	0.212
60	0.841	0.824	0.599	0.402	0.815	0.867	0.565	0.286
70	0.890	0.908	0.809	0.504	0.893	0.931	0.820	0.442
80	0.943	0.947	0.919	0.672	0.954	0.949	0.946	0.582
90	0.978	0.976	0.974	0.887	0.987	0.988	0.986	0.902
100	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Note: MOLTMA; Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, IIIIIIV; Classification

○ 대상유역의 적용

- 개선된 시간분포 방법과 국토해양부(2011)의 시간분포 방법을 비교 검증하기 위하여 12개 유역과 48개의 강우사상을 선정하여 분석
- 시간분포 검증하기 위한 방법으로 실제 유역에서 발생한 강우사상으로 인한 유출량과 각각의 시간분포 방법을 통해 만들어진 우량주상도로 인한 유출량을 비교하여 그 적용성을 검토
- 실제 관측된 유량과 시간분포방법으로 산정된 우량주상도를 강우-유출모형을 통해 유도된 유출수문곡선과 비교
- 비교의 대상으로 국토해양부(2011)의 시간분포 방법, 개선된 시간분포 방법, Mononobe 시간분포 방법, NRCS Type Ⅱ 방법, ABM 방법과 이를 통한 유출수문곡선을 함께 비교

○ 유출수문곡선 및 목적함수 비교

- 시간분포 방법 중 어느 방법이 더 적합한지를 판단하기 위해 실제 유역에 실제 강우사상을 시간분포 시켜 산정한 유출량과 실제 유량값을 비교함으로써 적용성을 판단
- 각 시간분포 방법에 따른 유출량이 합리적인지를 판단하기 위하여 유출수문곡선을 비교하였으며, HEC-HMS에 내장된 목적함수 값들을 이용하여 비교
- 목적함수로는 Percent Error in Peak, Sum of Absolute Error, Sum od Squared Residuals, Peak-weighted Root Mean Square Objective Function을 이용

<목적함수>

Percent Error in Peak	$Z_p = 100\dfrac{q_s(peak)-q_o(peak)}{q_o(peak)}$
Sum of Absolute Error	$Z_a = \sum_{i=1}^{NQ}\left\|q_o(i)-q_s(i)\right\|$
Sum of Squared Residuals	$Z_s = \sum_{i=1}^{NQ}\left[q_o(i)-q_s(i)\right]^2$
Peak-weighted Root Mean Square	$Z_r = \left\{\dfrac{1}{NQ}\left[\sum_{i=1}^{NQ}\left(q_o(i)-q_s(i)\right)^2\left(\dfrac{q_o(i)+q_o(mean)}{2q_o(mean)}\right)\right]\right\}^{1/2}$

Z : 목적함수

NQ : 계산된 수문곡선 종거수

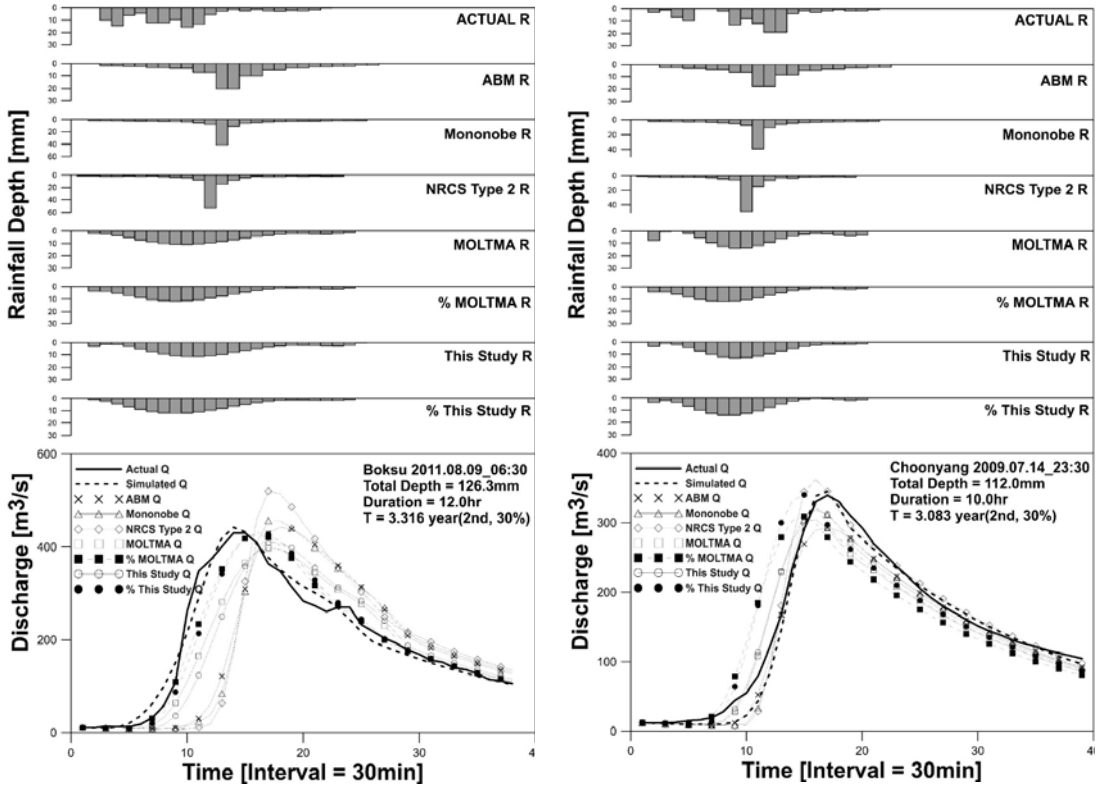
$q_o(t)$: t시간의 관측수문곡선

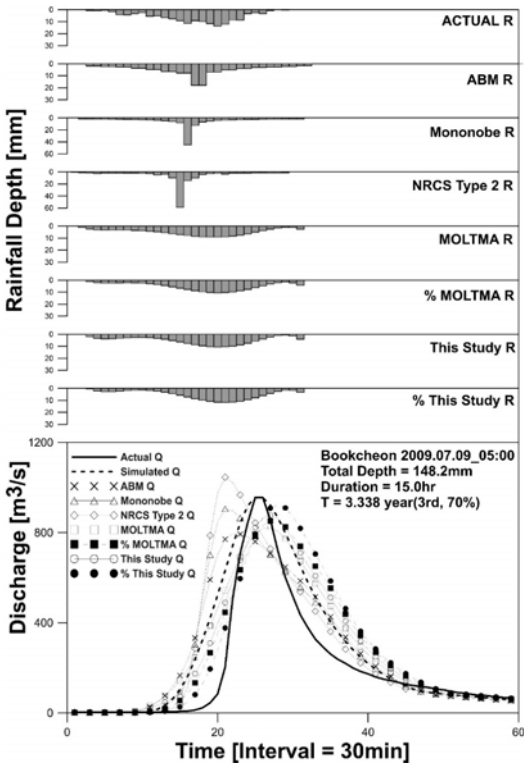
$q_s(t)$: t시간의 계산된 수문곡선

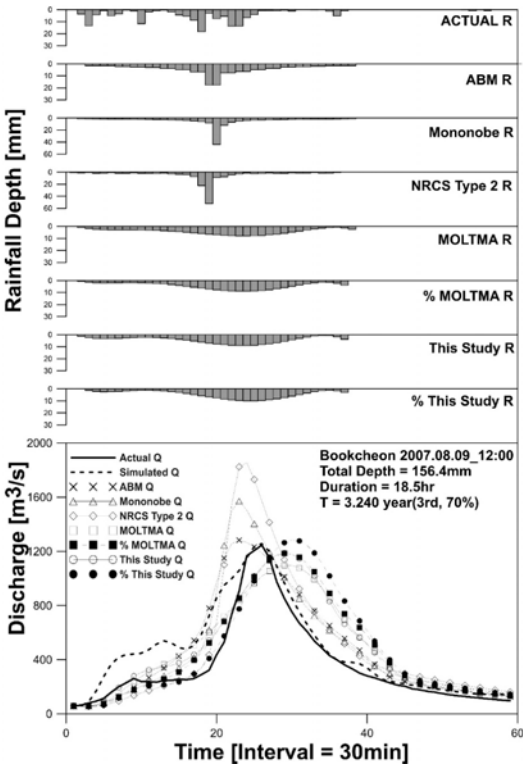
$q_o(mean)$: 관측수문곡선의 평균유량

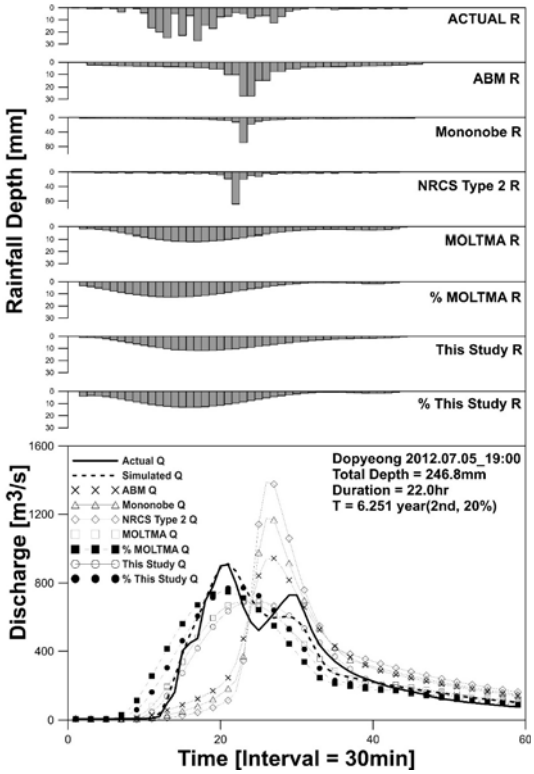
$q_o(peak)$: 관측수문곡선의 첨두유출량

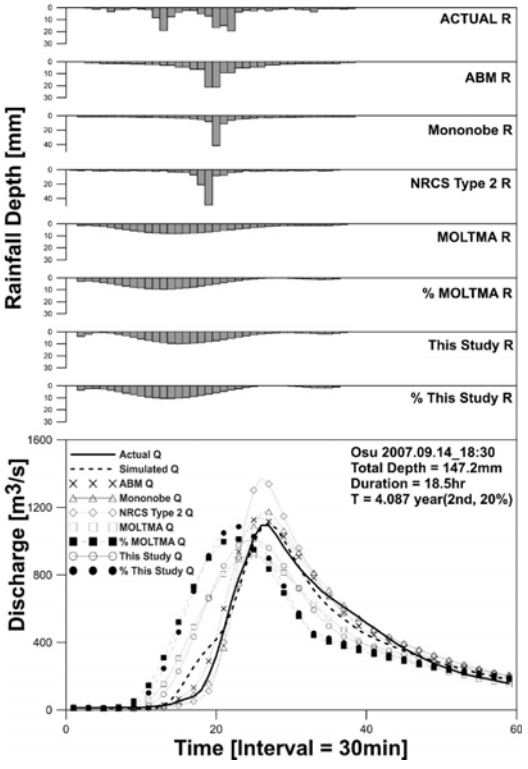
$q_s(peak)$: 계산된 수문곡선의 첨두유출량




ACTUAL R
ABM R
Mononobe R
NRCS Type 2 R
MOLTMA R
% MOLTMA R
This Study R
% This Study R
Rainfall Depth [mm]
Actual Q
Simulated Q
ABM Q
Mononobe Q
NRCS Type 2 Q
MOLTMA Q
% MOLTMA Q
This Study Q
% This Study Q
Bookcheon 2009.07.09_05:00
Total Depth = 148.2mm
Duration = 15.0hr
T = 3.338 year(3rd, 70%)
Discharge [m3/s]
Time [Interval = 30min]


ACTUAL R
ABM R
Mononobe R
NRCS Type 2 R
MOLTMA R
% MOLTMA R
This Study R
% This Study R
Rainfall Depth [mm]
Actual Q
Simulated Q
ABM Q
Mononobe Q
NRCS Type 2 Q
MOLTMA Q
% MOLTMA Q
This Study Q
% This Study Q
Bookcheon 2007.08.09_12:00
Total Depth = 156.4mm
Duration = 18.5hr
T = 3.240 year(3rd, 70%)
Discharge [m3/s]
Time [Interval = 30min]


ACTUAL R
ABM R
Mononobe R
NRCS Type 2 R
MOLTMA R
% MOLTMA R
This Study R
% This Study R
Rainfall Depth [mm]
Actual Q
Simulated Q
ABM Q
Mononobe Q
NRCS Type 2 Q
MOLTMA Q
% MOLTMA Q
This Study Q
% This Study Q
Dopyeong 2012.07.05_19:00
Total Depth = 246.8mm
Duration = 22.0hr
T = 6.251 year(2nd, 20%)
Discharge [m3/s]
Time [Interval = 30min]


ACTUAL R
ABM R
Mononobe R
NRCS Type 2 R
MOLTMA R
% MOLTMA R
This Study R
% This Study R
Rainfall Depth [mm]
Actual Q
Simulated Q
ABM Q
Mononobe Q
NRCS Type 2 Q
MOLTMA Q
% MOLTMA Q
This Study Q
% This Study Q
Osu 2007.09.14_18:30
Total Depth = 147.2mm
Duration = 18.5hr
T = 4.087 year(2nd, 20%)
Discharge [m3/s]
Time [Interval = 30min]

<목적함수 결과값>

Dopyeong, 2012.07.05				
Index	z_p	z_a	z_s	z_r
ABM	3.98	136.07	47565.03	221.69
Mononobe	29.31	164.52	67914.50	286.77
NRCS Type Ⅱ	52.76	201.02	95571.76	373.21
MOLTMA(2011)	−24.02	61.53	8119.61	106.69
ARCROM	−17.83	90.34	18275.31	148.91
MOLTMA(2011) %	−23.48	51.80	7626.42	106.15
ARCROM %	−14.44	70.06	10310.40	115.63

Bookcheon, 2007.08.09				
Index	z_p	z_a	z_s	z_r
ABM	2.93	128.38	36319.68	249.13
Mononobe	26.11	133.04	43175.40	299.36
NRCS Type Ⅱ	48.88	159.62	60910.82	382.78
MOLTMA(2011)	−11.89	145.99	39255.46	249.60
ARCROM	−4.89	146.88	44617.08	275.13
MOLTMA(2011) %	−4.67	137.66	38068.69	252.87
ARCROM %	3.00	165.77	64972.55	348.42

Bookcheon 2009.07.09				
Index	z_p	z_a	z_s	z_r
ABM	−16.86	102.36	30818.78	248.29
Mononobe	−5.28	100.59	38883.82	302.00
NRCS Type Ⅱ	9.37	98.99	48891.35	363.24
MOLTMA(2011)	−13.9	91.77	18944.41	179.25
ARCROM	−10.9	90.72	19426.50	191.98
MOLTMA(2011) %	−8.3	88.78	17791.85	178.58
ARCROM %	−3.4	95.20	23532.06	224.23

Boksu 2011.08.09				
Index	z_p	z_a	z_s	z_r
ABM	2.88	79.90	12835.32	109.99
Mononobe	6.04	84.25	15337.40	113.83
NRCS Type Ⅱ	20.73	92.57	18120.28	126.52
MOLTMA(2011)	−7.69	38.74	3673.61	62.94
ARCROM	−0.81	20.99	1283.96	39.66
MOLTMA(2011) %	−4.99	49.44	5648.05	75.20
ARCROM %	0.13	26.00	1853.84	46.93

Choonyang 2009.07.14				
Index	z_p	z_a	z_s	z_r
ABM	−13.62	15.89	435.24	22.51
Mononobe	−5.45	14.44	360.24	19.23
NRCS Type Ⅱ	6.84	12.75	315.25	18.19
MOLTMA(2011)	−10.26	21.84	819.39	34.59
ARCROM	−8.87	33.37	2202.78	54.78
MOLTMA(2011) %	−6.13	19.49	846..47	33.85
ARCROM %	0.20	29.87	2307.81	58.09

Osu 2007.09.14				
Index	z_p	z_a	z_s	z_r
ABM	4.16	37.41	2947.11	66.34
Mononobe	7.46	35.66	2264.96	56.68
NRCS Type Ⅱ	25.45	55.83	8133.72	126.80
MOLTMA(2011)	−16.41	110.12	26567.46	186.49
ARCROM	−7.27	183.23	70895.00	321.53
MOLTMA(2011) %	−7.67	106.50	25004.36	183.20
ARCROM %	−0.66	171.77	66816.39	318.74

Note : Mononobe: Hydrograph from Mononobe time distribution
ABM: Hydrograph from time distribution of ABM
NRCS Type Ⅱ: Hydrograph from time distribution of NRCS Type Ⅱ
MOLTMA (2011): Hydrograph from time distribution in MOLTMA
ARCROM: Hydrograph from time distribution in this study
MOLTMA (2011) %: Hydrograph from time distribution in MOLTMA considering return period
ARCROM %: Hydrograph from time distribution in this study considering return period

○ 결과

- 기존의 Huff(1967) 방법이 가지고 있는 첨두유출량 과소산정의 문제를 보완하고자 집중호우의 패턴을 반영하고 극한의 호우사상을 재현하기 위하여 강우의 재현기간을 고려한 시간분포 방법을 제안하여 기존에 사용하고 있는 다양한 시간분포방법을 실제 자료에 적용
- 기존에 사용하고 있는 Huff 방법(국토해양부, 2011)과 비교한 결과 집중호우 기각기준을 적용한 시간분포방법을 이용하여 산정된 유출수문곡선과 첨두유출량이 실제 사상과 더 유사한 결과를 보여 첨두유출량 과소산정의 문제를 보완할 수 있는 것으로 판단
- 또한 기각기준 이외에도 강우의 재현기간을 고려하여 재현기간이 높은 중호우의 경우에는 보다 낮은 발생확률의 강우패턴을 반영한 우량주상도를 산정하여 첨두유출량의 과소산정의 문제를 보완할 수 있는 것으로 판단
- 다양한 시간분포 방법과의 비교를 위하여 선정된 6개의 강우사상에 대해 여러 방법들을 통해 산정된 유출수문곡선과 실제 관측된 유출량과의 목적함수값을 비교한 결과 개선된 Huff 분포의 시간분포방법이 현재 사용되고 있는 Huff 분포와 비교하여 더 작은 오차를 가지는 것으로 확인
- 실제 유출수문곡선과 더 잘 부합하며, 기존의 문제로 지적되어 온 첨두유출량 과소산정의 문제를 개선한 것으로 판단

나. 3-2 세세부 : 설계강우의 ARF 및 공간분포 산정방법 개발

○ 본 연구에서는 설계홍수량 산정 시 활용하는 기존 면적고정형 ARF의 한계를 보완하고자 레이더 및 지상강우를 활용한 호우중심형 ARF를 산정하였으며, 권역별 강우의 공간분포 특성이 충분히 반영된 호우중심형 ARF를 제시함.

(1) 레이더 강우 기반 호우중심형 면적우량환산계수(ARF) 산정

○ 레이더 강우 자료 수집 및 영상처리

- 기상청의 단일편파 전국합성 레이더 자료는 1차 품질보정(Quality Control)을 거친 Binary 형태의 레이더 자료를 수집함.
- 10분 단위 전국합성 레이더 영상을 이용하여 각 Grid 마다 지속시간 별 연 최대치 강우량과 강우의 발생시간 자료를 생성하고 좌표를 선정함(지속시간 1, 3, 6, 12, 24시간).
- 대상유역 : 전국 4개 권역(한강, 낙동강, 금강, 영산강유역)
- 레이더 강우 : 기상청 전국합성 레이더 강우(단일편파)
- 기상청에서 자체 QC(Quality Control)을 거친 레이더 자료
- 레이더 강우 사상 : 2007~2012년(총 5년), 홍수기(6~9월), 10분 단위

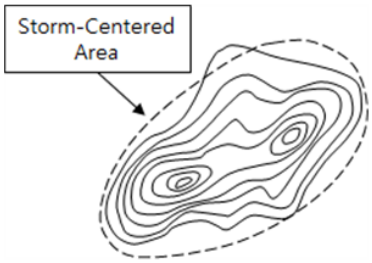
○ 호우중심형(Storm-Centered) 면적우량환산계수(ARF)

- 호우중심형 방법은 개개의 강우사상에 대해 분석하는 방법으로 호우를 분석 대상 유역 중심에 공간전이 시켜 최대의 강우량이 발생하도록 하는 방법임.
- 최대 지점강우량과 최대 면적강우량의 비로 결정되며, 동시간의 강우자료를 활용하여 강우사상마다 변화하는 등강우선 면적 내 평균 강우량을 산정함.

$$ARF_{S.C} = \frac{R_{A(S.C)}}{R_{P(S.C)}}$$

여기서, $R_{A(S.C)}$: 특정 강우사상에서 유역면적 및 지속시간에 대한 최대 면적강우량

$R_{P(S.C)}$: 강우사상의 최대 지점강우량



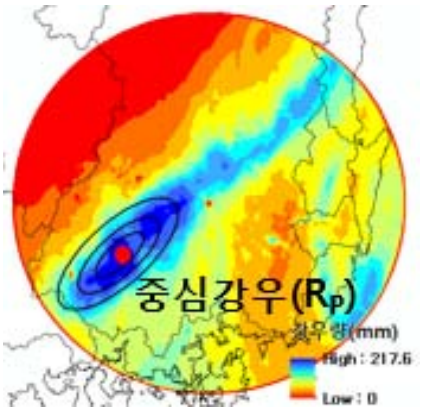
<호우중심형(Storm-Centered) 면적우량환산계수 산정 개념 >

○ 레이더 강우 호우중심형 ARF

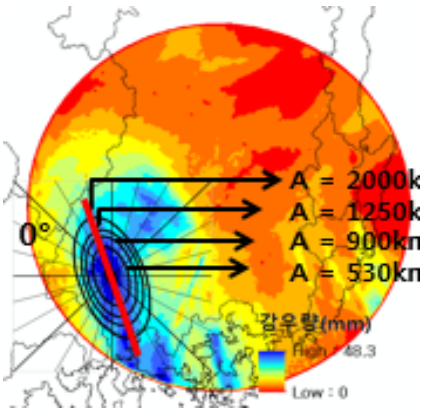
- 중심강우량(R_P)을 산정하기 위해 생성한 레이더 강우영상에서 강우량이 가장

큰 중심 강우의 좌표를 선정함.

- 선정된 위치의 중심강우로부터 주변격자 9개에 해당하는 레이더 강우의 평균값을 중심강우량으로 산정함.
- 면적강우량(R_A)을 산정하기 위해 면적의 형태 강우 형상에 맞는 원형 또는 타원형으로 설정하고, 강우중심으로부터 면적을 30~2000km^{2}까지 증가시켜 면적강우량을 산정함.
- 면적의 형태가 타원형일 경우, 먼저 타원의 장축의 방향각을 결정한 다음 타원의 장·단축비는 1:1(원형) ~ 15:1(타원)까지 변경시켜 각 면적 별 면적강우량 중 최대면적강우량을 최적 면적강우량으로 산정함.



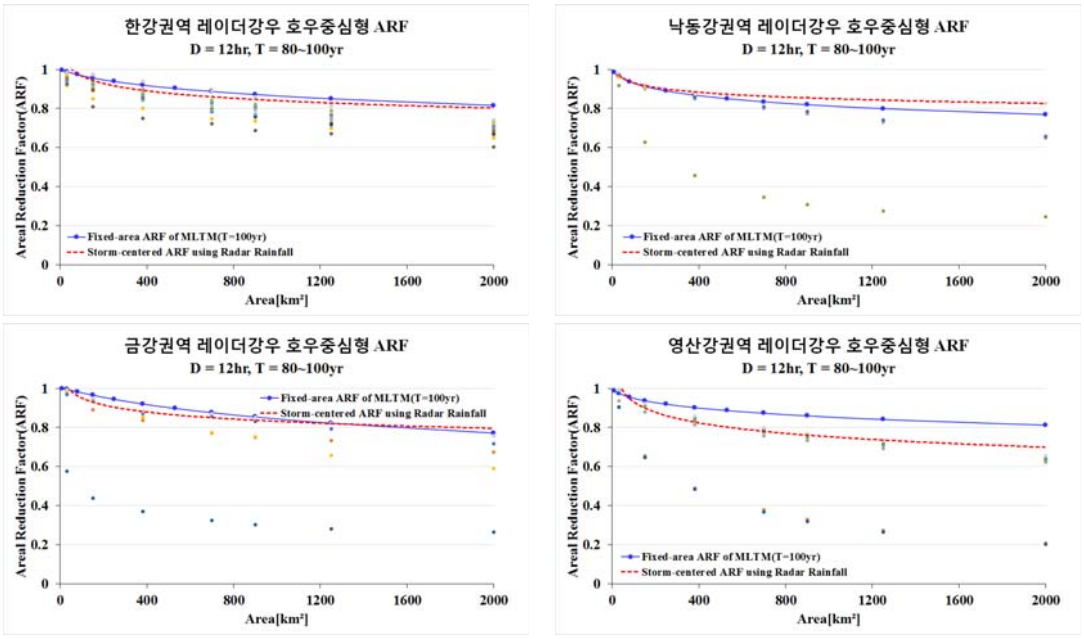
<중심강우량 산정 개념도>



<면적강우량 산정 개념도>

○ 레이더 강우 호우중심형 ARF 산정 결과

- 강우사상의 중심강우량과 최적 면적강우량을 이용하여 한강권역의 지속시간 1, 3, 6, 12, 24시간의 재현기간별 호우중심형 ARF를 산정함.
- 재현기간은 0~10년, 10~20년, 20~50년, 50~80년, 80~100년으로 구분함.
- 레이더 자료의 상태를 고려하여 영산강의 지속시간 24시간 및 재현기간 80~100년에 해당하는 강우사상은 모두 제거됨.



<전국 4개 권역의 레이더강우 호우중심형 ARF 산정 결과>

- 레이더 강우 기반의 호우중심형 ARF는 기존 제시된 국토해양부의 면적고정형 ARF와 비슷하거나 낮게 나타남.
- 레이더 자료의 가용기간이 짧아 다양한 빈도의 호우사상을 확보할 수 없어 높은 재현기간에서의 강우사상이 부족함.
- 레이더 자료에 비해 지상강우 관측 자료는 자료의 축적 기간이 더 길기 때문에 지상강우를 활용하여 레이더 자료의 부족한 강우사상 문제를 보완하고자 함.

(2) 지상강우 기반 호우중심형 면적우량환산계수(ARF) 산정

○ 지상강우 관측소 현황

- 레이더 강우 자료의 특성상 자료가 구축된 기간이 짧기 때문에 다양한 빈도의 강우사상을 확보하지 못함.
- 일반적으로 설계홍수량 산정 시에는 높은 재현기간의 강우사상을 확보할 필요가 있으므로 비교적 자료 구축기간이 긴 지상강우 자료를 활용하여 호우중심형 ARF를 산정함.
- 선정한 353개의 관측소는 각각 자료 보유기간이 상이함에 따라 동시간대 강우자료의 확보를 위해 관측소 별로 자료가 보유된 기간을 분석하여 기간별로 구분하여 ARF를 산정함.

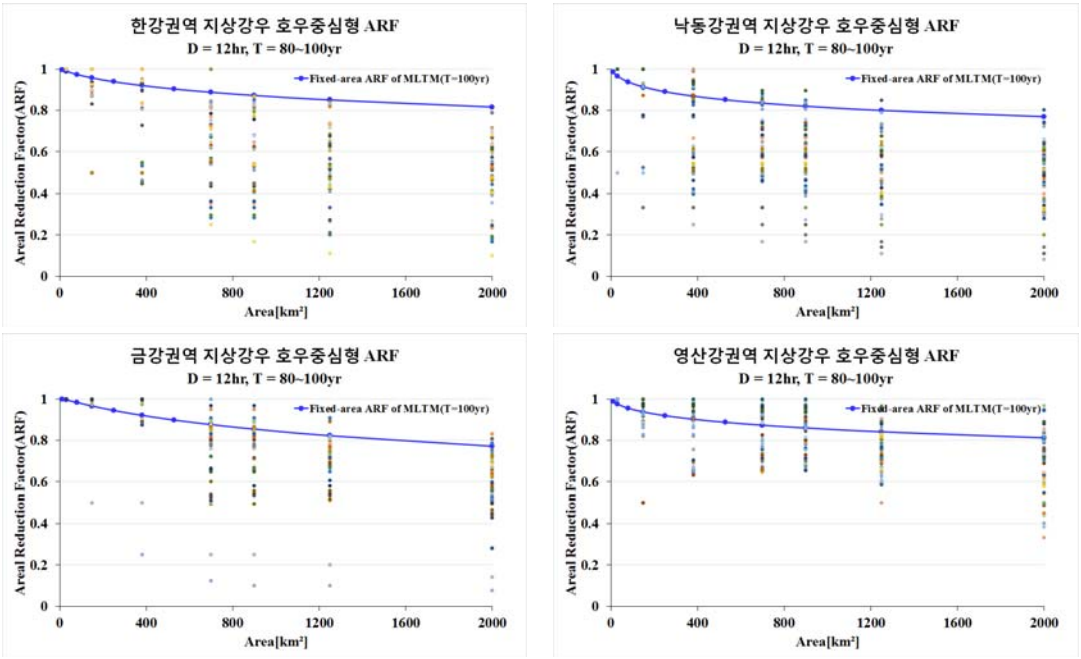
<4개 권역의 관측소 개수 및 기간별 분류>

자료보유기간	관측소 개수	30년 이상 (1985-2014)	20년 이상 (1995-2014)	15년 이상 (2000-2014)	7년 이상 (2008-2014)
한강	137개소	70	90	102	137
금강	64개소	46	57	57	64
낙동강	132개소	78	105	126	132
영산강	20개소	4	15	15	20

○ 지상강우 호우중심형 ARF 산정 방법

- 지상강우 기반 호우중심형 ARF 또한 레이더강우 기반 호우중심형 ARF와 마찬가지로 동시간에 발생하는 강우사상을 이용하여 ARF를 산정함.
- 지점강우량의 경우 실제 강우사상의 중심강우를 찾는데 무리가 있기 때문에 수집한 각각의 지상관측소를 강우사상의 중심으로 가정함.

○ 지상강우 호우중심형 ARF 산정 결과

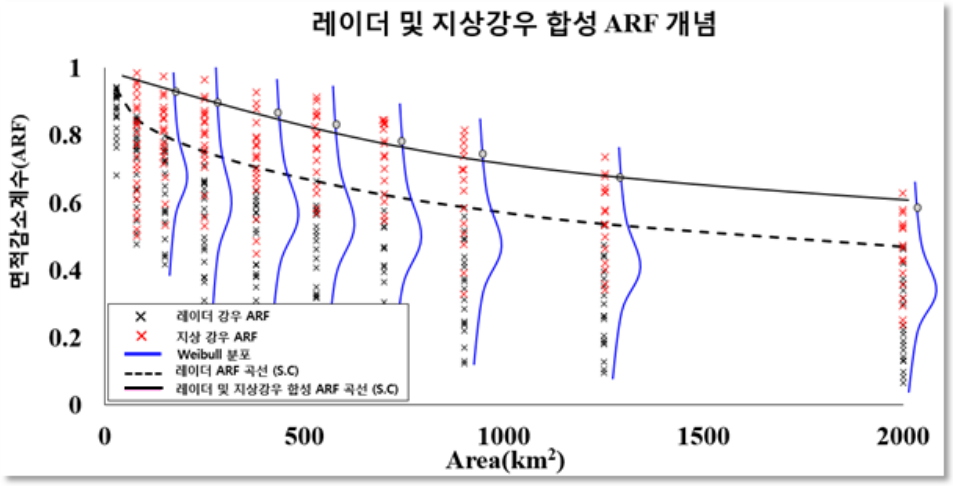


<전국 4개 권역의 지상강우 호우중심형 ARF 산정 결과>

- 레이더 강우 기반 호우중심형 ARF에 비해 다양한 강우 사상이 확보되는 것을 확인함.

(3) 레이더 및 지상강우 합성 호우중심형 면적우량환산계수(ARF) 산정

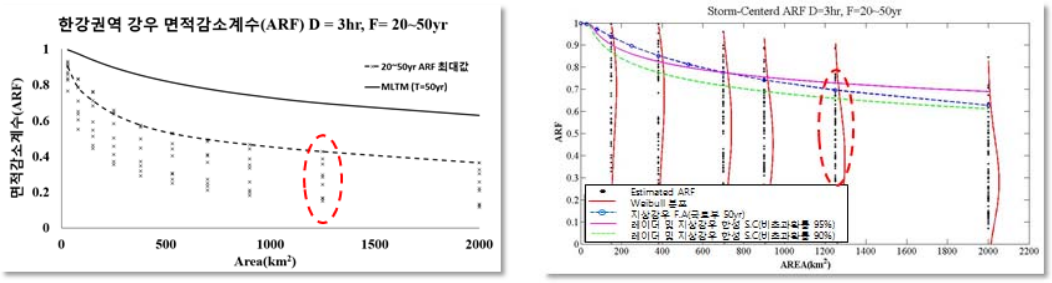
○ 레이더 및 지상강우 호우중심형 ARF 합성 방법



<레이더 및 지상강우 합성 ARF 개념>

- 레이더강우를 이용한 ARF와 지상강우 자료를 이용한 ARF를 기준면적 별로 정리함.
- 산정된 레이더강우와 지상강우 ARF 결과를 기준면적 별로 Weibull 분포를 적용함.
- Weibull 분포를 생성한 후, 각 분포의 비초과확률 90%, 95% 값을 산정함.
- 산정된 각 기준면적 별 비초과확률 값을 이용하여 ARF 곡선 회귀식을 산정함.

○ 레이더 ARF와 합성 ARF의 산정 결과 비교



<레이더 호우중심형 ARF 산정 결과(좌)
레이더 및 지상강우 합성 호우중심형 ARF 산정결과(우)>

- 동일 재현기간 및 지속시간에서 레이더를 이용한 ARF는 보유기간이 5년으로 짧아 ARF의 결과가 적게 산정됨.
- 지상강우를 합성할 경우 30년 이상의 다양한 강우사상이 확보되는 것을 확인할 수 있음.

– 따라서 지상강우를 합성하여 사용하는 것이 산정된 ARF의 신뢰도를 향상시킬 것으로 판단됨.

○ 레이더 및 지상강우 합성 ARF 산정 결과

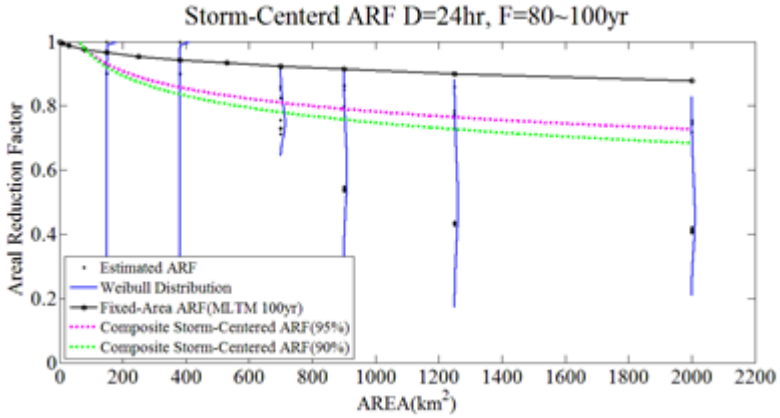
– 지속시간 및 재현기간 별로 산정된 레이더 및 지상강우 호우중심형 ARF를 합성하여 다양한 강우사상 확보가 어려운 레이더 강우의 문제점을 보완하고자 함.

– 레이더 및 지상강우 합성 ARF는 각각 다른 특성의 강우자료를 활용하여 산정한 두 ARF를 합성하기 위해 통계적 분석을 수행함.

– 레이더 및 지상강우 합성 ARF는 각 기준 면적별 Weibull 분포의 비초과확률 90%와 95%의 값을 회귀식으로 산정하여 기존 국토해양부(2011) ARF와 비교함.

– 산술적 최댓값은 표본 중 최댓값이지만, 통계적 최댓값은 표본의 확률분포 중 90, 95% 비초과확률에 대한 대응값을 선택함

– 호우중심형 ARF 곡선의 경우, 기존 국토해양부(2011)에서 제시한 지수형 적합방정식(Exponential fitting equation)을 사용하여 권역별 지속시간–재현기간에 대한 회귀상수를 제시함



<레이더 및 지상강우 합성 호우중심형 ARF 산정결과(한강권역)>

< 한강권역의 합성 호우중심형 ARF 곡선 회귀상수(비초과확률 95%) >

재현기간 (yr)	회귀상수	지속기간(hr)				
		1	3	6	12	24
0 ~ 10	M	0.541	0.653	14.974	0.979	1.321
	a	0.024	0.037	0.097	0.101	0.107
	b	0.603	0.461	0.102	0.203	0.167
10 ~ 20	M	0.520	0.865	7.331	1.323	1.038
	a	0.029	0.066	0.093	0.104	0.102
	b	0.569	0.335	0.142	0.188	0.189
20 ~ 50	M	0.594	1.308	2.920	0.667	0.658
	a	0.031	0.072	0.083	0.093	0.085
	b	0.548	0.313	0.198	0.231	0.256
50 ~ 80	M	0.613	1.298	3.018	0.689	0.615
	a	0.033	0.072	0.083	0.094	0.084
	b	0.532	0.314	0.196	0.228	0.264
80 ~ 100	M	0.464	1.116	2.865	2.578	0.779
	a	0.027	0.040	0.095	0.115	0.045
	b	0.579	0.440	0.156	0.149	0.406

< 한강권역의 합성 호우중심형 ARF 곡선 회귀상수(비초과확률 90%) >

재현기간 (yr)	회귀상수	지속기간(hr)				
		1	3	6	12	24
0 ~ 10	M	0.659	0.851	14.892	1.049	1.025
	a	0.027	0.040	0.094	0.091	0.091
	b	0.582	0.444	0.118	0.238	0.231
10 ~ 20	M	0.595	1.094	5.708	1.359	0.975
	a	0.024	0.066	0.090	0.095	0.094
	b	0.608	0.333	0.168	0.222	0.221
20 ~ 50	M	0.737	1.660	3.248	0.702	0.792
	a	0.036	0.072	0.079	0.080	0.076
	b	0.524	0.311	0.215	0.275	0.288
50 ~ 80	M	0.765	1.673	3.340	0.718	0.750
	a	0.038	0.074	0.079	0.081	0.075
	b	0.509	0.308	0.213	0.272	0.295
80 ~ 100	M	0.590	1.216	2.061	1.811	0.863
	a	0.031	0.036	0.088	0.107	0.041
	b	0.560	0.465	0.198	0.189	0.428

< 낙동강권역의 합성 호우중심형 ARF 곡선 회귀상수(비초과확률 95%) >

재현기간 (yr)	회귀상수	지속기간(hr)				
		1	3	6	12	24
0 ~ 10	M	0.571	0.427	0.347	0.268	0.294
	a	0.012	0.017	0.026	0.029	0.048
	b	0.752	0.645	0.556	0.551	0.435
10 ~ 20	M	0.763	0.425	0.410	0.351	0.328
	a	0.024	0.015	0.035	0.027	0.047
	b	0.648	0.690	0.515	0.569	0.445
20 ~ 50	M	0.763	0.492	0.482	0.311	0.494
	a	0.025	0.016	0.040	0.039	0.065
	b	0.639	0.673	0.486	0.506	0.385
50 ~ 80	M	0.763	0.526	0.482	0.312	0.370
	a	0.024	0.019	0.040	0.039	0.049
	b	0.646	0.628	0.487	0.504	0.474
80 ~ 100	M	0.718	0.624	0.613	0.310	0.341
	a	0.010	0.013	0.017	0.022	0.038
	b	0.807	0.716	0.658	0.608	0.491

< 낙동강권역의 합성 호우중심형 ARF 곡선 회귀상수(비초과확률 90%) >

재현기간 (yr)	회귀상수	지속기간(hr)				
		1	3	6	12	24
0 ~ 10	M	0.656	0.524	0.442	0.349	0.384
	a	0.014	0.019	0.026	0.027	0.044
	b	0.729	0.633	0.558	0.563	0.454
10 ~ 20	M	0.878	0.510	0.532	0.440	0.412
	a	0.033	0.015	0.036	0.023	0.038
	b	0.587	0.689	0.510	0.597	0.485
20 ~ 50	M	0.889	0.588	0.614	0.403	0.643
	a	0.036	0.016	0.043	0.030	0.064
	b	0.572	0.674	0.474	0.551	0.391
50 ~ 80	M	0.886	0.633	0.611	0.404	0.482
	a	0.034	0.019	0.042	0.031	0.049
	b	0.583	0.627	0.478	0.550	0.478
80 ~ 100	M	0.804	0.716	0.718	0.388	0.432
	a	0.013	0.013	0.016	0.019	0.031
	b	0.752	0.722	0.666	0.635	0.528

< 금강권역의 합성 호우중심형 ARF 곡선 회귀상수(비초과확률 95%) >

재현기간 (yr)	회귀상수	지속기간(hr)				
		1	3	6	12	24
0 ~ 10	M	0.437	0.392	0.560	14.772	1.654
	a	0.028	0.079	0.097	0.096	0.099
	b	0.565	0.318	0.253	0.090	0.165
10 ~ 20	M	0.802	0.584	0.759	2.468	1.012
	a	0.048	0.063	0.069	0.096	0.095
	b	0.467	0.373	0.339	0.157	0.189
20 ~ 50	M	1.015	0.597	0.665	1.197	12.947
	a	0.067	0.040	0.048	0.082	0.095
	b	0.397	0.463	0.403	0.223	0.089
50 ~ 80	M	1.198	0.616	0.745	1.081	14.799
	a	0.093	0.044	0.058	0.081	0.095
	b	0.325	0.445	0.364	0.231	0.086
80 ~ 100	M	-	0.827	2.982	1.380	14.937
	a	-	0.078	0.117	0.087	0.107
	b	-	0.325	0.168	0.195	0.113

< 금강권역의 합성 호우중심형 ARF 곡선 회귀상수(비초과확률 90%) >

재현기간 (yr)	회귀상수	지속기간(hr)				
		1	3	6	12	24
0 ~ 10	M	0.546	0.590	0.839	8.188	1.106
	a	0.032	0.086	0.101	0.097	0.087
	b	0.548	0.297	0.242	0.117	0.223
10 ~ 20	M	1.014	0.803	1.003	1.887	0.731
	a	0.062	0.071	0.074	0.090	0.076
	b	0.415	0.346	0.325	0.194	0.262
20 ~ 50	M	1.294	0.761	0.875	1.084	1.291
	a	0.083	0.045	0.052	0.070	0.095
	b	0.349	0.442	0.389	0.269	0.180
50 ~ 80	M	1.590	0.802	1.036	1.009	1.779
	a	0.113	0.050	0.065	0.069	0.098
	b	0.279	0.417	0.337	0.276	0.160
80 ~ 100	M	-	1.132	4.592	0.934	14.968
	a	-	0.086	0.120	0.069	0.111
	b	-	0.299	0.154	0.269	0.115

< 영산강권역의 합성 호우중심형 ARF 곡선 회귀상수(비초과확률 95%) >

재현기간 (yr)	회귀상수	지속기간(hr)				
		1	3	6	12	24
0 ~ 10	M	0.318	0.252	0.293	0.304	0.196
	a	0.006	0.015	0.038	0.052	0.058
	b	0.886	0.714	0.493	0.419	0.422
10 ~ 20	M	0.400	0.328	0.294	0.235	0.285
	a	0.008	0.031	0.041	0.086	0.030
	b	0.854	0.571	0.478	0.310	0.552
20 ~ 50	M	0.541	0.486	0.251	0.297	0.281
	a	0.014	0.027	0.036	0.049	0.052
	b	0.765	0.595	0.498	0.429	0.435
50 ~ 80	M	0.538	0.506	0.251	0.366	0.281
	a	0.009	0.027	0.037	0.058	0.052
	b	0.831	0.583	0.498	0.378	0.435
80 ~ 100	M	0.194	0.179	0.218	0.304	0.197
	a	0.004	0.030	0.066	0.123	0.121
	b	0.952	0.565	0.383	0.206	0.247

< 영산강권역의 합성 호우중심형 ARF 곡선 회귀상수(비초과확률 90%) >

재현기간 (yr)	회귀상수	지속기간(hr)				
		1	3	6	12	24
0 ~ 10	M	0.383	0.318	0.369	0.377	0.255
	a	0.006	0.013	0.032	0.042	0.043
	b	0.913	0.740	0.527	0.462	0.481
10 ~ 20	M	0.474	0.421	0.384	0.283	0.340
	a	0.010	0.032	0.034	0.060	0.027
	b	0.827	0.564	0.513	0.391	0.572
20 ~ 50	M	0.608	0.612	0.329	0.385	0.347
	a	0.019	0.033	0.031	0.039	0.042
	b	0.720	0.555	0.530	0.475	0.478
50 ~ 80	M	0.601	0.631	0.329	0.459	0.347
	a	0.011	0.031	0.031	0.046	0.042
	b	0.814	0.560	0.530	0.425	0.478
80 ~ 100	M	0.258	0.247	0.278	0.272	0.206
	a	0.002	0.026	0.051	0.091	0.088
	b	1.043	0.592	0.437	0.291	0.326

< 섬진강권역의 합성 호우중심형 ARF 곡선 회귀상수(비초과확률 95%) >

재현기간 (yr)	회귀상수	지속기간(hr)				
		1	3	6	12	24
0 ~ 10	M	0.456	0.325	0.478	0.461	0.312
	a	0.011	0.029	0.059	0.078	0.076
	b	0.812	0.603	0.406	0.331	0.368
10 ~ 20	M	0.468	0.295	0.258	0.259	0.192
	a	0.005	0.013	0.038	0.065	0.062
	b	0.954	0.708	0.487	0.373	0.410
20 ~ 50	M	0.538	0.310	0.255	0.290	0.213
	a	0.005	0.021	0.032	0.054	0.107
	b	0.965	0.634	0.521	0.410	0.277
50 ~ 80	M	0.546	0.324	0.264	0.363	0.213
	a	0.007	0.024	0.034	0.063	0.107
	b	0.889	0.602	0.504	0.357	0.277
80 ~ 100	M	0.682	0.283	0.305	0.428	0.280
	a	0.034	0.015	0.034	0.036	0.027
	b	0.634	0.681	0.518	0.489	0.556

< 섬진강권역의 합성 호우중심형 ARF 곡선 회귀상수(비초과확률 90%) >

재현기간 (yr)	회귀상수	지속기간(hr)				
		1	3	6	12	24
0 ~ 10	M	0.537	0.416	0.616	0.595	0.411
	a	0.012	0.030	0.058	0.073	0.069
	b	0.795	0.598	0.410	0.346	0.388
10 ~ 20	M	0.542	0.363	0.327	0.331	0.226
	a	0.006	0.012	0.030	0.055	0.049
	b	0.937	0.729	0.531	0.406	0.460
20 ~ 50	M	0.611	0.401	0.328	0.375	0.266
	a	0.006	0.021	0.027	0.045	0.084
	b	0.934	0.636	0.556	0.444	0.333
50 ~ 80	M	0.627	0.423	0.339	0.455	0.265
	a	0.011	0.025	0.029	0.054	0.083
	b	0.827	0.600	0.539	0.394	0.335
80 ~ 100	M	0.782	0.362	0.394	0.558	0.362
	a	0.050	0.015	0.033	0.036	0.023
	b	0.567	0.695	0.527	0.489	0.585

○ 지속시간 별 면적고정형 ARF 및 호우중심형 ARF 비교

- 일정한 면적과 재현기간을 두고 지속시간 별 ARF의 결과를 살펴보았을 때 면적고정형 ARF의 경우 지속시간 12시간 이전에는 지수형태로, 그 이후에는 선형으로 증가하는 양상을 보임.
- 호우중심형 ARF 또한 면적고정형 ARF과 같은 양상을 보였으며, 지속시간에 따른 ARF와의 관계로 특정 지속시간에 대한 ARF를 추정할 수 있음.

○ 재현기간 별 면적고정형 ARF 및 호우중심형 ARF 비교

- 면적고정형 ARF와 호우중심형 ARF를 일정 면적 및 지속시간에 대해 재현기간 별로 나타내면 면적고정형 ARF의 경우 재현기간과 상관없이 거의 일정함.
- 호우중심형 ARF의 경우 지속시간 12시간에서는 면적고정형 ARF와 유사하게 나타났으나, 재현기간마다 고려되는 강우 사상의 수의 편차가 크기 때문에 추가적인 분석이 필요하다고 판단됨.

다. 3-3 세세부: 설계홍수량 산정방법 개발

○ 계측 및 미 계측 유역의 선진화된 홍수량 산정방법을 제시하여 홍수량 산정의 불확실성 저감 및 신뢰성 향상이 필요하며, 국토의 많은 부분을 차지하는 미계측 유역의 신뢰할 수 있는 표준화된 홍수량 산정 방법의 제시를 통해 체계적인 하천관리 기술을 제공하려함

(1) 강우-유출자료 수집 및 검증

(가) 과업목적 및 범위

○ 한국형 설계홍수량 산정기법 개발을 위한 국내 강우-유출자료 수집, 검증 및 DB 구축

- 65개 지점에 대한 강우-유출자료 검증 및 DB 구축 및
- 소유역분할 검토 지점 선정

○ 강우-유출자료 활용성 증대를 위하여 지점별 유역특성분석

- 유역면적, 하천길이, 하천경사, 유역경사, 토이이용현황 및 유출곡선지수(CN) 등의 유역특성인자 산정
- 유역특성인자 산정에 활용된 지형자료 지점별 구축

○ 국외 연구자들이 국내 수문자료 활용을 통한 연구수행 할 수 있도록 강우-유출자료 구축 현황 영문화

- 강우-유출자료 검증 및 DB 구축방법 영문화 및
- 강우-유출자료 DB 영문화(강수량, 수위, 유량)

(나) 강우-유출자료 DB 구축 절차

- ■ 강우-유출자료 현황 파악 및 자료 수집
- ■ 강우-유출분석을 위한 지점 선정 및 자료 검증
- ■ 자료 검증 및 DB 구축
- ■ 강우-유출자료 DB 구축지점 기본현황 및 유역특성분석

(다) 강우-유출자료 DB 구축 방법

○ 자료수집 : 국토교통부, 기상청, 한국수자원공사 등 국내 수문조사기관의 수문자료(강수량, 수위, 유량) 수집

○ 지점선정 : 유역규모 1,000㎢ 이내인 지점, 홍수시 자연유량조건 충족 지점, 신뢰성 있는 강우-유출자료 생산 가능 지점 선정

○ 강우-유출자료 검증

- 강수량 : 인근 관측소 양적 및 시간적 분포 비교, 이상치 및 결측치 검토

- 수위 : 수위수문곡선 연속성 및 정상성 검토, 상하류 관측소와 비교, 목측자료와 비교 등
- 유량 : 수위자료 정상성, 수위-유량관계곡선도 적정성, 유출률 및 상하류 유량 비교 등

○ 강우-유출자료 생산
- 유역평균강수량 : 유역 내외에 위치한 강수량관측소에 대해 Thissen 방법을 이용하여 산정
- 유출량 : 연속으로 관측된 수위자료에 수위-유량관계곡선식을 적용하여 산정, 수위-유량관계곡선식이 개발되지 않은 연도는 해당 연도의 전후 연도에 개발된 수위-유량관계곡선식 적용하여 산정

(라) 유역특성 분석 방법

○ 자료 수집
- "2013년 전국유역조사"의 수자원단위지도 3.0 및 DEM(30m×30m) 자료
- 1:25,000 수치지도(국토지리정보원 제공), 토지이용도 등
- 하천기본계획, 우리가람길라지도,구글 위성지도(www.google.co.kr)

○ 사용프로그램 : Arc GIS 프로그램 이용한 유역특성 분석

○ 유역특성산정 인자 : 유역면적, 하천길이, 형상계수, 하천경사, 유역경사, SCS 유출곡선지수(CN), 토지이용도, 수문학적 토양군 분류(SCS)

(마) 강우-유출자료 DB 구축 및 유역특성 분석 결과

○ 수계별 유역규모 분포

수 계		유역면적 규모(km^2)						
		계	~100	100~200	200~300	300~400	400~500	500~1,000
한 강		27	3	2	6	6	2	8
낙동강		11	1	3	3		2	2
금 강		18	4	5	6		1	2
만경강		2	1		1			
섬진강		5	1	2		2		
영산강		2	1	1				
계	지점수	65	11	13	16	8	5	12
	비율(%)	100	16.9	20.0	24.6	12.3	7.7	18.5

○ 강우-유출자료 DB 구축 년수

구 분		1~2년	3~4년	5~6년	7~8년	9~10년	13년
지점수	65	16	13	12	16	7	1
비율(%)	100	24.6	20.0	18.5	24.6	10.8	1.5

○ 소유역 분할관련 DB구축 지점 선정

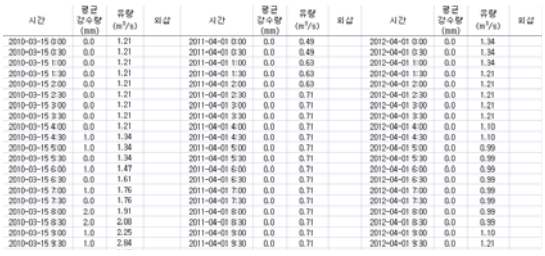
- 65개 강우-유출자료 DB구축 지점 중 상·하류 연계 가능한 5개 구간 선정

수계	하천	상류		하류		거리 (km)
		지점명	유역면적(㎢)	지점명	유역면적(㎢)	
한강	영평천	포천시(영평교)	467.33	포천시(신백의교)	550.92	7.26
	평창강	평창군(방림교)	528.49	평창군(평창교)	696.93	21.99
	청미천	이천시(장호원)	435.94	여주시(원부교)	519.53	4.33
	홍천강	홍천군(주음치교)	522.76	홍천군(굴운교)	724.83	10.13
금강	갑 천	용 촌	82.65	가수원	208.65	12.2
	갑 천	가수원	208.65	유 성	251.07	5.30
	갑 천	유 성	251.07	회 덕	609.40	6.10

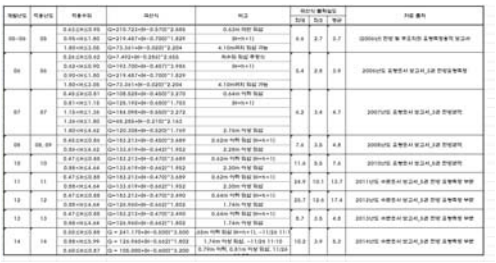
○ 강우-유출자료 DB 구축 형태

- 강우-유출분석에 직접 활용하고 필요시 해당 자료를 검토할 수 있도록 관련 자료 및 정보를 DB형태로 구축

DB
- ① 강수량-유출량 : 유역평균강수량, 유출량
- ② 수위-강수량 : 수위, 강수량(유역평균강수량에 활용된 관측소)
- ③ 수위-유량관계곡선식 : 수위-유량관계곡선식, 불확실도, 자료 출처 (곡선식 개발연도, 적용연도, 적용수위 포함)
- ④ Thiessen망 : 강수량관측소별 Thiessen계수, Thiessen망도
- ⑤ 유출검토 : 연도별 유출률(전기간, 홍수기), 강우-유출 곡선도



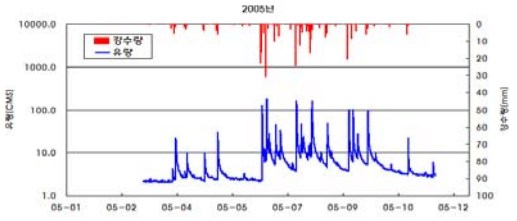
㉮ 강수량-유출량



㉯수위-유량관계곡선식 정보



㉰Thiessen망 정보



㉱강우-유출수문곡선

○ 강우-유출자료 DB 구축 영문화

- 강우-수위-유출량 자료, 강우-유출수문곡선 제공

- 강우-유출자료 검증 및 DB 구축방법 영문화(별도 제공)

(2) 도달시간(Tc) 및 저류상수(K)의 적용성 검토

(가) 검토 내용 및 방법

○ 검토내용

- 기수립된 7개하천(7개 소유역)에 대한 하천기본계획을 이용하여 홍수량 산정을 위한 유역특성치, 강우자료 등을 수집하고 HEC-1모형을 이용하여 홍수유출모형을 구축
- 본 연구에서 제안한 도달시간(Tc) 및 저류상수(K) 산정공식을 적용하여 임계지속기간에 따른 첨두홍수량 산정
- 70개 대상소유역에 대해 기존 홍수량과의 비교·검토를 통해 제안된 경험공식의 적용성 검토

○ 검토방법

- 본 연구에서 검토대상 소유역으로 선정한 7개하천(70개 소유역)내 유출특성인자중 유역면적(㎢), 유로연장(km), 강우강도식, CN값, 강우지속기간(당초기준) 등은 하천기본계획상 자료를 인용하여 동일조건으로 고려
- 본 연구에서 제안한 경험식의 적용성을 검토하기 위해 다음과 같이 4가지 경우의 유출모형 구축
- 당초 : 기수립된 하천기본계획상 자료를 그대로 적용한 경우
- CASE1 : 금회 제안한 도달시간(Tc)공식을 적용한 경우
- CASE2 : 금회 제안한 저류상수(K)공식을 적용한 경우
- CASE3 : 금회 제안한 도달시간(Tc)공식 및 저류상수(K)공식을 적용한 경우
- 본 연구에서 검토한 7개하천(70개 소유역)은 지천(2011), 웅천천 (2014), 도홍천(2014), 석우천(2014), 성환천(2014), 가천(2014), 대서천(2014) 등임

(나) 홍수량 산정

- 본 연구에서 선정한 대상소유역은 하도저류효과가 없는 구간으로 간주하여 단일유역으로 홍수량 모의
- 본 검토에 따른 홍수량 산정은 실무에서 가장 많이 쓰여지고 있으며, 유역의 도달시간과 저류상수 등 2개의 매개변수만으로 안정적이고 객관적인 홍수량분석이 가능하며, 유출의 전이효과뿐만 아니라 유역의 저류효과도 고려하여 실제 유출의 물리적인 현상을 보다 구체적으로 기술할 수 있으므로 자연유역에 적용하기 적합한 방법으로 알려진 Clark방법을 이용함

○ 모형구축을 위한 유역 특성자료

- 유역의 도달시간은 강우가 해당유역에 발생하였을 때 유역의 최상류점에서 최하류부(유역출구점)까지 강우가 도달하는데 소요되는 시간
- 일반적으로 강우사상에 의한 유역 출구점에서의 첨두홍수량은 도달시간만큼 지체되어 발생하며, 각 홍수량 산정모형별로 다소간의 차이는 있으나 첨두홍수량의 크기에 직접적인 영향을 미치므로 홍수도달시간의 정확한 산정은 유출모형의 적용에 가장 중요한 인자 중 하나임
- 또한, 유역의 설계강우 - 유출의 반응을 대표하는 매개변수로서 도달시간 이외에 저류상수가 있으며, 일반적으로 경험공식을 이용하여 결정함
- 본 연구에서 제안한 도달시간(Tc) 및 저류상수(K) 산정공식은 다음과 같으며, 소유역별 유역매개변수 산정결과는 다음 표와 같음

- $T_c = 0.125A^{0.4}L^{0.21}H^{0.05}$ A:유역면적(㎢), L:유로연장(㎞), H:고도차(m)
- $K = 0.94\left(\frac{H}{A}\right)^{0.04}L^{0.24}T_c^{0.58}$ Tc:도달시간(hr), K:저류상수(hr)

○ 첨두홍수량 산정결과
- 본 연구에서 제안한 도달시간(Tc) 및 저류상수(K)의 적용성을 검토하기 위해 4가지 방법으로 유출모형을 구축하여 각각 홍수량을 산정하였음

(다) 검토결론
- 소유역별 첨두홍수량 산정결과 당초안과 CASE1의 첨두홍수량 산정결과가 유사한 결과를 보임
- CASE2와 CASE3가 유사한 결과를 보이는 것으로 검토되었으며, 기수립자료를 이용한 당초안 대비, 금회 연구에서 제안한 도달시간(Tc)공식을 적용한 CASE1의 경우가 70개소유역 전체구간에서 당초안과 유사한 패턴(pattern)을 가지는 것으로 검토되었음

(3) 설계강우의 임계지속기간 결정 방법

(가) 연구의 목적 및 검토의 내용

○ 연구의 목적
- 하천기본계획이 기수립되어 있는 하천유역을 대상으로 임계지속기간을 고려한 첨두홍수량을 산정함에 있어, 강우지속기간의 변화간격을 어느 정도로 해야 유의한 수준의 결과를 얻을 수 있는지에 대해 검토하고자 함
- R_{24}(24시간 강우)에 의한 첨두홍수량과 임계지속기간을 고려한 첨두홍

수량과의 편차를 살펴봄으로써 R_{24}의 적용성을 검토하고자 함

○ 검토의 내용
- 검토내용 : 기수립된 7개 하천(70개 소유역)에 대한 하천기본계획의 홍수량을 이용해서 분석을 실시함
- 홍수량 산정을 위한 유역특성치, 강우자료 등을 수집하고 HEC-1모형을 이용하여 홍수유출모형을 구축하고자 함
- 검토대상하천 : 지천, 웅천천, 도흥천, 석우천, 성환천, 가천, 대서천

(나) 홍수량 산정

○ 홍수량 산정을 위한 대상 선정 및 산정방안
- 홍수량 산정은 7개 하천(70개 소유역)을 검토대상으로 선정
- 홍수량 산정방법은 Clark 유역추적법을 이용
- 임계지속기간 결정을 위한 강우지속기간의 변화간격을 10분, 1시간, 2시간, 3시간, 6시간 등 5개 시간간격으로 변화시킬 때 임계지속기간 및 첨두홍수량을 산정하였음

○ 입력자료 구축 : 강우관측소 선택시 고려사항 : 대상유역과의 거리, 충분한 시우량 보유년수, 시우량 보유년수가 많은 우량관측소

○ 강우강도식 : 강우강도식의 목적 : 해당 지속기간에 대한 확률강우량이 없는 경우에 내삽에 의한 보간을 하기 위하여 산정이 필요함

○ 면적확률강우량
- 면적확률강우량의 목적 : 홍수량을 산정하고자하는 해당 소유역에 대한 설계강우량을 산정하고자 함
- 강우의 미계측 지점이나 어떤 유역의 면적강우량을 이용하여 강우-유출 모형을 적용하기 위해서는 우량관측지점의 지점강우량을 면적강우량으로 변환시켜야 함
- 산정지점별 Thiessen 면적비

○ 면적유량 환산계수
- 면적유량 한산계수의 목적 : 공간분포 및 이동 등에 의하여 강우가 유역 전반에 걸쳐 동일한 형태로 발생하지 않으므로 유역의 면적강우량은 관측소의 지점강우량보다 작아지게 되므로 이에 따른 계수를 고려하여야 함
- 산정 방안 : 면적우량환산계수를 실제 유역에 적용할 경우 홍수량 산정지점별로 재현기간별 지속기간별 면적우량환산계수를 산정한 후 이를 면적별 강우지속기간-면적우량환산계수 형태의 회귀곡선으로 유도하여 사용하며, 회귀상수

가 제시되지 않은 지속기간 등은 인접 지속기간의 면적우량환산계수를 보간하여 산정하여야 함

○ Huff 4분위 방법을 이용한 시간분포 모형 작성

○ NRCS방법을 이용한 유효우량 산정 : NRCS 방법(구 SCS 방법)은 대표적인 표준형 강우-유출관계 곡선법으로, 유역의 토양형, 식생피복형 등의 유출특성과 선행토양함수 조건 등을 고려할 수 있어 합리적인 결과가 도출이 가능함

○ 모형구축을 위한 유역 특성자료 : Clark 단위도 또는 Clark 유역추적법을 이용하여 홍수량을 산정하였음

(다) 강우지속기간 변화간격에 따른 임계지속기간 및 첨두홍수량 변화

○ 홍수량 산정을 위한 대상 선정 및 산정방안
- 70개 대상 소유역에 대한 첨두홍수량 산정결과를 검토하였음
- 강우지속기간의 변화간격이 10분일 때 가장 임계지속기간의 정의에 부합하는 임계지속기간과 첨두홍수량을 얻을 수 있는 것으로 분석됨
- 강우지속기간의 변화간격이 10분일 때의 첨두홍수량을 기준으로 검토해 보면, 강우지속기간의 변화간격이 증가할수록 첨두홍수량은 대체로 감소함

○ 강우지속기간의 변화간격에 따른 임계지속기간 및 첨두홍수량 산정결과
- 강우지속기간의 변화간격이 10분일 때 가장 임계지속기간의 정의에 부합하는 임계지속기간과 첨두홍수량을 얻을 수 있는 것으로 분석됨
- 강우지속기간의 변화간격이 10분일 때의 첨두홍수량을 기준으로 검토해 보면, 강우지속기간의 변화간격이 증가할수록 첨두홍수량은 대체로 감소하는 것으로 분석됨

○ 강우지속기간의 변화간격별 분석
- 각 강우지속기간의 변화간격별 첨두홍수량과의 편차가 5%이내, 10%이내, 10%초과로 발생하는 대상유역수를 결정함
- 검토대상 70개 소유역중 편차가 10%이상인 유역수가 크게 증가하는 유역면적 25㎢를 기준으로 편차에 따른 유역 개소수를 산정하였음

○ 임계지속기간 및 첨두홍수량에 대한 비교 · 검토
- 각 강우지속기간의 변화간격별 첨두홍수량과의 편차가 5%이내, 10%이내, 10%초과로 발생하는 대상유역수를 결정함
- 10분간격으로 모의한 첨두유출량 대비 편차가 10%이내로 편차가 발생한 구간

은 1시간, 2시간, 3시간 변화간격으로 모의한 구간이며, 6시간 간격으로 모의한 구간은 총 20개 유역에서 10%이상 편차가 발생하는 것으로 검토되었음

- 강우지속기간의 변화간격을 3시간 이내로 모의한 구간에서 임계지속기간에 따른 첨두홍수량값은 큰 차이가 없는 것으로 검토되었으며, 대상유역의 유역면적이 작은 경우(A=25㎢미만인 유역), 강우지속기간의 변화간격이 증가할수록 임계지속기간 및 첨두홍수량 산정에 따른 편차가 크게 발생하는 것으로 검토되었음

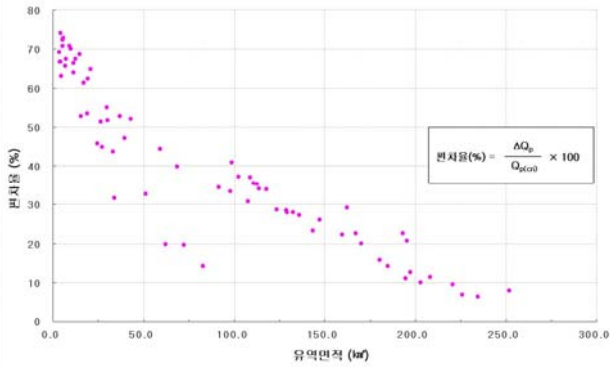
(라) 24시간 강우지속기간 및 임계지속기간 적용시 Qp 비교

○ 검토 개요

- 임계지속기간, D(cri)개념을 고려하여 산정한 유역의 첨두홍수량, Qp(cri)와 24시간 강우지속기간을 적용한 첨두홍수량, Qp(24)의 차이(△Qp)를 비교·검토하기 위해 분석을 실시하였음
- 각 소유역별 재현기간은 100년빈도로 동일하게 적용하였음

○ 임계지속기간을 적용한 첨두홍수량 분석

- 검토 대상 70개 소유역에 대해 임계지속기간, D(cri)를 적용한 첨두홍수량, Qp(cri)와 R24(24시간 강우)를 적용한 첨두홍수량, Qp(24)를 비교·검토하였음
- 임계지속기간을 적용한 첨두홍수량에 비해 R_{24}를 적용한 첨두홍수량이 매우 작게 산정되었으며, 검토대상 소유역의 유역면적이 작을수록 첨두홍수량의 편차가 큰값으로 산정됨
- 강우지속기간에 따른 첨두홍수량(Qp)비교
- 유역면적별 $Qp_{(cri)}$와 $Qp_{(24)}$의 편차율



○ 임계지속기간을 적용한 첨두홍수량 분석

- 임계지속기간을 적용한 첨두홍수량, $Qp_{(cri)}$와 R_{24}를 적용한 첨두홍수량,

$Qp_{(24)}$의 편차구간별 소유역 개소수를 검토한 결과, 10%이내로 편차가 발생한 구간은 4개소, 10 ~ 50%이내로 발생하는 구간은 40개소, 50%를 초과하는 유역은 26개소로 검토되었음

- 동일유역에서 임계지속기간을 고려한 첨두홍수량, $Qp_{(cri)}$보다 R_{24}(24시간 강우)를 적용한 첨두홍수량, $Qp_{(24)}$가 현저히 작게 산정되는 것으로 볼 때, 유역면적 250㎢이하의 중소규모 유역에 대한 적용성은 무리가 있을 것으로 판단됨

(4) 한국형 유효강우량 산정 가이드

(가) NRCS 유출곡선지수의 국내적용 시 문제점

○ 미국과 우리나라 토지이용상태 분류 방법 비교

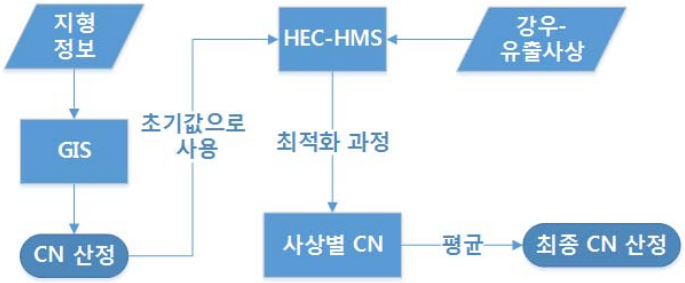
- 미국에서 개발된 이 방법을 우리나라에 적용하려면 우리나라의 조건에 맞게 조정을 할 필요가 있음
- 선행토양함수조건은 강수에 대한 기준이므로 NRCS의 기준을 그대로 사용
- 수문학적 토양군은 우리나라의 기준을 참고하여 적용가능(표 1)
- 그러나 토지이용상태의 경우는 미국과 우리나라의 기준이 다르게 나타나 우리나라의 기준에 맞게 조정해야 함

○ NRCS-CN 방법 적용시 문제점

- 미국의 기준에는 담수재배를 하는 논에 대한 유출곡선지수를 대표하는 기준이 없음
- 산림에 경우도 수림(wood)에 대한 기준은 제시되어 있는 반면, 산림(forest)에 대한 기준은 제시되지 않음
- 미국의 토지이용상태를 우리나라 토지이용상태에 적용하는 경우 서로 기준이 달라 항목별로 적용하는 기준이 명확하지 않음
- 우리나라의 토양, 식생, 지형이 미국과 달라 유출특성이 다르게 나타나고 논이라는 특수한 지형과 지역의 대부분이 산으로 이루어진 특수한 지형을 고려할 때, 유효우량을 산정하는데 필요한 유출곡선지수를 우리나라에 맞게 조정할 필요가 있음
- 논에 대한 유출곡선지수는 국토해양부(2012a)에서 79(AMC-Ⅱ)로 제시하고 있지만 임상준과 박승우(1997)은 농번기에 물을 담아두어 농사를 짓는 우리나라의 특성을 고려하여 강우-유출 모형을 적용한 결과 논의 유출곡선지수를 78로 산정
- 미국의 경우 수림(woods)에 대한 유출곡선지수는 제시되어 있으나 산림(forest)에 대한 기준은 제시하지 않고 있음(국토해양부, 2012a).
- 우리나라의 산림은 암석비율이 높아서 미국의 기준을 우리나라에 적용하는데 문제가 있음(김정호 등, 2014).

(나) 한국형 유출곡선지수 기준 제시

○ HEC-HMS를 이용한 CN 최적화



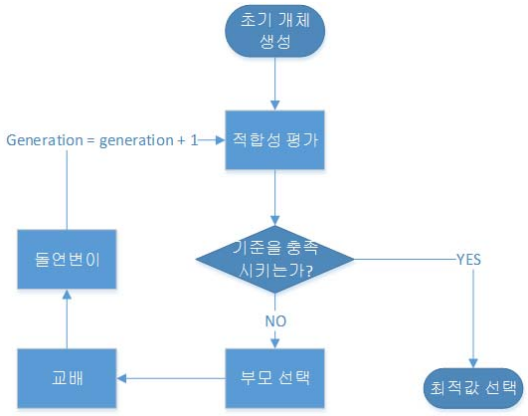
최적화된 유출곡선지수의 산정 과정

대상유역 기초 현황

유역	유역 분류	면적(km^2)	도달시간(Tc)	저류상수K	초기 CN	최적 CN
천왕	도시	50.247	1.08	1.40	76	80
춘양	산림	140.199	2.30	2.84	60	65
장기	농지	65.749	3.21	3.54	72	79

○ 유전자 알고리즘을 이용한 토양형 A의 CN 산정

- GA를 이용한 토양형 A의 유출곡선지수를 산정하기 위하여 다음과 같은 흐름으로 연구를 수행



GA를 통한 토양형 A의 유출수문곡선 산정 과정

- 각 유역의 최적화된 유출곡선지수(목표 유출곡선지수) 값을 산정할 수 있는 토양분류별(B, C, D) CN 값을 찾기 위하여 Enderlin and Markowitz (1962)가 제시한 CN aligner 공식을 사용

$$CN(B) = 37.8 + 0.622 \times CN(A)$$
$$CN(C) = 58.9 + 0.411 \times CN(A)$$
$$CN(D) = 67.2 + 0.328 \times CN(A)$$

- 유전자 알고리즘을 사용하여 산정된 토양형별 유출곡선지수를 HEC-HMS를 통한 CN과 비교해 본 결과 각각 0, -1, -3의 차이를 보임

초기 유출곡선지수와 산정된 유출곡선지수 비교

	천왕	춘양	장기
초기 CN	76	60	72
목표 CN	80	65	79
재산정 CN	80	64	76
차이량	0	-1	-3

수문학적 토양군에 따른 분류 따른 유출곡선지수 비교(천왕, 춘양, 장기)

Code	대분류	소분류	최적화				차이량			
			A	B	C	D	A	B	C	D
110	도시 및 주거지	일반주택지	83.6	89.8	93.3	94.6	-6.6	-4.8	-3.3	-2.6
120		공업시설	81.0	88.0	91.0	93.0	0.0	0.0	0.0	0.0
130		상업, 업무지	89.0	92.0	94.0	95.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140		고층주택지	49.0	69.0	79.0	84.0	0.0	0.0	0.0	0.0
150		도로	73.3	83.4	89.0	91.2	9.7	5.6	3.0	1.8
160		나대지, 인공녹지	51.1	69.6	79.9	84.0	9.9	5.4	3.1	3.0
210	농지	경지정리답	79.0	79.0	79.0	79.0	0.0	0.0	0.0	0.0
220		보통,특수작물	73.0	83.2	88.9	91.1	-10.0	-9.2	-6.9	-6.1
230		미경지정리답	76.0	85.0	89.0	91.0	0.1	0.0	0.0	0.0
240		과수원 기타	79.9	87.5	91.8	93.4	-9.9	-8.5	-7.8	-5.4
250		과수원 기타	77.9	86.3	90.9	92.8	-9.9	-7.3	-4.9	-3.8
310	임지	활엽수림	51.5	69.9	80.1	84.1	-3.5	-0.9	-1.1	0.9
320		침엽수림	55.6	72.4	81.8	85.4	-7.6	-3.4	-2.8	-0.4
330		혼합수림	54.0	71.4	81.1	84.9	-6.0	-2.4	-2.1	0.1
410		자연초지	38.5	61.7	74.7	79.8	-8.5	-3.7	-3.7	-1.8
420		골프장	49.0	69.0	79.0	84.0	0.0	0.0	0.0	0.0
430		인공초지	49.0	69.0	79.0	84.0	0.0	0.0	0.0	0.0
510	수계	갯벌	100	100	100	100	0.0	0.0	0.0	0.0
520		염전	100	100	100	100	0.0	0.0	0.0	0.0
610	도시 및 주거지	채광지역	72.7	83.0	88.8	91.0	-4.7	-4.0	-2.8	-2.0
620		공업나지, 기타	81.9	88.7	92.5	94.1	-4.9	-2.7	-1.5	-0.1
710	수계	하천	100	100	100	100	0.0	0.0	0.0	0.0
720		백사장	100	100	100	100	0.0	0.0	0.0	0.0

(라) 산림의 유출곡선지수 평가

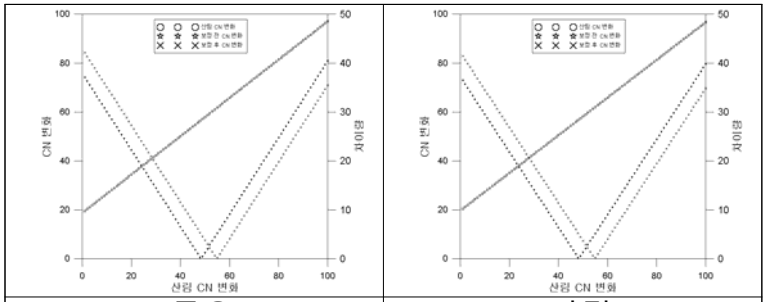
○ 산림의 유출곡선지수 현황

- 미국 SCS에서는 수림에 대한 유출곡선지수는 제시하였으나, 산림에 대해서는 제시하지 않음

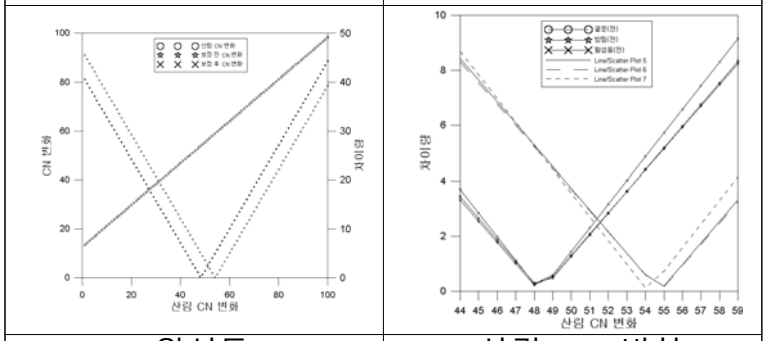
- 산림의 유출곡선 지수는 미국산림청(U.S. Forest Service)에서 제시한 방법에 따라 결정
- 수림의 경우 설계안전 차원에서 채택하고 있는 수문학적 불량(poor) 조건의 유출곡선지수가 HC = 2.25
- 산림의 유출률이 수림보다 상대적으로 높다는 점을 감안하면 HC = 2.25 이상을 채택해야 함
- 설계홍수량 산정요령에서는 현장 조사를 통하여 HC = 1 or 2를 적절하게 채택하여 사용하기를 권고하고 있으며 HC = 2를 기준으로 제시하고 있음
- 문헌에 제시된 산림에 대한 유출곡선지수 현황

구문	산림 구분	수문학적 조건	수문학적 토양군				비고
			A	B	C	D	
미국 SCS	수림(Wood)	poor	45	66	77	83	수림 배수나쁨 기준 HC = 2.25
2000 하천설계기준		배수나쁨	45	66	77	83	수림 배수나쁨 기준
2005 하천설계기준		배수나쁨	45	66	77	83	수림 배수나쁨 기준
2009 하천설계기준		배수나쁨	45	66	77	83	수림 배수나쁨 기준
2011 설계홍수량 산정요령	침엽수림		48	69	79	85	산림, HC=2
	활엽수림		48	69	79	85	
	혼합수림		48	69	79	85	
2007 수문학	산림(Forest)		56	75	86	91	HC = 1

- 미국 SCS, 하천설계기준 2000, 2005, 2009년은 산림의 수문학적 조건 등급 HC = 2.25를 기준으로 사용하고 있음(하천설계기준에서는 산림을 Wood로 표현), 그러나 설계홍수량 산정요령(2011)에는 수림(45)보다는 높은 HC = 2를 사용하는 것을 원칙으로 정함(HC = 1이 지나치게 과대하다고 판단하여)
- 수문학(2007)에서는 수문학적 조건 등급 HC = 1을 기준으로 택함
- 대상유역 : 굴운, 방림, 왕성동 (전체유역에서 산림이 차지하는 비율이 70%이상)
- 산림의 CN 변화



굴운 방림



왕성동 산림 CN 변화

○ 산림의 유출곡선지수 평가

- 과거에 사용했던 산림에 대한 수문학적 조건등급 HC = 2.25에 대한 문제점을 지적하여 HC=1~2에서 사용하기를 권장하였으나, HC=1이 과다하다는 판단으로 인해 HC=2를 기준으로 설정함
- 산림에 대한 수문학적 조건등급 HC=2 를 사용하여, 유출곡선지수를 산정하였으나, 실제 강우-유출과 비교해본결과 과소산정되는 결과를 보임
- 굴운, 방림, 왕성동의 강우-유출 자료를 통하여 CN값을 보정하여 비교해본 결과 산림의 CN 값은 HC=1과 2사이의 등급이 적당하며, 그때의 CN값은 수문학적 토양군 A기준 54~55가 적당할 것으로 판단됨

(마) 점근유출곡선지수법에 따른 최적 초기손실률 선정

- 우리나라에서는 유역의 유출특성을 고려하지 않고 λ=0.2의 고정된 값 사용
- 그러나 많은 선행연구에서 20%보다 작은 초기손실률을 적용하는 것이 우리나라 유역에 적합하다고 밝힌바 있음
- 제주도와 같은 특수한 지형(숨골 등 투수성 지층)에는 초기손실량을 최대잠재보유수량의 40%를 사용하는 등의 새로운 기준 수립 필요성 제기

○ 점근 유출곡선지수 회귀식(Asymptotic CN regression equation)

- CN값은 강수량과의 비선형적 관계가 여러 연구에서 밝혀진바 있음
- 점근 유출곡선 회귀방정식은 NRCS-CN 방법과 같은 가정 하에서 강수량에 따라 변화하는 CN값을 산정하여 유출량을 계산하는 방법임

- 점근 유출곡선지수 회귀방정을 정의하기 위해서는 우선 관측된 강우-유출 사상을 빈도에 따라 정렬하여 새로운 강우(P)-유출(Q) 자료를 생성해야 함
- 이러한 과정은 단순하게 강우자료와 유출량자료를 각각 값의 크기에 따라 오름차순으로 정렬한 후 결합함으로서 유역에서 발생했던 강우사상과 유출사상의 빈도가 일치하는 새로운 자료를 정의할 수 있음

○ 최적 초기손실률 선정

- 본 분석에서는 최적의 초기손실률을 선정하기 위해 각 초기손실률을 다르게 하여 다음 표와 같이 총 8개의 모형을 20개 소유역에 적용하여 산정된 유출량을 실측값과 비교하였음
- 결과는 총 3개의 지표(RMSE, MAE, NSE)를 이용하여 검정되었으며, 그 결과 가장 작은 오차값을 나타내는 모형은 M8 (RMSE: 5.10, MAE: 2.92, NSE: 46%)이며 가장 오차값이 높은 모형은 기존에 사용되던 NRCS-CN 방법인 M1 (RMSE: 6.29, MAE: 3.45, NSE: 26%)로 나타났음
- M8을 적용하여 최적의 초기손실률을 산정한 결과 20개 유역 중 6개 유역을 제외하고 λ=0.01을 이용하는 것이 가장 좋은 결과를 나타냄
- 그 외 유역은 기존에 이용되던 0.20보다 크게 작은 0.05 또는 0.10의 초기손실률이 선택되었음
- 점근 유출곡선지수 회귀식과 MS 모형을 결합한 M8이 가장 최적의 모형으로 산정되었으나 점근 유출곡선지수법은 미계측 유역에서 적용할 수 없다는 단점이 있음
- 기존의 NEH-4의 CN Table을 그대로 적용하면서 가장 작은 오차값을 나타내는 모형은 M7 (RMSE: 5.36, MAE: 2.84, NSE: 46%)로 나타났으며, 20개 소유역 모두 λ=0.01이 최적의 초기손실률로 선택되었음

모델	적용방법	유출량	초기손실률
M1	NRCS-CN	$Q=\frac{(P-I_a)^2}{P-I_a+S}$	Varying (0.01/0.05/ 0.10/0.20/0 .40)
M2	-	-	
M3	Asymptotic CN Regression	$Q=\frac{(P-I_a)^2}{P-I_a+S}$	
M4	-	-	
M5	MS Model	$Q=\frac{(P-I_a)(P-I_a+M_c)}{P-I_a+M_c+S}$	
M6	-	-	
M7	-	-	
M8	-	-	

모델	초기손실량	CN	선행강우
M1	$I_a = \lambda S$	NEH-4	NEH-4
M2	$I_a = \frac{\lambda S^2}{S + M_c}$	-	$M_c = 0.5\left[-(1+\lambda)S + \sqrt{(1-\lambda)^2 S^2 + 4P_5 S}\right]$
M3	$I_a = \lambda S$	Asymptotic CN	NEH-4
M4	$I_a = \frac{\lambda S^2}{S + M_c}$	-	$M_c = 0.5\left[-(1+\lambda)S + \sqrt{(1-\lambda)^2 S^2 + 4P_5 S}\right]$
M5	$I_a = \lambda S$	NEH-4	-
M6	-	Asymptotic CN	-
M7	$I_a = \frac{\lambda S^2}{S + M_c}$	NEH-4	-
M8	-	Asymptotic CN	-

라. 3-4 세세부: 하도추적 및 홍수위 산정기술 개발

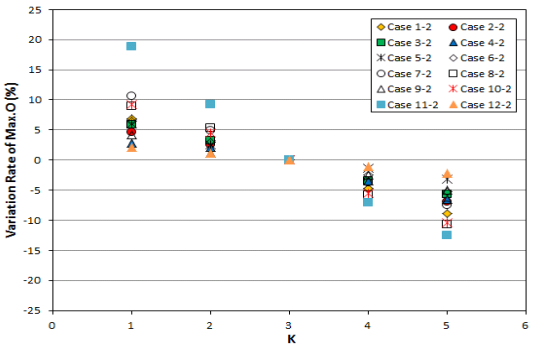
○ 수문학적 하도 홍수추적 방법에 대한 정확도 개선을 위해 하도의 지형학적 특성과 홍수량에 따른 흐름특성을 반영한 하도홍수추적 모형의 인자 개선 방안을 제시하고, 하도에 대한 동수역학적 모형의 모의결과와 유사한 정도의 정확도 높은 하도 홍수추적 해석을 목표로 함.

○ 본 연구과제는 대하천 정비 후 변화된 하천상황, 조위의 변동 및 그에 따른 하천흐름의 물리적 현상을 충실히 반영하는 부정류 계산모형에 기반한 대하천 감조구간 빈도별 홍수위 산정방법 개발을 성과목표로 하고 있음.

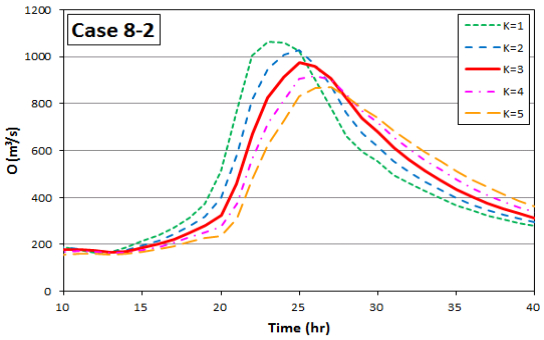
(1) Muskingum 기법의 저류상수 K, 가중계수 X에 대한 민감도 분석

○ 평창강의 상안미~평창 구간, 방림~평창 구간 선정

○ 아래 그림에서 보는 바와 같이 저류상수 K 값이 감소할수록 첨두 유출량이 증가하는 것으로 나타났으며, K 값이 증가할수록 첨두 유출량이 감소하는 것으로 나타남.



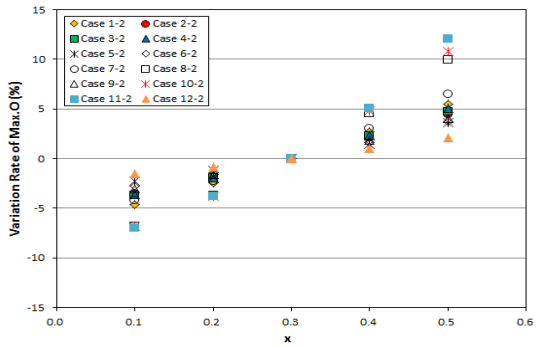
(a) 첨두유출량 변화율



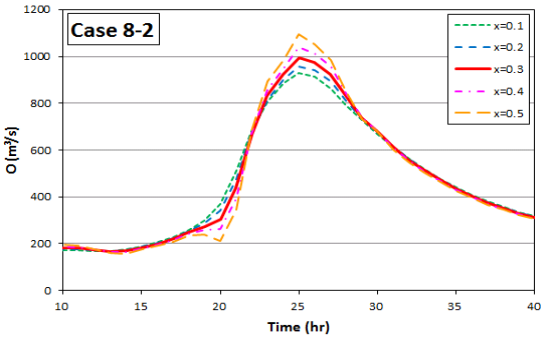
(b) K 변동에 대한 유출수문곡선 (Case 8)

<상안미-평창 구간에 대한 K 값 민감도 분석 결과>

○ 아래 그림에서 보는 바와 같이 가중계수 x 값이 감소할수록 첨두 유출량이 감소하는 것으로 나타났으며, x 값이 증가할수록 첨두 유출량이 증가하는 것으로 나타남.



(a) 첨두유출량 변화율

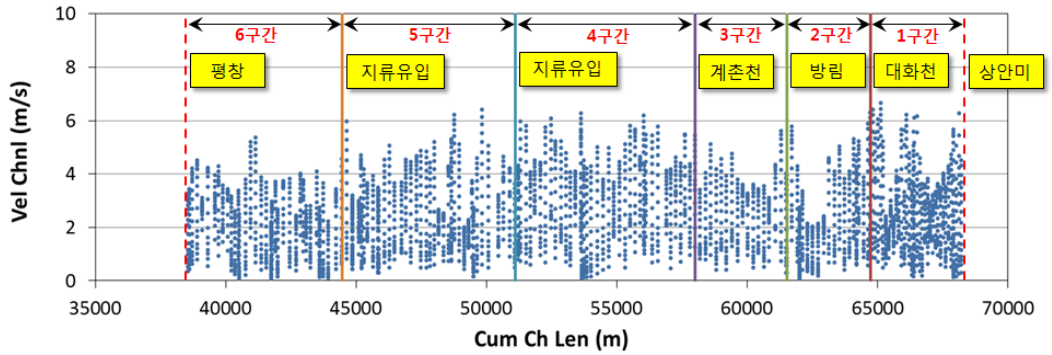


(b) x 변동에 대한 유출수문곡선 (Case 8)

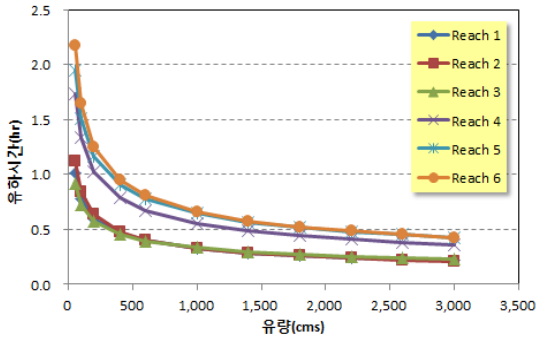
<상안미-방림 구간에 대한 x 값 민감도 분석 결과>

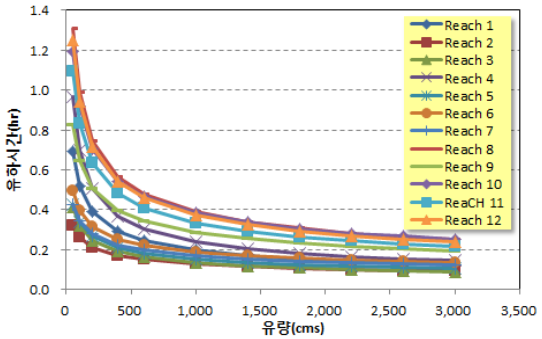
(2) 비선형 유하시간 산정공식의 영향 분석

○ 평창강에 대한 구간분리 특성 분석



<평창강 하도구간에 대한 수리 특성>





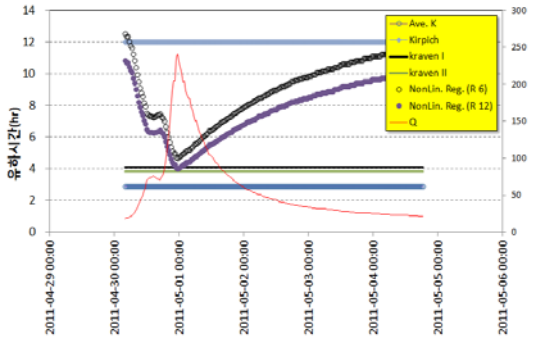
<유량등급별 유하시간 곡선 (6개 구간)> <유량등급별 유하시간 곡선 (12개 구간)>

○ 평창강의 상안미~평창 구간을 6개와 12개 구간으로 분리함에 따라 개발된 비선형 회귀곡선식

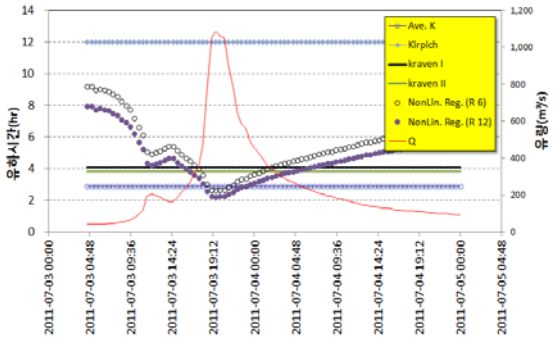
$$T = 0.183 \times L^{0.963} \times S^{-0.362} \times Q^{-0.381} \quad : \quad 6\text{개 구간} \qquad (1)$$

$$T = 0.253 \times L^{0.914} \times S^{-0.312} \times Q^{-0.386} \quad : \quad 12\text{개 구간} \qquad (2)$$

○ 대상구간 유하시간을 아래 그림과 같이 홍수량 크기에 따라 산정



<상안미 6번 사상에 대한 유하시간 산정 결과>



<상안미 8번 사상에 대한 유하시간 산정 결과>

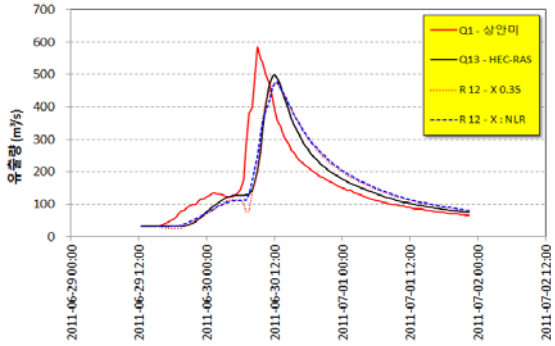
(3) 하도특성에 따른 평창강의 하도홍수해석 매개변수 산정

○ 평창강에 대한 가중인자 영향 분석

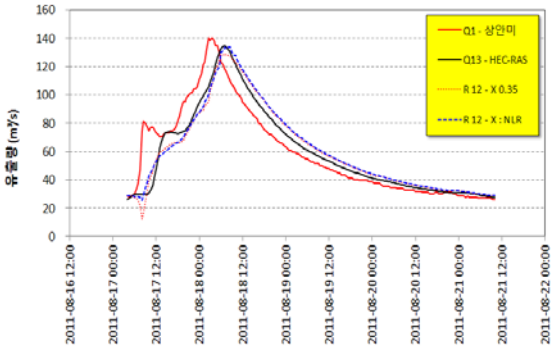
- 식 (3)과 (4)는 각각 평창강에 적용 가능한 Muskingum 기법의 저류상수 K와 가중인자 x에 대한 회귀곡선식을 나타내고 있으며, 이를 평창강의 상안미~평창 구간에 적용하여 가중인자 x가 0.35로 고정되었을 경우와 비교

$$K = 0.253 \times L^{0.914} \times S^{-0.312} \times Q^{-0.386} \quad : \text{12개 구간} \qquad (3)$$

$$x = -10^{-10}Q^{3} + 5 \times 10^{-7}Q^{2} - 0.0008Q + 0.7153 \qquad (4)$$

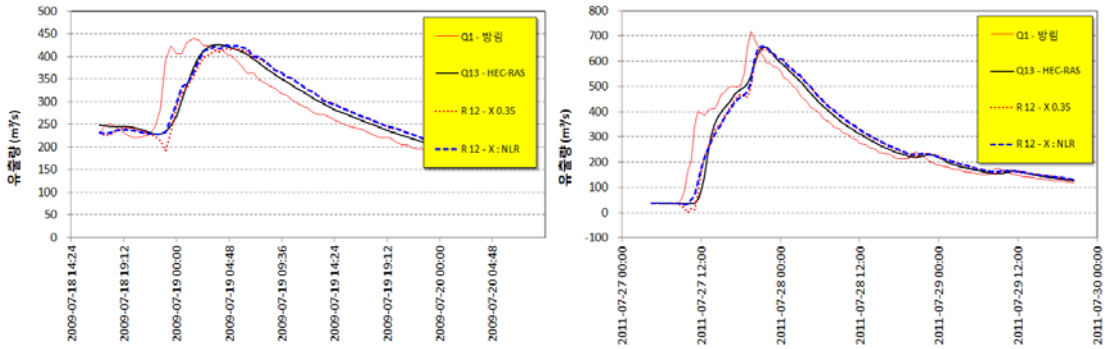


(a) 사상 7



(b) 사상 13

<상안미-평창 구간에 대한 가중인자 x 비선형회귀식 적용 결과>



(a) 사상 3 (b) 사상 11

<방림-평창 구간에 대한 가중인자 x 비선형회귀식 적용 결과>

<상안미-평창 구간에 대한 유하시간 적용 결과>

Event No.	RMSE(m3/sec)		Qmax (Hec-Ras)	△Qmax(m3/sec)	
	R12-X:NLR	R12-X0.35		R12-X:NLR	R12-X0.35
5	25.4	24.2	631.39	-4.45	13.97
6	7.3	7.0	218.42	-1.15	17.56
7	20.4	17.8	498.50	21.29	24.93
8	42.9	39.8	946.16	18.25	-1.35
9	3.3	2.7	111.91	8.42	4.52
10	3.5	3.1	121.65	3.59	0.19
11	17.5	17.9	379.37	25.17	21.02
12	12.7	12.3	186.87	36.11	22.09
13	5.0	4.8	134.62	0.99	5.88
Ave.	15.3	14.4	Ave.	12.0	12.1
			RMSE	17.73	15.32

<방림-평창 구간에 대한 유하시간 적용 결과>

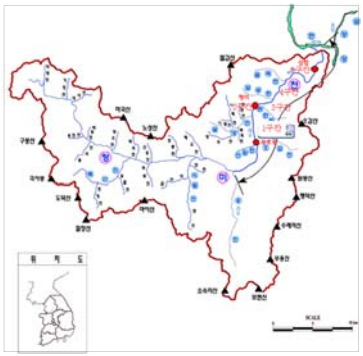
Event No.	RMSE(m3/sec)		Qmax (Hec-Ras)	△Qmax(m3/sec)	
	R12-X:NLR	R12-X0.35		R12-X:NLR	R12-X0.35
1	46.670	43.855	1582.66	8.07	-12.33
2	27.116	27.245	935.46	2.71	0.57
3	10.578	11.604	425.49	0.21	8.11
4	19.924	18.713	867.10	30.94	19.51
5	25.199	26.685	897.96	2.70	0.45
6	8.806	9.152	472.29	1.87	13.53
7	16.239	17.053	780.92	18.18	18.99
8	29.991	26.793	1166.91	8.51	-3.64
9	6.495	6.374	267.12	-5.75	4.19
10	5.394	5.219	245.67	-7.55	-1.57
11	20.393	18.554	655.57	-3.00	8.38
12	14.103	11.127	446.47	24.65	27.22
13	7.210	6.887	331.15	-6.45	3.98
Ave.	18.3	17.6	Ave.	5.8	6.7
			RMSE	12.99	12.41

(4) 청미천에 대한 하도추적 기법 적용

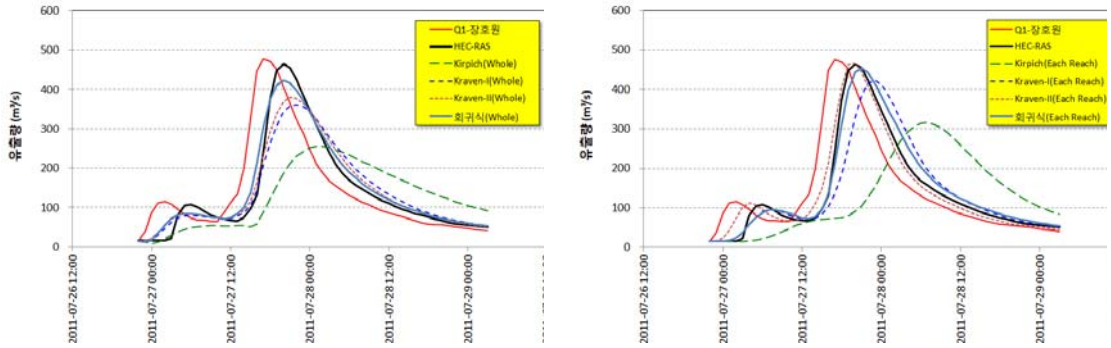
○ 청미천에 대한 구간분리 특성 분석

– 청미천의 장호원~삼합 구간을 5개 구간으로 분리함에 따라 개발된 비선형 회귀곡선식은 식 (5)와 같으며, 이 식을 대상구간 전체를 단일구간으로 모의한 경우와 각 구간별로 적용한 경우의 결과를 비교함

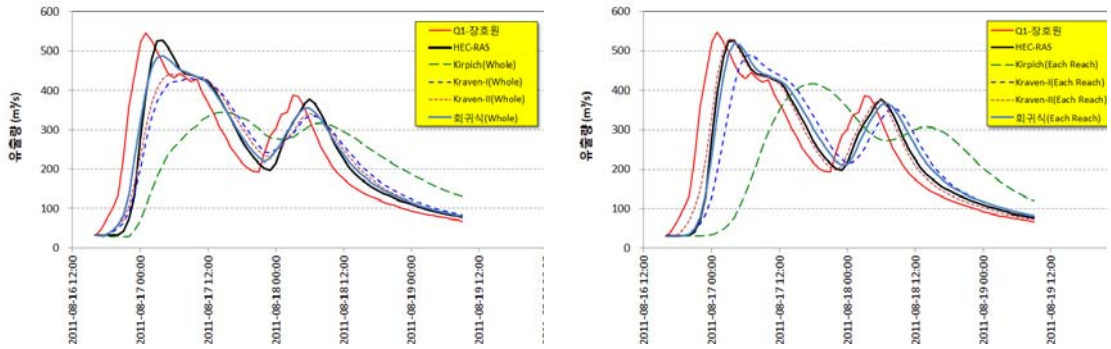
$$K = 0.000103 * L^{0.916} * S^{-0.462} * Q^{-0.326} \qquad (5)$$



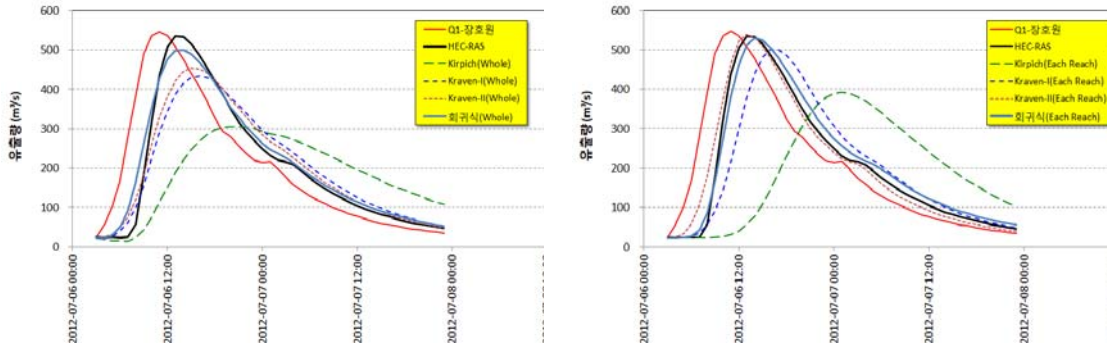
<청미천 유역 현황도>



(a) 홍수사상 5 (전 구간을 하나의 K로 적용) (b) 홍수사상 5 (각 구간별 K를 적용)



(c) 홍수사상 6 (전 구간을 하나의 K로 적용) (d) 홍수사상 6 (각 구간별 K를 적용)



(e) 홍수사상 7 (전 구간을 하나의 K로 적용) (f) 홍수사상 7 (각 구간별 K를 적용)

<청미천의 구간분할 효과 분석>

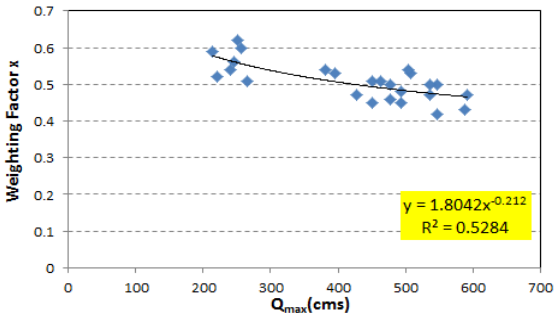
- 첨두발생시간을 비교할 경우 구간별 K값을 적용하면 첨두발생시간이 지체효과로 인해 늦게 발생하고 있으며, 단일구간으로 모의한 경우가 발생시간은 비교적 잘 일치하는 것으로 나타남

○ 가중인자 x에 대한 회귀곡선식 개발 및 적용

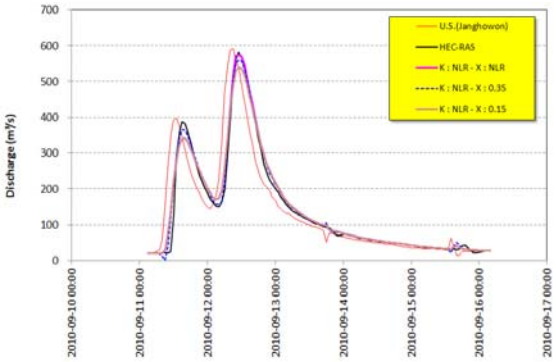
- 청미천 구간에서의 홍수사상에 대한 최적 가중인자 x 값의 도출을 위해 HEC-RAS 모형의 모의결과를 적용하였으며, 각 홍수사상별 첨두홍수량에 대해 도출된 가중인자 x 값과의 회귀관계를 아래 그림에서 제시

$$x = 1.8042Q^{-0.212} \quad (6)$$

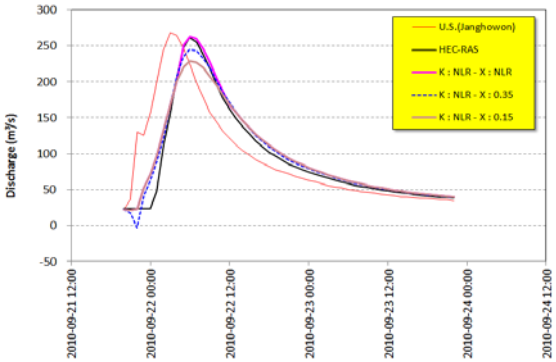
- 가중인자 x를 0.15를 사용한 경우에 비해 비선형회귀식(NLR)을 사용한 경우 홍수사상별 전체 모의시간에 대한 RMSE가 낮게 산정되는 것을 확인할 수 있으며, 특히 첨두홍수량에 대한 10개 사상의 RMSE를 살펴보면 0.35나 0.15를 사용한 경우에 비해 비선형회귀식을 사용한 경우 매우 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있음



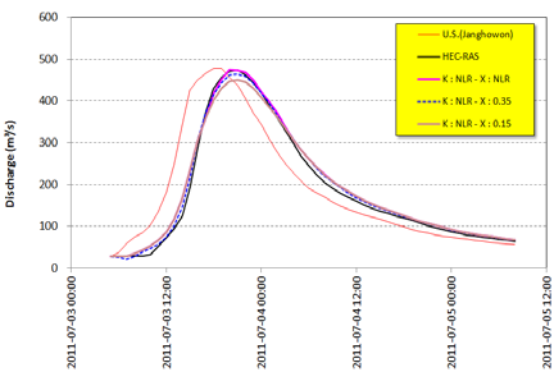
<청미천 구간에 대한 가중인자 x의 관계식>



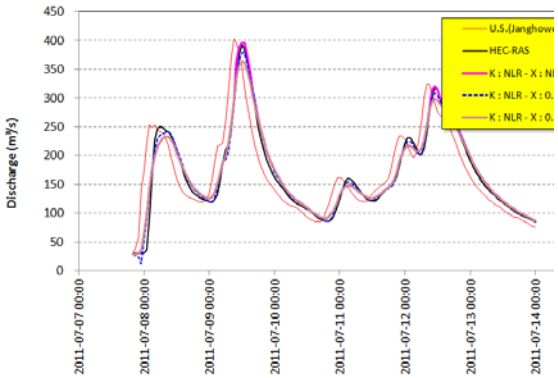
(a) 사상 1



(b) 사상 2



(c) 사상 3



(d) 사상 4

<청미천의 가중인자 X에 비선형곡선식 적용 결과>

<각 방법별 RMSE 및 첨두값의 오차>

사상번호	RMSE			Max. Q				△Q		
	K : NLR - X : 0.35	K : NLR - X : 0.15	K : NLR - X : NLR	Hec-Ras	K : NLR - X : 0.35	K : NLR - X : 0.15	K : NLR - X : NLR	K : NLR - X : 0.35	K : NLR - X : 0.15	K : NLR - X : NLR
1	14.72	20.21	19.46	580.12	559.91	539.48	574.03	20.21	40.64	6.09
2	10.81	14.21	12.26	261.21	244.82	228.68	263.33	16.39	32.53	- 2.12
3	9.21	14.66	12.76	473.27	463.97	449.94	474.49	9.30	23.33	- 1.22
4	8.42	11.88	11.32	392.21	379.04	363.68	395.93	13.17	28.53	- 3.72
5	16.31	20.96	20.47	464.69	446.71	449.13	464.14	17.98	15.56	0.55
6	13.38	20.40	18.68	525.66	506.83	484.84	522.36	18.83	40.82	3.30
7	18.27	26.12	23.71	534.85	518.78	498.00	530.96	16.07	36.85	3.89
8	17.18	20.84	19.44	250.12	234.14	220.34	247.79	15.98	29.78	2.33
9	12.61	18.99	16.50	492.18	476.49	454.04	490.93	15.69	38.14	1.25
10	7.50	10.24	9.61	220.23	215.04	205.26	228.17	5.19	14.97	- 7.94
RMSE	12.8	17.9	16.4				RMSE	15.50	31.46	3.91

(5) 섬강에 대한 하도추적 기법 적용

○ 유하시간에 대한 비선형 회귀곡선식 개발

– 아래 그림과 같이 섬강을 두 개 구간으로 구분하여 대상구간 설정

– 상류부 : 횡성 ~ 장현 수위관측소 구간 18.13 km

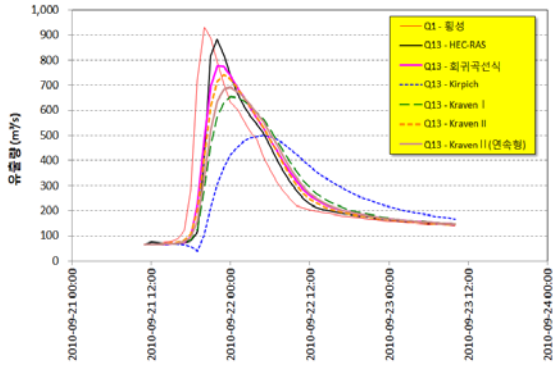
– 하류부 : 장현 ~ 문막 수위관측소 구간 21.82 km

– 섬강의 상 · 하류부 전체구간을 대상으로 유하시간에 대한 비선형곡선식을 개발

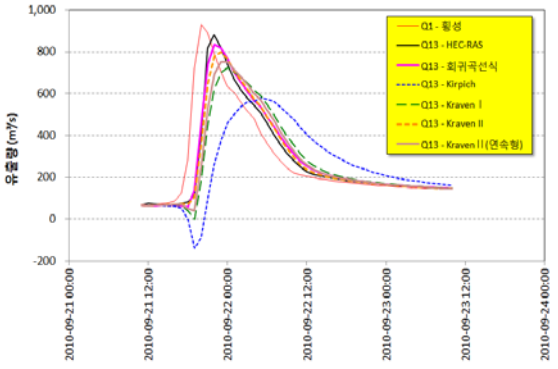
$$K = 0.8042 * L^{0.80043} * S^{-0.12942} * Q^{-0.34224} \quad (7)$$



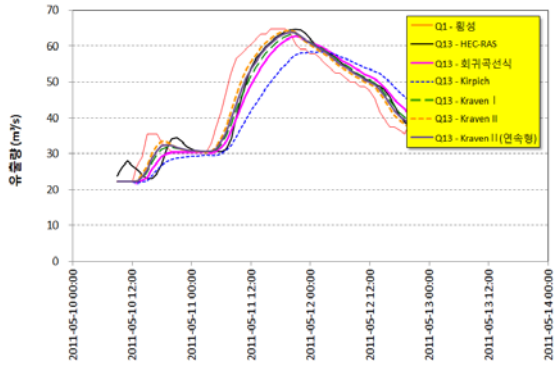
<섬강 유역 현황도>



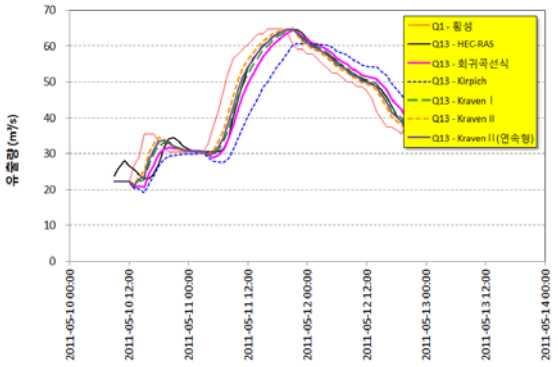
(a) 사상 1 (x=0.15)-상류



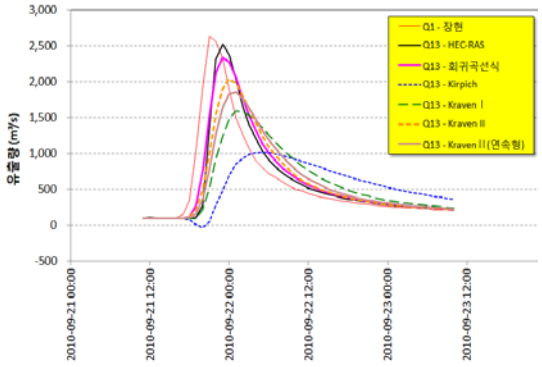
(b) 사상 1 (x=0.35)-상류



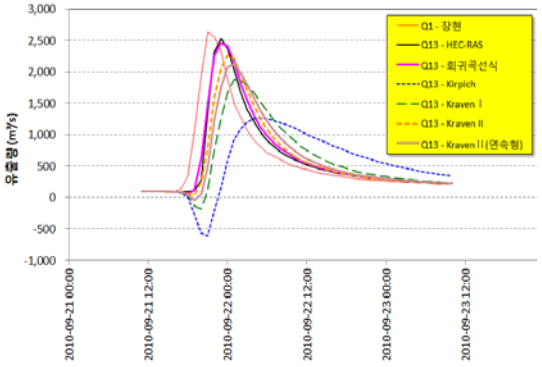
(c) 사상 2 (x=0.15)-상류



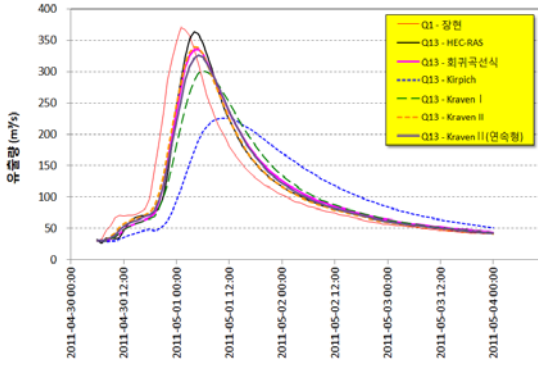
(d) 사상 2 (x=0.35)-상류



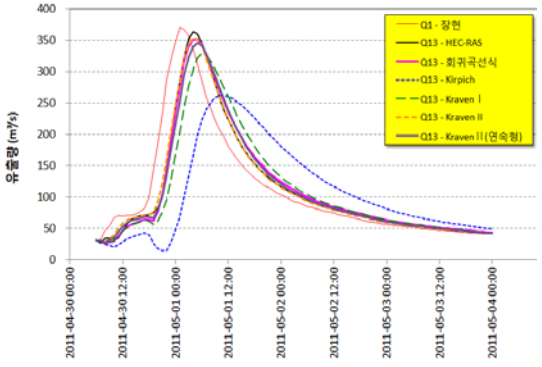
(e) 사상 1 (x=0.15)-하류



(f) 사상 1 (x=0.35)-하류



(g) 사상 2 (x=0.15)-하류



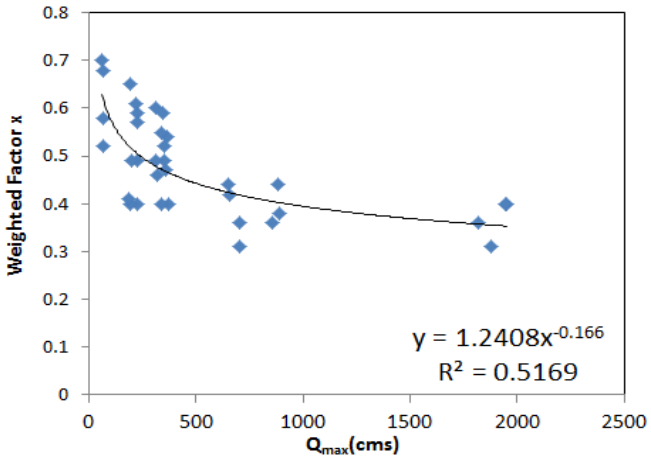
(h) 사상 2 (x=0.35)-하류

<섬강에서의 가중인자 x에 따른 각 방법별 모의결과>

○ 가중인자 x에 대한 회귀곡선식의 개발 및 적용

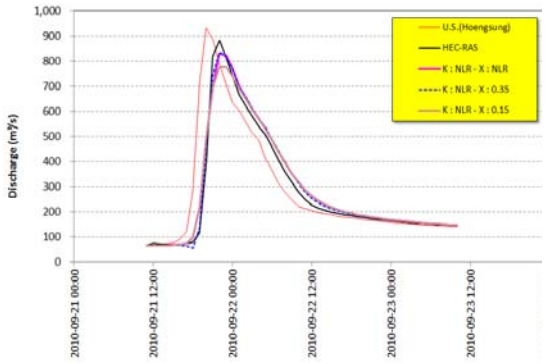
- 섬강의 횡성~장현 구간과 장현~문막 구간에서의 홍수사상에 대한 최적 가중인자 x 값의 도출을 위해 시행착오법을 적용하였으며, 각 홍수사상별 첨두홍수량에 대해 도출된 가중인자 x 값과의 회귀관계를 아래 그림에 나타내었으며, 이에 대한 관계식을 식 (8)에 나타내었음

$$x = 1.2408Q^{-0.166} \qquad (8)$$

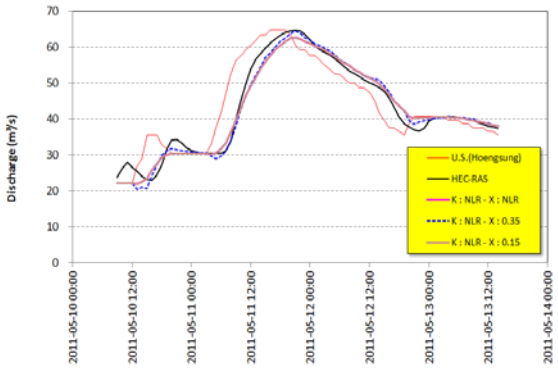


<섬강 구간에 대한 가중인자 x의 관계식>

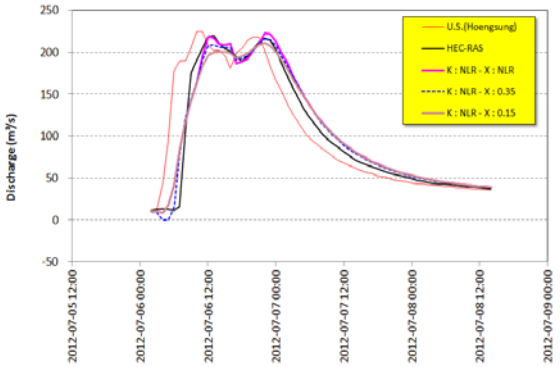
- 가중인자 x 값에 상관없이 저류상수 K에 대한 회귀곡선식을 사용함에 따른 Muskingum 홍수추적 결과는 동수역학적 모형인 HEC-RAS 모형의 모의결과와 비교적 유사한 것으로 나타남
- 각 사상별 홍수사상에 대한 RMSE를 살펴보면, 가중인자 x가 0.35인 경우 전반적으로 낮은 것으로 나타나지만, 그림에서 보는 바와 같이 수문곡선의 상승부 직전의 저유량 구간에서 유량이 떨어지는 비정상적인 현상이 발생하고 있음
- 가중인자 x를 0.15를 사용한 경우에 비해 비선형회귀식(NLR)을 사용한 경우 전반적인 RMSE가 낮게 산정되는 것을 확인할 수 있음



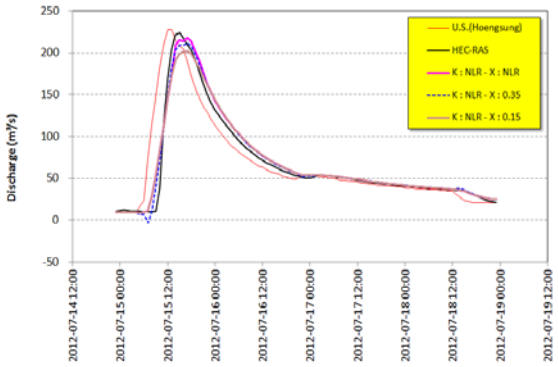
(a) 사상 1-상류



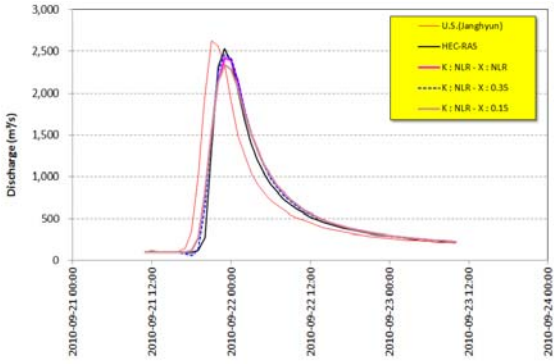
(b) 사상 2-상류



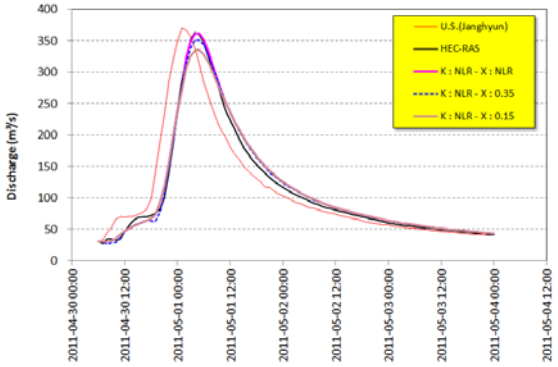
(c) 사상 3-상류



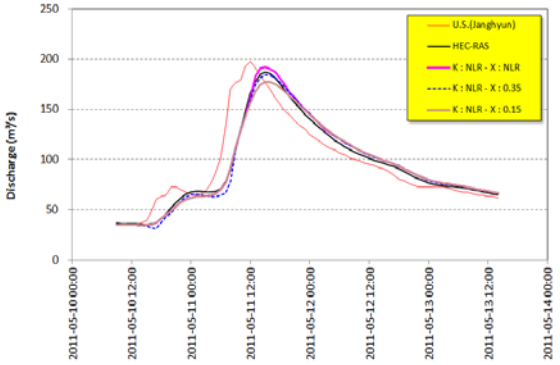
(d) 사상 4-상류



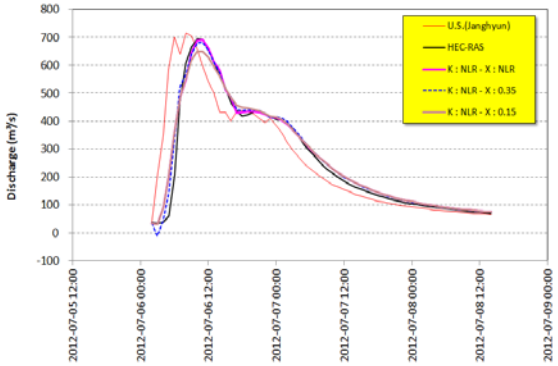
(e) 사상 1-하류



(f) 사상 2-하류



(g) 사상 3-하류



(h) 사상 4-하류

<섬강의 가중인자 x에 대한 회귀곡선식의 적용 결과>

<각 방법별 RMSE 및 첨두값의 오차(상류부)>

사상번호	RMSE			Max. Q				△Q		
	K : NLR - X : 0.35	K : NLR - X : 0.15	K : NLR - X : NLR	Hec-Ras	K : NLR - X : 0.35	K : NLR - X : 0.15	K : NLR - X : NLR	K : NLR - X : 0.35	K : NLR - X : 0.15	K : NLR - X : NLR
1	24.09	35.70	33.16	883.61	834.41	776.22	832.25	49.20	107.39	51.36
2	2.04	2.25	4.23	64.76	64.51	62.75	62.75	0.25	2.01	2.01
3	11.89	13.81	13.51	219.71	216.03	211.16	222.34	3.68	8.55	- 2.63
4	7.48	9.45	8.79	223.82	211.22	202.49	217.45	12.60	21.33	6.37
5	41.18	41.18	41.38	1,799.71	1,784.98	1,751.85	1,787.26	14.73	47.86	12.45
6	10.99	13.24	11.98	324.19	321.93	315.07	328.19	2.26	9.12	- 4.00
RMSE(1~7)	16.3	19.3	18.8				RMSE(1~7)	21.66	49.05	21.84
RMSE(2~7)	14.7	16.0	16.0				RMSE(2~7)	8.88	24.11	6.67

<각 방법별 RMSE 및 첨두값의 오차(하류부)>

사상번호	RMSE			Max. Q				△Q		
	K : NLR - X : 0.35	K : NLR - X : 0.15	K : NLR - X : NLR	Hec-Ras	K : NLR - X : 0.35	K : NLR - X : 0.15	K : NLR - X : NLR	K : NLR - X : 0.35	K : NLR - X : 0.15	K : NLR - X : NLR
1	74.48	102.24	100.34	2,527.49	2,465.04	2,333.81	2,420.05	62.45	193.68	107.44
2	6.47	9.02	7.22	363.43	351.37	335.56	361.59	12.06	27.87	1.84
3	3.74	4.00	3.97	187.18	184.41	176.99	192.26	2.77	10.19	- 5.08
4	24.53	31.85	29.80	693.88	681.39	649.21	691.30	12.49	44.67	2.58
5	7.03	9.92	8.37	349.78	339.54	325.52	347.94	10.24	24.26	1.84
6	31.11	40.77	38.68	1,919.09	1,909.57	1,877.93	1,910.22	9.52	41.16	8.87
7	32.32	40.86	37.92	828.02	822.75	764.46	826.63	5.27	63.56	1.39
RMSE(1~7)	25.7	34.1	32.3				RMSE(1~7)	25.16	81.69	40.82
RMSE(2~7)	17.5	22.7	21.0				RMSE(2~7)	9.42	39.16	4.47

<청미천에 대한 RMSE 개선율>

K	Kirpich	Kraven I	Kraven II	Kraven II(Cont.)	NLR	NLR
X			0.15			NLR
Ave. RMSE of Events	87.31	33.96	25.74	17.90	17.85	16.42
Improvement Rate of NLR	81.2%	51.7%	36.2%	8.3%	8.0%	
Ave. Improvement Rate of NLR			37.1%			
RMSE of Max. Q of Events	172.77	80.67	22.24	41.36	31.46	3.91
Improvement Rate of NLR	97.7%	95.1%	82.4%	90.5%	87.6%	
Ave. Improvement Rate of NLR			90.7%			

K	Kirpich	Kraven I	Kraven II	Kraven II(Cont.)	NLR	NLR
X			0.35			NLR
Ave. RMSE of Events	100.19	32.11	23.87	12.80	12.84	16.42
Improvement Rate of NLR	83.6%	48.9%	31.2%	-28.3%	-27.9%	
Ave. Improvement Rate of NLR			21.5%			
RMSE of Max. Q of Events	126.38	50.38	7.76	20.05	15.50	3.91
Improvement Rate of NLR	96.9%	92.2%	49.6%	80.5%	74.7%	
Ave. Improvement Rate of NLR			78.8%			

<섬강(상류부)에 대한 RMSE 개선율>

K	Kirpich	Kraven I	Kraven II	Kraven II(Cont.)	NLR	NLR
X			0.15			NLR
Ave. RMSE of Events	110.69	50.71	28.66	39.93	19.27	18.84
Improvement Rate of NLR	83.0%	62.8%	34.2%	52.8%	2.2%	
Ave. Improvement Rate of NLR			47.0%			
RMSE of Max. Q of Events	243.21	122.82	72.55	100.57	49.05	21.84
Improvement Rate of NLR	91.0%	82.2%	69.9%	78.3%	55.5%	
Ave. Improvement Rate of NLR			75.4%			

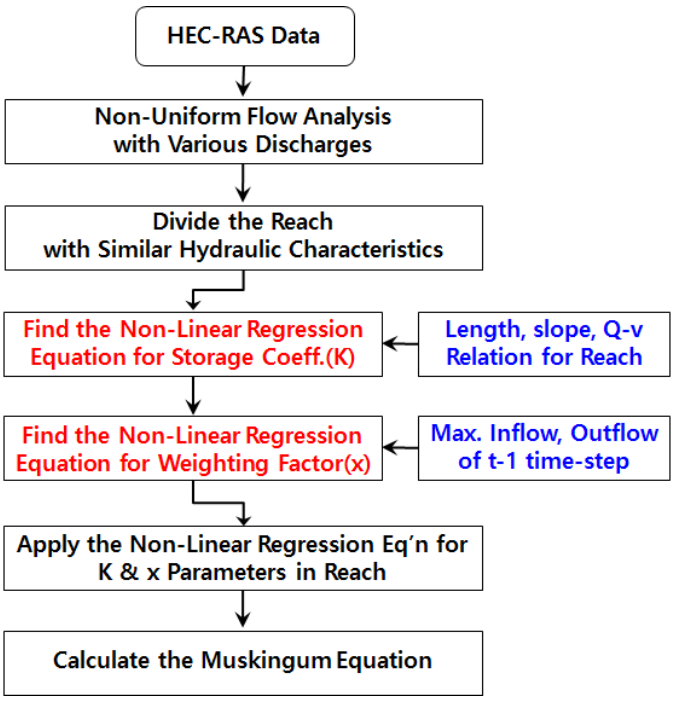
K	Kirpich	Kraven I	Kraven II	Kraven II(Cont.)	NLR	NLR
X			0.35			NLR
Ave. RMSE of Events	125.36	52.05	26.67	39.52	16.28	18.84
Improvement Rate of NLR	85.0%	63.8%	29.3%	52.3%	-15.7%	
Ave. Improvement Rate of NLR			42.9%			
RMSE of Max. Q of Events	172.75	77.35	42.11	62.06	21.66	21.84
Improvement Rate of NLR	87.4%	71.8%	48.1%	64.8%	-0.8%	
Ave. Improvement Rate of NLR			54.3%			

<섬강(하류부)에 대한 RMSE 개선율>

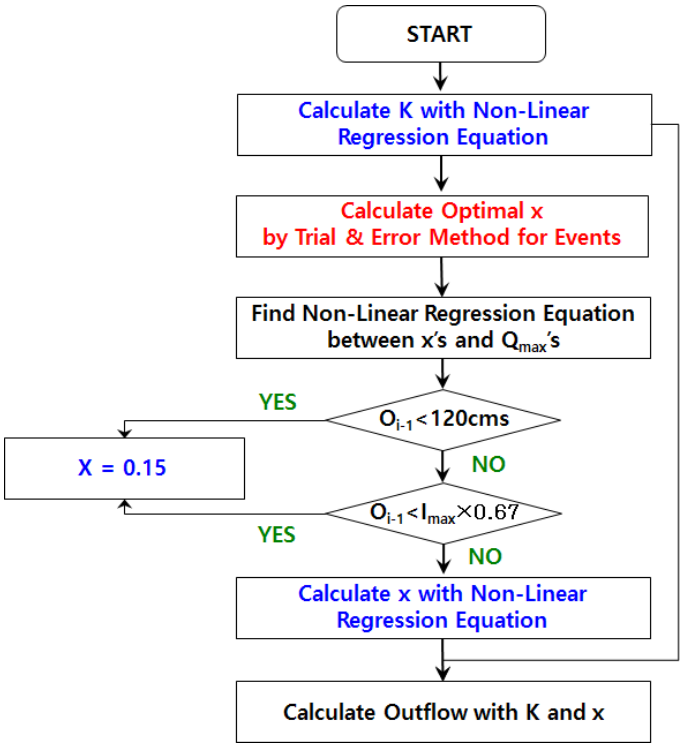
K	Kirpich	Kraven I	Kraven II	Kraven II(Cont.)	NLR	NLR
X			0.15			NLR
Ave. RMSE of Events	226.12	120.64	54.30	77.53	34.09	32.33
Improvement Rate of NLR	85.7%	73.2%	40.5%	58.3%	5.2%	
Ave. Improvement Rate of NLR			52.6%			
RMSE of Max. Q of Events	655.18	386.93	197.22	271.64	81.69	40.82
Improvement Rate of NLR	93.8%	89.5%	79.3%	85.0%	50.0%	
Ave. Improvement Rate of NLR			79.5%			

K	Kirpich	Kraven I	Kraven II	Kraven II(Cont.)	NLR	NLR
X			0.35			NLR
Ave. RMSE of Events	267.86	130.99	48.77	77.30	25.67	32.33
Improvement Rate of NLR	87.9%	75.3%	33.7%	58.2%	-25.9%	
Ave. Improvement Rate of NLR			45.8%			
RMSE of Max. Q of Events	535.45	262.52	102.10	157.29	25.16	40.82
Improvement Rate of NLR	92.4%	84.5%	60.0%	74.0%	-62.2%	
Ave. Improvement Rate of NLR			49.7%			

○ Muskingum 기법을 이용한 하도추적 방법은 아래 첫 번째 그림과 같은 과정을 통해 수행할 수 있으며, 가중인자 x에 대한 회귀곡선식은 아래 두 번째 그림과 같은 과정을 통해 개발할 수 있음



<Muskingum 기법의 매개변수 산출 과정>

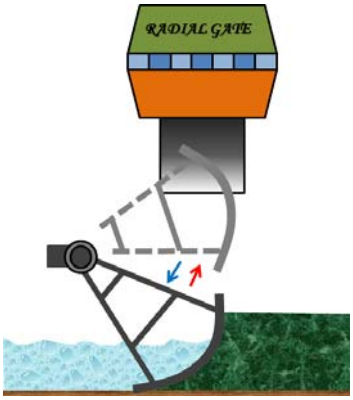


<Muskingum 기법의 가중인자 x 적용 과정>

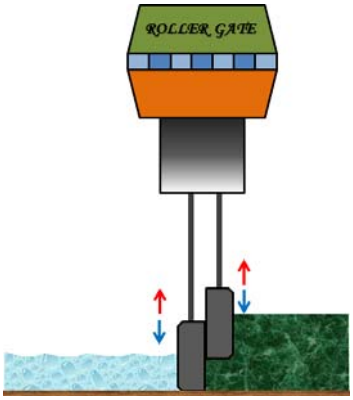
(6) 적용모형의 수립: 낙동강

○ 하구둑 배수문 운영방안 조사

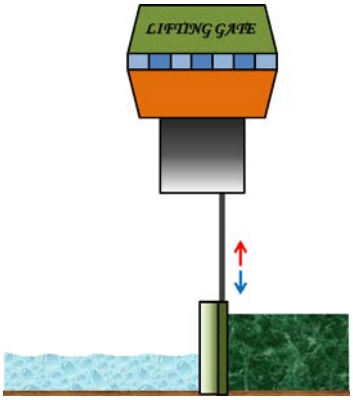
- 낙동강 하구둑 배수문의 오리피스 또는 월류형 흐름이 발생할 수 있는 Radial Gate, 리프팅 게이트, 쉘구조2단롤러게이트 총 3종류의 배수문으로 구성되어 있으며 홍수 시 낙동강 하구둑 전 배수문은 모두 오리피스 흐름이 발생되도록 운영됨.



<Radial Gate>

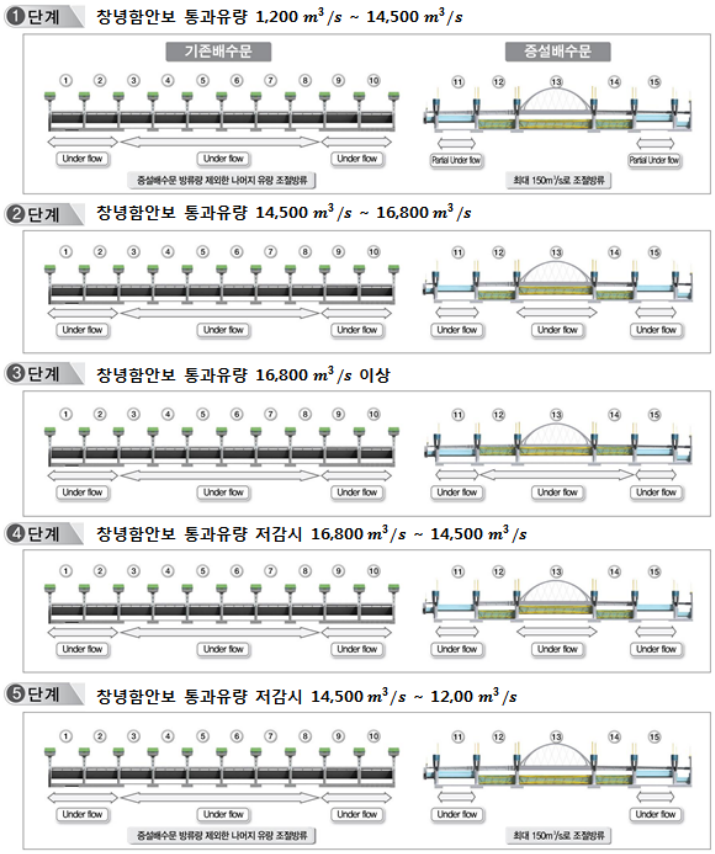


<쉘구조2단롤러게이트>



<리프팅 게이트>

- 낙동강 하구둑 기존 및 증설 배수문 운영방안(2012)에 따르면 홍수시 창녕함안보 통과유량 1,200 m^3/s ~ 14,500 m^3/s 이면 기존배수문 전수문을 개방하고 증설배수문은 2개의 조절수문을 부분 개도하여 저류(underflow) 방류함.
- 또한 창녕함안보 통과유량이 14,500 m^3/s ~ 16,800 m^3/s 이면 기존배수문은 전수문을 개방하고 증설배수문은 2개의 조절수문과 95 m 주수문을 개방함.
- 마지막으로 창녕함안보 통과유량이 16,800 m^3/s 이상이면 기존배수문 및 증설배수문 모두 수문을 개방하고 운영함.
- 또한 해수의 침투를 막기 위해 조위가 하구둑 배수문 상류 수위보다 높은 경우 배수문을 차단운영하게 됨.



<홍수시 낙동강 하구둑 기존 및 증설배수문 동시운영 개요도
(낙동강 하구둑 배수문 기존 및 증설 운영방안, 2012)>

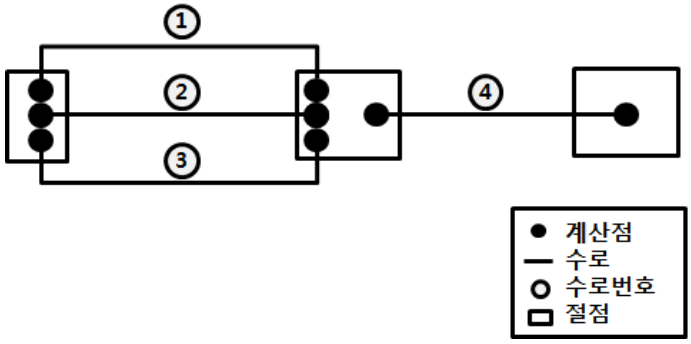
○ 현 하구둑 수문 조작방안 및 보 운영방안 모의를 위한 부모형 수립
– 보 운영방안

구 분	단 계	보수위 (EL. m)	유입량 (㎥/s)	운 영 방 법
갈수시	0단계	H<38.0	Q<30	• 어도+수력발전 또는 가동보 수문조작을 통해 하류 용수 공급 시행(균등방류) (Q<15 이하일 경우 수력발전 중지)
평상시	1단계	38.0≤H<38.2	30≤Q<194	• 어도+수력발전(운영범위내 최대) • 필요시 수문가동 ※ (관심단계) 강우에 따라 주의단계이상 수위상승 예측시
홍수시	2단계 (주의단계)	38.2≤H<38.5	194≤Q<780	• 어도+수력발전(운영범위내 최대) • 수문 1m까지 점진개방
			780≤Q<1,600	• 어도+수력발전(운영범위내 최대) • 수문 2m까지 점진개방
			1,600≤Q<2,310	• 어도+수력발전(운영범위내 최대) • 수문 3m까지 점진개방
			2,310≤Q<4,168	• 어도완전개방+수력발전 중단 • 수문 3m까지 완전개방 완료
	3단계 (경계단계)	38.5≤H<45.57	4,168≤Q<16,070	• 어도 완전개방 • 수력발전 중단 • 수문 완전개방을 통해 통수능력 확보
	4단계 (심각단계)	45.57≤H	16,070≤Q	• 국가 위기대응계획에 따라 대응

※ 하천유지유량 : 30㎥/s (여주)

<강천보 운영 세부기준 (보 운영 지침서 요약집, 2012)>

- 배수문의 종류 및 제원에 따라 크게 3가지(좌안 주배수문, 좌안 조절배수문, 우안 증설배수문)로 분류하여 subroutine을 입력함.
- 특히 낙동강 하구둑의 수문운영은 홍수시 월류가 일어나지 않는 운영 방안을 이용하고 있기 때문에 적용된 subroutine에도 오리피스 흐름으로 구성하였음.



<낙동강 하구둑 구간의 계산모형 모식도>

- 위에서 보는 그림과 같이 왼쪽부터 첫 번째 절점에서는 조위를 입력되게 되며 1번째 절점과 2번째 구간은 하구둑의 제원과 종류에 따른 흐름 형식으로 3가지 subroutine이 적용된 구간임.
- 특히 수문이 완전 폐쇄될 경우 흐름의 중단을 방지하기 위해 광폭가상단면을 추가하였음.
- 그 이유는 실제 배수문 운영에서는 상류수위가 상한보다 낮거나 조위가 상류수위 보다 높으면 수문을 개방하지 않지만 계산 모형에서 수치모의 중 흐름이 차단되면 프로그램의 계산이 완료되지 않기 때문에 월류형 흐름으로 전환 되어 아주 작은 유량이 흐르는 조건으로 적용하여 계산이 진행되게 됨.

○ 낙동강 감조하천 구간에 대한 모형의 수립

- 지배방정식

$$\text{Node}: \sum_{k=1}^{L_j} Q_{j,k} + Q_{ext}(j,t) = 0, \quad j = 1, \cdots, J$$

$$y_{j,k} = y_j, \quad k = 1, \cdots, L_j, \quad j = 1, \cdots, J$$

$$\text{Fluvial Links}: \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

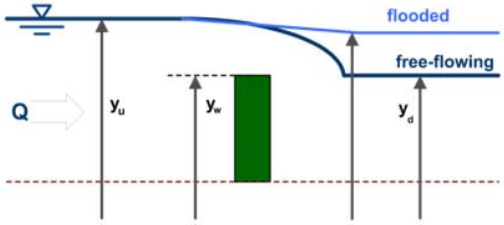
$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\alpha \frac{Q^2}{A}) + gA\frac{\partial y}{\partial x} + gA\frac{Q|Q|}{K^2} = 0$$

Weir-type $Q_u = Q_d$

Links :

$$Q_u = \mu_s b\sqrt{2g}\sqrt{y_u - y_d}\,(y_d - y_w), \left(y_d - y_w \geq \frac{2}{3}(y_u - y_w)\right)$$

$$Q_u = \mu_f b\sqrt{\frac{2g}{3}}(y_u - y_w)^{3/2}, \qquad \left(y_d - y_w < \frac{2}{3}(y_u - y_w)\right)$$



<월류형 흐름에 관한 정의도>

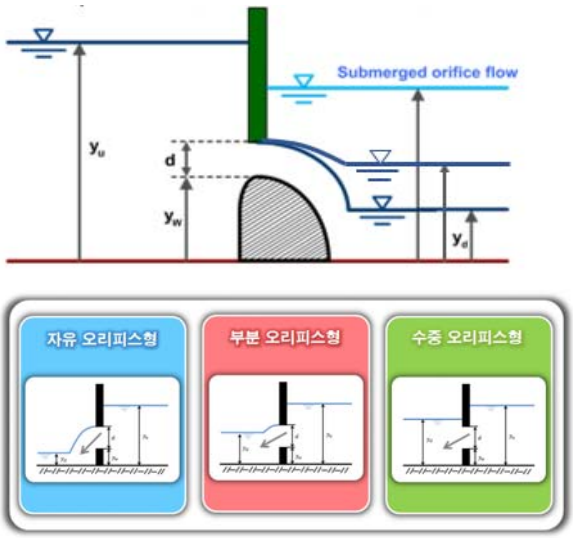
Orifice-type $Q_u = Q_d$

Links :

$$Q_u = \frac{2}{3}\sqrt{2g}\mu_{f0}b_0((y_u - y_w)^{3/2} - (y_u - y_w - d)^{3/2}), (y_d \leq y_w)$$

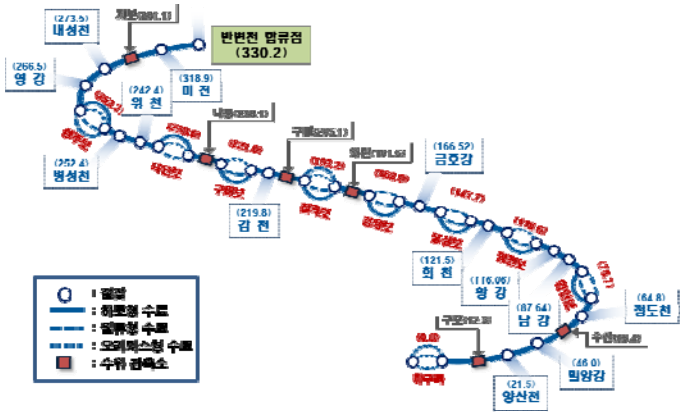
$$Q_u = \frac{2}{3}\sqrt{2g}\mu_{f0}b_0((y_u - y_d)^{3/2} - (y_u - y_w - d)^{3/2}) + \mu_{s0}b_0(y_d - y_w)\sqrt{2g(y_u - y_d)}, \quad (y_w \leq y_d < y_w + d)$$

$$Q_u = \mu_{s0}A\sqrt{2g(y_u - y_d)}, \quad (y_d > y_w + d)$$



<오리피스형 흐름에 관한 정의도>

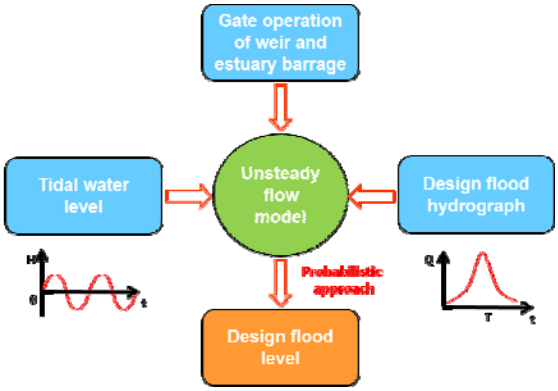
– 계산모형의 모식도



<낙동강 구간에 대한 계산모형의 모식도>

(7) 조위 및 하구둑 운영조건을 고려한 빈도별 홍수위 산정

○ 빈도별 홍수위 산정방법



<감조 하천구간 빈도별 홍수위 산정방법>

$$y^* = \int y_{\text{peak}}(q,h) f_H(h) \mathrm{d}h$$

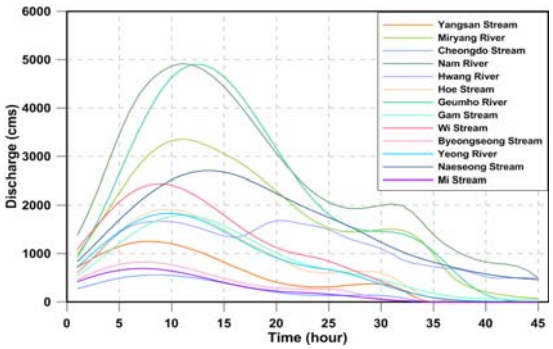
Possible boundary conditions are obtained by sampling starting times of tidal level time series;

For each tidal boundary condition, corresponding peak water levels along the channel are computed;

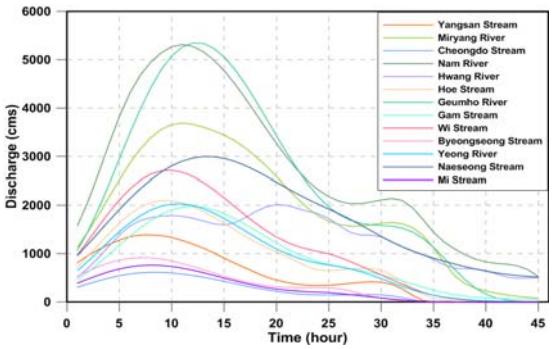
Design water levels are determined by computing the expectation of the peak water levels.

<빈도별 홍수위 산정절차>

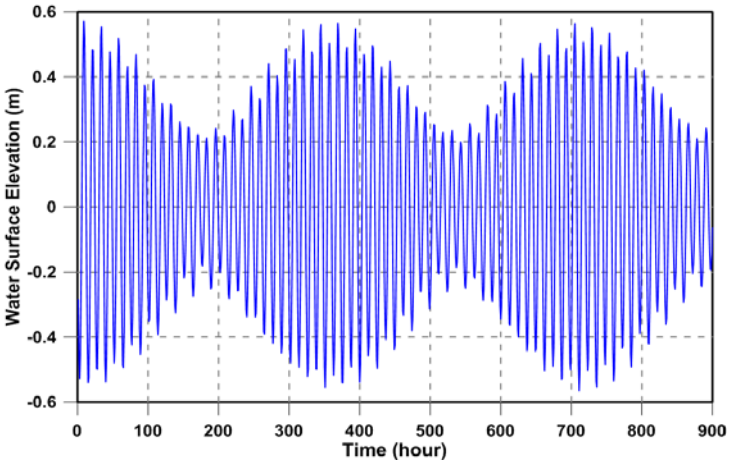
○ 빈도별 홍수위 산정



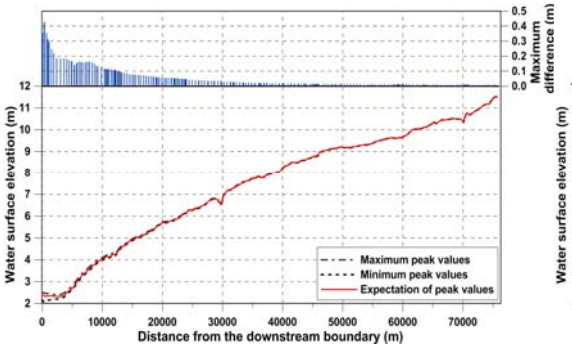
<100년 빈도 지천별 유입량>



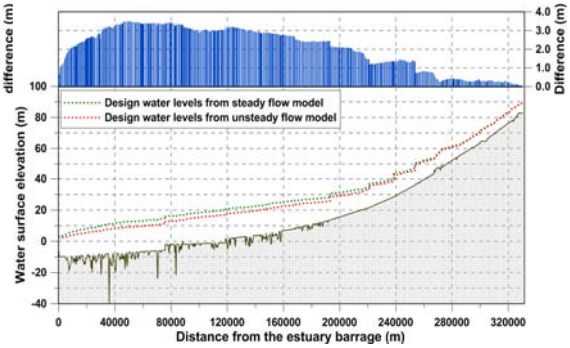
<200년 빈도 지천별 유입량>



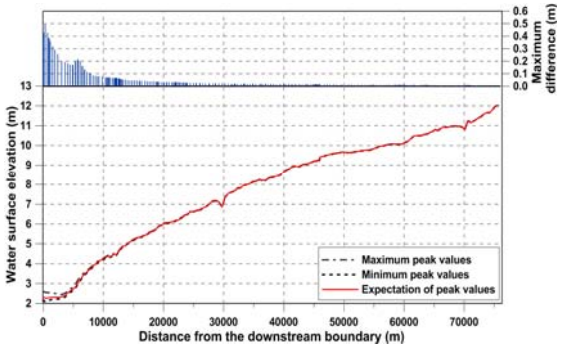
<하류단 조위조건>



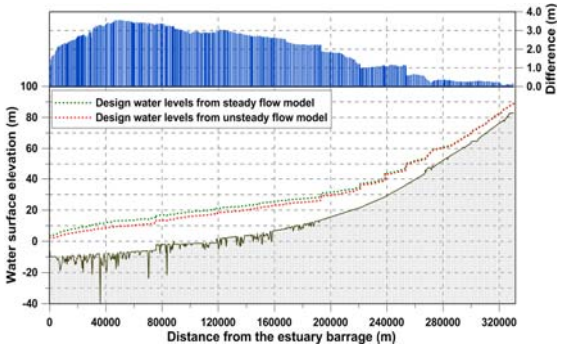
<조위변동을 고려한 계획홍수위 산정(100년 빈도)>



<기존 계획홍수위 산정방법과의 비교(100년 빈도)>



<조위변동을 고려한 계획홍수위 산정(200년 빈도)>



<기존 계획홍수위 산정방법과의 비교(200년 빈도)>

○ 결과

- 감조하천 구간 빈도별 홍수위 산정방법을 제시하고 낙동강 구간에 대하여 적용
- 정상류 계산모형에 기반한 기존의 계획홍수위 산정방법은 홍수파 감쇄효과, 조위의 변동 등 시간에 따라 변화하는 홍수위 물리적 특성을 반영하지 못하고 홍수위를 과대평가하는 경향이 있기에, 이 문제를 해결하고자 부정류 계산모형을 적용한 계획홍수위 산정방법을 제시
- 조위 시작점이 다른 조위 시계열 별로 감조구간에서의 최대홍수위를 계산한 결과 조위의 변동성에 의한 영향을 확인하였고, 빈도별 홍수위 산정에 있어서 조위조건의 확률론적인 접근이 필요함을 확인함.

마. 3-5 세세부: 홍수빈도해석에 의한 설계홍수량 산정방법 일반화

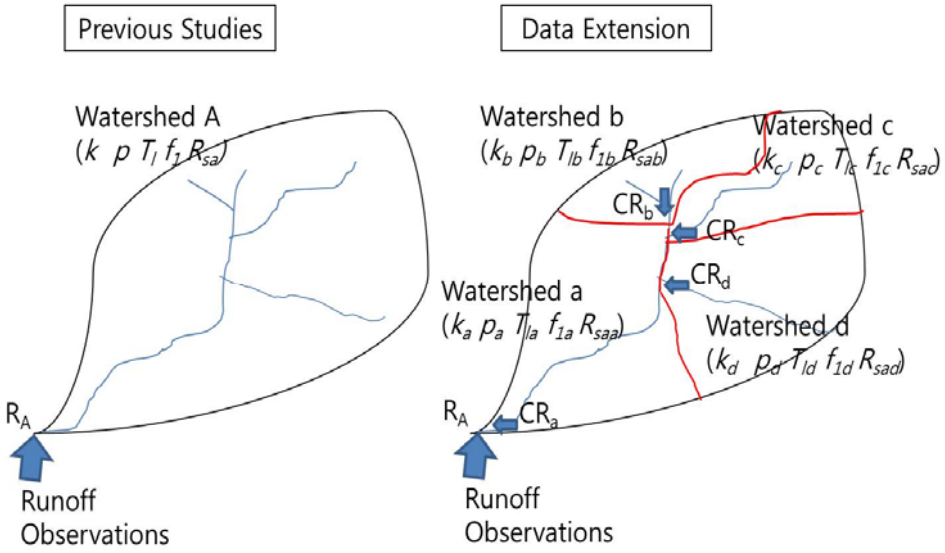
○ 본 연구는 대하천 유역을 대상으로 홍수량 공간확장기법 개발 및 확장결과를 이용한 통계학적 방법인 지역홍수빈도해석 결과를 일반화하여 미계측 유역에 대한 설계홍수량 산정방법을 제시함. 홍수량 자료의 신뢰성 및 자료기간/지점수 부족, 댐영향 등 자료의 한계를 극복하기 위하여 공간확장기법을 적용한 대하천 유역의 조절/비조절 홍수량 자료구축, 지역홍수빈도분석을 통한 댐유무에 따른 기본홍수량과 통제된 홍수량을 추정하는 것을 목표로 함.

(1) 홍수량 자료의 공간확장기법 적용

(가) 홍수량 자료의 공간적 확장

○ 공간확장의 개념

- 미계측 유역의 수문현상을 예측하기 위한 가장 보편적인 접근방법은 매개변수의 지역화
- 이 접근방법은 개발도상국과 같이 댐건설, 하천보강 및 개선작업들이 빈번이 일어나고 있는 지역에서는 적용 불가
- 본 연구에서는 현재 보유한 유출자료를 중심으로 공간적인 자료 확장의 개념을 적용, 같은 유역내의 중소규모의 미계측 지점 유출자료 확보가능



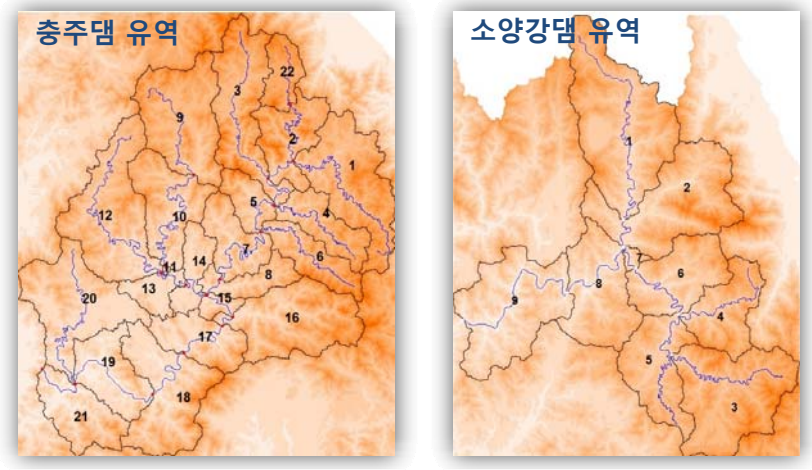
<홍수자료 공간확장 개요도>

(나) 대상유역에 대한 홍수량 공간확장 기법 적용결과

한강유역

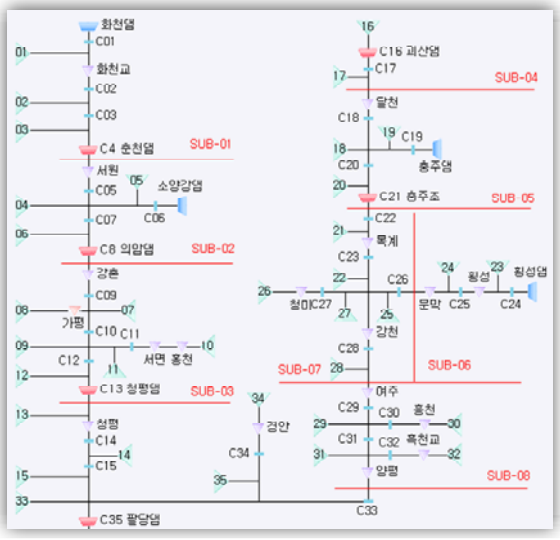
○ 댐상류 유역(충주댐 22개 지점, 소양강댐 9개 지점)

– 저류함수법 (수자원공사 시스템)
– GRM 모형(한국건설기술연구원, 분포형 모형)
: 초기치 변동, 강우–유출 매개변수 고정, 홍수 관측치로 검정
– 소유역별 관측지점마다 Simulation (Spatial Data Extension)
– 기간: 1975~2010년



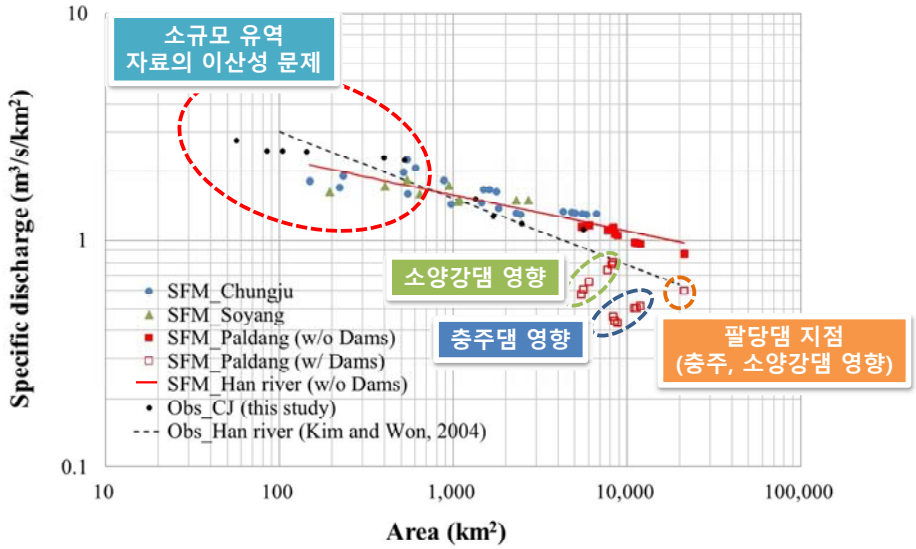
<대상유역 소유역 구분현황>

○ 댐하류 유역 (35개 지점)
– 저류함수법 (수자원공사 시스템)
– Dam Outflow – model: Calibration
– Dam Inflow – model: Simulation
– 하류 관측지점별: 모의
– 대상댐 : 충주, 소양, 횡성 / 수계 : 남한강, 북한강
– 기간: 1975~2010년



<팔당댐 상류유역 모식도>

○ 한강유역의 조절/비조절 홍수량의 공간확장 결과

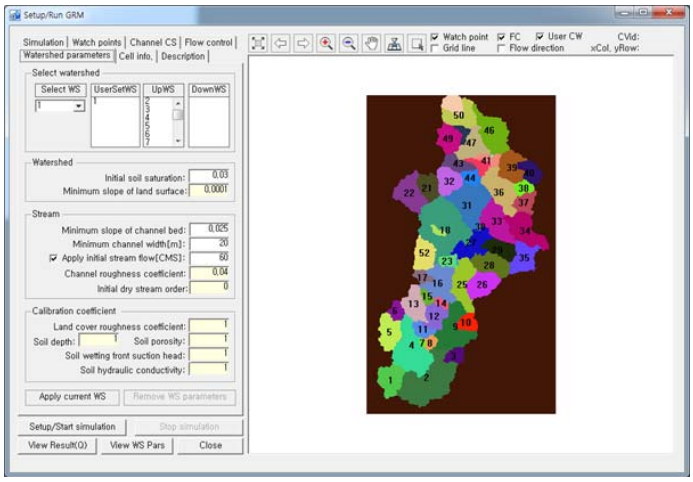


<평균홍수량의 유역면적과의 관계 (팔당댐 상류유역)>

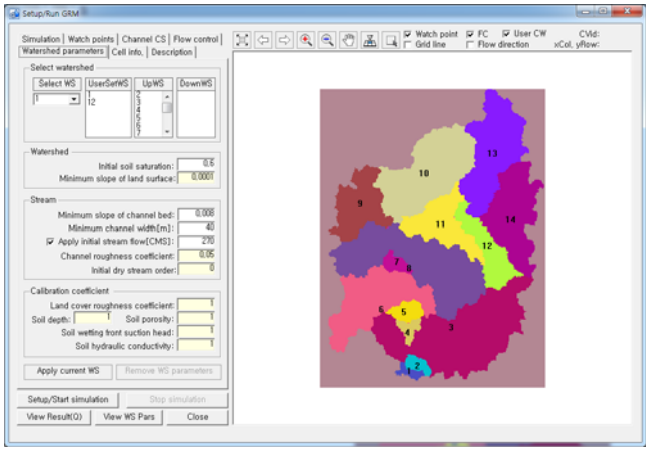
낙동강유역

○ 낙동강 현풍지점 상류유역에 대한 홍수량 확장결과

- 한국건설기술연구원에서 개발한 분포형 수문모형인 Grid based Rainfall-runoff Model (GRM)(Choi et al., 2015)을 사용
- 입력기상자료는 기상청, 국토교통부, 수자원공사에서 제공하는 총 95개 강우관측소의 1980~2010년 시단위 자료를 사용
- 지형자료는 수치고도모형(낙동강 유역조사사업, 2004), 정밀토양도(국립농업과학원, 1999) 및 토지이용도(환경부, 2003) 자료를 사용



<GRM 모형구축에 의한 대상유역 분할도(안동댐 유역)>

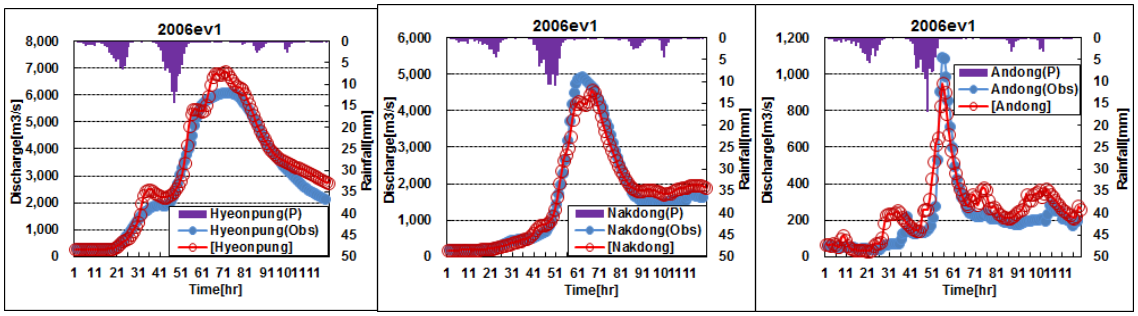


<GRM 모형구축에 의한 대상유역(현풍지점 상류) 분할도 및 모식도>

○ 현풍지점의 단기호우사상에 대해 GRM 모형의 매개변수 보정 및 검증

– 유역내 12개의 유량관측지점의 관측유출량(국가 수자원관리 종합정보 시스템)과 비교하여 시행착오법으로 매개변수를 보정 및 검증

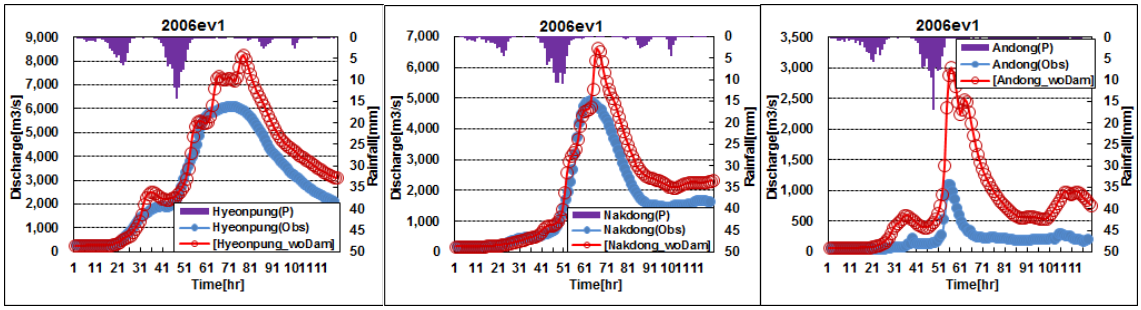
– 추정된 매개변수에 의한 관측과 모의 수문곡선은 아래와 같음



<2006ev1 사상에 대한 모의수문곡선과 관측수문곡선의 비교>

○ 안동댐과 임하댐이 하류 관측지점의 유출에 미치는 영향

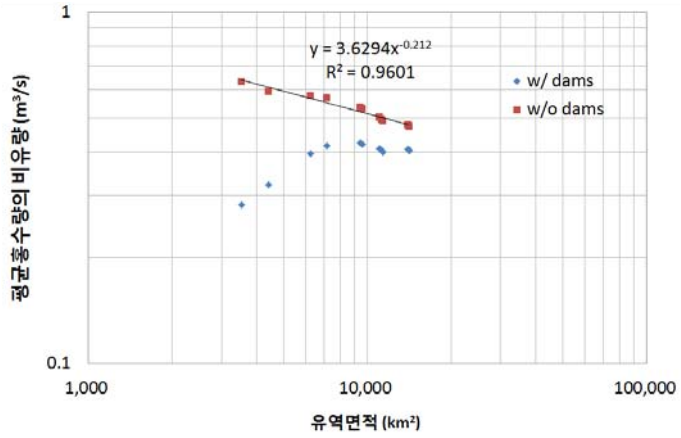
– 안동댐과 임하댐 직하류지점인 안동지점의 경우 첨두유량이 약 2000 CMS가 증가하였으나 하류로 갈수록 그 영향이 작아지며 현풍지점의 경우 첨두유량이 약 1100 CMS 정도 증가함



<2006ev1 사상에 대한 안동댐 유무에 따른 수문곡선 비교>

○ 안동댐과 임하댐 영향에 따른 평균홍수량의 비교

- 안동댐과 임하댐이 없을 경우(w/o dams) 저류시설물에 의한 조절되지 않은 자연홍수량으로 아래 그림과 같은 관계를 가짐, 한강유역의 경우보다 평균홍수량의 비유량이 상대적으로 작은 값을 보임
- 안동댐과 임하댐이 운영되는 경우(w/ dams) 댐직하류의 경우 댐영향으로 인하여 홍수량이 급격히 작아지나, 하류지점으로 갈수록 그 영향이 점차적으로 상쇄되어가는 경향을 확인



<안동, 임하댐 유무에 평균홍수량의 비유량 비교>

(2) 홍수빈도해석에 의한 설계홍수량 결정기법 검토

(가) 지역홍수빈도해석 방법의 종류 및 장단점

○ 지역빈도해석의 개요

- 홍수량 자료가 없거나, 기록기간이 매우 짧은 지점의 경우 직접적인 홍수빈도 분석이 불가능함.
- 이때 자료기록기간이 긴 지역에서 빈도분석한 결과치와 유역특성인자간 관계를 해석한 지역빈도해석 결과를 홍수량 자료가 없는 미계측 지역에서 홍수빈도곡선을 개발하기 위해 사용할 수 있음.
- 미계측 지역을 위한 홍수빈도해석이 지역빈도해석이라 할 수 있음.

○ 지역빈도해석 방법의 종류

- Q_T의 통계추정방법 : 재현기간에 따른 홍수량을 유역특성인자와의 상관관계로 추정하는 방법
- 모멘트 추정방법 : 홍수빈도곡선 대신에 왜곡도의 지역화처럼 홍수량 자료의 모멘트와 유역특성인자를 상관하는 방법
- 지수홍수법 : 일정 재현기간의 홍수량 혹은 평균홍수량에 대한 지역적 관계를 작성한 뒤, 지역별 평균 무차원 빈도곡선을 이용하는 방법
- 전이법 : 미계측 지점의 상하류에 가까이 위치한 장기간 기록이 있는 지점에서 해석된 빈도곡선을 유역면적만을 이용하여 미계측 지점의 빈도곡선을 구축하는데 사용하는 방법

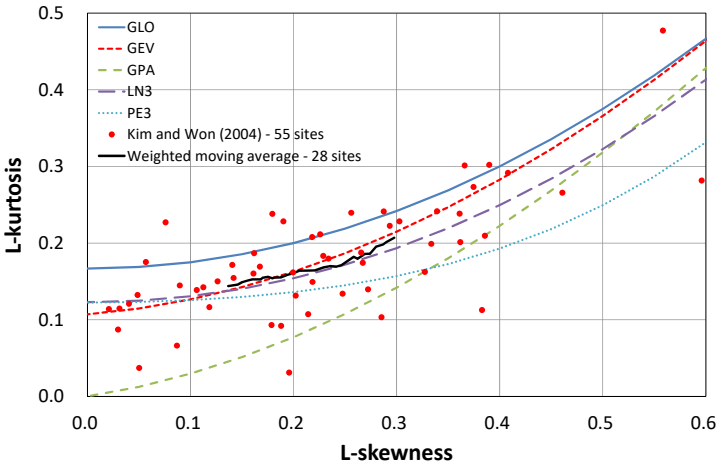
<지역빈도해석 방법의 장단점 요약>

구분	Q_T의 통계추정방법	모멘트 추정방법	지수홍수법 (채택)
적용성과 장점	• 추정치를 전국적으로 이용할 수 있음 • 특정 재현기간의 홍수량을 직접 추정할 수 있음	• 3개의 모멘트를 이용하여 완전한 빈도곡선을 작성할 수 있음	• 하나의 홍수량 통계치만 상관관계를 분석하기 때문에 다른 통계방법보다 개발하기 쉬움 • 개발절차가 일반적인 통계방법을 바탕으로 함
한계와 단점	• 유도된 지역과 수문학적 특성이 전혀 다른 지역에 잘못 이용될 수 있음 • 어떤 확률분포도 가정하지 않으므로 신뢰구간를 계산할 수 없음	• 2개 또는 3개 모멘트에 대한 회귀식을 필요로 함 • 특정 재현기간의 홍수량을 직접 계산할 수 없음	• 한 지역 내에서는 평균 무차원 빈도곡선을 이용하기 때문에 적용시 분산(variance)이 같음

(나) 적정 확률분포형 선정

○ L-moment diagrams 분석방법 적용

- Sample L-moment ratios와 WMA(Weighted moving average)를 이용한 분석방법 이용 (Floodfreq(2013)에서 제시)
- 관측홍수량 기반 전국 단위의 연구결과(김남원과 원유승, 2004) 분석 : GEV와 LN3가 적정 확률분포형



<L-moment diagrams 분석 (김남원과 원유승(2004) 결과 추가분석)>

(3) 대규모 유역의 설계홍수량 산정방안 제시

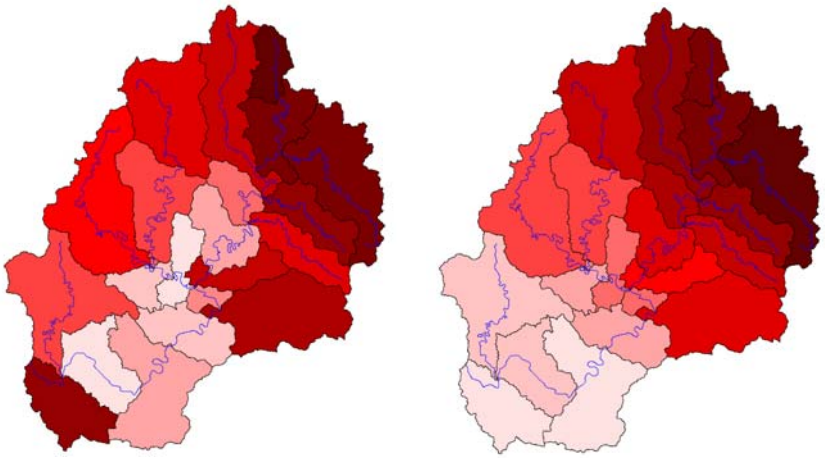
○ 지역의 동질성에 대한 물리적인 설명

- 국토해양부(2011)에서 제시한 확률강우량을 이용하여 22개 자체소유역별 2, 200년 유역평균확률강우량을 구한 후, R_{CV}를 산정

$$R_{CV} = \frac{P_{200} - P_2}{P_2}$$

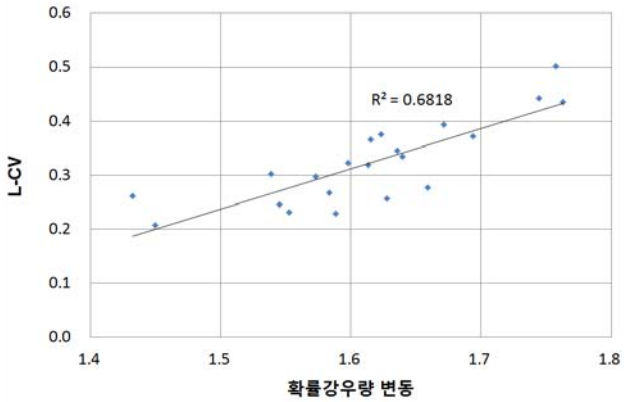
여기서, P_2, P_{200}은 각각 재현기간 2, 200년에 해당되는 확률강우량(mm)

- 충주댐이 위치한 최하류 소유역을 제외하고 홍수량, 강우량의 변동성이 상류유역일수록 둘다 크지며, 하류유역일수록 변동성이 작아짐을 확인
- 자체소유역의 홍수량 분석결과를 통하여 일정한 강우-유출관계와 동일한 홍수사상으로 수문학적 유사성을 설명할 수 없다는 것은 유역의 지형학적 특성만으로는 동질성을 규명할 수 없음을 의미. 또한, 강우의 공간적인 변동이 동질성을 설명할 수 있는 주요한 요인임을 구체적으로 증명할 수 있음



(a) 홍수량의 변동 (b) 강우량의 변동

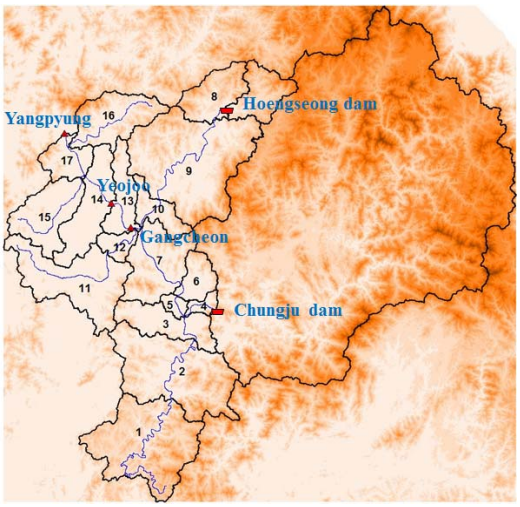
<홍수량과 강우량 변동의 공간적인 분포현황>



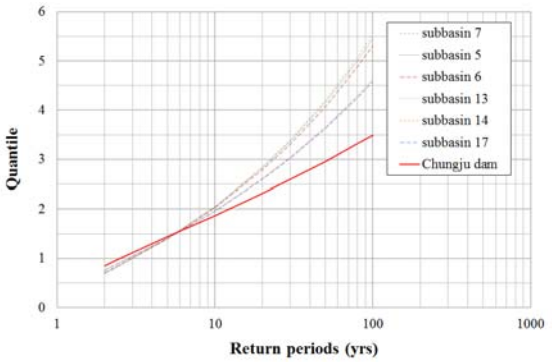
<홍수량과 강우량 변동성의 상관관계>

○ 댐하류지점의 기본홍수량과 통제된 홍수량의 특성

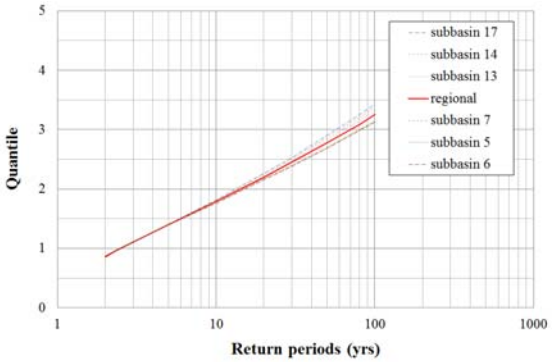
- 대상유역 현황 : 남한강유역(17개 소유역, 양평 수위관측지점 상류)
- 조절홍수량 (충주댐 상류-방류량, 충주댐 하류-저류함수법 모의)
- 비조절홍수량 (충주댐 상류-유입량, 충주댐 하류-저류함수법 모의)
- 분위수의 특성 : 충주댐 지점에서 하류로 내려올수록 분위수의 경사가 감소. 즉, 충주댐 직 하류지점의 홍수량은 댐에 의해 조절된 방류량의 영향이 크고 그 지점의 자체 소유역에서 얻어진 홍수량의 특성이 상대적으로 적게 나타나고 있음을 알 수 있으며, 하류로 내려올수록 자체 소유역이 점차로 증가함에 따라 댐 방류량의 영향이 점차 작아지는 경향으로 인해서 무차원 분위수의 경사가 작아진 것임



<대상유역 현황(남한강 유역)>

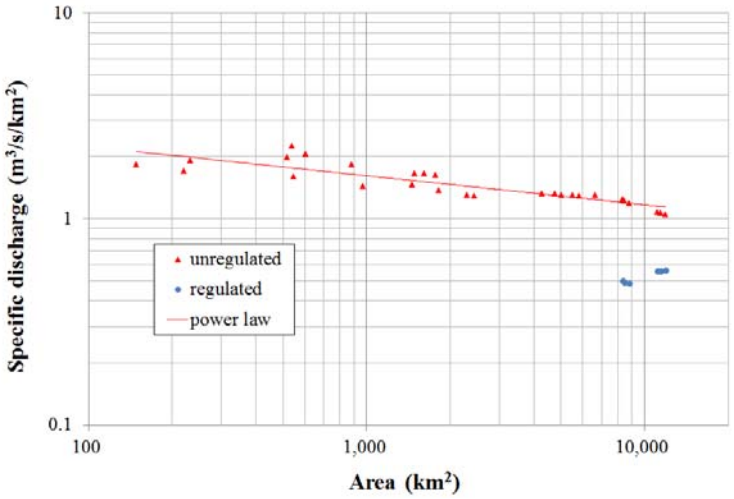


<조절홍수량의 분위수 변동>



<비조절홍수량의 분위수 변동>

- 평균홍수량의 특성 : 댐에 의해 통제된 빈도홍수량은 멱함수의 원칙을 따르지 않는 것을 알 수 있음. 댐의 영향이 유역면적이 커짐에 따라 감소하기 때문에 유역면적이 증가함에 따라 통제된 경우의 비유량이 점차 자연홍수량에 대한 비유량에 점차 가까워지는 형태를 보임

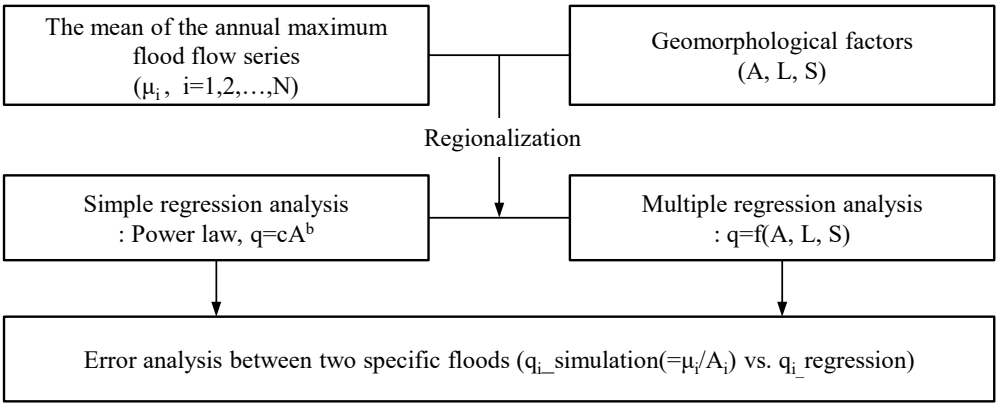


<조절/비조절 홍수량의 유역면적과의 관계>

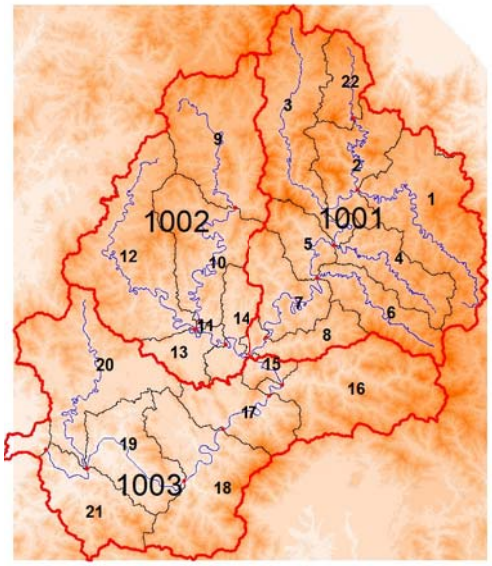
(4) 미계측 유역을 위한 설계홍수량 산정기법 개발 및 적용

○ 멱함수법칙(power law)에 대한 검증 및 지역화 경험식 제시

– 대상유역은 선행연구(김남원 등, 2013, 2014, 2016)가 이루어진 충주댐 상류 유역으로 다지점의 공간확장자료를 확보하기 위해 충주댐 상류유역을 22개의 소유역으로 구분



<분석방법론>

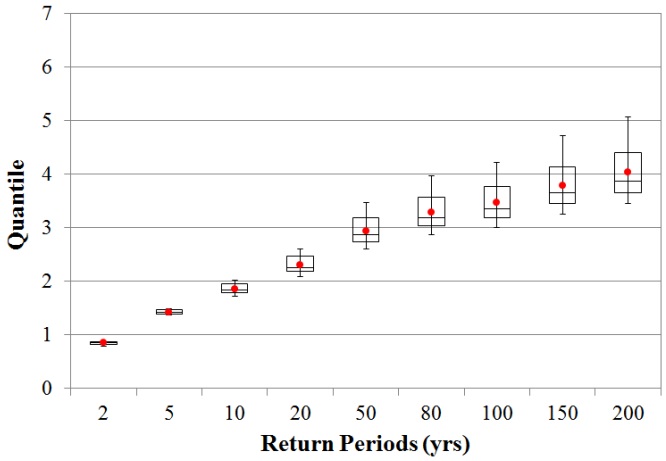


소유역 번호	면적 (km^2)	주하도길이 (km)	하도경사	중권역
1	546.0	35.0	0.013	1001
2	971.2	80.8	0.021	
3	1458.4	113.6	0.020	
4	220.9	20.6	0.023	
5	1822.3	143.9	0.023	
6	233.0	21.4	0.027	
7	2293.7	183.5	0.024	
8	2440.8	198.6	0.025	
9	518.3	25.2	0.021	1002
10	882.8	51.5	0.020	
11	1492.2	92.0	0.018	
12	606.1	38.6	0.013	
13	1613.2	98.5	0.020	
14	1769.8	104.6	0.023	
15	4272.3	308.0	0.025	1003
16	4780.7	334.6	0.025	
17	5027.2	343.2	0.026	
18	5519.2	365.3	0.026	
19	5816.9	372.7	0.027	
20	539.5	22.5	0.021	
21	6648.0	401.5	0.027	
22	149.0	22.9	0.034	1001

<대상유역 현황 - 소유역 구분, 중권역 분류>

○ GEV 분포에 의한 지점별 분위수의 특성

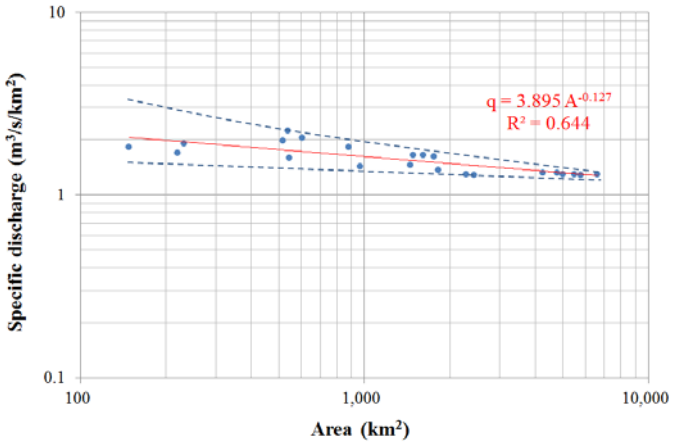
- 지수홍수법을 이용한 재현기간별 빈도홍수량의 오차를 구체적으로 확인해보기 위해 GEV 분포에 의한 각 지점별 분위수와 Kim et al.(2016)의 결과인 지역의 평균적인 분위수의 상대오차를 재현기간별로 검토
- 본류 지점점의 홍수량에 대한 분위수 상대오차는 재현기간 100년에서 약 10% 이내로 분석
- 이는 지역내 최상류 지류의 홍수량 영향이 본류로 갈수록 점차 감소하여 본류 지점에서는 지점별 빈도특성이 평균되어져 감을 판단할 수 있는 근거



<재현기간별 분위수의 Box-plots>

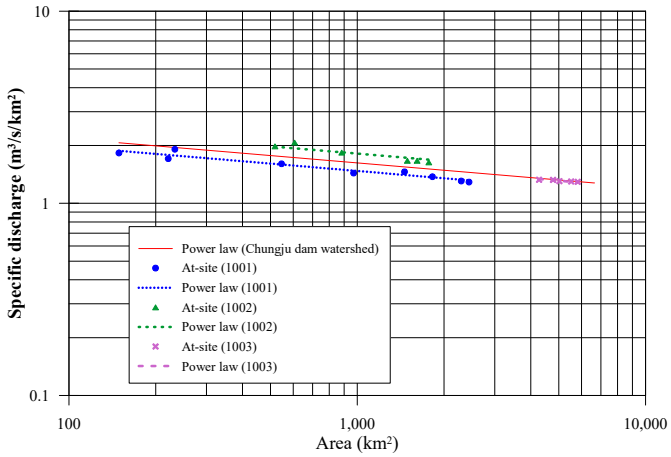
○ 평균홍수량과 유역면적과의 경험관계

- 평균홍수량과 유역면적의 관계는 멱함수 법칙을 따른다는 가정하에 $q = aA^b$ 형태로 분석 수행
- 대상유역에서 유역면적이 증가함(약 3,000 km^2이상)에 따라 점차로 일정한 멱함수 법칙에 수렴함(점선)



<유역면적에 따른 비유량의 거동(멱함수 법칙)>

- 대상유역 전지점 분석결과인 멱함수 법칙을 Eq.의 기울기(b=−0.127)를 고정하고, 3개의 중권역에 해당하는 분석지점들에 대하여 각각 a값과 결정계수(R^2)를 분석
- 결론적으로 홍수량과 유역면적 간의 경험관계는 유역을 보다 세분화하여 해당 직상하류 분석지점들의 관계를 이용한 power law의 관계로 설명하는 것이 타당 (즉, 미계측 유역에 대한 홍수량을 추정할 경우, 관측된 인근지역 즉 직상하류 유역의 비유량을 사용한 경험관계가 우선 적용되어야 함)

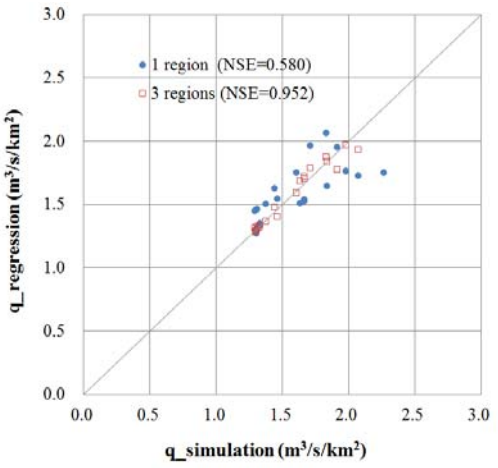


<중권역별 비유량의 거동>

<중권역별 멱함수와 결정계수>

Region	a	b	R^2
1001+1002+1003	3.895	-0.127	0.644
1001	3.538		0.919
1002	4.356		0.842
1003	3.858		0.709

- 본 연구의 기초자료인 공간확장기법에 의해 도출된 분석지점별 평균홍수량과 유역면적에 의한 경험관계를 적용하여 도출된 평균홍수량을 비교
- 3개의 그룹으로 구분하여 각각 도출한 경험관계를 적용하여 분석한 경우, 결정계수는 0.952로 아주 우수한 결과 도출. 이는 미계측 유역을 위한 지역화를 위해서는 보다 세밀한 그룹화에 대한 고려가 필요함



<멱함수 법칙으로 도출된 평균홍수량의 비교>

○ 평균홍수량의 지형학적 특성인자 관계에 의한 오차항 분석
- 전유역의 분석지점들에 대하여 분석한 경우, 단순회귀분석(A)에 비하여 다중회귀분석시(A,L,S) 오차 β는 10.8 %에서 5.8 %로 약 54 % 감소
- 직상하류 유역으로 그룹화된 3개의 중권역별 단순회귀분석과 다중회귀분석 두 분석결과에서 3.6 % 미만(0.1-3.6 %)의 작은 오차를 나타냄

<회귀분석결과의 오차항 분석>

Region	Error β	
	Power law	Multiple regression
1001+1002+1003	0.108	0.058
1001	0.036	0.030
1002	0.036	0.010
1003	0.005	0.001

○ 기후인자를 고려할 수 있는 홍수빈도모형 개발

– 미계측 유역을 위한 홍수빈도해석 기법개발의 일환으로 합리식을 이용한 유출계수 C값의 도출

$$Q(Y) = 0.2778 \cdot \ C(Y) \cdot \ I(t_c, Y) \cdot \ A$$

여기서, $Q(Y)$: 재현기간 Y년에 해당하는 빈도홍수량

$C(Y)$: 재현기간 Y년에 해당하는 유출계수

$I(t_c, Y)$: 집중시간 t_c와 재현기간 Y년에 따른 강우강도

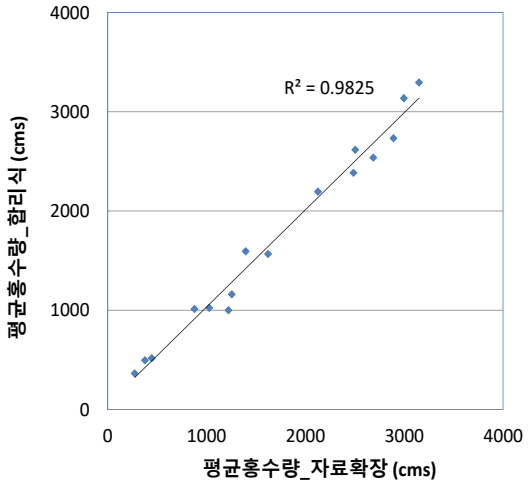
$$C(Y) = \frac{q(Y)}{0.2778 \cdot \ I(t_c, Y)}$$

– 유출계수 $C(Y)$값의 도출을 위해 이용된 자료 및 공식

- $q(Y)$: 3차년도 연구결과(충주댐 유역의 22개 지점 홍수량 자료확장 결과)
- $t_c = 0.76A^{0.38}$: 확률강우강도의 강우지속기간 결정을 위한 공식
- $I(t_c, Y)$와 ARF(면적감소계수) : 확률강우량도 개선 및 보완 연구 (국토해양부, 2011) 결과 이용

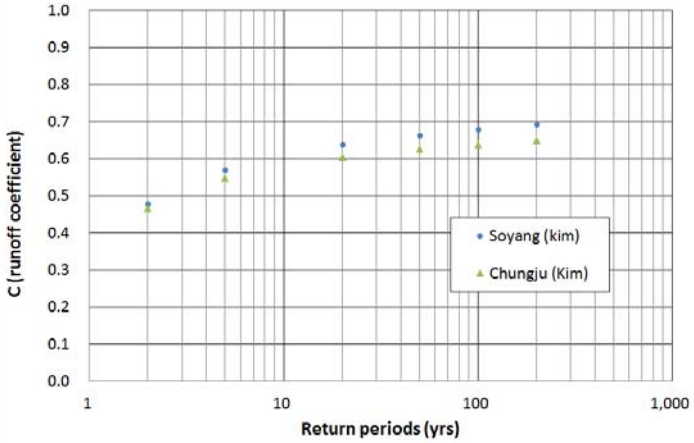
– 합리식을 이용한 설계홍수량 추정결과

- 대상유역 : 충주댐 상류유역 (22개 소유역)
- C(2.33) 도출결과 : 평균 0.54로 유역면적에 대하여 일정한 값을 나타냄
- 평균홍수량의 추정결과 검토 : 합리식 기법을 적용한 결과와 기 제안된 자료확장 기법의 결과를 비교한 결과 결정계수(R^2)의 값이 0.98로 매우 높은 상관성을 보임



<홍수량 도출결과 (합리식 기법 vs. 자료확장 기법)>

- 대규모 유역에 대한 합리식의 적용은 국내·국외의 적용사례가 거의 없으나, 본 과제의 연구결과에 따르면 일정규모 이상의 유역(예; 충주댐, 소양강댐 유역)에서 일정한 유출계수값이 도출됨. 도출된 유출계수를 이용하여 평균홍수량을 추정한 결과 NSE값이 0.9이상의 높은 정확도를 나타냄
- 확률론적 합리식을 적용하기 위해서는 재현기간별 유출계수 C값의 도출 필요
- 소양강댐, 충주댐 유역을 대상으로 재현기간별 빈도홍수량과 확률강우강도를 이용하여 빈도별 유출계수를 유도함. 재현기간이 커질수록 유출계수는 증가하며, 아래 그림과 같은 관계를 보임



<재현기간에 따른 빈도계수>

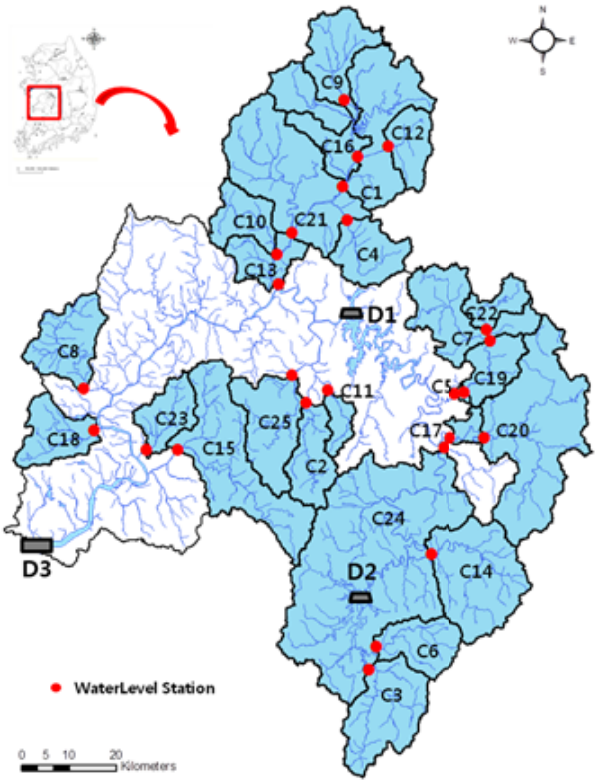
바. 3-6 세세부: 개념적 강우-유출모형을 활용한 홍수량 산정방법 개발

○ 미계측 유역의 홍수량 산정을 위하여 개념적 강우-유출모형의 지역화 모형을 개발하여, 금강 유역을 대상으로 적용 및 한국형 홍수량 산정 방법의 가이드라인을 제시 함. 본 연구에서는 실무에서 적용할 수 있는 국내 유역의 특성을 반영한, 계측 및 미계측 유역의 홍수량 산정방법을 제시하는 것을 목표로 함.

(1) 태풍사상 기반 강우유출모형 매개변수의 지역화 모형 개발

○ 태풍사상 기반의 금강유역 홍수사상 특성분석

- 태풍사상 기반의 금강유역 홍수사상 분석을 위하여 연구 유역을 아래와 같이 선정



Catchments	
C1	Bukil
C2	Boksu
C3	Cheoncheon
C4	Cheongju
C5	Cheongseong
C6	Donhyang
C7	Gidaegyo
C8	Guryong
C9	Gasan
C10	Habgang
C11	Indong
C12	Jeungpyung
C13	Miho
C14	Muju
C15	Nonsan
C16	Ochang
C17	Simcheon
C18	Seokdong
C19	Sangyegyo
C20	Songcheon
C21	Seokhwa
C22	Tanbu
C23	Wugon
C24	Yanggang
C25	Yuseong

D1	Yongdam Dam
D2	Deacheong Dam
D3	Geum river estuary bank

<금강 25개 연구유역 선정>

- 태풍사상 기반의 금강유역 홍수사상 분석을 위하여 연구유역의 유역 특성인자는 아래와 같음

<금강 25개 유역의 유역특성인자>

Catchment		Area (㎢)	ALTBAR (m)	Form Factor	Drainage Density	SAAR (mm/yr)	FARL	CN	DPSBAR (°)
C1	BI	907.1	151	0.25	2.1	1222	0.92	67.4	9.7
C2	BS	162.5	229	0.11	4.0	1274	1.00	70.8	15.2
C3	CC	291.2	555	0.27	3.3	1093	0.96	65.4	14.6
C4	CJ	166.2	159	0.18	2.4	1192	0.98	71.7	9.7
C5	CS	491.0	270	0.14	3.1	1198	0.95	65.6	12.9
C6	DH	165.4	647	0.21	1.7	1231	0.96	60.0	16.2
C7	GD	353.1	284	0.27	3.1	1181	0.97	65.4	12.9
C8	GR	208.2	173	0.10	3.0	1258	0.99	72.3	12.3
C9	GS	183.9	141	0.27	1.7	1199	0.95	68.8	6.3
C10	HG	1853.0	136	0.21	2.4	1225	0.95	69.1	8.4
C11	ID	58.7	217	0.14	3.4	1244	1.00	64.6	14.7
C12	JP	124.1	150	0.40	2.4	1206	0.96	69.3	8.6
C13	MH	1596.0	137	0.28	2.4	1192	0.98	63.0	9.7
C14	MJ	390.2	615	0.14	1.5	1154	0.99	59.0	18.9
C15	NS	467.7	148	0.17	2.3	1318	0.91	62.5	11.4
C16	OC	564.0	154	0.20	1.9	1221	0.91	66.0	9.8
C17	SC	342.4	372	0.15	2.2	968	0.98	61.0	14.7
C18	SD	664.3	78	0.22	2.7	1271	0.96	66.2	8.1
C19	SG	162.4	272	0.16	3.1	1195	0.96	65.6	12.9
C20	SH	464.9	385	0.24	2.2	969	0.97	60.6	14.8
C21	SW	623.4	143	0.27	2.3	1223	0.94	68.6	9.7
C22	TB	1594.1	363	0.15	2.5	1090	0.93	54.2	17.0
C23	WG	81.7	45	0.25	2.8	1235	0.98	68.9	5.0
C24	YG	263.8	449	0.08	2.2	1164	0.89	61.3	16.2
C25	YS	131.8	189	0.11	3.5	1315	0.99	62.8	12.1

- 금강 25개 유역의 태풍으로 인한 홍수사상을 분석하기 위하여, 2000년대 이후 주요 태풍사상을 선정

<2000년 이후 주요 태풍 및 기간>

Thypoon	Period
루사(RUSA)	2002.8.23.~2002.9.6.
매미(MAEMI)	2003.9.6.~2003.9.19.
나리(NARI)	2007.9.13.~2007.9.22.
덴무(DIANMU)	2010.8.8.~2010.8.17.
곤파스(KOMPASU)	2010.8.29.~2010.9.8.
볼라벤(BOLAVEN)	2012.8.20.~2012.9.3.

- 금강 25개 유역의 홍수사상에 대하여 총 강우량, 총 유출량, 최대강우강도, 첨두홍수량, 강우지속시간, 지체시간, 총 잠재증발산량, 유출비, 5일선행강우량, 평균 유출고, 최고 유출고, 최저유출고 등의 홍수사상 특성분석을 수행
- 청주유역의 태풍 홍수사상은 총강우량 : 41~129mm/hr, 첨두홍수량 : 3~6mm/hr, 유출비 : 0.38~0.98 등의 특성을 나타내고 있음.

<태풍사상을 바탕으로 한 홍수특성분석(예, 청주)>

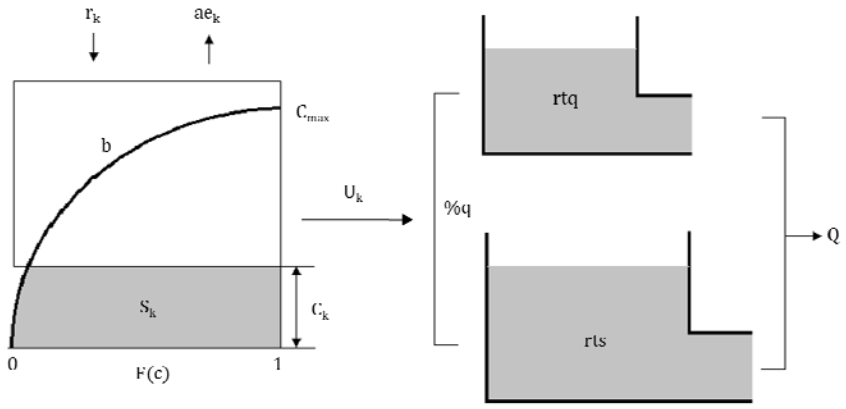
Thypoon	RUSA	MAEMI	NARI	DIANMU	KOMPASU	BOLAVEN
Characteristic factor of the flood	2002.8.23.~ 2002.9.6	2003.9.6~ 2003.9.19	2007.9.13~ 2007.9.22	2010.8.8~ 2010.8.17	2010.8.29~ 2010.9.8	2012.8.20~ 2012.9.3
Total rainfall (mm)	129	72	92	90	41	107
Total discharge (mm)	114	70	79	46	16	66
Maximum rainfall intensity (mm/hr)	14	10	10	42	28	21
Peak flood (mm/hr)	6	3	5	4	3	5
Rainfall duration(hr)	17	9	11	7	2	15
lag time (hr)	4	3	6	4	1	3
potential evapotranspiration(mm)	21	12	5	3	3	15
runoff ratio	0.88	0.98	0.85	0.52	0.38	0.62
P5 (mm/5day)	31	43	91	153	44	10

○ 금강 25개 유역의 태풍기간 홍수사상 검정

- 본 연구에서는 5차년도의 연구 성과물인 GRR (금강강우유출모형)을 금강 25개 유역 6개 태풍기간의 홍수사상에 적용하였음.
- 본 연구에서 사용된 GRR은 Moore (1995)가 제시한 확률분포형 토양저류함수모형(PDM : Probability Distributed Model)기반의 강우유출모형을 바탕으로 하였음.
- PDM은 유역의 공간적 분포를 갖는 토양수분 저장용량(Soil Moisture Storage)의 확률분포를 개념화한 모형으로 유역의 유효 우량을 산정하는 토양저류 함수 모형임.
- 토양수분 저장용량은 유역 전역에 걸쳐 다양하게 나타나고 시간에 따라 포화된 유역의 분포도 변화가 가능하며, 이러한 시간에 따른 유역의 토양저류 용량의 분포는 아래 <식> 과 같음.

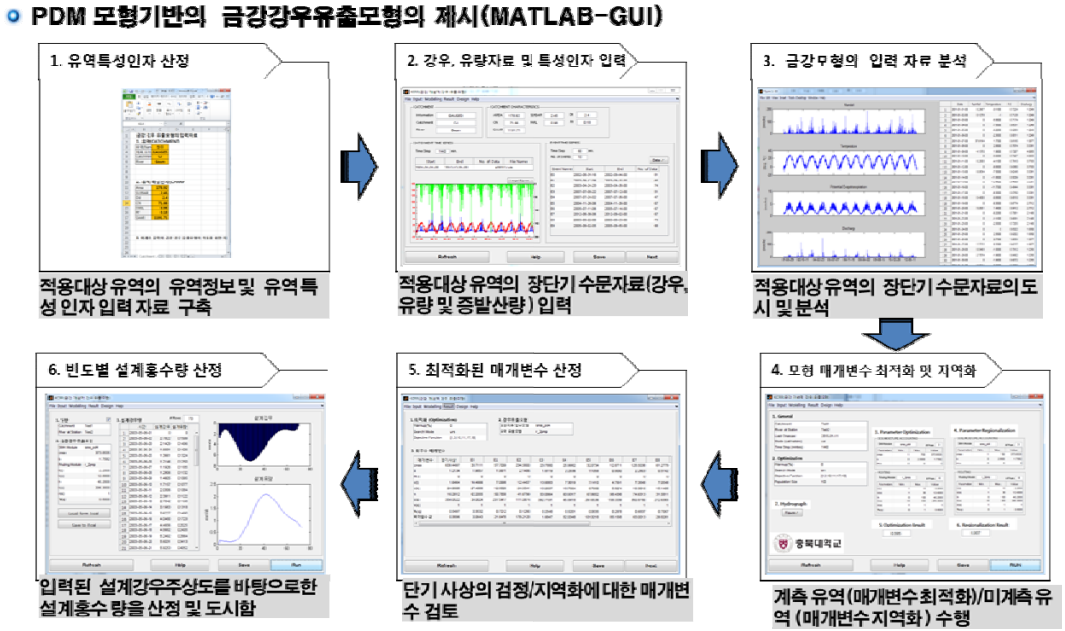
$$F(c) = 1 - (1 - \frac{c}{c_{\max}})^2, 0 \le \ c \le \ c_{\max}$$

- 확률분포형 토양 저류함수 모형에서 산정된 유효 우량을 유역유출모형(Routing)에 적용하여 유역의 유출량을 산정하였으며, 본 연구에서 적용한 유역유출모형은 2선형 저류지 유출모형(2PAR : 2-conceptual reservoirs in PARallel)을 적용하였음.
- 본 연구에서는 적용한 모형의 개념도는 아래의 <그림>과 같음.



<PDM 개념도>

- 아래의 그림은 GRR구현의 개략도를 나타내고 있음.



<GRR (금강강우유출모형)구현 개략도>

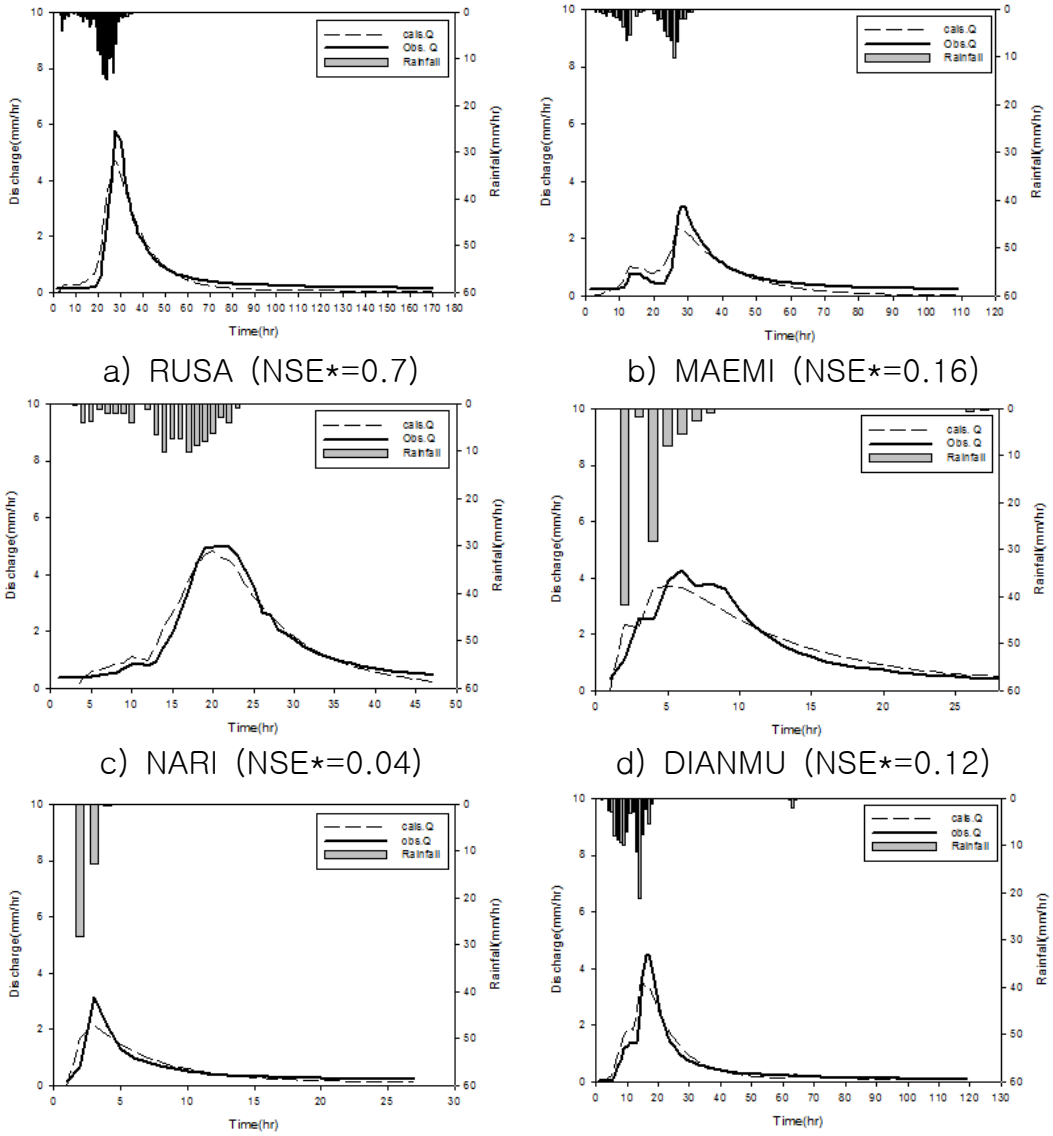
- 본 연구에서 모형의 성능을 객관적으로 분석하기 위하여 NSE* 목적함수를 사용하였음.
- NSE* 목적함수는 검정의 객관적인 성능 검토를 위하여 관측 수문출력치와 검정 수문출력치의 오차를 수식으로 제시된 평가 함수임.
- 아래의 <식>은 NSE* 목적함수를 나타냄.

$$NSE^{*} = 1.0 - NSE = 1.0 - (1.0 - \frac{\sum_{i=1}^{N}(o_i - c_i(\theta))^2}{\sum_{i=1}^{N}(o_i - \bar{o})^2})$$

- 금강 25개 유역의 태풍사상을 바탕으로 GRR 적용결과는 아래의 <표>와 같고, 검정수문곡선의 청주유역 예시는 <그림>과 같음.
- 금강 25개 유역에 대하여 각 태풍사사별 검정결과는 목적함수 NSE*의 평균값이 0.5이하로 모의 성능이 적합하다고 제시되고 있음.

<금강 25개 유역의 태풍사상을 바탕으로한 GRR 검정결과>

Thypoon / Catchment	RUSA	MAEMI	NARI	DIANMU	KOMPASU	BOLAVEN
Bukil	0.17	0.24	0.31	0.55	0.26	0.21
Boksu	0.32	-	-	0.48	0.90	0.29
Cheoncheon	-	-	0.27	0.13	0.14	0.11
Cheongju	0.07	0.16	0.04	0.12	0.21	0.09
Cheongseong	-	0.76	0.72	-	-	0.17
Donghyang	-	-	0.33	0.31	0.20	0.14
Gideagyo	-	-	0.22	0.45	0.48	0.17
Guryong	0.38	0.77	0.30	0.65	0.74	0.23
Gasangyo	-	-	-	0.27	0.30	0.19
Habgang	-	-	0.74	-	0.64	0.37
Indong	0.15	0.21	0.05	0.67	0.40	0.36
Juengpyung	0.22	0.51	-	0.39	0.48	0.24
Mihogyo	-	-	-	0.88	-	0.50
Muju	-	-	0.60	0.33	0.66	0.70
Nonsan	0.44	2.22	0.95	-	-	0.35
Ochang	0.28	0.76	0.37	0.32	-	-
Simcheon	-	-	0.51	0.43	-	0.21
Seokdong	-	-	-	-	0.54	0.64
Sangyegyo	-	-	0.45	-	-	0.29
Songcheon	-	0.25	0.32	0.33	0.72	0.53
Seokhwa	0.29	0.27	0.58	0.33	-	0.32
Tanbugyo	-	-	0.14	-	-	0.97
Woogon	-	-	0.71	-	0.63	0.53
Yangganggyo	-	-	0.90	0.40	-	0.42
Yuseong	0.29	-	0.18	0.62	0.31	0.15



a) RUSA (NSE*=0.7)　　b) MAEMI (NSE*=0.16)

c) NARI (NSE*=0.04)　　d) DIANMU (NSE*=0.12)

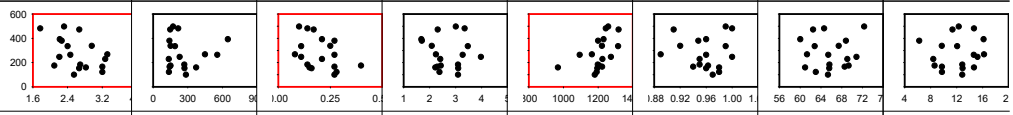
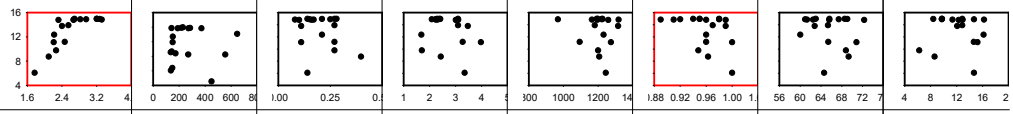
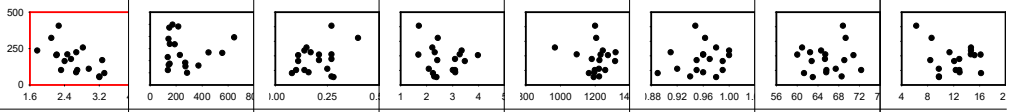
e) KOMPASU (NSE*=0.21)　　f) BOLAVEN (NSE*=0.09)

<태풍사상을 바탕으로 한 GRR 검정 수문곡선(예: 청주)>

○ 태풍사상 기반 강우 유출모형 매개변수의 지역화 모형 개발

- 연구유역의 개별 태풍 수문사상에 대하여, 검정 매개변수와 유역 특성인자의 상관관계를 분석함.
- 검정매개변수는 NSE*목적함수 성능이 0.5이하인 값을 사용하였음
- 태풍 볼라벤 사상의 검정 매개변수와 유역특성인자간의 산포도는 아래<표>와 같음.

<검정매개변수와 유역특성인자의 상관관계(예, 태풍 볼라벤 사상)>

Basin Characteristics	Log (Area)	ALTBAR	Form Factor	Drainage Density	SAAR	FARL	CN	DPSBAR
Cmax								
rt(q)								
rt(s)								
%(q)								

–

– 매개변수 Cmax는 Area와 Form Factor가 감소할수록 증가하는 경향을 보이고 있으며, SAAR이 증가할수록 Cmax가 증가하는 경향을 나타내고 있음.

– 특히 유역의 빠른 흐름 반응을 반영하는 매개변수 rt(q)는 Area가 작아질수록, FARL이 증가할수록 감소하는 경향성을 보임.

– 각각 홍수 수문사상의 특성을 반영하기 위하여 홍수 수문사상별로 상관관계, 수문학적인 고려 및 통계적인 유의성을 반영하여 아래 <Table 5>와 같이 다중선형 회귀식을 산정함.

<GRR 매개변수의 지역화 회귀식(예, 태풍 볼라벤 사상)>

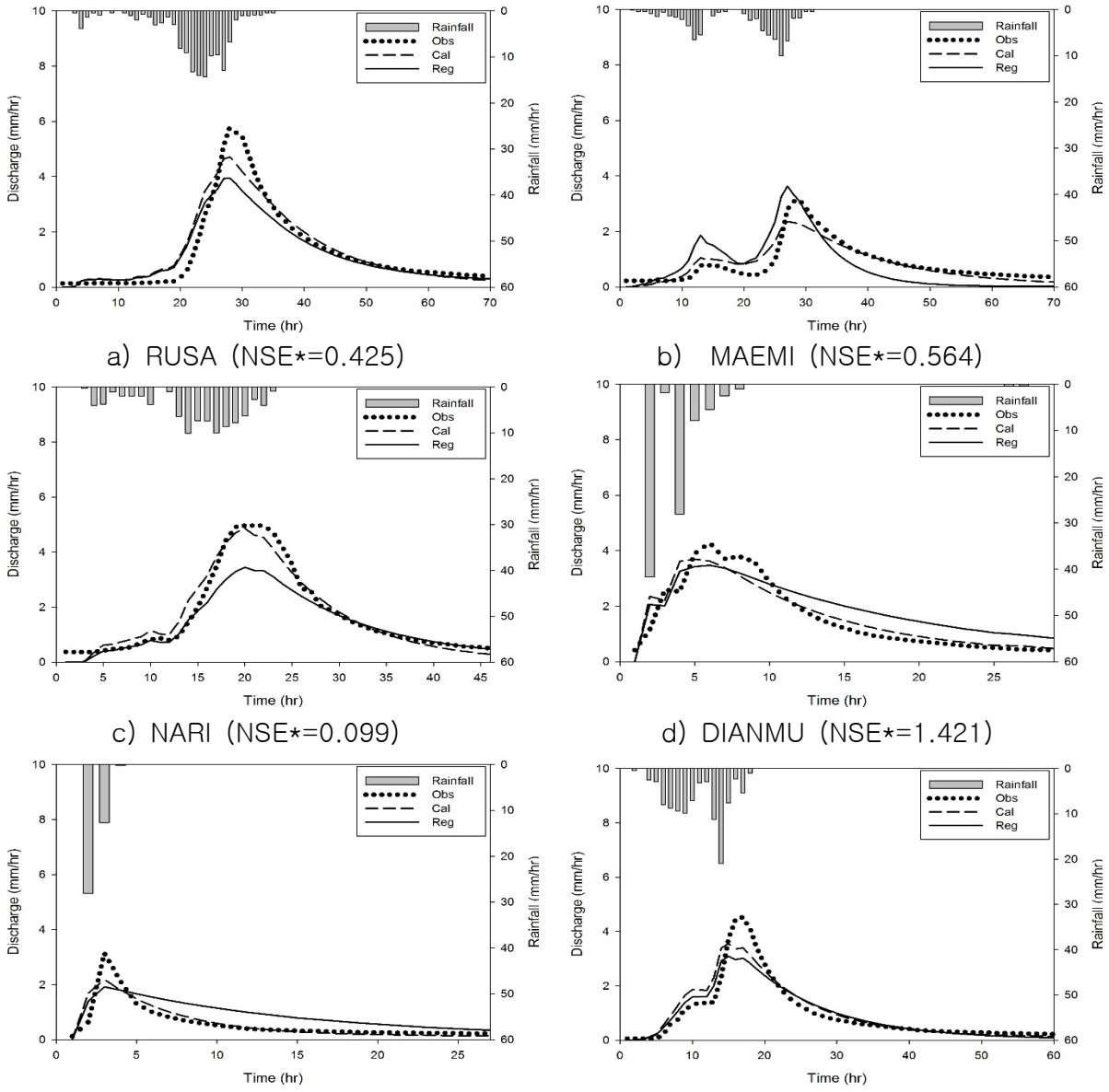
parameter	regression equation	R^2	p-value
Cmax	-12.04-111.531log(Area)-481.463Formfactor+0.561SAAR	0.47	0.03
rt(q)	-8.79+5.095log(Area)+8.943FARL	0.64	0.00
rt(s)	445.4-129.384log(Area)+351.597Formfactor	0.48	0.01
%(q)	-1.317-0.211log(Area)+2.75FARL	0.44	0.01

– 각각의 홍수사상의 지역화 모형을 청주 유역에 적용하여 <표>와 같이 강우 유출모형의 지역화 매개변수를 도출하였음.

<지역화 모형을 각 태풍사상에 적용했을 때의 매개변수(예, 청주)>

Typhoon	Cmax	rt(q)	rt(s)	%(q)
RUSA	97.1	11.3	210.3	0.58
MAEMI	252.6	6.0	257.8	0.93
NARI	995.7	10.9	138.1	0.77
DIANMU	279.6	14.6	294.8	0.73
KOMPASU	344.4	12.9	285.6	0.65
BOLAVEN	321.8	11.3	221.4	0.91

- 청주유역의 각각의 태풍 수문사상에 대하여, 청주 유역의 검정매개변수 적용결과와 청주유역을 제외한 지역화 모형의 매개변수를 적용한 수문곡선은 아래 <그림>과 같음.



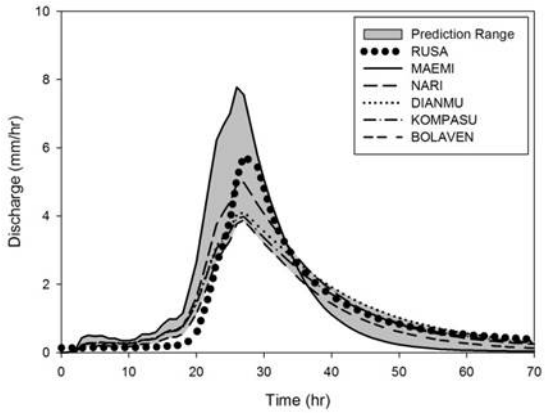
a) RUSA (NSE*=0.425)　　b) MAEMI (NSE*=0.564)

c) NARI (NSE*=0.099)　　d) DIANMU (NSE*=1.421)

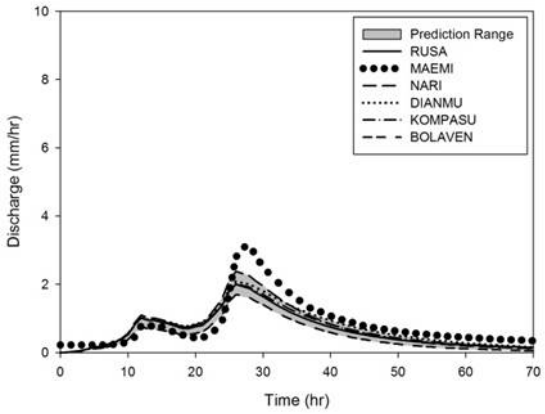
e) KOMPASU (NSE*=1.568)　　f) BOLAVEN (NSE*=0.803)

<태풍사상별 지역화 및 검정 매개변수를 적용한 수문곡선(청주유역)>

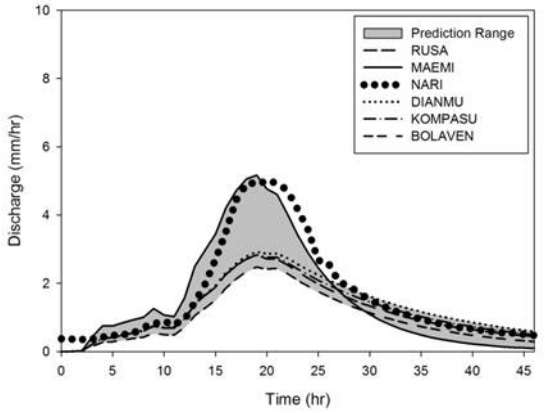
- 태풍 매미와 나리의 관측자료에 의한 수문곡선과 검정 및 지역화 모형 수문곡선의 첨두홍수량 차이는 크게 없으며, 태풍 루사의 검증 수문곡선은 과다 산정되었음.
- 대부분의 검정 수문곡선은 관측 데이터에 의한 수문곡선의 첨두홍수량에 근사하게 모의되었으며, 전체적인 경향성도 관측자료에 의한 수문곡선과 검정 및 지역화 수문곡선이 유사하게 모의되었음을 확인함.
- 지역화 모형을 적용한 앙상블 예측은 홍수 예측의 신뢰도를 높일 수 있는 방법이며, 정도 높은 수문 예측을 가능하게 할 수 있다고 판단됨
- 아래 <그림>은 각각 태풍사상 지역화 모형을 적용하여 청주 유역에 대하여 앙상블 예측 범위를 나타내고 있으며, 앙상블 예측범위를 회색으로 나타내었음.
- 앙상블 예측에서 태풍 나리 사상의 경우 관측유량 약 74%를 예측 하고 있음을 확인하였음.



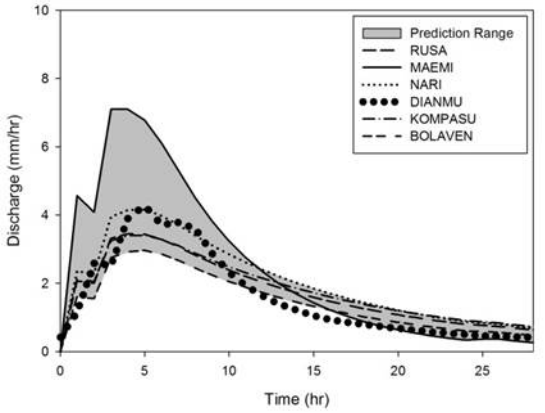
a) RUSA (55%)



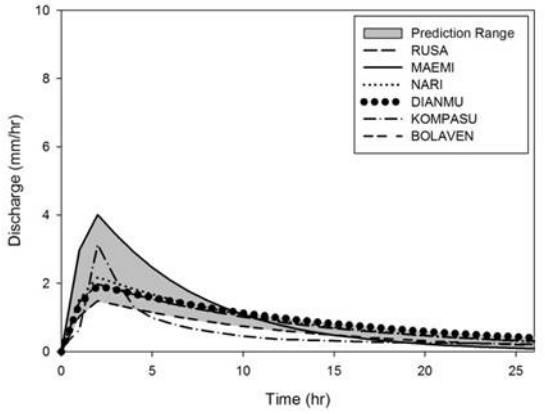
b) MAEMI (13%)



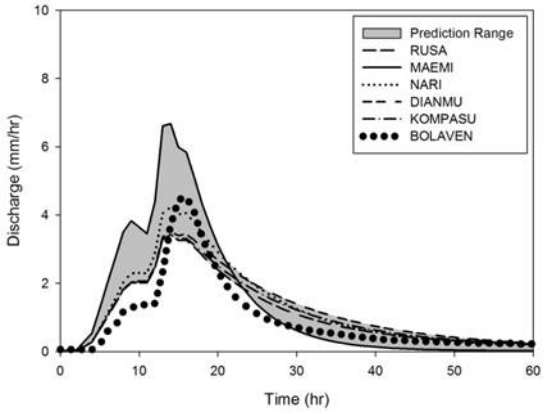
c) NARI (74%)



d) DIANMU (62%)



e) KOMPASU (41%)



f) BOLAVEN (62%)

<태풍사상 지역화 모형을 활용한 앙상블 예측(예 : 청주)>

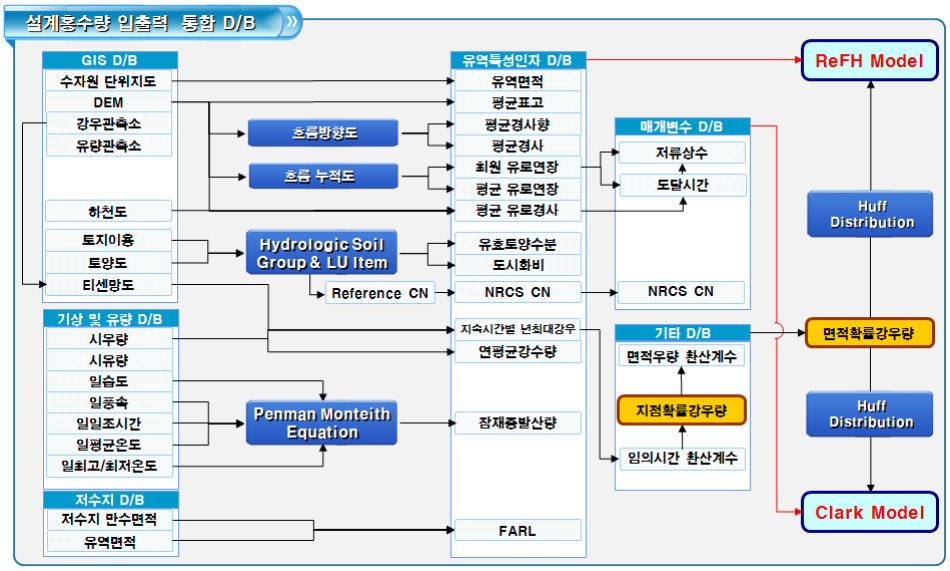
사. 3-7 세세부: 유역특성인자 및 홍수량 산정 통합시스템 구축

○ 기존의 설계홍수량 집중형 모형은 미국(HEC_HMS)와 영국(ReFH) 등 국외 모형을 일반적으로 사용하고 있으며 국내에서는 그 결과가 제 각각 상이한 결과를 도출하여 일관된 결과로 표준화하기 어려우며 또한 미계측 유역에서의 홍수량은 많은 불확실성을 포함한 결과를 사용 함. 본 연구에서는 지역화 연구 성과를 준분포형(소유역 및 하도의 도입)으로 발전, 개발하고, 우리나라 유역의 유출특성(산지, 평지 및 도시 지역)을 반영한 유역 그룹으로 적용을 세분화 하여 한국형 홍수량 산정방법의 실무 적용성을 높이고, 이러한 연구를 바탕으로 국내 유역특성인자 산정 및 홍수량 산정 시스템을 개발하여, 국내 홍수량 산정의 신뢰성을 제고하고자 함.

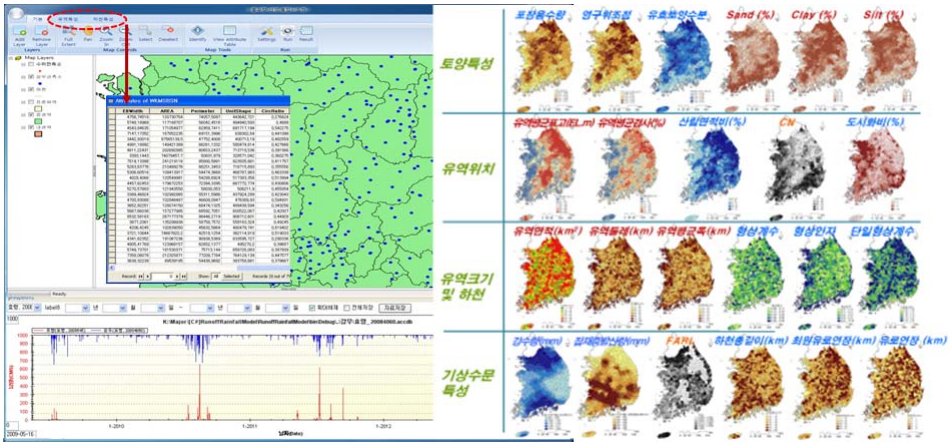
(1) 유역정보관리 시스템 설계 및 구현

(가) 유역 수문기상 및 유역특성인자, 매개변수 D/B 자료연계 기반 구축

- 개발중인 통합시스템에서 각종 수문기상자료 및 유역특성인자, ReFH 사용 매개변수, 홍수량산정 매개변수 등등의 D/B자료를 연계
- 개발중인 통합시스템에서 유역정보관리를 위한 시스템내용에 초점을 맞춰서 설계 및 시스템 구현을 수행하였음
- 수자원 단위지도 기반의 유역특성인자 산정
- 계측/미계측 유역구분을 통한 매개변수 지역화 기반 마련
- 유역, 하천, 기상, 수문, 토지이용 및 토양 전반에 걸친 항목에 대한 DB화



<유역 수문기상 및 유역특성인자, 매개변수 D/B간 자료 연계 기반 구축>

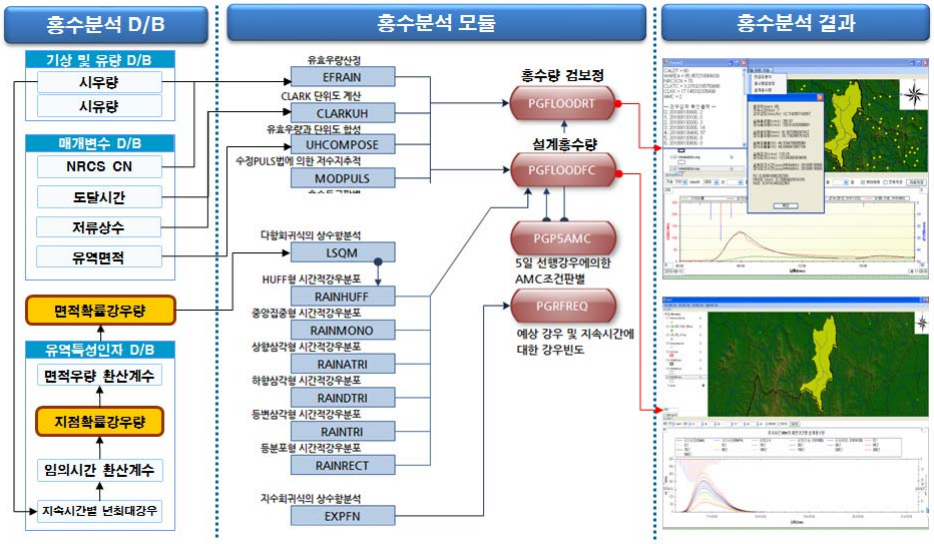


<유역특성인자 및 매개변수 시스템>

(2) 홍수량 산정 통합시스템 구축

(가) 홍수량 산정 통합시스템 설계

- 통합시스템 설계는 설계강우량 산정으로부터 시작
- 강우자료의 변환 및 검정으로 지점확률강우량을 산정하고 강우강도식에따라 면적확률강우량을 산정, 설계강우의 시간분포(Huff 3분위 적용)화, 유효우량을 산정하고 직접유출수문곡선 산정(Clark 합성단위도로 통일)
- 기저유량의 산정(ReFH 선형저류함수 적용) 후 설계홍수량을 도출하는 통일된 설계식으로부터 홍수량 통합시스템을 설계하였음



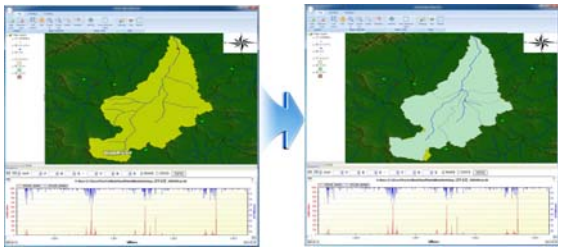
<홍수량 산정 모듈 설계>

(나) 홍수량 산정 통합시스템 GUI 개발

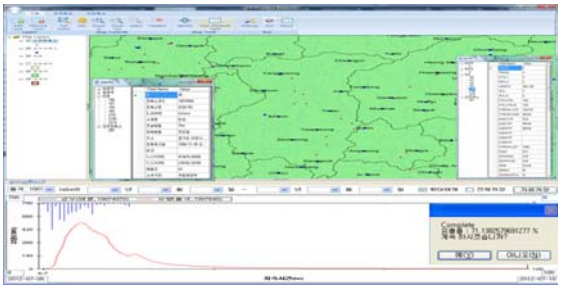
- 통합시스템 사용자편의 시스템은 GIS 기반의 운영환경에서 업무흐름에 따라

메뉴를 구성

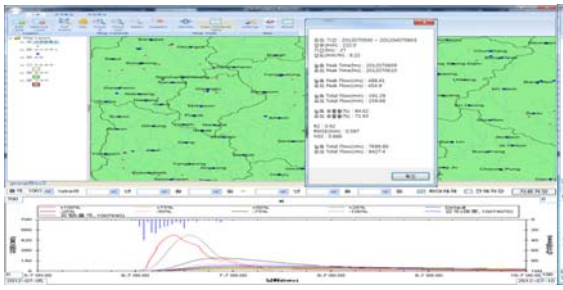
- 설계홍수량 산정 절차에 따른 효율적이고 직관적인 인터페이스 구성
- 유역분할 기능과 실측 강우-유출 조회로 대상유역 내 분석 관측소에 대한 실측 강우-유출 조회와 유출율 및 하천 및 유역특성인자 정보 제공을 통한 자동적인 강우사상 선정의 적합성을 결정
- 홍수량 산정 전 매개변수 민감도 분석 수행으로 모의 초기값을 결정하고 실측자료와 비교를 통한 다양한 통계치를 계산하여 최종 매개변수를 결정
- 최근의 설계홍수량 산정 절차에 따른 빈도별 재현기간별 홍수량을 산정하고 FARD 연계를 통한 설계강우량 산정 후 검보정된 매개변수를 적용하여 해당 분위에 대한 설계홍수량 또한 제시 가능



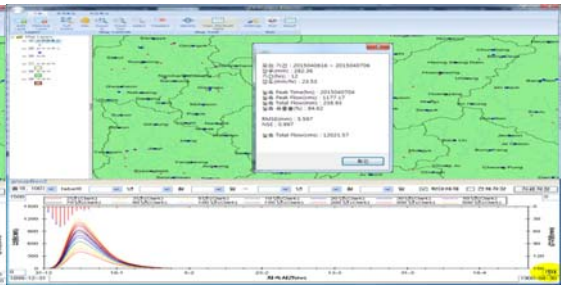
<통합시스템 유역 분할 기능>



<실측 강우-유출 조회 기능>



<매개변수 민감도 분석 기능>



<홍수량 산정 기능>

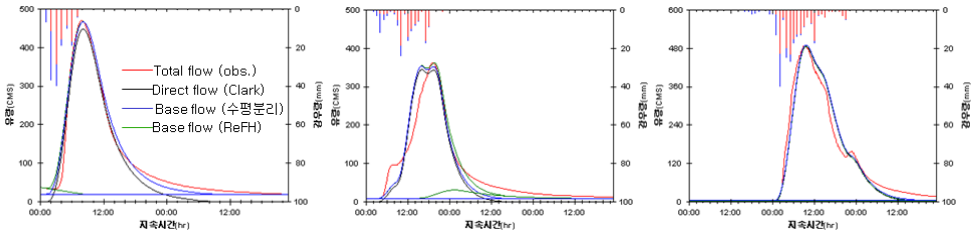
(3) 통합시스템 적용성 평가 및 기존 유사 모형과의 결과 비교를 통한 신뢰성 검토

(가) 시험유역 선정

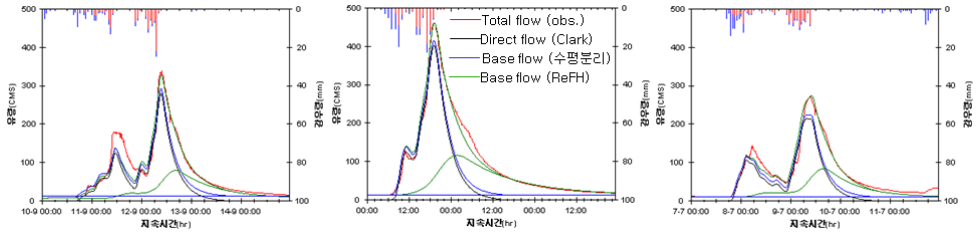
- 통합시스템 적용성 평가를 위해 양화천, 횡성댐, 대교천, 병성천 시험유역을 선정

(나) 모형의 적용성 검토

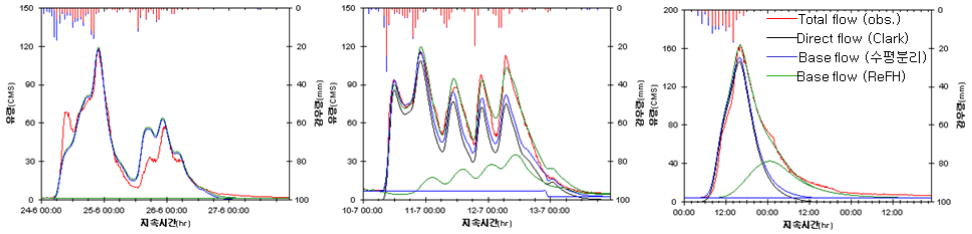
- 대상유역의 실측유량에 대한 모형의 적용성 평가를 위해 기존 Clark 직접유출에 실무에서 일반적으로 사용되어온 수평분리법에 의한 기저유출 합성방법(Sim.1)과 기존 Clark 직접유출에 본 연구에서 적용한 FEH- ReFH의 선형저류함수법에 의한 기저유출 합성방법 (Sim.2)을 비교
- 분석결과 각 대상유역의 강우사상에 대한 첨두홍수량, 총유출량, 유출율 등을 비교하였으며 대체적으로 수평분리법보다 선형저류함수법에 의한 기저유출 합성방법이 총유출에 최소 약 2.0 mm ~ 최대 약 50.0 mm, 첨두홍수량에 최소 약 1.0 m3/sec ~ 최대 약 83.0 m3/sec 만큼 기여함을 나타냄
- 또한 유출 수문곡선의 보정 시 선형저류함수법은 Clark 직접유출곡선의 큰 조정없이 기저유출을 합성함으로서 어느 정도 보정이 되는 반면, 수평분리법은 유역특성인자로 도출된 Clark 직접유출곡선의 많은 조정을 요구하게 되는데 이는 미계측유역의 유출량 산정에 필수적인 유역특성인자를 반영하지 못하기 때문에 적합지 않다고 판단



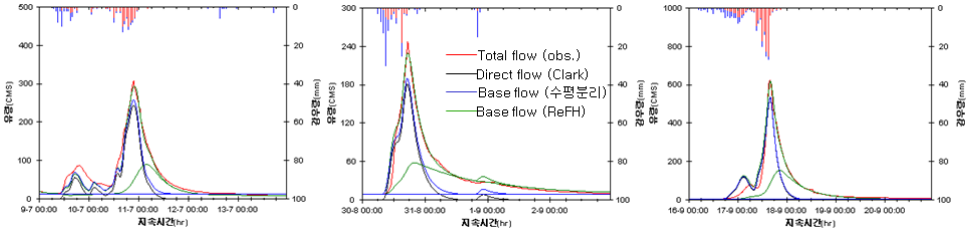
<양화천 유역의 두 모형의 결과 적용성 비교 그래프>



<횡성댐 유역의 두 모형의 결과 적용성 비교 그래프>



<대교천 유역의 두 모형의 결과 적용성 비교 그래프>



<병성천 유역의 두 모형의 결과 적용성 비교 그래프>

(4) 전국단위 유역특성인자 및 매개변수 D/B 구축

(가) 전국단위 지형공간정보 D/B 확대 구축

○ 영국의 FEH 유역특성인자와 국내 적용 가능한 유역특성인자의 검토

- 영국의 FEH에서는 지형, 하천, 기상, 토양, 토지이용, 수문특성에 따른 유역특성인자를 아래와 같이 제시하고 있음
- 이를 벤치마킹하여 국내 WAMIS에서 사용하고 있는 지형특성인자들과 국내 적용 가능한 하천, 기상, 토양, 토지이용, 수문특성인자들을 우리나라 실정에 맞게 추가로 산정하여 D/B화 하였음

○ 고해상도 지형공간정보 확대 구축

- 1:25,000 수치지도를 활용하여 기존의 DEM 30m 에서 10m 고해상도로 확대 구축함

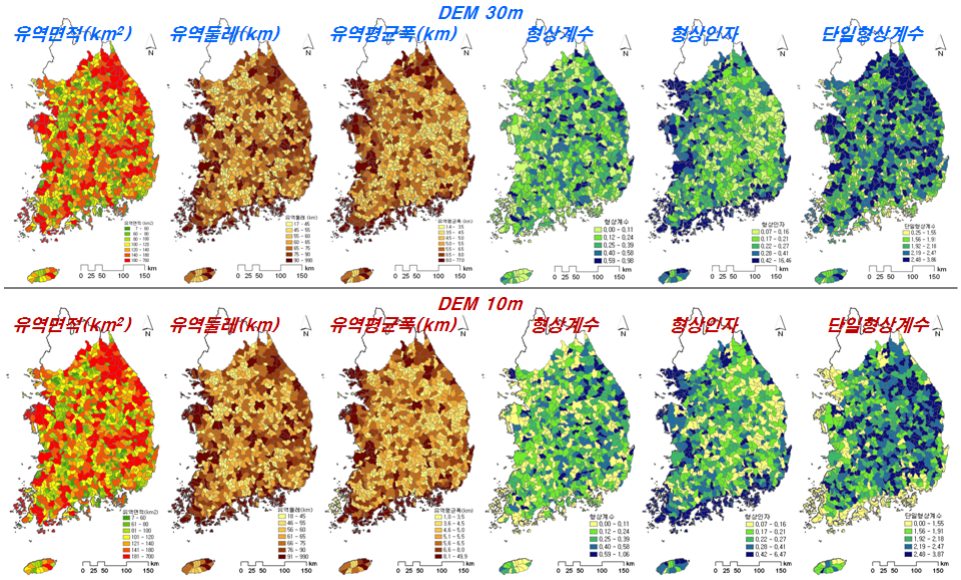
<영국 FEH와 국내 WAMIS의 유역특성인자의 비교검토>

유역특성	영국의 유역특성인자	국내 적용 가능한 유역특성인자	Raw data
지형특성	· 유역면적, 평균고도, 경사도, 경사향, 경사향의 분산정도	· 유역면적, 유역둘레 유역평균폭, 형상인자, 형상계수, 단일형상계수, 원형비, 세장률, 수계밀도, 섬세비, 기복비, 상대기복, 기복수, 유역평균표고, 유역평균경사	· DEM · 유역도
하천특성	· 유로연장, 평균유로연장	· 최원유로연장, 유로연장, 하천총길이	· 하천도
기상특성	· 연평균 강수량, 연평균 잠재증발산량	· 연평균 강수량, 연평균 잠재증발산량	· 기상자료
토양특성	· 기저흐름유출비, 토양습윤비, 토양습윤도	· 포장용수량, 영구위조점, 유효토양수분, Sand비, Clay비, Silt비	· 토양도
토지이용	· 도시화비, 비도시화비	· 도시화비, 산림면적비	· 토지이용도
수문특성	· 총유출비, 기저흐름계수 · 저수지 홍수저감특성계수	· 유출곡선지수(CN값) · 저수지 홍수저감특성계수	· 토양도 · 토지이용도 · 저수지자료

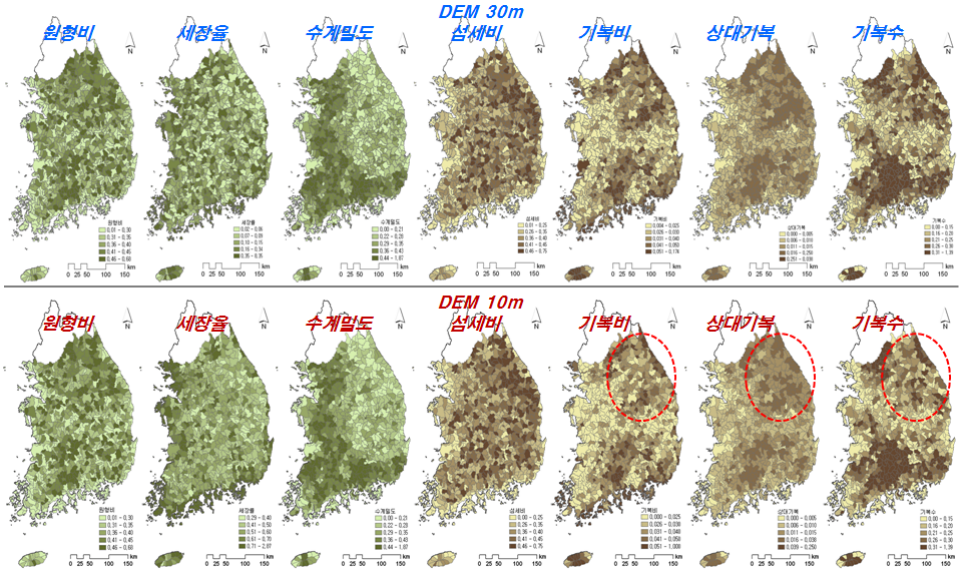
(나) 전국단위 유역특성인자 및 매개변수 D/B 확대 구축

○ 전국단위 지형 및 하천특성인자의 확대 구축

- DEM 30m 에서10m 고해상도로 변경함에 따라 위의 표에서 밑줄 친 부분의 지형 및 하천특성인자의 경우 산정 값이 바뀌게 되므로 확대구축함

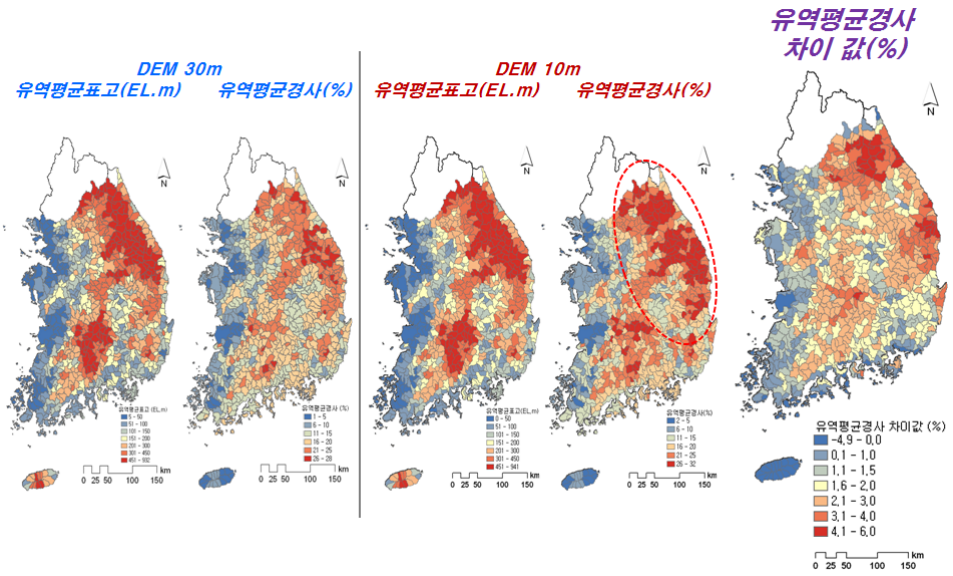


<전국단위 지형특성인자의 확대 구축>

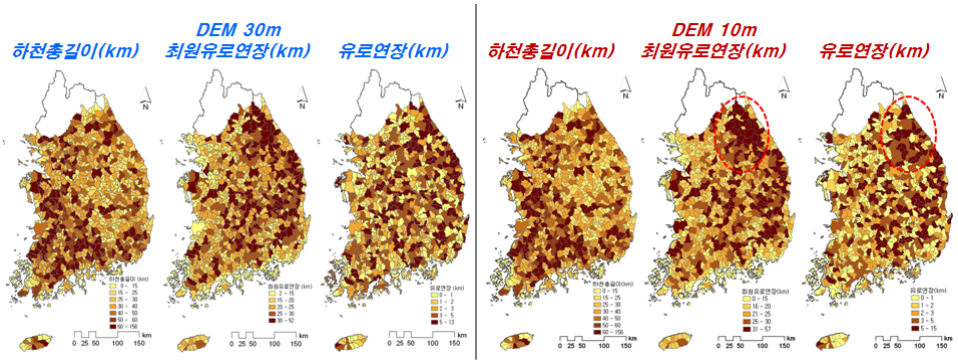


<전국단위 지형특성인자의 확대 구축 (계속)>

- 특히, 지형특성인자의 재구축 결과 유역평균경사가 가장 많은 차이를 보였으며, 지역별로 -4.9%에서 +6%까지 차이를 보임



<전국단위 지형특성인자의 확대 구축 (계속)>



<전국단위 하천특성인자의 확대 구축>

(5) 고해상 GIS기반의 홍수량 산정 매개변수의 지역화

(가) 수자원단위지도 기반 규모별 유역(표준유역, 중권역, 대권역) 등으로 구분한 대표 유역특성인자 도출

○ 고해상도 DEM을 이용하여 재구축된 유역특성인자의 유역 규모별 비교

– 지형특성인자를 비교한 결과, 유역평균경사가 가증 많은 차이를 보였으며, 한강 +2.2%, 낙동강 +2.0%, 금강 +1.6%, 섬진강 +1.8%, 영산강 +1.0 순으로 나타나 한강유역의 산지지역에서 가장 많은 차이 발생

<수자원단위지도 기반 유역 규모별 지형특성인자 비교>

지형특성인자	DEM 30m						DEM 10m					
	전국	대권역					전국	대권역				
		한강	낙동강	금강	섬진강	영산강		한강	낙동강	금강	섬진강	영산강
유역면적(km²)	123.5	129.8	116.7	131.6	112.3	125.9	123.8	129.8	117.1	132.2	113.0	125.9
유역둘레(km)	70.1	64.8	67.2	70.4	77.4	94.2	70.2	64.8	67.3	70.6	77.6	94.2
유역평균폭(km)	6.1	6.1	5.4	6.5	7.0	7.6	5.7	5.6	5.4	5.9	7.0	6.0
형상인자	0.428	0.440	0.338	0.415	0.555	0.674	0.349	0.295	0.325	0.334	0.560	0.443
형상계수	0.264	0.278	0.274	0.249	0.227	0.247	0.252	0.272	0.272	0.229	0.212	0.188
단일형상계수	2.034	2.027	2.125	2.040	1.835	1.878	2.070	2.097	2.136	2.082	1.811	1.957
원형비	0.364	0.402	0.350	0.366	0.356	0.290	0.364	0.402	0.350	0.366	0.356	0.290
세장률	0.294	0.248	0.248	0.417	0.403	0.264	0.607	0.579	0.589	0.599	0.736	0.659
수계밀도	0.326	0.294	0.309	0.370	0.363	0.376	0.325	0.294	0.309	0.367	0.363	0.376
섬세비	0.347	0.362	0.355	0.349	0.317	0.292	0.354	0.375	0.357	0.355	0.313	0.305
기복비	0.036	0.039	0.039	0.026	0.043	0.029	0.035	0.035	0.037	0.025	0.043	0.043
상대기복	0.012	0.014	0.013	0.009	0.013	0.008	0.011	0.013	0.012	0.009	0.012	0.007
기복수	0.229	0.229	0.233	0.211	0.275	0.200	0.220	0.215	0.225	0.205	0.270	0.194
유역평균표고(EL.m)	239.7	320.0	243.0	164.1	239.3	87.6	238.5	319.8	241.3	162.7	237.2	86.8
유역평균경사(%)	15.4	16.6	16.6	12.7	16.5	10.6	17.3	18.8	18.6	14.3	18.3	11.6

(나) 고해상 GIS기반의 홍수량 산정 매개변수 지역화

○ 대표유역특성인자의 도출을 위한 요인분석 (Factor Analysis)

– 여러 변수 사이의 상관관계를 기초로 데이터를 요약하거나 불필요한 변수 제거하는 방법으로 주성분분석(Principal Component Analysis)방법을 사용

– 앞서 산정된 30개의 유역특성인자 중 16개의 대표유역특성인자 도출

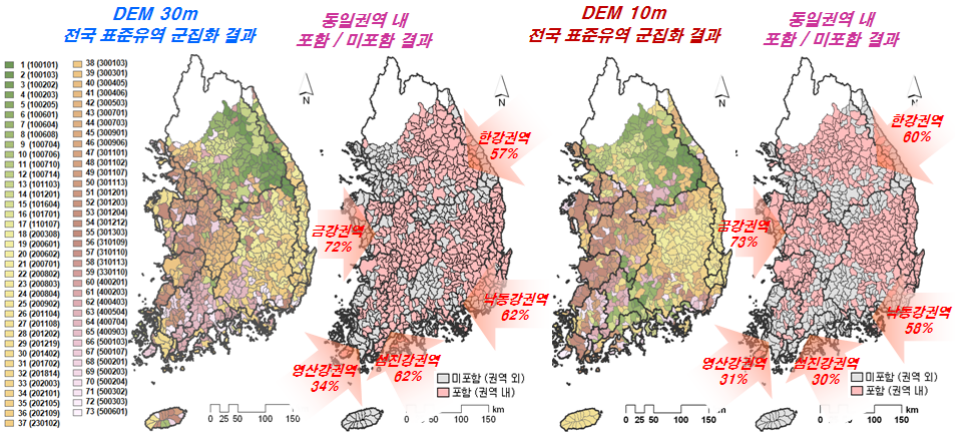
– 주성분분석 결과 4개의 요인(토양특성, 유역위치, 유역크기, 기상수문특성)이

추출됨

- DEM 30m 에서 10m로 재 산정된 유역특성인자로 요인분석을 수행한 결과 유역경사의 R^2 가 0.89에서 0.90으로, 유역면적의 R^2 가 0.65에서 0.71로 상승하였음
- 추출된 4개의 요인에 대한 설명 정도는 DEM 30m 가 78.2%, DEM 10m 가 76.6%로 1.6% 감소하는 것으로 나타남

○ 전국단위 수문학적 군집화를 위한 군집분석

- 홍수량 산정을 위한 미계측 유역의 매개변수 전이를 위해 전국을 계측 및 미계측 유역으로 구분하였음
- 전국의 수문계측 정보(기상, 강우, 수위) D/B를 구축하여, 전국 표준유역 단위 유역의 출구지점에서의 유량, 보유기간, 수위-유량 관계곡선식, 유출율 등을 검토하여 전국 총 795개의 표준유역 중 73개의 계측유역을 구분함
- 전국을 수문학적으로 유사한 그룹으로 군집화하기 위해, 각 대상이 지니고 있는 특성에 대한 측정치를 거리로 환산하는 방법인 유클리디안 거리(Euclidean distance)를 이용하여 군집분석을 수행
- 73개 계측유역에 대한 미계측 유역간의 유클리디안 거리를 계산하여 군집화 수행

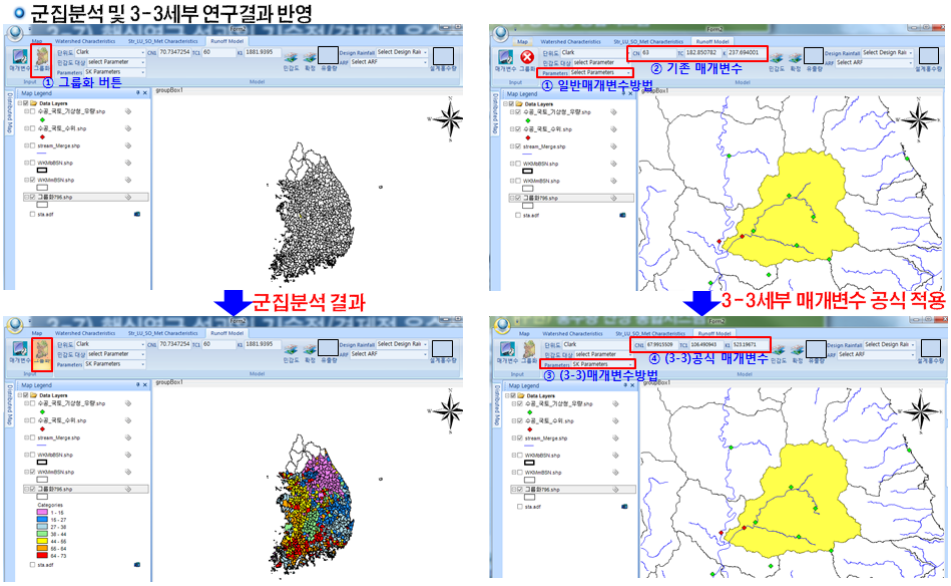


<군집분석을 통한 유역의 수문학적 군집화>

(6) 유역 홍수량 산정 통합시스템 메뉴얼 제시

○ 전국단위 수문학적 군집화 시스템의 반영

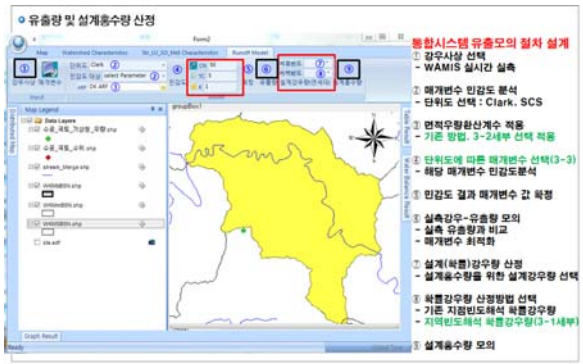
- 군집화 결과를 홍수량 산정 통합시스템의 반영하여 미계측유역의 유출검증시 매개변수 전이를 위한 모듈 반영 및 방법 반영



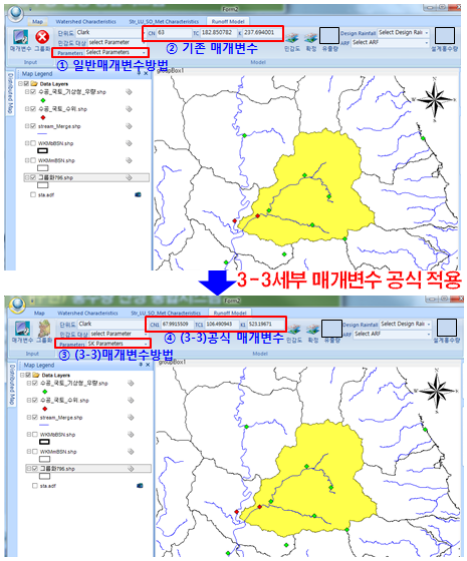
<군집분석결과 반영 시스템>

○ 자동 홍수량 산정 프로그램 개발

- 자동유역경계 추출 및 홍수량산정에 필요한 전반적인 과정을 자동화하는 프로그램 개발
- 세세부 연구결과 반영 모듈 추가
- Clark단위도 이외에 단위도 개발



<홍수량 산정 절차 및 세세부 결과 반영>



<세세부 결과 반영>

(7) 홍수량 산정 통합시스템의 전국단위 확대 적용 및 평가

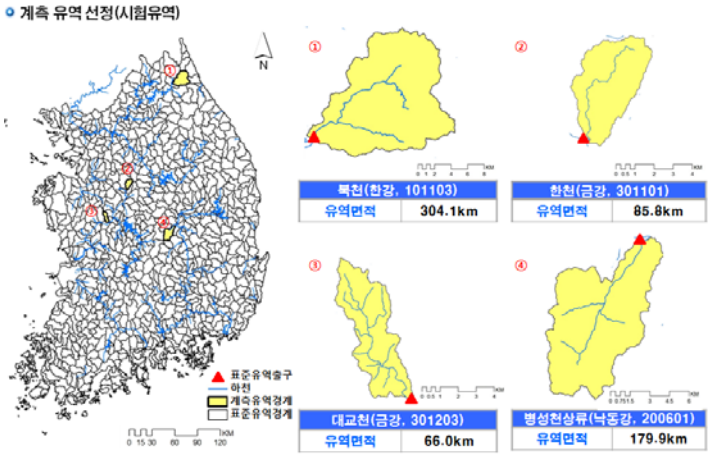
○ 미계측 유역의 검증

- 미계측 유역의 홍수량 산정을 위해 군집분석 결과를 프로그램의 연계하여 매개변수 자동전이

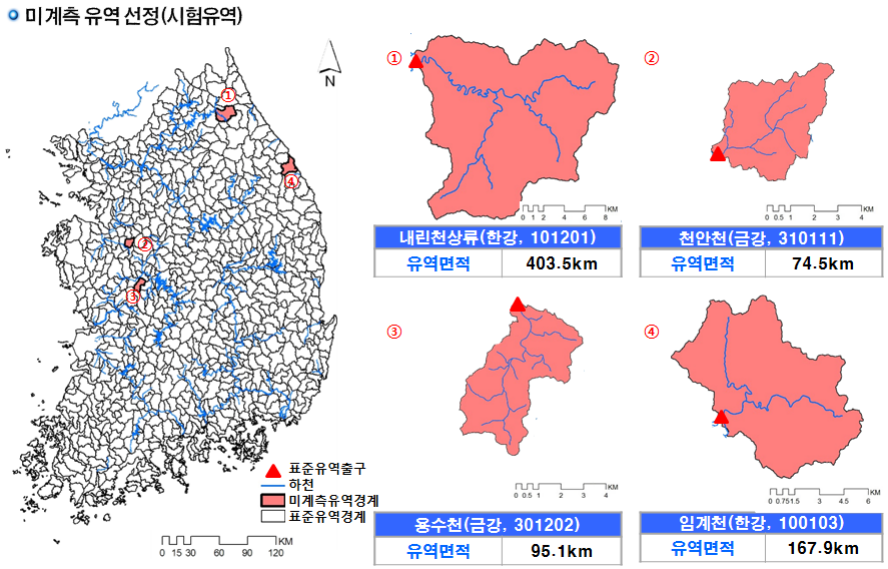
- 매개변수 전이에 따른 유출 검증
- 4개 계측유역과 4개의 미계측 유역을 선정하여 유역 크기 및 강우량 두 개의 사상에 따란 유출 모의 및 검증
- 그 결과 미계측 유역으로 가정한 계측유역의 평균 R2가 0.75 ~ 0.98로 매개변수 전이에 따른 유출 검증은 유의성이 높은 것으로 나타났고 따라서 미계측 유역의 홍수량 산정 또한 유효한 가능성을 갖음



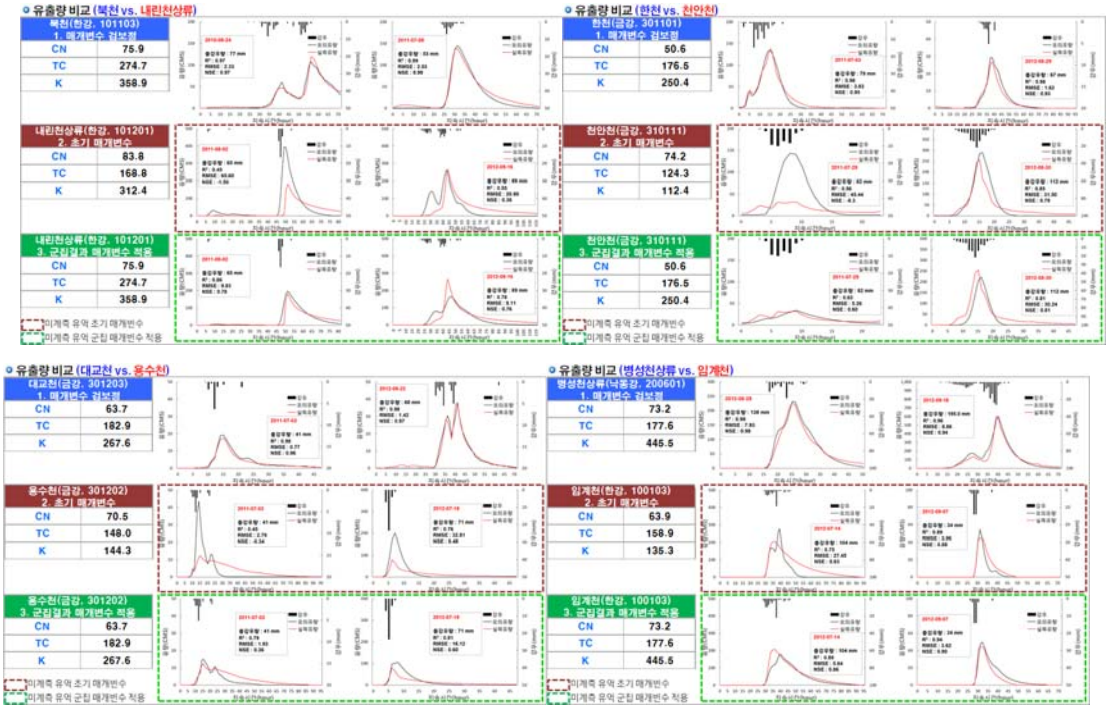
<계측 유역 검증 순서>



<계측 시험유역>



<미계측 시험유역>



<검증 결과>

(8) 홍수량 산정 통합시스템의 전국단위 확대 적용 및 최종평가

○ 미계측 유역의 검증

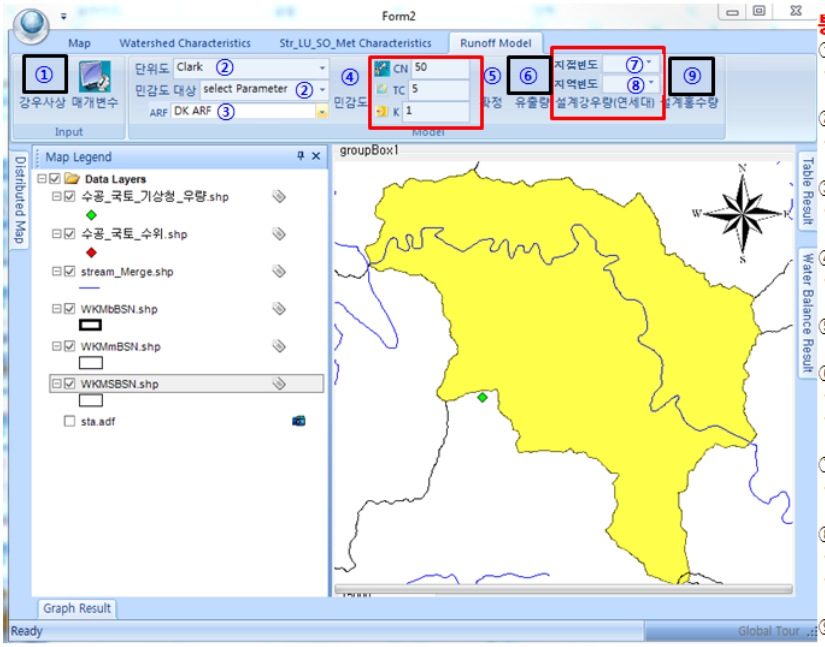
- 5차년도 4개 미계측 유역 검증에 이어 3개 이상의 미계측 유역을 선정
- 개발된 통합시스템의 검보정 기능과 군집분석 매개변수 전이 기법을 이용한 유출량 검증

(9) 홍수량 산정 통합시스템 보완 및 세세부 연구결과 최종반영

○ 미계측 유역의 검증

- 3-1 설계강우 최종결과 반영
- 3-1세부 최종연구성과 달성 후 반영
- 3-2 면적우량환산계수의 산정 방법
- 3-2세부 최종연구성과 달성 후 반영
- 3-3 설계홍수량 매개변수 추정 최종결과 반영
- 3-3세부 최종연구성과 달성 후 반영

유출량 및 설계홍수량 산정



통합시스템 유출모의 절차 설계

① 강우사상 선택
- WAMIS 실시간 실측

② 매개변수 민감도 분석
- 단위도 선택 : Clark, SCS

③ 면적우량환산계수 적용
- 기존 방법, 3-2세부 선택 적용

④ 단위도에 따른 매개변수 선택(3-3)
- 해당 매개변수 민감도분석

⑤ 민감도 결과 매개변수 값 확정

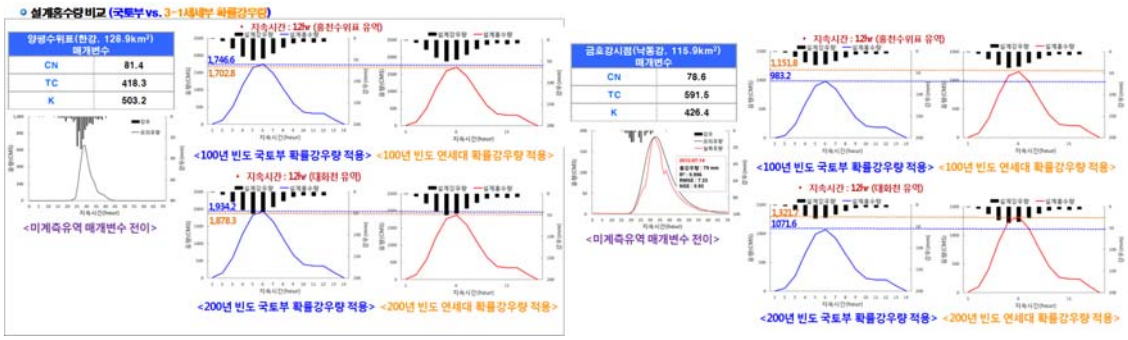
⑥ 실측강우-유출량 모의
- 실측 유출량과 비교
- 매개변수 최적화

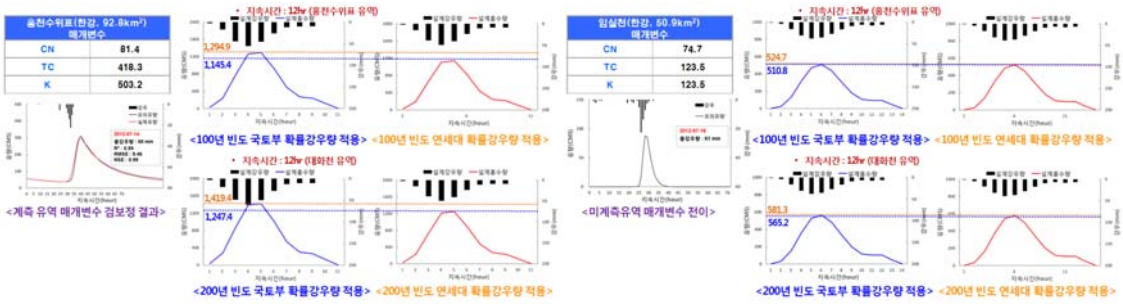
⑦ 설계(확률)강우량 산정
- 설계홍수량을 위한 설계강우량 선택

⑧ 확률강우량 산정방법 선택
- 기존 지점빈도해석 확률강우량
- 지역빈도해석 확률강우량(3-1세부)

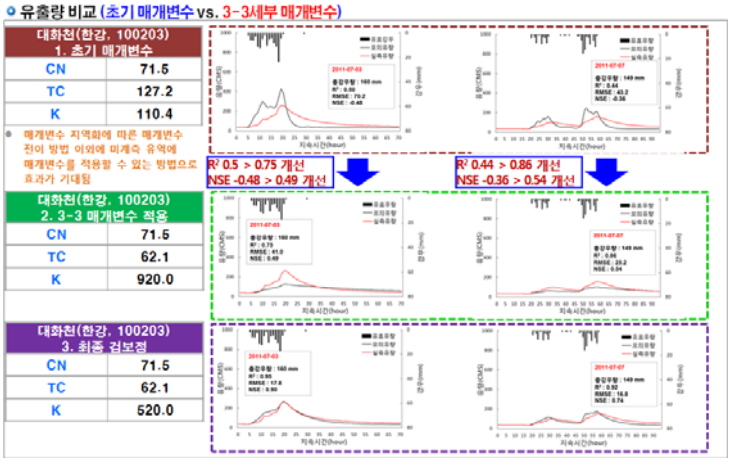
⑨ 설계홍수량 모의

<세세부 결과 활용 절차>





<3-1세세부 연구결과 적용 결과 분석>



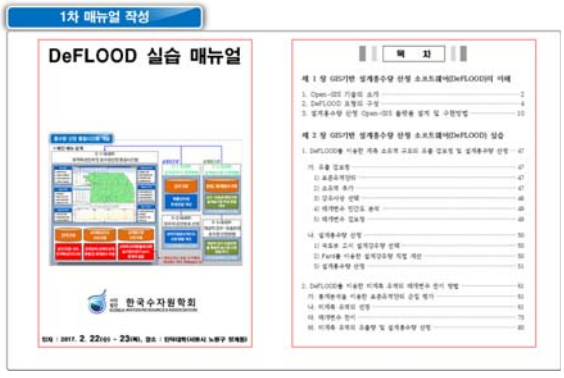
<3-3세세부 연구결과 적용 결과 분석>

(10) 설계회사 지원용 SW 제작 및 실무자 교육

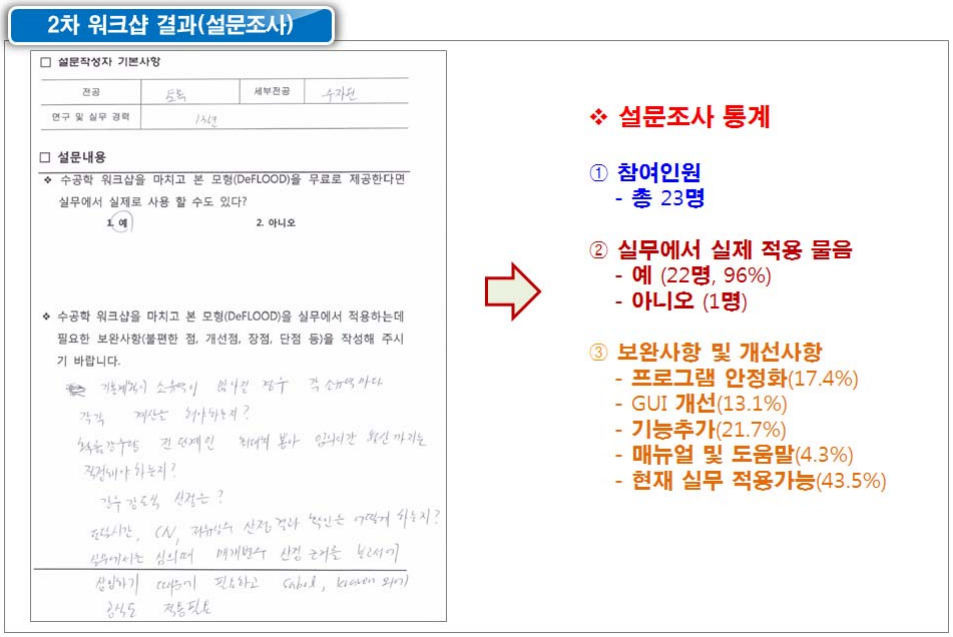
○ 미계측 유역의 검증

- 설계회사에 제공될 SW 최종 제작
- SW 설치 및 홍수량 산정 방법 매뉴얼 작성
- 설계회사 실무자 교육 실시
- 수공학 워크샵 교육실시
- 자체 워크샵 교육 실시 후 보완 및 개선사항 반영
- 수공항 워크샵 교육 실시 후 지속적인 보완 및 개선사항 반영





<실무자 교육 실시내용 및 사진>　　<1차 매뉴얼>



<실무자 교육 실시후 설문조사 통계 결과>

아. 연구성과의 검증방안 및 한계점

세부명	최종연구성과	검증 방안	적용범위 및 한계점
(3-1)설계강우의 결정방법 개발	○지역빈도해석을 위한 지역구분 및 확률강우량 산정 ○구분 지역별 Huff 4분위법 제시	○Monte-Carlo 시뮬레이션을 통한 확률강우량의 상대평균제곱근오차(RRMSE) 분석 - 615개 지점에 대하여 지점빈도해석 대비 12개지속시간, 13개 재현기간에 대하여 약 90% 우세 ○강우-유출 사상에 대하여 집중호우 기준으로 Huff 4분위법 사용 시 첨두유출량 및 유출곡선 정확성 증가 확인	○백령도, 울릉도와 같이 지역화가 불가능한 지점에서는 지역빈도해석 확률강우량 산정이 어려움 ○기존 60여개의 지점으로 산정하던 확률강우량에 비해 600여개의 지점을 활용하여 확률강우량을 산정하기 때문에 기존 방법에 비해 확률강우량 변화량이 생김
(3-2)설계강우의 ARF 및 공간분포 산정방법 개발	○레이더 강우 자료를 활용하여 국내 지형 및 수문기상학적 특성을 반영한ARF 산정 ○면적강우량 결정을 위한 산정기준 제시	○기존 면적고정형 ARF와의 비교를 통한 검증 - 면적고정형 및 호우중심형 ARF의 방법론 비교 - 지속시간 및 재현기간에 따른 ARF 특성 비교를 통한 검증 수행	○전국 5개 대권역(한강, 낙동강, 금강, 섬진강, 영산강)에 대한 합성 호우중심형 ARF를 제시함 ○호우중심형 ARF의 경우 재현기간에 따라 고려되는 강우 사상 수의 편차가 있음
(3-3)설계홍수량 산정방법 개발	○검증된 DB ○합성단위도 매개변수 지역화 ○한국형 유효강우량 산정 가이드라인 제시	○강우-유출자료 현황조사 및 자료수집 오차 10%이내 ○합성단위도 매개변수의 기존값과 모의 값의 오차율 10%이내 ○유효우량 산정 가이드라인 작성	○우리나라 전역의 강우-유출 자료를 이용해서 성과를 도출했으며, 모든 지역에 적용 가능 ○기존의 우효우량 산정 방법의 문제점을 개선하였으며, 논에 대한 유출곡선지수는 추가적인 연구가 필요함
(3-4)하도추적 및 홍수위 산정기술 개발	○저류 효과를 반영한 하도 홍수추적 기법 제시 ○감조 하천구간 및 배수체계에 대한 빈도별 홍수위 산정기법 개발	○과거 홍수사상에 대한 수문학적 하도추적 결과를 동수역학적 모형의 모의 결과와 비교 - 청미천 하도유출량의 RMSE 개선율 21.5%~37.1% - 섬강 하도유출량의 RMSE 개선율 42.9%~52.6% ○5개 이상 지점에서 개선된 산정방법과 기존방법에 의해 산정된 빈도별 홍수위 비교분석	○일부 지방하천에 대한 하도 홍수추적을 위한 중요인자의 비선형 회귀방정식 개발 및 적용성 검토 ○본 연구개발 결과로 개선된 빈도별 홍수위 산정방법을 대하천 치수설계에 적용할 경우 설계비용 증가가 수반되어야 할 것임.
(3-5)홍수빈도해석에 의한 설계홍수량 산정방법 일반화	○미계측유역에 대한 홍수량 공간확장자료 구축 및 지역홍수빈도분석 결과의 지역화 경	○수문모형을 이용한 홍수량 공간확장결과를 관측 첨두홍수량과 검증 - NSE는 0.8이상 ○지역홍수빈도분석 결과의 지역화 경험식(직상하류	○본 연구의 대상유역 범위는 한강, 낙동강유역으로 타수계(금강, 영산, 섬진강 등)에 대한 추가연구 필요 ○분석유역 규모는 약 250~10,000km^2로 250km^2

	험식 개발	유역의 비유량 관계) 검증 - R^2는 0.9이상	이하의 소규모유역에 대한 적용이 어려움
(3-6)개념적 강우-유출모형을 활용한 홍수량 산정방법 개발	○미계측 유역의 홍수량 산정을 위한 금강의 지역화 모형 개발 ○금강의 홍수량 산정 방법 가이드라인 제시	○태풍사상 기반의 개념적 강우유출 모형의 지역화 모형을 금강유역에 적용 및 모의 성능을 분석 - 금강 25개 유역의 태풍사상별 검정 결과 NSE* 목적함수 값이 0.5이하로 제시되어 모의 성능이 적합함을 확인함	○2000년대 이후의 주요 태풍사상을 금강 유역을 대상으로 분석함. 금강 유역 단위의 지역화 모형의 한계로 전국단위 모의가 어려움
(3-7)유역특성인자 및 홍수량 산정 통합시스템 구축	○홍수량 산정 통합시스템 개발 및 전국단위 확대 적용 및 평가 ○유역 홍수량 산정 통합시스템 메뉴얼 제시	○전국 표준유역단위 이벤트별 유출량 검보정 결과분석(R^2, NSE, RMSE) - 16개 표준유역과 32개 강우사상에 대하여 유출량 검보정 실시 및 미계측 유역의 유출량 검보정 결과 비교 ○워크샵 실시, 실습 매뉴얼 작성, 기술보고서 작성	○펴준유역단위에서의 검보정 결과는 한계가 있음, 표준유역보다 더 작은 소하천에서의 유출량 검증 결과가 요구됨 ○마지막 년차에 실증화로 실시한 2번의 워크샵은 충분한 홍보 및 실무자들에 이해하는데 어려움이 있어서 추가 지속적인 워크샵 및 설무조사를 통한 실무자들이 사용하기 쉬운 매뉴얼 수정이 필요

6차년도 4세부과제

물안보 확보를 위한 하천의 탄력적 물관리 기술

K-water

4. 4세부: 물안보 확보를 위한 하천의 탄력적 물관리 기술

가. 4-1 세세부: 외부환경 변화에 따른 하천 수량 평가 방안 및 매개변수 추정 지원 시스템 개발

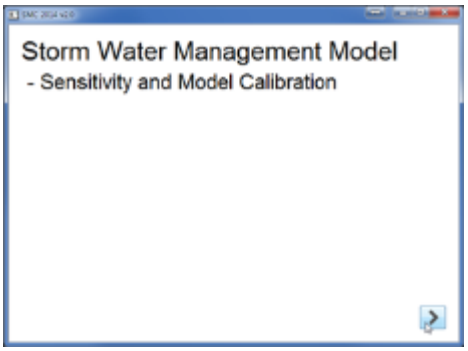
○ 모형 결과의 적절성을 좌우하는 것은 모형 자체의 적절성과 매개변수 추정의 적절성이며 양자의 비중은 동일하다고 볼 수 있다. 우리나라에서 외국의 정교한 모형들을 제대로 적용하고 있지 못한 이유 중 하나가 매개변수를 제대로 추정하지 않고 있는 점임. 국내에서 다수의 물 순환 모형들이 사용되고 있지만, 모형 내에서 사용되는 매개변수를 추정, 보정해주는 전용 모듈은 전무한 상황이다. 미래의 환경변화에 따른 물 순환 변화 영향을 정량적으로 평가하고 이에 대한 대응 방안을 마련하기 위해 국가 차원의 일관적 시스템이 필요함.

(1) SWMM 5의 매개변수 추정 지원 시스템 개발

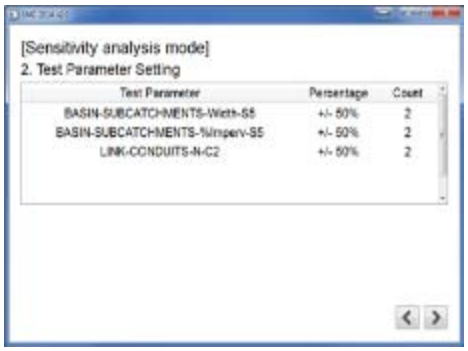
(가) 민감도 분석 모듈 개발

○ 민감도 분석 모듈은 [SWMM 5의 매개변수 추정 지원 시스템(PESS)]의 기능 중 일부로 모형에 사용되는 매개변수가 모형 수행 결과에 미치는 영향을 분석해 주는 기능을 가지고 있음

○ GUI 매뉴얼에 근거하여 [SWMM 5의 매개변수 추정지원 시스템] 중 민감도 분석 GUI를 개발하였음

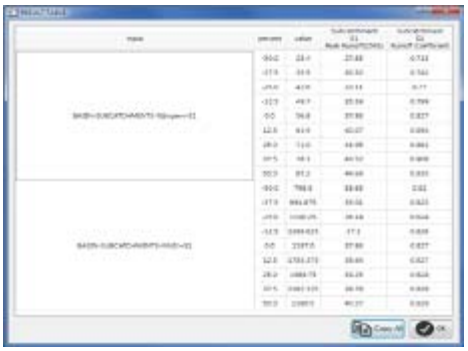


민감도 분석 모듈 실행 화면

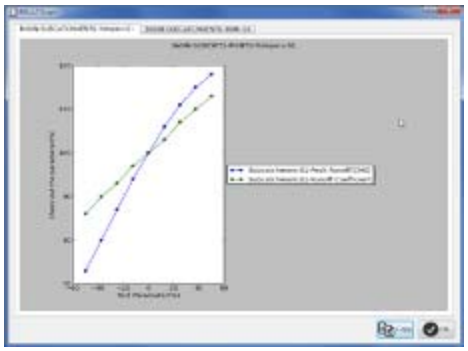


매개변수 선택 및 변화 범위 설정

<SWMM 5의 매개변수 추정지원 시스템>



결과 확인: 표



결과 확인: 그래프

<SWMM 5의 매개변수 추정지원 시스템(계속)>

(나) 최적화 모형 보정 모듈 개발

○ SWMM의 자동 보정 엔진의 개발에는 전역 최적해 탐색 기법인 SCE-UA 알고리즘을 사용함. Duan 등(1992)에 따르면, SCE-UA 알고리즘은 Nelder와 Mead(1965)의 심플렉스 방법(simplex procedure)과 Price(1987)의 조절 난수 탐색 방법(controlled random search), Holland(1975)의 경쟁적 진화 방법(competitive evolution)의 강점과 집합체 혼합(complex shuffling)이라는 새로운 개념을 결합하여 구성된 알고리즘임.

○ SCE-UA 알고리즘은 개발된 이후, 알고리즘의 효과와 효율이 알려지면서 다양한 유역유출 모의 모형의 자동 보정과 최적화 해석에 관한 연구에서 활용되었음. 실제로 SCE-UA 알고리즘은 미국 국립 기상국의 NWSRFS(National Weather Service river forecasting system)의 보정 모듈로 사용되고 있음(Duan 등, 1994).

○ 전역 최적화 기법인 SCE-UA와 SWMM 5를 연결하는 최적화 모형 보정의 엔진을 개발하였음. 개발에는 FORTRAN 90 언어가 사용되었음

○ 연결프로그램은 SCE-UA.f90, Objective_function.f90, pre_post.f90 Optimization.f90의 4개 코드로 이루어져 있으며 각 코드의 역할은 다음과 같음.

- SCE-UA.f90: 메인 프로그램으로 SCE-UA 알고리즘으로 최적해 추정
- Objective_function.f90: 관측값과 계산값을 이용하여 목적함수 및 평가함수를 계산
- pre_post.f90: 프로그램 입출력 파일들의 전후 처리를 담당
- Optimization.f90: SCE-UA에서 탐색된 해(SWMM의 매개변수)를 이용하여 SWMM의 입력파일을 생성하고 자동으로 SWMM을 수행함. 수행된 뒤에 관측값과 모의값을 읽어서 Objective_function.f90으로 전달

○ 이 프로그램을 SWMM-SCE로 명명하였음

○ 현재 SWMM-SCE에서는 아래의 표와 같이 4가지 종류의 목적함수를 사용할

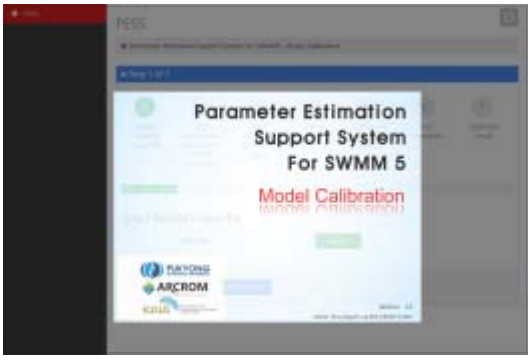
수 있음. SCE-UA 알고리즘은 목적함수의 최솟값을 찾는 알고리즘이기 때문에 NSE, PBIAS, ROV의 경우 최적값과 최솟값이 모두 0이 되도록 수식을 변형하여 사용하였음.

<SWMM-SCE에서 사용하는 목적함수>

Classfi-cation	Original form			Modify form		
	Equation	Opti-mum	Mini-mum	Equation	Opti-mum	Mini-mum
Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)	$1-\frac{\sum_{t=1}^{N}(q_{t,obs}-q_{t,cal})^2}{\sum_{t=1}^{N}(q_{t,obs}-\bar{q}_{obs})^2}$	1	$-\infty$	$\frac{\sum_{t=1}^{N}(q_{t,obs}-q_{t,cal})^2}{\sum_{t=1}^{N}(q_{t,obs}-\bar{q}_{obs})^2}$	0	0
Percent Bias (PBIAS)	$\frac{\sum_{t=1}^{N}(q_{t,obs}-q_{t,cal})}{\sum_{t=1}^{N}q_{t,obs}}\times 100\ (\%)$	0	$-\infty$	$\left\lvert\frac{\sum_{t=1}^{N}(q_{t,obs}-q_{t,cal})}{\sum_{t=1}^{N}q_{t,obs}}\times 100\ (\%)\right\rvert$	0	0
Ratio of Volume (ROV)	$\frac{\sum_{t=1}^{N}q_{t,cal}}{\sum_{t=1}^{N}q_{t,obs}}$	1	0	$\left\lvert 1-\frac{\sum_{t=1}^{N}q_{t,cal}}{\sum_{t=1}^{N}q_{t,obs}}\right\rvert$	0	0
Root Mean Square Error (RMSE)	$\sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{N}(q_{t,obs}-q_{t,cal})^2}{N}}$	0	0	Use original form		

○ SWMM-SCE GUI프로그램 개발에는 python flask와 html언어가 사용되었음
○ 프로그램은 총 7단계로 순차적으로 진행하도록 되어 있음.
- Step 1: Select SWMM 5 input file
- Step 2: Select observed data and node for model calibration
- Step 3: Select calibration parameter group
- Step 4: SCE-UA option
- Step 5: Summary of calibration option
- Step 6: Now calibrating
- Step 7: Calibration result

○ 개발된 프로그램의 주요 화면은 다음과 같음.



<프로그램 시작화면>



<SWMM input file 선택>



<선택된 input file의 상태 확인>



<관측 자료 선택>



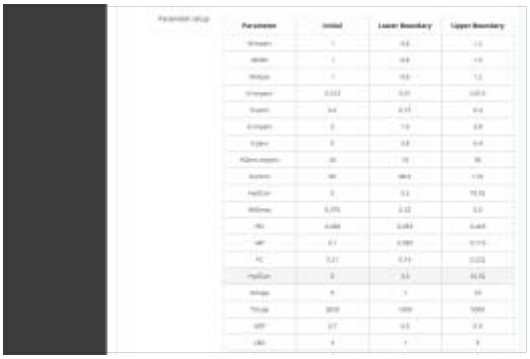
<관측값과 보정전 모의 결과 비교>



<추정할 매개변수의 그룹 선택>



<목적함수 선택>



<추정할 매개변수의 탐색 범위 설정>



<SCE-UA 설정 변수>



<모형 보정 설정 값 종합 확인>



<자동 보정 진행 중>



<모형 보정 결과의 확인>

(2) SWMM 5의 매개변수 추정 지원 시스템 사용자 설명서 및 튜토리얼 작성

○ SWMM 5의 매개변수 추정 지원 시스템(parameter estimation support system; PESS)의 사용자 설명서 및 튜토리얼을 작성하였음.

○ 작성된 사용자 설명서 및 튜토리얼은 사용자 교육회 등에 활용될 수 있음

○ 아래 그림은 작성된 내용의 일부임.


PESS Quick Guide

2. PESS를 이용하여 모형을 보정하고 매개변수를 추정하기

2.1 Step 1 of 7

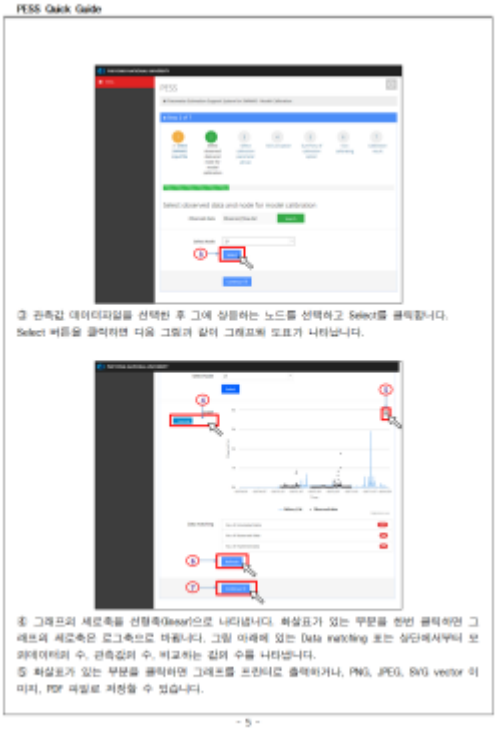
PESS의 1단계에서는 보정하고자 하는 SWMM5 입력파일을 선택합니다.

① 모형보정을 통해 매개변수를 추정하고자 하는 SWMM5 입력파일을 선택합니다.

② SWMM5 입력파일을 입력하면 입력파일을 구성하는 요소들이 표시됩니다. 각 요소를 클릭하면 각 요소의 데이터들을 확인할 수 있습니다.

③ Continue를 눌러 다음단계로 진행합니다.

- 3 -


PESS Quick Guide

③ 관측값 데이터파일을 선택한 후 그에 상응하는 노드를 선택하고 Select를 클릭합니다. Select 버튼을 클릭하면 다음 그림과 같이 그래프에 도표가 나타납니다.

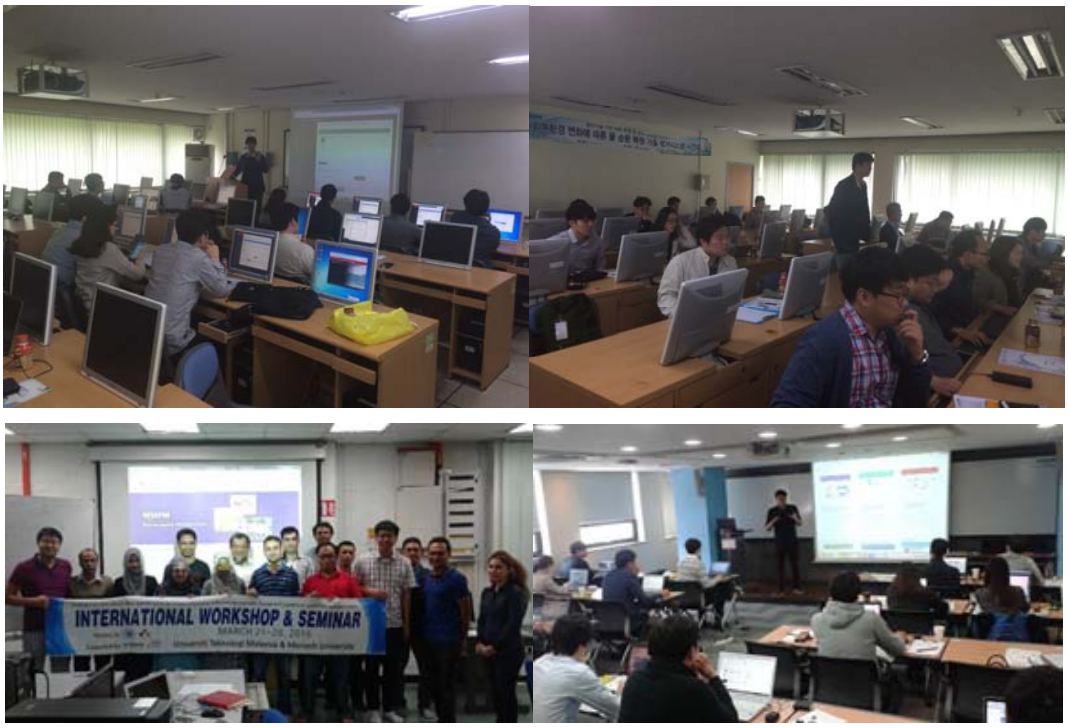
④ 그래프의 세로축을 선형축(linear)으로 나타냅니다. 화살표가 있는 부분을 한번 클릭하면 그래프의 세로축은 로그축으로 바뀝니다. 그림 아래에 있는 Data matching 표는 상단에서부터 모의데이터의 수, 관측값의 수, 비교하는 값의 수를 나타냅니다.

⑤ 화살표가 있는 부분을 클릭하면 그래프를 프린터로 출력하거나, PNG, JPEG, SVG vector 이미지, PDF 파일로 저장할 수 있습니다.

- 5 -

<SWMM 5의 매개변수 추정 지원 시스템 사용자 설명서 및 튜토리얼>

○ 개발된 프로그램의 프로그램 사용자 교육 및 시연회를 국내외에서 개최하였음.



<프로그램 사용자 교육 및 시연회>

(3) 낙동강 표준유역 단위의 물 순환 DB 소프트웨어 개발

○ 외부환경 변화 시나리오에 따른 물 순환 DB를 조회하기 위한 프로그램을 개발하였음. 프로그램 html 언어를 주로 이용하여 개발되었음.

○ 현재 조회가능한 항목은 월 단위 또는 연 단위의 표준유역 강수량, 증발산량, 유출량, 유출률임



<프로그램 시작화면>



<지도에서 표준유역을 선택>



<표준유역의 기본 정보 표시>



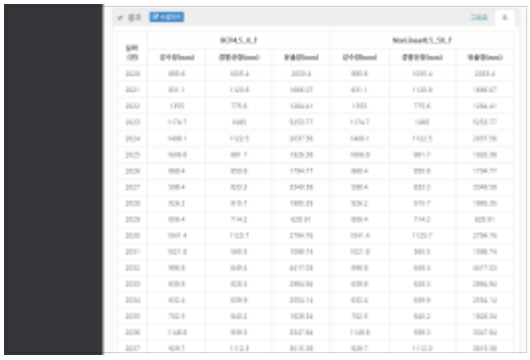
<외부환경 변화 시나리오 선택>



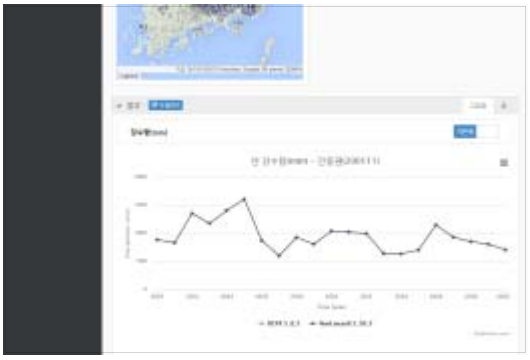
<외부환경 변화 시나리오의 추가>



<조회하고자 하는 항목 및 기간 설정>



< DB내용을 표로 확인 >



< DB 내용을 그래프로 확인 >

(4) 표준유역단위의 물 순환 DB 생성

○ 연구에서 정의하고 있는 유역 외부환경 변화는 기후 변화, 토지 이용 변화, 물 이용 변화임

○ 기후 변화 시나리오는 기상청의 RCP 4.5, 8.5 시나리오와 3가지 방법으로 편의 보정된 RCP 4.5, 8.5 시나리오를 사용하였음

○ 미래의 토지 이용 상태의 변화는 정부의 정치적 이유나 다른 요인들로 변화하는 경우가 많기 때문에 예측하기가 어려움. 따라서 연구에서 사용하는 토지 이용 시나리오는 현재의 불투수 면적 대비 25%, 50%, 75%, 100% 증가 하는

것으로 정의하였음.

○ 물 이용 변화는 인구의 변화량과 유사한 관계가 있으며, 수자원 장기 종합계획 등의 미래 인구 예측량을 토대로 현재 상태 또는 미래 상태의 물 이용 시나리오로 정의하였음

○ 위의 내용을 표로 정리하면 아래와 같으며, [기후]-[토지 이용]-[물 이용]의 3가지 조합으로 총 80개의 시나리오가 정의됨.

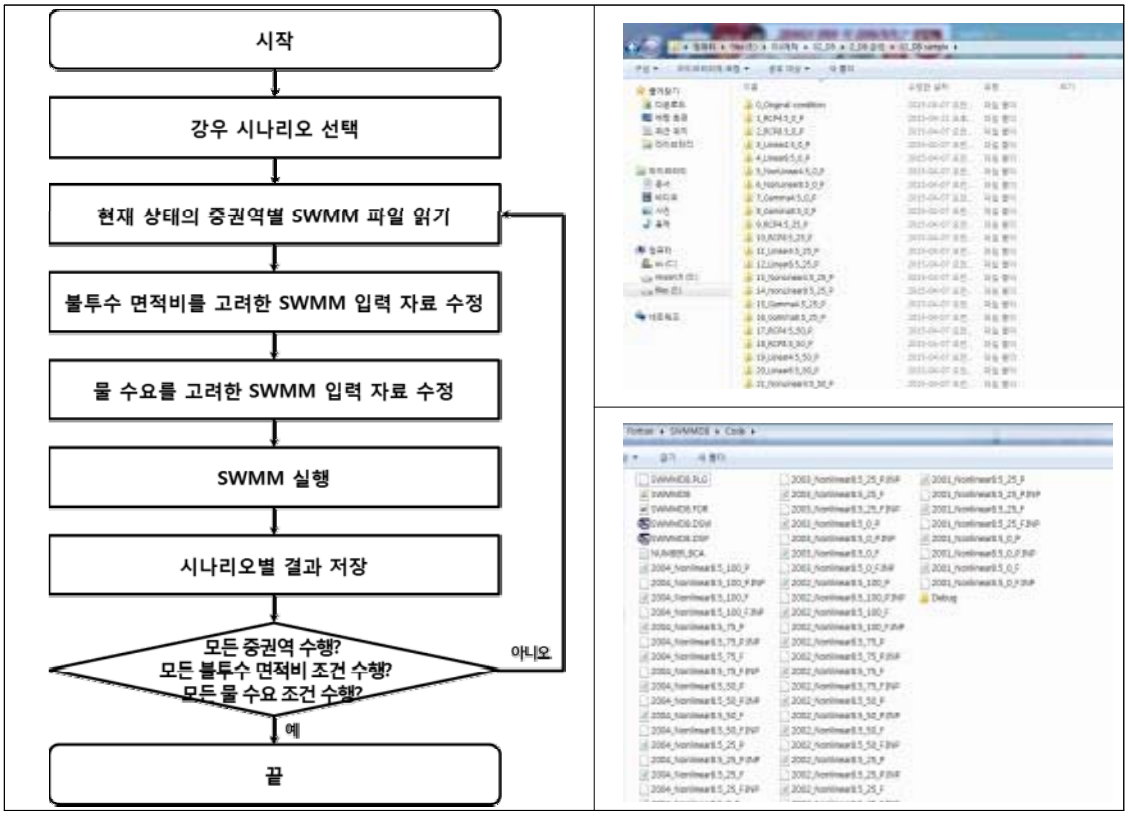
기후 변화 시나리오
RCP 4.5
RCP 8.5
Linear RCP 4.5
Linear RCP 8.5
Nonlinear RCP 4.5
Nonlinear RCP 8.5
Gamma RCP 4.5
Gamma RCP 8.5

토지 이용 변화 시나리오
현재 상태의 불투수 면적
현재 상태 대비 불투수 면적비 25% 증가
현재 상태 대비 불투수 면적비 50% 증가
현재 상태 대비 불투수 면적비 75% 증가
현재 상태 대비 불투수 면적비 100% 증가

물 이용 변화 시나리오
현재 상태의 물 이용
미래 상태의 물 이용

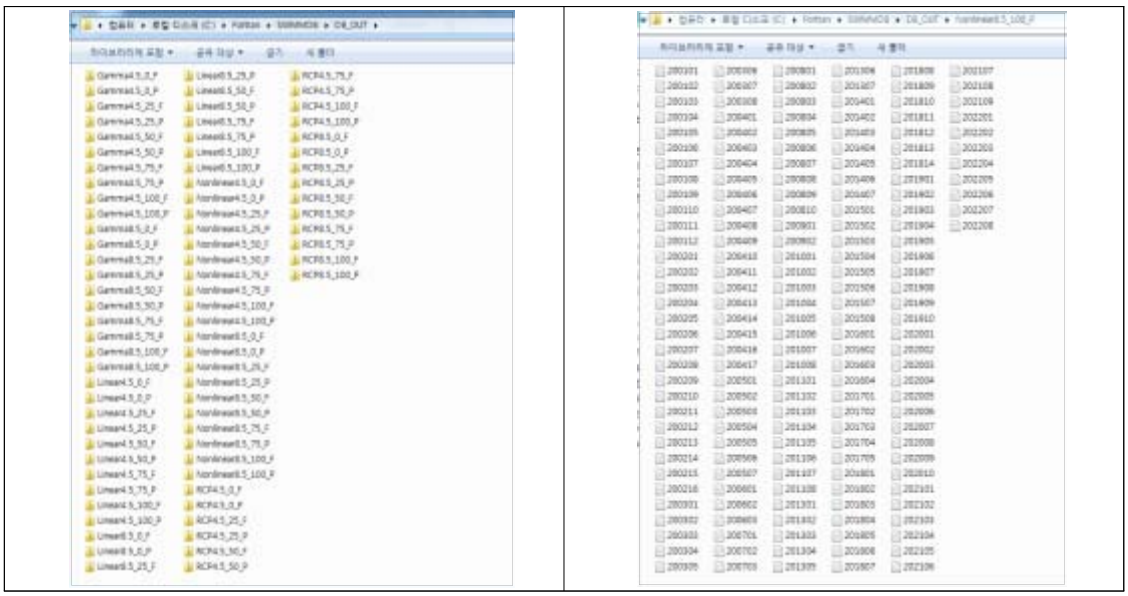
○ 낙동강 표준유역의 수는 195개이며, 외부환경 변화 시나리오는 80개임. 많은 자료를 반복 작업을 통해 DB화 하고 있음.

○ 많은 반복 작업 중에 발생하는 오류를 줄이고, 시간적은 소모를 줄이기 위해 SWMM 모의 결과를 자동으로 DB화 하는 프로그램이 필요하며, 5차년도에 이를 개발하였음.



<DB 자동화를 위한 과정 및 시나리오별 폴더, 파일 생성>

○ 개발된 DB 자동화 프로그램을 이용하여, 낙동강 표준유역 195개 지역의 DB를 생성하였음. 생성된 DB는 다음 그림과 같이 폴더 및 텍스트 파일로 정리됨.



<DB 생성 결과>

○ DB 서버 시스템을 구축하였음. 설치 장소는 부경대학교 이며, 임시 서버 주소는 http://210.125.124.156:5002/ 임.



<낙동강 표준유역 단위의 물 순환 DB 서버 설치>

나. 4-2 세세부: 외부환경 변화에 따른 물 순환 복원 기술 평가 시스템 개발

○ 도시화로 인해 직접유출량이 증가하고 기저유출이 감소하므로 지속가능한 물 순환 관리가 필요함에도 불구하고 물 순환 개선시설의 설계 및 계획을 위한 효과적인 분석도구가 없어서 국내에서 활용되고 있지 않다. 미국 환경청의 연속강우-유출 모형인 SWMM5.1은 저영향개발시설에 대한 분석 기능을 포함하고 있으나, 물 순환 개선시설의 설계 및 계획 측면에서 최적위치결정, 효과적인 용량 및 규격 설정 등에 대한 기능이 없어서 실무에서 이용되고 있지 않으므로 국내 상황에 적합한 평가시스템이 필요한 상황임.

(1) 프로그램 개발 목표 및 구성

(가) 연구동향

○ 연구 배경

- 도시하천의 급격한 도시화 및 외부환경의 변화로 인해 불투수면적의 증가와 지하수위의 저하, 지구온난화 등 기상이변과 직강화 위주의 하천정비사업, 하천수 취수 등으로 정상적인 물 순화 체계가 악화
- 특히 도시개발에 따른 불투수면적의 증가는 홍수기에는 단기적으로 하천 유량을 급증시켜 홍수피해를 유발하고, 건기에는 장기적으로 유량이 감소하게 하여 하천이 바닥을 드러내는 건천화 현상을 야기함
- 도시화에 따른 폐해는 특정 부분에 치우치는 것이 아니므로 유역의 정상적인 물 순환 체계의 회복을 위해 이수, 치수, 그리고 수질관리 측면을 모두 고려하여 유역통합관리를 해야 함
- 유역통합관리를 위한 적절한 분석도구는 부족한 실정이며, 국내 물순환 환경을 고려하지 않은 외국에서 개발된 분석도구에만 의지를 하고 있음

(나) 프로그램 개발 목표

○ 개발 목표

- 본 세부의 연구 개발 최종목표는 토지이용 변화 등으로 인한 물 순환 영향에 대한 정량적인 평가 예측 시스템 개발과 중소유역 물 순환 복원을 위한 물 확보 계획 수립 가이드라인 작성으로 구분됨



<물 순환 영향에 대한 평가 예측 시스템>

○ 프로그램 구성

- 본 프로그램은 외부환경 변화에 따른 중소유역 물 순환 복원을 위한 계획의 우선순위 결정 지원시스템으로 미국 환경청의 연속강우유출모형인 SWMM5(Storm Water Management Model 5) 모형을 기본으로 구성함
- 본 프로그램은 물 순환 복원 계획 수립을 위해 반드시 필요한 외부환경 변화(토지이용변화)에 대한 유출량의 민감도 분석을 수행하는 도구(Land Use Sensitivity Module, LUSM; 2차년도 개발), 중소유역 물 순환 취약성을 정량화하여 우선순위를 제시해주는 도구(Hydrologic Cycle Vulnerability Module, HCVM; 3차년도 개발), 소유역 별 물순환 개선시설의 효과분석 도구(Water management Analysis Module, WMAM; 4차년도 개발), 중소유역 물 순환 복원을 위한 계획의 우선순위 결정 도구(Water Management Prioritization Module, WMPM; 5차년도 개발)을 포함

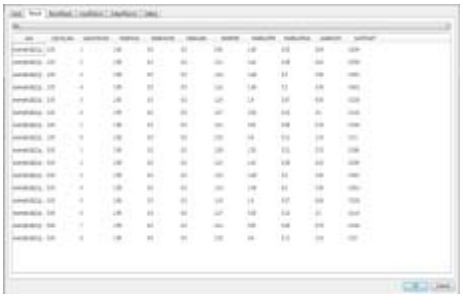
(2) 2차년도 - 토지이용 변화에 대한 민감도 분석 도구(LUSM) 개발

○ LUSM의 소개 및 기능

- 유역의 물리적 변수(불투수율, 유역 경사, 유역 면적 등)를 사용자가 범위를 지정하고 갯수를 지정하면 SWMM을 기반으로 토지이용에 따른 Total Precipitation, Runoff, Evaporation, Infiltration, Peak Runoff, Runoff coefficient의민감도 분석을 수행하여 결과를 출력해주는 프로그램임

○ 프로그램 구성

- 자료입력
- 결과 표 출력
- 결과 그래프 출력
- SWMM 입/출력 자료 제시



<LUSM의 결과 표 출력 화면>



<LUSM의 결과 그래프 출력 화면>

(3) 3차년도 - 중소유역 물 순환 취약성 분석 도구(HCVM) 개발

○ HCVM의 소개 및 기능

– 물 순환 복원을 위한 사업들의 다양한 용량에 대한 수문학적 영향을 분석할 수 있고 다양한 토지이용변화 시나리오에 대한 자동 물 순환 해석 도구로, 물 순환 모의 결과와 사회/경제적 자료를 통합하는 유역별 물 순환 취약성 산정을 위한 프로그램임

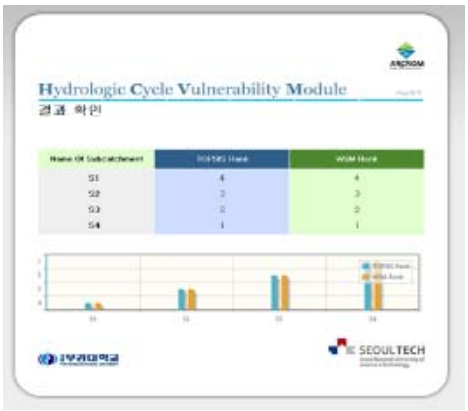
○ 프로그램 구성

– Input 파일 선택
– 취약성 평가 유역 선택
– 소유역 별 강우관측소에 대한 티센가중치 입력
– 평가 인자 선택
– 지표값 입력
– 평가 지표에 대한 가중치 입력
– 우선순위 도출 및 취약성 결과 확인

○ 프로그램 대표 화면



<HCVM의 지표 값 입력 화면>



<HCVM의 취약성 결과 확인 화면>

(4) 4차년도 - 물 순환 개선시설 효과 분석 도구(WMAM) 개발

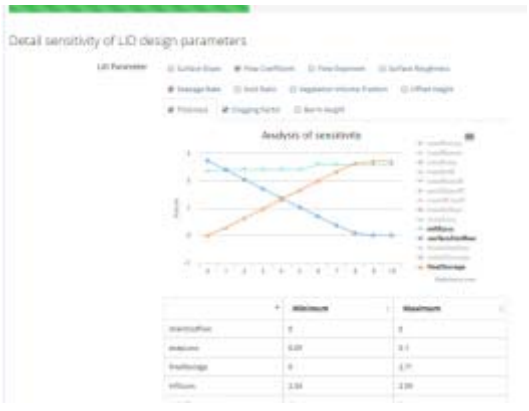
○ WMAM의 소개 및 기능

- 물 순환 개선시설의 설계 및 계획 매개변수를 대상으로 민감도 분석 및 다중 시나리오 분석을 수행하고, 다수의 반복적인 SWMM모의를 빠른 시간에 자동으로 수행하여 수문학적 측면에서 우수한 개선시설의 설계 및 계획이 가능하도록 도와주는 프로그램임
- 식생체류장치, 침투트렌치, 빗물통, 빗물정원, 투수성포장, 옥상녹화 총 6가지 물 순환 개선시설에 대한 분석이 가능

○ 프로그램 구성

- SWMM input 파일 불러오기
- 대상 소유역 및 물순환 개선시설 선택
- 민감도 분석을 위한 설계 매개변수 값 및 범위 입력
- 민감도 분석 결과 확인
- 설계 매개변수에 대한 시나리오 생성
- 상대빈도 그래프 확인
- 설계 매개변수에 대한 다중 시나리오 분석 결과 확인
- 설계 시나리오 선택
- 계획 매개변수에 대한 시나리오 생성
- 계획 매개변수에 대한 다중 시나리오 분석 및 최종 결과 확인

○ 프로그램 대표 화면



<WMAM의 민감도 분석 결과 확인 화면>



<WMAM의 설계 매개변수데 대한 다중 시나리오 분석 결과 확인 화면>

(5) 5차년도 - 중소유역 물 순환 복원을 위한 계획의 우선순위 결정 도구(WMPM) 개발

○ WMPM의 소개 및 기능

- 중소유역의 물 순환 복원 계획 시 물 순환 개선시설의 계획 위치 및 종류의 선정을 도와주는 프로그램임
- 다수의 대상 유역과 다수의 물 순환 개선시설에 대한 다중 시나리오 분석을 수행하며 첨두유량 및 총유량 결과를 통해 우선순위를 도출

○ 프로그램 구성

- SWMM input 파일 불러오기
- 물 순환 개선시설의 종류 복수 선택
- 선택된 물 순환 개선시설의 설계 매개변수 확인
- 선택된 물 순환 개선시설의 계획 매개변수 확인
- 대상 소유역 복수 선택
- 시나리오 생성 및 자동 분석 시행
- 유역별 총유량 및 첨두유량 결과 비교
- 우선순위 도출 결과 확인

○ 프로그램 대표 화면



<WMPM의 시나리오 생성 및 자동 분석 시행 화면>



<WMPM의 우선순위 도출 결과 확인 화면>

(6) 6차년도 – LUSM, WMPM의 개선

○ LUSM의 개선 내용

– SWMM5.1을 기반으로 불투수율 비율의 변화가 첨두유량 혹은 총유출량에 미치는 영향을 분석하여 유역의 위험우선순위를 도출하는 GUI 기반의 S/W로 개선

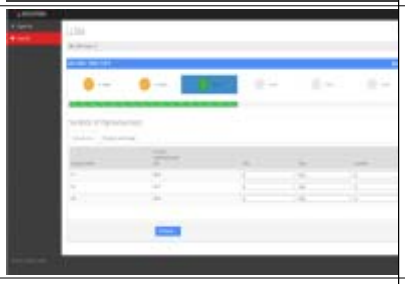
– 이미 구축된 SWMM 입력파일을 대상으로 Load하면 자동으로 유역 개수 및 현재 불투수율 비율을 출력하여 확인할 수 있는 단계를 S/W에 구현

– 모의를 시행할 대상 유역을 선택(복수선택 가능)하는 단계를 S/W에 구현

– 모든 유역의 분석에 사용될 공동의 시나리오를 정의하는 단계를 S/W에 구현 (불투수율의 변화 비율 또는 절대변화량을 선택하여 입력할 수 있도록 구성)

– 모의 결과를 비교하는 그래프 또는 표를 제시하는 단계를 S/W에 구현

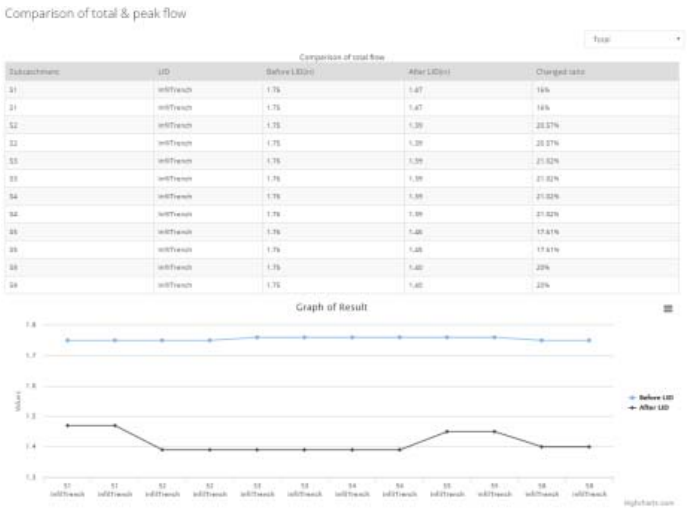
– 가장 민감하게 변화하는 순서를 결과대상 항목에 따라 우선순위 도출하는 단계를 S/W에 구현

단계구성	화면구성	내용
1단계 SWMM input 파일 불러오기		- SWMM input 파일을 불러오는 단계
2단계 대상 유역 선택하기		- SWMM input 파일에 기록되어있는 유역정보가 화면에 나타남 - 분석을 원하는 유역의 복수 선택 가능(유역 개수 제한 없음) - 선택 시 유역이 왼쪽에서 오른쪽으로 이동
3단계 불투수율 변화량 입력하기		- 시나리오 생성을 위한 불투수율 변화량을 입력하는 단계 - 2단계에서 선택한 유역의 현재 불투수율 값이 화면에 나타남 - 변화량(최소/최대/갯수)를 입력할 수 있음 - 불투수율의 범위를 지정하는 탭과 값을 직접 입력할 수 있는 탭이 구분 되어있음
4단계 생성될 시나리오 확인		- 3단계에서 입력한 불투수율의 변화량에 따라 생성될 시나리오의 갯수 및 값을 확인 할 수 있는 단계

		
5단계 SWMM 모의 및 유량 결과 확인		- 4단계에서 확인된 시나리오를 대상으로 SWMM모의 수행 후 각 시나리오의 총유량, 첨두유량 값을 화면에 출력 - 생성된 시나리오의 SWMM input 파일 다운로드 가능
6단계 유량의 변화율 및 우선순위 결과 확인		- 5단계 결과를 바탕으로 총유량, 첨두유량의 변화 결과를 표와 그래프로 출력 - 변화량에 따른 유역 별 우선순위를 자동으로 계산 후 표에 출력

○ WMPM의 개선 내용

- WMPM의 대상 유역 선택 과정과 최종 우선순위 도출 과정에 다기준 의사결정기법 중 하나인 TOPSIS를 활용하여 취약성 분석을 수행하고 수문학적 지표를 고려하여 객관적인 우선순위 결정이 가능하도록 개선



<WMPM의 유량 결과 확인 화면>

(7) 개발 프로그램의 가이드라인 작성

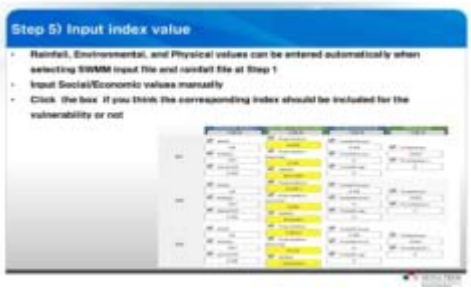
○ LUSM





○ HCVM





○ WMAM





○ WMPM





(8) 교육회 및 시연회 실시

○ 교육회 및 시연회 실시 현황

	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도
횟수	-	3	4	5	3
총 참가 인원	-	26	58	70	57
날짜	-	2014.04.09 2014.04.24 2014.05.13	2015.02.20 2015.04.29 2015.05.05 2015.05.14	2016.03.21 2016.03.23 2016.03.28 2016.04.07 2016.04.08	2016.08.14 2016.08.18 2017.04.17
장소	-	- 강남역 토즈 - 국민대학교 - GTE	- Tennessee Technological University, USA - K-water연구원, 대전 - Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia - 서울과학기술대학교, 서울	- Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia(2회) - Monash University, Malaysia - 강남역 토즈 - Tennessee Technological University, USA	- Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia(2회) - 강남역 토즈

○ 교육회 및 시연회 사진



<3차년도 교육 및 시연회 대표 사진>



<4차년도 교육 및 시연회 대표 사진>



<5차년도 교육 및 시연회 대표 사진>



<6차년도 교육 및 시연회 대표 사진>

다. 4-3 세세부: 하천유량관리 고도화 기술 개발

○ 기후변화 및 외부환경 변화에 대응하여 실시간 물 관리를 위한 이수 · 치수 · 하천환경 정보 개발 및 수리권을 고려한 탄력적인 하천유량관리 고도화를 위한 기술 개발을 목표로 함. 또한 기술개발 자료의 원스톱 운영 및 물수급 평가를 위한 간편 분석 툴 개발을 목표로 함

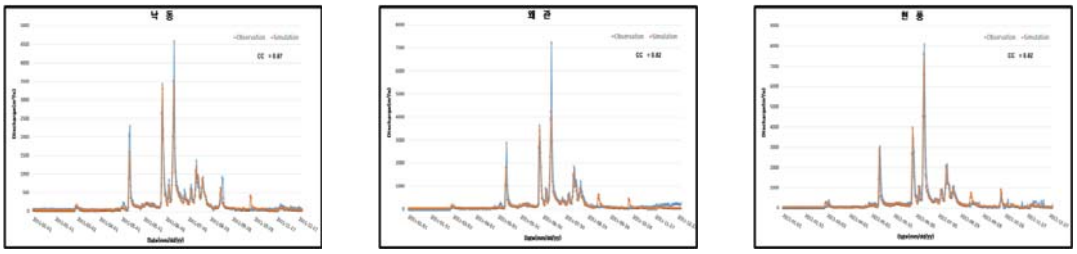
(1) 중권역별 일단위 유량 모의 및 평가

○ TANK 모형을 이용한 낙동강 유역 물수급 모형 구축

– 낙동강 중권역 33개에서 본류에 해당하는 21개의 중권역에 해당하는 댐 8개소, 보 7개소 둑 높이기 저수지 30개소를 분석 과정에 적용

○ 낙동강 유역의 광역물이동 분석

– 지자체(시군 단위)에 대한 광역상수도 공급량을 이용하여 중권역별 공급량으로 환산한 후 각 중권역의 생활 및 공업용수 수요처로 공급



<2011년 주요 지점별 평균유량 산정 그래프>

○ 실측유량에 대한 계산유량 검증

– 추정된 매개변수로 산정한 각 중권역별 유출량의 타당성 검증을 위해 낙동, 왜관, 현풍, 진동지점에 대하여 관측값과 모의값의 비교, 상관계수가 평균 0.8이상

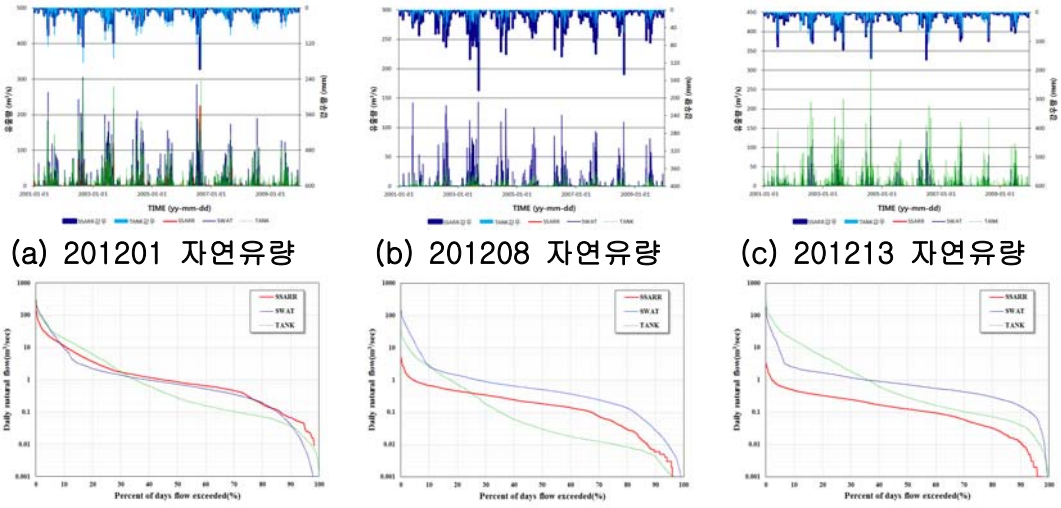
(2) Test bed 자연유량 재산정 및 모형의 결과 비교

○ 자연유량 재산정 이유

– 하천유량관리시스템(SSARR, TANK 모형)과 SWAT 모형의 유출 모의결과가 대부분의 표준유역에서 차이가 발생. 이에 SWAT 모형의 매개변수 검증 및 시범유역에서 적용이 필요함

○ 자연유량 및 유황곡선 산정 결과 모형별 비교

- 금호강 본류구간에서는 SWAT 모형이 TANK 모형보다 높은 첨두값을 나타냄. 그러나 10~100㎥/s 구간에서는 TANK 모형의 결과가 높게 산정됨



(a) 201201 자연유량 (b) 201208 자연유량 (c) 201213 자연유량

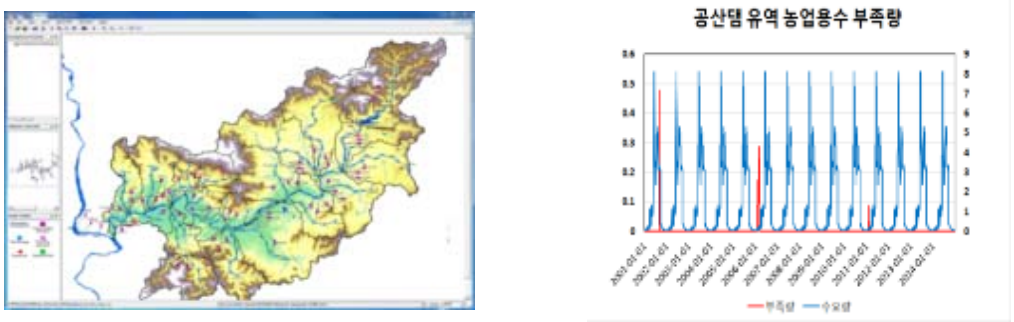
(d) 201201 유황곡선 (e) 201208 유황곡선 (f) 201213 유황곡선

<금호강 표준유역별 자연유량 및 유황곡선 비교>

(3) 이수기 유지유량 만족도

○ 용수수급 불균형 현황 파악

- 2001년부터 2014년 기간에 성서·동촌의 하천유지유량용수와 공산댐 표준유역에서 총 7.56 cms의 농업용수가 부족한 반면, 월평균 유출량으로 입력했을 시, 성서·동촌의 하천유지유량용수는 부족하나 생·공·농업용수의 수요량은 모두 만족함



<금호강유역 용수수급 불균형 현황 분석>

○ 물수지 개선방안 적용

- 영천댐의 탄력적인 유량방류로 수질 악화시에 추가 방류를 수행하여 수질을 안정화시키고, 물 공급의 안정화가 필요하여 목표수질을 만족하기 위한 유량

산정

– 목표수질에 부합하는 최저유량 산정을 위해 5가지 시나리오 적용

• Case 1 : 금호B 지점의 수질목표를 만족하기 위해 영천댐 방류량 4.83㎥/s 필요

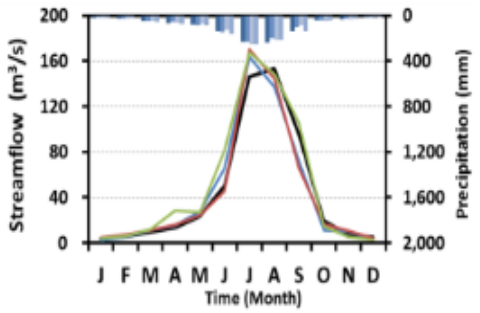
• Case 2 : 금호C 지점의 수질목표를 만족하기 위해 영천댐 방류량 8.35㎥/s 필요

(4) 중장기 하천유량 예측

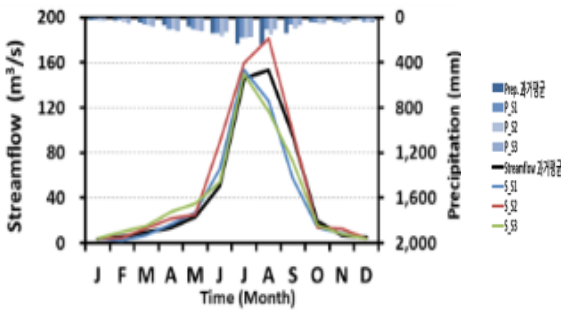
○ 기후변화 시나리오 구축

– 기후변화 시나리오별 지점에 대한 월별 평균 유량 산정

– 봄철의 유출량이 과거평균보다 증가할 것으로 예상되며, RCP 4.5 시나리오의 표준편차는 S1과 S2이 과거평균에 비해 유출량 변동폭이 증감하였고, S3는 유출량의 변동이 과거평균에 비해 66% 증가한 것으로 나타남. RCP 8.5 시나리오의 S2는 유출량의 변동이 과거평균에 비해 53.5% 증가하는 것으로 전망되어 유출량의 변동이 클 것으로 예상됨



<RCP 4.5 시나리오 결과>



<RCP 8.5 시나리오 결과>

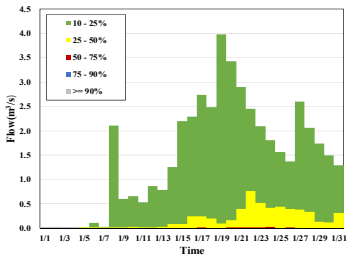
○ 시나리오별 장기유출 모의

– 앙상블 유량예측(Ensemble Streamflow Prediction)을 이용하여 SWMM 모형을 이용하여 2013, 2014년 이수기(10~6월) 월 유량예측

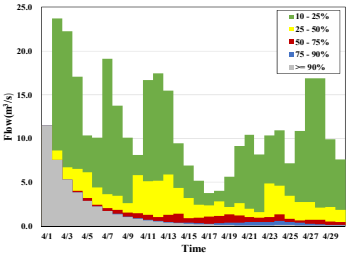
– 기존방식에 비해 효율계수는 전체기간 20.0%, 이수기 34.6% 개선

<방식별 실측자료와의 상관계수 및 효율계수>

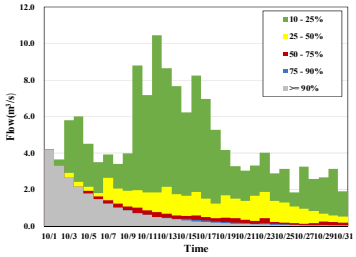
비 고	기존방식(예측평균적용)		개선방식(초과확률 25%적용)	
	전체기간	이수기	전체기간	이수기
상관계수	0.94	0.78	0.94	0.79
효율계수	0.715	0.447	0.858	0.602



<2014년 1월 ESP 예측>

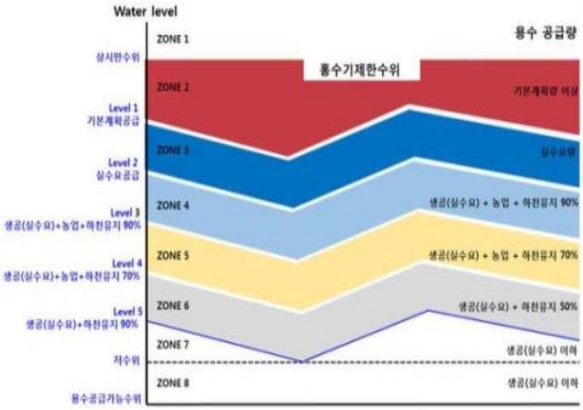


<2014년 4월 ESP 예측>



<2014년 10월 ESP 예측>

- 영천댐의 저수지 운영률 개발 및 적용 : Zone (1)과 Zone (8)을 각각 정의하는 최대 수위와 최소 수위는 각각 댐 마다 설정되어 있는 상시만수위(홍수기 제한수위)와 저(低)수위로 설정. 상시만수위와 저(低)수위 사이의 공간을 상위, 중간, 하위1, 하위2, 하위3 수위로 구분 후, 상·중·하위 수위에 따라 운영영역 Zone(2)~(7)을 결정



<영천댐 운영률>

<운영률 적용 전·후 방류량 비교>

(단위: MCM)

연도	실적 방류량(MCM)	적용후 방류량	증감량 (MCM)
2005	104.7	90.8	-14.0
2006	111.5	106.9	-4.6
2007	66.7	109.1	42.4
2008	79.1	93.8	14.7
2009	33.3	56.1	22.8
2010	68.1	76.1	8.1
2011	76.7	101.2	24.4
2012	93.5	109.7	16.2
2013	87.8	101.4	13.6
2014	74.4	98.9	24.5
평균	79.6	94.4	14.8

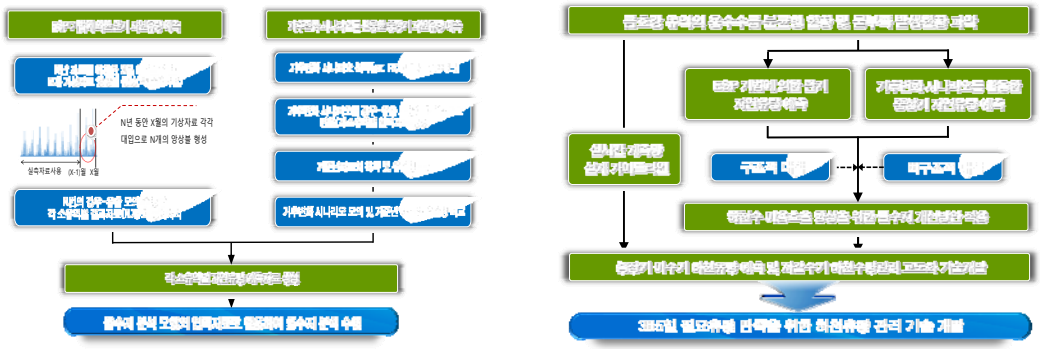
(5) 실시간 계측망 설계 가이드라인 전문가 평가

○ 실시간계측망 설계를 위한 검토요소 도출

○ 이수, 치수, 환경, 유역규모, 자료기간을 고려한 관측지점 평가

(6) 연구성과 요소기술 연계를 위한 MP 개발

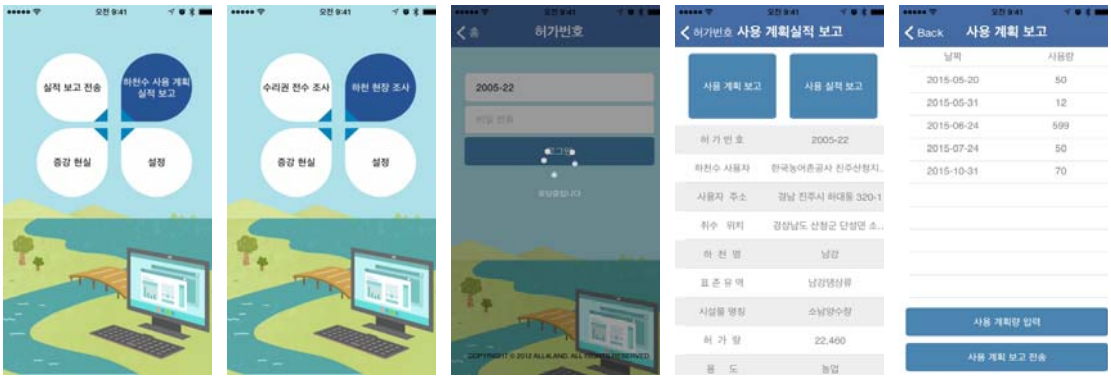
○ 구조적, 비구조적 대책을 고려한 탄력적 하천유량관리를 위한 방법론



<연구성과 요소기술 연계 모식도>

(7) 모바일 앱 시제품 완성 및 사용자 의견수렴

○ 하천수 사용허가 관리 모바일 앱 시제품 완성 및 사용자 의견수렴 수행



<하천수 사용허가 관리 모바일 구성도>

(8) 하천수 이용효율 향상 및 탄력적 운영관리를 위한 실용화 기술 개발

(가) 기존 하천유량관리 관련 시스템 개선방안 제시

○ 지류를 포함한 하천유량 관리 영역 확대로 본류 위주의 물관리에서 지류를 포함한 통합물관리 기능

○ 결과보고서 내, 관리지점별 가능 해결방안 제시로 물부족 유역에 대한 구조적·비구조적 방안 등을 살펴봄으로써 다양한 시나리오 모색 및 빠른 의사결정에 기여

○ 농업용수 사용시설 형태별 물수지분석 메커니즘을 구분하여 물수지분석을 수행함으로써 신뢰도 높은 결과 도출 가능

○ 물수지분석 방법론의 개선사항과 4개의 유량관리시스템의 개선사항을 조합한 관리시스템의 보완 필요성 제시

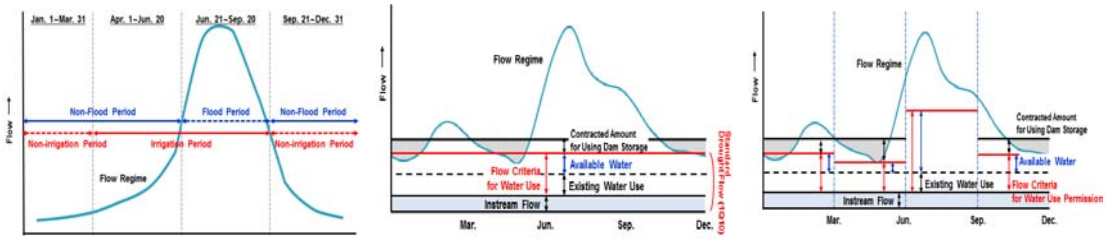


<하천유량관리시스템 개선방안 제시>

(나) 시공간적 유량변화를 고려한 TB 유지유량 만족도 개선

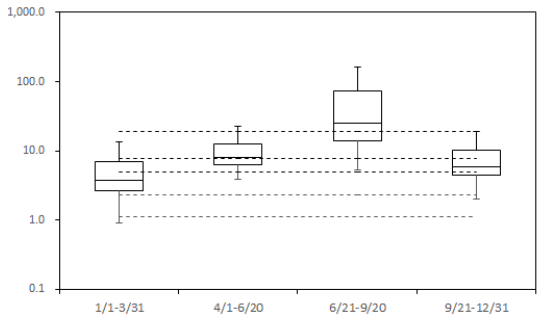
○ 시공간적 유량변화를 고려한 탄력적인 하천수 사용허가 기준유량 설정방안 제시

- 시기 구분: 유황 및 용수수요가 변화되는 시기를 고려하여 구분하고자 우리나라 용수공급량의 50% 이상을 차지하는 다목적댐 운영시기(홍수기/이수기)와 시기별 용수사용량의 변화가 큰 농업용수 사용시기(관개기/비관개기)를 기준으로 함



<탄력적 하천수 사용허가 기준유량 설정 방안 제시>

- 시기별 하천수 사용허가 기준유량을 설정하여 효율적인 하천수 이용과 관리가 가능 및 추가 가용수량 확보
- 유황분석을 위한 유역내 대표지점 선정 : 하천유지유량 기준지점인 동촌과 성서 지점으로 선정
- 탄력적 기준유량에 따른 금호강의 시기별 기준유량 설정



<동촌지점의 유황 분석('05~'14)>

<동촌지점 유황분석>

1/1-3/31	4/1-6/20	6/21-9/20	9/21-12/31
비관개기 이수기	관개기 이수기	관개기 홍수기	비관개기 이수기
기준갈수량	저수량	평수량	평균갈수량
98.7%	93.7%	92.8%	99.0%

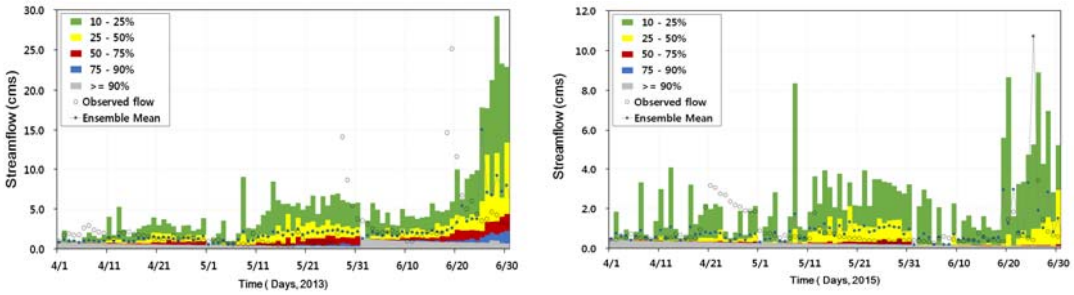
- 하천수 사용허가 기준유량 : 1/1~3/31(기준갈수량-유지유량), 4/1~6/20(저수량-유지유량),6/21~9/20(평수량-유지유량), 9/21~12/31 (평균갈수량-유지유량)
- 현 기준에 따른 가용유량 : -52백만m^3/년, 시기별 기준설정에 따른 가용유량: -41백만m^3/년 → 약 11백만m^3/년 수량 활용 가능

(다) 타수계 이수기 유입량 예측과 저수지 운영률 개선에 따른 탄력적 하천유량관리 기술 확대적용

- 타수계인 내성천유역 선정 이유 : 내성천유역은 낙동강권역에 속해 있으며, 향후 물부족 발생이 가능한 지점으로 고려되어 신규 다목적댐인 영주댐 건설될 예정

○ ESP 기법을 이용한 확률론적 댐 유입량 예측

- 내성천 상류를 바탕으로 2013년, 2015년 4월 1일부터 6월 30일까지 예측된 유량 앙상블을 나타낸 것으로, 과거 25년, 28년 동안의 동일기간 SWMM 모의 결과를 생산한 결과



<내성천 상류 ESP 예측결과(좌: 2013년 5월, 우: 2015년 5월)>

- 초과확률 25-50%를 경계로 그보다 약간 낮은 초과확률 범위에 위치하고 있어 앙상블 평균에 비교적 넓게 분포함
- 전체기간은 2013년과 2015년이며, 실측평균과 예측평균을 비교한 결과, 초과확률 50% 이상에서 상관계수가 0.8로 높은 것으로 보였음

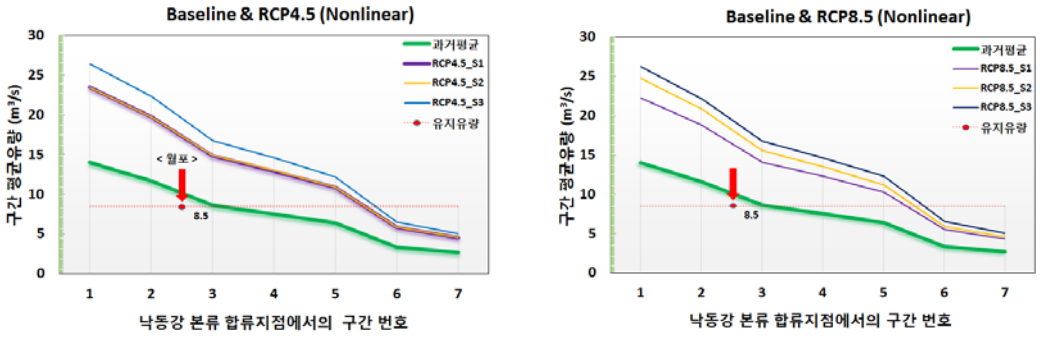
○ 기후변화 시나리오별 내성천 본류에서 구간 평균유출량 변동

- IPCC 5차보고서의 기후변화 시나리오의 비선형보정기법을 한 기후변화 시나리오를 활용함
- 내성천본류에 합류되는 7지점을 선정하였으며, 2번과 3번 사이에 내성천유역 하천유지유량고지지점인 월포가 위치하며 하천유지유량은 8.5m^3/s임



<내성천 본류구간 비교 지점>

- 생활·공업·농업용수 수요량은 WAMIS에서 제공하는 2011년도 기준으로 동일할 경우, 과거평균(2001-2015년)을 기준으로 보았을 때 하천유량고지지점인 월포를 기준으로 하류는 유출량이 풍부하나 상류로 갈수록 하천유지용수가 부족할 것으로 전망되었음

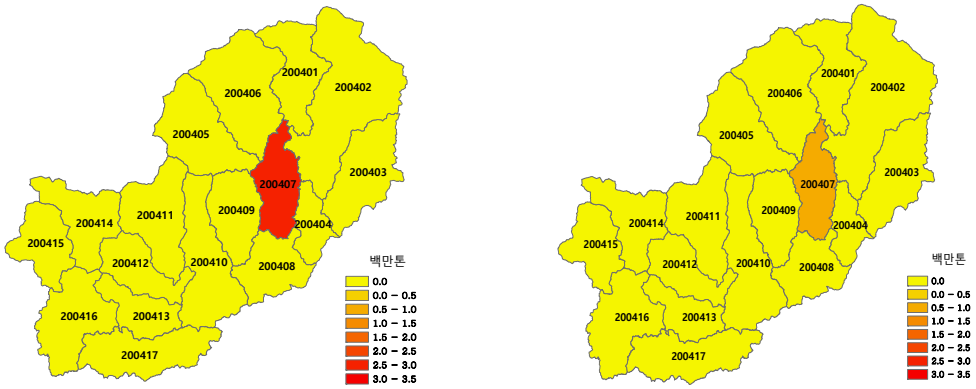


(a) RCP4.5 (b) RCP8.5

<RCP 시나리오에 따른 내성천 평균유량 예측>

○ K-MODSIM을 이용한 내성천 물수급 현황분석

- SWMM을 이용해 산정된 2001년부터 2015년까지의 월평균 값을 각 표준유역의 유출량 값으로 이용
- 월 단위 분석결과, 생활용수의 경우 연평균 약 2.5 백만m^3, 공업용수 0.87 백만m^3 정도가 부족한 것으로 발생
- 생·공용수가 부족한 시기는 크게 2001년, 2008년, 2014년으로 모두 가뭄시기로 유출량값이 적었던 해이며, 생·공용수가 부족한 유역은 서천하류유역으로 동일



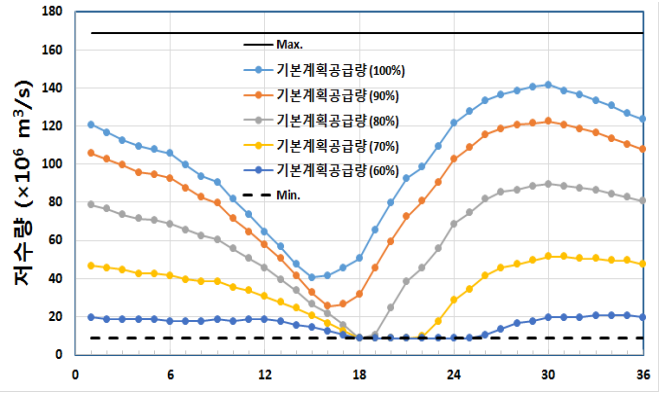
(a) 생활용수 부족 (b) 공업용수 부족

<생·공용수 부족유역(200407)>

- 농업용수의 경우 연평균 약 3.65백만m^3 정도가 부족한 것으로 나타남
- 하천유지용수의 경우 월포지점에서 고시유량(8.5m^3/s)보다 약 2.35m^3/s 가 부족한 것으로 나타남, 이는 연간 74백만m^3으로 대부분 이수기에 발생

○ 영주댐 운영률(기준저수량) 제시

- 영주댐의 설계시 사용한 장기유출량 자료는 안동댐의 실적유입량 자료를 전이하여 사용, 과거 실측유입량을 기준으로 통계학적 수문분석을 통해 장기간(500년) 모의유입량을 산정하여 저수지 모의운영 수행
- 영주댐운영률을 K-MODSIM에 적용 결과, 기본계획공급량의 100%를 저수할 시, 월포 지점에서 하천유지용수량 8.5m^3/s 중 8.42m^3/s로 85% 이상(약 99%)을 만족함
- TB 지역의 분석절차를 타수계인 내성천유에 적용함으로서 확장가능성 제시

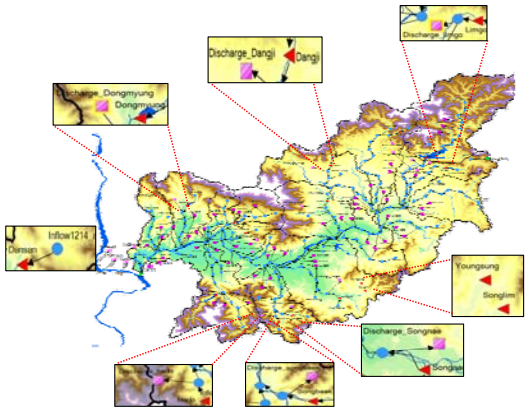


<영주댐 기준저수량 제시>

(9) 4세부 연구성과 요소기술 연계 방안 및 실용화 순위 도출

○ 구조적 · 비구조적 대책을 반영한 하천유량관리 기술 적용 및 우선순위 도출에 따른 유지유량 부족률 개선

- 비구조적 확보방안 (농업용수저수지 운영률 적용)
  - 각 저수지의 제원 및 방류량 결과를 고려하여 운영률 전후의 영향 분석
- 구조적 확보방안 (신규댐, 댐재개발 등)
  - 기존의 댐 혹은 저수지를 재개발하는 것이 각각 8.8백만m^3(성서), 7.8백만m^3(동촌)으로 구조적확보 방안이 비구조적 확보방안보다 높은 우선순위를 나타냄
  - 구조적·비구조적 확보방안과 영천댐 운영률 연계시, 기존댐 재개발과 영천댐운영률 개선시 연간 3,602백만m^3(성서기준 : 11.2m^3/s)으로 연계확보방안 중 가장 높은 우선순위를 보임



	성서	동촌
농업고려후	3.5	3.2
영천댐고려	11.75	11.75
신규댐	2.3	2.3
기존재개발	8.8	7.8
지하댐	1.0	0.17
오프라인	1.8	1.8

< 금호강 유역의 구조적·비구조적 확보방안 적용 >

- 구조적, 비구조적 확보방안을 동시에 고려한 결과 성서지역은 29.15백만m^3, 동촌지역은 27.02백만m^3 확보 가능함

(10) 탄력적 유량관리 실용화를 위한 표준화

○ 본 연구에서 수행된 탄력적 유량관리 연구 결과의 실용화를 위해서 표준화보고서 발간

○ 2016년 한국수자원학회논문집 게재

- 박정은, 김한나, 류경식, 이을래. (2016) “시·공간적 유량 변화를 고려한 탄력적 하천관리 기준유량 산정 및 평가”, 49(8), pp.673-683.

(11) 외부환경 제약사항 및 대처방안

○ 115개 중권역을 크게 본류 및 지류 유역으로 구분하고, 지류유역은 상류로부터 유량 조절이 가능한 다목적댐이나 용수전용댐, 저수용량 100만m^3 이상에 해당하는 농업용댐이 있는 유역과 없는 유역으로 구분하여 물관리 탄력성 지수 적용함

○ 지류 중소하천은 본류에 비해 물관리 탄력성이 떨어지는 것으로 평가되었으며, 물관리 탄력성이 낮은 것으로 평가된 서해와 남해의 도서지역 지류의 경우 본류와 연계하여 안정적인 물공급 대책을 마련하거나 보조 수자원을 개발함으로써 물위기 대응을 위한 사전대응능력을 향상시키는 노력이 필요함

○ 2017년 한국방재학회논문집 게재

- 임지상, 강신욱, 김한나, 이을래. (2017) “기준저수량 산정에 따른 하천유지유량 확보 가능성 평가; 내성천 유역을 중심으로”, 17(1), pp. 265-277.



(a) 탄력성 지수 (b) 취약성 부지수 (c) 견고성 부지수 (d) 다양성 부지수

<물관리 탄력성지수의 결과>

(12) 하천수 관리제도 개선

○ 하천수 관리제도의 현황분석 및 개선방안 제시

○ 단기적 개선방안으로는 수리권 일제조사의 정례화, 하천수 사용허가 기준유량의 탄력화, 유수사용 계측방법 고도화, 하천수 사용량 조정 권한 강화, 미등록 하천 시설물 관리 강화 등이 있음

○ 장기적 개선방안으로는 수자원관리 및 감독을 효율적으로 수행하기 위한 수자원관리 부처의 일원화, 수자원과 관련하여 다양한 기관들의 협의를 수행하기 위한 물관리 전문적인 거버넌스 구축, 수리권과 관련하여 중복 및 상충 가능성이 있는 권행수리권과 허가수리권의 관계를 분명하게 설정하여 권행수리권과 기득수리권의 허가수리권으로의 전환 등의 방안이 있음

○ 수자원장기종합계획 관련 현업 사업기획처 성과 공유

- 탄력적 하천수관리에 관한 현황 검토 및 공유(’ 17.2.1, 사업기획처)
- 시기별 하천수 관리에 대한 사항 검토(당초 관개-비관개-홍수의 4개구간에서 관개-비관개 2개구간으로 나누는 것이 효과적)

○ 하천설계기준 변경에 관한 자문(’ 17.2)

- 자문위원 : 김규호, 김형수, 오규창, 오윤근, 정성원, 정태성
- 자문내용 하천설계기준에 반영

(13) 물안보 R&D 전략과제 도출

○ 물안보와 관련된 전략과제를 도출하였으며, 3개의 공동연구, 11개의 세부연구로 구성

분 류	전 략 과 제
1. 재해/재난 예방	구조적/비구조적 대책을 통합한 빗물관리형 하수도 기반 구축
	하천 자연 저류능 제고를 위한 하천의 수평적 완충공간 확보

	기후변화로 인한 강우 변동성을 고려한 탄력적 수리권 운영방법 개발
	기후변화에 대비한 대체 수자원 확보 및 다중수원의 통합관리 시스템 개발
2. 재해/재난 예측 및 분석	X-band Radar와 연계한 실시간 범람예측시스템 개발
	홍수 대피지도 표출 및 휴대폰 단말기 송출 시스템 개발
	긴급 수질 방재 대책을 위한 재난 대비 수질관리 시스템 구축
3. NEXUS	기후변화로 인한 강우 변동성을 고려한 탄력적 수리권 운영방법 개발
	선진화된 농업용수 관리기법 도입 및 물-식량 넥서스
	환경변화에 대응 깨끗한 물공급을 위한 물-에너지 넥서스
	지속가능한 물-에너지 순환을 고려한 하수처리 효율개선 및 하수자원화

(14) 하천유량관리 융·통합 기술 적용에 따른 자료관리 및 분석 툴 개발(위탁)

○ 세세부 개발 기술 적용을 위한 현재 여건 분석

- 수문자료와 그 자료의 품질은 수자원 관련 사업 및 활동에 민감한 영향을 미침
- 수문자료는 수자원시설물의 실시간 조작에 필요한 단기간의 실시간 운영자료(operational data)이며, 다른 하나는 장기간의 과거기록자료(historical data)임
- 이러한 수문자료의 사용에 있어 가장 큰 문제점은 자료의 부정확(inaccuracy), 불일관(inconsistency), 불충분(insufficiency), 불완전(incompletion) 으로, 의사결정을 위한 각종 예측업무 및 수자원시설물 운영에 심각한 오류의 원인이 됨
- 각종 측정방법을 이용하여 평균유속을 구하고 이를 근거하여 간접적으로 Rating Curves식을 통하여 유량 자료를 획득하는 기존방법의 문제점을 살펴보면 다음과 같음
- 하천에서의 물의 흐름은 저수위에서는 단면통제(section control)를, 고수위에서는 하도통제(channel control)를, 중간수위에서는 단면통제 및 하도통제를 동시에 받는 특성을 보이므로 Rating Curve식의 작성에 있어서 이를 고려해야만 하는 문제점 발생
- 단면에서의 시간당 수위변화율이 심하거나 하천의 합류 및 Diversion 등으로 배수 및 저하효과의 특성을 보이는 지점에서는 수위-유량사이에 매우 복잡한 비선형 관계의 문제점 발생
- 실측부터 유량 환산시까지 발생되는 총오차를 줄여야만 신뢰성 있는 유량자료 취득 가능함

- 빈도분석에 사용되는 수문자료는 모집단이 아닌 표본이므로 표본의 수가 많고 정확해야 하며, 위자료의 신뢰성 분석이 필요함
- 또한 우량 및 수위자료, 하천수위-유량측정 및 유량자료를 중심으로 운영자료와 과거 기록자료로 구분하여 수문자료의 신뢰도 분석 및 품질관리를 해야 함

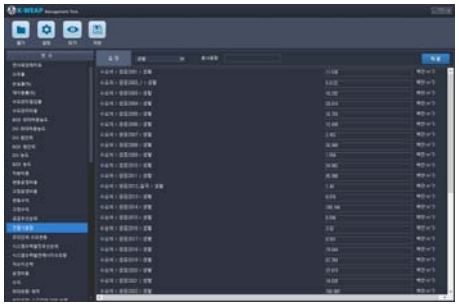
○ 성과의 실용화 및 기술 적용을 위한 자료관리 체계 제시
- 자료관리 체계의 효과적 관리를 위해 거버넌스 체계를 구축하여야 함
- 홍보와 교육도 필요하며, 이를 위한 홍보전략의 수립도 필요함
- 거버넌스 구축의 다른 한 축으로 물 관리 기관과의 공동 협력전략을 마련하는 방안을 추가적으로 수립하여야 함

○ 개발된 기술의 융·통합 방안 및 기술유지·관리 방안 제시
- 물 수급 계획은 하천유역의 미래 물 수요(생활, 공업, 농업용수 및 하천유지용수 등)를 예측한 후 유역 내 공급 가능한 수자원(하천수, 댐 및 저수지 저류수, 지하수 등)과의 균형 분석을 수행하는 과정이므로 개발된 기술의 융·통합 방안으로 구조적/비구조적 수자원 확보량과의 연계가 필요함
- 구조적/비구조적 수량확보 관점의 국가 수자원 정책 신규 및 수정하여야 함
- 국가단위의 분석을 광역단계 단위 또는 수계 단위로 분석하여 물수급 과정을 현실화해야 함

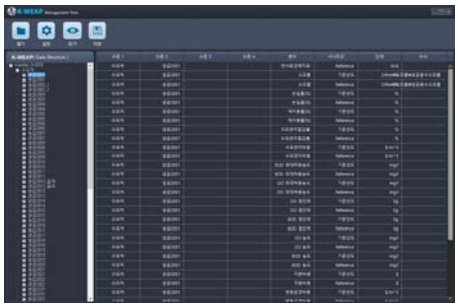
○ 기술개발 자료의 원스톱 운영 및 물수급 평가를 위한 간편 분석 툴 개발
- K-WEAPq에서 분석 실무자는 대상 지역의 수자원 시스템을 하천, 지하수, 저수지와 같은 다양한 공급원, 취수, 도수, 하수처리시설, 생태계 필요수량 및 물수요와 같은 항목으로 자료를 구성함
- 자료의 구조와 이들의 세부 입력수준은 분석 필요성이나 사용자의 요구수준에 따라, 또는 제한된 자료에 의해 발생하는 한계들을 반영할 수 있도록 조정될 수 있음
- K-WEAPq는 일반적으로 먼저, 수자원 계획의 기본현황으로서 계획의 목표연도, 대상지역의 공간적 연계, 지역 내 수요-공급 관련 현황들과 네트워크를 구성하고 해당 입력자료를 입력하는 방식을 통해 수자원 개발의 대안들과 관리전략들을 평가할 수 있음
- 이러한 광범위한 입력자료를 구축하는 방식은 많은 시간과 노동력이 필요함
- 물수급 평가를 위한 분석 툴을 이용하면 자료의 구성과 자료의 수정을 위한 강력한 기능을 제공할 수 있음
- 사용자는 자료 구조에 있어 변화가 있거나 더 새로운 자료가 입수될 때 계획자가 이들을 쉽게 고려할 수 있으며, 수자원 모형의 입력자료인 용수 수요와 공급 정보들을 관리할 수 있는 데이터베이스로서 역할을 할 수 있음



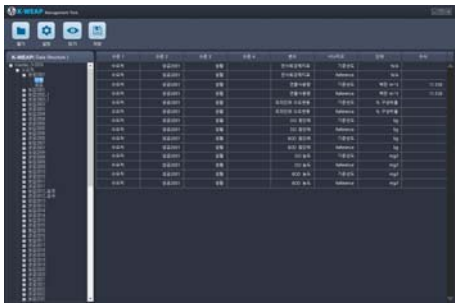
<프로그램 메인 화면>



<프로그램 설정 화면>



<생공용수 입력자료 화면>



<농업용수 입력자료 화면>

라. 4-4 세세부: 수리권 이용률 및 수자원 가용성 평가 연구

○ 선진적 하천수 사용료 징수체계 구축으로 하천 행정의 투명성 제고 및 효율적 하천관리 실현을 목표로 하천수 사용허가 업무지침 개발과 하천수 징수체계 개선(안)을 제시함.

(1) 하천수 사용허가 업무지침 개발

○ 하천수 사용허가 업무매뉴얼 분석

- 2009년 하천법 개정에 따라 세부기준을 정하도록 규정(하천법 제50조4항)되어 있으나 2013년 현재에 이르도록 별다른 진전을 보이지 못함
- 현 하천수 사용허가 업무매뉴얼(2009)에서 누락된 부분으로 지침서에 추가되어야 할 부분, 법령 등의 개정으로 수정되어야 할 부분, 원활한 허가업무를 위하여 추가되어야 할 부분 등을 중심으로 고려

○ 하천수 사용허가 실무자 대상 설문조사

- 분석된 업무매뉴얼을 통하여 4대강 홍수통제소 실무자, 지방국토관리청 및 지자체 유역환경청 실무자를 중심으로 설문조사 실시
- 조사내용은 하천수 사용허가 행정업무 전반 및 새로운 지침의 개발내용을 중심으로 수행

○ 하천수 사용허가 업무지침 개발(업무지침 개선표 작성)

- 현재 하천수 사용허가 업무내용에 따른 행정업무를 파악하고, 향후 제정될 세부기준을 위하여 현행 하천수 사용허가 업무매뉴얼의 개선 및 보충될 사안을 정리

○ 개발된 지침에 대한 전문가 평가

- 현행 하천수 사용허가 업무내용의 한계 및 세부기준 작성을 위해 개발된 지침의 내용 분석을 목적으로 전문가 평가를 실시

<업무지침 개선표>

현 지침	개선(안)	법적 근거
Ⅰ-1. 목적(p.53)	(추가)	▸하천법 제22조(수자원 자료의 정보화) ▸하천법 제33조(하천의 점용허가 등)
Ⅰ-2. 적용범위(p.53)	(수정)	▸하천법 제52조(하천수의 사용 및 관리)
Ⅱ. 하천수 사용허가 검토절차 개관(p.54) Ⅲ-1. 검토항목(p.55)	(추가)	▸수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 제19조의 2(수질 및 수생태계 보전조치 권고) ▸하천법 제18조(점용허가의 기준 등) ▸하천법 제49조(하천수 사용 및 배분의 원칙) ▸하천법 제54조(용수배분의 우선순위)

III-2. 다. 시설물계획 적정성 검토(p.57-58)	(수정)	▸하천법 제25조(하천기본계획) ▸하천법 제50조(하천수의 사용허가 등) ▸하천법 시행령 제24조(하천기본계획의 수립) ▸하천법 시행령 제34조(점용허가의 신청 등) 제3항
III-2. 다. 시설물계획 적정성 검토(p.58)	(추가)	▸하천법 제49조(폐수종말처리시설 기본계획) ▸수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 제15조(배출 등의 금지)
III-2. 라. 사전환경성 검토 결과	(수정)	▸환경영향평가법 제2조(정의) ▸환경영향평가법 제9조(전략환경영향평가의 대상) ▸환경영향평가법 제10조(전략환경영향평가 대상 제외) ▸환경영향평가 시행령 제7조(전략환경영향평가 대상계획의 종류)
III-2. 라. 관련 협의 검토 (p.58)	(수정)	▸국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제58조(개발행위허가의 기준 등) ▸토지이용규제 기본법 제8조(지역·지구등의 지정 등)
III-2. 라. 관련 협의 검토 (p.58)	(추가)	▸하천법 제34조(기득하천사용자의 보호)
IV-3. 허가검토서 작성 (p.64)	(추가)	▸하천법 제52조(하천수의 사용 및 관리) ▸하천법 시행규칙 제29조(하천수의 사용 및 관리)
V. 참고자료(p.69)	(추가)	▸환경영향평가 시행령 제7조(전략환경영향평가 대상계획의 종류) [별표 2] ▸환경영향평가 시행령 제22조(전략환경영향평가서의 제출방법 및 협의 요청시기 등)

(2) 하천법(시행령 및 시행규칙 포함)과의 법리적 정합성 검토

○ 세부기준(안) 작성

제1장 총칙	제19조 권리의무의 승계
제1조 목적	제20조 권리의무승계 신고의무
제2조적용범위	제21조 권리의무승계 신고절차
제3조 하천수사용허가의 기본원칙	**제6장 사용료징수 및 감면에 관한 세부기준**
제4조 하천수사용허가의 유효기간	제22조 사용료 징수권자
제5조 하천수사용허가의 조건 등	제23조 사용료 징수시 산정기준
제2장 하천수사용허가 관리절차	제24조 사용료 미납시 강제징수
제6조 하천수사용허가 관리절차	제25조 잘못납부된 사용료 반환
제7조 하천수사용허가 단계	제26조 사용료 감면
제8조 하천수사용허가 처리절차	제27조 변상금 징수
제9조 실시계획 인가 처리단계	제28조 벌칙
제10조 인가 처리절차	제29조 사용료 이외의 손실보상
제11조 공작물 설치 공사시행 단계	**제7장 허가수수료의 징수에 관한 세부기준**
제12조 공작물 설치 준공인가단계	제30조 허가수수료 징수
제13조 준공인가 처리절차	제31조 허가수수료 징수권자
제3장 허가내용 변경에 관한 세부기준	제32조 수수료 기준
제14조 허가내용 변경의 허가	제33조 수수료 납부
제15조 기득하천 사용자의 동의	**제8장 하천수사용계획 및 실적 보고에 관한 세부기준**
제16조 허가내용 변경 절차	제34조 하천수사용자의 기록·보관의무
제4장 허가기간 연장에 관한 세부기준	제35조 기록·보관의무 사항
제17조 허가기간 연장 신청	제36조 하천수사용자의 보고의무
제18조 허가기간 연장 절차	제37조 보고의 방법
제5장 권리의무승계 신고에 관한 세부기준	제38조 의무위반으로 인한 과태료 처분

○ 법리적 정합성 평가를 위한 법령 및 판례 분석
- 세부기준(안)의 제 규정과 하천법 및 점용허가 세부기준 등과의 조문 비교분석
- 하천수 사용을 둘러싼 판례 분석을 통한 세부기준(안) 정치화 작업

○ 지침서(안)의 제도적 결함 평가
- 하천수사용료의 부과세 징수권자의 주체에 관한 사항
- 수문조사시설대장의 작성 주체
- 허가량과 계약량의 불일치에 관한 사항
- 지방하천에서의 물량 및 시설료의 조정
- 농업용수 취수량, 유량계 설치의 문제

○ 하천법과의 정합성에 대한 법리적 평가 분석
- 법/대통령령/부령의 규정과의 정합성 분석
  • 하천법 징수체계의 근간을 유지하는 차원에서 세부기준(안)의 제 규정이 실효적인 기능을 유지하기 위해서는 현 법령에서 요구하는 의무사항을 철저히 준수할 필요가 있음
  • 지자체 조례의 개정을 통하여 하천법과의 정합성을 유지시켜야 함

○ 실무부처 및 실무자 평가
- 4대강 홍수통제소 실무자 평가를 통한 세부기준(안)의 내용 점검
  • 하천법 상의 별표 등을 세부기준으로 이전하는 방안은 부적절
  • 하천수 사용허가 행정에 있어서 4대강 홍수통제소 별로 각자 활용되고 있는 부관에 대한 표준안을 작성하여 제시하는 것이 바람직 함

(3) 사용료 관리기준, 용도범위 기준 등 징수체계 개선안 제시

○ 징수의 범위 및 기준 제시
- 현행 징수주체의 범위 및 기준 검토
- 개선(안)에 따른 징수주체의 기준 및 범위 제시
  • 개선안1 : 하천수징수체계 일원화
  • 분리되어 있는 용도별 하천수 징수를 일원화시킴으로서 하천수사용료 관리
  • 하천수사용료의 징수 및 관리에 대한 기능을 중심으로 한 별도의 중앙정부조직체계 필요
  • 공적자원임에 따라 사기업이 아닌 국가 공공기관에서 징수해야하며, 통합된 하천수사용료 징수액을 관리할 수 있는 규모의 조직체계 필요
  • 개선안2 : 하천수징수주체 이원화 유지

• 현행체계의 문제점을 개선하여 징수주체를 유지시키므로 현행과 범위는 동일하나 기준에 대해 개선할 필요 있음
• 지자체의 기준 : 특별회계로 편입하여 하천수 사용료 관리, 지자체의 자연하천수 사용시 사용료 부과 및 징수 의무화, 지자체 하천 사용료에 관한 조례 구비 및 개선
• 한국수자원공사 : 용도별 합리적인 사용료 산정·부과기준 마련

○ 배분의 범위 및 기준 제시
– 하천수사용료는 목적세의 성격을 가지며, 지자체의 일반적인 수입으로 처리되는 것을 부정한 규정으로 간주 할 수 있음
– 배분의 범위 및 기준개선 필요

○ 하천수 사용료 관리방안 제시
– 특별회계로의 관리
– 수익자부담원칙에 따른 자원 배분의 효율성 제고
– 안정적인 재원이 보장은 사업수행을 원활하게 하여 재원을 절약할 수 있도록 함
– 세입과 세출의 연계를 통해 조세 저항 최소화

○ 최적의 징수체계 도입방안 도출
– 징수체계 일원화 도입
• 현행 지방자치단체와 수자원공사의 이원화된 징수체계 구조를 특정 국가기관으로 일원화하여 징수된 수익금을 중앙정부에서 관리기관에 배분
• 기존의 수리권을 둘러싼 지방자치단체와 수자원공사의 갈등해소
• 하천관리 재원을 둘러싼 중앙정부와 지방자치단체의 갈등해소
– 징수체계 이원화 유지
• 현 징수체계를 유지하면서 관련 법 개정을 통해 문제해결
• 합리적인 관련 법 개정을 통한 법적 안정성 확보
• 하천수 사용료에 대한 투명한 지방세외수입의 확보

마. 4-5 세세부: 유역특성을 고려한 구조적 하천수량 확보 기술개발

○ 기후변화 및 이상기후 현상으로 홍수와 가뭄과 같은 수재해 대응과 한정된 수자원을 효율적으로 활용하기 위한 최적 구조적 하천수량 확보 기술 개발을 목표로 함

(1) 수자원 개발 New Trend 기술 조사

○ 수자원 분야에서는 강우패턴 및 유출 특성의 변화로 매년 잦은 홍수와 가뭄 피해가 발생하고 있으며 하천의 건천화에 따른 지하수위 저하 및 주변 환경에의 영향 등 다방면에 걸쳐 악영향을 미치고 있어 다양한 국가들의 수자원 전략이 공통적으로 물 안보(Water Security)로 패러다임의 변화 양상을 보이고 있음

○ Smart Water Grid는 기존 수자원 관리 시스템의 한계를 극복하기 위해 정보통신 기술을 이용하는 고효율의 차세대 물 관리 인프라 시스템으로 빗물, 재이용수, 해수담수 등의 다중 수원을 적극적으로 활용하고 물을 효율적으로 분배, 관리하여 수자원의 불균형을 해소하기 위함

○ LID(Low Impact Development)는 경제적이고 효율적인 빗물 및 비점오염원 관리방안으로 개념 정립과 함께 국내 적용을 위한 한국형 LID 기술 도입을 위한 요소기술 개발이 이루어지고 있음

○ Offline 댐은 기존 댐의 최적지이나 유역면적이 작아 충분한 수자원의 확보가 곤란한 경우 인접 타 하천에서 하천 유지용수 혹은 환경용수를 제외한 남는 물의 양을 도수하여 물을 저장 및 활용하는 개념으로 K-water에서는 무성 홍수조절지 시범사업을 국가 계획에 반영 및 추진할 계획이며(2018), 전국의 Offline댐 개발 가능지점 마스터 플랜 수립을 2020년까지 수립하는 것을 계획하고 있음

○ 단일목적댐의 다목적화는 수력발전댐의 용수공급기능 미비로 가뭄 시 물공급 안정성 확보가 곤란하고, 홍수 시 홍수저감 효과 역시 미비하며, 물부족이 예측됨에 따라 국가정책사업으로 추진 중에 있음

○ 다목적 저류지는 국지적 홍수에 대한 저류 기능으로 홍수 방어 효과를 가지고 있고 지류에 유지유량을 공급함으로서 하천의 건천화를 방지하여 하천환경 개선에 도움이 되며 가뭄 시에는 비상용수 공급 기능도 함께 수행 가능함

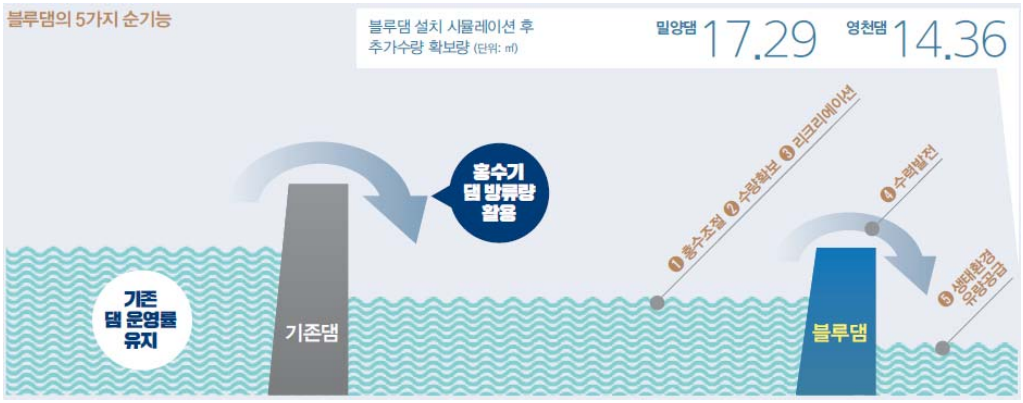
(2) 블루댐 및 설치 기법(IPET, CLDT, VT) 개발

(가) 블루댐의 정의

○ 블루댐은 21세기에 대두되고 있는 깨끗한 물과 친환경 이미지를 나타내는 “블루”와 연못을 의미하는 “댐”을 함께 조합한 것이다. 블루댐의 위치는

조정저수지와 같이 기존 댐의 하류에 온라인으로 설치함

○ 홍수기에 수문을 개방하여 운영하는 조정지와 달리 무의미하게 하류로 흘러가는 홍수기의 방류량을 활용하여 홍수저감 효과와 함께 유역 내 수자원 확보를 위한 물그릇을 제공하는 구조물임



<블루댐의 기능 및 추가수량 확보량>

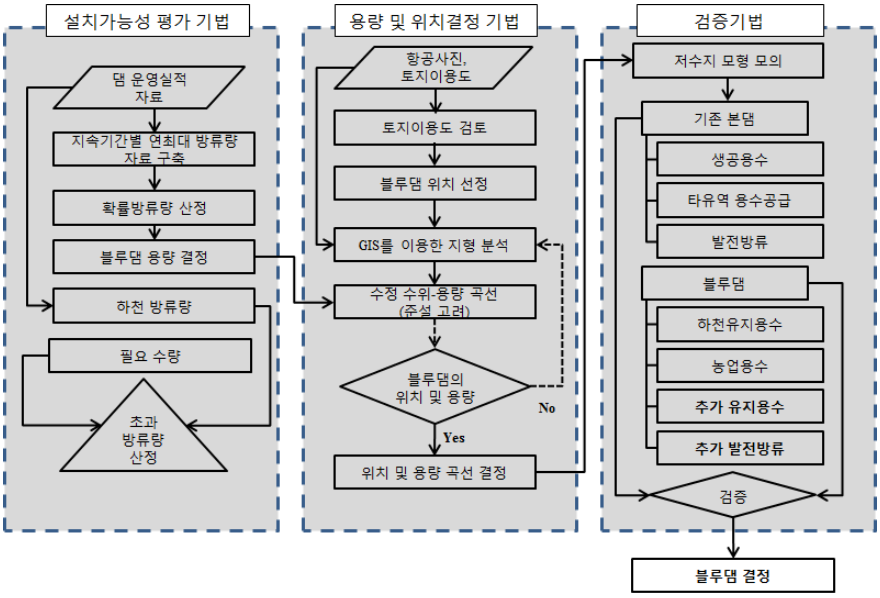
(나) 블루댐 설치기법(IPET, CLDT, VT)

○ 블루댐은 기존댐 직하류에 온라인으로 설치되어 기존댐의 운영률을 유지하면서 추가적으로 수량을 확보할 수 있는지에 대한 평가가 선행되어야 하므로 이에 대한 평가를 실시하기 위해 설치기법 및 평가절차를 개발함(그림 2)

○ 설치 가능성 평가(IPET)는 본 댐에서 하류하천으로 필요수량을 초과로 방류하는 수량을 산출하여 블루댐을 설치하였을 시 수량확보가 가능한 것에 대한 평가기법임

○ 용량 및 위치결정 기법(CLDT)은 댐에서 하천으로 직접적으로 방류하는 유량을 대상으로 확률방류량 개념을 도입함으로써 블루댐의 용량을 정량적으로 제시하며, 지형분석, 토지이용, 위성사진과 함께 위성사진을 고려함으로써 블루댐의 위치를 결정하고 저수지 용량 (저수 용량곡선)을 계산함

○ 검증기법(VT)은 기존 댐과 블루댐을 연계모의를 통하여 본 댐의 발전방류와 용수 공급을 그대로 유지하면서 발전용량 증대 및 하천의 유황개선을 검토함으로써 블루댐의 설치효과를 검증하는 기법임

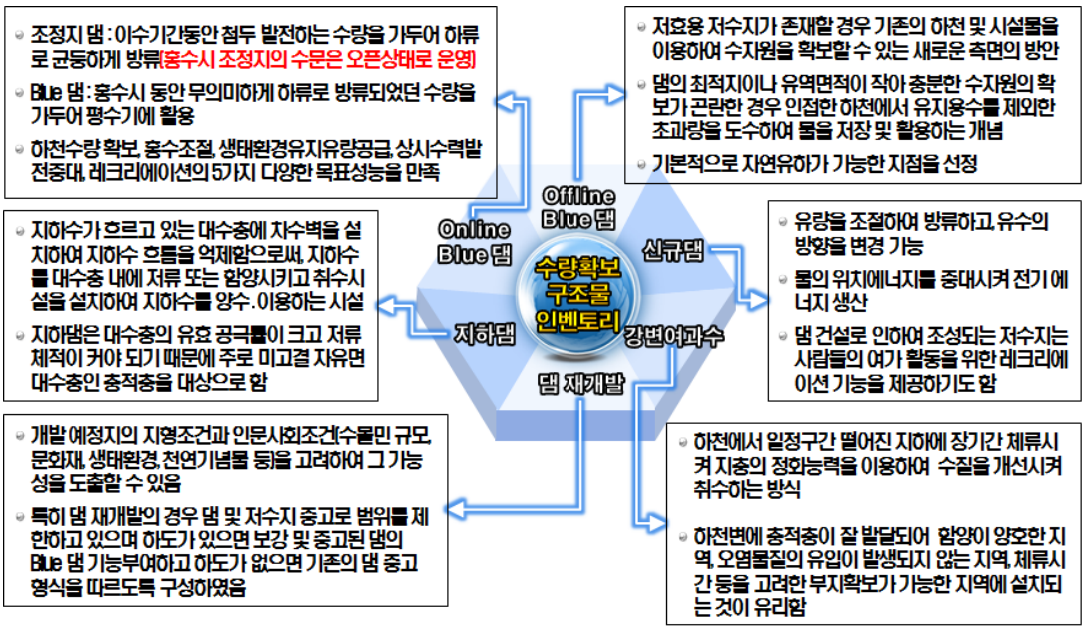


<블루댐 설치에 대한 평가 절차>

(3) 유역 특성 고려한 구조적 하천수량확보 가이드라인 개발

(가) 구조적 인벤토리 구성 및 특징

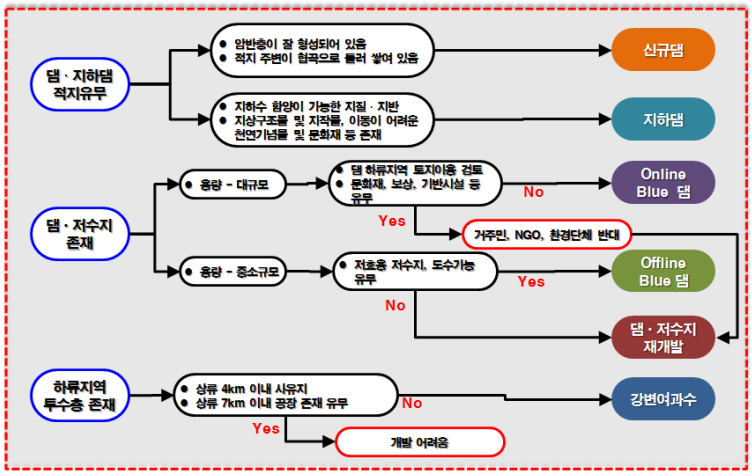
○ 구조적 인벤토리는 신규 댐, Online Blue 댐, Offline Blue 댐, 댐 재개발(댐 및 저수지 증고를 중심으로), 지하댐, 강변여과수로 구성



<구조적 인벤토리 특징>

(나) 구조적 인벤토리 개발 절차

○ 각 인벤토리별 특징을 바탕으로 지형 및 지질적 가능성을 최우선으로 최적 개발절차를 아래의 그림 4와 같이 구성하였으며, 4차년도, 5차년도에 걸쳐 총 추가수량 확보량은 16.482백만 ㎥으로 분석됨(표 1)



<구조적 인벤토리별 최적 개발조사 절차>

<표준유역단위 구조적 추가확보량>

(단위 : 10^3㎥)

표준유역	댐&저수지	지하댐	오프라인댐	Total	비고
201201	985			985	4차년도
201202	189			189	4차년도
201203	1,184	5		1,188	4차년도
201204	3,391	6		3,397	4차년도
201205	1,753	5		1,757	4차년도
201206	990			990	5차년도
201207			528	528	4차년도
201208		1	383	385	4차년도
201209	1,728		1,089	2,817	4차년도
201210	208			208	4차년도
201211	413			413	5차년도
201212					5차년도
201213	1,434			1,434	5차년도
201214					5차년도
201215	1,015			1,015	5차년도
201216					5차년도
201217	182			182	5차년도
201218	994			994	4차년도
201219					5차년도
Total	14,466	17	2,000	16,483	

(4) 구조물 평가지표함수 개발

○ 기회요소 및 제한요소들의 조합에 의해 나타나는 적지산정은 가중치가 적용된 선형적 조합에 의해 구해질 수 있음

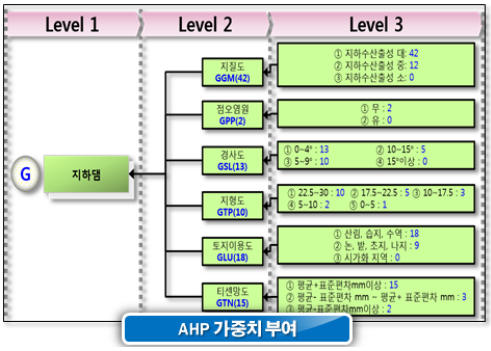
○ 저변확대 및 기술이전을 목표로 비전문가도 쉽게 이용할 수 있도록 기존 연구 결과를 바탕으로 간략화 하였음

○ 평가지표의 그리드화에서 녹색 타원은 그리드화하는 과정을 나타낸 것이며, 노란색 직사각형은 ArcGIS 내 개발된 툴을 나타낸 것으로 주로 Polygon(polyline, point) to raster, Buffer, Reclassify, Clip, Focal statistics, Union 등을 사용하였으며, 파란색 타원은 중첩에 앞서 그리드화한 결과임

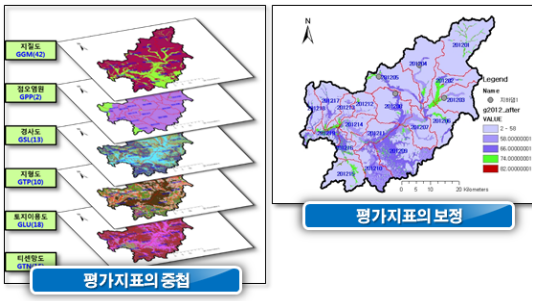
○ 앞서 제시한 구조적 인벤토리별 평가지표함수를 그림 6와 같이 가중치부여, 그림 7과 같이 중첩효과 및 보정을 통해 그림 8과 같이 평가지표함수를 개발함



<평가지표별 그리드화 순서도>



<평가지표별 가중치 부여>



<평가지표의 중첩 및 보정>

신규댐 평가지표함수식(안)
N=14*NTN+8*NRM+30*NLU+33*NTP+15*NGM

댐 및 저수지 평가지표함수식(안)
D=70*DDL+18*DLU+6*DDC+6*DTN

온라인블루댐 평가지표함수식(안)
O=5*ODL+6*ORM+25*OLU+26*OTP+23OGM+10OTN

오프라인블루댐 평가지표함수식(안)
F=25*FDE+35*FTN+40*FLU

강변여과수 평가지표함수식(안)
G=5*RLU+16*RGM+31*RRM+45*RPP+3*RTN

지하댐 평가지표함수식(안)
G=42*NTN+2*GPP+13*GSL+10*GTP+18*GLU+15*GTN

<평가지표함수 개발>

(5) 지역특성을 고려한 물 이용종합계획 수립

○ 경상남도를 대상으로 지역특성을 고려한 다양한 구조물의 적지를 선정하여 수자원확보 및 물이용종합계획 수립

○ 경상남도 물이용종합계획 기술보고서는 경상남도 현황, 수자원 관련 계획 및 정책 조사, 물수지분석 및 전망, 물이용 마스터플랜 수립으로 구성

○ 본 연구에서 개발한 구조적 인벤토리 평가지표함수 중 가장 적극적이고 효과적인 신규댐과 온라인블루댐을 행정구역 혹은 댐유역별로 적용



<행정구역(18시·군) 및 하천도>



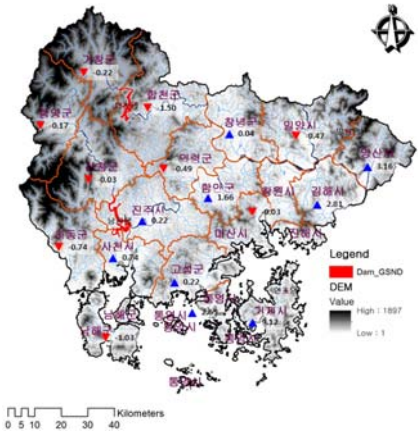
<토지피복현황>



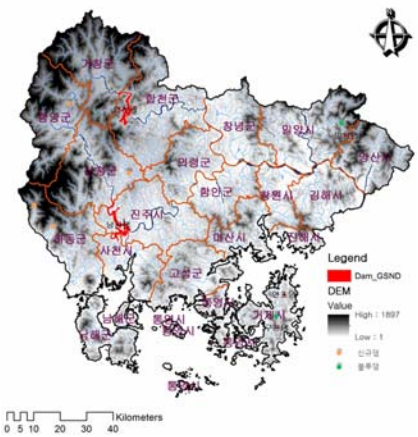
<경상남도 생공용수 과부족 현황(2015년)>



<경상남도 생공용수 과부족 전망(2025년)>



<10년간 인구증가율>



<구조적 수량확보 적지 및 확보량 산정>

(6) 비구조적 방법에 의한 하천유량 관리 기술의 기술이전

(가) 기술이전 적용 지구 선정

○ 최근 가뭄이 4-5년 지속되고 있는 충남 서북부 지역 한국농어촌공사 관리 저수지 선정

○ 서산, 홍성 일원 다수 저수지에서 양수저류에 의한 가뭄 대응 저수지 운영하고 있으며, 이 중 현장 여건 고려 적용 가능 저수지 선정

(나) 개발 기술의 현장 적응 모듈 개발

○ 가뭄 대응의 적극적 방법으로 하류하천의 수량을 양수하여 저수지에 저류시키는 사업을 진행 중에 있으며, 이에 적응한 기술로의 적합 기술 개선

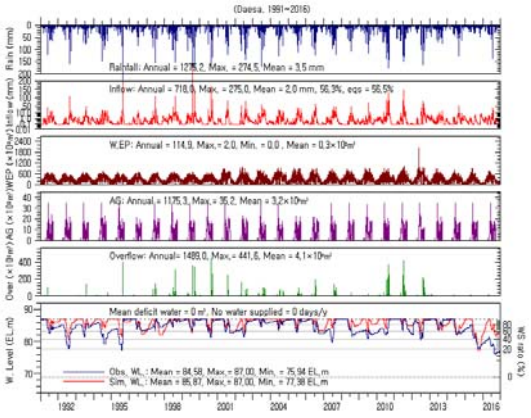
○ 양수저류 시나리오별 저수량 변화 및 용수공급 효과 분석, 저수지 운영의 의사결정지원

(다) 현장 적응 기술의 적용 효과

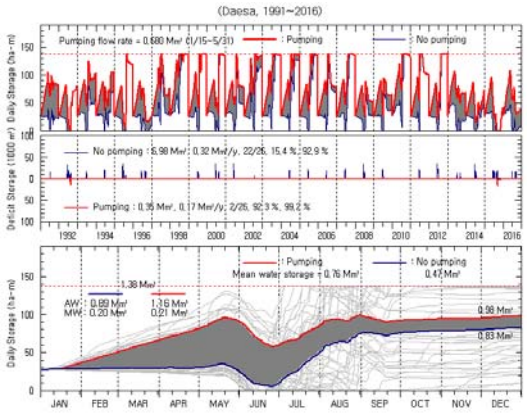
○ 유역면적 2.9㎢, 유효저수량 137만㎥, 수혜면적 163ha인 홍성군 대사저수지에 유역면적 72.2㎢인 하류하천의 와룡천으로부터 0.057㎥/s씩 양수하여 저수지 운영 효과 분석

○ 일 저수량 자료가 있는 1991년부터 적용한 결과 1월 15일부터 5월 31일까지 양수저류 효과는 이수안전도 15.4%에서 92.3%로 개선되었고, 저수지 유입량 증가는 연평균 32.3%, 하천 유량 감소는 1.55%에 불과하였음

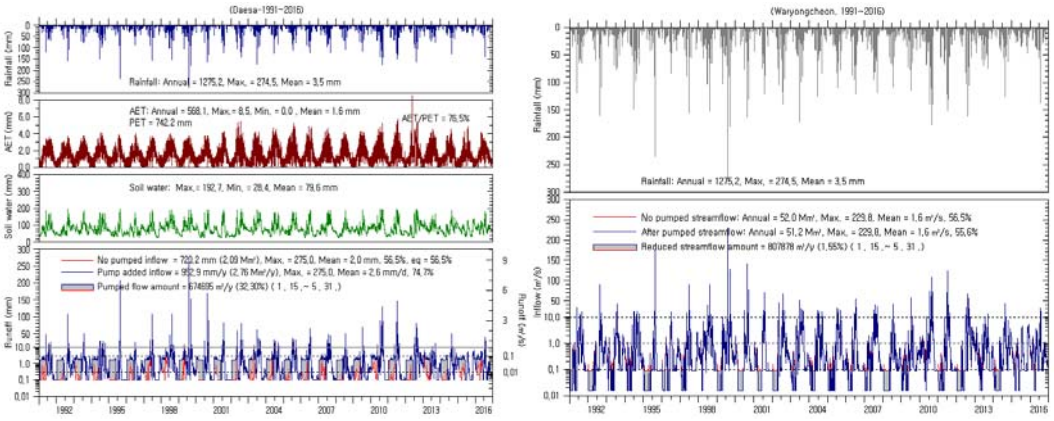
○ 위의 결과를 추가로 2개 저수지에 적용하여 기술 이전 추진 중



<대사 저수지 저수량 모의 검증>



<양수저류 전후 저수지 운영 비교>



<양수저류에 의한 유입량 증가 모의> <양수에 의한 하류하천 유량감소 모의>

바. 4-6 세세부: 용수수급 요소를 고려한 비구조적 하천수량 확보 기술

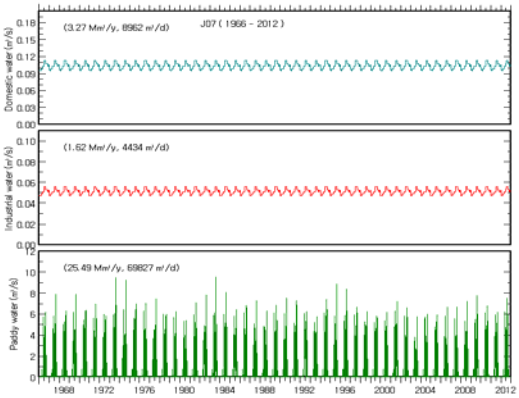
○

○ 용수수요 관리, 저수지 운영 등에 의한 하천유량관리 기술을 통해 비구조적 방법에 의한 하천수량 확보 기술 개발을 목표로 하며, 비구조적 하천수량 확보 기술은 용수수요량, 저수지 유입량, 저수지 운영, 하천수량 평가 등으로 구성하여 저수지 운영 시나리오에 따른 평갈수기 하천수량의 탄력성을 평가하는 것으로 구성함.

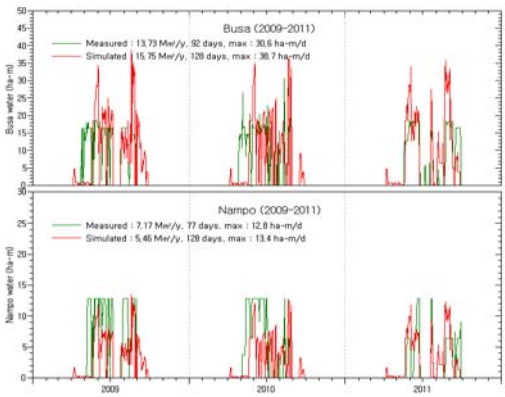
(1) 확보 기술 개발

(가) 용수수요량

- 농업용수는 논 용수이며, 여기서 잠재증발산량은 수정 Penman 법에 의하며, 현재 우리나라에서 논의 증발산량을 추정하는 표준 방법임. 침투량은 5 mm/일, 시설관리 손실율 15%, 재배관리 손실율을 20% 반영하고, 담수심은 60-80 mm를 유지하는 것으로 하며, 묘대기, 써레질, 이앙용수, 중간낙수 등 고려하였음
- 생활용수는 1인 1일 급수량에 인구수를 곱하여 추정하며, 소유역별 인구수를 추정하여 산정하고, 인구 추정은 소유역에 편입된 구, 면, 동 단위의 행정구역의 면적비율로 하였음
- 공업용수는 제조업체의 종업원수 원단위에 의해 추정하며, 제조업체 종업원수의 통계자료는 시군 단위 자료 사용하였음



<일 용수 수요량 추정 예>



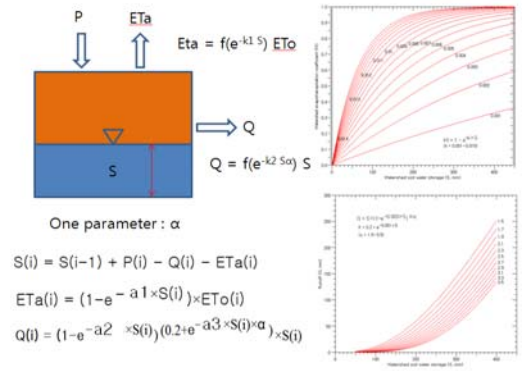
<논 용수 수요량 비교 예>

(나) 저수지 유입량

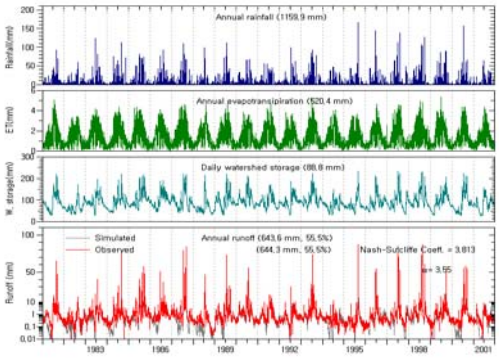
- 유량 자료가 없는 저수지 유입량 모의를 위해, 매개변수 하나인 ONE 모형(One parametric New Exponential hydrologic Model)을 개발하여 적용성

을 극대화시켰음

- 유입량 자료가 양호한 대청댐 유입량 모의에 1981~2001년에 적용한 결과 연평균 유출률은 55.5%에 이르렀으며, 일 모의 결과와 순별 등가선 비교 결과 매우 만족할만한 수준이었음



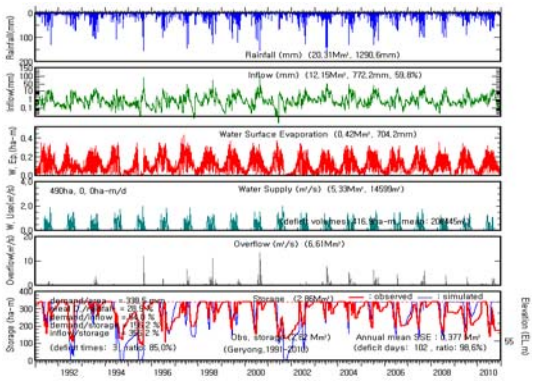
<ONE 모형 개념도>



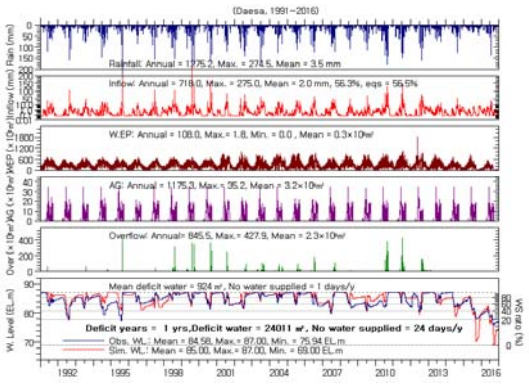
<대청댐 유입량 비교 예>

(다) 저수지 운영

- 저수지 저수량은 유입량에 의해 증가하고, 저수면 증발량과 용수공급량에 의해 감소하며, 저수위가 만수위를 초과하면 월류량 발생하고, 용수공급량은 관개수량과 하천유지유량으로 구성되며, 관개용수의 공급능력은 10년 한발에도 공급할 수 있는 기준임



<계룡저수지 모의 예>



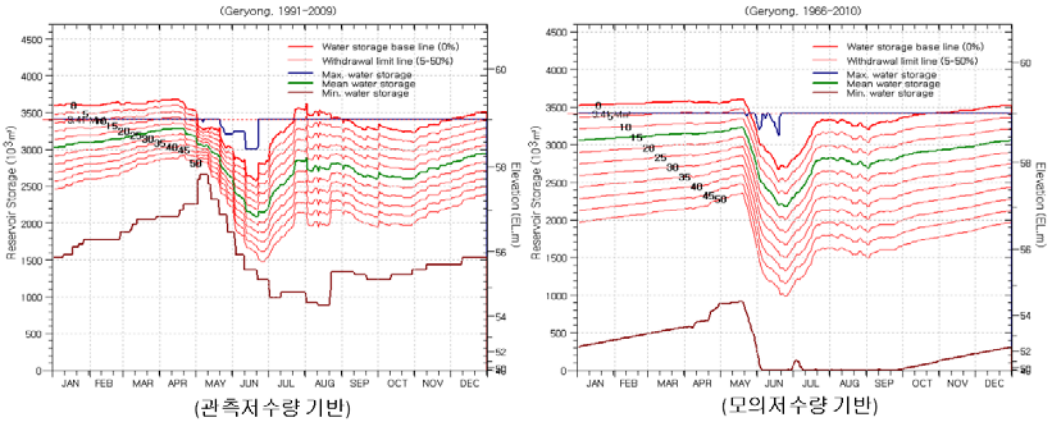
<대사 저수지 모의 예>

(라) 저수지 운영률

- 이수관리곡선은 Senga(1989)가 제시한 방법이 있으나, 이는 필요 수량을 역으로 누가한 방법으로 확보 저수량을 구하는 데는 적합하나 연말과 연초의 저수량이 불일치하는 결과가 초래되어 이수운영에 적용하는데 한계점을 드러나

이를 개선한 관측, 모의 저수량 자료 기반의 실용적 방법을 제시하였음

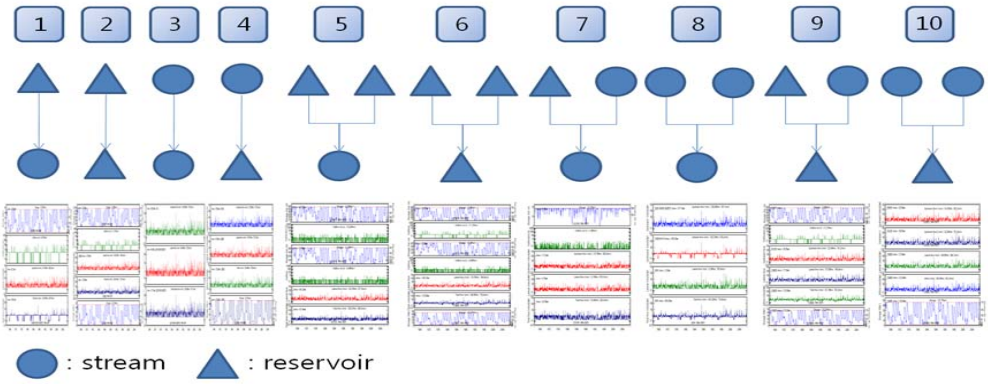
- 관측 및 모의 저수량 자료를 이용하여 구한 일별 평균값을 기본으로 하며, 연말 저수량을 기반으로 탄력적으로 조정하며 작성하였음



<이수관리곡선 작성 예 (계룡저수지)>

(마) 하천수량 평가

- 하천 주요지점의 상류 유역에 위치한 저수지를 고려하여 구성한 하천망은 10가지 조합으로 분류하였고, 다양한 조건의 하천유량 평가 가능



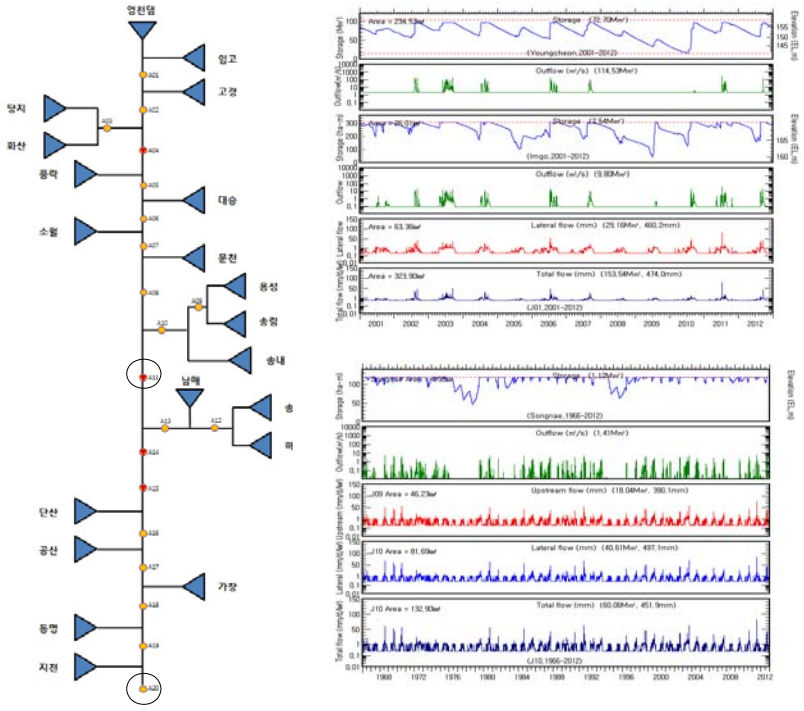
<상류 저수지 고려 하천망 구성>

(2) 확보 기술 적용

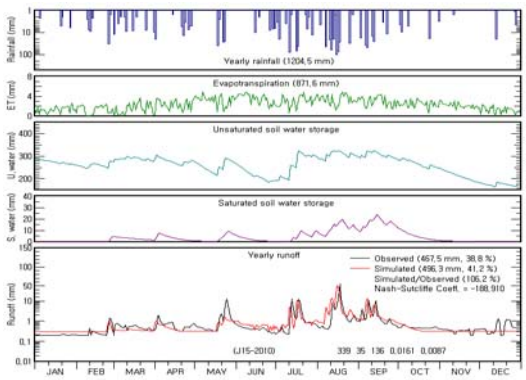
(가) 금호강 수계 저수지 운영 고려한 하천수 모의

- 금호강 유역내 저수량 100만톤 이상 저수지 고려한 하천망 구성
- 분석기간은 1966년부터 2012년까지로 하였으며 모의된 하천유량을 검정하고 저수지 용수공급 시나리오에 따른 하천수량 변화를 평가
- 20개 저수지 유역과 20개 지류하천 소유역 등 총 40개 소유역의 유량을 모의

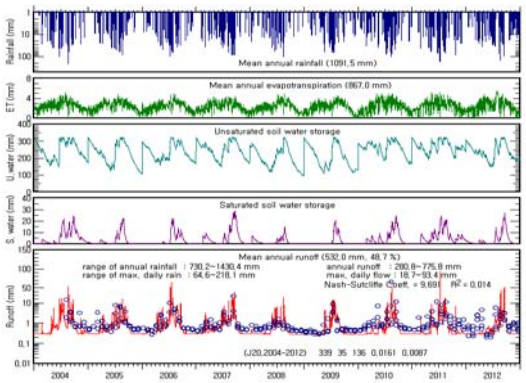
하고, 본류 하천을 따라 상류부터 하류로 연계하여 하천유량을 모의하였으며, 수위관측소 동촌, 동호, 성서 지점에서 일 관측유량과 오염총량관리 지점 금호 A, B, C 지점에서의 8일 간격의 관측유량과 비교하였으며, 모든 지점에서 만족할 수준의 결과를 나타냄



<금호강 수계 저수지 고려한 하천망 구성>



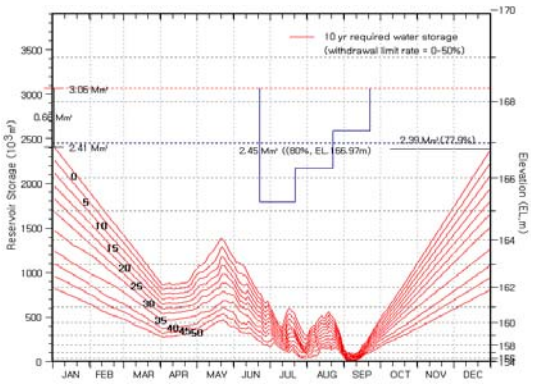
<동촌 지점 유량 비교>



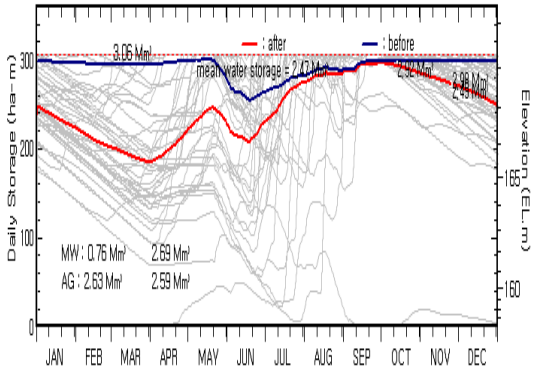
<금호 C 지점 유량 비교>

(나) 저수지 운영률 적용 효과 분석

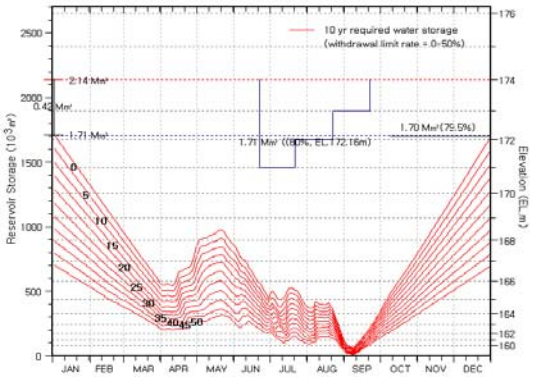
- 금호강 유역내 100만㎥ 이상의 농업용 저수지 17개소 중 농업용수 공급능력이 충분한 저수지는 10개소(임고, 당지, 소월, 송림, 용성, 송내, 송백, 하도, 단산, 동명저수지)로 분석되었음



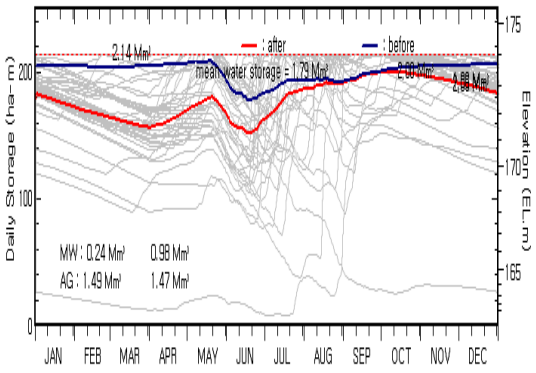
(a) 임고 저수지 운영률



(b) 운영률 적용 전후 비교



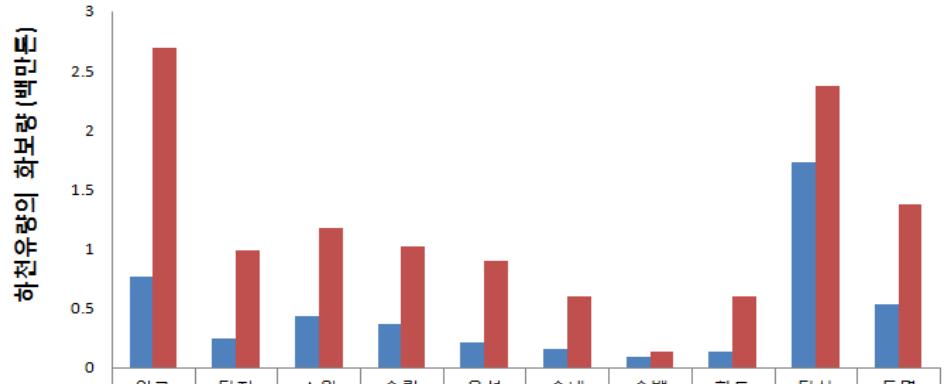
(c) 당지 저수지 운영률



(d) 운영률 적용 전후 비교

<저수지 운영률 및 적용 전후 저수량 비교 예>

- 이를 대상으로 운영률을 적용하여 하천수량 확보량을 평가하였으며, 확보된 하천유량의 평가 기준은 농업용 저수지 설계시 조건의 기준갈수량 중 유역내 임상 보통의 갈수량 0.1804$m^3/s/km^2$ 값을 반영한 모의 결과와 비교하였음
- 운영률 적용 결과 금호강 유역내에서 농업용 저수지로부터 확보할 수 있는 하천유량은 기존 하천유지용수량보다 7.2 백만m^3 많은 11.83 백만m^3으로 나타나 기존보다 2.5배 많은 수량을 확보할 수 있는 것으로 분석되었음

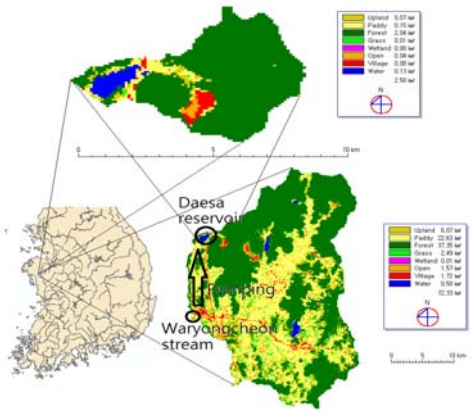


	임고	당지	소월	송림	용성	송내	송백	하도	단산	동명
운영률 적용전	0.76	0.24	0.43	0.36	0.21	0.15	0.09	0.13	1.73	0.53
운영률 적용후	2.69	0.98	1.17	1.02	0.9	0.6	0.13	0.6	2.37	1.37

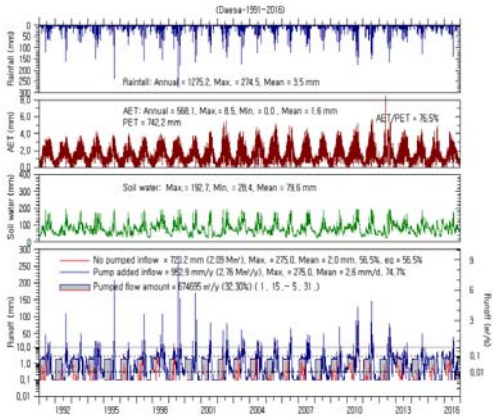
<금호강 유역내 저수지 운영률 적용 전후 하천수량 확보량 비교>

(다) 양수저류 저수지 운영 효과 분석

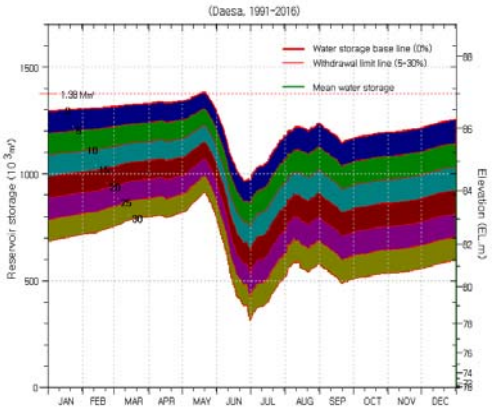
- 유역면적 2.9㎢, 유효저수량 137만㎥, 수혜면적 163ha인 홍성군 대사저수지에 유역면적 72.2㎢인 하류하천의 와룡천으로부터 0.057㎥/s씩 양수하여 저수지 운영 효과 분석
- 일 저수량 자료가 있는 1991년부터 2016년까지 적용한 결과 운영률 적용 전후 이수 안전도는 92.3%에서 100%로 개선되었음
- 1월 15일부터 5월 31일까지 0.057㎥/s씩 양수할 때 저류 효과는 이수안전도 15.4%에서 92.3%로 개선되었고(2016년 연초 저수율 20% 고정), 저수지 유입량 증가는 연평균 32.3%, 하천하천 유량 감소는 1.55%에 불과하였음



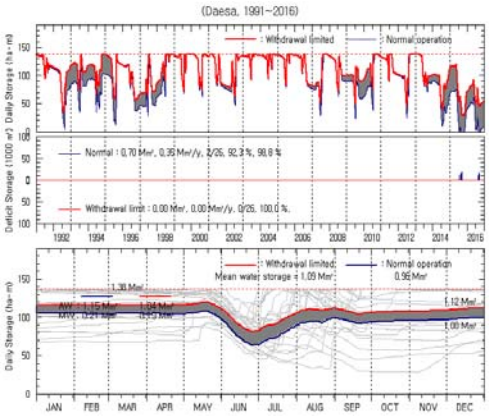
<대사 저수지 위치>



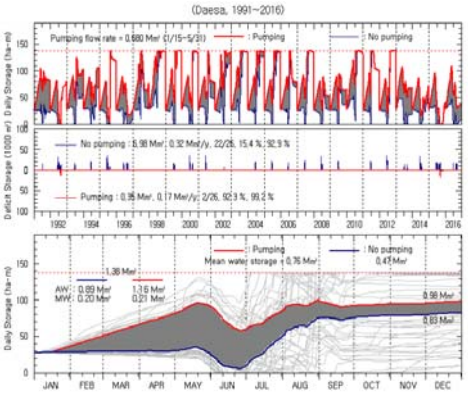
<양수저류에 의한 유입량 증가 모의>



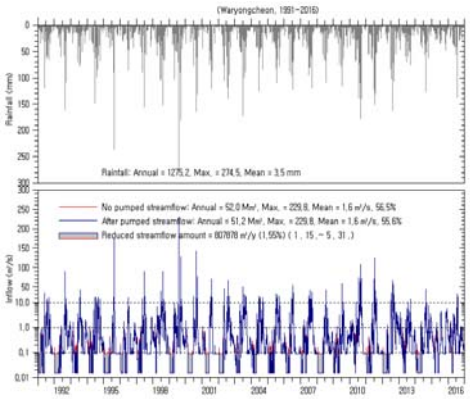
<대사 저수지 운영률>



<운영률 적용 전후 비교>



<양수저류 전후 운영 비교>



<양수에 의한 하류하천 유량감소>

사. 4-7 세세부: 탄력성 평가에 의한 하천수량 가이드라인 개발

○ 탄력적이고 효율적인 물 관리를 통해 하천의 건천화를 방지하고 지속가능한 장단기 물 수급 계획을 수립하기 위해 가이드라인 개발이 필요함.

(1) 대상유역 선정 및 수자원 확보량 DB 구축

(가) 대상유역 선정

○ 내성천 유역의 선정이유(4-1세부 성과 공유)

- 타수계 유입량 예측과 저수지 운영률 개선에 따른 탄력적 하천유량관리 기술을 확대하기 위해서, 연구단 T/B인 금호강, 충남수장기에 적용한 금강 하류부 및 향후 영주댐이 건설될 예정이 있어 저수지 운영률을 제시할 수 있는 내성천 유역을 선정하였음

(나) 수자원 확보량 DB 구축

○ 생활 · 공업 · 농업용수 수요량 DB구축

<내성천 유역 행정구역별 생·공·농업용수 수요량 산정결과>

(단위 : m³/년)

년도	행정구역	생활·공업용수 수요량	농업용수 수요량
2016	문경시	1,595,590	23,763,682
	봉화군	3,466,450	28,809,840
	안동시	466,760	2,419,253
	영주시	20,770,870	57,490,975
	예천군	7,669,475	51,073,260
2020	문경시	1,507,112	23,784,392
	봉화군	3,274,234	28,835,081
	안동시	440,877	2,375,074
	영주시	19,619,056	57,540,157
	예천군	7,244,179	51,117,916
2025	문경시	873,086	23,609,421
	봉화군	3,068,250	28,623,034
	안동시	296,500	2,315,252
	영주시	9,001,429	57,116,714
	예천군	12,856,163	50,741,306

○ 하천유지용수, 자연유출량, 광역상수도

- 하천유지용수는 물수지 분석을 통해 과거 최대 가뭄 시 고시 지점에 흐르는 유량을 검토하여 하천유지용수에 대한 수급 상황을 전망
- SWMM 모형을 사용하여 중권역별 자연유출량 산정(4-1세세부에서 제공)
- 주요조절점을 대상으로 매개변수 보정과 검정 실시
- 중권역별 자연유량 산정, 하천에 수량 입력자료로 사용
- 물 공급 네트워크 구축 시 광역상수도 공급 네트워크를 포함하여 구축하였으며, 광역상수도 각 시설별 시설용량을 반영
- 광역상수도 공급량의 반영을 위해 각 시설에서 지자체(시군 단위)에 대한 공급량을 조사한 뒤, 생활 및 공업용수 수요처로 공급하는 것으로 고려
- 각 수요처에서는 광역상수도를 통한 공급량을 먼저 이용하고 부족할 경우 해당 중권역의 이용 가능한 하천수를 취수하여 이용하는 것으로 고려

○ 우선순위

- 우선순위의 구분은 하천 외 취수 수요를 우선적으로 공급할 수 있도록 생활, 공업 및 농업용수 수요에 우선순위를 부여
- 하천유지용수 및 환경 개선용수는 이보다 낮은 우선순위를 부여함으로써 우선순위에 따라 생활, 공업 및 농업용수를 먼저 공급한 후 하천유지용수 및 환경 개선 용수를 공급할 수 있는 체계로 물수지 분석을 수행

○ 회귀수

항 목	내 용
분석모델	K-weapq
계산시간단위	5일간격(반순단위)
분석기간	1967~2100년(총 134개년)
수요패턴	생공용수 : 연중일정
	농업용수 : 이용패턴고려
회귀수량	생공용수 : 수요량의 65%
	농업용수 : 수요량의 35%



(다) 구조적/비구조적 수자원 확보량과의 연계

○ 구조적 수자원 확보량(4-1, 4-5세세부 성과 공유)

- 토지이용 변화 등으로 인한 물 순환 영향에 대한 정량적인 평가 예측 시스템 개발과 중소유역 물 순환 복원을 위한 물 확보 계획 수립

- 외부환경 변화에 따른 중소유역 물 순환 복원을 위한 계획의 우선순위 결정 지원시스템으로 미국 환경청의 연속강우유출모형인 SWMM5(Storm Water Management Model 5) 모형을 기본으로 구성함
- 기존 대형 댐들에 대한 부정적 인식을 개선하고 환경적 피해를 최소화하며 수자원 확보와 더불어 홍수저감 및 환경용수 공급까지 가능한 다목적 조정지(안)에 대한 설치 가이드라인의 개발
- 다목적 조정지(안)은 무의미하게 하류로 흘러가는 홍수기의 방류량을 활용하여 홍수저감 효과와 유역 내 수자원 확보를 제공
- 냉해피해방지로 생태환경 개선 및 농업생산량 증대 기여

○ 비구조적 수자원 확보량(4-6세세부 성과 공유)
- 저수지별로 2~3개소씩 총 26개소에서 수로유량을 측정하고 수위-유량 관계식을 유도하고, 수로유량, 하천방류량을 계산하였고, 취수탑 방류량을 계산하였음
- 수위기록을 만수위를 넘을 때도 기록하는 것으로 해야 하며, 즉 저수율이 100%가 넘어도 기록하는 것으로 개선되어야 함
- 취수문의 조작실적을 DB화해야 하며, 취수문의 개문, 폐문시각, 개도율, 저수위 등을 10분 간격으로 기록하도록 개선함
- 간선수로 수위를 10분 간격으로 기록하고, 수위-유량 관계식을 유도하고 유량을 계산하고, 주기적으로 취수문 방류량를 계산하여 비교하는 업무 개선이 필요함
- 여수로 수문 조작실적을 기록해야 하며, 수문의 개문, 폐문시각, 개도율, 저수위 등을 10분 간격으로 기록하도록 개선함

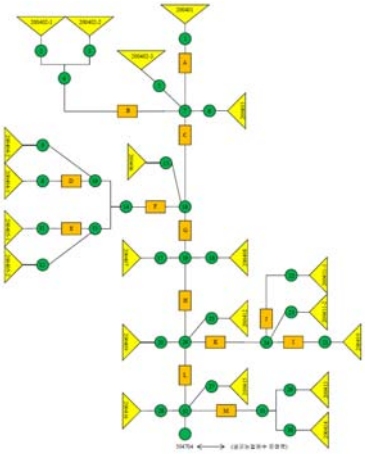
(2) 대상하천의 고밀도 하천수량 분석

(가) 하천수량 분석

○ 생공농업용수 사용량을 반영한 표준유역별 유출 특성 분석(내성천 유역)



<내성천 유역>



<모식도>

- 강우자료 : 2002년~2015년 사용
- SWMM 모형을 이용하여 내성천유역의 유출량 분석 결과는 다음과 같음

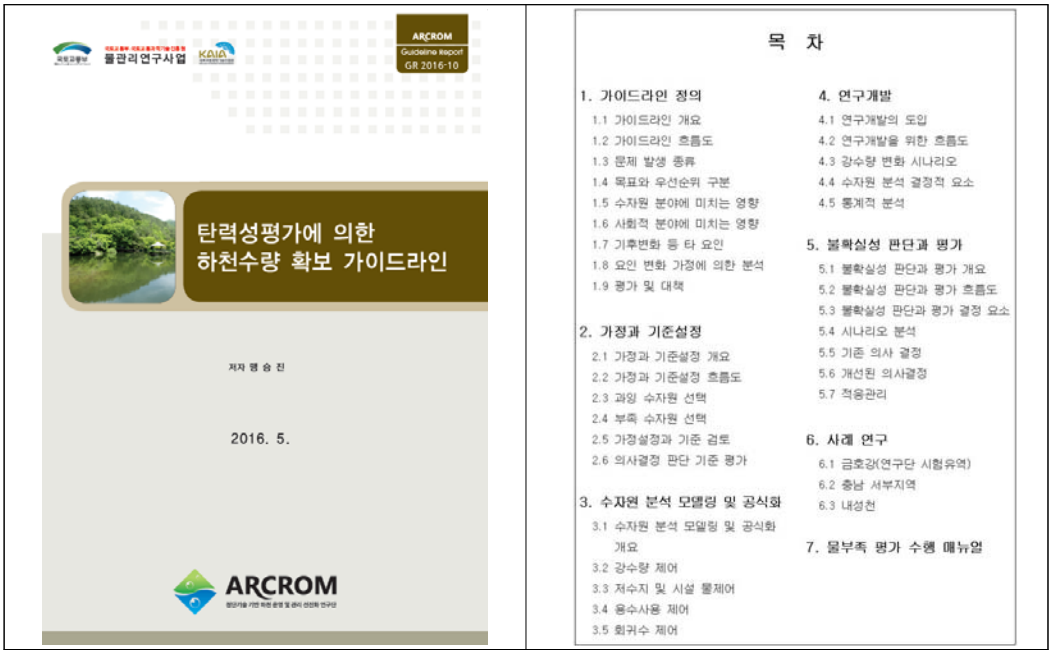
<2010~2015년의 유출량분석결과>

(단위 : ㎥/s)

표준유역	2010	2011	2012	2013	2014	2015
200401	1,142	779	773	1,361	1,065	1,164
200402	1,913	1,865	1,877	3,613	2,360	2,658
200403	1,066	967	975	1,874	1,123	1,287
200404	498	384	360	671	502	556
200405	1,207	976	905	1,729	1,372	1,422
200406	1,214	1,270	1,295	2,450	1,515	1,765
200407	628	661	691	1,225	738	892
200408	666	665	689	1,233	772	922
200409	664	691	738	1,240	792	970
200410	1,450	1,160	1,154	1,925	1,375	1,641
200411	990	954	999	1,639	1,109	1,378
200412	626	622	652	1,063	724	899
200413	711	555	532	893	678	803
200414	911	763	712	1,264	951	1,099
200415	648	671	664	1,109	758	954
200416	1,275	1,016	1,041	1,755	1,069	1,430
200417	928	947	965	1,661	1,000	1,347

(3) 탄력성 평가 가이드라인 적용 및 개선

(가) 가이드라인 개발



목 차

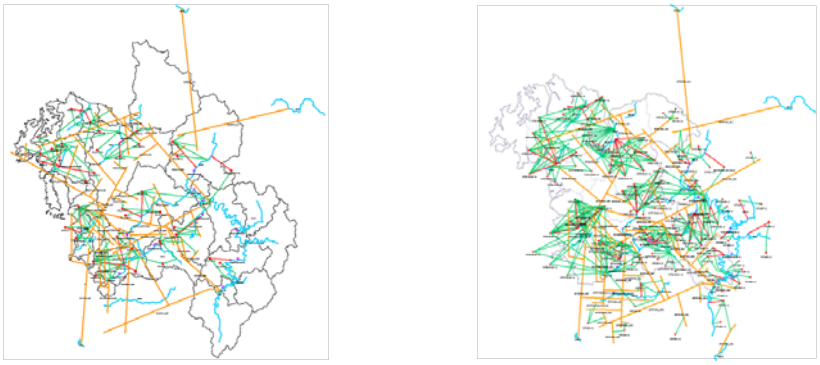
1. 가이드라인 정의
1.1 가이드라인 개요
1.2 가이드라인 흐름도
1.3 문제 발생 종류
1.4 목표와 우선순위 구분
1.5 수자원 분야에 미치는 영향
1.6 사회적 분야에 미치는 영향
1.7 기후변화 등 타 요인
1.8 요인 변화 가정에 의한 분석
1.9 평가 및 대책
2. 가정과 기준설정
2.1 가정과 기준설정 개요
2.2 가정과 기준설정 흐름도
2.3 과잉 수자원 선택
2.4 부족 수자원 선택
2.5 가정설정과 기준 검토
2.6 의사결정 판단 기준 평가
3. 수자원 분석 모델링 및 공식화
3.1 수자원 분석 모델링 및 공식화 개요
3.2 강수량 제어
3.3 저수지 및 시설 물제어
3.4 용수사용 제어
3.5 회귀수 제어
4. 연구개발
4.1 연구개발의 도입
4.2 연구개발을 위한 흐름도
4.3 강수량 변화 시나리오
4.4 수자원 분석 결정적 요소
4.5 통계적 분석
5. 불확실성 판단과 평가
5.1 불확실성 판단과 평가 개요
5.2 불확실성 판단과 평가 흐름도
5.3 불확실성 판단과 평가 결정 요소
5.4 시나리오 분석
5.5 기존 의사 결정
5.6 개선된 의사결정
5.7 적응관리
6. 사례 연구
6.1 금호강(연구단 시험유역)
6.2 충남 서부지역
6.3 내성천
7. 물부족 평가 수행 매뉴얼

(나) 충남, 금호강, 내성천 사례연구 결과

<수자원장기종합계획 및 금회 단위유역 네트워크 구성방법 비교>

구 분		기존 분석(수자원장기종합계획)	금번 분석 및 제안
네트워크 모 식 도			
단위유역		• 중권역	• 유역별 행정구역
네트워크 구성		• 중권역별 생활, 공업, 농업용수에 대한 수요처와 공급량을 설정	• 중권역내 행정구역별로 생활, 공업, 농업용수의 수요처와 공급량을 설정
방법별 특성	자연유출량	• 중권역 내 유역별 하구부 유출량 산정	• 중권역 내 행정구역 하구부 유출량 산정
	지방상수도	• 중권역별 합산	• 취수지점 및 공급처 분리
	지하수	• 암반지하수 고려	• 암반지하수 고려
	저류지	• 중권역내 소규모 저류지 유효저수량	• 중권역별 행정구역 소규모 저류지 유효저수량

○ 네트워크 구축 현황



(a) 기존 분석(수자원장기종합계획) (b) 금번 분석 및 제안

<네트워크 구축 현황>

○ 개선방안을 적용한 물부족 평가

- 기존 방식에 의한 결과는 물부족 발생이 예상되는 충남 서북부지역의 물부족 현상 등에 대해 분석하지 못함
- 기존 수장기 방법과 제안 분석방법(중권역별 행정구역을 구분하여 분석) 비교 결과 큰 차이 발생

<연도별 물수지 분석결과>

(단위 : 백만㎥)

구분	2015년			2020년			2025년		
	수요량	공급 가능량	부족량	수요량	공급 가능량	부족량	수요량	공급 가능량	부족량
충청남도	2264.8	2465.4	200.6▲	2230.4	2452.3	221.9▲	2182.1	2420.7	238.6▲
천안시	126.7	116.8	9.9▼	122.9	115.7	7.2▼	118.7	114.0	4.8▼
공주시	144.0	158.9	14.9▲	142.4	157.9	15.5▲	139.5	156.6	17.1▲
보령시	125.7	163.3	37.6▲	121.4	159.0	37.6▲	116.7	154.3	37.6▲
아산시	163.3	182.1	18.8▲	161.6	183.3	21.7▲	158.5	180.5	22.0▲
서산시	258.4	253.5	4.9▼	252.1	250.6	1.5▼	244.0	247.2	3.2▲
논산시	221.4	266.2	44.8▲	221.9	266.7	44.8▲	221.0	265.8	44.8▲
계룡시	4.8	3.8	1.0▼	4.8	3.9	0.9▼	4.8	3.9	0.9▼
당진시	274.9	259.9	15.0▼	272.5	259.6	12.9▼	268.6	257.9	10.7▼
금산군	46.1	52.3	6.2▲	46.5	52.7	6.2▲	45.5	51.6	6.1▲
부여군	212.8	231.7	18.9▲	211.8	230.7	18.9▲	209.3	229.4	20.1▲
서천군	143.4	171.6	28.2▲	141.0	169.2	28.2▲	138.3	166.5	28.2▲
청양군	101.7	117.1	15.4▲	101.6	117.3	15.7▲	101.1	116.9	15.8▲
홍성군	141.2	142.6	1.4▲	136.4	139.5	3.1▲	131.3	135.6	4.3▲
예산군	185.4	231.1	45.7▲	184.1	233.6	49.5▲	182.5	233.3	50.8▲
태안군	115.0	114.4	0.7▼	109.4	112.5	3.1▲	102.3	107.1	4.8▲

○ 금호강 유역

– 생공농업용수 사용량을 반영한 시군단위 유출 특성 분석(금호강 유역)

- SWMM 모형으로 유출분석을 통해 자연유출량 산정
- 강우-유출모형의 매개변수 추정 및 검증
- 물부족 평가 : K-WEAP에 의한 분석
- 2016년~2100 수요량으로 최대갈수기년(1967년)부터 2100년까지 물수지 분석 수행
- 주로 농번기 시기(5~8월)에 주로 발생하는 것으로 분석

<연도별 물수지 분석결과>

(단위 : 백만㎥)

물부족량 발생년도	농업용수 부족량				
	경산	대구	영천	칠곡	포항
2016년	3.65▼	6.21▼	9.45▼	1.42▼	0.32▼
2020년	3.73▼	6.30▼	9.62▼	1.45▼	0.34▼
2025년	3.69▼	6.25▼	9.50▼	1.43▼	0.33▼
2040년	3.89▼	6.47▼	9.97▼	1.49▼	0.39▼
2050년	4.09▼	6.70▼	10.5▼	1.54▼	0.46▼
2060년	4.30▼	6.93▼	11.04▼	1.60▼	0.52▼
2070년	4.51▼	7.16▼	11.59▼	1.66▼	0.58▼
2080년	4.72▼	7.40▼	12.15▼	1.72▼	0.65▼
2090년	4.94▼	7.65▼	12.73▼	1.78▼	0.72▼
2100년	5.18▼	7.90▼	13.32▼	1.84▼	0.78▼

– 구조적/비구조적 수자원 확보량을 반영한 물수지 분석결과

- 물수지 분석에서 부족한 것으로 나타난 행정구역의 경우, 유역내 수량확보 지점 및 가용수자원을 활용하여 물부족 해결
- 특히 물사용량이 급증하는 농번기 시기에는 농업용저수지 이수기 운영률에 의해 물부족 해결
- 당초 K-WEAPq상 금호강 유역내 영천시 물부족량은 19.63백만m^3으로 산정됨
- 농업용저수지 이수기 운영률인 비구조적 수자원 확보량을 반영한 결과 물부족량은 13.32백만m^3으로 감소함
- 유역내 수량확보 지점 및 가용수자원을 활용한 구조적 수자원 확보량을 반영한 결과, 최종적으로 물부족량이 6.20백만m^3으로 감소함

<유역내 수량확보 지점 및 가용수용량 산정>

(단위 : 백만㎥)

표 준 유 역	구 조 물	수량확보 지점	가용 수용량
201201	신규댐1	영 천	0.61
201201	신규댐2	포 항	0.37
201202	신규댐1	영 천	0.19
201203	재개발1	영 천	1.18
201204	재개발1	영 천	1.66
201204	재개발2	영 천	1.73
201205	재개발1	영 천	1.17
201205	신규댐1	영 천	0.58
201209	재개발1	경 산	1.69
201210	신규댐1	경 산	0.16
201218	재개발1	칠 곡	0.99



<기존 분석 네트워크>



<수량확보 지점을 고려한 네트워크>

○ 내성천 유역

– 중권역을 행정구역별로 분할하여 유출 특성 분석(내성천)

• SWMM 모형을 이용하여 유출분석 실시하고 기후변화 시나리오 RCP4.5와 RCP8.5의 자연유출량을 산정

• 강우-유출모형의 매개변수 추정 및 검증

• 물부족 평가 : K-WEAP에 의한 최대갈수년 분석

• 2010년~2100년 수요량으로 2100년까지 물수지 분석을 수행하고 최대갈수년 산정

• 주로 농번기 시기(5~8월)에 주로 발생하는 것으로 분석

– 행정구역으로 분할하여 산정한 물수지 분석결과

• 물수지 분석결과 최대갈수년으로 측정된 2077년도의 수요량과 부족량 조사를 통한 공급가능량 산출

• 기후변화 시나리오 RCP 4.5와 RCP 8.5 자연유출량을 통한 행정구역별 물수지

분석

- 물사용량이 급증하는 농번기 시기에는 농업용저수지 이수기 운영률에 의해 물부족 해결

<내성천 유역 자연유출량>

(단위 : 백만㎥)

표준유역	RCP4.5			RCP8.5		
	2016	2020	2025	2016	2020	2025
200401	98	76	122	182	104	115
200402	23	202	285	472	248	294
200403	122	102	136	240	130	156
200404	45	42	56	83	49	56
200405	121	92	146	230	129	144
200406	154	162	190	304	168	211
200407	84	70	98	154	92	102
200408	80	80	102	147	90	104
200409	85	78	113	146	95	105
200410	134	136	175	232	152	165
200411	116	115	159	198	130	145
200412	75	75	103	128	84	94
200413	66	60	83	109	74	77
200414	96	81	118	156	102	113
200415	84	90	105	133	89	92
200416	128	134	151	204	138	138
200417	121	126	143	194	130	131

(다) 시사점

○ 기존 분석(수자원장기종합계획)과 달리 기본 유역단위를 중권역에서 시군 행정구역 단위로 제안하였고, 농업용 저수지 및 하구둑, 지하수 또한 중권역에서 시군 행정구역으로 개선사항 제시함

○ 추정된 장래 물 수요량 자료와 자연유량 및 다목적댐 등 공급 가능한 수자원 관련 자료를 이용하여 물 수급 네트워크 구축함

○ 금회 내성천 물수지 분석결과 RCP 4.5의 경우 전 지역에 생·공·농업용수의 물부족 현상이 발생하지 않지만, RCP 8.5의 경우 영주시에만 물부족 현상이 2016년, 2020년에 발생함

○ 생공용수에 대한 지역적 물수급 불균형을 해소하기 위해 인근 지역의 여유량 재배분, 신규수원 개발, 유역외 도수 등 물공급 필요함

○ 농업용수에 대한 월별 물 부족량 해소를 위한 수원 개발 및 유역외 도수 등 공급대책과 안정적인 물 공급을 위한 비관개 수요량에 대한 공급 방안 필요함

○ 물 사용량이 급증하는 농번기 시기에는 농업용저수지 이수기 운영률로 물부족을 해결함

○ 향후 탄력적 물수급 평가를 위해서는 제시한 가이드라인에 의해 수행할 것을 권장함

<행정구역별 최대갈수년의 생공용수 물부족량 결과값>

(단위 : 백만m³)

구분		2016년			2020년			2025년		
		수요량	공급 가능량	부족량	수요량	공급 가능량	부족량	수요량	공급 가능량	부족량
합계		33.97	49.75	15.78▲	32.09	47.87	15.78▲	26.10	41.88	15.78▲
RCP 4.5	문경시	1.60	4.56	2.96▲	1.51	4.47	2.96▲	1.23	4.19	2.96▲
	봉화군	3.47	6.61	3.14▲	3.27	6.42	3.14▲	2.66	5.81	3.14▲
	안동시	0.47	5.10	4.64▲	0.44	5.08	4.64▲	0.36	5.00	4.64▲
	영주시	20.77	23.27	2.50▲	19.62	22.12	2.50▲	15.96	18.45	2.50▲
	예천군	7.67	10.21	2.54▲	7.24	9.79	2.54▲	5.89	8.43	2.54▲
합계		33.97	47.07	13.10▲	32.09	45.22	13.13▲	26.10	52.19	26.10▲
RCP 8.5	문경시	1.60	4.54	2.95▲	1.51	4.45	2.95▲	0.87	1.75	0.87▲
	봉화군	3.47	6.57	3.10▲	3.27	6.38	3.11▲	3.07	6.14	3.07▲
	안동시	0.47	5.10	4.63▲	0.44	5.07	4.63▲	0.30	0.59	0.30▲
	영주시	20.77	20.74	0.03▼	19.62	19.61	0.01▼	9.00	18.00	9.00▲
	예천군	7.67	10.12	2.45▲	7.24	9.70	2.46▲	12.86	25.71	12.86▲

<행정구역별 최대갈수년의 농업용수 물부족량 결과값>

(단위 : 백만m³)

구분		2016년			2020년			2025년		
		수요량	공급 가능량	부족량	수요량	공급 가능량	부족량	수요량	공급 가능량	부족량
합계		163.56	175.98	12.42▲	163.65	176.08	12.42▲	162.41	174.83	12.42▲
RCP 4.5	문경시	23.76	26.11	2.35▲	23.78	26.13	2.35▲	23.61	25.96	2.35▲
	봉화군	28.81	30.83	2.02▲	28.84	30.85	2.02▲	28.62	30.64	2.02▲
	안동시	2.42	6.05	3.63▲	2.38	6.00	3.63▲	2.32	5.94	3.63▲
	영주시	57.49	60.07	2.58▲	57.54	60.12	2.58▲	57.12	59.70	2.58▲
	예천군	51.07	52.92	1.85▲	51.12	52.97	1.85▲	50.74	52.59	1.85▲
합계		163.56	212.18	48.63▲	163.65	212.65	48.99▲	162.41	487.22	324.81▲
RCP 8.5	문경시	23.76	54.88	31.11▲	23.78	54.95	31.17▲	23.61	70.83	47.22▲
	봉화군	28.81	28.73	0.08▼	28.84	28.81	0.02▼	28.62	85.87	57.25▲
	안동시	2.42	5.94	3.52▲	2.38	5.90	3.52▲	2.32	6.95	4.63▲
	영주시	57.49	66.30	8.81▲	57.54	66.48	8.94▲	57.12	171.35	114.23▲
	예천군	51.07	56.35	5.28▲	51.12	56.51	5.39▲	50.74	152.22	101.48▲

아. 연구성과의 검증방안 및 한계점

세부명	최종연구성과	검증 방안	적용범위 및 한계점
(4-1)외부환경 변화에 따른 하천 수량 평가 방안 및 매개변수 추정 지원 시스템 개발	○SWMM5의 매개변수 추정 지원 시스템	○유료 교육회(2017. 4.) 참석자들의 정상 사용으로 기술개발의 완성 확인 ○SCI급 논문으로 매개변수 자동추정 프로그램의 우수성 인정받음	- 계측 유량 자료가 있는 유역에 적용
(4-2)외부환경 변화에 따른 물 순환 복원 기술 평가 시스템 개발	○물 순환 개선 시설 효과분석 시스템 개발	○다수의 SCI급 논문에 효용성 및 다른 나라에의 적용가능성을 확인 ○다양한 물 순환 개선 사업에서 효과분석에의 활용 빈도의 확인	- 다양한 물 순환 개선 계획 수립에 활용될 수 있도록 적용사례 및 홍보시간이 필요함 - 현재 국외에서도 관심 있는 전문가들이 많아지고 있으므로 다른 나라에도 활용될 수 있도록 개선이 필요할 수도 있음
(4-3)하천유량관리 고도화 기술 개발	○요소기술 연계를 통한 유지유량 부족률 개선 기술	○대상유역에 구조적 및 비구조적 요소기술 연계 적용하여 유지유량 부족률 개선효과를 확인	- 해당유역에 다양한 요소기술의 조합으로 적용가능 - 비구조적 방안(댐·저수지 운영률, 구조물의 연계 등)은 바로 적용가능하나, 구조적 방법(신규댐, 지하댐 등) 모형을 통한 시뮬레이션 등 효과분석이 선행되어야 함
	○탄력적 하천수 사용허가 기준유량 설정	○대상유역의 유황분석을 통한 관개기/비관개기 하천수 사용허가 기준유량 산정 및 적용	- 관개기에 추가적인 구조물 건설 없이 가용수량 추가확보 가능 - 기후변화로 인한 지역적 홍수와 가뭄이 빈번히 발생하므로 대상유역의 지속적인 유황분석이 필요하며, 기준유량 산정에 안전율을 고려할 필요 있음
(4-4)수리권 이용률 및 수자원 가용성 평가 연구	○하천수 사용허가 세부기준(안) 및 하천수 징수체계 도입 방안 제시	○하천수 사용허가 세부기준(안)의 적용을 통한 갈등 및 물 관리 효율성 확인 ○하천수 징수체계의 적용을 통한 하천 행정의 투명성 제고 확인	- 하천수 사용허가 세부기준(안)은 허가관리기관의 상세지침으로 활용가능하며, 법원의 판단기준으로 적용가능 - 하천수 징수체계를 두 가지 방안으로 제시하였으므로 장·단점 분석 후 적절한 선택 및 적용 필요
(4-5)유역특성을 고려한 구조적 하천수량 확보 기술개발	○지역특성을 고려한 물 이용 종합계획 수립	○지자체의 수리, 수문, 환경 등의 특성을 반영한 물이용 마스터플랜 수립 - 경상남도를 대상으로 다양한 구조물의 적지를 선정하여 구조적 측면의 물이용종합계획을 수립함(기술	- 지형정보기반 다양한 입지조건을 고려하여 구조적 수량확보 시설물의 적지와 체적을 산정하였으나, 반영한 수치지형도(DEM), 토지이용 등이 현재 조건과 다소 차이가 있을 수 있음

		보고서)	
	○비구조적 물관리 기술 성과의 실용화	○시험 농업용 저수지 관리지사에 물관리 기술 이전 실시 - 개발 기술의 현장 적응 모듈 개발 - 충남 서북부 지역을 관리하는 한국농어촌공사가 관리하는 저수지를 대상으로 양수저류 기술 이전 실시	- 비구조적 물관리 기술은 기존 저수지의 운영실적과 다양한 시나리오 기반으로 저수지 운영을 극대화하는 기술임 - 따라서, 저수지 운영실적이 존재하지 않는 저수지에 적용하기에는 역부족임
(4-6)용수수급 요소를 고려한 비구조적 하천수량 확보 기술	○저수지 물관리 운영 기술에 의한 비구조적 하천수량 확보	○시험유역 내 100만톤 이상 농업용 저수지 운영기준 곡선 제시 ○저수지 운영기준 곡선에 의한 하천유량 증가 확인	- 대규모 농업용 저수지 이외에는 저수지 운영기록이 존재하지 않아 운영기준 곡선 제시가 어려움
(4-7)탄력성 평가에 의한 하천수량 가이드라인 개발	○신뢰성이 향상된 탄력성 평가에 따른 하천 수량 확보 가이드라인 개발	○대상유역 적용을 위한 입력자료 90%이상 구성 ○가이드라인 대상유역 적용 ○유역의 수자원 부족량 확보 관리 가이드라인 제시	- 신뢰성을 얻기 위해 현재 적용된 대상유역 외에 다른 유역에 추가적인 작업이 필요함 - 하천수량 확보를 위해 구조적/비구조적 방법의 타 세부와의 연계성이 어려움

6차년도 5세부과제(총괄과제)

정성·정량적 성과관리에 대한 연구

서 울 대 학 교

5. 5세부과제(총괄과제): 정성·정량적 성과관리에 관한 연구

가. 총괄과제 설치 및 운영

(1) 총괄과제 사무국 목표

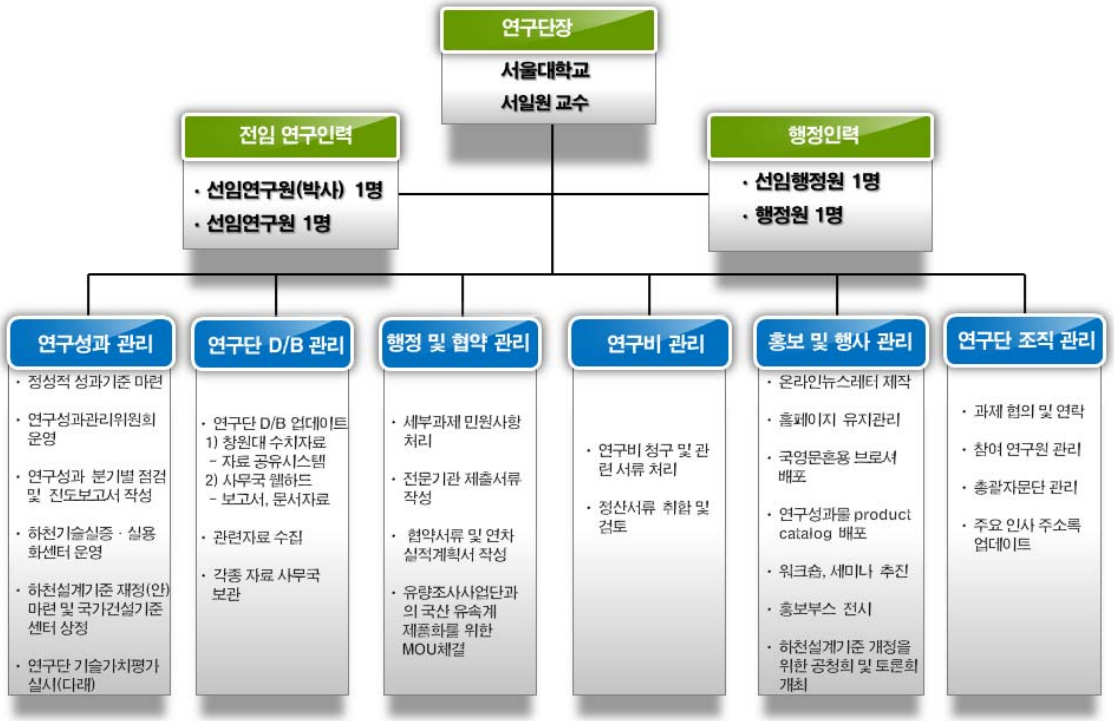
(가) 연구단 사무국 설치

○ 서울대학교 방재안전관리연구센터(35동 217, 219호)에 연구단 사무국 설치

○ 연구단 전용 공간을 마련하고 전임 인력을 확보하여 연구단 업무 수행

○ 연구 종료 후 방재안전관리연구센터에 성과물을 이전하고, 연구단 행정인력을 방재안전관리연구센터 인력으로 전환하여 자료의 유지, 보완, 관리를 수행

○ 하천기술실증·실용화센터 운영을 통한 하천설계기준 개정(안) 국가건설기준센터 상정, 국산유속계 검증과 제품화를 위한 유량조사사업단과의 MOU 추진 및 위탁과제 운영, 연구단 기술가치평가를 위한 위탁과제 운영



<연구단 총괄과제 운영 조직도>

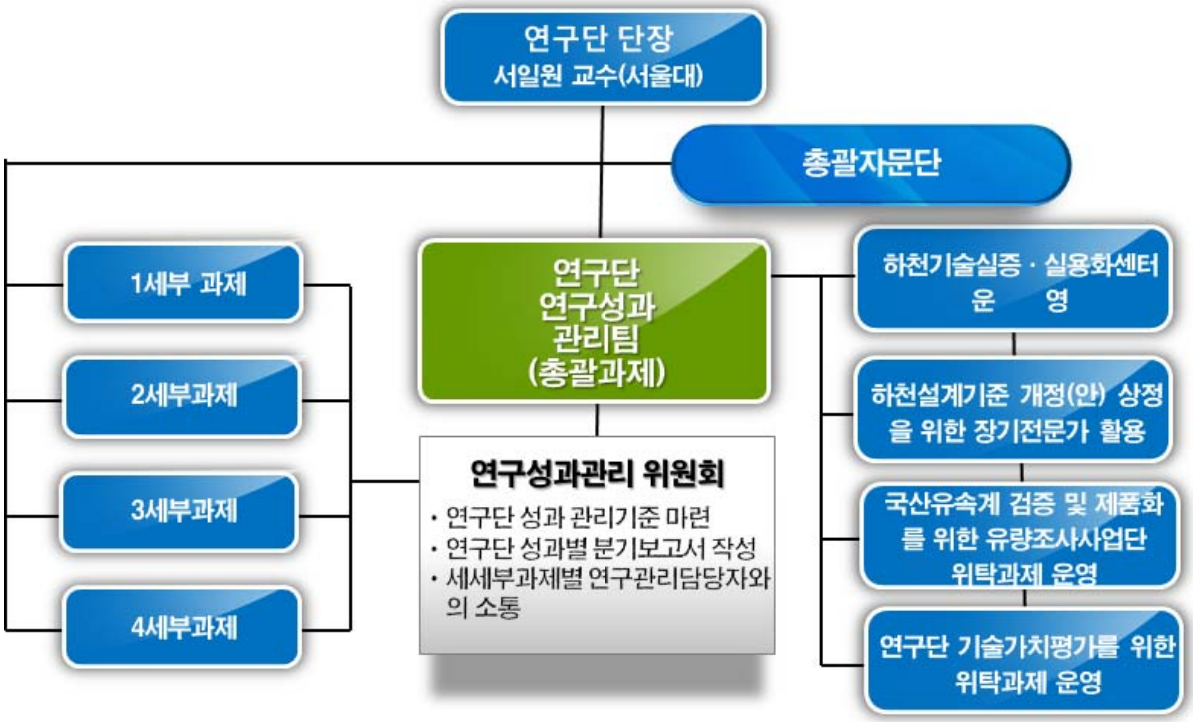
(나) 연구단 연구성과 관리팀 운영

○ 연구성과 관리팀장이 연구성과 관리회의를 주최하여 각 세세부과제별 과업 추진 점검 및 연계성 검토를 통한 피드백을 수행함.

○ 연구단 연구성과 관리팀에서는 연구성과관리 위원회를 운영하여 연구단 성과 관리 기준 마련, 연구단 성과별 분기보고서 작성, 세세부과제별 연구관리담당자와의 소통을 수행함.

○ 각 세세부과제 참여기관에 연구성과 관리 담당자를 선임하여 지속적으로 연구성과 및 연구자료를 공유 및 교육을 수행함.

○ 하천기술실증·실용화센터 운영, 하천설계기준 개정(안) 상정, 국산유속계 검증 및 제품화를 위한 위탁과제 운영, 연구단 기술가치평가를 위한 위탁과제 운영을 통한 실용화 및 제품화 추진



<연구성과 관리위원회 운영 조직도>

(다) 연구자료 통합 관리 시스템 구축

○ 과제 수행 중 수집, 생산된 자료들에 대한 통합 분류체계 구성

○ 분류된 자료간 연계성을 분석하고 세부과제 참여자 의견 수렴을 통한 자료 간 네트워킹 작업 수행

○ 각 참여기관에서 개발한 기술과 자료를 축적, 정리, 공유, 전파하도록 함.

(라) 연구단 조직 및 인력관리

○ 국토교통부, 총괄자문단, 연구단장, 사무국, 1~4세부 기관으로 구성됨.
○ 각 세부 기관은 주관(서울대), 협동(충남대, 연세대, K-water), 공동, 위탁기관으로 구성됨.
○ 각 세부 기관은 주관연구책임자, 협동연구책임자, 공동연구책임자, 위탁연구책임자 및 연구원으로 구성됨.
○ 인력관리 및 승인은 사무국을 경유하여 단장의 승인 하에 이루어짐.
○ 하천기술실증·실용화센터 운영 중
○ 국가기준서 개정(안) 상정을 위한 장기전문가 활용 중

(마) 연구단 행사

○ 국제 심포지엄, iRIC 워크숍, 국제 세미나 개최
○ 학술발표회 부스 운영
○ 국산유속계 시연회 및 소프트웨어 출시회 개최

(바) 연구단의 홍보

○ 연구단 국영문 홈페이지 운영 및 관리
○ 유관기관(국토교통부 하천계획과, 하천운영과, 국가건설기준센터)와의 협의
○ 세부과제별 홍보동영상 제작
○ 핵심성과별 연구성과 동영상 제작
○ 온라인 뉴스레터, 홍보책자 주기적 발행
○ 연구단 국영문 혼용 브로셔 배포
○ 연구성과물에 대한 product catalog 배포
○ 기술보고서 발간
○ 국가건설기준센터에 하천 설계기준 개정(안) 상정을 통한 연구성과 활용방안 마련

(2) 총괄과제 사무국 설치 및 운영

(가) 총괄과제 사무국 운영

○ 서울대학교 건설환경공학부 35동 217호에 연구단 사무국 설치 및 운영 중
○ 행정지원기관인 서울대학교 산학협력단과 공학연구원의 연구 인프라 및 인적 자원 활용
○ 연구단 전용 공간(총괄과제 사무국), 전임 연구인력 및 행정인력을 확보하여 연구단 업무 수행
○ 연구성과 관리팀과 연구비 관리팀을 별도 운영하여 과제(조직)관리 및 예산 집행의 적정성 도모하고 있으며, 연구단 실용화 대책 마련을 위한 하천기술실증·실용화센터를 구성하여 운영
○ 하천기술실증·실용화 운영을 통해 실증 및 실용화 대책 마련
○ 하천설계기준 개정(안)의 국가건설기준센터 상정을 위한 공청회 1회, 토론회 2회 및 수공전문가의 설문조사 1회 개최 및 실무 의견반영
○ 하천설계기준 개정(안)의 국가건설기준센터 상정
○ 국산 유속계 검·보정을 위한 유량조사사업단과의 위탁과제 추진
○ 연구단 기술가치평가를 위한 법무법인 다래와의 위탁과제 추진
○ 연구참여 기관간의 긴밀한 자료 공유와 산재된 문서를 체계적으로 목록화하여 누구나 쉽게 원하는 파일을 얻기 위한 목적으로 창원대학교 측량성과 구축 및 연구단 웹하드 운영·관리함. 5차년도 세세부 과제별 수집 및 관측 데이터(지형자료, 수리수문자료)를 창원대학교 D/B로 업로드를 완료하여 연구단 내부 연구기관에 자료를 제공함.
○ 매주 목요일 오전 11시 연구단 총괄과제 사무국 정기회의 개최로 인력 및 예산관리, 연구성과 활용 증진
○ 연구단 운영 지침을 마련하고 업무분장을 구체화함으로써 연구단 운영의 효율성을 높이며, 하천기술실용화·실증센터의 운영도 관리팀을 별도로 결성하여 지속적인 연구 성과에 대한 실용화 및 법제화를 추진하였음.
○ 세부과제 단위로 연구개발 계획을 수립하여 성과관리를 주기적으로 실시하고 분기별로 핵심적인 성과지표의 실적을 취합하여 목표대비 실적에 대한 분기별 성과진도 보고서 작성을 하고 있음. 실적이 미비한 지표를 파악하여 원인을 분석하고 참여연구팀을 독려하여 계획 대비 실적이 이루어지도록 하고 있음. 아울러 객관적인 정성적 성과에 대한 평가지표인 수행율, 진도율, 달성율에 대한 기준을 마련하였음.
○ 총괄과제 사무국은 연구단과 세부연구기관 간 업무 네트워크를 구성하고 연구단 DB 관련 인프라 구축 및 공유체계를 갖추어 각 세부과제 수행기관의 업무성과 담당자간 인적 네트워크를 통하여 보다 효과적인 성과관리 수행 중.
○ 연구단 홈페이지에 유지관리하고 있으며, 연구단 온라인 뉴스레터의 분기별 발간, 국제 심포지엄 개최 및 국제 세미나 개최를 통하여 연구 성과 홍보 및 국제적 협력 교류를 통한 사업화 전략을 수행하고 있음.



<연구단 총괄과제 사무국 운영>

(나) 총괄과제 사무국 구성원 및 업무 분장

○ 총괄과제 사무국에서 전임직으로 근무하는 선임연구원 박사급 2명 및 연구원 2명으로 총 4명임.

<총괄과제 사무국 연구원>

성명	직급	연락처	
		전화번호	이메일
박기두	선임연구원	02-880-8270	hydrol88@snu.ac.kr
박인환	연수연구원	02-885-7345	pih02@snu.ac.kr
강민진	연구원	02-880-8270	mj96123@snu.ac.kr
이기림	연구원	02-885-7345	girim@snu.ac.kr

○ 업무추진의 효율성을 높이고 책임소재를 분명하게 하기 위하여 사무국 직원은 아래 표와 같이 고유의 업무가 분장되어 있음.

업무 내용			담당자			
			박기두	박인환	강민진	이기림
1	연구단 행정 및 조직관리	1) 연구 협약 및 연차평가 업무				
		· 과제 협의 및 조정	○			
		· 연차실적계획서 및 평가자료 작성	◎	○	○	○
		· 협약 서류 작성, 취합, 제출			◎	○
		2) 연구단 행정				
		· 공문 작성 및 발송			○	
		· 연구책임자 및 연구원 관리			○	
		· CT PASS 과제정보 입력 및 관리			○	
		3) 연구비 행정 업무				
		· 연구단 연구비 행정 및 관리			○	
		· 과제 연구비 청구서류 작성 및 제출			○	
2	연구성과 및 자료관리	1) 연구성과 관리				
		· 정성/정량 성과 기준표 작성			○	
		· 연구성과 분기보고서 작성			○	
		· CT PASS 정량 성과 입력			○	
		· 연구 성과물 증빙자료 취합 및 관리			○	
		2) 연구성과 실용화				
		· 연구단 기술가치 평가 과제 관리			○	
		· 연구단 하천설계기준 개정(안) 관리	○			
		· 연구단 유속계 상용화 과제 관리	○			
3	홍보 및 행사	1) 홈페이지 및 연구단 DB 관리				
		· 연구단 홈페이지 관리				○
		· 연구단 DB 및 웹하드 관리				○
		2) 뉴스레터 발간				
		· 뉴스레터 기획, 편집, 발간				○
		3) 행사 및 회의				
		· 워크숍, 세미나, 전시회, 세부과제 회의	○		○	◎
		· 브로셔, 안내장, 발표자료 제작	○		○	◎
4	사무 및 기타업무	· 연구단 관련 주요인사 주소록 관리				○
		· 사무국, 회의실 환경 관리				○
5	2세부 과제	· 2세부 실무책임		○		
		· 2-4과제 실무책임		○		
6	연구실 관리	· 연구실 연구성과 관리				○
		· 국제교류업무			○	
		· 단장 보조업무				○

(3) 총괄과제 업무 추진 계획 및 방법

○ ARCROM 연구단은 과제(성과)관리, 인력(조직)관리, 예산관리, 연구성과의 홍보,

실용화 및 사업화의 측면에서 다음 표와 같이 연차별 사무국 운영 계획을 수립하고 세부 추진 방법을 구체화하여 6차년도까지 지속적으로 추진할 계획임.

<연차별 사무국 운영 계획 및 세부 추진 방법>

연차	업무항목	세부추진 계획 및 방법
1차년도	- 연구단 사무국 설치 - 연구단 운영지침 마련 - 연구성과관리팀 설치 - 연구성과관리위원회 결성 - 연구단 홈페이지 개설 및 온라인 뉴스레터 발행	방재안전관리연구센터에 연구단 사무국 설치 연구단 전임 행정인력 채용, 업무분담
		연구단 운영관련 사전조사 및 운영지침 세부조항 수립 연구단과 세부연구기관간 업무 네트워킹을 구성
		연구성과관리팀 운영을 위한 업무 추진계획 수립 연구단 D/B 관련 인프라 구축, D/B 분류체계 협의
		각 세부과제 수행기관 업무성과 담당자간 인적 네트워크 구성 연구성과관리회의를 정례화하여 정기 회의 개최
2차년도	- 연구성과관리위원회 운영 - 연구자료 통합관리시스템 완성 - 정기 심포지엄 및 국제 세미나 관련 업무 - 연구성과 홍보 업무 체계화	연구성과관리위원회의 지속적 운영과 연구성과 기준 확립
		국토진흥원이 운영하는 CTPASS에서 연구자료 통합관리시스템의 설치 및 운영, 연구성과 입력 및 관리
		연구단 성과 관련 심포지엄을 정례화하고 운영 추진 국제 세미나 개최 독려 및 지원
		연구단 D/B 활용, 연구단 성과 홍보 웹서비스 추진 및 온라인 뉴스레터 발간 연구단 사업 홍보 책자 발간, 기술보고서 발간
3차년도	- 연구성과관리위원회 운영 - 연구성과 실용화 TFT 관리 및 운영 - 기술 및 경제가치 평가 과제 관리 - 연구자료 통합관리시스템 운영 정착 - 관련 공공·민간 기관에의 연구성과 활용 홍보	연구성과관뢰위원회를 통한 통합관리시스템 활용성 피드백
		연구성과 실용화 5개팀 TFT 구성 및 실용화 가이드라인 보고서 발간
		연구성과 기술 및 경제가치 평가 과제 위탁 관리 수행
		연구자료 통합관리시스템의 활용 활성화를 위한 방안 마렬
		공공 및 민간기관 대상 세미나 및 워크숍 개최 관련기관 특성에 맞는 홍보 동영상 및 홍보 책자 제작, 기술보고서 발간
4차년도	- 연구성과관리위원회 운영 - 하천기술실증·실용화센터 운영 - 연구자료 통합관리시스템 활용 활성화 - 연구자료 통합관리시스템과 관련기관 D/B와의 연계성 강화 - 연구성과의 유관기관과의 협의	연구성과관리위원회 운영 및 연구성과관리회의 개최
		연구성과 실용화 추진 및 국가기준서 개정(안) 국가기준센터 상정
		연구단 세부기관별 연구자료 통합관리시스템의 사용 사례 수집
		관련기관의 보유 D/B에 관한 조사 및 본 연구과제 성과물과의 연관성 을 분석하고 이에 따른 자료간 네트워킹 수행
		연구단 홍보영상 및 홍보 브로셔 제작, 기술보고서 및 성과물 카다로그 발간
5차년도	- 연구성과관리위원회 운영성과 보고 - 하천기술실증·실용화센터를 활용한 사업화 및 법제화 추진 - 통합관리시스템 사용실태 조사 - 연구자료 통합관리시스템의 지속적 유지관리를 위한 국토교통부 한강홍수통제소 이관 작	연구성과관리위원회 운영 성과 정리 및 보고서 작성, 기술보고서 발간 연구단 최종 성과의 세부과제 산출물 유기성 도출
		연구성과 실용화를 위한 유관기관(국토교통부 하천계획과)과의 협의 추진 및 국가기준서 개정(안) 국가건설기준센터 상정, 국산유속계 검보정 위탁과제 수행, 연구단 기술가치평가 위탁과제 수행
		유관기관의 연구단 통합관리시스템 활용 사례 수집 연구자료 통합관리시스템의 성과 자료 연계 및 활용 방안 차별화
		연구단 D/B의 서버를 활용한 통합관리시스템의 이관 작업 실시함.

	업	
6차년도	- 연구성과관리위원회 운영성과 보고 - 하천기술실증·실용화센터를 활용한 제품화 및 법제화 완료 - 연구자료 통합관리시스템의 지속적 유지관리를 위한 홍수통제소 이관 작업 완료 및 가동	연구성과관리위원회 운영 성과 정리 및 보고서 작성, 기술보고서 발간 연구단 최종 성과의 세부과제 산출물 유기성 도출
		하천설계기준 개정안 추가 상정 및 국토교통부 하천계획과 수요조사 실시
		국산 유속계 제품 등록 및 판매, 소프트웨어의 앱의 구글스토어 등록
		유관기관 통합관리시스템으로의 이관 적용 및 가동

나. 과제 및 조직관리를 위한 5차년도 주요 업무수행 내용

(1) 연구 성과 관리

(가) 정량적 성과 규정

○ 개요

- 국토교통과학기술진흥원의 성과조사는 R&D사업으로 산출된 성과를 조사 · 분석함으로써 건설교통분야 R&D정책 수립에 필요한 정보 도출을 목적으로 이루어지며, 매년 정부출연금이 지원된 R&D과제 투입현황과 매년 R&D사업의 결과로 발생한 주요 성과물을 조사 대상으로 하고 있다. 연구성과는 연구개발을 통하여 창출되는 특허 · 논문 등 과학기술적 성과와 그밖에 유 · 무형의 경제 · 사회 · 문화적 성과를 통칭함.
- 국토진흥원에서 제시하고 있는 정량적 성과지표는 기존의 31개에서 총 28개 조정된 표는 다음과 같음.

<국토교통과학기술진흥원에서 제시하고 있는 정량적 성과지표 28개>

구분		성과지표명
경제적 성과		사업화/제품화
		현장적용에 의한 비용절감
		기술실시계약
공공적 성과		법 제정 및 개선
		설계기준, 시방서, 지침에 반영
		설계기준, 시방서, 지침에 제안
		정책제안
		정책채택
기술적 성과	지식재산권	특허
		실용신안
		소프트웨어(S/W)

		디자인
		기타 성과(상표, 서비스 등)
	기술인증	신기술 지정
		표준 채택
	시제품 제작	시제품 제작
학술적 성과		국내외 학술지 게재
		국내외 학술회의 발표
		저술
기타성과		현장시험
		국내외 장·단기 연수지원 성과
		인력양성
		포상
		산학연간 기술지원
		연구개발 관련 홍보
		국제공동연구
		국제협약(MOU) 체결
		국제회의, 학회, 워크숍, 심포지엄 등 신설(개최)

○ 성과 규정 마련 필요성

- ARCROM 연구단은 2012년 6월 16일 2차년도가 시작되면서 주관기관 1개, 협동기관 3개, 공동기관 21개, 위탁기관 5개를 포함하여 총 30개의 단위 기관이 참여하는 과제수행체계를 구성하였으며, 1차년도에 비하여 단위 과제 및 연구 기간이 늘어난 만큼 보다 효과적이고 체계적인 성과 관리가 필요성 대두
- 연구단에서는 연구개발을 통하여 달성하고자 하는 성과목표를 재정비하고, 보다 이용가능하고 가치를 인정 받을 수 있는 성과 지표를 바탕으로 ARCROM 연구단 정량적 성과 규정을 최종적으로 마련
- 수립된 ARCROM 연구단 정량적 성과 규정은 연구단 성과관리팀의 정기 회의 및 세부과제별 연구책임자, 간사들의 의견과 기획위원회의 심도 있는 회의를 통하여 마련됨.
- 정량적 연구 성과 기준은 학술적 성과, 기술적 성과(지식재산권), 공공적 성과 그리고 경제적 성과를 포함하여 총 4개의 성과로 크게 구분. 성과지표는 국토교통과학기술진흥원에서 제시한 기존의 28개의 지표 중에서 우리 연구단의 목표에 적합한 12개 항목을 포함시킴.
- 정량적 연구성과 규정 최종안은 2012년 10월 23일 결정되었으며, 연구단 단위과제별 연구책임자 및 실무자들은 연구비에 따른 요구점수를 바탕으로 성과지표 및 목표건수를 설정하여 최종적으로 단위과제 및 세부과제별 성과점검표가 마련됨.
- 연구성과가 가시화되고 상품화 및 실용화에 초점을 맞춰 5차년도 후반 부터는 기존 성과지표를 고도화하여 수정하였음.

○ 성과 규정

- 정량적 성과 규정은 12개 성과 항목별 책정된 점수를 기준으로 하며, 연구비 1억당 5점을 충족하여야 함. 연구비 1억당 SCI 논문 1건(5.0점) 혹은 비SCI 논문 1건(2.0점) + 특허등록 1건(3.0점) 등의 형태로 성과점수의 합이 5점이 되어야 함. SCI(E) 논문의 경우, DOI 번호가 부여된 on-line publish 단계부터 실적으로 인정되며, 감사의 글에 연구단 사사문구가 포함되어야 성과로 인정됨.

- 연구단 사무국에서는 새롭게 마련된 정량적 성과 규정 및 성과점검표를 기준으로 하여 성과관리 주기를 설정하고, 목표대비 실적을 모니터링 하여 성과 실적이 미비한 과제를 파악하고 그것을 참여연구원들에게 인식시킴으로써 과제의 성공적인 목표 성과 달성을 이뤄내고자 함. 이를 위하여 연구단 성과관리팀은 모든 단위과제들이 목표로 하는 성과를 최대한 달성할 수 있도록 정기적으로 단위과제의 성과 달성 정도를 점검하고 현재의 연구 수행 정도를 함께 공유하여 부진한 부분에 대한 대책협의 및 향후 조치방안을 논의하고자 함.

<연구단 12개 정량적 성과지표(2-6차년도)>

구분	학술적 성과				기술적 성과 (지식재산권)			공공적 성과				경제적 성과
성과지표명	논문(건)		학술발표 (건)		특허 (건)		소프트웨어 (S/W)	법 제정/정책제안				기술실용화
	① SCI	② 비SCI	③ 국내	④ 국외	⑤ 출원	⑥ 등록	⑦ 프로그램 등록	⑧ 법 제정 및 개선	⑨ 설계기준, 시방서, 지침에 반영	⑩ 기술보고서	⑪ 기술기사	⑫ 사업화 제품화
점수	5	2	0.4	1	1.5	3	2 → 1 3차년도 변경	15	10	3	1	10

○ 연구단 정량적 성과지표 변경사유

- 5차년도 기술가치평가 회사(다래) 위탁과제 추진 결과, 매차년도마다 연구성과가 고도화됨에 따라 정량적 성과지표 역시 실용화 성과물로 고도화를 권고받음. 따라서, 6차년도 성과지표는 ① SCI논문, ⑤⑥특허 출원 및 등록, ⑧ 법 제정 및 개선, ⑨ 설계기준, 시방서, 지침에 반영, ⑫ 사업화 및 제품화로 축소하고 고도화시킴.
- 장기전문가 활용의 경우, 장기전문가만이 저자인 경우, 연구단 성과로 인정받기 어렵기 때문에 연구책임자가 꼭 함께 저자로 참여하여 성과물을 달성해야 함(국토교통과학기술진흥원 지침).

<연구단 정량적 성과지표 수정안(6차년도)>

구분	학술적 성과				기술적 성과 (지식재산권)			공공적 성과						경제적 성과	
성과지표명	논문(건)		학술발표 (건)		특허 (건)		소프트웨어 (S/W)	법 제정/정책제안						기술실용화	
	① SCI	② 비 SCI	③ 국내	④ 국외	⑤ 출원	⑥ 등록	⑦ 프로그램 등록	⑧ 법 제정 및 개선		⑨ 설계기준, 시방서, 지침에 반영		⑩ 기술보고서	⑪ 기술기사	⑫ 사업화 제품화	
								상정	반영	상정	반영			기술이전 계약	제품등록
점수	5	폐지	폐지	폐지	1.5	3	폐지	5	15	5	10	폐지	폐지	5	10

(나) 연구 성과달성도 점검

○ 개요

- 연구단의 정량적 성과지표 12개 항목에 대한 성과지표를 이용하여 정량적인 성과달성도 점검을 분기별로 수행하였음.
- 공공적 성과로서 “설계기준, 시방서, 지침에 반영”에 대해서는 하천설계기준 개정(안) 국가건설기준센터 상정을 반영하기 위하여 상정(5점)과 반영(10점)으로 분리하여 5차년도부터 적용하였음. 하천설계기준 개정의 경우, SCI논문, 특허 등록과 같이 2년 이상의 기간이 소요되기 때문에 기존의 정량적 성과지표인 특허 출원과 등록으로 분류하는 것과 같이 분류하는 것이 타당하다고 판단함.
- 연구단 연구성과 관리팀에서는 매월 말 세부과제별 연구 성과를 점검하기 위하여 정량적 성과 및 정성적 성과를 취합하여 목표대피 달성율과 목표설정이 없는 추가 성과에 대한 초과달성률(괄호)을 함께 분석하였음.
- 연구 성과달성도 점검을 위해 분기별로 성과점검기준표를 작성하여 국토진흥원에 제출하여 객관적인 자료를 수집 · 배포하여 진도관리를 수행하였음.
- 성과관리팀에서는 정량적 성과점검 기준표를 바탕으로 각 성과지표의 성과 정도를 보다 효율적으로 조사하기 위하여 정량적 성과점검 기준 비교 그래프 및 정성적 성과를 객관적으로 파악하기 위해 진도율, 수행율, 달성률로 명시하여 취합하는 가이드라인을 작성하였음.
- 6차년도부터는 연구단 정량적 성과지표를 총 12개에서 총 6개의 고도화, 실용화 지표로 변경함. 6개 정량적 성과지표는 ① SCI논문, ⑤⑥특허 출원 및 등록, ⑧ 법 제정 및 개선, ⑨ 설계기준, 시방서, 지침에 반영, ⑫ 사업화 및 제품화임.
- 목표대비 성과가 미비한 연구내용을 파악하여 해당 참여연구원에게 공지시킴으로써 과제의 성공적 성과달성을 위하여 지속적인 관리를 수행하고 있음.
- 연구단 성과관리팀은 모든 세부과제들이 목표로 하는 성과를 최대한 달성할 수 있

도록 정기적으로 세부과제의 연구성과를 점검하고 연구성과의 지속적인 관리를 위하여 이와 같은 자료를 제공하고 상호공유

○ 연차별 정량적 성과 달성현황

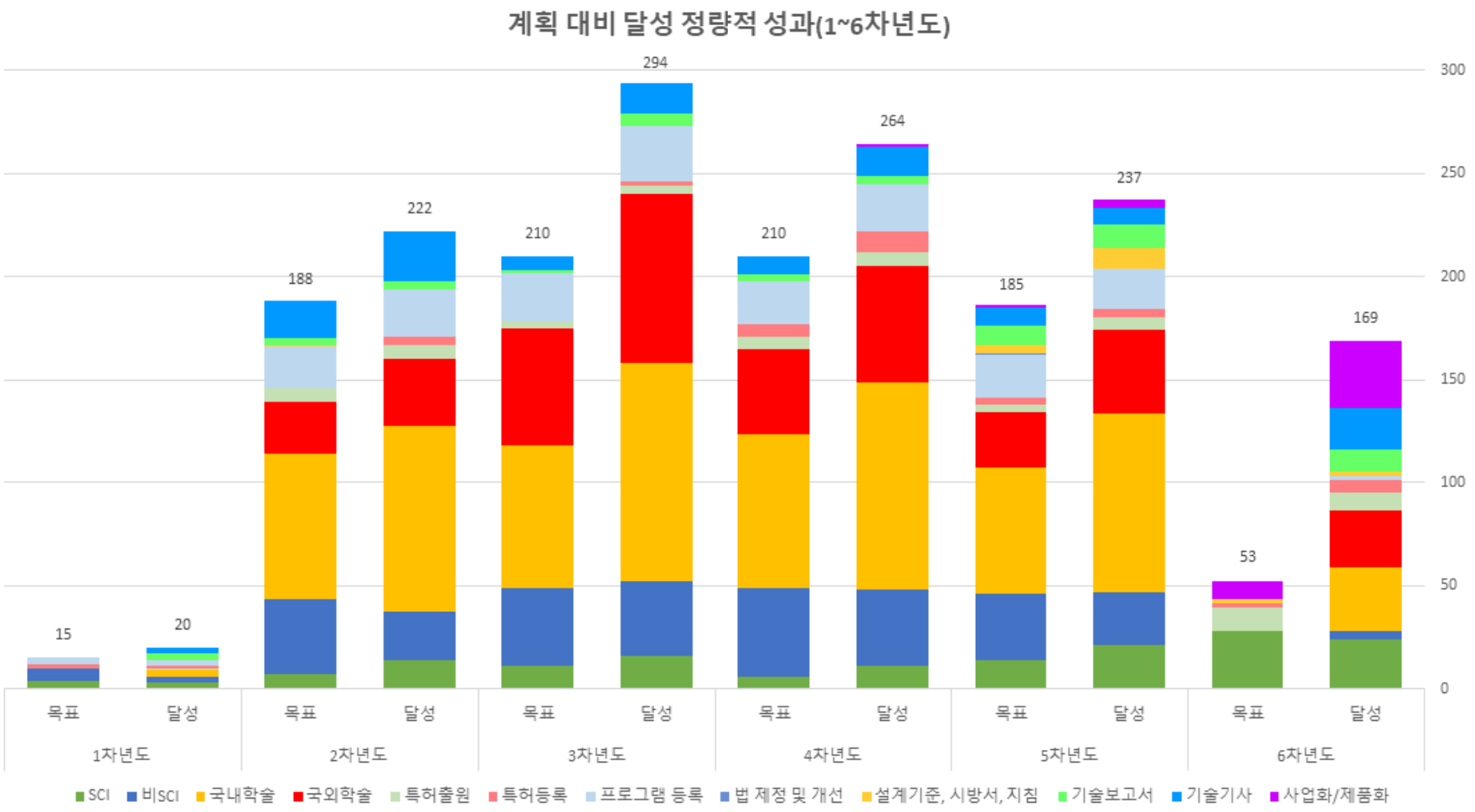
1) 정량적 성과점검 기준표 (2011.06 ~ 2017.08)

<정량적 성과점검 기준표 작성>

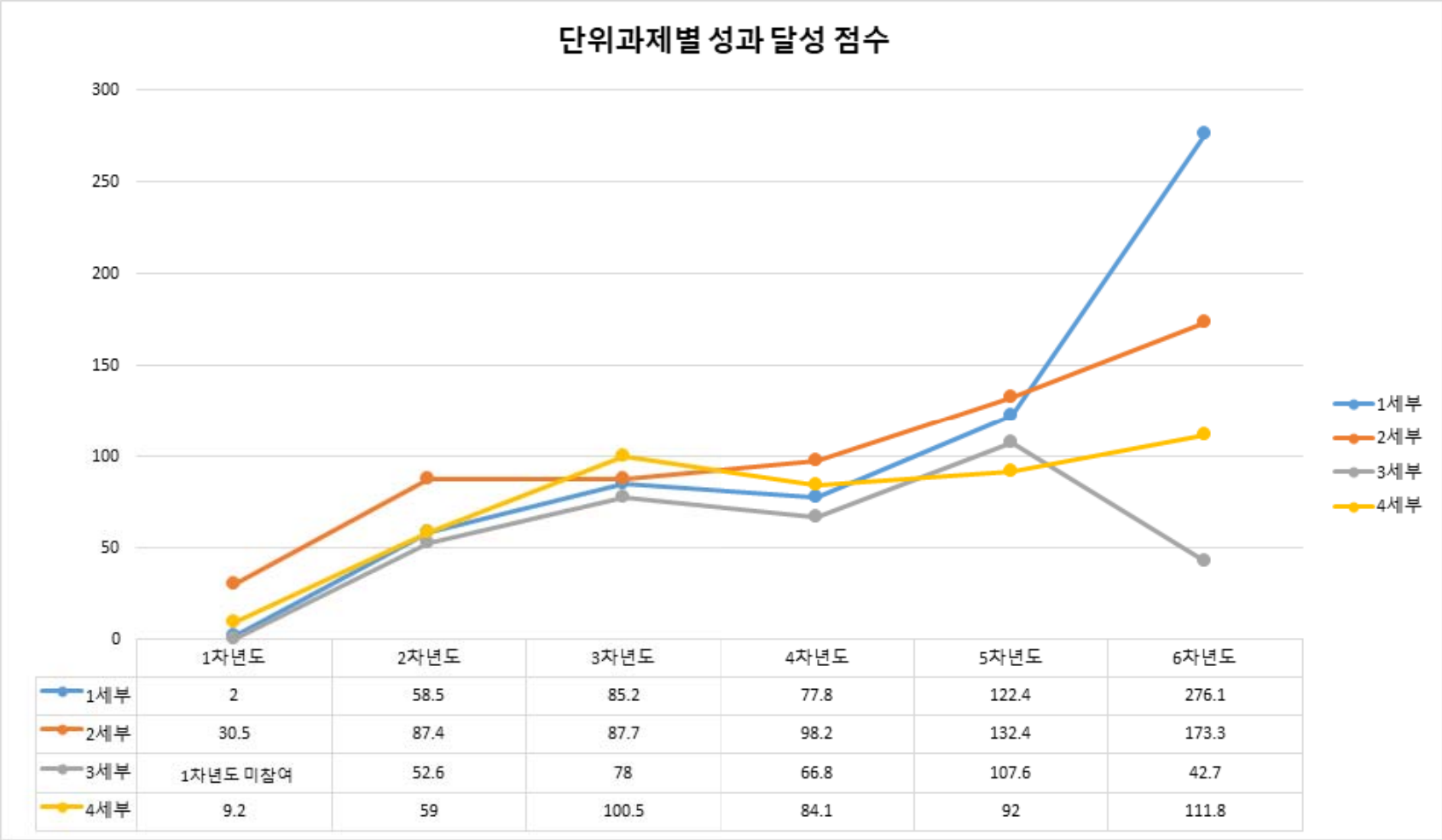
성과구분	성과항목	항목	년차	목표 건수	달성건수	달성율(%)
학술적성과	논문	① SCI 논문	1차년도	4	3	75.00
			2차년도	7	14	200.00
			3차년도	11	16	145.45
			4차년도	6	11	183.33
			5차년도	14	21	150.00
			6차년도	28	24	85.71
			총 계	70	89	127.14
		② 비SCI 논문	1차년도	6	3	50.00
			2차년도	36	23	63.89
			3차년도	38	36	94.74
			4차년도	43	37	86.05
			5차년도	32	26	81.25
			6차년도	0	4	초과달성
			총 계	155	129	83.23
	학술발표	③ 국내 학술발표	1차년도	0	3	초과달성
			2차년도	71	90	126.76
			3차년도	69	106	153.62
			4차년도	74	101	136.49
			5차년도	61	86	140.98
			6차년도	0	31	초과달성
			총 계	275	417	151.64
		④ 국외 학술발표	1차년도	0	0	초과달성
			2차년도	25	33	132.00
			3차년도	57	82	143.86
			4차년도	42	56	133.33
			5차년도	27	41	151.85
			6차년도	0	27	초과달성
			총 계	151	239	158.28
기술적성과	특허	⑤ 특허출원	1차년도	0	1	초과달성
			2차년도	7	7	100.00
			3차년도	3	4	133.33
			4차년도	6	7	116.67
			5차년도	4	6	150.00
			6차년도	11	9	81.82
			총 계	31	34	109.68
		⑥ 특허등록	1차년도	2	1	50.00
			2차년도	0	4	초과달성
			3차년도	0	2	초과달성
			4차년도	6	10	166.67
			5차년도	3	4	133.33
			6차년도	2	6	300.00
			총 계	13	27	207.69
	소프트웨	⑦ 프로그램	1차년도	3	3	100.00

	어 (S/W)	등록	2차년도	20	23	115.00
			3차년도	24	27	112.50
			4차년도	21	23	109.52
			5차년도	21	20	95.24
			6차년도	0	2	초과달성
			총 계	89	98	110.11
공공적성과	법 제정/정책제안	⑧ 법 제정 및 개선	1차년도	0	0	초과달성
			2차년도	0	0	초과달성
			3차년도	0	0	초과달성
			4차년도	0	0	초과달성
			5차년도	0	0	초과달성
			6차년도	1	0	0.00
			총 계	1	0	0.00
		⑨ 설계기준 시방서, 지침에 반영 (상정)	1차년도	0	0	초과달성
			2차년도	1	0	0.00
			3차년도	0	0	초과달성
			4차년도	0	0	초과달성
			5차년도	4	10	250.00
			6차년도	2	2	100.00
			총 계	7	12	171.43
		⑩ 기술보고서	1차년도	0	3	초과달성
			2차년도	3	4	133.33
			3차년도	1	6	600.00
			4차년도	3	4	133.33
			5차년도	9	11	122.22
			6차년도	0	11	초과달성
			총 계	16	39	243.75
		⑪ 기술기사	1차년도	0	3	초과달성
			2차년도	18	24	133.33
			3차년도	7	15	214.29
			4차년도	9	14	155.56
			5차년도	9	8	88.89
			6차년도	0	20	초과달성
			총 계	43	84	195.35
경제적성과	기술 실용화	⑫ 사업화/제품화	1차년도	0	0	초과달성
			2차년도	0	0	초과달성
			3차년도	0	0	초과달성
			4차년도	0	1	초과달성
			5차년도	1	4	400.00
			6차년도	9	33	366.67
			총 계	10	38	380.00
(항목별 점수 적용)			1차년도	22	41.7	189.55
			2차년도	247.9	266.5	107.50
			3차년도	278.1	348.4	125.28
			4차년도	253.6	324.9	128.12
			5차년도	287.4	454.4	158.11
			6차년도	252.5	603.9	239.17
			총 계	1,341.5	2039.8	152.05

2) 정량적 성과(계획 대비 달성건수)



3) 단위과제별 달성 점수



	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도
1세부	2	58.5	85.2	77.8	122.4	276.1
2세부	30.5	87.4	87.7	98.2	132.4	173.3
3세부	1차년도 미참여	52.6	78	66.8	107.6	42.7
4세부	9.2	59	100.5	84.1	92	111.8

○ 정성적 성과 가이드라인의 결정

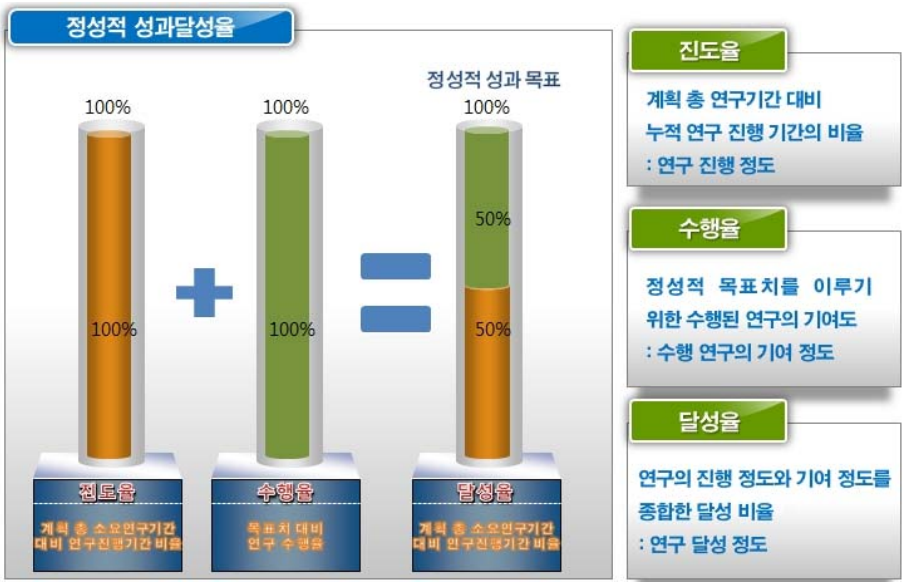
1) 정성적 성과에 대한 달성치 측정

- 정성적 목표 달성치가 오차 10% 이내 등으로 나타난 경우, 모델링을 통한 오차의 감소를 점진적으로 표현하기 어려움
- 목표 달성을 위한 요소기술의 개발, 적용, 분석 등의 연구 수행과정에 따른 달성율로 표시하는 것이 적합

2) 정성적 성과 달성율

- 진도율(100%): 세부 연구내용별 총 소요기간 대비 해당 분기에 진행된 연구기간
- 수행율(100%): 해당 분기에 수행된 각 세부 연구내용의 목표달성을 위한 기여도
- 달성율(100%): 연구 진행 정도와 수행된 연구의 기여정도를 종합한 달성 비율

$$\text{달성율(총 100\%)} = \frac{(\text{진도율} + \text{수행율})}{2}$$



○ 분기별 정성적 성과 달성현황

- 정성적 성과의 경우, 연구단 가이드라인으로 따라 진행율, 수행율, 달성율에 따라 평가할 경우, 각 세부과제별로 달성율은 정성적 성과기준표에서 나타난 바와 같이 100%를 달성함.

○ 연구단 연구비 집행관리

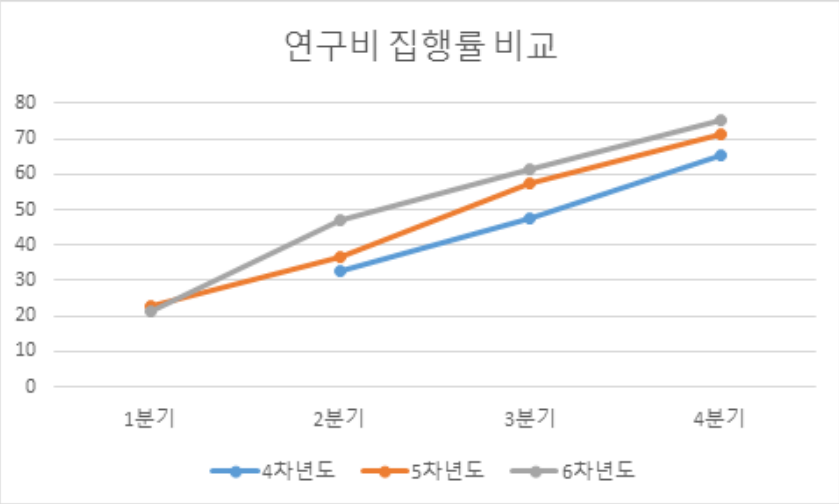
ARCROM 연구단 최종 보고서 - 2017년 4월

(누적집계: 2017. 4. 11. 현재/ Ctpass 입력 기준)

세부 과제	세세부 과제	기관명	집행비율(%)						부진 사유
			1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	6차년	
연구단 총괄	연구단 총괄	서울대학교	96.98	98.69		95.99	97.96	75.28	
1세부	1세부 협동	충남대학교	98.63	98.78	99.69	94.75	99.69	72.35	
	1-1	충남대학교	100	100	100	100	100	57.95	
	1-1-1	명지대학교	100	96	-	-	-	-	
	1-1-2	한국교통대학교	93.21	97.18	97.85	94.46	94.65	69.97	
	1-1-2	서울대학교	-	98.84	100	100	100	87.32	
	1-1-3	연세대학교	-	99.6	-	-	-	-	
	1-3	영남대학교	-	100	100	99.48	-	-	
	1-4	국가수리과학연구소	-	84.38	-	-	-	-	
	1-5	인제대학교	-	100	100	100	100	74.07	
	1-6	한국건설기술연구원	-	100	100	94.22	100	40.99	
	1-7	㈜알엔에이솔루션	-	-	100 (웹솔루스)	81.06 (웹솔루스)	99.89	78.83	
2세부	2세부 협동	서울대학교	97.18	99.43	99.60	95.45	98.21	90.83	
	2-4	서울대학교	100	100	99.95	100	99.99	98.91	
	2-4-2	Hokkaido University	-	-	-	100	100	-	
	2-1	㈜테크노베이션파트	-	100	-	-	-	-	
	2-1	한국건설기술연구원			99.97	99.92	100	-	
	2-4-3	㈜매그파이소프트	-	-	-	-	99.82	78.46	
	2-4-4	㈜웹솔루스	100	100	99.18	80.65	-	-	
	2-2	인덕대학교	99.97	99.99	99.97	100	-	-	
	2-3	K-water	94.26	98.57	97.72	97.4	94.66	-	

	2-4-4	창원대학교	-	100	100	99.99	99.99	78.27	
	2-4-5	단국대학교	-	100	100	100	99.63	62.48	
	2-7	아이에스테크놀로지(주)	-	-	99.77	99.36	100	92.79	
	2-8	동의대학교	-	-	99.80	99.99	99.87	63.84	
3세부	3세부 협동	연세대학교	-	95.41	99.91	99.86	99.77	70.62	
	3-1	연세대학교	-	100	99.97	99.96	99.88	77.53	
	3-1-1	단국대학교	-		100	100	99.12	66.64	
	3-1-2	충북대학교	-	82.75	100	100	100	58.06	
	3-3	서경대학교	-	99.96	99.97	100	100	69.91	
	3-4	성균관대학교	-	69.97	100	100	100	-	
	3-5	한국건설기술연구원	-	99.97	99.44	99.97	99.41	-	
	3-7	건국대학교	-	99.25	100	99.25	100	76.04	
4세부	4세부 협동	K-Water	95.07	100	98.93	94.76	93.31	61.03	
	4-3	K-Water	95.07	99.38	93.12	86.38	82.04	64.61	
	4-2-2	㈜올포랜드	94.82	96.9	99.95	82.58	-	-	
	4-2-2	주식회사미래자원연구소	100	100	100	100	-	-	
	4-3-1	충북대학교	-	100	100	100	100	68.18	
	4-1	부경대학교	-	100	100	100	98.91	53.19	
	4-2	서울과학기술대학교	-	100	98.47	100	-	-	
	4-5	부산대학교	-	100	99.92	100	100	77.67	
	4-6	충남대학교	-	100	100	100	100	-	
5세부	5세부 총괄	서울대학교	99.82	100	99.93	99.98	99.31	74.01	
	5-1	서울대학교	99.82	100	99.93	99.98	100	77.89	
	5-1-1	유량조사사업단	-	-	-	-	93.15	73.86	
	5-1-2	㈜다래전략사업화센터	-	-	-	-	100	-	
	5-1-3	한국건설기술연구원	-	-	-	-	-	82.9	

- 연구단 총괄과제에서는 4차년도부터 ARCROM 연구단 월간보고서를 작성하여 연구비 집행률을 파악하여 세세부별 연구 진도관리를 수행하고 있음
- 매 월 기관별 연구비 집행 현황을 모니터링 함으로써 집행률이 다소 부진한 기관에 대해서는 부진 사유 확인 및 시스템 입력을 독려
- 연구비 집행률 관리결과에 따르면, 5차년도 대비 평균 약 4.3%의 집행률 상승 결과가 유도됨.
- 2017년 4월 중순 현재 집행되지 않은 인건비, 연구수당 등을 감안하면 실제 집행률 평균은 80% 이상 달성될 것으로 예상됨.



<분기별 연구비 집행률>

연차	분기별 연구비 집행률(%)			
	1분기	2분기	3분기	4분기
4차년도		32.9	47.5	65.5
5차년도	22.6	36.8	57.2	71.4
6차년도	21.29	47.02	61.61	75.28

(다) 총괄 자문단

○ 총괄 자문단 구성

- 본 연구단 연구방향의 적정성, 연구내용간의 연계성, 연구성과의 정책 연계성 등 과제의 전반적인 적정성 및 성과달성도를 점검자문하는 기구로 총괄자문단이 구성되어 운영되고 있음.

- 총괄자문단은 1) 분기별 진도보고서 및 연차실적계획서의 검토 및 자문; 2) 연구성과의 정책연계성 검토 및 자문; 3) 중간 및 최종평가시 평가위원으로 참여; 4) 기타 과제의 효율적 추진에 필요한 제반사항을 검토하고 자문함.
- 산, 학, 연, 관계 인사로 해당과제 관련 기술 및 정책분야 외부전문가 12인으로 구성됨.
- 총괄자문단은 1차년도 중간점검워크숍 발족 이후 연구단 세부과제 연구내용에 관하여 심도있는 자문을 수행하였으며, 자문위원의 지적사항은 향후 연구방향을 정립하고 연구성과물의 산출에 있어서 중대한 역할을 하게 됨.
- 5-6차년의 총괄자문단의 구성은 제품화 및 실용화에 필요한 유관기관의 수공 및 수자원 전문가인 정부기관은 차준호 실장(한강홍수통제소), 연구소는 김규호 단장(그린리버연구단)과 정성원 단장(유량조사사업단) 및 공기업 인사로서는 박정수 실장(K-water 물관리센터)과 류태상 본부장(K-water 미래기술안전본부)을 자문 위원으로 모시고 수시 자문 및 자체평가회의를 개최하였음.

<총괄자문단의 구성>

구 분	성명	소속/직위
학 계	한건연	경북대학교 교수
	김형수	인하대학교 교수
	윤병만	명지대학교 교수
업 계	오규창	㈜이산 수자원부 부사장
	이상열	(주)이산 수자원본부 부사장
	오윤근	㈜유신 수자원부 부사장
연 구 소	김규호	한국건설기술연구원 연구위원 그린리버연구단 단장
	정태성	국립재난안전연구원 연구관
	정성원	유량조사사업단 단장
정부기관	차준호	한강홍수통제소 하천정보센터 실장
공기업	류태상	한국수자원공사 미래기술안전본부 본부장
	박정수	한국수자원공사 물관리센터 실장

○ 총괄 자문단의 활용

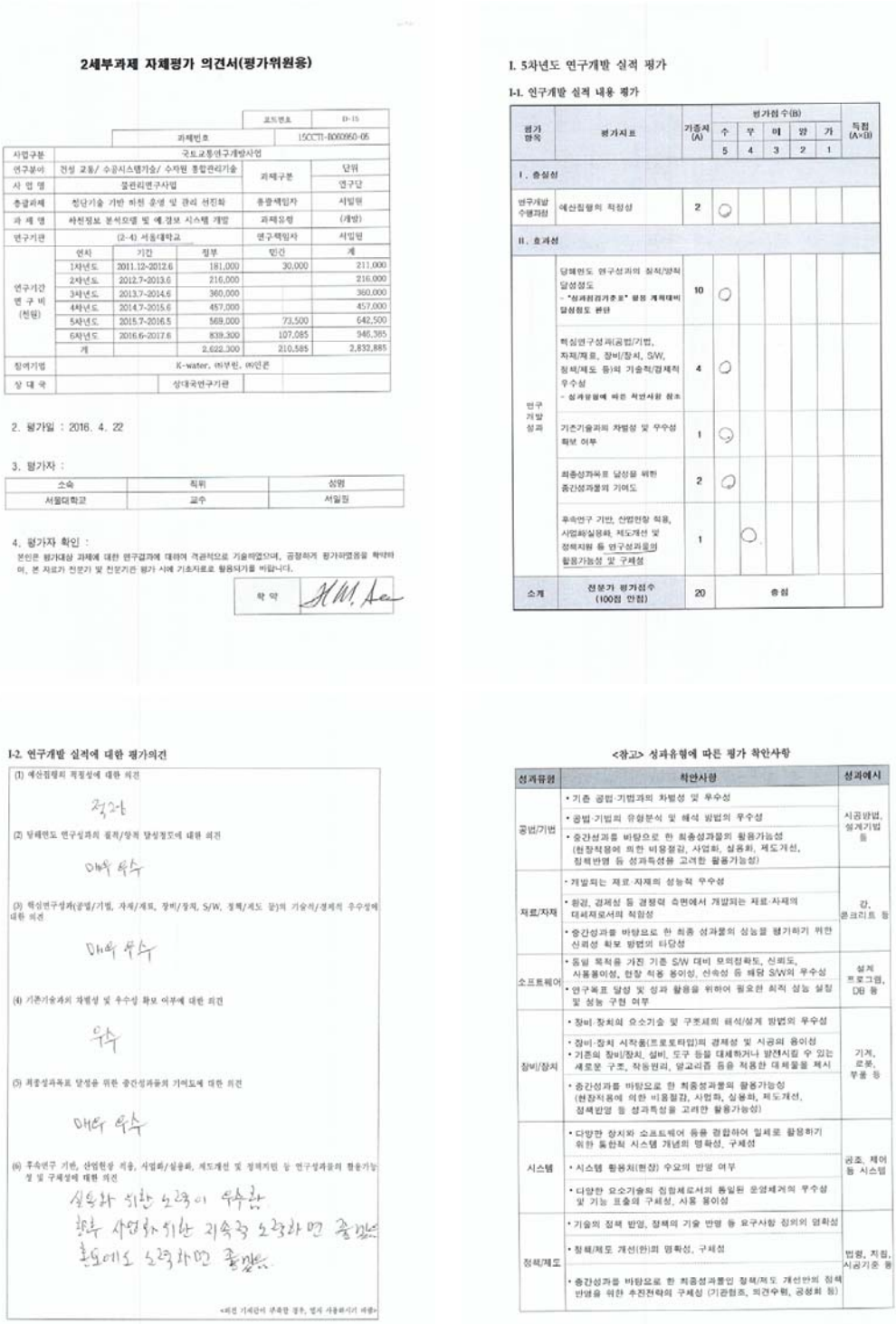
－5차년도 세부과제별 자체평가(2016년 4월)

<총괄자문단의 세부자체평가 참여자 명단>

소속기관	성명	직급	세부과제 평가 참여
인하대학교	김형수	교수	2세부과제
경북대학교	한건연	교수	4세부과제
㈜이산 수자원부	오규창	부사장	2,3세부과제
국립재난안전연구원	정태성	연구관	1,4세부과제
유량조사사업단	정성원	단장	2세부과제
한강홍수통제소	차준호	실장	2,3세부과제
한국수자원공사	박정수	실장	4세부과제

<총괄자문단의 세부자체평가 의견>

자문위원	1세부	2세부	3세부	4세부
김형수	-	실용화 위한 노력이 우수하며 향후 사업화 위한 지속적 노력하면 좋겠음	-	-
한건연	-	-	-	도시유역 중심의 SWMM 적용
오규창	-	최종연구성과에 대한 수준을 정하고, 이에 따른 연구를 마무리 해야할 것	향후 유지관리 및 Improvement의 주체를 명확히 해야함	-
정태성	활용도 제고를 위해 유역확대가 필요하다고 생각 되어 과제가 지속적으로 진행될 필요가 있음	-	-	타부처의 종합계획 고려 필요
정성원	-	다양한 유속범위내에서 안정적으로 유속이 추출될 수 있도록 노력 요망	-	-
차준호	-	정부관련 기관, 공공기관에 활용 가능한 기술로 사료됨	향후 실무적용성에 많은 영향을 미칠 것으로 보임	-
박정수	-	-	-	실무적용성 확대를 위한 방안 강구 필요



2세부과제 자체평가 의견서(평가위원용)

				코드번호	D-15
		과제번호			15CCTI-B069960-05
사업구분	국토교통연구개발사업				
연구분야	건설 교통/ 수공시스템기술/ 수자원 통합관리기술		과제구분		단위
사 업 명	물관리연구사업				연구단
총괄과제	침단기술 기반 하천 유영 및 관리 선진화		총괄책임자		서일원
과 제 명	하천정보 분석모델 및 예경보 시스템 개발		과제유형		(개발)
연구기관	(2-4) 서울대학교		연구책임자		서일원
연구기간 연 구 비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2011.12-2012.6	181,000	30,000	211,000
	2차년도	2012.7-2013.6	216,000		216,000
	3차년도	2013.7-2014.6	360,000		360,000
	4차년도	2014.7-2015.6	457,000		457,000
	5차년도	2015.7-2016.5	569,000	73,500	642,500
	6차년도	2016.6-2017.6	839,300	107,085	946,385
	계		2,622,300	210,585	2,832,885
참여기업	K-water, 00부킨, 00건존				
상 대 국		상대국연구기관			

2. 평가일 : 2016. 4. 22

3. 평가자 :

소속	직위	성명
서울대학교	교수	서일원

4. 평가자 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문기 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확 약	H.M. Lee

I. 5차년도 연구개발 실적 평가

I-1. 연구개발 실적 내용 평가

평가항목	평가지표	가중치 (A)	평가점수(B) 수 5	우 4	미 3	양 2	가 1	득점 (A×B)
I. 충실성								
연구개발 수행과정	예산집행의 적정성	2	○					
II. 효과성								
연구개발 성과	당해연도 연구성과의 질적/양적 달성정도 - "성과점검기준표" 활용 계획대비 달성정도 판단	10	○					
	핵심연구성과(공법/기법, 자재/재료, 장비/장치, S/W, 정책/제도 등)의 기술적/경제적 우수성 - 성과유형에 따른 착안사항 참조	4	○					
	기존기술과의 차별성 및 우수성 확보 여부	1	○					
	최종성과목표 달성을 위한 중간성과물의 기여도	2	○					
	후속연구 기반, 산업현장 적용, 사업화/실용화, 제도개선 및 정책지원 등 연구성과물의 활용가능성 및 구체성	1		○				
소계	전문가 평가점수 (100점 만점)	20	총점					

I-2. 연구개발 실적에 대한 평가의견

(1) 예산집행의 적정성에 대한 의견

적간

(2) 당해연도 연구성과의 질적/양적 달성정도에 대한 의견

매우 우수

(3) 핵심연구성과(공법/기법, 자재/재료, 장비/장치, S/W, 정책/제도 등)의 기술적/경제적 우수성에 대한 의견

매우 우수

(4) 기존기술과의 차별성 및 우수성 확보 여부에 대한 의견

우수

(5) 최종성과목표 달성을 위한 중간성과물의 기여도에 대한 의견

매우 우수

(6) 후속연구 기반, 산업현장 적용, 사업화/실용화, 제도개선 및 정책지원 등 연구성과물의 활용가능성 및 구체성에 대한 의견

실용화 위한 노력이 우수함
향후 사업화 위한 지속적 노력하면 좋겠음
혼도에도 노력하면 좋겠음

<최근 기재란이 부족할 경우, 별지 사용하시기 바랍>

<참고> 성과유형에 따른 평가 착안사항

성과유형	착안사항	성과예시
공법/기법	• 기존 공법·기법과의 차별성 및 우수성	시공방법, 설계기법 등
	• 공법·기법의 유형분석 및 해석 방법의 우수성	
	• 중간성과를 바탕으로 한 최종성과물의 활용가능성 (현장적용에 의한 비용절감, 사업화, 실용화, 제도개선, 정책반영 등 성과특성을 고려한 활용가능성)	
자재/자재	• 개발되는 재료·자재의 성능적 우수성	강, 콘크리트 등
	• 환경, 경제성 등 경쟁력 측면에서 개발되는 재료·자재의 대체재로서의 적합성	
	• 중간성과를 바탕으로 한 최종 성과물의 성능을 평가하기 위한 신뢰성 확보 방법의 타당성	
소프트웨어	• 동일 목적을 가진 기존 S/W 대비 모의정확도, 신뢰도, 사용용이성, 현장 적용 용이성, 신속성 등 해당 S/W의 우수성	설계 프로그램, DB 등
	• 연구목표 달성 및 성과 활용을 위하여 필요한 최적 성능 설정 및 성능 구현 여부	
장비/장치	• 장비·장치의 요소기술 및 구조체의 해석/설계 방법의 우수성	기계, 로봇, 부품 등
	• 장비·장치 시작품(프로토타입)의 경제성 및 시공의 용이성 • 기존의 장비/장치, 설비, 도구 등을 대체하거나 보완시킬 수 있는 새로운 구조, 작동원리, 알고리즘 등을 적용한 대체물을 제시	
	• 중간성과를 바탕으로 한 최종성과물의 활용가능성 (현장적용에 의한 비용절감, 사업화, 실용화, 제도개선, 정책반영 등 성과특성을 고려한 활용가능성)	
시스템	• 다양한 장치와 소프트웨어 등을 결합하여 일체로 활용하기 위한 통합적 시스템 개념의 명확성, 구체성	공조, 제어 등 시스템
	• 시스템 활용처(현장) 우호적 반영 여부	
	• 다양한 요소기술의 집합체로서의 통일된 운영체계의 우수성 및 기능 효율의 구체성, 사용 용이성	
정책/제도	• 기술의 정책 반영, 정책의 기술 반영 등 요구사항 정의의 명확성	법령, 지침, 시공기준 등
	• 정책/제도 개선(안)의 명확성, 구체성	
	• 중간성과를 바탕으로 한 최종성과물인 정책/제도 개선안의 정책 반영을 위한 추진전략의 구체성 (기관협조, 의견수렴, 공청회 등)	

<세부과제별 자체평가의견서 샘플>

(라) 전문가 활용

세부과제	전문가 활용(인)					
	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도
1세부	-	22	33	18	18	10
2세부	7	12	29	14	9	9
3세부	-	-	16	16	14	2
4세부	-	6	20	28	14	13
5세부	-	-	-	11	24	7
계	7	40	98	87	79	41

○ 1세부: 대하천 친환경시설물 및 하도 유지관리 기술 개발

- 1세부과제에서는 연구의 발전 방향과 현실적인 활용도가 높은 성과도출을 위해서 아래와 같이 차년도별로 자문회의를 실시하였으며, 과제 진행에 필요한 전문적인 내용은 장기 자문형식으로 전문가를 활용함.
- 자문회의를 통해 제시된 국내외 전문가의 의견을 수렴하여 연구에 반영하고, 장기적인 관점의 의견은 연구개발에 있어 많은 도움이 되었음

<1세부과제 차년도별 전문가 자문 수행 내역>

차년도	자문 일자	전문가			자문 시간	의견 수렴 내용
		소속	직위	성명		
2차년도	12.10.30	Pacific Geographical institute	박사	Kachur Anatolii	3시간	러시아 극동지역의 수문변화
	12.11.02	홍익대학교	교수	이승오	2시간	월류파괴로 인한 이동상 제방붕괴 메커니즘 규명을 위한 수리모형실험연구
	13.01.27	교토대학교	교수	나카가와	2시간	월파에 의한 하천제방 붕괴(비점착성 유사 케이스)
	13.01.27	교토대학교	박사 과정	이승수	2시간	
	13.04.15	교토대학교 방재연구소	박사 과정	유완식	2시간	날씨 예측 모형을 이용한 앙상블 기반 홍수예측에 관한 연구
	13.04.15	교토대학교 방재연구소	박사 과정	최미경	2시간	
	13.04.10	국립재난안전연구원	연구관	정태성	4시간	하도내에서의 유사량 변동에 따른 유사량 분포해석이나 유사저감에 대한 연구의 적정성
	13.04.10	한국건설기술연구원	선임연구원	이삼희	4시간	유역침식과 하상준설 간 상호 연계성에 대한 학술 및 실용적 연구에 대한 자문
	13.04.10	금강홍수통제소	시설연구사	김정엽	4시간	준설토 적치장 선정시 사회·환경적인 요소 반영의

						필요성
	13.04.10	중부대학교	교수	이주헌	4시간	하천수리모형에 적용된 하도단면의 적절성 및 통계학적 접근방법에 대한 필요성
	13.04.10	한남대학교	교수	정동국	4시간	토질에 따른 침식과 퇴적 현상 규명의 필요성
	13.04.27	(주)국제도시물정보과학연구원	선임연구원	이경수	2시간	CCHE2D모형을 이용한 하상변동 모의 및 하상변동 특성분석
	13.01.16	한양대학교	교수	박재우	2시간	하천 시설 관리 최적화 기술 개발 연구진행 방향 제시
	13.01.16	한양대학교	교수	박재우	2시간	하천 시설 관리 최적화 기술 개발 연구진행 방향 제시
	계	전문가 13인			-	14회
3차년도	13.08.12	경북대학교	조교수	이기하	2시간	광역 토양침식 모델링을 위한 Cell.based Soil Erosion Model(C.SEM) 모형의 개발과 적용성 평가를 통해 유역에서 발생하는 침식과 퇴적 현상을 살펴보고, 활용 및 응용방안을 제시함
	13.10.29	산림조합중앙회	선임연구원	김민석	2시간	유역침식 모형의 소개
	13.11.12	한국수자원공사	대리	조상연	2시간	신규 수자원시설(신흥댐) 규모검토 기술지원
	13.11.06	Research Centre for Limnology, Indonesian Institute	Researcher	Luki Subehi	3시간	Hydrological Regime of Several Rivers in Indonesia
	13.11.06	Faculty of Engineering Chulalongkorn University	Prof. Dr.	Sucharit Koontanakulvong	3시간	Current issues of water resources and their countermeasures in Thailand “New Risk in Water Management in Nan River Basin as case study”
	13.11.06	Department of Hydraulic Engineering,School of Civil	Prof.	Xudong Fu	3시간	Enhanced flash flood hazard by sediment transport in mountain streams
	13.11.06	IWRM Expert Group	Prof. Dr.	Khin Ni Ni Thein	3시간	Water Resources Issues in Myanmar
	13.11.06	Civil Engineering	Prof. Dr.	Lariyah Mohd Sidek	3시간	River Protection and Rehabilitation of Klang

		Department at Universiti Tenaga				River and their Countermeasures: Malaysian Experience
	13.11.06	Water Resources University, Hydrology and Water research	Prof. Dr.Ing.	Pham Thi Huong Lan	3시간	THE ISSUE OF INTEGRATED MANAGEMENT OF WATER RESOURCES IN THE RED RIVER BASIN
	13.11.06	국가수리과학연구소	박사/연구원	안현욱	3시간	A mathematical modeling of debris/granular flow with basal erosion
	13.11.26	미육군 공병대	선임급 연구원	김종범	2시간	River Dredging Optimization
	14.01.27	Kyoto University	Associate Prof.	Kenji Kawaike	2시간	Underground Diversion Channels In Japan
	14.03.28	중부대학교 토목공학과	교수	이주헌	4시간	1세부 자문회의 자문위원
	14.03.28	국립재난안전연구원	연구관	정태성	4시간	1세부 자문회의 자문위원
	14.03.28	한남대학교	교수	정동국	4시간	1세부 자문회의 자문위원
	14.03.28	금강홍수통제소	시설연구사	김정엽	4시간	1세부 자문회의 자문위원
	14.03.28	한국건설기술연구원	선임연구원	이삼희	4시간	1세부 자문회의 자문위원
	14.04.10	Royal University of Phnom Penh	Visiting Lecturer	최민태	2시간	Rainfall Intentity and Soil Erosion by Water
	14.05.23	금강홍수통제소	시설연구사	김정엽	4.5시간	3차년도 세세부과제별 연구성과에 대한 구두 및 시연 평가
	14.05.23	K-water	실장	정구열	4.5시간	3차년도 세세부과제별 연구성과에 대한 구두 및 시연 평가
	14.05.23	중부대학교	이주헌	교수	4.5시간	3차년도 세세부과제별 연구성과에 대한 구두 및 시연 평가
계		전문가 20인			-	9회
4차년도	14.11.25	Research Centre for Limnology Indonesian Institute	Director	Tri Widiyanto	4시간	Overview of various tropical Inland Waters in Indonesia

	14.11.25	George Mason University	Professor	Viviana Maggioni	4시간	The Application of Satellite Precipitation Estimates in Water Resources Engineering
	15.01.22	한양대학교 과학기술대학	연구교수	옥기영	2시간	Integrated sediment management in dams and rivers for River Ecological Restoration
	15.05.19	(주)이산	부사장	오규창	4시간	ARCROM 1세부 자체평가위원으로서 4차년도 연구개발 실적 평가
	15.05.19	(주)이산	부사장	이상열	4시간	ARCROM 1세부 자체평가위원으로서 4차년도 연구개발 실적 평가
	15.05.19	국립재난안전연구원	연구관	정태성	4시간	ARCROM 1세부 자체평가위원으로서 4차년도 연구개발 실적 평가
	15.05.19	한국건설기술연구원	위원	김규호	4시간	ARCROM 1세부 자체평가위원으로서 4차년도 연구개발 실적 평가
계		전문가 7인			-	4회
5차년도	16.08.19	Yanbian University of Science & Technology	President/Ph.d	Nan Ying	2시간	두만강 수자원 현황 및 북한환경생태 관련 연구
	16.08.26	USACE	연구원	김종범	2시간	환경사업 해결을 위한 다기준 의사결정 방법론 적용: 이해당사자 절충 방안 도출
	16.02.19	National University of Laos	Deputy head of Department	Keoduangchai Keokhamphui	2시간	Water Quality Monitoring and Management in Lao PDR: The Case Study of Nam Ngum River Basin
	16.03.14	국립생태원 생태연구본부	선임연구원	옥기영	2시간	안정동위원소를 이용한 생태수리학적 연구
	16.04.12	서울대	교수	서일원	4시간	ARCROM 1세부 연구단장으로서 5차년도 연구개발 실적 평가
	16.04.12	국립재난안전연구원	연구관	정태성	4시간	ARCROM 1세부 자체평가위원으로서 5차년도 연구개발 실적 평가
	16.04.12	대전지방구토관리청	과장	이경종	4시간	ARCROM 1세부 5차년도 연구개발 실적 평가

	16.04.12	국토교통부 금강홍수통제소	연구사	김정엽	4시간	ARCROM 1세부 5차년도 연구개발 실적 평가
	16.04.12	배재대학교	교수	이범희	4시간	ARCROM 1세부 5차년도 연구개발 실적 평가
	16.04.12	한국수자원공사 스프트웨어 설계처	부장	정광진	4시간	ARCROM 1세부 5차년도 연구개발 실적 평가
계		전문가 10인			-	5 회
6차 년 도	16.11.29	한국환경정책평가 연구원	연구원	김성은	2	Datd-Driven Model: Concept and Application
	16.08.25	Chulalongkorn University	Professor	Butsawan Bidorn	2	Sediment transport characteristic of Ping river basin, Thailand
	17.05.31	개최예정	-	-	-	ARCROM 1세부 6차년도 연구개발 실적 평가
	17.05.31	개최예정	-	-	-	ARCROM 1세부 6차년도 연구개발 실적 평가
	17.05.31	개최예정	-	-	-	ARCROM 1세부 6차년도 연구개발 실적 평가
	17.05.31	개최예정	-	-	-	ARCROM 1세부 6차년도 연구개발 실적 평가
	17.05.31	개최예정	-	-	-	ARCROM 1세부 6차년도 연구개발 실적 평가
계		전문가 7인			-	7 회

<1세부과제 차년도별 전문가 활용 내역-장기>

차년도	자문 일자	전문가			자문 시간	의견 수렴 내용
		소속	직위	성명		
2차 년도	13.01.30~ 13.04.30	강원대학교	교수	임경재	장기	산지 특히 농경지에서의 토사유출 저감을 위한 다음과 같은 다양한 기법 (농경지에서의 저감 방안 / 초생대 설치에 따른 저감방안 /수변구역 조성에 따른 저감 방안) 등을 검토
	13.02.18 ~13.04.08	경희대학교	조교수	유가영	장기	수문 모형에서 토양수분이 차지하는 중요성에 대한 고찰 및 생태수문학(ecohydrology)의 주요 과제에 대한 자문
	13.01.21 ~13.04.01	전북대학교	조교수	권현한	장기	공간상관성을 고려한 강우모의기법 알고리즘 개발현황, 극치강우량 재현을 위한 불연속분포 적용방안, 지점자료의 공간화 등에 대한 자문
	13.01.21 ~13.04.01	한양대학교	조교수	최민하	장기	수자원 분야에서 활용가능한 분포형 모형과 최신의 인공위성 자료에 대해 고찰하고 이의 다양한

						활용방안과 장단점에 대한 자문
	13.01.21 ~13.04.01	충북대학교	교수	서용석	장기	산사태 최신 연구경향 및 모형실험 기술수준 향상방안에 대한 자문
	13.04.19 ~13.05.08	한국지질자원연구원	선임연구원	김진관	장기	국내 강우에너지에 의한 inter-rill 침식량 산정
	12.08.01 ~13.05.31	한경대학교	교수	백경오	장기	어도의 수리적 현상 분석을 위한 연구방향 및 어도의 이동·유인효율 분석 기법에 관한 자문
	12.08.01 ~13.05.31	콜로라도 주립대학교	교수	Chih Ted Yang	장기	하천의 유사거동 모의에 대한 기법 및 배사 효과 제고
	12.08.01 ~13.05.31	동부엔지니어링	이사	박문현	장기	하천시설 유지관리에 관한 국내·외 사례 분석 및 하천시설 유지관리 기술보고서를 위한 연구방향에 관한 자문
계		전문가 9인			-	9회
3차년도	13.06.16 ~14.06.30	한경대학교	조교수	백경오	장기	어도의 수리적 현상 분석을 위한 연구방향 및 어도의 이동·유인효율 분석 기법에 관한 자문
	13.08.30 ~14.06.30	인천대학교	조교수	송창근	장기	홍수터 수치해석을 위한 흐름해석모형 선정 및 흐름해석 모의결과 분석 기법에 관한 자문
	13.06.16 ~14.06.30	동부엔지니어링	이사	박문현	장기	하천유지관리매뉴얼 개선방향 제시, 하천시설 유지관리 기술보고서 작성을 위한 국내 하천시설 및 친수시설 조사에 관한 자문
	13.10.12~ 14.03.13	Colorado State Univ.	교수	Pierre Y. Julien	80시간	Countermeasures for Tributary Headcutting and Stabilization Methods near River Confluences(Ver : Mar, 14)
	13.12.02~ 14.03.12	USACE	연구원	김종범	50시간	다기준의사결정기법을 이용하여 개발중인 하도준설 최적화모형의 개선방향 및 준설시기 결정을 위한 미국의 환경창 제도 자문
	14.01.01~ 14.03.31	거해산업개발	전무	허남	20시간	하상준설 규정 및 준설선의 종류
	14.02.01~ 14.04.30	Deltares(네덜란드 환경연구소)	PhD, River Engineer	Sanjay Giri	90시간	Sustainable Maintenance and Improvement of Inland Navigational Channel in the Netherlands
	14.02.01~ 14.05.16	수원대학교	조교수	안현욱	200시간	산사면 토양유출(토석류) 해석 자문보고서
	14.03.01~ 14.05.16	산림조합중앙회	선임연구원	김만일	60시간	RUSLE모형과 SINMAP을 이용한 금강유역의 급격한 토사유출 가능지역 해석
	14.03.03~	한국지질자원	선임	김진관	60시	인공강우기 강우입자 특성 분석

	14.03.30	연구원	연구원		간	
	14.02.01~	경북대학교	조교수	이기하	100시간	광역사면안정해석에 대한 주제로 자문수행중
		Applied Science Associate, INC	박사	김용훈	장기	sediment transport
		(주)네오엔비즈	기술이사	이정석	장기	하천 토사이송 및 비점오염원 관리방안
계		전문가 13인			-	13회
4차년도	14.11.12 ~15.04.13	Colorado State	교수	Pierre Y. Julien	80시간	Review of Slope Stability, Landslide, and Debris Flow Technology 자문
	14.07.01 ~15.04.15	USACE	연구원	김종범	50시간	친환경준설을 위한 한국형 환경창 개발 가이드라인 제시
	14.07.01 ~15.04.28	경북대학교	조교수	이기하	60시간	파티클 필터를 활용한 토양침식모형의 불확실성 평가
	14.07.01 ~15.04.21	충남대학교 농업생명과학대학	조교수	안현욱	60시간	산지 토양유출 해석 자문
	14.07.01 ~15.05.06	전남대학교	조교수	김진관	60시간	유역규모에서의 퇴적물 관리를 위한 퇴적물 수지와 개념적 틀 제안
	14.07.01 ~15.06.10	한국건설기술연구원	연구위원	강준구	80시간	사주제어 및 하도안정화 방안(수제) 자문
	15.3.1~ 15.4.30	(재)국제도시물정보과학연구원	연구원	이경수	2개월	연구단 테스트베드 모델링을 위한 수치모형 선정 및 모형의 타당성 분석과 테스트베드 내 수제 설치 전후에 대한 수리학적 영향 검토
	14.07.01 ~15.06.30	한경대학교	조교수	백경오	장기	어도 효율 평가 지수 산정 기법 및 하천설계기준(어도편) 개정안에 관한 자문
	14.07.01 ~15.06.30	인천대학교	조교수	송창근	장기	홍수터 수치해석을 위한 2차원 흐름해석모형의 마름/젖음 알고리즘 개선 및 친수시설 안정성 평가 지수 산정에 관한 자문
	14.07.01 ~15.06.30	동부엔지니어링	이사	박문현	장기	하천설계기준(어도편) 개정 및 하천유지보수 매뉴얼 개선안에 관한 자문
	14.07.01 ~15.06.30	Univ. of Dundee	교수	박용성	장기	복단면 수리실험 해석 및 소류력 계측방안 검토
계		전문가 11인			-	11회
5차년도	15.07.01 ~16.01.29	CERPD Inc.	President	김종범	34시간	환경창 수립방안의 실효성 검증
	15.07.01 ~16.03.28	경북대학교	조교수	이기하	50시간	유역유사계 관점에서의 유사관리지침(안)
	15.07.01 ~16.04.18	충남대학교 농업생명과학	조교수	안현욱	34시간	산사태 토석류 모의 자문보고서 (보고서 및 Deb2 프로그램)

		대학				
	15.07.01 ~16.05.31	국립한경대학교	조교수	백경오	11개월	어도 이용효율 평가 지수 개발 및 하천설계기준(어도편) 개정
	15.07.01 ~16.05.31	인천대학교	조교수	송창근	11개월	HDM-2D모형의 고도화 및 친수시설 안정성 평가 지수 개발, 친수시설 유지관리 가이드라인 기술보고서
	15.07.01 ~16.05.31	영국 던디대학교	조교수	박용성	11개월	유속측정용 GPS 부자 실용화 검증 및 LS-PIV기법 개발
	15.07.01 ~16.05.31	(주)동부엔지니어링	상무	박문현	11개월	친수시설 유지관리 가이드라인 기술보고서 및 하천설계기준(어도편) 개정
	15.11.01 ~2016.4.30	Research Foundation of the City University of New York	Researcher (Dr.)	손경호	45시간	사주의 거동에 대한 통계적 분석 자문보고서
계		전문가 8 인			-	8 회
6차 년도	16.06.01 ~17.05.31	CERPD Inc.	President	김종범	장기	RIDOM모형 검·보정 및 튜토리얼 작성
	16.06.01 ~17.05.31	경북대학교	조교수	이기하	장기	C-SEM(Cell-Based Sediment Erosion Model) 사용자 매뉴얼 및 튜토리얼 자료 작성
	16.06.01 ~17.05.31	충남대학교 농업생명과학대학	조교수	안현욱	장기	Deb2 프로그램 매뉴얼 및 튜토리얼 자료 작성
	계	전문가 3 인			-	3 회

○ 2세부: 첨단기술 기반의 하천계측 및 운영 기술 개발

- 2세부과제의 발전방향 제시와 성과도출 논의와 관련하여 아래와 같이 전문가 자문회의를 실시함.
- 자문회의를 통해 제시된 국내외 전문가의 의견을 수렴하여 연구방향을 정립하고 타 세부과제와의 연계방향을 모색할 수 있었음.

<2세부과제 차년도별 전문가 자문 수행 내역>

차년도	자문 일자	전문가			자문 시간	의견 수렴 내용
		소속	직위	성명		
2차 년도	12.08.08	경북대학교	교수	한건연	9시간	HPG의 지류 적용 시 정확도 개선 방안에 관한 자문
	12.08.08	한남대학교	교수	정태성	9시간	Hydro Connector의 입력 자료의 오류 및 정확도 개선에 관한 자문
	12.08.08	K-water	실장	황필선	9시간	독창성 및 연계성 확보 방안에 관한 자문
	12.08.08	건설기술 연구원	연구 위원	김원	9시간	최종 사용자 정의 및 그에 적합한 모델 개발에 관한 자문

	12.08.17	콜로라도 주립대	교수	Chih Ted Yang	4시간	모델링의 연계성 및 적용성 자문
	12.08.17	도쿄공업 대학교	교수	Tadaharu Ishikawa	4시간	레크리에이션 지수 산정 모델의 인자 종합화 방안에 관한 자문
	12.08.17	워릭대학교	교수	Ian Guymer	4시간	데이터기반 모델링의 입력 데이터 검토 필요성 자문
	12.10.19	창원대학교	교수	류시완	3시간	연구단 발전 방향 및 성과도출에 관한 의견수렴
	12.10.19	한경대학교	교수	백경오	3시간	연구단 발전 방향 및 성과도출에 관한 의견수렴
	12.10.19	강원대학교	교수	김상욱	3시간	연구단 발전 방향 및 성과도출에 관한 의견수렴
	12.11.12	도쿄공업 대학교	교수	Tadaharu Ishikawa	2시간	데이터기반 모델링의 오차율 개선 방안에 관한 자문
	13.04.23	콜로라도 주립대	교수	Pierre Y. Julien	8시간	모델링 간 연계성 및 각 모델링의 개선 방안 자문
계		전문가 12인			-	12건
3차 년도	13.08.30	K-water	책임 연구원	황필선	9시간	연구단 발전 방향 및 성과도출에 관한 의견수렴 및 자문
	13.08.30	동부엔지니어링	전무 이사	오규창	9시간	연구단 발전 방향 및 성과도출에 관한 의견수렴 및 자문
	13.08.30	㈜이산	전무 이사	이상열	9시간	연구단 발전 방향 및 성과도출에 관한 의견수렴 및 자문
	13.09.12	경기대학교	교수	윤세의	9시간	세부별 과제 총 평가 및 연계성, 결과 관련 자문
	13.09.12	한양대학교	교수	윤태훈	9시간	세부별 과제 총 평가 및 연계성, 결과 관련 자문
	13.09.25	서울대학교	교수	김윤영	3시간	수공,환경 관련 연구주제 관련 자문(수공환경세미나)
	13.10.30	명지대학교	교수	윤병만	5시간	2013 물산업전 전문가포럼 자문
	13.11.07	홋카이도대학교	교수	Shimizu, Yasuyuki	9시간	하천연구단 국제심포지엄 자문, 강연
	13.11.07	도쿄공업대학	교수	Ishikawa, Tadaharu	9시간	하천연구단 국제심포지엄 자문, 강연
	13.11.07	Jasa Tirta II Public Corporation	President Director	Herman Idrus	9시간	하천연구단 국제심포지엄 자문, 강연
	13.11.28	세한대학교	교수	Simon. M. Yoo	3시간	수공,환경 관련 연구주제 관련 자문(수공환경세미나)
	13.12.09	도쿄공업대학	교수	Ishikawa, Tadaharu	3시간	수공,환경 관련 연구주제 관련 자문(수공환경세미나)
	14.02.24	㈜에스이랩	대표	오승준	4시간	공간정보 선진 강우레이다 연구 동향 및 자료 처리 현황 소개
	14.02.24	공간정보산업	선임	강진아	4시간	공간정보 오픈플랫폼(V-World)

		진흥원	연구원			소개 및 활용사례 제시
	14.03.21	서울대학교	교수	이길재	3시간	물관리산업 관련 자문
	14.04.01	단국대학교	교수	김서준	4시간	휴대폰표면영상유속계의 사용자의 구체성을 지적
	14.04.01	경성대학교	교수	이남주	4시간	휴대폰 내장센서의 정확도에 대한 자문
	14.04.01	GT엔지니어링	교수	오성택	4시간	particle을 이용한 검증에 따른 오차의 지적
	14.04.24	국토연구원	연구위원	김대종	3시간	정부 3.0과 공간빅데이터 소개
	14.04.24	㈜한국에스리	상무	최규성	3시간	하천공간정보 공유·활용 플랫폼 기술과 물관리 선진사례 제시
	14.04.24	㈜부린	이사	유환성	3시간	효율적인 하천관리를 위한 중점 추진방안 제시
	14.04.24	건국대학교	교수	김성준	2시간	통합물관리를 위한 빅데이터 활용 방안에 관한 자문
	14.04.24	한국건설기술연구원	실장	김경탁	2시간	정보관리 전략수립을 위한 활용방안 및 체계구축 필요
	14.04.24	전주비전대학교	교수	이근상	2시간	DATA 품질을 관리할 수 있는 하천시설관리대장 성과심사제에 대한 의견 제시
	14.04.24	동부엔지니어링	이사	박문현	2시간	수자원관련 의사결정시 빅데이터를 활용한 융합의 필요성에 대한 자문
	14.04.24	지오씨엔아이	소장	장성현	2시간	수량·수질 통합관리를 위한 빅데이터 융합화 가능성 제시
	14.05.28	동부엔지니어링	부사장	오규창	5시간	3차년도 세세부과제별 연구성과에 대한구두 및 현장 평가
	14.05.28	㈜유신	부사장	오윤근	5시간	3차년도 세세부과제별 연구성과에 대한구두 및 현장 평가
	14.05.28	K-water	본부장	황필선	5시간	3차년도 세세부과제별 연구성과에 대한구두 및 현장 평가
계		전문가 26인			-	29회
4차년도	15.04	前 ONJ시스템	과장	백현숙	20시간	RIVERCAST System 의 RRI 및 ANN 프로그램 작업
	15.05.21	인하대학교	교수	김형수	5시간	세부별 과제 총 평가 및 연계성, 결과 관련 자문
	15.05.21	㈜이산	부사장	오규창	5시간	세부별 과제 총 평가 및 연계성, 결과 관련 자문
	15.05.21	㈜유신	전무이사	오윤근	5시간	세부별 과제 총 평가 및 연계성, 결과 관련 자문
	15.05.21	유량조사사업단	단장	정성원	5시간	세부별 과제 총 평가 및 연계성, 결과 관련 자문

계		전문가 5인			-	5회
5차 년도	2015.9.25. ~9.26	NCKU(Taiwan)	Professor	Phao-Shan Yu	2일	세미나 참석,강연 및 국제협력과제 연구 수행
	2015.9.25. ~9.26	Queen's Univ.(Canada)	Professor	Da silva	2일	세미나 참석,강연 및 국제협력과제 연구 수행
	2015.10.25~10.30	USGS(USA)	Director	Jonathan Nelson	6일	세미나 참석,강연 및 국제협력과제 연구 수행
	2015.10.25~10.30	USGS(USA)	Hydrologist	Richard McDonald	6일	세미나 참석,강연 및 국제협력과제 연구 수행
	2015.10.25~10.30	USGS(USA)	Hydrologist	Paul Kinzel	6일	세미나 참석,강연 및 국제협력과제 연구 수행
	2016.4.21. ~4.24	The Hong Kong UST(Hong Kong)	Professor	Joseph Lee	3일	국제심포지엄 참석,강연 및 국제협력과제 연구 수행
	2016.4.21. ~4.24	Nanyang Tech. Univ.(Singapore)	Professor	Adrian Law	3일	국제심포지엄 참석,강연 및 국제협력과제 연구 수행
계		전문가 7인			-	7회
6차 년도	17.5.15.~ 17.5.17.	USGS(USA)	Director	Jonathan Nelson	3일	국제심포지엄 참석 및 강연, 국제협력과제 연구 수행
	17.5.15.~ 17.5.17.	USGS(USA)	Hydrologist	Richard McDonald	3일	국제심포지엄 참석 및 강연, 국제협력과제 연구 수행
	17.5.15.~ 17.5.17.	USGS(USA)	Hydrologist	Paul Kinzel	3일	국제심포지엄 참석 및 강연, 국제협력과제 연구 수행
	17.5.15.~ 17.5.16.	홋카이도대	교수	Yasuyuki Shimizu	2일	국제심포지엄 참석 및 강연, 국제협력과제 연구 수행
	17.5.15.~ 17.5.16.	홋카이도대	교수	Tomoko Kyuka	2일	국제심포지엄 참석 및 강연, 국제협력과제 연구 수행
	17.5.15.~ 17.5.16.	홋카이도대	교수	Ichiro Kimura	2일	국제심포지엄 참석 및 강연, 국제협력과제 연구 수행
	17.5.15.~ 17.5.17.	대만대	교수	Christina Tsai	2일	국제심포지엄 참석 및 강연, 국제협력과제 연구 수행
	17.5.15.~ 17.5.17.	홍콩 UST	교수	Joseph H. W. Lee	3일	국제심포지엄 참석 및 강연, 국제협력과제 연구 수행
계		전문가 8인			-	8회

<2세부과제 차년도별 전문가 활용 내역-장기>

차년도	자문 일자	전문가			자문 시간	의견 수렴 내용
		소속	직위	성명		
3차 년도	14.03.17~ 14.04.24	인하대학교	교수	김계현	장기	통합표준데이터모델 개념 및 정의 등에 대한 논리적 타당성을 검토하고, 기존 자료의 변환 결과에 대한 적정성에 대한 자문
	14.03.17 ~ 14.04.24	전주비전 대학교	교수	이근상	장기	통합표준데이터모델의 OGC 등 표준준수 및 GDM 테이블의 적정성을 평가하고, 세부속성 및 메타데이터 정의에 대한 자문
	14.05.09 ~ 14.05.26	한국건설기술 연구원	실장	김경탁	장기	타 물관련 정보시스템과 연계를 위해 개발한 하천공간정보 ML, WaterOneFlow-G에 대한 자문
계		전문가 3인			-	3회
4차 년도	15.01.01 ~ 15.06.30	한국건설기술 연구원	연구위원	윤광석	장기	국가기준서개정안 자문
	14.09.14~ 14.09.17	USGS	Director	Jonathan Nelson	4일	국제심포지엄 참석,강연 및 국제협력과제 연구 수행
	14.09.14~ 14.09.17	USGS	Hydrologist	Richard McDonald	4일	국제심포지엄 참석,강연 및 국제협력과제 연구 수행
	14.09.14~ 14.09.17	USGS	Hydrologist	Paul Kinzel	4일	국제심포지엄 참석,강연 및 국제협력과제 연구 수행
	14.09.14~ 14.09.17	Univ. of Warwick	Professor	Ian Guymer	4일	국제심포지엄 참석,강연 및 국제협력과제 연구 수행
	14.09.14~ 14.09.17	Institute of Geophysics	Professor	Pawel Rowinski	4일	국제심포지엄 참석,강연 및 국제협력과제 연구 수행
	14.09.14~ 14.09.17	Autonomous Univ. of Ciudad Jaárez	Lecturer	Sergio Saul Solis	4일	국제심포지엄 참석,강연 및 국제협력과제 연구 수행
	15.04.27~ 15.05.02	USGS	Director	Jonathan Nelson	7일	iRIC워크숍국 참석,강연 및 국제협력과제 연구 수행
	15.04.27~ 15.05.02	USGS	Hydrologist	Richard McDonald	7일	iRIC워크숍국 참석,강연 및 국제협력과제 연구 수행
	15.04.27~ 15.05.02	USGS	Hydrologist	Paul Kinzel	7일	iRIC워크숍국 참석,강연 및 국제협력과제 연구 수행
	15.05.30~ 15.06.05	뉴욕시립대	교수	Michael Piasecki	7일	세미나 참석,강연 및 국제협력과제 연구 수행

	14.07.01 ~ 15.05.20	Iowa	교수	Muste Marian	장기	불확도 평가 방법론 제공 및 현장실험에 대한 검토 · 의견 제안, 외국에서 불확도 평가에 사용된 자료 및 Framework 제공, 개발중인 소프트웨어에 대한 평가 및 의견 제공
계		전문가 9인			-	12회
5차 년도	2015.10.1 ~ 2016.5.31	㈜이츠솔루션	상무 이사	김덕영	8개월	강수정보 활용을 위한 레이더 및 위성자료 연계 방안 수립
	2015.07 ~ 2016.06	Iowa대학	부교수	Marian Muste	장기	- 유선 및 E-mail을 통한 4차년도 실험 결과 분석 및 5차년도 실험 계획 수립 - 대면회의를 통한 5차년도 실험결과 분석 및 불확도 평가를 위한 분석 방향 결정
계		전문가 2인			-	2회
6차 년도	2016.11.1. ~ 2017.6.15.	㈜이츠솔루션	상무 이사	김덕영	8개월	기상청 수치예보 모델 자료 활용을 위한 수문기상인자 처리기술 개발
계		전문가 1인			-	1회

○ 3세부: 한국형 수문량 분석 선진화 기술 개발

- 3세부과제의 발전방향 제시와 성과도출 논의와 관련하여 아래와 같이 전문가를 모시고 자문을 실시함.
- 자문회의를 통해 제시된 국내외 전문가의 의견을 수렴하여 연구방향을 정립하고 타 세부과제와의 연계방향을 모색할 수 있었음.
- 실무 및 학술분야에 있는 여러 전문가의 다양한 의견을 수렴하였으며, 특히 공청회 및 자체평가를 통하여 실무 적용성 및 이론적 타당성을 확립하는데 큰 도움이 되었음.

<3세부과제의 차년도별 전문가 자문 수행 내역>

차년도	자문 일자	전문가			자문 시간	의견 수렴 내용
		소속	직위	성명		
3차 년도	13.11.16 ~ 13.11.17	강원대학교	조교수	김병식	9시간	합성단위도 도달시간 및 저류상수 상관식 유도 관련에 관한 자문
	13.11.16 ~ 13.11.17	경희대학교	조교수	강두선	9시간	합성단위도 도달시간 및 저류상수 상관식 유도 관련에 관한 자문
	13.12.11	고려대학교	명예 교수	윤용남	2시간	설계홍수량 산정요령의 표준화 연구 초청 세미나

	13.11.08	Water Resources University	Prof.	Nguyen Mai dang	3시간	홍수조절시스템 및 홍수량 산정에 관한 자문
	13.12.05	University of Northern Brititsh Columbia	Postdoctoral Fellow	강도혁	3시간	위성 및 레이더 강우의 활용범위에 관한 자문
	13.12.18	평화엔지니어링	전무	이용수	3시간	설계홍수량 산정 방법 절차에 관한 자문
	14.02.12	평화엔지니어링	전무	이용수	3시간	레이더 강우를 이용한 면적감소계수 산정 절차 관한 자문
	14.03.21 ~ 14.03.22	Centre for Ecology & Hydrology	선임 연구원	Thomas Kjeldsen	8시간	영국의 수문현황과 홍수량 산정 방법(Flood Estimation handbook) 중 유역 유사성 평가 방법에 관한 자문
	14.05.09	유신엔지니어링	이사	홍석현	3시간	Baysian Model Average 소개 및 수문자료(레이더 강우)의 불확실성 검토 방법에 관한 자문
	14.05.09	부천대학교	조교수	김정수	3시간	설계홍수량 산정을 위한 IDF 곡선 개발 소개 및 적용방법에 관한 자문
	14.05.22	동부엔지니어링	부사장	오규창	4.5시간	3차년도 세세부과제별 연구성과에 대한구두 및 시연 평가
	14.05.22	㈜유신	부사장	오윤근	4.5시간	3차년도 세세부과제별 연구성과에 대한구두 및 시연 평가
	14.05.22	㈜이산	전무	이상렬	4.5시간	3차년도 세세부과제별 연구성과에 대한구두 및 시연 평가
	14.05.22	도화엔지니어링	상무	박환철	4.5시간	3차년도 세세부과제별 연구성과에 대한구두 및 시연 평가
계		전문가 13인			-	14회
4차 년도	14.11.07	Kwater 수문기상협력센터	연구 팀장	강재원	4.5시간	4차년도 연구수행결과물 및 5차년도 추후 시스템 수문기상 연계협력 방안 회의
	15.04.04	Colorado State University	교수	Jorge A. Ramirez	1회	Vulnerability에 관한 내용으로 강의 및 4차년도 연구성과에 대한 자문
	15.05.15	중부대학교	교수	이주헌	3시간	4차년도 ARF 산정 연구성과에 자문의견
	15.05.15	영남대학교	교수	서용원	3시간	4차년도 ARF 산정 연구성과에 자문의견
	15.05.15	K-Water	책임 연구원	류경식	3시간	4차년도 ARF 산정 연구성과에 자문의견
	15.06.01	University of	Senior	Thomas	5시간	PDM모형 연구성과에 대한 자문

		Bath	Lecturer	Kjeldsen		및 시연 평가
	15.06.02	University of Bath	Senior Lecturer	Thomas Kjeldsen	5시간	PDM모형 연구성과에 대한 자문 및 시연 평가
	15.06.03	University of Bath	Senior Lecturer	Thomas Kjeldsen	5시간	PDM모형 연구성과에 대한 자문 및 시연 평가
	15.05.22	동부엔지니어링	부사장	오규창	4.5시간	4차년도 세세부과제별 연구성과에 대한구두 및 시연 평가
	15.05.22	㈜유신	부사장	오윤근	4.5시간	4차년도 세세부과제별 연구성과에 대한구두 및 시연 평가
	15.05.22	㈜이산	부사장	이상렬	4.5시간	4차년도 세세부과제별 연구성과에 대한구두 및 시연 평가
	15.05.22	도화엔지니어링	상무	박환철	4.5시간	4차년도 세세부과제별 연구성과에 대한구두 및 시연 평가
계		전문가 10인			-	7회
5차 년도	15.07.30	㈜이산	부사장	오규창	4시간	수문량 산정 하천설계기준 개정(안) 공청회 패널
	15.07.30	㈜유신	부사장	오윤근	4시간	수문량 산정 하천설계기준 개정(안) 공청회 패널
	15.07.30	㈜이산	상임 고문	윤용남	4시간	수문량 산정 하천설계기준 개정(안) 공청회 패널
	15.07.30	도화 엔지니어링	부사장	최종남	4시간	수문량 산정 하천설계기준 개정(안) 공청회 패널
	15.07.30	경북대학교	교수	한건연	4시간	수문량 산정 하천설계기준 개정(안) 공청회 패널
	15.05.02	㈜유신	부사장	오규창	4시간	5차년도 세세부과제별 연구성과에 대한구두 및 시연 평가
	15.05.02	한강홍수통제소	부사장	차준호	4시간	5차년도 세세부과제별 연구성과에 대한 평가
	15.05.02	도화엔지니어링	상무	박환철	4시간	5차년도 세세부과제별 연구성과에 대한 평가
계		전문가 7인			-	2회

<3세부과제의 차년도별 전문가 활용 내역 - 장기>

차년도	자문 일자	전문가			자문 시간	의견 수렴 내용
		소속	직위	성명		
3차 년도	13.09. ~14.05.	한양대학교	부교수	김태웅	장기	NRCS 유효우량 산정기법의 개선 방안에 관한 자문
	2012. 8. ~ 2013. 5.	상지대학교	부교수	김상호	장기	하도추적 매개변수 결정기법 도출

	14.02.28 ~ 14.03.25	경희대학교	교수	이도훈	장기	HEC-HMS를 이용한 홍수량 자료의 공간모의
	14.04.17 ~ 14.05.12	경희대학교	교수	이도훈	장기	충주댐 상류유역의 홍수유출해석을 위한 HEC-HMS 적용
계		전문가 3인			-	4회
4차 년도	14.07. ~15.06.	상지대학교	교수	김상호	장기	중소하천 하도추적기법 개발에 관한 자문
	14.07. ~15.06.	홍익대학교	교수	김동균	장기	전국 4개 권역 ARF 산정 및 산정방법 자문
	14.07. ~15.06.	한양대학교	부교수	김태웅	장기	NRCS 유효우량 산정기법의 개선 방안에 관한 자문
	14.07. ~15.06.	홍익대학교	조교수	김동균	장기	소유역 분할에 관한 자문
	14.11.11 ~ 14.12.05	경희대학교	교수	이도훈	장기	충주댐 유역의 HEC-HMS를 활용한 홍수빈도해석
	15.01.21 ~ 14.03.20	경희대학교	교수	이도훈	장기	충주댐 유역의 강우-유출관계 비선형성 규명 및 분석
	15.03.05 ~ 14.04.21	California Department of Water Resources	Water Resources Engineer	신현민	장기	우리나라와 미국의 강우변동 특성에 따른 비교 연구
	15.04.08 ~ 14.05.20	원광대학교	교수	정 용	장기	낙동강 유역에 대한 홍수유출자료의 공간적 확장
계		전문가 6인			-	8회
5차 년도	15.10. ~16.05.	홍익대학교	교수	김동균	장기	면적우량환산계수의 강우 공간 변동성 파악 관련 자문
	15.10. ~16.05.	University of Brescia	교수	Ranzi Roberto	장기	레이더 호우중심형 ARF 산정 및 통계 분석 관련 자문
	16.02.12~ 16.05.15	홍익대학교	교수	김동균	장기	레이더 강우데이터의 수문학 연구에 대한 자문
	16.02.12~ 16.05.15	㈜동명기술공단	상무	윤광원	장기	임계지속기간에 따른 첨두홍수량 산정을 위한 자문
	15.11.01~ 16.05.15	한양대학교	교수	김태웅	장기	유출곡선지수 산정을 위한 자문
	15.07. ~16.04.	상지대학교	교수	김상호	장기	대표 하도추적기법에 관한 자문
	15.11.26 ~	California Department	Water Resources	신현민	장기	우리나라와 미국의 강우변동 특성에 따른 비교 연구(II)

	16.01.14	of Water Resources	Engineer			
	15.12.16 ~ 16.02.03	경희대학교	교수	이도훈	장기	충주댐 유역에서 확률강우-단위도 방법을 적용한 확률홍수량의 평가
	16.03.14 ~ 16.04.28	경희대학교	교수	이도훈	장기	충주댐 유역에서의 확률홍수량 산정방법의 비교분석
계		전문가 7인			-	8회
6차 년도	2016.7~ 2017.6	한양대학교	교수	김태웅	장기	초기손실을 고려한 유효우량산정방법 연구
	2016.7~ 2017.6	㈜동명기술공단 종합건축사사무소	상무	윤광원	장기	임계지속기간에 따른 첨두홍수량 산정을 위한 유출모의 시간간격 결정
계		전문가 2인			-	2회

○ 4세부: 물안보 확보를 위한 하천의 탄력적 물관리 기술 개발

- 4세부과제에서는 1 ~ 6차년도에서 도출된 실용화 추진성과에 대한 타당성을 확인하고 연구성과의 질을 향상시켜 실질적인 활용방안을 모색하기 위하여 아래와 같이 실무 및 학술분야에 종사하는 전문가를 모시고 자문을 실시하였음
- 전문가의 자문의견을 수렴하여 연구에 반영하였으며, 장기적인 관점의 의견은 추후 연구에서 지속적으로 검토하고 반영하였음

<4세부과제의 차년도별 전문가 자문 수행 내역>

차년도	자문 일자	전문가			자문 시간	의견 수렴 내용
		소속	직위	성명		
2차 년도	2012. 8.~ 2013. 5.	강원대학교	조교수	김상욱	월 80시간	기후변화 시나리오를 고려한 유출 모의
	2012. 8. ~2013. 5.	인제대학교	부교수	박재현	월 96 시간	테스트베드의 물 순환 DB소프트웨어 구축을 위한 기초조사 등
	2012. 8. ~2013. 5.	인제대학교	박사	전상미	월 64 시간	테스트 베드에 대한 물 순환 모형의 구성 및 적용
	2012. 9. ~2013. 1.	KEI	박사	김연주	18시간	기후변화 영향평가
	2013.4.20 2013.4.27	㈜씨더	이사	조재화	10시간	소프트웨어 개발 자문
	2013.9	단국대	교수	김동수	6시간	토지이용 변화 영향평가
계		전문가 6인			-	6건

3차 년도	2013. 8. ~2013. 8.	서경대학교	교수	최재순	5시간	기후변화 적응전략 연구동향 관련 회의 및 파악
	2013.9.11	㈜ 대상엔지니어링	대표이사	박경덕	2시간	신규 수자원 시설물 설치에 의한 영향 분석
	2014.2.6	청운대학교	교수	조현섭	2시간	설비 및 운용에 대한 자료협조 국내외 펌프 및 설비 자동제어 기술수준
	2014.2.7	APEC 기후센터	박사	조재필	2시간	불확실성을 고려한 수자원 분야 CMIP5 자료분석
	2014.4.10	영남대학교	교수	지홍기	2시간	다목적 조정지 설치를 위한 가이드라인 자문의견
	2014.4.14	Texas A&M	교수	정재학	2시간	기후변화 예측과 대응방안 연구동향 파악
	2014.4.14	유량조사사업단	단장	정성원	2시간	수문조사 현황과 개선점 등 수문조사 사업동향 파악
	2014.4.24	GGGI(글로벌 녹색성장연구원)	Principal Water Specialist	홍일표	2시간	녹색성장을 위한 GGGI의 연구개발 현황 및 주요결과 파악
	2014.05.29	동부엔지니어링	부사장	오규창	5시간	3차년도 세세부과제별 연구성과에 대한구두 및 시연 평가
	2014.05.29	㈜유신	부사장	오윤근	5시간	3차년도 세세부과제별 연구성과에 대한구두 및 시연 평가
	2014.05.29	㈜이산	전무	이상렬	5시간	3차년도 세세부과제별 연구성과에 대한구두 및 시연 평가
	2014.05.29	한국건설기술연구원	선임 연구위원	이동률	5시간	3차년도 세세부과제별 연구성과에 대한구두 및 시연 평가
계		전문가 12인			-	12회
4차 년도	2014.9.30	K-water연구원	책임 연구원	이상진	3시간	SWMM의 유역유출 및 수질 모의에 관한 자동보정 모듈 개발
	2014.9.30	K-water연구원	선임 연구원	강태욱	3시간	SWMM의 유역유출 및 수질 모의에 관한 자동보정 모듈 개발
	2014.11.01 2014.11.06 2014.11.11 2014.11.23. 2015.01.21	한국건설기술연구원	수석 연구원	최시중	14시간	수장기 물수지 분석 자료 설명 및 의견 제시
	2014.12.10	한국종합기술	부장	강정훈	3시간	물 순환 시설 설계 및

						해외사업 소개
	2015.01.02 2015.01.12 2015.01.15	한국건설환경기술	연구 소장	김정곤	9시간	토양수분 저류구조 탱크모형을 이용한 자연 유출량 선정 (금강 및 충청남도 권역)
	2015.01.20	홍익대학교	교수	이승오	2시간	재배작물 요소 도출 및 용수수요 분석
	2015.03.25	한국건설기술연구원	연구 실장	이동률	4시간	물복지 실현을 위한 하천관리 토론회 종합토론 패널
	2015.03.25	대진대학교	교수	장석환	4시간	물복지 실현을 위한 하천관리 토론회 종합토론 패널
	2015.03.25	K-water 조사기획처	처장	차형선	4시간	물복지 실현을 위한 하천관리 토론회 종합토론 패널
	2015.03.25	K-water 수자원경영처	팀장	김동진	4시간	물복지 실현을 위한 하천관리 토론회 종합토론 패널
	2015.03.25	한국물포럼	사무총장	고덕구	4시간	물복지 실현을 위한 하천관리 토론회 종합토론 패널
	2015.04.08. 2015.04.29	성균관대학교	교수	Ray Hartman	6시간	연구과제 소개 및 홍보 영상 제작 자문
	2015.05.19	강원대학교	교수	전계원	서면 자문	탄력성 평가 가이드라인(안) 자문 : 탄력성 평가의 의미와 타세부와의 연계성
	2015.05.19	홍익대학교	교수	이승오	서면 자문	탄력성 평가 가이드라인(안) 자문 : 각 챕터별 자문의견 수렴
	2015.05.19	에이치큐테크	연구 소장	이현석	서면 자문	탄력성 평가 가이드라인(안) 자문 : 사례연구 대상지 선정 이유 명기, 적용된 2개 지역의 특성 비교
	2015.05.19	농어촌공사	계장	박지성	서면 자문	탄력성 평가 가이드라인(안) 자문 : 논용수, 밭용수의 수요량 및 전망 확인
	2015.05.19	K-water	책임 연구원	류경식	서면 자문	탄력성 평가 가이드라인(안) 자문 : 타 지침과의 차별성 제시
	2015.05.20	㈜이산	본부장	이상열	4.5시간	4차년도 세세부과제별 연구성과에 대한 구두 및 시연 평가
	2015.05.20	유량조사사업단	단장	정성원	4.5시간	4차년도 세세부과제별 연구성과에 대한 구두 및 시연 평가
	2015.05.20	국립재난안전연구원	연구관	정태성	4.5시간	4차년도 세세부과제별 연구성과에 대한 구두 및

						시연 평가
	2015.05.20	낙동강홍수통제소	연구관	최규현	4.5시간	4차년도 세세부과제별 연구성과에 대한 구두 및 시연 평가
계		전문가 20인			-	16회
5차 년도	2015.8.3.~ 2015.8.10	충청대학교	교수	연규방	6시간	4차년도 작성된 가이드라인(안)의 구성과 내용 전반에 대한 의견 수렴
	2016.3.7.~ 2016.3.10.	충북대학교, 대전대학교	강사	이혜근	6시간	물관리를 위해 사용되는 분석 모형 중 주로 적용사례가 많은 분석 모형에 대해 자문 받고, 모형에 적용된 이론과 개념을 공식화해서 수록
	2016.3.24.~ 2016.3.31	K-water	처장	김현식	6시간	댐 운영에 오랜 실무경험이 있는 전문가를 통해 물관리의 중요한 수자원 시설물인 저수지의 운영 방법과 제어 방법에 대한 자료 제공과 자문
	2016.4.4.	ICUH	책임연구원	변성준	3시간	탄력적 수량확보를 위한 시나리오 제안 및 검토
	2016.4.1.~ 2016.4.7	한국농어촌공사 농어촌연구원	과장	박지성	6시간	물수지분석 모형 수행시 농업용수 반순단위 행정구역별 구별 방안 및 회귀수 일반화
	2016.4.18.~ 2016.4.21	APCC	책임연구원	신용희	6시간	기후변화에 의한 수해(홍수 및 가뭄) 피해 사례와 유역단위의 농업용수 사용량 산정 방법
	2016.4.27.	대전대학교	교수	허재영	3시간	충남수장기 적용 결과 검토
	2016.4.28.	경북대학교	교수	한건연	4.5시간	5차년도 세세부과제별 연구성과에 대한 구두 및 시연 평가
	2016.4.28.	국립재난안전연구원	연구관	정태성	4.5시간	5차년도 세세부과제별 연구성과에 대한 구두 및 시연 평가
	2016.4.28.	영산강홍수통제소	연구관	최규현	4.5시간	5차년도 세세부과제별 연구성과에 대한 구두 및 시연 평가
계		전문가 10인				13회
6차 년도	2017.2.3. ~ 2017.2.9	KICT	연구위원	김규호	서면	4세부과제 연구성과를 반영한 국가기준서(하천설계기준) 개정에 대한 의견 수렴
	2017.2.3.	인하대학교	교수	김형수	서면	4세부과제 연구성과를

	~ 2017.2.9					반영한 국가기준서(하천설계기준) 개정에 대한 의견 수렴
	2017.2.3. ~ 2017.2.9	㈜이산	부사장	오규창	서면	4세부과제 연구성과를 반영한 국가기준서(하천설계기준) 개정에 대한 의견 수렴
	2017.2.3. ~ 2017.2.9	㈜유신	부사장	오윤근	서면	4세부과제 연구성과를 반영한 국가기준서(하천설계기준) 개정에 대한 의견 수렴
	2017.2.3. ~ 2017.2.9	유량조사사업단	단장	정성원	서면	4세부과제 연구성과를 반영한 국가기준서(하천설계기준) 개정에 대한 의견 수렴
	2017.2.3. ~ 2017.2.9	국립재난안전연구원	연구관	정태성	서면	4세부과제 연구성과를 반영한 국가기준서(하천설계기준) 개정에 대한 의견 수렴
	2017.3.6. ~2017.4.14	강원대학교	교수	임경재	10일	국내 농업용 저수지 연계 모듈 개선 사항 도출
	2017.3.6. ~2017.4.14	경북대학교	교수	신용철	10일	단계별 가뭄 완화 및 대응방안 제시 및 캘리포니아 사례 조사
계		전문가 8인				8회

<4세부과제의 차년도별 전문가 활용 내역 - 장기>

차년도	자문 일자	전문가			자문 시간	의견 수렴 내용
		소속	직위	성명		
3차 년도	2013. 6. ~2013. 7.	자연재해피해예측및저감연구개발사업단	단장	박성제	장기	하천수 사용료 징수체계의 성립 및 변천과정
	2013. 6. ~2013. 7.	농어촌연구원	ICID 광주총회 사무총장	어대수	장기	하천수 사용의 분쟁 사례 및 농업용수 징수체계
	2013. 6. ~2013. 8.	서울대학교	교수	최지용	장기	현행 하천수 사용허가 업무에 있어서 수질문제
	2013. 7. ~2013. 4.	강원대학교	조교수	김상욱	장기	기후변화 시나리오를 고려한 유출 모의
	2013. 7. ~2013. 4.	인제대학교	부교수	박재현	장기	테스트베드의 물 순환 DB소프트웨어 구축을 위한 기초조사 등

	2013. 7. ~2014. 5.	(주) Cedar	이사	조재화	장기	기후변화 및 토지이용변화에 따른 민감도 분석 도구 및 물순환 취약성 도구 개발
	2013. 7. ~2014. 2.	(주) Cedar	이사	김회영	장기	기후변화 및 토지이용변화에 따른 민감도 분석 도구 및 물순환 취약성 도구 개발
	2013. 10. ~2013. 12.	인제대학교	박사	전상미	장기	테스트 베드에 대한 물 순환 모형의 구성 및 적용
계		전문가 8인			-	8회
4차 년도	2014. 6. ~2015. 6.	㈜Cedar	이사	조재화	장기	물 순환 개선시설 효과 분석 도구 개발
	2014. 10. ~2015. 6.	㈜Cedar	이사	정유진	장기	물 순환 개선시설 효과 분석 도구 개발
	2014. 9. ~2015. 4.	강원대학교	조교수	김상욱	장기	기후변화 시나리오의 편의 보정
	2014. 9. ~2015. 4.	인제대학교	부교수	박재현	장기	외부환경 변화에 따른 낙동강 표준유역 단위의 물 순환 모형 구축 및 보정
	2014. 9. ~2015. 4.	인제대학교	박사	전상미	장기	낙동강 주요 댐 유역의 물 순환 모형 보정
	2015.03 ~ 2015.06	-	박사	이혜근	장기	탄력성 평가 가이드라인(안) 검토
	2015.04.08. ~2015.05.31	공주대학교	교수	정상만	장기	한국형 통합물관리 실행을 위한 Shared Vision Planning Model 실행체계 구축 방안 제시
	2015.04.08. ~2015.05.31	한국농어촌공사	주임 연구원	김해도	장기	농업환경 변화에 따른 농업용수 산정 방법론 개발
계		전문가 8인			-	8회
5차 년도	2015.10.1. ~ 2016.2.29.	인제대학교	정교수	박재현	장기	외부환경 변화에 따른 낙동강 표준유역단위의 물 순환 모의
	2015.8.1. ~ 2016.3.31.	강원대학교	부교수	김상욱	장기	기후변화 시나리오 분석
	2015.8.1. ~ 2016.3.31.	경성대학교	박사	강태욱	장기	낙동강 표준유역단위의 물 순환 모형의 검토 및 모의 결과의 DB화 프로그램 개발
	2015.7.1. ~ 2016.4.30.	서울과학기술 대학교	부교수	정은성	장기	중소유역의 물 순환 계획 평가 모듈 개발
계		전문가 4인			-	4회
6차	2016. 7. 1.	서울과학기술	부교수	정은성	장기	중소유역의 물 순환 계획

년도	~ 2017. 4. 30.	대학교				평가 모듈 개발
	2017. 1. 1. ~ 3. 31.	강원대학교	부교수	김상욱	장기	기후변화에 따른 수문학적 변화
	2017. 1. 1. ~ 3. 31.	경성대학교	연구교수	강태욱	장기	낙동강 댐유역 매개변수 보정 및 연속모의
	2017. 1. 1. ~ 5. 30.	유송	대표	정태훈	장기	SWMM5의 매개변수 추정지원 시스템 개선
	2017.02.20. ~ 2017.03.23.	PS 글로벌	대표	이동섭	장기	K-WEAP Management Tool 입력관리 프로그램 개발
계		전문가 5인			-	5회

○ 5세부: 정성.정량적 성과관리에 대한 연구

- 5세부과제의 발전방향 제시와 성과도출 논의와 관련하여 아래와 같이 1~5차 년도까지 전문가 자문회의를 실시함.
- 하천실증실용화센터 운영을 위한 장기자문을 실시함.

<5세부과제의 차년도별 전문가 자문 수행 내역>

차년도	자문 일자	전문가			자문 시간	의견 수렴 내용
		소속	직위	성명		
4차 년도	14.08.29	K-water	본부장	황필선	5.5	연구단 세부별 과제 자문 및 평가
	14.08.29	인하대학교	교수	김형수	5.5	연구단 세부별 과제 자문 및 평가
	14.10.27	한국건설기준연구원	연구위원	우효섭	9	연구개발성과에 관한 서면 자문
	14.11.07	한국해양과학기술원	책임연구원	이광수	1.5	연구단 성과활용 세미나
	14.11.21	Univ. of Dunhee, UK	교수	박용성	1	연구단 성과활용 세미나
	14.11.28	Université Paris-Est, France	Professor	Nguyen	1	연구단 성과활용 세미나
	14.12.11	㈜제2서해안고속도로	사장	류영창	2	연구단 성과활용 세미나
	15.02.10	㈜이산	부사장	이상열	2	연구단 총괄 성과 및 운영 자문
	15.02.10	㈜이산	부사장	오규창	2	연구단 총괄 성과 및 운영 자문
	15.02.10	국립재난안전연구원	연구관	정태성	2	연구단 총괄 성과 및 운영 자문

	15.02.10	명지대학교	교수	윤병만	2	연구단 총괄 성과 및 운영 자문
계		전문가 11인			-	11회
5차 년도	15.07.13	아주대학교	교수	이재응	1.5시간	국가기준서 개정(안) 자문
	15.07.30	㈜도화엔지니어링	전무이사	최종남	2시간	물관리연구사업 국가기준서 개정(안) 공청회 자문>
	15.10.30	유량조사사업단	단장	정성원	4시간	국가기준서 개정(안) 자문
	15.10.30	㈜유신	부사장	오윤근	4시간	국가기준서 개정(안) 자문
	15.10.30	인하대학교	교수	김형수	4시간	국가기준서 개정(안) 자문
	15.10.30	경북대학교	교수	한건연	4시간	국가기준서 개정(안) 자문
	15.10.30	국가건설기준센터	센터장	권수안	4시간	국가기준서 개정(안) 자문
	15.10.30	㈜이산	기술고문	김국일	4시간	국가기준서 개정(안) 자문
	15.11.24	서울대학교	객원교수	이길재	1시간	연구단 세미나
	15.12.02	Unversity od Dundee(UK)	교수	박용성	1시간	연구단 세미나
	15.12.04	(사)한국물포럼	사무총장	고덕구	4시간	하천설계기준 개정(안) 토론
	15.12.04	㈜동부엔지니어링	부사장	박용섭	4시간	하천설계기준 개정(안) 토론
	15.12.04	㈜유신	부사장	오윤근	4시간	하천설계기준 개정(안) 토론
	15.12.04	㈜평화엔지니어링	부사장	윤여승	4시간	하천설계기준 개정(안) 토론
	15.12.04	명지대학교	교수	윤병만	4시간	하천설계기준 개정(안) 토론
	15.12.04	㈜이산	기술고문	김국일	4시간	하천설계기준 개정(안) 토론
	15.12.04	한국하천협회	회장	하수용	4시간	하천설계기준 개정(안) 토론
	16.01.15	㈜화신엔지니어링	전무이사	김인식 외 9명	5시간	하천설계기준 개정(안) 설문
	16.4.20~ 16.4.26	USGS(USA)	Director	Jonathan Nelson	7일	세미나 참석,강연 및 국제협력과제 연구 수행
	16.4.20~ 16.4.26	USGS(USA)	Hydrologist	Richard Mcdonald	7일	세미나 참석,강연 및 국제협력과제 연구 수행
	16.4.20~ 16.4.26	USGS(USA)	Hydrologist	Paul Kinzel	7일	세미나 참석,강연 및 국제협력과제 연구 수행
	16.04.22	㈜이산	부사장	오규창	5시간	2세부 자체평가 자문

	16.04.22	유량조사사업단	단장	정성원	5시간	2세부 자체평가 자문
	16.04.22	인하대학교	교수	김형수	5시간	2세부 자체평가 자문
계		전문가 22인			-	24회
5차 년도	15.07.13	아주대학교	교수	이재응	1.5시간	국가기준서 개정(안) 자문
	15.07.30	㈜도화엔지니어링	전무이사	최종남	2시간	물관리연구사업 국가기준서 개정(안) 공청회 자문>
	15.10.30	유량조사사업단	단장	정성원	4시간	국가기준서 개정(안) 자문
	15.10.30	㈜유신	부사장	오윤근	4시간	국가기준서 개정(안) 자문
	15.10.30	인하대학교	교수	김형수	4시간	국가기준서 개정(안) 자문
	15.10.30	경북대학교	교수	한건연	4시간	국가기준서 개정(안) 자문
	15.10.30	국가건설기준센터	센터장	권수안	4시간	국가기준서 개정(안) 자문
	15.10.30	㈜이산	기술고문	김국일	4시간	국가기준서 개정(안) 자문
	15.11.24	서울대학교	객원교수	이길재	1시간	연구단 세미나
	15.12.02	Unversity od Dundee(UK)	교수	박용성	1시간	연구단 세미나
	15.12.04	(사)한국물포럼	사무총장	고덕구	4시간	하천설계기준 개정(안) 토론
	15.12.04	㈜동부엔지니어링	부사장	박용섭	4시간	하천설계기준 개정(안) 토론
	15.12.04	㈜유신	부사장	오윤근	4시간	하천설계기준 개정(안) 토론
	15.12.04	㈜평화엔지니어링	부사장	윤여승	4시간	하천설계기준 개정(안) 토론
	15.12.04	명지대학교	교수	윤병만	4시간	하천설계기준 개정(안) 토론
	15.12.04	㈜이산	기술고문	김국일	4시간	하천설계기준 개정(안) 토론
	15.12.04	한국하천협회	회장	하수용	4시간	하천설계기준 개정(안) 토론
	16.01.15	㈜화신엔지니어링	전무이사	김인식 외 9명	5시간	하천설계기준 개정(안) 설문
	16.4.20~ 16.4.26	USGS(USA)	Director	Jonathan Nelson	7일	세미나 참석,강연 및 국제협력과제 연구 수행
	16.4.20~ 16.4.26	USGS(USA)	Hydrologist	Richard Mcdonald	7일	세미나 참석,강연 및 국제협력과제 연구 수행
	16.4.20~ 16.4.26	USGS(USA)	Hydrologist	Paul Kinzel	7일	세미나 참석,강연 및 국제협력과제 연구 수행
	16.04.22	㈜이산	부사장	오규창	5시간	2세부 자체평가 자문

	16.04.22	유량조사사업단	단장	정성원	5시간	2세부 자체평가 자문
	16.04.22	인하대학교	교수	김형수	5시간	2세부 자체평가 자문
계		전문가 22인			-	24회
6차 년도	16.8.24.	Hiroshima University	교수	Yoshihisa Kawahara	1일	UAV Photogrammetry for Monitoring Changes in River Topography and Vegetation
	16.8.29.	The University of Sheffield	박사	Matteo Rubinato	1일	Experimental and Numerical Investigation of the Behavior of Interface Points and the Transport of Pollutants in Urban Flooding Events
	16.12.1.	The University of Hond kong	교수	Kit-Ming Lam	1일	Field and laboartory studies of rain gardens and porous pavements for stormwater runoff mitigation
	16.12.1.	The University of Hond kong	교수	Ting Fong May Chui	1일	Numerical simulation and analysis of large-scale low impact development implementation
	16.12.16.	Ravikanth Pamidimukkala	석사	Cornell University	1일	Perspectives of real estate in the US
	17.4.12.	차상균	교수	서울대	1일	제4차 산업혁명과 공학도의 무한한 기회
	17.4.27.	연상호	교수	세명대	1일	입체지형분석모델링을 이용한 남한강 청풍호반의 영상분석
계		전문가 7인			-	7회

<5세부과제의 차년도별 전문가 활용 내역 - 장기>

차년도	자문 일자	전문가			자문 시간	의견 수렴 내용
		소속	직위	성명		
4차 년도	15.01.01 ~15.06.30	한국건설기술 연구원	연구위원	윤광석	장기	- 국가기준서 개정(안) 위크숍 및 자문 국가기준서 개정(안) 설문조사 및 피드백 하천설계기준 개정(안) 국토교통부 하천계획과 협의 하천설계기준 개정(안) 국가건설기준센터 상정
계		전문가 1인			-	1회
5차 년도	16.02.01~ 16.03.31	㈜이산	부사장	오규창	2개월	국가건설기준센터 상정을 위한 하천설계기준개정(안) 최종 검토
	16.01.01~ 16.03.31	한국건설기술 연구원	연구위원	윤광석	3개월	- 국가기준서 개정(안) 위크숍 및 자문 국가기준서 개정(안) 설문조사 및 피드백 하천설계기준 개정(안) 국토교통부 하천계획과 협의 하천설계기준 개정(안) 국가건설기준센터 상정
계		전문가 2인			-	2회

(2) 연구 자료 관리

(가) 연구단 자료공유시스템(창원대) 구축

○ 세부과제에서 생산되거나 획득된 공간정보 및 관측정보 공유
○ 낙동강 테스트베드 구간에 대해서는 상세 관측정보를 보유
○ 창원대학교 자료검증시스템 가동

– 목적 및 역할

① 연구단 성과의 테스트베드 적용을 통한 기술검증 및 실용성 확보
② 연구단 기술의 현장적용을 위한 테스트베드 운영
③ 테스트베드 운영을 통한 실측자료 취득 및 축적
④ 기관별 확보/생산자료 목록화 및 공유를 통한 자료활용도 제고
⑤ 세부기관별 생산/수집 자료의 공유, 분배 및 활용 활성화 및 시스템 구축/운영
⑥ 연구단 (개발)기술 검증을 위한 수집/실측자료 활용방안 도출

– 현황 및 한계

① (세)세부과제 연구수행에 필요한 관련 자료 제공자 역할로 인식
② 개별 연구에서 요구되는 자료에 대한 수요 파악 미흡: 수요조사 및 긴밀한 의사교환 체계 필요
③ 개발기술의 검증을 위한 의지 및 의사표현 미약
④ 자료 및 개발기술에 대한 타 기관과의 자료 및 성과 공유에 대한 기준 필요: 연구실적 및 (지적)소유권 등에 대한 기준 마련

– 논의안건

① 측정/수집자료 활용체계 논의
② 자료관리 및 제공 주체 결정
③ 자료요청 및 제공 방법: 연구단 자료제공시스템 등을 활용한 방안을 포함
④ 자료요청/제공/활용의 범위 및 가공에 의한 생간물에 대한 소유권 등에 대한 기준 마련
⑤ 측정/수집자료 활용도 제고 방안

- 수집/측정자료 현황

① 지형

보고서 제목	수립회사	수립년도	보고서 확보	지형자료 (측선)확보	xyz자료 가공
낙동강수계 하천기본계획 (국가하천기점~금호강 합류점)	이산/동호	2009.7	○	○	×
낙동강수계 하천기본계획 (금호강 합류점~하구)		2009.7	○	○	×
낙동강 살리기 23공구(달성3·고령3지구) 사업 실시설계보고서	대림	2009.12	○	○	○
낙동강 살리기 22공구(달성·고령지구) 사업 실시설계보고서	현대건설	2009.9	○	○	○
4대강살리기 마스터 플랜	KICT	2009.7	○	×	×
4대강 살리기 낙동강 23공구(강정보)수리모형실험 최종보고서	대림산업/ 농어촌연구원	2010.7	○	×	×
2012년 낙동강 측량자료 (No.50~687에 대해 1~9측선 간격), xyz와 CAD횡단면 자료	한강 홍수통제소	2012	×	○부분	○부분
2013년 낙동강 측량자료(측선 No50~643+300), xyz, CAD횡단면, RAS 자료	한강 홍수통제소	2013	×	○	○
창원대학교 테스트베드 운영 (테스트베드 본류하도, 홍수터)	창원대학교	2014.3(하도), 2013. 03~07 (홍수터)	×	○	○
창원대학교 테스트베드 운영 (금호강 하구기점 상류측 4 km까지, 진천천)	창원대학교	2014.5	×	○	○
창원대학교 테스트베드 운영 (테스트베드 본류하도)	창원대학교	2015.8	×	○	○
창원대학교 테스트베드 운영 (섬강 월호교 상/하류 4km)	창원대학교	2015.4	×	○	○
창원대학교 테스트베드 운영 (홍천강 위안터교 상하류 3km)	창원대학교	2015.10	×	○	○
창원대학교 테스트베드 운영 (테스트 베드 구간 내 주요 20측선에 대한 하도 왕복 자료)	창원대학교	2015.11, 2016.4	×	○	○
창원대학교 테스트베드 운영 (테스트 베드 구간 내 습지 및 절벽부에 대한 드론을 이용한 지형측량)	창원대학교	2015.11	×	○	○

② 유사 및 하상토

내용	수립 기관	날짜	비고
테스트베드 구간 측선별 하상토 채취 및 분석	창원대	2014.06	
성주대교, 아양교 수위-유사량 관계곡선식을 위한 유사량 측정	창원대	2013 .07 ~2014.08	
테스트 베드 구간 내 특정 영역(6개 단면)	창원대	2014.08	유속/부유사농도
성주대교, 아양교 수위-유사량 관계곡선식을 위한 유사량 측정	창원대	2015.8	
테스트 베드 구간 내 특정 영역(2개 단면)	창원대	2015.9	유속/부유사농도

③ 유속장

내용	수립 기관	날짜	비고
테스트 베드 구간 내 특정 영역(6개 단면)	창원대	2014.08	유속/부유사농도
테스트 베드 구간 내 특정 영역(2개 단면)	창원대	2015.9	유속/부유사농도
창원대학교 테스트베드 운영 (테스트 베드 구간 내 주요 20측선)	창원대	2015.11, 2016.4	유속

④ 유량관측자료

내용	수립 기관	날짜	비고
테스트베드 구간 내 상시관측소 수위 및 유량자료 (성주, 성서,화원, 동촌, 고령, 고령교, 강정고령보, 달성보)	창원대	2013 ~ 현재	자료수집

⑤ 수질관측자료

수립 기관	위치	관측소명	설치 년도	측정 간격	측정항목
창원대	경상북도 고령군 다산면 월성리 (월성양수장)	ARCWQ1	2013. 6.	5분	수온, DO, EC, 탁도, Chl-a, pH
창원대	경상북도 고령군 다산면 호촌리 720-1(사문지나루터)	ARCWQ2	2014. 2.	5분	수온, DO, EC, 탁도, Chl-a, pH
환경부	경상북도 고령군 다산면 노곡리 1467-1(강정고령보 상류 5km)	다산	2012. 8.	1일	수온, DO, EC, 탁도, Chl-a, pH 등
환경부	대구광역시 달성군 화원읍 구라리 786-2(성서공단 폐수처리장)	성서	2004. 12.	1일	수온, DO, EC, 탁도, Chl-a, pH 등
환경부	대구광역시 달성군 다사읍 방천리 700-1(금호강 해랑교)	강창	2011. 12.	1일	수온, DO, EC, 탁도, Chl-a, pH 등
환경부	대구광역시 달성군 논공읍 (고령교)	고령	2004. 8.	1일	수온, DO, EC, 탁도, Chl-a, pH 등
환경부	대구광역시 달성군 하빈면 (성주대교)	성주	1995. 1.	8일	수온, DO, EC, 탁도, Chl-a, pH 등
환경부	대구광역시 달성군 다사읍 죽곡리(강정고령보 상류 500m)	다사	2012. 1.	8일	수온, DO, EC, 탁도, Chl-a, pH 등
환경부	대구광역시 달서구 파호동 (강창교)	금호강6	1989. 1.	8일	수온, DO, EC, 탁도, Chl-a, pH 등
환경부	대구광역시 달성군 논공읍 하리 (달성보 상류 500m)	논공	2012. 1.	8일	수온, DO, EC, 탁도, Chl-a, pH 등
대구지방 환경청	대구광역시 달성군 화원읍 (사문진교)	화원나루	1992. 1.	월	수온, DO, EC, 탁도, Chl-a, pH 등
창원대	경상북도 고령군 다산면 호촌리 720-1(사문지나루터)	ARCWQ1 (ARCWQ2->1으로 변경)	2015. 11.	5분	수온, DO, EC, pH, 남조류 (항목 변경 및 추가)
창원대	경상북도 고령군 다산면 월성리 (월성양수장)	ARCWQ2 (ARCWQ1->2으로 변경)	2015. 11.	5분	수온, DO, EC, 탁도, Chl-a, pH, 남조류 (항목 변경 및 추가)
창원대	경상북도 고령군 다산면 송곡리 (송곡양수장)	ARCWQ3	2015. 11.	5분	수온, DO, EC, 탁도, Chl-a, pH, 남조류

	수문	기상	수리	수질	기타
INPUT (자료수집)	○	○	○	○	○
OUTPUT (측정/실험)			○	○	○
OUTCOME (수치모델링 등 활용성과)	○		○	○	○

자료제공 요청서

<table>
<tr><td>과제명(과제번호)</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td>성명</td><td>소속</td><td>이메일</td><td>전화번호</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">요청자료</td><td colspan="4">지형 ☐ 수위 ☐ 유속 ☐ 유량 ☐
유사량 ☐ 하상토 ☐ 수질 ☐ 기타 ☐</td></tr>
<tr><td colspan="4">• 자료종류, 형식, 수행기관 등 요청사항을 충분히 파악할 수 있도록 가급적 구체적으로 기술</td></tr>
<tr><td>자료수집기간</td><td colspan="4">yyyy.mm.dd ~ yyyy.mm.dd</td></tr>
<tr><td rowspan="2">활용목적 및 내용</td><td colspan="4">모형구축 및 입력자료 ☐ 모형 검·보정 ☐ 비교/검증 ☐ 기타 ☐</td></tr>
<tr><td colspan="4">• 자료활용 및 목적에 대해 가급적 구체적으로 기술 요망
• 필요시 별지 작성 가능</td></tr>
</table>

- '첨단기술 기반 하천운영 및 관리 선진화 연구단 하천기술검증센터'(이하 하천기술검증센터)에서 보유 및 제공하는 자료 중 일부는 관련기관 및 수행기관의 요청 및 관련 법령에 의해 그 활용과 배포가 제한되어 있으며, 별도의 보안조치를 담보하는 서류를 요청할 수 있습니다.
- 제공된 자료 및 이를 이용한 결과물의 2차 배포는 원칙적으로 금하고 있으며, 불가피한 경우 하천기술검증센터장과 사전협의를 반드시 필요로 합니다.
- 제공된 자료와 이를 이용한 결과물의 '첨단기술 기반 하천운영 및 관리 선진화 연구단' (이하 연구단) 연구활동 이외의 공표 시에는 반드시 하천기술검증센터장과의 사전협의를 필요로 합니다.
- 제공된 자료와 이를 이용한 결과물이라 함은 하천기술검증센터를 통해 제공된 원자료와 이를 가공된 자료, 그리고 원자료 및 가공된 자료를 이용하여 얻어지는 그림, 표, 사진, 수치자료 등 모든 형태의 자료를 포괄합니다.
- 공표라 함은 인쇄물, 전자문서, 수치자료 등 모든 형태의 문서 및 자료형식을 포괄한 발간을 의미하며 웹이나 사이버공간을 통한 게시 및 공유를 포함합니다.
- 하천기술검증센터에서 상기 요청사항을 검토한 후 신청자에게 추가적인 확인 및 조치를 요구할 수 있습니다.

자료의 활용과 그에 따른 결과물의 공표 등과 관련하여 상기에 제시된 사항들을 충분히 인지하고, 첨단기술 기반 하천운영 및 관리 선진화 연구단에서 수집 및 생산한 자료에 대한 제공을 요청합니다.

2017. 06. 01

신청인: (인 또는 서명)

첨단기술 기반 하천운영 및 관리 선진화 연구단
하천기술검증센터장 귀하

<창원대학교 자료 제공요청서 서식>

(나) 연구단 전용 D/B 구축

○ 2012년 3월 연구단 웹하드가 개설된 이후, 연구 참여 기관간의 긴밀한 자료 공유와 산재된 문서를 체계적으로 목록화하여 누구나 쉽게 원하는 파일을 얻기 위한 목적으로 연구단 웹하드를 운영함.

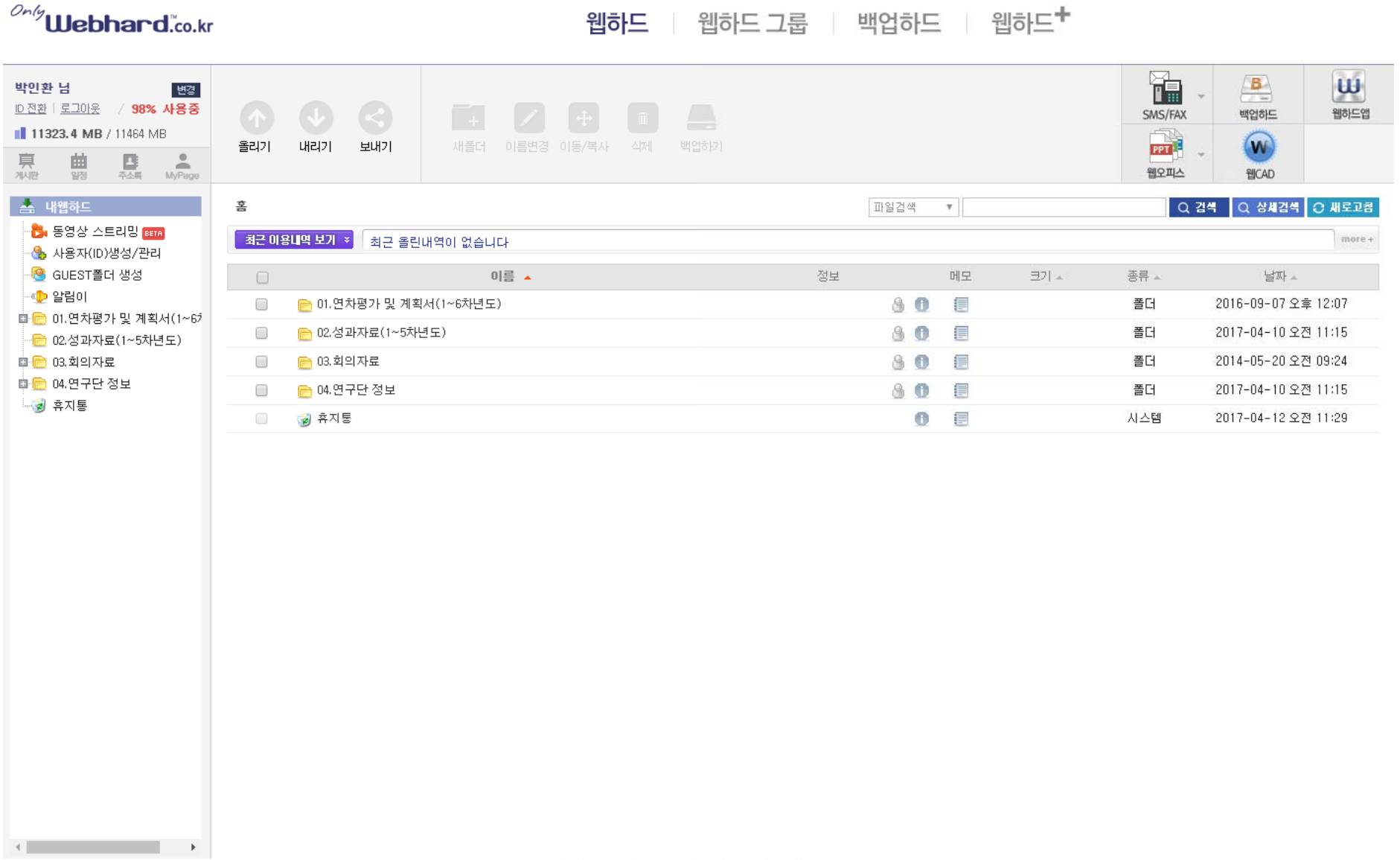
○ 현재 웹하드에는 협약문서, 연차평가, 회의자료, 세미나 및 워크숍 자료, 연구단 정보, 참고문헌 자료, 보완유지문서, 기술기사, 온라인 뉴스레터로 구성된 상위 폴더 내에 현재까지 진행되었던 연구단 관련 모든 문서들이 체계적으로 업로드 되어 있음.

○ 최상위 폴더 내의 “웹하드 저장목록" 파일에는 업로드 되어 있는 모든 문서 정보가 수록되어 있음. 웹하드를 통해 구축된 연구단 자료 D/B는 이메일의 발송오류와 첨부파일 용량 제한, 체계적인 자료 관리의 어려움 등의 단점을 보완하여 단위기관 간 정보소통의 장이 되고 있음.

○ 웹하드에 접속하여 로그인하면 10GB의 용량을 가지는 아래 화면과 같은 연구단 전용 웹하드에 접근할 수 있음. 로그인을 위한 정보 및 웹하드 접속화면은 아래와 같음.

<연구단 운영 웹하드 정보>

웹하드	접속정보
사이트 주소	www.webhard.co.kr
웹하드 용량	10GB
아이디	arcrom
비밀번호	ar****



<현재 운영 중인 연구단 웹하드>

<웹하드 관리 폴더 목록>

Directory	1st folder	2nd folder
01. 연차평가 및 계획서	1. 선정평가	공고문
		기획보고서
		발표자료
		제출서류
	2. 1차년도	실적증빙자료
		연차실적계획서
		자체평가의견서
		중간보고서
		평가결과
	3. 2차년도	1세부
		2세부
		3세부
		4세부
		발표자료
		총괄
	4. 3차년도	연차실적계획서_별권
		연차실적계획서_원부
		중간평가 검토
	5. 4차년도	연차실적계획서_별권
		연차실적계획서_원부
		중간평가 검토
	5. 5차년도	연차실적계획서_별권
		연차실적계획서_원부
		보완서류
	7. 6차년도	성과점검기준표
		협약서류
		연차실적계획서(별권)
		연차실적계획서(본권)
02. 성과자료	성과 증빙 및 목록(~20151231)	
	5차년도 성과 증빙	
03. 회의자료		
04. 연구단 정보	로고	연구단 CI 및 로고 파일
	홍보동영상	현상실험 동영상 및 세부별 홍보동영상

(나) 홈페이지 운영·관리

1) 개요

○ 첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화 연구단은 연구 성과와 연구관련 활동을 홍보하기 위하여 온라인 뉴스레터 발행에 이어 연구단 홈페이지(http://www.arcrom.re.kr)를 개설하였음.

○ 연구단에서는 홈페이지를 통하여 참여연구원뿐만 아니라 본 연구단의 연구에 관심을 가지는 다양한 분야의 사람들에게 연구단을 소개 할 수 있는 공간을 마련하고자 함.

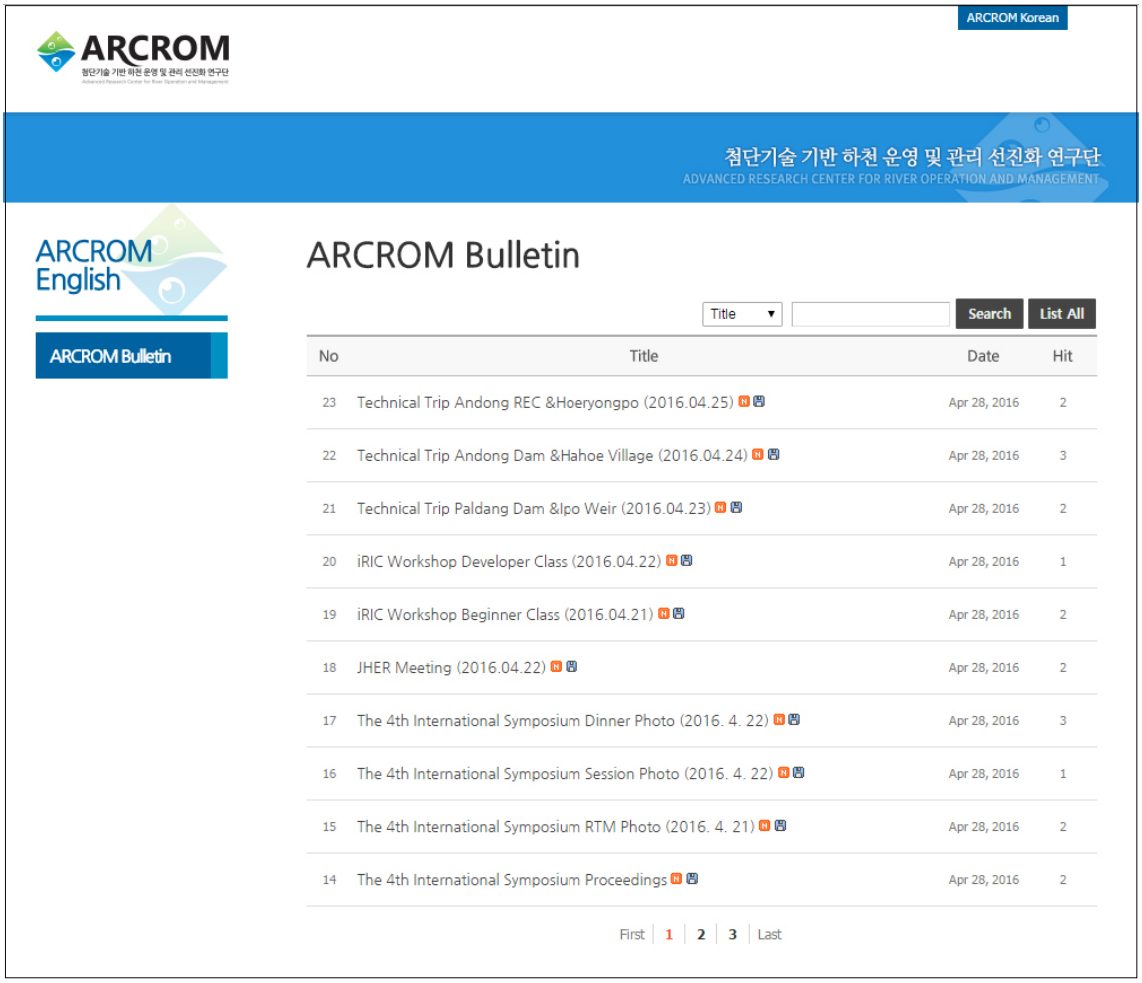
○ 홈페이지 내에는 연구단의 연구개발 배경과 최종목표 및 기대성과와 파급효과 등을 명시하며, 앞으로 연구단의 발전 가능성과 연구의 중요성에 관하여 강조함으로써 참여연구원들의 연구를 독려하고 연구단 참여연구원으로서의 소속감을 제공하는데 그 의의가 있음.

○ 연구단 홈페이지는 지속적인 관리와 운영을 통하여 연구단 유관기관뿐만 아니라 연구기관, 정부 및 국책연구소에 연구단을 홍보하며, 참여연구원들의 연구내용을 함께 공유함으로써 연구원들 간 소통의 장을 마련하고자 함.

○ 연구단은 국내뿐만 아니라 국외 전문가들과의 소통을 위하여 ARCROM English 메뉴를 개설. 연구단 홈페이지 홈 화면 오른쪽 상단의 ARCROM English 탭을 클릭하면 ARCROM Bulletin 화면이 연동되어 연구단의 공지사항 및 사진자료 등 관련 자료를 공유할 수 있음.



<ARCROM 연구단 홈페이지 메인화면>



<ARCROM 연구단 홈페이지 영문게시판 화면>

2) 홈페이지 구성

○ 연구단 홈페이지는 연구단 소개, 연구 내용, 연구단 사람들, 연구 성과 등 6개의 메뉴로 구성되어 있으며, 각 메뉴 내에는 연구와 관련한 다양한 콘텐츠들이 포함되어 있음.

○ ARCROM English 탭을 클릭하면 ARCROM Bulletin 화면이 연동되며 연구단의 공지사항 및 관련자료가 영문으로 게시되어 있음.

○ 연구단 홈페이지의 구성안은 다음과 같음.

- 연구단 소개
- 연구내용
- 연구단사람들
- 연구성과
- 열린 마당
- ARCROM English

<연구단 홈페이지 메뉴 구성안>

	메인섹션	서브섹션	내용
1	연구단소개	■ 연구단장 인사말	● 연구단장 인사말
		■ 연구단 소개	● 연혁
			● 연구단 개요
			● 연구 내용
			● CI 소개
			● 연구단 행사
			● 연구단 연중행사계획
		■ 연구단 조직	● 연구단 조직도
			● 총괄자문단
		■ 오시는 길	● 주소
			● 연구단 약도
			● 사무국 연락처
2	연구내용	■ 연구개요 및 목표	● 연구개발 배경
			● 연구개발 필요성
			● 연구목표
			● 연구개발 내용
			● 과제체계도
		■ 추진전략	● 기술체계도(TRM)
			● 통합 테스트베드 운영 전략
		■ 기대성과	● 기대효과
			● 활용방안
3	연구단사람들	■ 연구책임자	● 1세부과제
			● 2세부과제
			● 3세부과제
			● 4세부과제
		■ 참여연구원	● 1세부과제
			● 2세부과제
			● 3세부과제
			● 4세부과제
			● 연구단 사무국
4	연구성과	■ 연구성과 기준	● 연구성과 규정
			● 연구단 사사문구
			● 성과항목별 점수
		■ 1차년도 실적	● 연구실적
			● 연구성과물
		■ 2차년도 실적	● 연구성과 기준
			● 연구성과물
		■ 3차년도 실적	● 연구실적
			● 연구성과물
		■ 4차년도 실적	● 연구실적
			● 연구성과물
		■ 5차년도 실적	● 연구실적
			● 연구성과물
		■ 6차년도 실적	● 연구실적
			● 연구성과물
5	열린마당	■ 공지사항	● 뉴스레터 발간 및 공지사항 안내
		■ Q&A	● 묻고 답하는 게시판
		■ 자유게시판	● 자유게시판
		■ 포토갤러리	● 포토갤러리
6	ARCROM English	■ ARCROM Bulletin	● The 2nd International Symposium Presentation File (Session Ⅰ ~ Ⅴ), Proceedings, Photo
			● The 3rd International Symposium Presentation File (Session Ⅰ ~ Ⅱ),

			Proceedings, Photo
			● The 4th International Symposium Presentation File (Session I ~ II), Proceedings, Photo
			● Technical Trip Photo
			● ARCROM Brochure

(다) 연구단 자료실 구축

1) 개요

○ 본 연구단에서는 사무국 내 자료실을 구축하여 연구 성과와 연구 자료뿐만 아니라 연구비 운영 및 연구단 행사, 사무국 회의 자료 등을 체계적으로 분류하여 지속적으로 관리하고 있음.

○ 연구비 운영 관련 자료의 경우 별도로 분리하여 관리하고 있으며, 실험실 운영 경비, 사업지원경비, 예산 및 기타 변경 서류, 운영비 청구서 등 폴더를 분류하여 관리함으로써 보다 효율적인 자료 보관이 가능함(ARCROM 연구단 5차년도 자료 보관 목록 참조).

○ 연구단 사무국에서는 자료실 구축을 통하여 체계적인 자료의 분류, 저장 및 관리가 가능하며 이를 통하여 연구단 사무국 운영의 효율성을 높이며, 보다 효과적인 업무 수행이 이루어지도록 함.



<ARCROM 연구단 자료 보관 현황>

2) 자료 목록 현황

○ ARCROM 연구단의 자료 목록의 업데이트 시기는 자료의 특성에 따라 아래의 표와 같이 관리시기가 다름

○ 총 23개 항목에 대해서 자료를 수집하고 관리함.

○ 아울러 수집된 자료는 연구단 웹하드에서 언제든지 열람가능할 수 있도록 업로드되어 있음.

<ARCROM 연구단 1 ~ 6차년도 자료 보관 목록>

ARCROM 연구단 자료 항목	자료항목	관리 시기
1세부, 2세부, 3세부, 4세부과제 성과	성과물, 성과분석표, 성과분석그래프	매월
건설교통 R&D 성과활용 요인분석	분석 자료	1회
온라인뉴스레터	온라인뉴스레터 발간	3개월
분기별 진도보고서	분기별 성과달성기준표, 정량적 정성적 성과증빙	3개월
ARCROM SEMINAR	ARCROM 세미나 홍보포스터, 초청강연자 이력서, 세미나 ppt 파일	세미나 개최시
기술보고서	기술보고서 원본 한글파일, 기술보고서 발행책자	발행시 수시
연구성과 실용화 TFT 가이드라인 보고서	기준서 발간팀, 수치모델링팀, S/W 등록 및 특허팀, 연구단 DB팀, 앱 개발팀	연차종료전
연구단 기술가치평가 보고서	연구단 3차년도까지의 기술가치평가 내용	3차년도 종료이전
하천설계기준 개정(안) 상정 보고서	하천설계기준 개정(안)	5차년도 종료이전
연구단 국문/국영문혼용 초판 /국영문혼용 2판 브로셔	국문 브로셔, 국영문혼용 브로셔 2종	2년
연구성과물 제품 카다로그	영문 성과제품 카다로그	6차년도 이전 수시
유역유사 예측 및 유사관리 가이드라인 보고서	유역유사 예측 및 유사관리 팀	연차종료전
회의 및 워크샵	회의일정표, 회의록, 결과보고서	회의 및 워크샵 개최시
중간점검 간담회	중간점검 요약서, 세세부 과제 발표자료, 결과보고서	1회
홈페이지	홈페이지 update 목록, 자료	update시기
웹하드	각종 보고서, 발표 ppt, 각종 결과보고서	매월
사업지원경비	운영비 관련 자료	수시
장비등록대장	장비등록 관련 자료	수시
연구협약 및 연구비	협약, 연구비 자료	수시
참석자 서명부	회의, 워크샵, ARCROM SEMINAR 참가자 명단	회의, 워크샵, 세미나 개최시
명함	연구단, 학계, 기관, VIP 인사별 명함	수시
사업자등록증 및 통장사본	연구단 관련 등록증, 인건비 통장사본	수시
각종 변경서류	관련 서류	수시

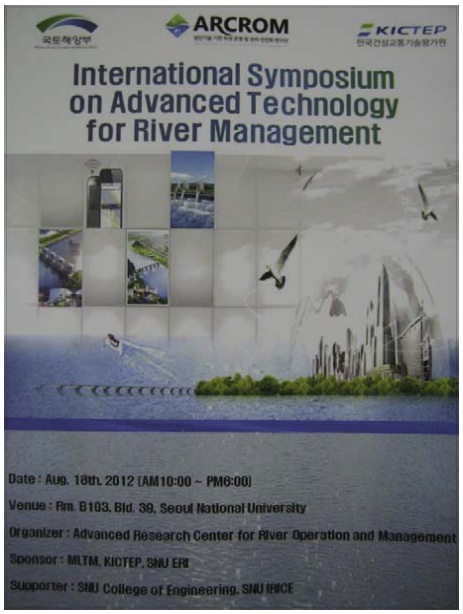
(라) 연구단 기술도서 출판

1) ARCROM 국제심포지엄 Proceedings 발간

○ 2012년부터 매년 서울대학교에서 개최한 ARCROM 국제심포지엄에서 한국, 일본, 미국, 영국, 싱가포르, 홍콩 등 각 국의 연구자 및 실무자가 참석하여 각국의 연구 성과를 발표하였으며, 국제협력 및 교류를 증진할 수 있는 기회를 마련하였음.

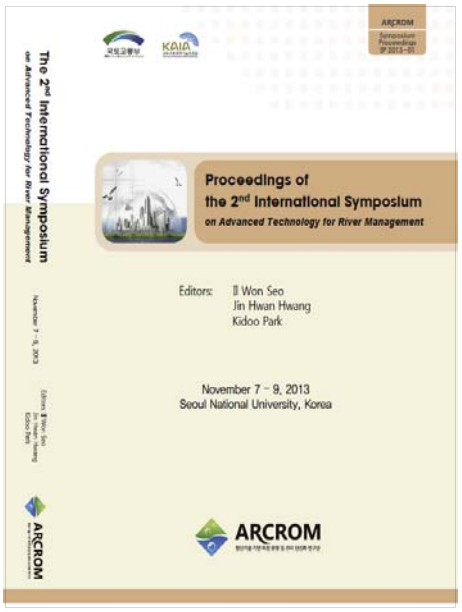
○ 각 국의 연구 성과를 ARCROM 국제심포지엄 Proceedings로 발간

제 1차
국제 심포지엄
프로시딩
(2012년 8월)



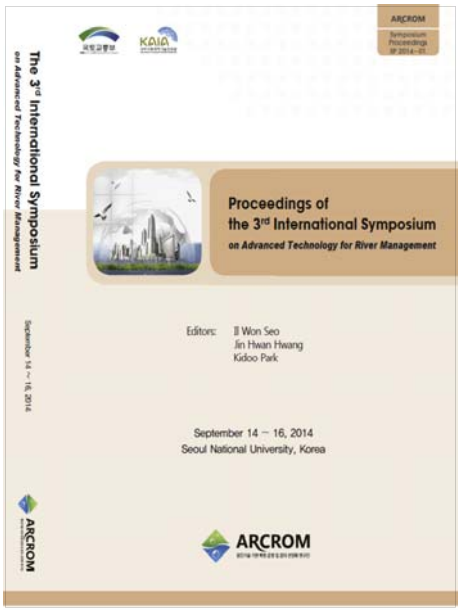
제 2차 국제
심포지엄
프로시딩
(2013년 11월)

일련번호:
SP 2013-01



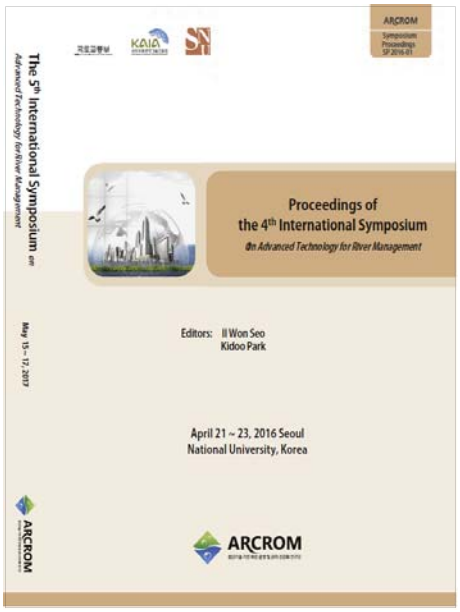
제 3차 국제
심포지엄
프로시딩
(2014년 9월)

일련번호:
SP 2014-01



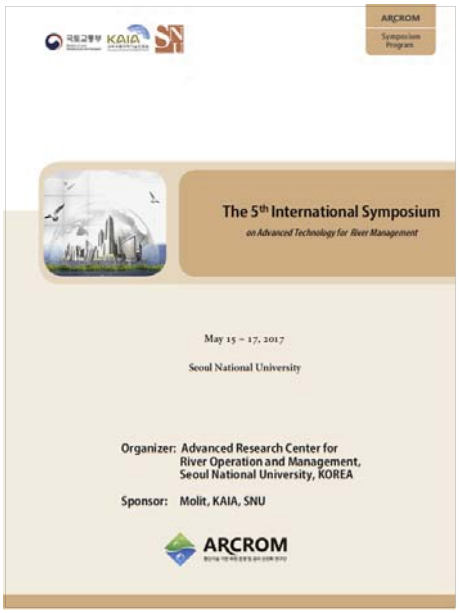
제 4차 국제
심포지엄
프로시딩
(2016년 04월)

일련번호:
SP 2016-01



제 5차 국제
심포지엄
프로시딩
(2017년 5월
개최 예정)

일련번호:
SP 2017-01



2) 연구단 기술보고서 발간

○ 연구단에서 발간된 기술보고서는 아래의 표와 같이 총 6종으로서 기술보고서 목록은 아래와 같고 유관기관인 국토교통부 하천운영과 및 한강홍수통제소, K-water, 지방자치단체 및 연구단 세세부기관으로 배포됨.

<연구단 발간 전체 기술보고서 목록>

구 분	보고서 제목	저 자
TR 2012-01	R2V2 및 ADCP를 이용한 하상조사 보고서	정창삼
TR 2012-02	R2V2 및 수질센서를 이용한 하천수질조사 보고서	정창삼
TR 2012-03	국내외 기술 현황조사 보고서	정창삼
TR 2013-01	SMART-HPG 사용자 설명서 및 튜토리얼	서일원, 신재현
TR 2013-02	최첨단 ICT 기술 기반 하천정보제공 기술보고서	김홍식, 오정환, 이민수
TR 2013-03	하천운영관리 기술 동향	김유진, 박찬호, 김병훈
TR 2013-04	클라우드 기반 하천정보관리 현황 및 하천정보공유시스템 메뉴얼	채효석, 황만하, 이을래
TR 2014-01	국내외 물관련 정보 표준 현황 분석 및 하천공간정보 표준 준용 방안	채효석, 고덕구, 황만하, 이을래, 오병동, 황의호, 임광섭, 신형진, 이은정, 최경식
TR 2015-01	하천정보 국제 표준화 프로세스: 하천공간정보를 중심으로	채효석, 황의호, 임광섭, 신형진, 홍성수
TR 2017-01	유역침식 및 유사발생 모의 모형 사용자 매뉴얼	정관수, 김주철, 유완식, 정안철, 김성원
TR 2017-02	Deb2D 사용자 매뉴얼	안현욱
TR 2017-03	RiverCAST-K 사용자 매뉴얼	서일원, 신재현, 최수연, 윤세훈
TR 2017-04	RiverALARM-K 사용자 매뉴얼	서일원, 신재현, 박인환, 김준성
TR 2017-05	통합테스트베드 운영 보고서	류시완, 곽성현, 안정민, 이경수,

		고주석, 조한일, 서용재
TR 2017-06	경상남도 물이용 종합계획	추태호 외
TR 2017-07	AQUA 사용자 매뉴얼	김동수
TR 2017-08	ACOUSTAR 사용자 매뉴얼	이진수, 정원욱
TR 2017-09	영상유속계에 의한 하천유량측정법	류권규
TR 2017-10	무측선 유량측정방법의 개발 및 활용	김동구, 이찬주, 김원

3) 가이드라인 보고서 발간

○ 연구단에서 발간된 가이드라인 보고서는 아래의 표와 같이 총 18종으로서 가이드라인 보고서 목록은 아래와 같고 유관기관인 국토교통부 하천운영과 및 한강홍수통제소, K-water, 지방자치단체 및 연구단 세세부기관으로 배포.

<연구단 발간 전체 가이드라인 보고서 목록>

구 분	보고서 제목	저 자
GR 2014-01	연구성과 실용화 가이드라인 보고서 -특허 & 소프트웨어	정은성, 손태원, 조재화
GR 2014-02	연구성과 실용화 가이드라인 보고서 -수치모델	안정규, 강재원, 장창래, 김영도, 이동섭, 안재현, 박정은, 추태호
GR 2014-03	연구성과 실용화 가이드라인 보고서 -연구단 DB	신형진, 채효석, 이을래, 황의호, 이은정
GR 2014-04	연구성과 실용화 가이드라인 보고서 -앱 배포 및 활용	이동훈
GR 2014-05	연구성과 실용화 가이드라인 보고서 -기준서 발간	안재현, 이영근
GR 2015-01	유역유사 예측 및 유사관리 가이드라인 보고서	손광익
GR 2015-02	실시간 하천유량 계측지점 선정 가이드라인 보고서	이을래, 강신욱, 방정은, 최현구, 임지상, 김한나, 이슬
GR 2015-03	유역특성을 고려한 구조적 하천수량 확보 가이드라인 보고서	추태호
GR 2016-01	친수시설 유지관리 가이드라인	김영도, 박문현, 송창근, 박용성, 구영훈
GR 2016-02	대하천 다기능보에 어도설치 기술 보고서	김영도, 백경오, 한은진, 구영훈, 박지현, 이정민
GR 2016-03	유역침식을 고려한 하도 안정화를 위한 구조적/비구조적 관리지침서	정관수 외
GR 2016-04	사주발생 제어 및 서주로 안정화 기술 지침서	장창래

GR 2016-05	다기능보 세굴 및 하상변동양상 분석 기법과 영향 저감에 관한 기술 보고서	황진환, 안정규
GR 2016-06	수리수문 모델을 활용한 하천진단 및 하천시설물 관리방안	김유진, 박찬호, 최원태
GR 2016-07	물관련 정보 온톨로지 구축 방안	채효석, 황의호, 임광섭, 신형진, 홍성수, 신승희
GR 2016-08	낙동강 표준유역별 기후변화 시나리오의 경향성 분석 및 편의보정	이상호, 김상욱
GR 2016-09	외부환경 변화에 따른 낙동강 표준유역 단위의 물 순환 모의	박재현, 전상미, 이상호
GR 2016-10	탄력성 평가에 의한 하천수량 확보 가이드라인	맹승진
GR 2016-11	합류부 하도변화 분석 및 안정화 가이드라인	지운
GR 2017-01	평•갈수기 탄력적 하천 유량 관리 방안 가이드라인	이을래, 임지상, 김한나, 이슬, 최현구
GR 2017-02	홍수량 조절시설 최적 운영 및 유지관리 가이드라인	지운

4) 하천설계기준 개정(안) 보고서 발간

○ 연구단에서 발간된 하천설계기준 개정(안) 보고서는 아래의 표와 같이 총 6종으로서 하천설계기준 개정(안)목록은 아래와 같다.

○ 2015년 1월 수자원정책국 “물관리연구사업 실용화 점검회의” 결과 국가 R&D과제 성과를 현업화하고 현장으로 확산할 수 있도록 유관 지침 및 기준 등 제도의 적극적인 반영이 필요하며, 현재 하천설계기준은 외국기술에 의존하여 최근의 기후변화와 국내 하천환경을 적절히 반영하고 있지 않고 있기 때문에 R&D 연구성과를 활용한 국내 하천 상황에 적합한 하천설계기준 개정(안)을 수립하여, 국가건설기준센터에 상정하였다.

<연구단 발간 전체 하천설계기준 개정(안) 보고서 목록>

구 분	보고서 제목	개정(안) 개수	발행일
CR2015-01	첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화 연구단 R&D 성과를 활용한 하천설계기준 개정(안) 보고서	14개 항목	2015년 10월 30일
CR2015-02	첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화 연구단 R&D 성과를 활용한 하천설계기준 개정(안) 보고서 하천설계기준 개정(안) 비교표	14개 항목	2015년 10월 30일
CR2015-03	첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화 연구단 R&D 성과를 활용한 하천설계기준 개정(안) 보고서	14개 항목	2015년 12월 4일
CR2016-01	하천설계기준 개정(안) 보고서(상정본)	10개 항목	2016년 3월 8일
CR2016-02	하천설계기준 개정(안) 보고서(코드번호 수정)	10개 항목	2016년 8월 5일
CR2017-01	하천설계기준 개정(안) 보고서(추가 개정안 상정)	2개 항목	2017년 3월 13일

<국가건설기준센터 상정 최종 하천설계기준 개정(안) 목록(2017년 3월 13일)>

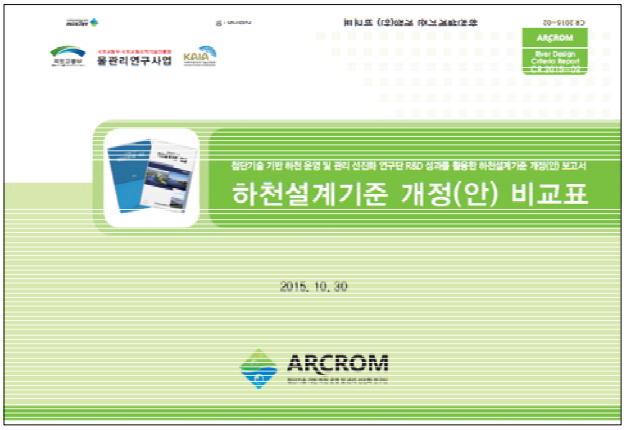
하천설계기준		번호	개 정 내 용	연구기관
분류	장			
조사편	[51 12 00] 하천설계조사	1	표면영상유속계에 의한 홍수시 유속 측정 [신설]	동의대(류권규)
		2	유량 측정결과의 신뢰성 제고를 위한 불확도 산정 [신설]	단국대(김동수)
계획편	[51 14 05] 하천유역종합계획	3	하천 친수성 증대 및 안전한 친수공간 조성을 위한 계획 [개정]	서울대(서일원)
	[51 14 20] 하도계획	4	감조하천 구간에 대한 설계홍수위 산정 [문구수정, 개정, 신설]	성균관대(전경수)
	[51 14 10] 설계수문량	5	지역빈도해석 기반 설계수문량 산정 및 시간분포 개선 [신설]	연세대(허준행)
		6	면적우량환산계수 결정 방법 [신설]	단국대(강부식)
		7	강우-유출관계에 의한 설계홍수량 산정 방법 [개정]	서경대(안재현)
	[51 14 35] 이수계획	1 (추가)	이수유량의 산정-가용수량 확보를 위한 이수유량의 기간별 산정 [추가]	K-water(이을래)
	[51 14 35] 이수계획	2 (추가)	물수지분석 방법-지역의 물수지 분석을 위한 행정구역간 네트워크 구성방법 [개정]	충북대(맹승진)
	[51 14 00] 하천설계계획	8	하도계획 수립시 하상상승에 대한 기본대응방향 및 절차 [신설]	충남대(정관수)
설계편	[51 40 00] 하천이수시설물	9	보 물받이공 길이 산정 절차 [개정, 신설]	서울대(황진환)
		10	어도의 수리학적 유인 및 이동효율을 고려한 설계기준 [개정, 신설]	인제대(김영도)

첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화 연구단 R&D 성과를 활용한 하천설계기준 개정(안) 보고서 (2015년 10월)



일련번호:
CR 2015-01

첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화 연구단 R&D 성과를 활용한 하천설계기준 개정(안) 보고서 하천설계기준 개정(안) 비교표 (2015년 10월)



일련번호:
CR 2015-02

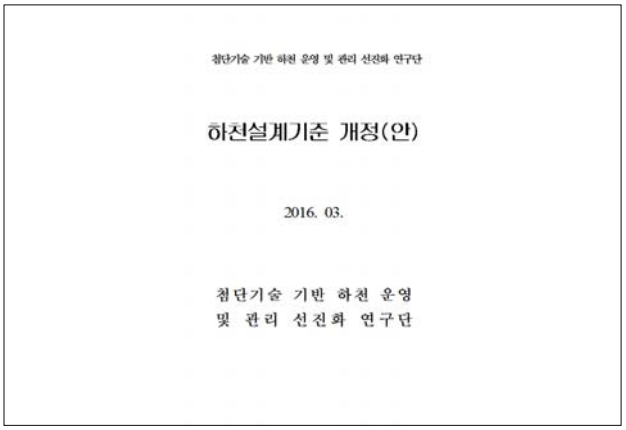
첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화 연구단 R&D 성과를 활용한 하천설계기준 개정(안) 보고서 (2015년 12월)



일련번호:
CR 2015-03

하천설계기준
개정(안)
보고서(상정본)
(2016년 03월)

일련번호:
CR 2016-01


첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화 연구단

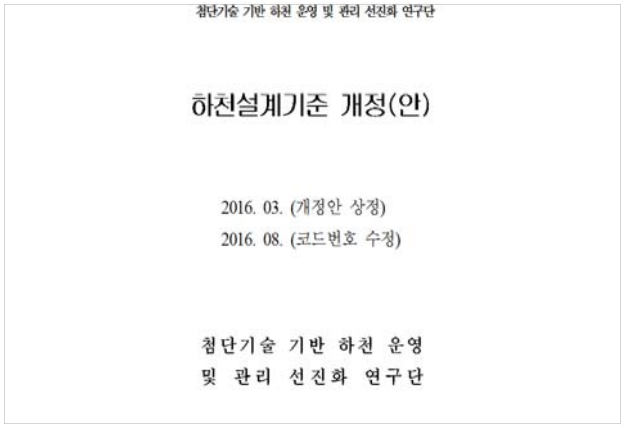
하천설계기준 개정(안)

2016. 03.

첨단기술 기반 하천 운영
및 관리 선진화 연구단

하천설계기준
개정(안)
보고서(코드번호
수정)
(2016년 08월)

일련번호:
CR 2016-02


첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화 연구단

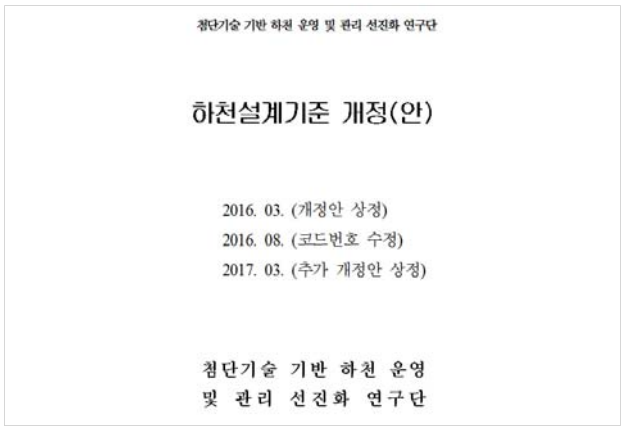
하천설계기준 개정(안)

2016. 03. (개정안 상정)
2016. 08. (코드번호 수정)

첨단기술 기반 하천 운영
및 관리 선진화 연구단

하천설계기준
개정(안) 보고서(추가
개정안 상정)
(2017년 03월)

일련번호:
CR 2017-01


첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화 연구단

하천설계기준 개정(안)

2016. 03. (개정안 상정)
2016. 08. (코드번호 수정)
2017. 03. (추가 개정안 상정)

첨단기술 기반 하천 운영
및 관리 선진화 연구단

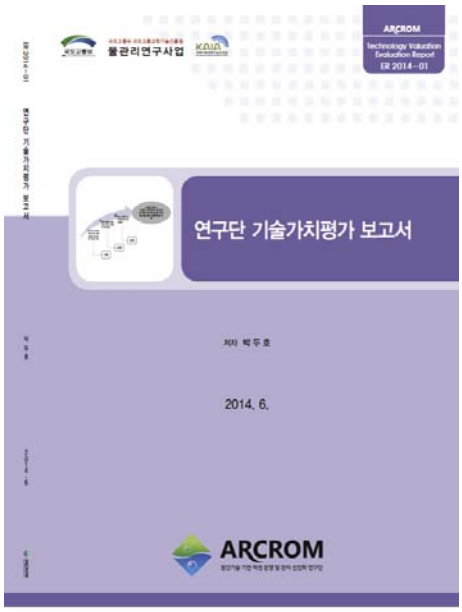
5) 연구단 기술가치평가 보고서 발간

○ 연구단에서 발간된 기술가치평가 보고서는 아래의 표와 같이 총 4종으로서 목록은 아래와 같다.

번호	제목	기관명	저자	발행일
ER 2014-01	연구단 기술가치평가 보고서	환경농업 가치연구소	박두호	2014.06
ER 2016-01	종합성과분석보고서	다래	안정은	2016.05
ER 2016-02	기술가치평가보고서	다래	허용욱	2016.05
ER 2016-03	유속계 성능 평가 보고서	유량조사 사업단	이신재	2016.05

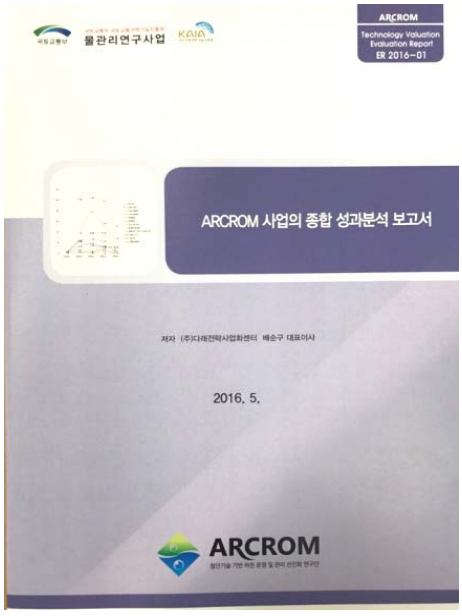
연구단 기술가치평가 보고서 (2014년 06월)

일련번호: ER 2014-01



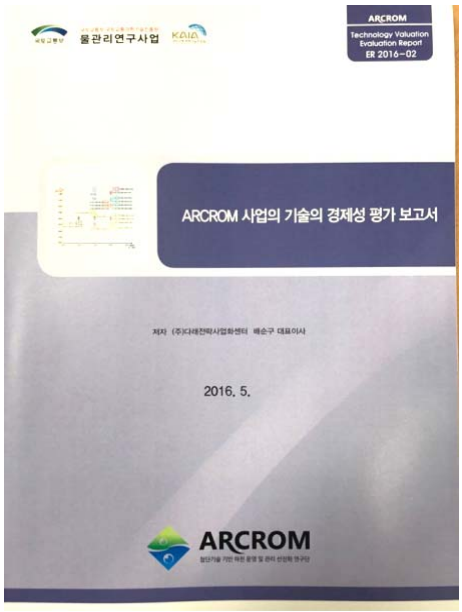
ARCROM 사업의 종합 성과분석 보고서 (2016년 05월)

일련번호: ER 2016-01



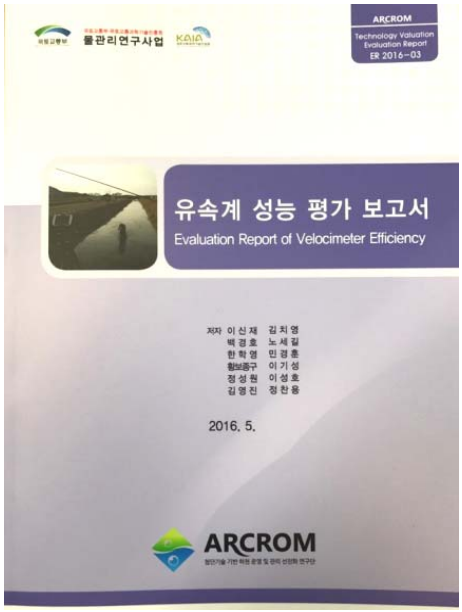
ARCROM 사업의
기술의 경제성
평가보고서
(2016년 05월)

일련번호:
ER 2016-02



유속계 성능평가 보고서
(2016년 05월)

일련번호:
ER 2016-03



(3) 연구단 조직 관리

○ 본 연구단에서는 국토교통부의 현안 관심사항을 연구내용에 반영하고 조직(인력)운영의 탄력성을 높이기 위해 5차년도에는 다음과 같은 주요 변경사항이 있었음.

○ 5차년도 이후에도 연구추진의 효율성을 도모하기 위하여 참여 연구기관의 의견을 경청하고 반영하여 연구단 조직(인력)관리를 원활하게 수행하고자 함.

(가) 현안사항 반영

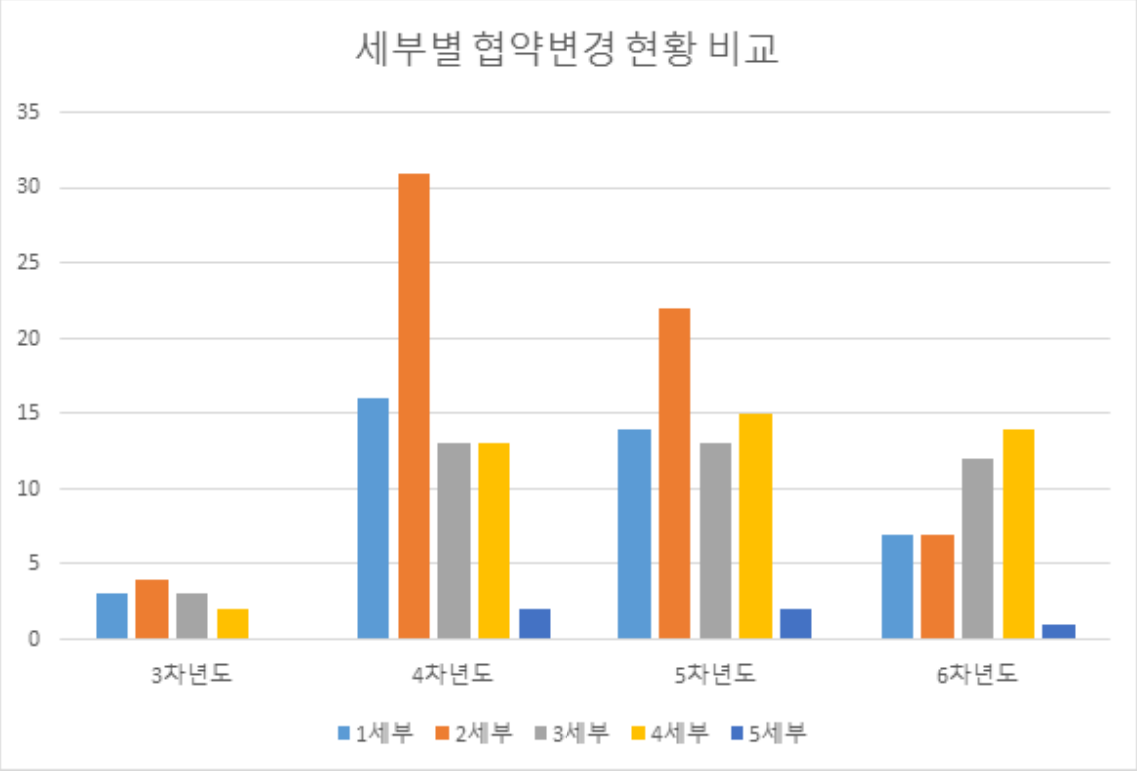
○ 연구단 세부과제의 경우, 장비 구매, 현장조사 증가, 연구원 변경, 학생인건비 변경 및 국외출장 변경건이 주된 현안사항 반영 및 조직운영의 탄력성 확보를 위한 주요 변경 사항이었음.

<현안사항 반영 및 조직운영의 탄력성을 확보하기 위한 주요 변경사항>

차년	과제체계	변경 내용	변경(선정)사유
1차년도	1-1과제 (충남대)	참여연구원 변경	연구원 교체
	1-4과제 (서울대)	참여연구원 변경	연구참여 중단 및 참여율 변경
	1-5과제 (인제대)	참여연구원 변경	연구참여 중단으로 인한 변경
	2-6과제 (창원대)	참여연구원 변경	참여율 변경
	2-7과제 (IS Technology)	참여연구원 변경	연구원 교체
	2-8과제 (동의대)	참여율 변경	연구원 신규참여
	3-1과제 (연세대)	참여연구원 변경	연구원 신규참여
	4-5과제 (부산대)	참여연구원 변경	연구원 교체 및 참여율 변경
	4-6과제 (충남대)	참여연구원 변경	연구원 신규참여로 인한 교체
	4-7과제 (충북대)	참여연구원 변경	연구원 신규참여
	5-1-2과제 (다래)	참여연구원 변경	연구원 교체
2차년도	1-1과제 (충남대)	학생인건비 감액	연구원 변경으로 인한 변경
	1-2과제 (교통대)	학생인건비 감액 (비풀링제)	연구원 졸업으로 인건비 변경
	1-4과제 (서울대)	학생인건비 증액	학생연구원 신규참여에 의한 증액
	2-9과제 (단국대)	학생인건비 감액 (비풀링제)	연구원 변경으로 인한 변경
	3-1과제 (연세대)	학생인건비 변경	신분변동에 의한 학생인건비 변경

	3-3과제 (서경대)	학생인건비 감액 (비풀링제)	연구원 변경으로 인한 변경
	3-4과제 (성균관대)	학생인건비 증액	참여율 증가로 인한 증액
	3-7과제 (건국대)	학생인건비 증액 (비풀링제)	신분변동에 의한 학생인건비 변경
	4-5과제 (부산대)	학생인건비 증액	학생인건비를 외부인건비로 계상한 오류 정정
	4-7과제 (충북대)	학생인건비 감액	연구원 교체로 인한 인건비 변경
3차년도	1-1과제 (충남대)	과제체계 변경	1-7을 기존 위탁에서 공동으로 체계 변경
	2-8과제 (동의대)	간접비 변경	간접비 오류로 변경
4차년도	1-1과제 (충남대)	참여연구원 변경	참여중단 및 신규추가, 참여율 변경
	1-3과제 (영남대)	학생인건비 변경	학생인건비 5% 이상 감액
	1-5과제 (인제대)	참여연구원 변경	연구원 교체
	1-7과제 (웹솔루스)	참여연구원 변경	참여중단 및 신규추가
	2-6과제 (창원대)	참여연구원 변경	연구원 참여중단 등
	2-8과제 (동의대)	예산비목 변경	부가가치세 생성 및 학생인건비 감액
	3-1과제 (연세대)	학생인건비 변경	학생인건비 5% 이상 감액
	3-2과제 (단국대)	학생인건비 변경	연구원 변동에 따른 감액
	3-6과제 (충북대)	학생인건비 변경	학생인건비 5% 이상 증액
	4-2과제 (과기대)	국외출장 계획변경	국외출장 일정 추가
5차년도	1-1과제 (충남대)	학생인건비 변경	학생인건비 5% 이상 감액
	1-4과제 (서울대)	학생인건비 변경	학생인건비 5% 이상 증액
	2-8과제 (동의대)	예산 비목 변경	재료비 증액 및 활동비 감액
	2-9과제 (단국대)	학생인건비 변경	학생인건비 5% 이상 증액
	3-1과제 (연세대)	학생인건비 변경	학생인건비 5% 이상 감액
	3-1-1과제 (단국대)	학생인건비 변경	학생인건비 5% 이상 감액
	4-3과제 (K-water)	예산 변경	연구장비재료비 변경
	4-5과제 (부산대)	예산 비목 변경	활동비 증액 및 추진비 감액
	4-6과제 (충남대)	학생인건비 변경	학생인건비 5% 이상 감액
	5-1과제	위탁협약 승인요청	유량조사사업단 수의계약 승인

	(서울대)		
6차년도	1-1과제 (충남대)	참여연구원 변경	참여중단 및 신규추가
	1-1-1과제 (한국교통대)	참여연구원 변경	참여중단 및 신규추가
	1-1-2과제 (서울대)	학생인건비 증액	외부인건비 전용
	2-4-4과제 (창원대)	참여연구원 변경	참여중단 및 신규추가
	2-4-5과제 (단국대)	간접비 비목 변경	인력지원비 -> 연구지원비
	2-7과제 (아이에스테크놀로지)	연구책임자 변경	기연구책임자 퇴사로 인한 변경
	2-8과제 (동의대)	국외여비 증액	국외출장 계획 및 예산 변경
	3-1과제 (연세대)	국외여비 증액	국외출장 계획 및 예산 변경
	3-1-1과제 (단국대)	학생인건비 변경	학생인건비 증액
	3-2과제 (서경대)	참여연구원 변경	참여중단 및 신규추가
	4-3과제 (K-water)	연구개발비 변경	간접비 계산 오류
	4-5과제 (부산대)	참여연구원 변경	참여중단 및 신규추가
	5-1-3과제 (건기연)	참여연구원 변경	참여중단 및 신규추가



(나) 조직운영의 탄력성

○ 2세부 과제의 경우, 단위 연구과제 간의 연계성을 확실히 하고, 각 연구개발 시스템의 연계방안을 모색하기 위해, 5차년도 현재까지 총 3차례의 2세부과제 회의를 진행하였으며, 회의를 통해 제시된 각 과제의 실무연구원 및 책임연구원의 의견을 수렴하고 연구방향 및 타 세부과제와의 연계방향을 확립할 수 있도록 하였음.

○ 총괄 과제의 경우, 성과관리를 탄력적으로 수행하기 위해 수차례의 회의를 진행하였으며, 이외에도 하천기술실증·실용화센터 운영 및 장기전문가 활용을 통한 하천설계기준 개정(안)의 상정을 수행하였으며, 국산유속계 검증 및 제품화를 위해 유량조사사업단과의 MOU 체결 및 위탁과제 수행, 연구단 기술가치평가를 위해 법무법인 다래의 위탁과제 수행을 통해 연구단의 성과의 법제화, 실용화 및 제품화를 연구단 조직을 탄력적으로 운영함.

(다) 참여연구원 동정 파악

○ 연구단 사무국에서는 200여명의 모든 참여연구원들의 동정을 파악하기 위해 국내외 연구관련 활동(논문 발표, 저서, 정부위원회 또는 NGO활동 경험, 상벌, 강연, 학술회의, 세미나 참석 및 발표 등) 실적과 향후 3개월간 계획된 일정을 주기적으로 조사하고 있음.

○ 이는 성과도출을 위한 연구 관리의 측면과 과제의 효율적 운영을 위한 조직(인력)의 운영 및 관리의 측면에서 점검하고 있음.

○ 참여연구원의 동정을 파악함으로써 수행 연구내용을 점검할 수 있으며, 연구원 동정을 전체 연구단 참여연구원에게 공지함으로써 상호 인적 네트워크 구성 및 업무협조 체제를 유지할 수 있을 것으로 판단됨.

○ 연구원 동정은 연구단 홈페이지와 온라인 뉴스레터에 수록하여 소속 연구원들이 공유할 수 있도록 관리함.

(4) 연구단 주요 행사

○ 연구단 주요 행사는 다음과 같으며 국토교통부, K-water, 한강홍수통제소와 같은 유관기관의 자문 및 활용방안에 대해 적극 논의하였음.

○ 매 중간평가 전에 총괄자문단의 자문위원 및 외부전문가를 모시고 자체평가회의를 진행하여 중간평가를 대비하였으며, 객관적인 평가가 가능하였음.

<연구단 주요 행사>

차년도	행사명	일시	장소	내용
1차년도	연구단 발족식	2011년 12월 16일	서울대학교	- 연구단 공식 창설
	킥오프 워크숍	2011년 12월 16일	서울대학교	- 1차년도 킥오프 워크숍 - 세부과제별 연구 주제 발표 - 전문가 의견 수렴
	국토해양부 보고회	2012년 1월 17일	국토해양부	- 1차년도 연구단 업무 담당자(강주엽 하천운영과 과장) 토론 -요소 기술 개발, 기술 검증 및 실용화 등 연구 개발 내용 및 방법 점검
	중간점검 워크숍	2012년 3월 30-31일	용인 한화리조트	- 한국건설교통기술평가원(김소연 전임연구원)의 R&D관리 방안 발표 - 세부과제별 연구 주제 및 성과 발표
	중간평가	2012년 5월 23일	한국건설 교통기술 평가원	- 연구과제 중간평가 -1차년도 연구 실적 및 차년도 연구 개발 계획 평가
	기획위원회 회의	2012년 10월 19일	토즈 교대	- 연구단 발전 방향 및 성과도출 논의
2차년도	킥오프 워크숍	2012년 8월 8일	서울대학교	- 2차년도 킥오프 워크숍 -한국건설교통기술평가원(김소연전임연구원)의 연구비 관리 및 기술인증 절차발표 -세부과제별 연구 주제 발표 -전문가 의견수렴
	국제 심포지엄 (제 1회)	2012년 8월 17일	서울대학교	- 국내외 수자원 및 하천 분야 전문가 초청 - 세부과제별 연구 내용 및 성과 발표
	현장 견학	2012년 8월 18일	여주 이포보 및 강천보 한강문화관	- 국내외 하천관련 현안 파악 - 국내외 전문가 교류를 통한 수자원 및 하천 관리 방안 의견 수렴 - 한강통합운영센터 실무자의 의견 수렴 - 해외 기술 수출 네트워크 구성
	하천 관리 신기술 세미나 (1차)	2012년 11월 2일	충남대학교	- 4대강 친환경시설물 및 하도 유지관리 기술 개발 세미나 - 연구의 중복성 제거 및 효율성 제고 - 연구자 간의 협조를 통한 연구 성과 및 기술 개발 달성 모의
	ARCROM Seminar	2012년 11월 22일 2013년 3월 22일 4월 17, 23, 24일	서울대학교	- 국내외 전문가 세미나 및 강연 - 국내외 전문가 교류를 통한 수자원 및 하천 관리 방안 의견 교류
	하천 관리 신기술 세미나	2012년 12월 12일	삼성 섬유센터	- 하천 관리에 대한 신기술 점검 및 공유 - 연구자 간의 협조를 통한 연구 성과 및 기술

	(2차)			개발 달성 모의
	송년의 밤	2012년 12월 12일	역삼 한국 기술센터	- 최우수 연구상 시상 및 연구 공로상 시상
	하천 운영 및 관리 기술 워크숍 (제 1차)	2013년 1월 7-9일	서울대학교	- 홋카이도 대학의 시미즈 교수, USGS 넬슨박사 등 강연 -iRIC 프로그램 모형 교육 및 훈련 프로그램 실시 -하천의 흐름, 유사 이동, 지형 변동 모의를 통한 기술력 향상 모의
	중간점검 워크숍	2013년 2월 4-28일	서울대학교	- 세부과제별 계획 대비 연구사업수행 실적 및 계획 발표 및 의견교환 -테스트베드 구간 적용 관련 성과 도출 모의
	통합 테스트베드 운영 회의	2013년 3월 29일	대구 낙동강 강정보	- 통합 테스트베드 현장 답사 및 운영 방안 논의 -통합 테스트베드 연구 진행 방향 의견 교환
	국토교통부 하천운영과 연구단사업 보고회	2013년 5월 7일	세종 정부청사	- 연구단 사업 목적, 차후 활용 및 사업화 계획 방안 논의 - 국토교통부 하천운영과(정희규 과장, 박재규 사무관, 조수용 주무관) 및 국토교통과학기술진흥원(김소연 연구원)의 질의 응답 - 요소 기술 개발, 기술의 검증 및 실용화 등 연구 개발 내용 및 방법 점검
	중간평가	2013년 5월 29일	국토교통 과학기술 진흥원	- 연구과제 중간평가 - 2차년도 연구 실적 및 차년도 연구 개발 계획 평가
	하천관리 신기술 세미나	2013년 5월 30일	삼성 섬유센터	- 연구기관 간 의견 교류 및 협력 모의 - 수자원 및 토목 분야 전문가의 연구 방향 및 연구 내용 의견 수렴
3 차 년 도	국토교통 과학기술 진흥원 물관리 연구사업 과제 검토회의	2013년 8월 1일	국토교통 과학기술 진흥원	- 연구단 과제 검토 및 논의
	킥오프 워크숍	2013년 8월 30-31일	용인 한화리조트	- 3차년도 킥오프 워크숍 - 세부과제별 연구 주제 발표 - 전문가 의견 수렴
	하천관리포럼	2013년 9월 6일	건설회관	- 하천관리를 위한 기술, 정책, 제도적 측면의 방향성 제시 및 각 계 전문가의 의견 수렴
	물산업전 전문가 포럼	2013년 10월 30일	대구 EXCO	- 물관련 산업에 관한 의견 교환 및 토론
	국제 심포지엄 (제 2회)	2013년 11월 7-8일	서울대학교	- 국내외 수자원 및 하천 분야 전문가 초청 - 국내외 하천 및 수자원 기술 연구와 미래 협력 방안 논의 -세부과제별 연구 내용 및 성과 발표
	현장 견학	2013년 11월 9일	충주댐, 강천보 한강문화관	- 국내외 하천관련 현안 파악 - 국내외 전문가 교류를 통한 수자원 및 하천 관리 방안 의견 수렴

				- 한강통합운영센터 실무자의 의견 수렴 - 해외 기술 수출 네트워크 구성
	ARCROM Seminar	2013년 12월 9일	서울대학교	- 국내외 전문가 세미나 및 강연 - 국내외 전문가 교류를 통한 수자원 및 하천 관리 방안 의견 교류
	국토교통부 수자원정책과 연례보고회	2014년 2월 25일	세종정부청사	- 연구단 사업 목적, 차후 활용 및 사업화 계획 보고 - 국토교통부 수자원정책과(조은호 사무관, 이성주 주무관) 및 국토교통과학기술진흥원(김소연 연구원) 참석, 연구책임자간 종합 토론
	제 7차 세계물포럼 당사자 준비총회	2014년 2월 27-28일	경주현대호텔	- 2015 제 7차 세계물포럼 행사의 준비 상황 점검 - 세부 주제 및 프로그램에 대한 논의
	K-water 물관리센터 보고회	2014년 3월 13일	K-water 물관리센터	- 연구성과 활용 방안 발표 - 유관기관과의 사업 목적 및 차후 활용, 사업화 계획 논의
	한강홍수통제소 연구단 검토회의	2014년 3월 19일	한강홍수통제소	- 연구단 사업 목적, 차후 활용 및 사업화 계획 논의
	3차년도 자체평가	2014년 5월 22,23,28,29일	세부기관별 장소	- 3차년도 세세부과제별 연구성과 발표 및 시연 평가 -전문가 의견 수렴 및 반영
4차년도	킥오프 워크숍	2014년 8월 29-30일	용인 한화리조트	- 4차년도 킥오프 워크숍 - 세부과제별 연구주제 발표 - 전문가 의견 수렴
	국제 심포지엄 (제 3회)	2014년 9월 14-15일	서울대학교	- 국내외 하천관련 현안 파악 - 국내외 전문가 교류를 통한 수자원 및 하천 관리 방안 의견 수렴 - 한강통합운영센터 실무자의 의견 수렴 - 해외 기술 수출 네트워크 구성
	현장 견학	2014년 9월 16일	여주 강천보 한강문화관	- 국내외 하천관련 현안 파악 -국내외전문가교류를통한수자원및하천관리방안 의견수렴 -한강통합운영센터실무자의의견수렴 -해외기술수출네트워크구성
	ARCROM Seminar	2014년 11월 7,21,28일 2015년 6월 1,3일	서울대학교	- 국내외 전문가 세미나 및 강연 - 국내외 전문가 교류를 통한 수자원 및 하천 관리 방안 의견 교류
	국토교통부 하천운영과 물관리연구사업 실용화 점검회의	2014년 12월 30일	세종 정부청사	- 연구단 사업 목적, 차후 활용 및 사업화 계획 보고 - 국토교통부(수자원정책 서명교 국장, 손옥주 과장) 및 국토교통과학기술진흥원(김소연 연구원) 참석, 연구책임자 간 종합토론
	국가기준서 개정안 워크숍	2014년 1월 14일	한강 홍수통제소	- 국가기준서(하천설계기준) 개정 업무 현황 및 사례 강연 - 세부과제별 국가기준서 개정 방안 및 추진 현황 발표

				- 전문가 자문의견 수렴
	세부과제 책임자 간담회	2015년 2월 10일	서울 팔래스호텔	- 4차년도 연구보고 및 계획 논의 - 총괄자문단 자문위원 참석, 자문의견 수렴
	물복지 실현을 위한 하천 관리 토론회	2015년 3월 25일	서울 삼정호텔	- 물복지 실현을 위한 하천관리 논의
	하천 운영 및 관리 기술 워크숍 (제 2차)	2015년 5월 1일	서울대학교	- 홋카이도 대학의 시미즈 교수, USGS 넬슨박사 등 강연 - iRIC 프로그램 모형 교육 및 훈련 프로그램 실시 - 하천의 흐름, 유사이동, 지형변동 모의를 통한 기술력 향상
	4차년도 자체평가	2015년 5월 19,20,21,22일	세부기관별 장소	- 4차년도 세세부과제별 연구성과 발표 및 시연 평가 - 전문가 의견 수렴 및 반영
	국토교통부 하천계획과 국가기준서 개정안 보고회	2015년 6월 8일	세종정부청사	- 하천설계기준 개정안 보고회 및 사전 검토 - 국가기준서 개정 방안 및 추진 현황 발표 - 전문가 자문의견 수렴
5차년도	유량조사사업단 센서 실용화 회의	2015년 7월 20일	유량조사사업단	- 유량조사사업단과의 실용화 회의 및 MOU체결
	ARCROM Seminar	2015년 7월 21일 8월25일 9월25일 10월13일 11월24일 12월2일 2016년4월26일	서울대학교	- 국내외 전문가 세미나 및 강연 -국내외전문가교류를통한수자원및하천관리방안 의견교류
	3세부과제 기준서 개정(안) 공청회	2015년 7월 30일	삼성 섬유센터	- 한국형 수문량 산정 선진화 기술 개발 과제 기준서 개정(안) 공청회 -하천설계기준개정(안)추진배경및추진계획설명
	2015년 물관리연구사업 관계자 워크숍	2015년 8월 25일	세종 정부청사	- 국토교통부 사업·과제담당관, 연구자와의 상호 소통 - 물관리연구사업의 이해와 향후 발전 방향 모색
	킥오프 워크숍	2015년 8월 28-29일	여주 썬밸리호텔	- 5차년도 킥오프 워크숍 - 세부과제별 연구주제 발표 - 전문가 의견 수렴
	KOICA SAARC 특별연수 개최	2015년 9월 10일	서울대학교	- 연구단 소개 및 특별강연
	국토교통부 하천운영과 물관리연구사업 실용화 점검회의	2015년 10월 1일	세종 정부청사	- 연구단 사업 목적, 차후 활용 및 사업화 계획 보고 - 국토교통부(장이슬 사무관, 장인호 주무관), 국토교통과학기술진흥원(김소연 연구원) 및 유량조사사업단(류영용 연구원) 참석 연구책임자 간 종합토론
	국토교통부	2015년 12월 10일	세종	- 연구단 사업목적, 차후 활용 및 실용화

	물관리연구사업 실용화 점검회의		정부청사	계획에 대한 보고
	하천설계기준 개정(안) 토론회	2015년 12월 4일	한국과학기술회관	- 국가기준서(하천설계기준) 개정 업무 현황 및 사례 강연 - 세부과제별 국가기준서 개정 방안 및 추진 현황 발표 - 전문가 자문의견 수렴
	국가건설기준센터 하천설계기준(안) 상정	2016년 3월 8일	국가건설기준센터	- 하천설계기준(안) 상정(10개 개정안)
	국가건설기준센터 센터장 보고회	2016년 3월 17일	국가건설기준센터	- 연구단 하천설계기준 개정(안) 상정에 따른 국가건설기준센터장 보고 - 하천설계기준 개정(안) 상정 후 평가절차 및 논의
	세부과제 책임자 간담회	2016년 3월 18일	신세계백화점(강남)	- 5차년도 연구보고 및 계획 논의 - 연구 방향에 대한 연구책임자 간 협의 및 토론
	하천 운영 및 관리 기술 워크숍 (제 3차)	2016년 4월 21-22일	서울대학교	- 홋카이도 대학의 시미즈 교수, USGS 넬슨박사 등 강연 - iRIC 프로그램 모형 교육 및 훈련 프로그램 실시 - 하천의 흐름, 유사이동, 지형변동 모의를 통한 기술력 향상
	국제 심포지엄 (제 4회)	2016년 4월 21-23일	서울대학교	- 국내외 수자원 및 하천 분야 전문가 초청 - 국내외 하천 및 수자원 기술 연구와 미래 협력 방안 논의 - 세부과제별 연구 내용 및 성과 발표
	현장 견학	2016년 4월 23-25일	팔당댐, 이포보, 안동댐, 안동하천실험실 등	- 국내외 하천관련 현안 파악 - 국내외 전문가 교류를 통한 수자원 및 하천 관리 방안 의견 수렴 - 안동하천실험실 실무자의 의견 수렴 - 해외 기술 수출 네트워크 구성
	5차년도 자체평가	2016년 4월 12, 22, 28일 5월 2일	세부기관별 장소	- 5차년도 세세부과제별 연구성과 발표 및 시연 평가 - 전문가 의견 수렴 및 반영
6차년도	킥오프 워크숍	2016년 7월 7일	서울대학교	- 6차년도 킥오프 워크숍 - 세부과제별 연구주제 발표 - 전문가 의견 수렴
	국토교통부 하천운영과 실용화 점검회의	2016년 8월 5일	세종 정부청사	- 연구단 사업목적, 차후 활용 및 실용화 계획에 대한 보고
	ARCROM Seminar	2016년 8월 24, 29일 12월 1, 1, 16일	서울대학교	- 국내외 전문가 세미나 및 강연 - 국내외 전문가 교류를 통한 수자원 및 하천 관리 방안 의견 교류
	연구관리 설명회	2016년 12월 1일	서울대학교	- 연구비 관리 및 연구 성과 관리 및 활용에 대한 설명회
	USGS 세미나	2017년 1월 17일	USGS	- 국제공동연구과제 관련 의견 수렴 및 논의

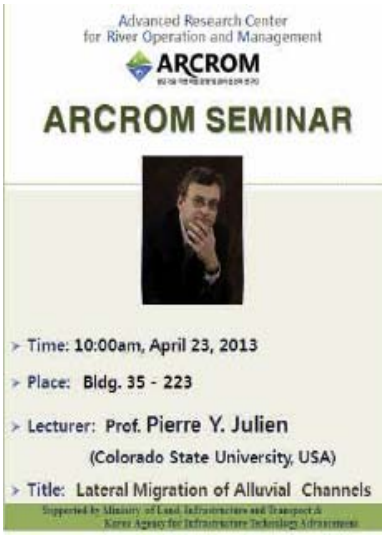
				- 국내외 전문가간의 미래 협력 방안 논의
	세부과제 책임자 간담회	2017년 3월 10일	서울 팔래스호텔	- 6차년도 연구보고 및 계획 논의 - 연구 방향에 대한 연구책임자 간 협의 및 토론 - 연구단 종료 이후 연구 성과 및 실용화 방안에 대한 협의
	국제 심포지엄 (제 5회)	2017년 5월 16-17일 (예정)	서울대학교	- 국내외 수자원 및 하천 분야 전문가 초청 - 국내외 하천 및 수자원 기술 연구와 미래 협력 방안 논의 - 세부과제별 연구 내용 및 성과 발표
	현장 견학	2017년 05월 18일 (예정)	대청댐 및 K-water 방문	- 국내외 하천관련 현안 파악 - 국내외 전문가 교류를 통한 수자원 및 하천 관리 방안 의견 수렴 - 안동하천실험실 실무자의 의견 수렴 - 해외 기술 수출 네트워크 구성

(가) ARCROM Seminar

차년도	일자	장소	강연자	소속	강연주제
2차년도	2012년 11월 22일	서울대학교	Tadaharu Ishikawa	Tokyo Institute of Technology	Meltdown of Ancient Civilizations due to Environmental Destruction
	2013년 03월 22일	서울대학교	Georg Bader	University of Heidelberg	Fluid Flow Simulation: An Interdisciplinary Approach
	2013년 04월 17일	서울대학교	K.-Peter Holz	Brandenburg University of Technology	HydroInformatics, where do we go?
	2013년 04월 23일	서울대학교	Pierre Y. Julien	Colorado State University	Lateral Migration of Alluvial Channels
	2013년 04월 24일	서울대학교	Pierre Y. Julien	Colorado State University	Modeling Runoff, Sediment and Contaminants on watersheds
3차년도	2013년 12월 09일	서울대학교	Tadaharu Ishikawa	Tokyo Institute of Technology	Techniques of Presentation and Communication in Foreign Language
4차년도	2014년 11월 21일	서울대학교	YongSung Park	University of Dundee	Three Breaking Solitary Waves
	2014년 11월 28일	서울대학교	Kim Dan Nguyen	University Paris-Est	Telemac-Mascaret Hydroinformatic System for Modeling Coastal, Estuarine, and River Flows,
	2015년 06월 01일	서울대학교	Michael Piasecki	The City College of New York	Current Focal Points in Hydroinformatics
	2015년 06월 03일	서울대학교	Michael Piasecki	The City College of New York	Multi-Functional Data Stores and Their Semantic Challenges
5차년도	2015년 07월 21일	서울대학교	Roohollah Noori	University of Tehran	New Approach for Water Quality Modeling Based on a Numerical Simulator Model and Proper Orthogonal Decomposition Technique
	2015년 08월 25일	서울대학교	Roohollah Noori	University of Tehran	Uncertainty Analysis of Artificial Intelligence Techniques for BOD5Prediction
	2015년 09월 25일	서울대학교	Pao-Shan Yu	National Cheng Kung University	Flood Risk Assessment: A Case Study in Central Taiwan
	2015년 10월 13일	서울대학교	Ana Maria A.F da Silva	Queen's University	On the Planimetric Evolution of Alluvial Meandering Streams
	2015년 12월 02일	서울대학교	YongSung Park	University of Dundee	고유속 개수로 흐름에서의 바닥전단력 및 유속장 측정
	2016년 04월 26일	서울대학교	Kevin G. LAMB	University of Waterloo	Internal waves and near critical slopes: reflection and generation by

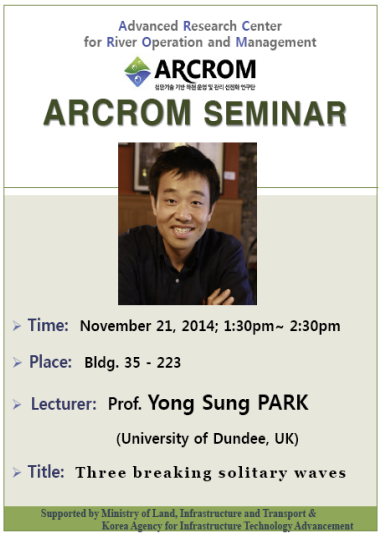
					tide-topography interactions
6차년도	2016년 08월 24일	서울대학교	Yoshihisa Kawahara	Hiroshima University	UAV Photogrammetry for Monitoring Changes in River Topography and Vegetation
	2016년 08월 29일	서울대학교	Matteo Rubinato	The University of Sheffield	Experimental and Numerical Investigation of the Behavior of Interface Points and the Transport of Pollutants in Urban Flooding Events
	2016년 12월 01일	서울대학교	TingFong May Chui	The University of Hond kong	Numerical simulation and analysis of large-scale low impact development implementation
	2016년 12월 01일	서울대학교	Kit-Ming Lam	The University of Hond kong	Field and laboartory studies of rain gardens and porous pavements for stormwater runoff mitigation
	2016년 12월 16일	서울대학교	Ravikanth Pamidimukkala	Cornell University	Perspectives of real estate in the US

2차년도



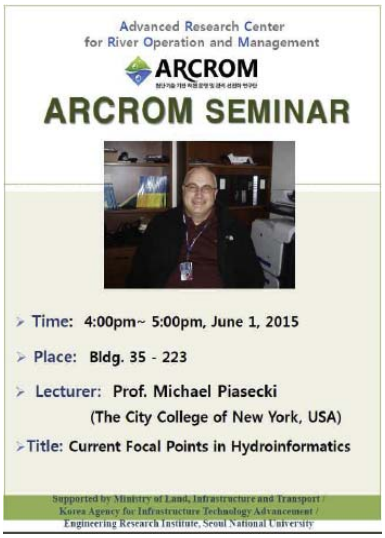


3차년도



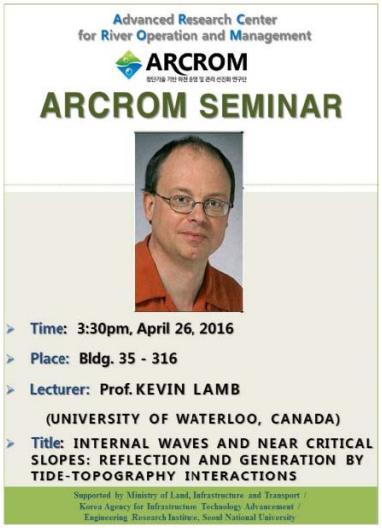


4차년도





5차년도





6차년도





<ARCROM Seminar 포스터 및 강연사진>

(나) 연차별 킥오프 워크숍

차년도	일시	장소	참석자	워크숍 내용
1차년도	2011년 12월 16일	서울대학교	52	- 1차년도 킥오프 워크숍 - 연구단 현판 수여
2차년도	2012년 8월 8일	서울대학교	93	- 2차년도 킥오프 워크숍 - 1차년도 최우수과제 시상 - 한국건설교통기술평가원의 연구비 관리 및 기술 인증 절차 발표 (김소연 전임연구원) - 세부과제별 연구 주제 발표 -전문가 의견 수렴
3차년도	2013년 8월 30-31일	용인 한화리조트	105	- 3차년도 킥오프 워크숍 - 2차년도 최우수과제 시상 - 세부과제별 연구 주제 발표 - 전문가 의견 수렴
4차년도	2014년 8월 29-30일	용인 한화리조트	100	- 4차년도 킥오프 워크숍 - 3차년도 최우수과제 시상 - 세부과제별 연구 주제 발표 - 전문가 의견 수렴
5차년도	2015년 8월 28-29일	여주 썬밸리호텔	87	- 5차년도 킥오프 워크숍 - 4차년도 최우수과제 시상 - 세부과제별 연구 주제 발표 - 전문가 의견 수렴
6차년도	2016년 7월 7일	서울대학교	59	- 6차년도 킥오프 워크숍 - 5차년도 최우수과제 시상 - 세부과제별 연구 주제 발표 - 전문가 의견 수렴

1
차
년
도



<ARCROM 현판 수여식>

2
차
년
도

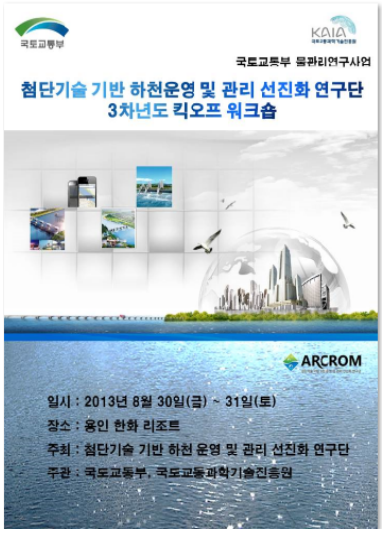


<킥오프 워크숍 프로시딩>



<킥오프 워크숍 단체사진>

3
차
년
도



<킥오프 워크숍 프로시딩>



<킥오프 워크숍 단체사진>

4
차
년
도



<킥오프 워크숍 프로시딩>



<킥오프 워크숍 단체사진>

5
차
년
도



<킥오프 워크숍 프로시딩>



<킥오프 워크숍 단체사진>

6
차
년
도



<킥오프 워크숍 프로시딩>



<킥오프 워크숍 단체사진>

<킥오프 워크숍 단체사진 및 관련 사진>

(5) 연구단 홍보 관리

○ 연구단 홍보 관리의 경우, 연구단의 연구성과 및 시제품 등의 전시를 통해 홍보
○ 분기별 웹상에 게재되는 온라인뉴스레터 발행으로 연구단 성과 홍보
○ 연구단 국영문혼용 브로셔 제작 및 배포를 통해 유관기관 및 국제 홍보
○ 학술기사 게재 및 신문 매체를 통한 연구단 홍보

<연구단 홍보관리 성과 요약>

연차	연구단 홍보관리	일시	장소	내용	방문자수 (명)
1차년도	온라인 뉴스레터	2012년 5월 7일	웹 (http://newsletter.arcrom.re.kr/)	- 1호	
	전시부스 운영	2012년 5월 17-18일	강원랜드 컨벤션호텔	2012 한국수자원학회 학술발표대회 전시부스 운영	100여명
	로고 제작, 변경			 변경전  변경후	
	현판 제작, 변경			 변경전  변경후	
2차년도	온라인 뉴스레터	분기별	웹	- 1~5 호	
	국영문 브로셔 제작 및 배포		-	- 브로셔배포현황 참고	
	전시부스 운영	2012년 8월 20-23일	제주국제컨벤션센터	2012 국제수환경공학회 아시아태평양지역 학술대회 전시부스 운영	100여명
		2012년 10월 25-26일	전남대학교	2012 대한토목학회 학술발표대회 전시부스 운영	60여명
		2013년 5월 23-24일	호남대학교	2013 한국수자원학회 학술발표대회 전시부스 운영	60여명
3차년도	온라인 뉴스레터	분기별	웹	- 6~9호	
	국영문 브로셔 제작 및 배포		-	- 브로셔배포현황 참고	
	전시부스 운영	2013년	강원랜드	2013 대한토목학회 학술발표대회	170여명

연차	연구단 홍보관리	일시	장소	내용	방문자수 (명)
		10월 24-25일	컨벤션호텔	전시부스 운영	
		2014년 2월 26-28일	제주국제컨벤션센터	제 21회 물관리심포지엄 전시부스 운영	1000여명
		2014년 4월 17-18일	한국과학기술회관	자연친화적 하천관리 워크숍 전시부스 운영	104명
		2014년 5월 15-16일	부경대학교	2015 한국수자원학회 학술발표회 전시부스 운영	150여명
		2014년 5월 21-23일	코엑스	2014 국토교통기술대전 전시부스 운영	1000여명
4차년도	온라인 뉴스레터	분기별	웹	- 10~13호	
	국영문 브로셔 제작 및 배포		-	- 브로셔배포현황 참고	
	전시부스 및 특별세션 운영	2014년 10월 22-24일	대구 EXCO	2014 대한토목학회 학술발표대회 전시부스 운영	100여명
		2014년 11월 25-27일	인천 송도컨벤시아	2014 스마트워터그리드 국제컨퍼런스 전시부스 및 세션운영	800여명
		2014년 12월 10일	양재 더케이호텔	2014 물관리세미나 세션 운영	100여명
		2015년 4월 12-17일	대구 EXCO	제 7차 세계물포럼 한국관 합동 부스 운영	400여명
		2015년 5월 28-29일	고성 대명리조트	2015 한국수자원학회 학술발표대회 전시부스 운영 및 원태상 기념강연	100여명
	기타 홍보	2014년 12월 9-11일	서울대학교	-CHRISTMAS with ARCROM 개최 - 사진공모전 및 토크콘서트 진행	300여명
5차년도	온라인 뉴스레터	분기별	웹	- 14~16호 발간	
	국영문 브로셔 제작 및 배포		-	- 브로셔배포현황 참고	-
	전시부스 운영	2015년 10월 29~30일	군산 새만금컨벤션센터	2015 대한토목학회 학술발표대회 전시부스 및 글로벌세션 운영	150여명
		2016년 5월 25-27일	서울 코엑스	2016 국토교통기술대전 전시부스 운영	150여명
		2016년 5월 26-27일	대전 K-water	2016 한국수자원학회 학술발표대회 전시부스 운영	-
	기타 홍보	2015년 12월 22일	서울대학교	- CHRISTMAS with ARCROM 개최	300여명

연차	연구단 홍보관리	일시	장소	내용	방문자수 (명)
				- 사진공모전 진행	
6차년도	국영문 브로셔 제작 및 배포		-	- 브로셔배포현황 참고	
	전시부스 운영	2016년 8월 22-25일	인천 송도컨벤시아	2016 국제물정보공학 학술대회 전시부스 운영	100여명
		2016년 10월 20-21일	제주컨벤션센터	2016 대한토목학회 학술발표대회 전시부스 및 특별세션 운영	150여명
		2017년 5월 24-26일	일산 킨텍스	2017 국토교통기술대전 전시부스 운영	100여명

가) 온라인 뉴스레터

1) 온라인 뉴스레터 발간의 개요

○ 2012년 3월에 온라인 뉴스레터(http://newsletter.arcrom.re.kr/) 1호 발간이후 3개월 주기의 계간으로 발간되어 현재 16호까지 발간됨.

○ 뉴스레터는 연구단 소개 및 행사, 우수성과물, 첨단 연구 동향, 연구성과 현황, 연구원 동정 등의 내용으로 구성되어 있음.

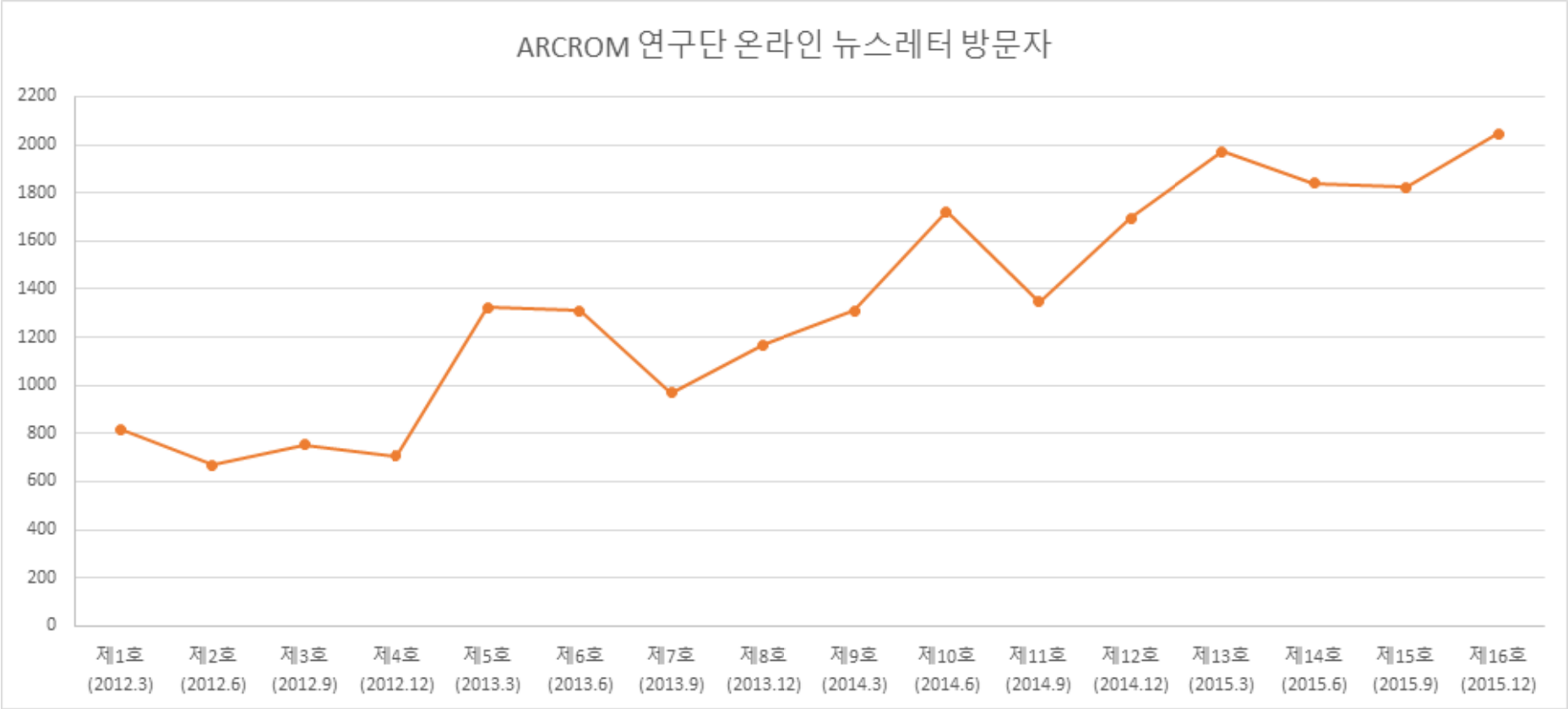
○ 뉴스레터는 홍보와 연구업적을 공지할 목적으로 국내외 참여연구원 및 유관기관 3000여 곳에 배포되었음.

○ 2015년 12월 현재 연구단 뉴스레터호별 조사된 방문자수는 다음 표와 같으며, 적극적인 홍보

<온라인 뉴스레터 발간일시 및 방문자수>

(2017년 4월 18일 현재)

차년도	발간호	발간일시	방문자수
2	1	2012.3	817명
	2	2012.6	669명
	3	2012.9	754명
	4	2012.12	707명
3	5	2013.3	1323명
	6	2013.6	1310명
	7	2013.9	970명
	8	2013.12	1168명
4	9	2014.3	1310명
	10	2014.6	1722명
	11	2014.9	1348명
	12	2014.12	1695명
5	13	2015.3	1973명
	14	2015.6	1840명
	15	2015.9	1824명
	16	2015.12	2047명


ARCROM 연구단 온라인 뉴스레터 방문자
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
제1호 (2012.3)
제2호 (2012.6)
제3호 (2012.9)
제4호 (2012.12)
제5호 (2013.3)
제6호 (2013.6)
제7호 (2013.9)
제8호 (2013.12)
제9호 (2014.3)
제10호 (2014.6)
제11호 (2014.9)
제12호 (2014.12)
제13호 (2015.3)
제14호 (2015.6)
제15호 (2015.9)
제16호 (2015.12)

2) 뉴스레터 발간

<ARCROM 연구단 온라인 뉴스레터>

■ 2차년도

구성	내용	제목(작성자)			
메인섹션	서브섹션	1호	2호	3호	4호
프롤로그	인사말	'새로운 삶을 시작하는 시점' (서울대 서일원 교수)	'도수(道水)' (서울대 송창근 박사후연구원)	'R&D에서 실무적용까지 책임지는 연구단이 되자' (연세대 허준행 교수)	'하천과 친구되기' (단국대 강부식 교수)
	제언	'하천 관리 선진화 연구단에게 바란다' (前한국하천협회 김국일 회장)	'하천 관리 선진화 연구단에게 바란다' (K-water 이을래 책임연구원)	'하천 관리 연구, 협업이 생명이다' (연세대 안정환 연구원)	'하천 관리 선진화 기술 연구를 위한 우리의 자세' (연세대 정영훈 연구원)
	논단	'하천 관리 선진화 연구단 출범을 축하하며' (캘리포니아 수자원국 수자원분석 정일환 팀장)	'하천 IT(River Informatics)에 대해 논한다' (단국대 김동수 교수)	'기후변화와 지속 가능한 발전' (국립방재연구원 정태성 박사)	'HPG 기술동향 및 적용 가능성에 대한 고찰' (서울대 서용원 연구원)
뉴스	연구단 소개	-연구단 조직 소개	-연구단 홈페이지 개설 준비	-연구단 과제체계 소개	-한국수자원학회지 '물과 미래'에 연구단 소개
	연구단 행사	-연구단 발족식 및 제1회 워크숍 -국토해양부 보고회 -국토해양부 최종보고회	-1차년도 중간점검 워크숍 -한국수자원학회 학술발표회 전시부스 운영 -2012년 건설기술혁신사업 중간평가회의	- 2차년도 킥오프 워크숍 - 국제심포지엄 - 여주 이포보 및 강천보 한강문화관 현장 견학 - IAHR-APD 2012 학술발표회 전시부스 운영	-대한토목학회 학술발표대회 'Civil Expo 2012' 전시부스 운영 -제1차 하천 관리 신기술 세미나 -한국건설교통기술평가원 '물관리 세미나' 주제 발표 -제2차 하천 관리 신기술 세미나 -ARCROM 송년의 밤
	참여기관 소식	참여기관별 간담회	-(2-2) 인덕대학교: "첨단기술을 이용한 하천조사기술 개발" 현장조사 -(2-3) K-water: 첨단하천정보관리 기술 협력방안 워크숍 및 MOU	- (1-5) 인제대학교: "하천시설관리 최적화 기술 개발" 세미나 -(2-3) K-water: "Smart River 정보관리 심포지엄" 개최 -(2-4) 서울대학교: 1. "2012 국토해양기술대전" 참가 -(2-4) 서울대학교: 2.	-(1-1) 충남대학교: "미국 농부성 한은진 박사 초청" 세미나 개최 -(2-3) K-water연구원: K-water-CUAHSI 양해각서 합의 -(2-4) 서울대학교:2세부과

			협의 -(2-4) 서울대학교: 1. 박재광 미국 위스콘신대학 교수 초청 특별 강연 개최 2. 정일환 캘리포니아 수자원국 수자원분석팀장 초청 특별 강연 개최 -(4-2) K-water: 1. 수리권 개선 연구회의 2. 하천유량관리시스 템 세미나	주한 네덜란드 대사관 공동 주최 “한국물포럼 세미나” 참석 -(2-4) 서울대학교: 3. “The 6th Korea-Mongolia Joint Seminar on Sustainable Development” 참석 및 주제발표 -4세부과제: 1. “4세부 총괄회의” 개최 -4세부과제: 2. “국외전문가 초청 자문 및 국제심포지엄” 참석 -(4-3)과제 K-water연구원: 1. “OECD 환경전망 2050 워크숍” 참석 -(4-3)과제 K-water연구원: 2. “하천유량관리 고도화 기술개발” 업무추진 회의 -(4-3)과제 K-water연구원: 3. “2012 춘천국제물포럼” 참가	제 “2차년도 4차회의” 개최/한국하천협회 주최 “2012 하천관리 정기세미나” 참석/김경현 국립환경과학원 수질통합관리센터 장 초청 특별 강연 개최/백운일 대림산업㈜ 해외토목사업부 전무 초청 세미나 개최/Tadararu Ishikawa 교수 초청 세미나 개최 -(2-5) 웹솔루스:“최첨단 ICT기반의 지능형 하천정보제공시스 템 구축” 현장조사 -3세부과제: “국외전문가 초청 세미나” 개최 -(4-5)과제: “Pittsburgh 대학교 Chiu교수님 초청 엔트로피 개념에 의한 유량산정” 세미나 개최
파워 하우스	연구자 초대석	‘ARCROM號에 승선하며’ (인덕대 정창삼 교수)	‘(1-1)과제 연구책임자 정관수 충남대학교 교수’	‘(2-3)과제 연구책임자와의 만남’ (K-water 채효석 연구원)	‘(4-3)과제 연구책임자와의 만남’ (K-water 김정곤 연구원)
	우수 성과물	신규특허 소개 -특허제목: 텐서형 와점성계수를 가진 2차원 하천흐름모형을 이용하여 천수흐름을 해석하는 방법/10-1106548 (서울대 송창근 박사후연구원)	출원특허 소개-발명의 명칭 : 위치기반서비스를 이용한 하상변화 모니터링 시스템 및 그 방법 (발명자: 정창삼, 이은정, 홍종유)	(4-3)과제 논문 소개 -Impacts of GIS data quality on determination of runoff and suspended sediments in the Imha watershed in Korea	(2-4)과제 특허 등록 소개 -하천에서 연직방향 유속분포식을 이용한 텐서형 분산계수 산정방법/10-1194 610
	첨단연	‘첨단하천 조사기술	준설하천의	Smart River 정보 관리	하천유량관리

	구동향	소개' (인덕대 정창삼 교수)	하도안정화 기술 및 유지관리 기술 개발 (충남대 국제수자원연구소 강재원 수석연구원)	기술 개발 - 국외 선진 물관리시스템 CUAHSI (K-water 신형진 연구원)	고도화 기술 개발 - 하천유량관리시스 템 RFMS (K-water 박정은 연구원)
	연구성 과현황	- 연구성과 관리방향	- 1차년도 연구단 성과 현황	- 2차년도 연구단 성과목표 현황	
	연구자 료	- 연구단 DB 소개	- 소프트웨어 관련 발명의 특허 출원	- 소프트웨어 관련 발명의 특허명세서 작성 사례 (파코국제특허사무소 손태원 변리사)	학회지 일반/학술/기술기사 -한국수자원학회지 『물과 미래』 -한국방재협회 『방재저널』
엑티비티스	현장 탐방기	제6차 세계물포럼 "물과 녹색성장" 개최기 (K-water연구원 임광석 수석연구원)	2012 한국수자원학회 학술발표회 참관기 (K-water 서지원 연구원)	-2012 IAHR-APD 학술발표회 참관기 -2012 IAHR-APD 전시부스 운영 참관기	-2012 대한토목학회 학술대회 및 Civil Expo 2012 (서울대 최수연 연구원)
	연구원 동정	참여기관별 연구원 활동내용	참여기관별 연구원 활동내용	참여기관별 연구원 활동내용	참여기관별 연구원 활동내용
아트&컬쳐	예술 이야기	'詩와 함께'	'詩와 함께'	'詩와 함께'	'詩와 함께'
	문화 이야기	나의 음악이야기 - 1회 바흐의 '커피칸타타'	나의 음악이야기 - 2회 헨델의 '수상 음악'	나의 음악이야기 - 3회 쇼팽의 '빗방울 전주곡'	나의 음악이야기 - 4회 모차르트 오페라 마술피리 中 '밤의 여왕'
에필로그	알림마 당	- 사무국 업무회의 - 사무국 행정업무 분장표	- 연구단 사사문구 - 연구비관리 Tip	- 연구비 사용 관리 유의사항 - 연구비 사용실적의 시스템 입력 방법 - 연구단 로고	-연구비 관리 Q&A -연구단 연중 행사 마스터 플랜 -ARCROM 연구단 웹하드 DB 소개
	미래행 사	- 연구단 행사일정 - 학술대회 일정	- 연구단 행사일정 - 학술대회 일정	- 연구단 행사일정 - 학술대회 일정	- 연구단 행사일정 - 학술대회 일정
	편집후 기	'창간호를 내기까지' ARCROM 사무국	'2호를 준비하며' ARCROM 사무국	'3호를 준비하며' ARCROM 사무국	'4호를 준비하며' ARCROM 사무국



<2차년도 뉴스레터 - 1~4호>

■ 3차년도

구성	내용	제목(작성자)			
메인섹션	서브섹션	5호	6호	7호	8호
프롤로그	인사말	'하천을 생각하는 첨단기술' (창원대 류시완 교수)	'첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화 연구단에 참여하며' (서울대 황진환 교수)	'생활 속의 물과 하천' (ARCROM 박기두 연구원)	'흐르는 강물처럼' (동의대 류권규 교수)
	제언	'연구단 연구계획에 대한 나의 생각' (서울대 이길성 명예교수)	'국민 행복을 추구하는 사회적 기술, 하천관리' (동아사이언스 김두희 대표)	'실용적 원천기술로 미래 물 산업의 초석이 되기를...' (K-water 황필선 전북지역본부장)	'하천관리를 위해서 필요한 미래기술은 무엇일까?' (한국건기연 김원)
	논단	'첨단하천 연구단에 바란다' (K-water 고덕구 연구원장)	'소하천, 지류하천에 보다 많은 관심을 가져야 한다' (충남대 노재경 교수)	'베트남 홍강의 홍수량 산정방법 소개' (동부엔지니어링 오규창 전무)	'목표지향적 하천관리' (농업회사법인 두호 박두호 대표)
뉴스	연구단 소개	-연구단 소개 (연구단 조직도/연구단 과제체계)	-연구단 소개 (연구단 홈페이지)	-총괄과제 연구 개요 및 목표	-연구단 소개
	연구단 행사	-하천 운영 및 관리 기술 워크숍 -중간점검 간담회 -서울과학고 R&E 연구팀 방문	-통합 테스트베드 운영 회의 -국토교통부 하천운영과 연구단 사업 보고회 -수자원학회 학술발표대회 전시부스 및 기획세션 참여 -제4차 하천관리 신기술 세미나 -연구단 2차년도 중간평가 -3차년도 성과점검기준표 및 연구개발계획서 작성을 위한 32개 세부과제 실무자 회의 -3차년도 연구단 협약체결 -세부과제 책임자 간담회 -연구단 센서 개발 사업 최종 보고회	-국토교통과학기술 진흥원 물관리연구사업 연구단 과제 검토회의 -3차년도 킥오프 워크숍 -제2차 세부과제 책임자 간담회 -2013년 제1회 하천관리포럼 -건설기술신문 기사 게재	-대한토목학회 2013 CIVIL EXPO -2013 물산업전 전문가 포럼 -제2회 국제심포지엄

	참여기관 소식	-(2-3)과제 K-water: “미국 CUAHSI와 기술이전 MOU 최종 체결” -(2-4)과제 서울대학교: “2차년도 5차회의” 개최 -(3-1) 과제 연세대학교: “3세부 중간진도점검회의” 개최 -(3-2)과제 단국대학교: “설계강우의 ARF 및 공간분포 산정방법 개발” 자문회의 -(4-1)과제 부경대학교: “외부환경 변화에 따른 하천 수량 평가 방안 및 매개변수 추정지원시스템 개발” -(4-2)과제 서울과학기술대학교: “외부환경 변화에 따른 물 순환 복원 기술 평가 시스템 개발” -(4-3)과제 K-water: “ARCROM 연구단 워크샵” 참석/4세부 내부회의 등 -(4-4)과제 미래자원연구원: “하천수사용허가 제도개선에 관한 제1차 토론회” 개최 등 -(4-5)과제 부산대학교: “제3차 하천관리 신기술 세미나” 참석	-(1세부)과제자문위원회개최 -(1-1)과제충남대학교제7차국제심포지움개최 -(1-2)과제 한국교통대학교: “2013 봄 하천학교” 개최 -(2-3)과제 K-water연구원: “Big Data, Smart River 하천공간정보 빅데이터 추진전략 심포지움 개최” 및 연구성과 홍보부스 설치 운영 -(2-3)과제 K-water연구원: 수자원 학회 우수발표 논문상 수상 --(2-3)과제 K-water연구원: 위성정보를 활용한 글로벌 수자원 감시, 평가, 예측 시스템 개발 기획연구 주관연구 기관 선정 -(2-4)과제 서울대학교: 연구단 센서개발 간담회 -(3세부)과제: <제1회3세부실적(2차년도) 및계획(3~5차년도) 워크숍> 진행 -(3세부)과제: <제4차 하천관리 신기술 세미나> 진행 -(4-3)과제 K-water연구원: 금호강 현장견학 및 2세부과제 6차회의 참석 -(4-3)과제 K-water연구원:	-(1-2)과제 한국교통대학교: “하도 안정화 기술개발 세미나 개최” -(2-2)과제 인덕대학교: “첨단 기술기반하천운영및 관리선진화연구단3차년도킥오프워크숍 참가” -(2-4)과제서울대학교: “2세부과제 3차년도 1차 회의” -(2-4)과제서울대학교: “「수질오염사고예측모델 정확도 제고」 전문가 포럼” -(2-4)과제서울대학교: “수공•환경 세미나 개최” -(2-4)과제서울대학교: “2세부과제 3차년도 2차 회의” -(4-3)과제K-water: “4세부3차년도연구추진총괄회의” -(4-3)과제 K-water: “수리권 연구과제 방향 재설정“ -(4-3)과제 K-water: “Texas A&M 정재학 교수 세미나“ -(4-3)과제 K-water: “하천유지유량 확대고시 관련부서 기술검토회의“	-(1-7)과제, (2-5)과제 (주)웹솔루스: “ARCROM 제2회 국제심포지엄 포스터세션 발표” -(2-4)과제 서울대학교: “수공•환경 세미나 개최” -(2-4)과제 서울대학교: “2세부과제 3차년도 3차회의” -(3세부)과제: “설계홍수량 산정요령의 표준화 연구 세미나 개최” -(4-3)과제 K-water: “3차년도 연구추진회의_부산대, 충남대, 충북대” -(4-3)과제 K-water: “3차년도 연구추진회의_미자연, 올포랜드” -(4-3)과제 K-water: “대구 물산업전 전문가 포럼 발표“ -(4-3)과제 K-water: “ACROM연구단 제2회 국제 심포지움 참석“ -(4-7)과제 충북대학교: “한국산학기술학회에서 우수논문상 수상”

			조사기획처 업무회의 -(4-3)과제 K-water연구원: 물관리센터 업무회의 -(4-3)과제 K-water연구원: 국토부 연구단 보고 -(4-3)과제 K-water연구원: 4세부 단위기관 실무자회의 -(4-4)과제 미래자원연구원: 한국수자원학회 및 한국기후변화학회 학술발표회 참여		
파워 하우스	연구자 초대석	'3-6과제 연구책임자를 만나다' (충북대 이효상 교수)	'(3-3)과제 연구책임자와의 만남' (서경대 안재현 교수)	'(3-3)과제 연구책임자와의 만남' (성균관대 전경수 교수)	'(4-7)과제 연구책임자와의 만남' (충북대 맹승진 교수)
	우수 성과물	'저수지 홍수추적을 이용한 지하저류조의 유출 저감 분석' (서울대 송창근 연구원)	(2-6)과제 특허 등록 소개 - 격자생성 프로그램을 이용한 지형 분석방법	(4-1)과제 핵심 성과 소개 (SWMM 5의 매개변수 추정 지원 시스템)	(1-7)과제 특허 소개 (수문모형과 수리모형 수행을 위한 지형관리 방법 및 시스템)
	첨단연구 동향	'농촌홍수관리시스 템 개발' (건국대 김성준 교수)	하천위락용 수질정보 제공 시스템 (서울대 최수연 연구원)	저수지 배사를 통한 퇴적토 관리 방안 (서울대 안정규 연구원)	실내외 겸용 휴대용 스마트 초음파 유속계 개발 (아이에스테크놀로 지 최병득 연구원)
	연구성과 현황	-2차년도 정량적 성과현황	-2차년도 정량적 성과달성 현황	-3차년도 정량적 성과달성 현황	-3차년도 정량적 성과달성 현황
	연구자료	국제 학술지(SCI) 논문 출판 비법- 제1회: 무엇을 쓸 것인가? (한경대 백경오 교수)	국제 학술지(SCI) 논문 작성에 관하여(2회) 2회: 어떻게 출판할 것인가? (한경대 백경오 교수)	법제도 개선」의 이해 -1회: 입법과정은 어떻게 이루어지나?	법제도 개선」의 이해 -2회: 상위법과 하위법이 왜 중요한가?
엑티비티스	현장 탐방기	-2012 ICHE 학술대회 참가기 (명지대 장은경 연구원) -2013 International Joint Seminar on	2013 한국수자원학회(호 남대학교 광산캠퍼스) 참가기 (서경대 신찬섭 연구원)	2013 AOGS Annual Meeting (연세대 남우성 연구원)	2013 IAHR 학술대회 참가기 (충남대 강태운 연구원)

		Environmental Hydraulics and Hydrology (서울대 이주하 연구원)			
	연구원 동정	참여기관별 연구원 활동내용	참여기관별 연구원 활동내용	참여기관별 연구원 활동내용	참여기관별 연구원 활동내용
아트&컬쳐	예술 이야기	'나의 미술이야기' -1회: "클로드 모네"	'나의 미술이야기' 2회 : 마르크 샤갈	'나의 미술이야기' 3회 : 에두아르 마네	'나의 미술이야기' 제4회: 사랑의 피사체를 신격화 시킨 르네상스의 3대가(大家), "산치오 라파엘로
	문화 이야기	'나의 음악이야기' -제5회: 나의 오디오 편력	'나의 음악이야기' -6회: 슈베르트와 낭만주의 음악(1부)	'나의 음악이야기' -6회: 슈베르트와 낭만주의 음악	'나의 음악이야기' 6회: 슈베르트와 낭만주의 음악(2부)
에필로그	알림마당	-연구비 관리 Q&A -연구단 연중 행사 마스터 플랜 -ARCROM 연구단 웹하드 DB 소개	-연구비 관리 Q&A -연구단 연중 행사 마스터 플랜 -ARCROM 연구단 웹하드 DB 소개	-연구비 관리 Q&A -연구단 연중 행사 마스터 플랜 -ARCROM 연구단 웹하드 DB 소개	-연구비 관리 팁 -연구단 국영문 브로셔 발간
	미래행사	- 연구단 행사일정 - 학술대회 일정	- 연구단 행사일정 - 학술대회 일정	- 연구단 행사일정 - 학술대회 일정	- 연구단 행사일정 - 학술대회 일정
	편집후기	'5호를 준비하며' ARCROM 사무국	'6호를 준비하며' ARCROM 사무국	'7호를 준비하며' ARCROM 사무국	'8호를 준비하며' ARCROM 사무국



<3차년도 뉴스레터 - 5~8호>

■ 4차년도

구성	내용	제목(작성자)			
메인섹션	서브섹션	9호	10호	11호	12호
프롤로그	인사말	‘하천과 인간의 하모니(harmony)’ ((주)유신 오윤근 부사장)	‘첨단하천연구를 통한 물산업 진출’ (한국수자원학회 한건연 교수)	‘하천분야 연구의 미래를 견인하는 연구단’ (한국건기연 윤광석 연구위원)	‘하천 관리 선진화 연구단에 바란다’ (서울대 김성은 연구원)
	제언	‘하천 관리 선진화에 대한 소견’ ((주)이산 이상렬 전무)	‘“문화와 감성”이 조화된 창조하는 연구단이 되길 기대하며’ (한강홍수통제소 하천정보센터 조효섭 실장)	‘첨단하천, 수자원을 키우는 지혜’ (한강홍수통제소 차준호 실장)	‘빅 데이터와 클라우드 컴퓨팅을 통한 하천 정보 관리의 방향’ (인하대 김형수 교수)
	논단	‘IWRM을 통한 물문제 해결’ (K-water 물관리센터 정구열 실장)	‘이제는 예방사업에 우선 투자하려는 노력 필요’ (국립재난안전연구원 정태성 연구관)	‘연구개발사업은 계획이 다다!’ (한국건기연 우효섭 선임연구위원)	‘여러분의 동네는 홍수예보가 발령되나요?’ (금강홍수통제소 박상근 과장)
뉴스	연구단 소개	-한국 수자원학회지 ‘물과 미래’ 연구단 소개	-2세부과제, 4세부과제 홍보동영상 소개	-하천기술실증센터 소개	-연구단 3주년 기념 행사사진 소개
	연구단 행사	-국토교통부 수자원정책과 연례 보고회 -제7차 세계 물포럼 당사자 준비총회 -제21회 물관리심포지엄 및 전시회 -K-water 물관리센터 보고회 -한강홍수통제소 연구단 검토회의	-자연 친화적 하천관리 워크숍 전시부스 운영 -실무자 간담회 (교육세미나) -2014 한국수자원학회학술대회전시부스운영 -2014 국토교통기술대전 전시부스 참가	-4차년도 킥오프 워크숍 개최 -제3차 국제심포지엄 개최 -IAHR-APD 2014 참가	-대한토목학회 2014 CIVIL EXPO 전시부스 참가 -한강홍수통제소 세부과제 보고회 -ARCROM Seminar -2014 SWGIC 참가 -2014 물관리 세미나
	참여기관 소식	-(1-1)과제 충남대학교: “세미나 개최” -(2-4)과제 서울대학교: “2세부과제 3차년도 5차회의” -(1-7)과제, (2-5)과제 (주)웹솔루스: “세계물의날 기념 물관리 심포지엄 및 전시회참가” -(4-3)과제 K-water:	-1세부과제: “1세부과제 자체평가회의” -2세부과제: “2세부과제 자체평가회의” -(2-3)과제 K-water: 통합물관리 실현을 위한 첨단 정보관리 추진전략 심포지움 주최 -(2-5)과제 (주)웹솔루스:	-(2-3)과제 K-water: “미국 CUAHSI와 하천정보 표준화 관련 공동연구 추진 관련 협의” -(2-4)과제 서울대학교: “KOICA SAARC 특별연수 강의 및 실험실 견학” -(2-5)과제 (주)웹솔루스: “ARCROM 제3회	-(1-1)과제 충남대학교: “진단시스템 개발을 위한 1세부 실무자 회의 개최” -(1-1)과제 충남대학교: “1세부과제 중간보고회 개최” -2세부과제: “4차년도 2차 중간보고회” -4세부과제: “4차년도 1차

		“하천수 사용료 징수체계 제도 개선 자문회의” -(4-3)과제 K-water: “4세부 단위과제별 연구책임자 회의” -(4-3)과제 K-water: “국토부(하천운영과, 한강홍수통제소) 및 K-water(물관리센터) 연구단 보고회의”	“2세부과제 자체평가회의” -3세부과제: “3세부과제 자체평가회의” -4세부과제: “4세부과제 자체평가회의”	국제심포지엄 발표” -4세부과제 K-water: “4차년도 총괄회의” -(4-3)과제 K-water: “모바일 하천정보시스템 개발 4차년도 연구추진계획 논의” -(4-3)과제 K-water: “하천수 이용환경 개선을 위한 법제연구 4차년도 연구추진계획 논의” -(4-3)과제 K-water: “4세부과제 4차년도 연구추진계획 연구단장 보고” -(4-3)과제 K-water: “4차년도 킥오프워크숍 참석” -(4-5)과제 부산대학교: “유역특성을 고려한 구조적 하천수량 확보기술 연구회의”	중간보고회(4세부과제 2차 총괄회의)” -4세부과제: “4세부과제 연구책임자 월례회의” -(4-1)과제 부경대학교: “SWMM 교육 및 TB적용계획 논의” -(4-5)과제 부산대학교: “4차년도 연구회의”
파워 하우스	연구자 초대석	‘(4-5)과제 연구책임자와의 만남’ (부산대 추태호 교수)	‘연구단장과의 만남‘ (서울대 서일원 교수)	‘(2-8)과제 연구책임자와의 만남’ (동의대 류권규 교수)	‘(3-7)과제 연구책임자와의 만남’ (건국대 김성준 교수)
	우수 성과물	‘주기적인 하폭의 변화에 의한 사주의 거동에 관한 수치실험’ (한국교통대 장창래 교수)	‘두 강우사상을 고려한 SWMM 모형의 매개변수 추정 방법론 개발’ (서울과기대 정은성, 원광재)	‘여유고 분석을 이용한 하천준설시기 결정’ (충남대 정안철 박사과정)	‘(1-7)과제 특허 등록 소개’-수문모형과 수리모형 수행을 위한 지형관리 방법
	첨단연구 동향	‘하천시설 수치해석 및 현장검증 신기술동향’ (인제대 환경공학과 김영도, 한은진, 구영훈)	‘1, 2차원 수치모형 적용에 의한 강변저류지 홍수 조절능력 검토’ (한국건기연 조길제, 이동섭 연구원)	‘하천 수리량 계측 불확실도 산정에 대한 소고’ (단국대 김동수 교수)	‘인공위성을 이용한 하천지형정보 취득’ (창원대 류시완 교수)
	연구성과 현황	-3차년도 정량적 성과달성 현황	-3차년도 정량적 성과달성 현황	-4차년도 정량적 성과달성 현황	-4차년도 정량적 성과달성 현황
	연구자료	법제도 개선」의 이해	‘국제저널에 좋은 논문을 출판하는	‘국제저널에 좋은 논문을 출판하는	‘국제저널에 좋은 논문을 출판하는

		-3회: 법과 기술, 그리고 제도	비결' (서울대 서일원, 신재현)	비결'-2.3 논문 원고의 구성 (서울대 서일원, 신재현)	비결'-3. 심사결과에 대처하는 법 (서울대 서일원, 신재현)
엑티비티스	현장 탐방기	-2014 7th International Symposium on Environmental Hydraulics (ISEH) in Singapore (동국대 김동현 연구원) -2014 International Student Joint Seminar on Water Environment (서울대 김준성 연구원)	-CSU를 다녀와서 (서울대 서일원 교수)	-IAHR-APD 를 다녀와서 (서울대 신재현 박사과정)	-2014 Gerhard Jirka Summer School 참가기 (서울대 정성현 연구원)
	연구원 동정	참여기관별 연구원 활동내용	참여기관별 연구원 활동내용	참여기관별 연구원 활동내용	참여기관별 연구원 활동내용
아트&컬쳐	예술 이야기	'나의 여행이야기 (1회)' "미국, 시카고 & 캐나다, 나이아가라"	'나의 여행이야기 (2회)' "미국, 하와이"	'나의 여행이야기 (2회)' "서유럽 배낭여행"	'나의 여행이야기(4회)' "필리핀, 보라카이 "
	문화 이야기	'나의 음악이야기' -1회: 들어가면서	'나의 음악이야기' -2회: 레퀴엠, 참을수 없는 죽음의 화려함	'나의 음악이야기' -3회: 세상에서 가장 유명한 선율과 낭만주의	'나의 음악이야기' -4회: 세상에서 가장 유명한 선율 II, 그리고 타나토스의 매력
에필로그	알림마당	-연구비 관리 TIP -IAHR-APD 2014	-연구비 관리 TIP -연구단 웹하드 목록	-연구비 관리 TIP -홈페이지 안내(3차 국제심포지엄 자료)	-연구비 관리 TIP -Christmas with ARCROM
	미래행사	- 연구단 행사일정 - 학술대회 일정	- 연구단 행사일정 - 학술대회 일정	- 연구단 행사일정 - 학술대회 일정	- 연구단 행사일정 - 학술대회 일정
	편집후기	'9호를 준비하며' ARCROM 사무국	'10호를 준비하며' ARCROM 사무국	'11호를 준비하며' ARCROM 사무국	'12호를 준비하며' ARCROM 사무국









<4차년도 뉴스레터 - 9~12호>

■ 5차년도

구성	내용	제목(작성자)			
메인섹션	서브섹션	13호	14호	15호	16호
프롤로그	인사말	'하천의 가치를 우리 스스로 높이자' (한국건기연 수자원하천연구소 김규호 그린리버 단장)	'스마트 기술과 물관리' (K-water 미래전략실 류형주 실장)	'하천관리 플랫폼의 기반을 마련하자' ((주)매그파이소프트 김형기 이사)	'첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화 연구단의 마무리를 기대하며' (한국물포럼 고덕구 사무총장)
	제언	'현업 지향적인 연구는 현장의 실무자들과의 교류가 반드시 필요하다' (유량조사사업단 정성원 단장)	'첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화 연구단의 지속적인 연구를 바라며..' (서울대 안정규 연구원)	'학술의 한류 만들기(Korea Science Initiative)' (서울대 서일원 교수)	'기후변화와 대하천정비사업 이후의 미래의 하천 운영 및 관리에 대한 전망' (서울대 서일원 교수)
	논단	'하천관리 선진화를 위해서는 통합물관리 관점에서 정상적 하천기능회복을 위한 불합리한 체계부터 바로잡아야…' (K-water 물관리센터 박정수 실장)	'기존 틀을 벗어난 미래형 물 부족 해결 기술이 필요하다' (서경대 안재현 교수)	'이제는 실행하라! - 선택과 집중을 통한 대표 브랜드 개발과 실용화' (고려대 김중훈 교수)	'하천 설계홍수위 산정방법은 개선되어야 한다' (성균관대 전경수 교수)
뉴스	연구단 소개	-제7차 세계물포럼 참가	-5차년도 연구단 소개	-연구단 홍보 DVD제작 소개	-연구단 홈페이지 RAMS 개설 및 관련사이트 링크
	연구단 행사	-국토교통부 하천운영과 물관리연구사업 실용화 점검회의 -국가기준서 개정안 워크숍 개최 -세부과제 책임자 간담회 개최 -국가기준서 개정팀 국가건설기준센터와 협의 실시 -2015 자연친화적 하천관리 워크숍 참석 -물복지 실현을 위한 하천 관리 토론회 참가	-제7차 세계물포럼 Expo & Fair 전시회 참가 -제2차 하천운영 및 관리 기술 워크숍 -2015 한국수자원학회 학술발표대회 전시부스 운영 -ARCROM Seminar 개최 -하천설계기준서 개정(안) 국토교통부 하천계획과 설명회 -4차년도 중간평가 실시	-유량조사사업단과의 실용화 회의 및 MOU 체결 -물관리연구사업 국가 기준서 개정(안) 공청회 -USGS 국제협력과제 회의 -ARCROM Seminar 개최 -5차년도 킥오프 워크숍 개최 -KOICA SAARC 특별연수 개최	-ARCROM Seminar 개최(2015년 9월 25일, 10월 13일) -KSCE 2015 Convention 참가 -ARCROM Seminar 개최(2015년 11월 24일, 12월 2일) -하천설계기준 개정(안) 토론회 개최 -Christmas with ARCROM Photography Contest
	참여기관	-(1-1)과제	-(1-1)과제	-(1-1)과제	-(1-1)과제

	소식	충남대학교: “기준서 개정 및 하천진단 시스템 개발 점검 회의” -(2-4)과제 서울대학교: “2세부과제 4차년도 3차회의 개최” -(4-2)과제 서울과학기술대학교: “Tennessee Technological University 세미나 참석 및 SWMM conference 참석 및 발표” -(4-3)과제 K-water: “국가기준서 제·개정 워크숍” -(4-3)과제 K-water:“금호강 시범유역 현장조사” -(4-3)과제 K-water:“하천수 사용허가 세부기준(안) 검토 회의” -(4-3)과제 K-water:“물복지 실현을 위한 하천관리 토론회 개최” -(4-5)과제 부산대학교:“1차 설문조사 결과에 대한 노이즈 제거 방안마련과 2차 설문조사 항목선정 및 방법에 관한 회의”	충남대학교: “1세부과제 자체평가 회의” -(1-1)과제 충남대학교: “1세부과제 5차년도 시스템 실용화를 위한 회의” -(2-4)과제 서울대학교: “2세부과제 자체평가 회의” -(4-2)과제 서울과학기술대학교: “Water Management Analysis Module 교육 및 시연회 실시” -(4-2)과제 서울과학기술대학교: “부경대학교의 SWMM5 매개변수 추정 지원시스템과 Joint Seminar” -(4-2)과제 서울과학기술대학교: “싱가폴 Nanyang Technological University 방문 및 해외 물 순환 개선시설 연구 사례” -(4-2)과제 서울과학기술대학교: “말레이시아 Universiti Teknologi Malaysia 방문 및 세미나” -(4-3)과제 K-water:“하천수 사용허가 징수체계 개선안 업무협의” -(4-3)과제K-water: “서울과기대주최, 외부환경변화에따른 물순환복원기술평가 시스템개발시연회참	충남대학교: “하천과 관련된 다기준 의사결정 방법론 적용 회의” -(1-1)과제 충남대학교: “5차년도 킥오프워크숍 참석” -(4-3)과제 K-water:“4세부 5차년도 연구추진을 위한 총괄회의 개최보고” -(4-3)과제 K-water:“5차년도 킥오프 워크숍 참가” -(4-5)과제 부산대학교:“9개 표준유역을 대상으로 한 구조적 인벤토리 적용지점 선정에 관한 회의”	충남대학교: “하천안전진단 시스템의 실용화를 위한 회의” -(2-4)과제 서울대학교: “5차년도 2세부과제 1차회의” -(4-3)과제 K-water:“국토부 하천운영과 2014년도 실용화 점검 보고회의” -(4-3)과제 K-water:“국토부 하천운영과 2015년도 실용화 점검 보고회의” -(4-5)과제 부산대학교: “물부족으로 평가된 3개 표준유역에 대한 추가 용량산정에 관한 협의”

			석” -(4-3)과제K-water: “4차년도4세부과제 자체평가실시” -(4-3)과제K-water: “ARCROM연구단하 천설계기준개정안설명회의” -(4-5)과제 부산대학교: “AHP 분석을 위한 2차 설문조사 분석 및 구조적 인벤토리 우선순위 결정에 관한 회의”		
파워 하우스	연구자 초대석	‘(4-3)과제 연구책임자와의 만남’ (K-water 이을래 책임연구원)	‘(1-7)과제 연구책임자와의 만남’ ((주)알엔에이솔루션 김유진 이사)	‘(3-1)과제 연구책임자와의 만남’ (연세대 허준행 교수)	‘(1-5)과제 연구책임자와의 만남’ (인제대 김영도 교수)
	우수 성과물	‘(2-4)과제 특허 등록 소개’-연산자 분리기법을 이용한 2차원 입자분산모형을 통해 오염물질의 혼합을 해석하는방법 (서울대 박인환 연구원)	‘(2-7)과제 특허 소개’-휴대용 초음파 유속계 및 이를 이용한 유속 측정 시스템 (아이에스테크놀로지(주) 신미루 연구원)	‘(2-4)과제 특허 출원 소개’-결합적 클러스터링 기법과 앙상블 모델링 기법을 이용한 인공신경망모델 개발 방법 (한국환경정책평가 연구원 김성은)	‘하천정보 분석 모델 및 예보 시스템 (RIVERCAST-K)’ (서울대 신재현 연구원)
	첨단연구 동향	‘수문 레이더 기술의 흐름’ (단국대 강부식 교수)	‘친환경 준설을 위한 환경창 제도’ (충남대 정안철 박사과정)	‘하천 지형과 생태 지형학(Biogeomorphology)’ (한국교통대 장창래 교수)	‘농업용 저수지의 하천유지유량 평가시스템 개발’ (충남대 노재경 교수)
	연구성과 현황	-4차년도 정량적 성과달성 현황	-4차년도 정량적 성과달성 현황	-4차년도 정량적 성과달성 현황	-5차년도 정량적 성과달성 현황
	연구자료	‘연구성과의 기준화’-1. 국가건설기준관리 현황 및 전망	‘연구성과의 기준화’-2. 설계기준 코드화 및 개정	‘연구성과의 기준화’-3. 연구성과의 설계기준 반영 방안	‘연구결과 가시화 소프트웨어’ (서울대 박인환 연구원)
엑티비티스	현장 탐방기	-2015 International Student Seminar on Water Environment 참가기 (서울대 백동해 연구원)	-IAHR (International Association of Hydraulic Engineering and Research) World Congress 2015 참가기	-콜로라도 방문기 (서울대 서일원 교수)	-2015 36th IAHR World Congress 참가기 (서울대 정성현 연구원)

			(창원대 곽성현 연구원)		
	연구원 동정	참여기관별 연구원 활동내용	참여기관별 연구원 활동내용	참여기관별 연구원 활동내용	참여기관별 연구원 활동내용
아트&컬쳐	예술 이야기	'나의 음악이야기' "(쉬어가기) 사탕, 그 달콤한 유혹"	'나의 음악이야기' -숨어있는 주제 찾기: 바로크식 수수께끼와 변주곡의 이해	'나의 음악이야기'-7회: (쉬어가기) 이것은 파이프가 아니다 vs 이것은 it Bag이다	'나의 음악이야기'-8회: 이것만 알면 3개월에 클래식 정복한다
	문화 이야기	'나의 여행이야기(5회)' -일본	'나의 영화이야기(1회)' -영화 Contact를 감상하고...	'나의 영화이야기(2회)'-월E	'나의 영화이야기(3회)'-스타워즈: 깨어난 포스
에필로그	알림마당	-연구비 관리 TIP -연구단 협약변경 사항 및 연구비 집행 현황	-연구비 관리 TIP -연구단 협약변경 사항 및 연구비 집행 현황	-연구비 관리 TIP -연구단 협약변경 사항 및 연구비 집행 현황	-연구비 관리 TIP -연구단 협약변경 사항 및 연구비 집행 현황
	미래행사	- 연구단 행사일정 - 학술대회 일정	- 연구단 행사일정 - 학술대회 일정	- 연구단 행사일정 - 학술대회 일정	- 연구단 행사일정 - 학술대회 일정
	편집후기	'13호를 준비하며' ARCROM 사무국	'14호를 준비하며' ARCROM 사무국	'15호를 준비하며' ARCROM 사무국	'16호를 준비하며' ARCROM 사무국









<4차년도 뉴스레터 - 13~16호>

(나) 연구단 브로셔 배포

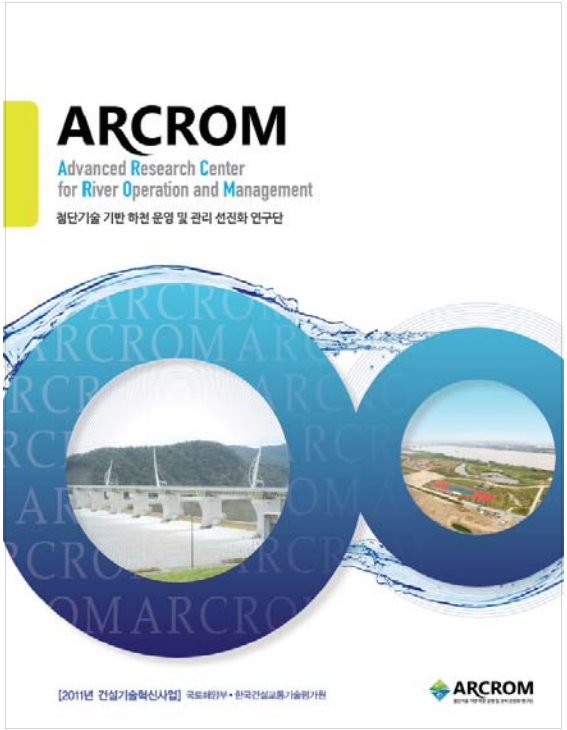
1) 연구단 국문 브로셔 1차분

○ 범용적 연구단 홍보 및 연구성과를 홍보하기 위하여 총 11페이지로 구성된 연구단 브로셔를 제작함.

○ 연구단 행사 및 다양한 범위에서 적극적으로 배포함으로써 연구단과 연구성과를 홍보

○ 연구단 브로셔에 수록된 내용은 다음과 같이 구성됨.

- 연구단장 인사말
- 연구단 개요 및 조직도
- 연구개발 배경 및 필요성
- 과제체계
- 연구목표
- 기술체계도(TRL)
- 테스트베드 공동운영 전략
- 기대효과 및 활용방안





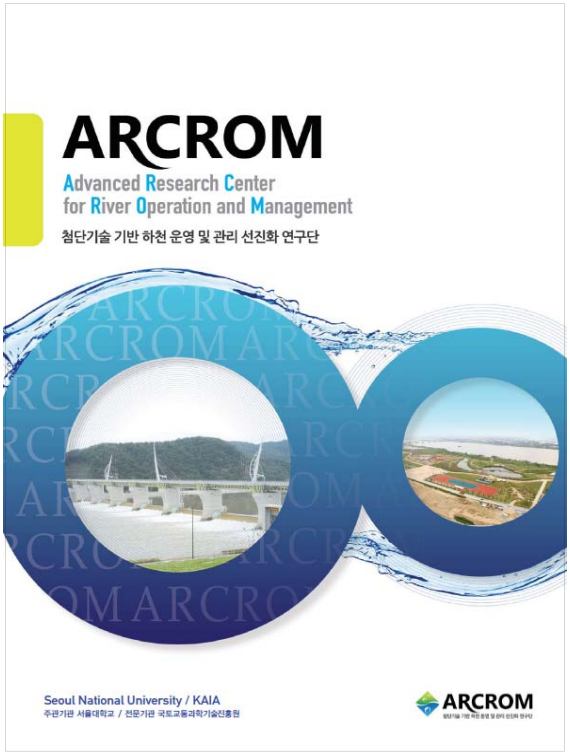
<연구단 브로셔 국문 브로셔 - 1차분>

2) 연구단 국영문 브로셔 1차분

○ 국내뿐만 아니라 국외에도 범용적인 연구단 홍보 및 간략한 연구단 소개를 위하여 총 12페이지로 구성된 연구단 국영문 브로셔를 제작함.

○ 연구단 브로셔 발행은 연구단의 연구 성과를 홍보하기 위한 차원으로 제작되었기 때문에 연구단의 행사와 다양한 홍보 활동에서 적극적으로 배포됨.

○ 연구단 브로셔에 수록된 내용은 다음과 같이 구성됨.
- Director’s Greetings | 연구단장인사말
- Overview | 개요
- Research & Development Background | 연구개발배경
- Organization | 조직도
- Research Fields | 연구분야
- Technology Roadmap | 기술체계도
- Expected Effects | 기대효과
- Application Plan | 활용방안

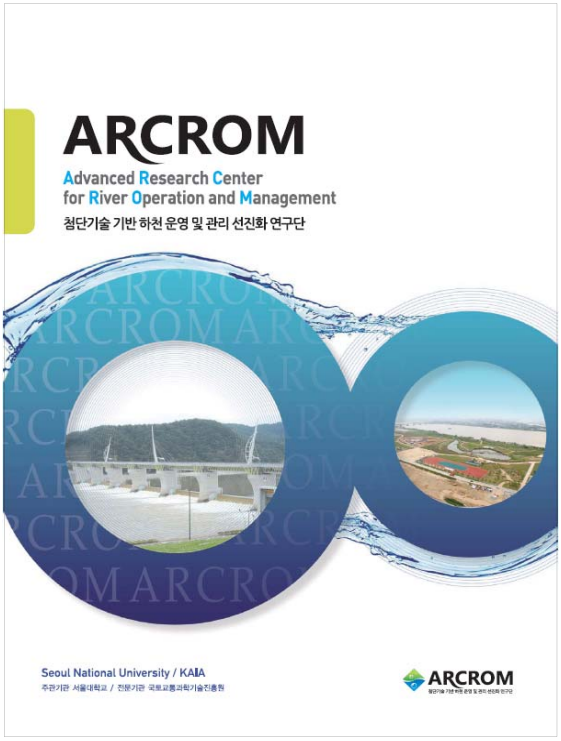




<연구단 브로셔 국영문 브로셔 - 1차분>

3) 연구단 국영문 브로셔 2차분
○ 국내뿐만 아니라 국외에도 범용적인 연구단 홍보 및 간략한 연구단 소개를 위하여 총 12페이지로 구성된 연구단 국영문 브로셔를 제작하여 배포함.
○ 연구단 브로셔 발행은 연구단의 연구 성과를 홍보하기 위한 차원으로 제작되었기 때문에 연구단의 행사와 다양한 홍보 활동에서 적극적으로 배포되고 있음.
○ 연구단 브로셔에 수록된 내용은 다음과 같이 구성됨.
- Director’s Greetings | 연구단장인사말
- Overview | 개요
- Research Background | 연구개발배경
- Organization | 조직도

- Research Fields | 연구분야
- Division1 | 1세부과제
- Division2 | 2세부과제
- Division3 | 3세부과제
- Division4 | 4세부과제





<연구단 브로셔 국영문 브로셔 - 2차분>

4) 연구단 브로셔 배포현황

○ 연구단 브로셔는 총 2000부의 배포가 기획되어 2015년 4월 10일 개정된 이래 2017년 4월 18일 현재 총 부가 배포됨.

○ 2017년 5월에 개최될 ARCROM 국제 심포지엄에서 연구단 홍보를 위해 소정의 기념품과 함께 총 200부의 배포를 계획 중임.

<연구단 브로셔 배포 현황>

차년도	날짜	배포기관	부수
2차년도	2013.01.25.	환경수리학연구실	20
	2013.01.28.	연구 참여기관(30기관)	300
	2013.02.05.	수공학 연구실	24
	2013.02.07.	유관기관 •국토해양부	32

		•한강홍수통제소 •한국건설기술연구원 •수자원공사 •건설교통기술평가원 •유량조사사업단	
	2013.02.08.	학부교수님	23
	2013.02.12.	학장실, 부학장실	9
	2013.02.04.- 2013.02.28.	중간점검 간담회 연구책임자 및 실무자	40
	2013.02.22.	관악수공회	21
	2013.02.22.	한동대학교 안경모 교수님	5
	2013.02.27.	성균관대학교 수자원전문대학원	10
	2013.03.04.	수자원공사 수자원사업처	4
	2013.03.06.	부경대학교 제3차 하천관리 신기술 세미나	20
	2013.03.06.	Uwe Starosseck	1
	2013.03.12.	에스엔엘 코리아 홍석화 이사님 등	2
	2013.03.14.	사무국 회의	5
	2013.03.20.	서울과학고 교사 및 학생	5
	2013.03.27.	서울대학교 건설환경공학부 학부생	48
	2013.03.28.	국토해양부 하천운영과 조수용 주무관	10
	2013.03.28.	서울대학교 건설환경공학부 1학년 학부생	7
	2013.04.15.	태영건설	2
	2013.05.07.	국토교통부 하천운영과 연구단 사업 보고회	3
	총 합계		591
3차년도	2013.11.07.~ 11.09.	제2회 ARCROM 국제심포지엄	200
	2013.11.25.	2세부과제 3차회의	20
	2013.12.06.	수자원학회 하천포럼	50
	2014.01.24.	세부과제 책임자 간담회	3
	2014.02.2.6.~	제21회 물관리심포지엄 및 전시회 참가	50

	02.28.		
	2014.03.13.	K-water 물관리센터 보고회	10
	2014.03.19.	한강홍수통제소 연구단 검토회의	20
	2014.04.17.~ 04.18.	자연친화적 하천관리 워크숍 전시부스 운영	120
	2014.05.15.~ 05.16.	2014 한국수자원학회 학술대회 전시부스 운영	130
	총 합계		603
4차년도	2014.09.14.~ 09.16.	제3차 ARCROM 국제심포지엄	100
	2014.10.22.~ 10.24.	대한토목학회 학술발표회 'CIVIL EXPO 2014'	200
	2014.12.09.~ 12.11.	CHRISTMAS with ARCROM	50
	2014.12.30.	국토교통부 하천운영과 물관리 연구사업 실용화 점검회의	20
	2015.02.10.	세부과제 책임자 간담회	10
	2015.04.10.	서울대학교 건설환경공학부 세미나	50
	2015.04.12.~ 04.17.	제7차 세계물포럼 Expo & Fair 전시회	200
	2015.05.01.	제2차 하천운영 및 관리 기술 워크숍	10
	2015.05.28.~ 05.29.	한국수자원학회 학술발표회	200
	총 합계		840
5차년도	2017.07.20.	유량조사사업단 센서 실용화 회의	30
	2015.07.30.	3세부과제 기준서 개정(안) 공청회	30
	2015.09.10.	KOICA SAARC 특별연수 개최	30
	2015.10.01.	국토교통부 하천운영과 물관리연구사업 실용화 점검회의	10
	2015.10.29.~ 10.30.	대한토목학회 학술발표대회 'Civil Expo 2015' 전시부스 운영	200
	2015.12.10.	국토교통부 물관리연구사업 실용화 점검회의	10
	2015.12.04.	하천설계기준 개정(안) 토론회	50
	2016.04.21.~ 04.22.	제3차 하천운영 및 관리 기술 워크숍	40
	2016.04.21.~ 04.22.	제4차 ARCROM 국제심포지엄	60
	2016.05.25.~	2016 국토교통기술대전	200

	05.27.		
	2016.05.26.~ 05.27.	2016 한국수자원학회 학술발표회 전시부스 운영	100
	총 합계		760
6차년도	2016.08.22.~ 08.25.	2016 국제물정보공학 학술대회 전시부스 운영	100
	2016.10.20.~ 10.21	2016 대한토목학회 학술발표대회 전시부스 및 특별세션 운영	150
	2017.05.24.~ 05.26	2017 국토교통기술대전 전시부스 운영	150(예정)

(다) 전시부스 운영

<연구단 홍보관리 성과 요약>

연차	일시	장소	내용	방문자수 (명)	전시품	기획세션
1차년도	2012년 5월 17-18일	강원랜드 컨벤션호텔	2012 한국수자원학회 학술발표대회 전시부스 운영	100여명	- 세부별 연구포스터 -홍보브로셔 -홍보용클리어화일	
2차년도	2012년 8월 20-23일	제주국제컨벤션센터	2012 국제수환경공학회 아시아태평양지역 학술대회 전시부스 운영	100여명	- 세부별 연구포스터 -홍보브로셔 -홍보용클리어화일	
	2012년 10월 25-26일	전남대학교	2012 대한토목학회 학술발표대회 전시부스 운영	60여명	- 세부별 연구포스터 -홍보브로셔 -홍보용클리어화일 - 세부과제별 연구내용 및 연구 목표 홍보동영상	
	2013년 5월 23-24일	호남대학교	2013 한국수자원학회 학술발표대회 전시부스 운영	60여명	- 세부별 연구포스터 -홍보브로셔 -홍보용클리어화일 - 세부과제별 연구내용 및 연구 목표 홍보동영상	미래형 하천관리에 필요한 슽마트 하천기술 "Smart River Technology" 토론회 진행
3차년도	2013년 10월 24-25일	강원랜드 컨벤션호텔	2013 대한토목학회 학술발표대회 전시부스 운영	170여명	- 세부별 연구포스터 -홍보브로셔 -홍보용클리어화일 - 세부과제별 연구내용 및 연구 목표 홍보동영상	수치해석모형 소개 및 실습에 관한 특별세션
	2014년 2월 26-28일	제주국제컨벤션센터	제 21회 물관리심포지엄 전시부스 운영	1000여명	- 세부별 연구포스터 -홍보브로셔 -홍보용클리어화일 - 세부과제별 연구내용 및 연구 목표 홍보동영상	
	2014년 4월 17-18일	한국과학기술회관	자연친화적 하천관리 워크숍 전시부스 및 특별강연 세션 운영	104명	- 세부별 연구포스터 -홍보브로셔 -홍보용클리어화일 - 세부과제별 연구내용 및 연구 목표 홍보동영상 - 무선조종 하천 조사 보트(River Robot for Velocity & Volume (R2V2)	국내/국외 하천관리기술 및 장래 동향

연차	일시	장소	내용	방문자수 (명)	전시품	기획세션
					-모바일 하천정보 현장조사 지원시스템 Ver 1.0 어플리케이션 시연	
	2014년 5월 15-16일	부경대학교	2015 한국수자원학회 학술발표회 전시부스 운영	150여명	- 세부별 연구포스터 -홍보브로셔 -홍보용클리어화일 - 세부과제별 연구내용 및 연구 목표 홍보동영상 - 모바일 어플리케이션 설명 및 시연 동영상	
	2014년 5월 21-23일	코엑스	2014 국토교통기술대전 전시부스 운영	1000여명	- 세부별 연구포스터 -홍보브로셔 -홍보용클리어화일 - 세부과제별 연구내용 및 연구 목표 홍보동영상 - 모바일 어플리케이션 설명 및 시연 동영상 -무선조종 하천조사 보트	
4차년도	2014년 10월 22-24일	대구 EXCO	2014 대한토목학회 학술발표대회 전시부스 운영	100여명	- 세부별 연구포스터 -홍보브로셔 -홍보용클리어화일 - 세부과제별 연구내용 및 연구 목표 홍보동영상 -실내외 겸용 휴대용 스마트 초음파 유속계 유속측정 모듈 -하천수 사용허가 지원 시스템 어플리케이션	
	2014년 11월 25-27일	인천 송도컨벤시아	2014 스마트워터그리드 국제컨퍼런스 전시부스 및 세션운영	800여명	- 세부별 연구포스터 -홍보브로셔 -홍보용클리어화일 - 세부과제별 연구내용 및 연구 목표 홍보동영상	Smart Technology for River(Water) Management
	2014년 12월 10일	양재 더케이호텔	2014 물관리세미나 세션 운영	100여명	- 세부별 연구포스터 -홍보브로셔 -홍보용클리어화일 - 세부과제별 연구내용 및 연구	-첨단기술을 이용한 하천관리

연차	일시	장소	내용	방문자수 (명)	전시품	기획세션
					목표 홍보동영상	
	2015년 4월 12-17일	대구 EXCO	제 7차 세계물포럼 한국관 합동 부스 운영	400여명	- 세부별 연구포스터 -홍보브로셔 -홍보용클리어화일 - 세부과제별 연구내용 및 연구 목표 홍보동영상 - UAV와 R2V2에 대한 장비소개 및 연구성과에 대한 동영상	
	2015년 5월 28-29일	고성 대명리조트	2015 한국수자원학회 학술발표대회 전시부스 운영 및 원태상 기념강연	100여명	- 세부별 연구포스터 -홍보브로셔 -홍보용클리어화일 - 세부과제별 연구내용 및 연구 목표 홍보동영상 -GPS Floater	-원태상 기념강연 '하천혼합 모델링'
5 차 년 도	2015년 10월 29~30일	군산 새만금컨벤 션센터	2015 대한토목학회 학술발표대회 전시부스 및 글로벌세션 운영	150여명	- 세부별 연구포스터 -홍보브로셔 -홍보용클리어화일 - 세부과제별 연구내용 및 연구 목표 홍보동영상 -GPS Floater -실내외 겸용 휴대용 스마트 초음파 유속계 유속측정 모듈	- 첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화 연구단 R&D 성과를 활용한 하천설계기준 개정(안) 토론회 -River monitoring and modeling based on advanced ICT technology' 글로벌세션 진행
	2016년 5월 25-27일	서울 코엑스	2016 국토교통기술대전 전시부스 운영	150여명	- 세부별 연구포스터 -홍보브로셔 -홍보용클리어화일 - 세부과제별 연구내용 및 연구 목표 홍보동영상 - 금호강 테스트베드의 하천 거동 및 구조적, 비구조적 수량	

연차	일시	장소	내용	방문자수 (명)	전시품	기획세션
					확보방안 표출을 위한 3차원 지형모형 -GPS Floater	
	2016년 5월 26-27일	대전 K-water	2016 한국수자원학회 학술발표대회 전시부스 운영		- 세부별 연구포스터 -홍보브로셔 -홍보용클리어화일 - 세부과제별 연구내용 및 연구 목표 홍보동영상	드론을 활용한 하천조사 및 지능형 하천관리 방안
6 차 년 도	2016년 8월 22-25일	인천 송도컨벤시 아	2016 국제물정보공학 학술대회 전시부스 운영	100여명	- 세부별 연구포스터 -홍보브로셔 -홍보용클리어화일 - 세부과제별 연구내용 및 연구 목표 홍보동영상 -GPS Floater -실내외 겸용 휴대용 스마트 초음파 유속계 유속측정 모듈	
	2016년 10월 20-21일	제주컨벤션 센터	2016 대한토목학회 학술발표대회 전시부스 및 특별세션 운영	150여명	- 세부별 연구포스터 -홍보브로셔 -홍보용클리어화일 - 세부과제별 연구내용 및 연구 목표 홍보동영상 -실내외 겸용 휴대용 스마트 초음파 유속계 유속측정 모듈 -GPS Floater	첨단기술 기반 하천 조사 및 계측
	2017년 5월 24-26일 (예정)	일산 킨텍스	2017 국토교통기술대전 전시부스 운영	예정	- 세부별 연구포스터 -홍보브로셔 -홍보용클리어화일 - 세부과제별 연구내용 및 연구 목표 홍보동영상	

<전시부스 및 특별기획세션 운영>

1차년도



<2012 한국수자원학회 홍보 브로셔>

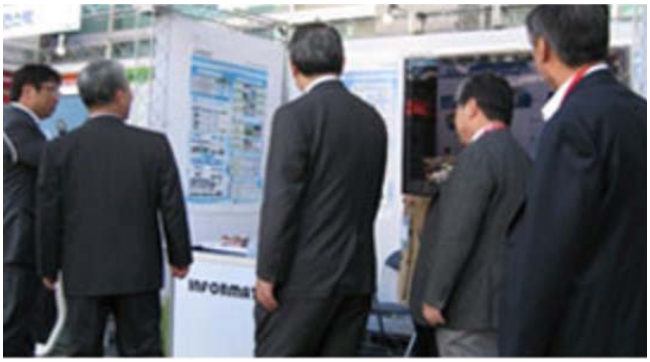


<2012 한국수자원학회 전시부스>

2차년도



<2012 대한토목학회 디렉토리북>



<2012 대한토목학회 회장 방문>

3차년도



<2014 국토교통기술대전 전시품>



<2014 국토교통기술대전 전시부스>

4
차
년
도

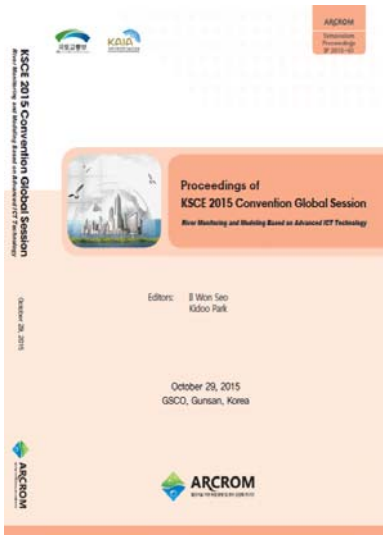


<제 7차 세계물포럼 한국관 세션>



<제 7차 세계물포럼 한국관 합동 전시부스>

5
차
년
도



<2015 대한토목학회 글로벌세션 프로시딩>



<2015 대한토목학회 전시부스>

6
차
년
도



<2016 대한토목학회 전시부스>



<2016 대한토목학회 특별세션>

(라) 기타 홍보

차년도	날 짜	장 소	내 용	전시품
4차년도	2014년 12월 9-11일	서울대학교	사진공모전 및 토크콘서트 진행	사진 20여품
5차년도	2015년 12월 22일	서울대학교	사진공모전	사진 26 품

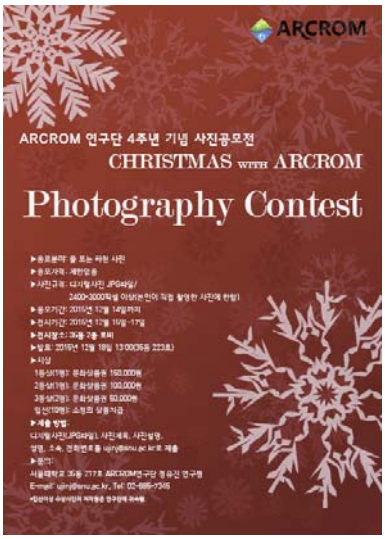
4 차 년 도



<사진공모전 포스터>


<공모사진 시상식>

5 차 년 도



<사진공모전 포스터>



<행사 전경>

다. 연구단 하천기술실증·실용화센터 운영

(1) 하천기술실증·실용화센터 운영의 목적

○ 국토진흥원의 연구단 최종 성과로써 국가기준서(하천설계기준) 개정(안) 상정에 대한 요구

○ 하천법 개정(2012년 1월 17일 공포)과 2013 제1회 하천포럼에서 논의된 연구단 외적 상황의 변화 및 하천에 관한 다양한 이슈화

○ 연구단 내부의 연구성과 중복 방지 및 효과적인 자료 DB 관리

○ 연구단 4차년도 연구성과에 대한 요소기술 실용화에 필요한 다양한 성과물 도출 및 발간의 필요성 대두하여, 현재 5차년도에도 지속적으로 운영하고 있음.

○ 첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화 연구단(이하 연구단)에서 개발된 기술에 대한 검증 절차의 체계화 및 수요자 요구기술에 대한 전략적인 실용화 계획 수립을 위해 실용화 및 검증 센터를 운영하고자 함.

○ 연구단 성과를 테스트베드 구간인 낙동강 강정고령보 ~ 달성보 구간에 적용하여 기술을 검증하고 실용성을 확보하여 국내 하천 적용가능한 기술로 발전시키기 위함.

○ 연구단의 세세부 기관별 축적된 자료 및 데이터의 공유, 분배, 및 활용 등의 효율적인 업무를 위하여 유관기관인 창원대와 협의 하에 유지관리하고 있음.

○ 연구단 성과의 실용화 및 검증을 체계적으로 수행하고자 함

- 하천설계기준 개정(안) 상정 및 반영
- 국산 유속계(초음파 유속계, 표면영상 유속계)에 대한 유량조사사업단과의 협업을 통한 검증 및 제품화
- 낙동강 테스트베드에 대한 연구성과 적용 및 검증
- 유관기관과의 연구단 성과 활용 전략 수립 및 종국에는 기술이전 추진
- 외부의 법무법인 다래를 통한 연구단 성과에 대한 객관적인 기술가치평가 수행
- 외부 기술가치평가에 의해 최종차년도의 경우, 연구단 정량적 성과지표에 대한 고도화 및 제품화 추진체계로 변경

(2) 하천기술실증·실용화센터의 조직

○ 하천기술실증 · 실용화센터는 크게 기준서 개정 총괄팀 및 기술 수요 조사팀으로 구성된 하천기술 실용화 Group과 연구단 DB운영 및 TB운영팀, 수치모델링팀, 센서개발실용팀으로 구성된 하천기술 검증 Group으로 구성된다. 유관기관으로 국토교통부 한강홍수통제소, 하천계획과, 유량조사사업단, 한국건설기술연구원으로써 하천기술실증 · 실용화센터와의 긴밀한 협의를 수행하였다.

(가) 하천기술 실용화 Group: 유관기관과의 협의 및 검토 주체

○ 기준서 개정 총괄팀
- 연구단 제시 기준서 및 설계서 세부항목 조사
- 설계기준 개정 절차에 따른 세부계획 수립
- 기준서와 하천설계기준 설문조사
- 국가기준서 개정(안) 상정을 위한 장기 전문가 활용
- 하천설계기준 개정(안)의 국가건설기준센터 상정

○ 기술 수요 조사팀
- 유관기관과의 연구단 기술현황 및 검증 성과 세미나 추진
- 유관기관의 관심기술 및 검증 요구사항 조사
- 연구단 기술가치평가 위탁과제 협의 및 관리

(나) 하천기술 검증 Group: 유관기관 관심기술 및 검증요구사항에 대한 검증계획 수립 주체

○ 연구단 DB운영 및 TB운영팀
- 연구단 기술의 현장적용에 대한 시범유역 운영
- 시범유역 내 연구단 현장적용 취득자료의 업데이트
- 연구단 기술 검증을 위한 실측자료의 활용방안 마련(수치모델링 및 현장적용 기술 검증자료 활용 방안)
- 시범유역 현장적용 취득자료 및 수치모델링 결과 자료에 대한 연구단 DB 업데이트
- DB활용을 위한 가이드라인 수정 및 보완
- 창원대학교 테스트베드 실측측량자료 구축 및 연구단 자료제공

○ 수치모델링팀
- 시범유역에 대한 수치모델링 적용 현황 조사
- 수치모델링 입/출력 자료 및 경계조건 기준 마련
- 모델별 DB 형식 업데이트
- 수치모델링 가이드라인 수정 및 보완

○ 센서개발실용팀
- 초음과 유속계 및 표면영상유속계의 실용화 및 수요처 조사
- 유량조사사업단과 한국건설기술연구원 등 유관기관과의 유속계 검증 시스템 마련
- 유속계 수요조사를 통한 효과적인 마케팅 활동

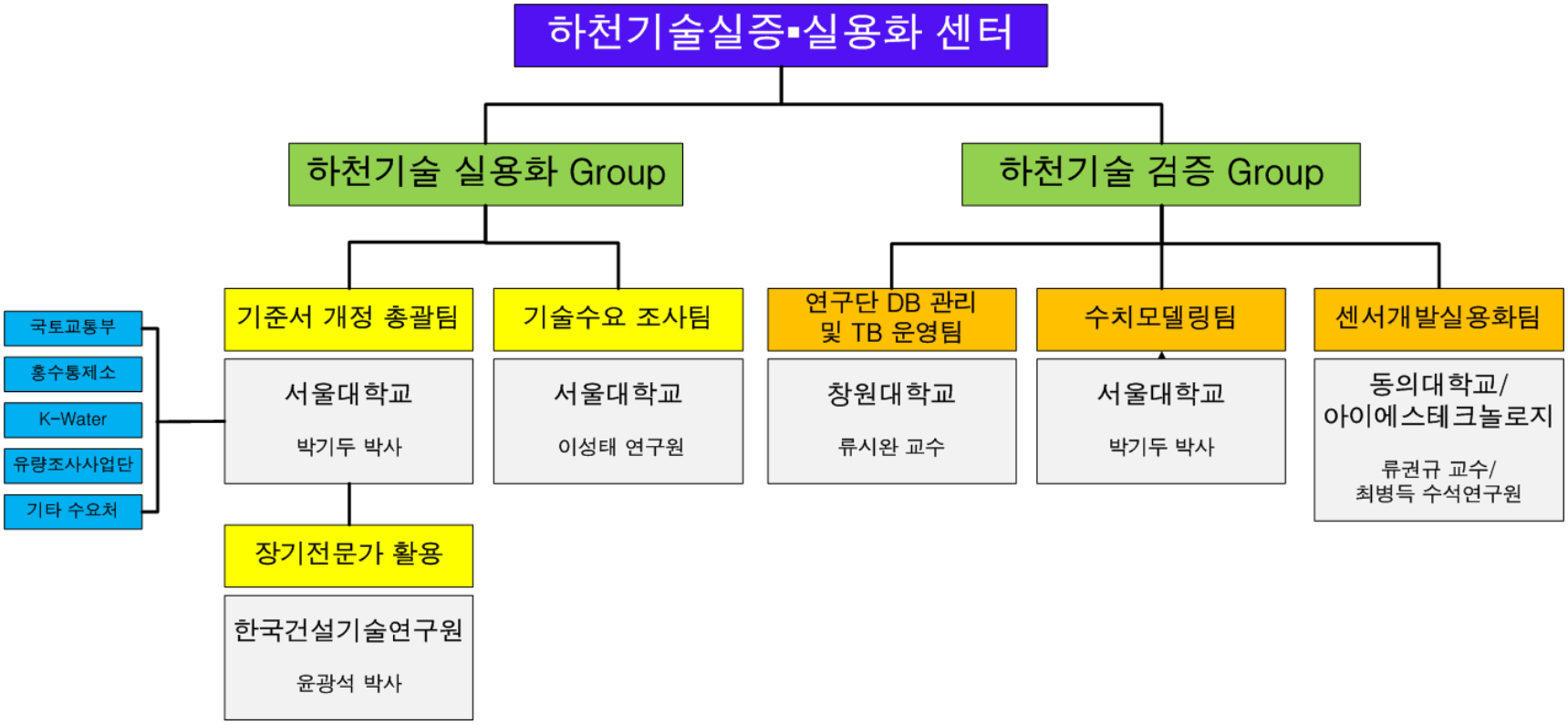
<연구단 하천기술실증·실용화센터>

하천기술 실용화	하천기술 검증
① 기준서 개정 총괄팀 (박기두 선임연구원, 서울대) - 위크숍, 계획 - 기준서 설문조사 - 유관기관과의 협의 (국토교통부, 한강홍수통제소, K-water, 유량조사사업단) ② 장기전문가 활용 (윤광석 박사, 한국건설기술연구원) - 위크숍 - 자문 유관기관 협의 ③ 기술수요 조사팀 (이성태 선임연구원, 서울대) - 연구단 내 기술수요조사 - 개발된 센서, 프로그램, 앱의 활용처 파악, 공급 및 실무성과 조사	① 연구단 DB 관리 및 TB 운영팀 (신형진 박사, K-water/류시완 교수, 창원대) - 자료의 수집 - 자료의 관리 및 배포 - 테스트베드 DB운용 - 자료의 DB구축 및 유지관리 ② 수치모델링팀 (박기두 선임연구원, 서울대) - 수치모형의 매개표준 변수 제시 - 테스트베드 구간내 표준 지형자료 및 경계조건 구축제시(정상류 및 부정류) - 국가기준서의 수치모형 표준프로시져 제시 ③ 센서개발실용화팀 (류권규 교수, 동의대 및 이진수 센터장, 아이에스테크놀로지) 개발된 센서 및 유속계 홍보 유량조사사업단과 한국건설기술연구원 등과의 유속계 검증 시스템 가동 유관기관 및 하천측량 실무자에 대한 실습 워크숍 진행

(3) 하천기술실증·실용화센터 운영

○ 하천기술실증 실용화센터는 크게 아래와 같은 범주에서 수행됨.

- 하천설계기준 10개 개정(안) 및 추가 2개 개정(안) 국가건설기준센터 상정 및 국토교통부 하천계획과 하천설계기준 개정안 수요조사 실시
- 국산 유속계 검증 및 제품화를 위한 유량조사사업단 위탁과제 추진
- RCROM 연구단 사업의 성과분석 및 기술의 경제성 평가를 위한 위탁과제 2회 추진(환경농업가치연구소[3차년도]; ㈜다래전략사업화센터[5차년도])
- 연구성과 사업 및 제품화 추진 전략수립 및 가이드라인 제시



<연구단 하천기술실증·실용화센터 조직도>

라. 하천설계기준 개정 추진

(1) 하천설계기준 개정(안) 추진배경

○ 대하천정비사업 이후 급변하는 하천환경변화로 인해 현행 하천설계기준이 더 이상 국내 하천 상황에 적절히 대응하기 어렵기 때문에 현 상황에 맞는 첨단 ICT 기술을 활용한 하천설계기준(안)의 수립이 요구됨.

○ 국내의 하천설계기준의 경우, 외국기술에 의존한 수문량 계산방법에서 벗어나 국내 상황을 반영한 국지성 집중호우 등 한국의 기상학적 지형학적 환경에 적절한 한국형 수문량 분석 기법과 그에 따른 하천설계기준(안)에서 제시되어야 한다고 판단됨.

○ 2015년 1월 수자원정책국 “물관리연구사업 실용화 점검회의” 결과 국가 R&D과제 성과를 현업화하고 현장으로 확산할 수 있도록 유관 지침 및 기준 등 제도의 적극적인 반영이 필요하고 강조함.

○ 현재 하천설계기준은 외국기술에 의존하여 최근의 기후변화와 국내 하천환경을 적절히 반영하고 있지 않고 있기 때문에 R&D 연구성과를 활용한 국내 하천 상황에 적합한 하천설계기준 개정(안)을 수립하여, 국가건설기준센터에 상정하게 됨.

(2) 하천설계기준 개정(안) 추진 연혁

○ 연구성과 실용화 가이드라인 제작 TFT 발족(2013년 8월−2014년 6월)

- 기준서 발간팀(팀장: 안재현 교수, 서경대학교) 운영
- 기존 기준서 조사 및 연구단 성과 조사에 따른 기준서 취약점 판단 및 기준서 개정에 대한 가이드라인 발간

○ 하천기술실증·실용화센터 운영(2014년 7월−2016년 2월)

- 기준서 발간팀(팀장: 박기두 박사, 서울대학교) 운영
- 국가기준서 개정안 마련을 위한 전문가 활용(‘15. 01− ‘15. 06; ‘16. 01− ‘16. 03)
- 국가기준서 개정안 워크숍 개최(‘15. 01)
- 하천설계기준 개정(안) 16개 초안 마련(‘15. 06)
- 국가건설기준센터 상정을 위한 최종 하천설계기준 개정(안) 마련을 위한 전문가 활용(‘16. 02−’ 16. 03)

○ 국토교통부 물관리연구사업 2014년 실용화 점검회의(국토교통부 수자원정책국, 2014년 12월 10일)

- 하천설계기준 개정(안) 16개 항목 국토교통부 수자원정책국 보고

○ 국토교통부 하천계획과 및 하천운영과 국가 기준서 개정(안) 사전보고회(국토교통부 하천계획과, 2015년 6월 8일)

- 국가기준서 개정(안) 추진 배경, 추진 제안 목록, 및 추진 일정 보고

○ 국가기준서 개정(안) 코드화 반영에 관한 협의(아주대학교, 2015년 7월 13일)

- 한국수자원학회 하천설계기준 코드화 과제 수행팀(아주대학교 이재응 교수)과 국가기준서 코드화 반영 방안 협의
- 건설기준 통합건설기준 코드 작업의 향후 일정과 연구단 준비 및 조치사항 협의

○ 하천설계기준 개정(안) 토론회 및 공청회(서울시 삼성동 섬유센터, 2015년 7월 30일)
- Case Study를 통한 기존 ‘계홍수량 산정요령(2012. 09)’ 대비 변경 및 개선점에 대한 토론회
- 한국형 수문량 산정 선진화 기술 개발 과제 기준서 개정(안) 공청회

○ 국토교통부 물관리연구사업 2014년 실용화 점검회의(국토교통부 하천운영과, 2015년 10월 1일)
- 하천설계기준 개정(안) 14개 항목 국토교통부 하천운영과 보고

○ 2015년 대한토목학회 토목인 모두 함께 하기 특별세션 『첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화 연구단 R&D 성과를 활용한 하천설계기준 개정(안) 토론회』 (군산시 베스트웨스턴 호텔, 2015년 10월 30일)
- 하천설계기준 개정(안) 조사편, 계획편, 설계편 총 14개에 대한 보고서 및 비교표 마련

○ 한국하천협회 주최 『하천설계기준 개정(안) 토론회』 (서울시 강남구 한국과학기술회관, 2015년 12월 4일):
- 하천설계기준 개정(안) 조사편, 계획편, 설계편 총 14개에 대한 수정 보고서 및 수정 비교표 마련

○ 국토교통부 물관리연구사업 2015년 실용화 점검회의(국토교통부 하천운영과, 2015년 12월 10일)
- 하천설계기준 개정(안) 14개 항목 국토교통부 하천운영과 보고

○ 하천설계기준 개정(안) 상정을 위한 국가건설기준센터와의 협의(국가건설기준센터, 2016년 1월 11일):
- 국가건설기준센터와 하천설계기준 개정(안) 국가건설기준센터 상정 시기 및 절차에 대한 협의
- 하천설계기준 코드화 및 하천설계기준 개정(안) 상정에 대한 이슈사항 논의

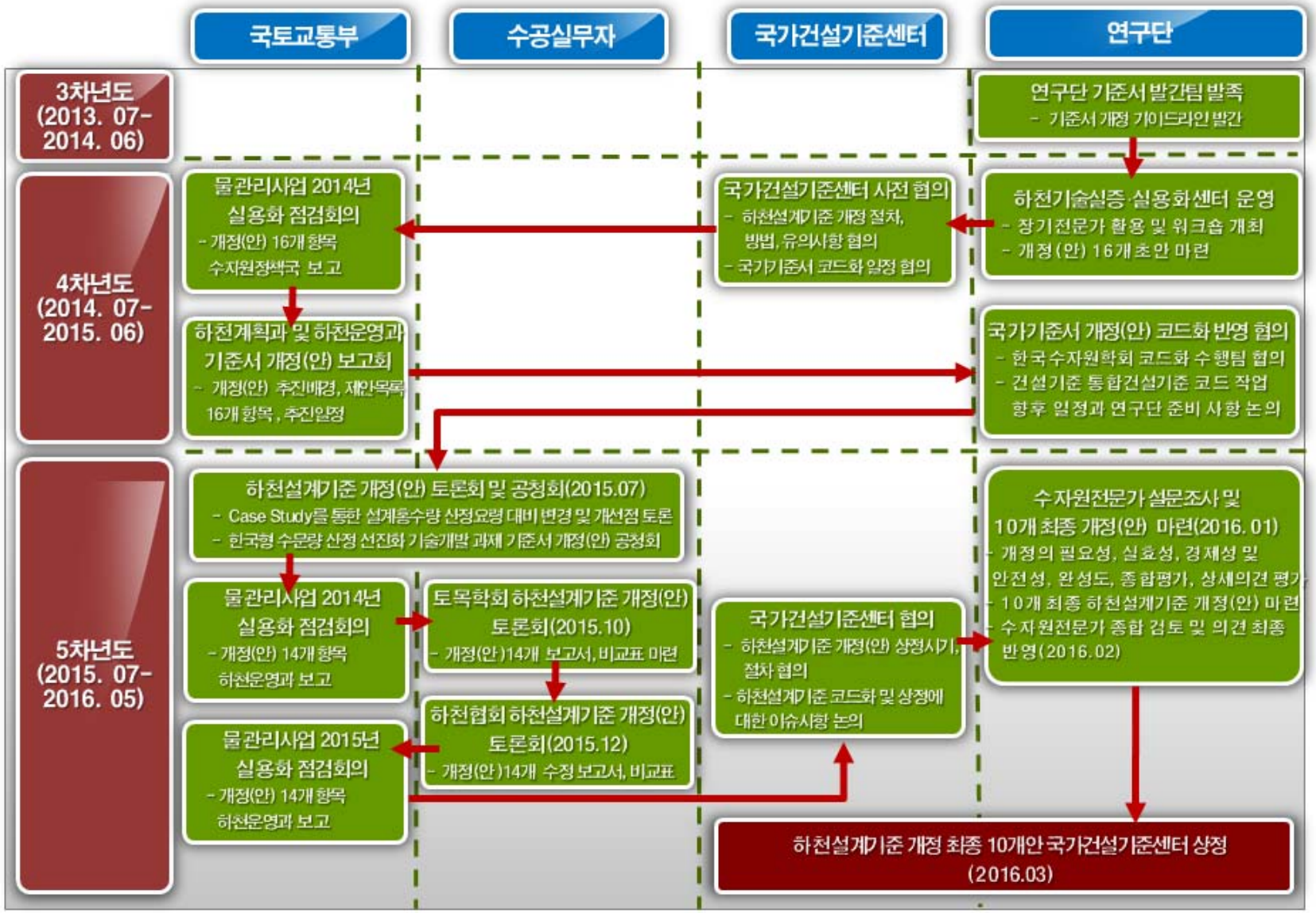
○ 수자원전문가 설문조사를 통한 최종의견 반영 및 10개 최종 개정(안) 마련(2016년 1월)
- 수자원전문가 설문조사를 활용한 하천설계기준 개정의 필요성, 실효성, 경제성 및 안전성, 완성도, 종합평가, 세부 상세의견 평가
- 총 10개의 최종 하천설계기준 개정(안) 마련
- 수자원전문가 종합 검토 및 의견 반영(2016년 2월)

○ 하천설계기준 개정 최종 10개안 국가건설기준센터 상정(국가건설기준센터, 2016년 3월 2일)

○ 하천설계기준 개정(안)을 위한 수요조사서 발송(국토교통부 하천계획과, 2017년 2월 22일)

○ 하천설계기준 개정 추가 2개안 국가건설기준센터 상정(국가건설기준센터, 2017년 3월 13일)

○ 기후변화 적응을 위한 하천설계기준 개정(안) 마련을 위한 연구(교통부 하천계획과) 용역에 연구단 수요조사 20개 개정항목에 대한 검토를 위한 협의 실시 예정(2017년 6월)



<하천설계기준 개정(안) 추진 연혁>

(3) 하천설계기준 개정(안) 제안 목록

하천설계기준		번호	개 정 내 용	연구기관
분류	장			
조사편	제7장 유량조사	1	표면영상유속계에 의한 홍수시 유속 측정	동의대(류권규)
		2	유량 측정결과의 신뢰성 제고를 위한 불확도 산정	단국대(김동수)
계획편	제15장 하천유역 종합계획	3	하천 친수성 증대 및 안전한 친수공간 조성을 위한 계획	서울대(서일원)
	제18장 하도계획	4	감조하천 구간에 대한 설계홍수위 산정	성균관대(전경수)
	제16장 설계수문량	5	지역빈도해석 기반 설계수문량 산정 및 시간분포 개선	연세대(허준행)
		6	면적우량환산계수 결정 방법	단국대(강부식)
		7	강우-유출관계에 의한 설계홍수량 산정 방법	서경대(안재현)
	제18장 하도계획	8	하도계획 수립시 하상상승에 대한 기본대응방향 및 절차	충남대(정관수)
	제21장 이수계획	11	가용수량 확보를 위한 이수유량의 기간별 산정('17.3.13 추가상정)	K-water (이을래)
		12	지역의 물수지분석을 위한 행정구역간 네트워크 구성 방법 ('17.3.13 추가상정)	충북대(맹승진)
설계편	제28장 보	9	보 물받이공 길이 산정 절차	서울대(황진환)
	제29장 어도	10	어도의 수리학적 유인 및 이동효율을 고려한 설계기준	인제대(김영도)

(4) 하천설계기준 개정(안) 상정 및 보완에 대한 자문을 위한 장기전문가 선정

- 장기전문가 활용의 목적: 하천설계기준 개정(안) 상정 및 보완을 위한 자문
- 장기전문가 활용기간: 2016년 1월 1일 ~ 2016년 3월 31일(총 3개월)
- 장기전문가 활용 산출물:

  2016년 1월 1일 협약체결 후 1개월 및 3개월 이내 각각 별도의 하천설계기준 개정(안) 상정보고서(1월) 및 보완 보고서(3월) 제출
- 장기전문가: 윤광석 박사, 한국건설기술연구원 연구위원
- 장기전문가 활용비: 300만원(2회 분할 지급)
- 하천설계기준 개정(안) 상정 및 보완을 위한 장기전문가 활용 내용

  ① 하천설계기준 개정(안) 국가건설기준센터 상정 양식 작성

  ② 하천설계기준 개정(안) 국가건설기준센터의 보완요청에 대한 수정 작업

③ 하천설계기준 개정(안) 상정 전·후 국가건설기준센터 담당자와의 협의를 위한 회의 개최: 3회 이상

(5) 하천설계기준 개정(안) 마련을 위한 장기전문가 활용

- 하천설계기준 개정(안) 상정본 및 수정본에 대한 결과 자문보고서 제출
  - ① 자문보고서 중간본 제출: 하천설계기준 개정(안) 상정보고서로 대체 가능 (2016년 1월)
  - ② 자문보고서 최종본 제출: 하천설계기준 개정(안) 수정 및 보완보고서로 대체 가능 (2016년 3월)
- 연구단 하천설계기준 개정(안) 상정을 위한 국가건설기준센터 실무자와의 협의
  - ① 개정안 상정 전·후 실무자 회의 개최: 3회 이상
  - ② 국가건설기준센터 실무자 회의를 통한 하천설계기준 개정(안) 수정 및 보완 작업 수행

○ 전문가 활용 자문보고서에 포함 내용

- 하천설계기준 개정(안) 상정 보고서
- 하천설계기준 개정(안) 수정 및 보완보고서
  - ① 국가건설기준센터 협의관련 회의록 작성
  - ② 협의되어 수렴된 내용에 대한 반영
  - ③ 하천설계기준 개정(안) 심사결과 및 의견 내용을 반영한 수정 및 보완 보고서 작성
- 향후 연구단 하천설계기준 개정(안) 추가 추진전략 및 계획

(6) 하천설계기준 개정(안)을 위한 수요조사서 발송(국토교통부 하천계획과, 2017년 2월 22일)

- 하천설계기준 개정을 위한 21개 항목에 대한 수요조사서 발송
- 기후변화 적응을 위한 하천설계기준 개정(안) 마련을 위한 연구(교통부 하천계획과) 용역에 연구단 수요조사 20개 개정항목에 대한 검토를 위한 협의 실시 예정 (2017년 6월)

마. 국산 유속계 검증 및 제품화를 위한 유량조사사업단 위탁과제

(1) 센서 실용화 위탁과제의 개요

○ 위탁과제 목적:

- 국산유속계 검증 및 활용에 기여하기 위하여 검증분야와 활용분야에 대해 상호 협력하여 개발된 유속계에 대한 실용화 및 사업화를 추진하고자 함.

○ 위탁과제 연구기간: 2015년 11월 30일 ~ 2016년 5월 31일(총 19개월)

○ 위탁과제 과업범위

- 초음파 유속계 검·보정 및 활용
- 표면영상 유속계의 검·보정 및 활용
- 유량조사사업단 유속계 성능평가
- 국내에서 활용되고 있는 상용 유속계의 기능 검토와 유속측정 결과 검토를 통한 국산 유속계 개발 방향 및 실용화 방안 제시

○ 위탁과제 작업 내용 및 산출물

- 연구책임자: 이신재 박사(유량조사사업단)
- 5차년도 및 6차년도 과제 종료 전까지 유속계 실용화 보고서 10부 작성
- 위탁과제로 추진된 초음파 유속계 및 표면영상 유속계에 대한 현장 및 실험실 측정, 관측, 검정, 보정된 자료 작성
- 국산 유속계 개발 방향 및 실용화 방안 제시

<유량조사사업단 과업 내용>

위탁과제 수행일	초음파 유속계 생산단계	표면영상 유속계 생산단계	유량조사사업단 과업 내용
2015. 10	1차 시연품	1차 시연품	-초음파 유속계 개발내용 교육 청취, 자문 -표면영상 유속계 개발내용 교육 청취, 자문 -표면영상 유속계 이용자 화면, 수로 시험 진행
2016. 04	2차 시연품	2차 시연품	-초음파 유속계 시연품 시험 -표면영상 유속계 개선안 도출 및 수로 시험
2017. 05	시제품	시제품	-초음파 유속계 시제품 현장 시험/평가 -표면영상 유속계 시제품 현장 시험/평가
2017. 06	최종 시제품	최종 시제품	- 최종 시제품 현장 시험/ 평가

(2) 유량조사사업단과의 실용화 목표 및 내용

차년도	실용화 목표	실용화 주요내용	유량조사사업단과 협업내용
5차년도	■ 개발 제품 실사용 의견 수렴 - 유속측정 정확도 - 사용 편의성 ■ 무측선 유량산정 알고리즘 구현	- 실사용을 통한 기존 유속계와의 장단점 분석 - 개선 요구사항 취합 - 6차년도 보완/업데이트 계획 수립	- 시연품 합동 실험 실시
6차년도	■ 유속계 제품 평가 ■ 현장검증 실시 - 기존 초음파 유속계 - 표면영상유속계	- 5차년도 피드백 반영한 보완/업데이트 실시 - 실내외 환경 성능검증 실시 - 타 유속계와의 교차검증 실시	- 유량조사사업단 현장실측 시범활용

(3) 국산 유속계 검증 및 실용화를 위한 위탁과제 연구성과(유량조사사업단)

○ 연구목표

– 국내에서 활용되고 있는 상용 유속계의 기능 검토와 유속측정 결과 검토를 통한 국산 유속계 개발 방향 및 실용화 방안 제시

○ 국내 유속계 사용 현황

– 저·평수기 유속계 사용 현황(국토교통부 중심)

① 저·평수기에는 회전식 유속계보다는 초음파 등을 이용하는 전자식 유속계(ADCP, ADV 등) 사용이 증가: 전자식 유속계는 2009년에 비해 2016년 약 6.6배 증가되었으며, 전체 활용 유속계 대비 약 83%, 기계식 유속계 대비 약 4배 정도 많이 활용

② 최근 전자식 유속계는 유속측정뿐만 아니라 유량계산, 유속측정 자료 검토 및 분석, 지점 정보 등 다양한 자료의 입력 및 자료를 검토할 수 있도록 시스템을 구축하여 제공

<평·저수기 유속계 사용 현황(국토교통부)>

구분	기계식	전자식		
	Price AA	ADCP	ADV	마그네틱
2009	2,580	356	143	18
2016	798	1,985	1,315	

– 홍수량 측정 방법 현황

① 홍수량 측정은 과거 주로 부자에 의한 측정이 이루어졌으나 최근 안전 및 측정 효율성 등을 이유로 비접촉 방법으로 전환되는 추세: 비접촉 방법으로는 전자파

표면유속계(2015년 497개 측정자료 확보, 2015년 한국수문조사연보 참조)가 주로 활용되고 있으며, 국외에서는 표면영상유속계도 활용되고 있음

○ 상용 유속계 검토 및 분석
- 상용 유속계는 국산 유속계 개발 대상인 초음파유속계와 스마트폰을 이용한 표면영상유속계를 고려하여 국내에서 사용되고 있는 초음파유속계 FlowTracker(SonTek)와 전자파표면유속계(Model: MU2720, Mutronics)를 검토

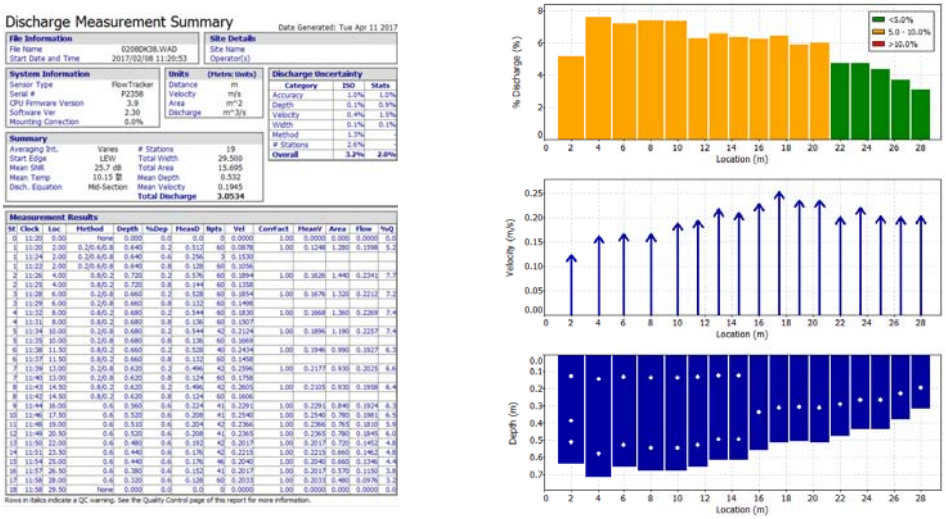
1) 초음파 유속계(FlowTracker, SonTek) 기능 현황

○ 유속측정 성능
- 유속측정 범위 ±4㎧, 유속분해능 0.01㎝/s, 1회 유속측정시간 1초

○ 측정자료 품질관리를 위한 Parameter 제공
- 측정 유속자료의 정상여부, 품질정도를 파악할 수 있도록 다양한 Parameter를 제공하고, 품질관리에 대한 경고 메시지를 제공하여 측정 중에 참고할 수 있도록 함
- SNR(신호대 잡음비), σV(측정유속 표준오차), Boundary QC(측정환경 평가), Spike(유속 이상치), Angle(흐름각도), %Q(구간유량 비) 제공

○ 키보드 인터페이스
- 유속측정 초기 설정부터 결과 검토까지 현장에서 활용할 수 있는 기능 다수 포함
- 전원 스위치, back light, 삭제, 측정시작, 보정계수 입력, 위치 이동, 사용자 계산 유속 입력, 위치입력, 측정방향 입력, 이전 위치 정보 확인, 수심 및 측정수심 입력, 얼음두께 입력, QC 메뉴, 유량계산 및 평균유속 계산 기능 등

○ 측정자료 표출
- 측정된 결과 요약표와 그래픽으로 표출
- 측정결과 요약에는 파일 정보, 지점 세부현황, 시스템 정보, 단위, 측정결과 요약, 불확도 등이 있으며, 측정결과에는 측선별 측정시간, 거리, 수심, 유속, 단면적, 유량, 구간 유량비 등이 있음



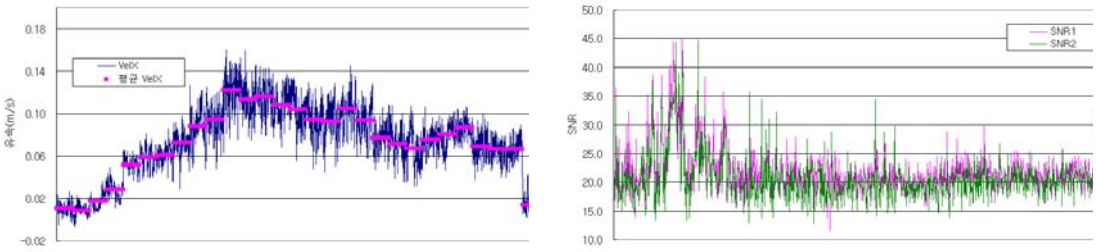
(a) 측정결과 요약표 (b) 측정결과 그래픽

<FlowTracker 측정자료 표출>

2) 초음파 유속계(FlowTracker) 유속 측정결과 검토

○ 초음파 유속계는 1초당 1회 음파를 수중에 발사하여 유속을 측정함으로 저유속에서 기계식 유속계(Price AA)보다 많은 유속정보를 확보하며, 측정기간 동안 유속의 변동 확인 가능

- 신호대 잡음비(SNR)를 통한 측정자료의 적정성 평가가 가능하고, 1초당 측정되는 유속정보를 통해 이상치 확인 및 필터링 수행 가능

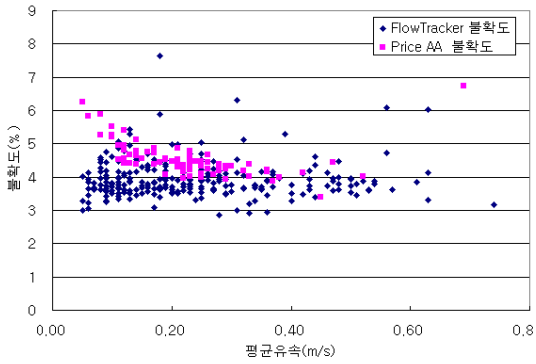


(a) 유속분포 (b) SNR 분포

<FlowTracker 유속측정 결과 검토>

○ 기계식 유속계와 초음파 유속계 측정자료 불확도 비교결과 전반적으로 초음파 유속계가 낮은 것으로 검토(2017년 국토교통부 잠정 유량측정자료 345개 활용하여 분석)

- 특히 저유속(0.40㎧ 이하)일 때 초음파 유속계의 불확도가 낮아서 저유속에서 초음파 유속계 활용이 필요한 것으로 검토
- 초음파 유속계는 유속보다는 흐름의 안정성이 불확도에 큰 영향을 주는 것으로 검토되며, 기계식 유속계는 유속이 상대적으로 큰 영향을 줌

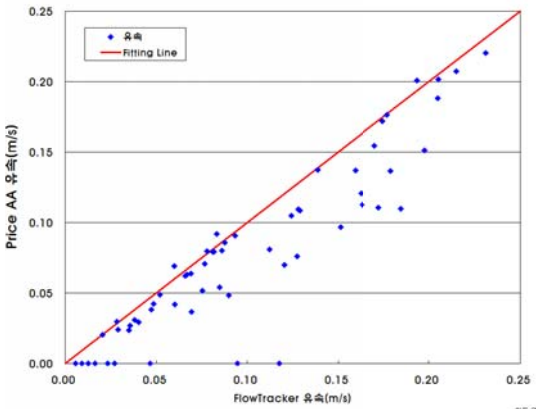


구분	Price AA		FlowTracker	
	유속 (㎧)	불확도 (%)	유속 (㎧)	불확도 (%)
최대	0.69	6.7	0.74	7.7
최소	0.05	3.4	0.05	2.9
평균	0.23	4.5	0.24	3.9
자료수	80개		265개	

<FlowTracker와 Price AA 유속계 측정 불확도 비교>

○ 기계식 유속계와 초음파 유속계를 동일 위치에서 동시 측정한 결과 0.20㎧ 이하에서 기계식 유속계로 측정한 유속이 초음파 유속계에 의한 유속보다 작게 측정되며, 불확도는 작게 산정

– 저유속 흐름에서는 유량측정의 불확도 및 유속 정확도 등을 고려할 경우 초음파유속계 활용이 필요



구분	Price AA		FlowTracker	
	유속 (㎧)	불확도 (%)	유속 (㎧)	불확도 (%)
월곡 지점	0.04	7.0	0.05	3.8
삼지 지점	0.12	5.5	0.15	4.4
측정 일시	월곡지점 : 2017.4.20. 09:25 삼지지점 : 2017.4.19. 11:20			

<FlowTracker와 Price AA 유속계 측정결과 비교>

3) 비접촉식 유속계(전자파표면유속계, Mutronics) 기능 현황

○ 유속측정 성능

– 유속측정 범위 ±0.03~20㎧, 유속분해능 0.1㎝/s, 1회 유속측정시간 약 1.4초

○ 측정자료 품질관리 기능 제공

– SNR(신호대 잡음비), 측정 수직 및 수평각도, 장비점검 기능, 실시간 측정 유속자료 제공 등으로 측정 중 측정자료의 이상여부 판단 정보 제공

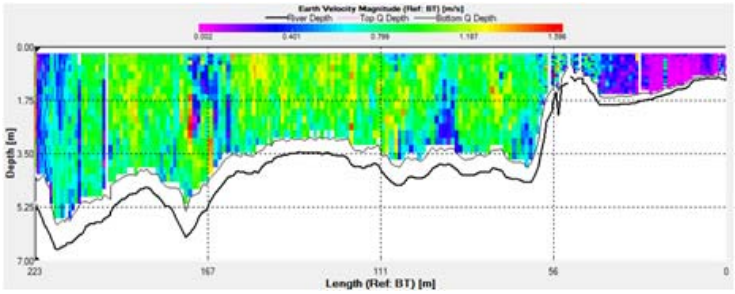
○ 인터페이스 및 메뉴

– 위치정보 입력, 방수, 측정설정(측정시간, 평균유속 산정 방법, 유속 표시모드 등),

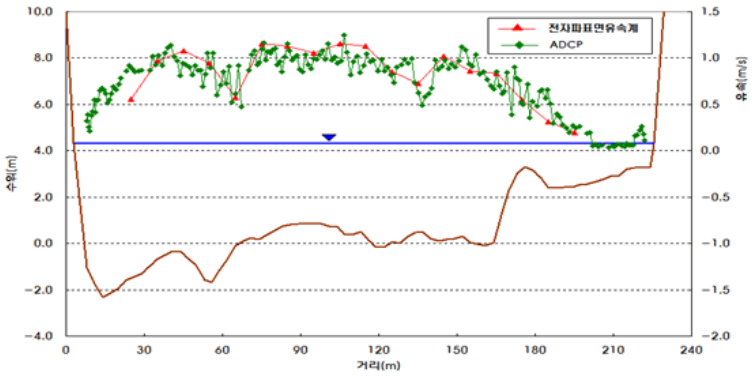
측정 유속표시, 환경변수 입력(측정 높이, 수평거리, 측정간격), 측정자료 저장, 측정목록 보기, 자료 삭제 및 변환, 측정 상세정보 및 결과 보기 기능 등

4) 비접촉식 유속계(전자파표면유속계) 유속 측정결과 검토

○ 접촉식 유속계 ADCP와 비접촉식 유속계 전자파표면유속계의 측정 표면유속을 비교한 결과 ADCP(수면 하 0.10m의 유속)는 0.70㎧, 전자파표면유속계(수면)는 0.71㎧로 비슷한 결과를 보이며, 유속분포도 유사



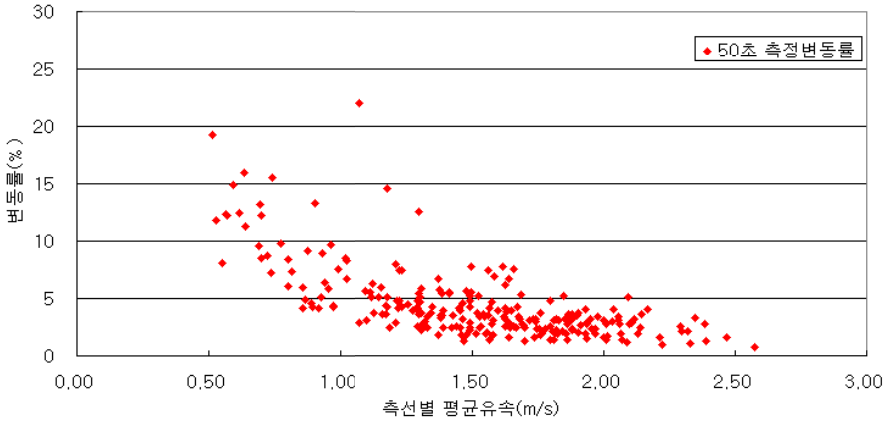
(a) ADCP 측정결과(수심-거리-유속분포)



(b) ADCP와 전자파표면유속계 표면유속 비교

<ADCP와 전자파표면유속계 측정결과 비교(2016.9.3., 정암수위관측소)>

○ 전자파표면유속계로 측정된 순간측정유속과 50초 평균한 유속에 대해 변동률 검토 결과 평균 4.45%로 분석되었으며, 대부분 10% 이내의 변동률을 보여 홍수 유속 측정의 안정성 확인(국토교통부 2016년 유량측정자료를 활용하여 분석)



<전자파표면유속계 측정유속 변동률 검토(철원군(한탄대교) 수위관측소)>

○ 국산 유속계 개발 방향 및 실용화 방안 제시

○ 국산 유속계 개발은 유속 측정의 정확도와 안정성 확보를 최우선으로 하여 개발이 필요

- 실용화를 위해서는 추가적으로 품질관리 기능, 편리하고 다양한 인터페이스 구성, 자료 검토, 분석 및 활용을 위한 표출기능 등이 필요

5) 초음파 유속계

○ 유속측정 정확도 확보

- 초음파 유속계는 대부분 저평수기 유속이 느린 경우 활용되기 때문에 기계식 유속계의 한계를 극복할 수 있도록 특히 0.20㎧ 미만의 저유속에서의 정확도 확보 필요
- 유량은 연중 측정되어야 하므로 동절기 낮은 수온에서도 유속 측정 정확도 확보가 필요

○ 측정자료 품질관리 기능

- 유속 측정중 spike 정보, SNR 값, 흐름각, 편차 등을 제공하여 측정자가 측정 중 유속이 정상적으로 측정되는지 확인할 수 있는 정보 제공 필요
- 현장에서 유속측정이 완료된 후 유량계산이 되어 측정유량이 얼마인지 알 수 있도록 시스템 구성 필요

○ 인터페이스

- 측정을 위한 정보 입력 기능, 유량계산 등을 위한 기능, 측정결과 등을 볼 수 있는 기능 구성 필요
- 키보드 인터페이스에는 야간 측정 등을 고려한 전등 사용 기능 및 강우시에 측정할 수 있도록 방수 기능 필요하며, 버튼 조작이 쉽게 이루어질 수 있어야 함

○ 측정자료 표출기능
- 측정 및 측정결과 요약정보, 각 측선 및 측점별 유속관련 정보, 측정결과를 그래픽으로 볼 수 있는 기능 필요

6) 스마트폰을 이용한 표면영상유속계
○ 유속 측정 정확도 확보
- 표면영상유속계는 홍수 측정을 목적으로 개발되기 때문에 홍수시 유속을 고려할 때 0.50㎧까지의 유속 정확도 확보가 필요

○ 측정자료 품질관리 기능
- 실시간 측정되는 유속정보, 각 측선별 평균유속 및 편차 확인 기능
- 일정시간 평균유속 산정 기능

○ 인터페이스
- 표면영상유속계는 홍수측정에 긴급하게 사용되므로 정보입력 및 시스템 조작 등이 간단해야 함

○ 단말기 컨트롤 기능
- 실내에서 단말기 또는 PC를 이용하여 여러 단말기의 측정, 자료 전송 등을 컨트롤할 수 있도록 개선 필요(장기적으로 고려 필요)

바. ARCROM 연구단 사업의 성과분석 및 기술의 경제성 평가

(1) 환경농업가치연구소 위탁과제 추진(3차년도)

(가) 연구 배경 및 필요성

○ 국토교통 R&D 사업의 사업관리 역량강화를 통해 경쟁력 향상 및 사업성과를 제고할 수 있는 솔루션이 요구됨

- 사업 내실화를 위한 역량 강화: 현재 건설/교통 R&D 투자정체로 사업 내실화를 위한 역량 강화 방안이 필요
- 경쟁력 확보를 위한 성과 분석: 성과 사례 분석을 통해 우수성과의 특징 도출, 향후 성과확대를 통한 R&D 사업관리 경쟁력을 제고하기 위한 방안 시급
- 사업성과 제고를 위한 솔루션 마련: 사업별 성과관리의 주요 이슈를 발굴하고 효율적 사업추진으로 향후 해외 시장에서 경쟁력을 확보하기 위한 성과제고 마련

○ 「첨단기술 기반 하천운영 및 관리 선진화 연구」의 성과를 종합적으로 분석하고 평가하여 사업단 종료에 따른 정부투자에 대한 설명책임 이행

- 「첨단기술 기반 하천운영 및 관리 선진화 연구」의 사업추진에 따른 연구수행 내용 및 성과를 종합적으로 분석하여 사업 목표달성 여부를 평가할 필요

○ 「첨단기술 기반 하천운영 및 관리 선진화 연구」사업단의 대표성과와 테스트베드의 사회경제적 가치를 산출하여 사업추진의 효과성을 검증할 필요

- 상용시설로서의 가치, 향후 국내기업의 수출확대 기여도, 기타 전후방 산업에 대한 파급효과 등 다양한 각도에서의 가치평가가 요구됨

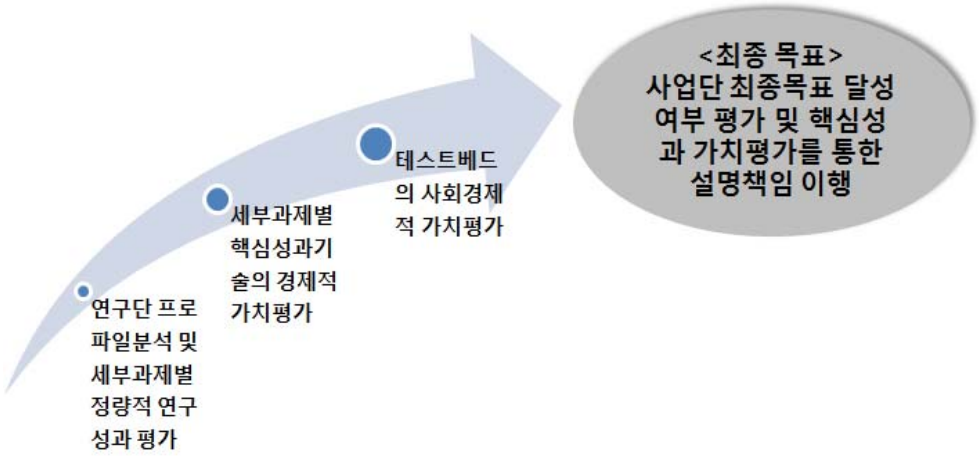
○ 「첨단기술 기반 하천운영 및 관리 선진화 연구」가 국내 하천운영 및 관리 기술력 향상에 미친 영향과 후속지원의 필요성과 추진방향 도출

- 효율적 하천 운영 및 관리 기술개발의 필요성에 따라 추진된 「첨단기술 기반 하천운영 및 관리 선진화 연구」사업단의 사업추진실적과 성과를 종합적으로 분석하여 기술적 수준향상 정도를 평가
- 하천 운영과 관리 분야에 대한 정부의 후속지원 필요성과 추진방향 도출 을 위해 「첨단기술 기반 하천운영 및 관리 선진화 연구」를 통해 구축된 각종 인프라와 기반기술들의 활용방안에 대한 전략적인 검토의 필요

(나) 연구 목표 및 연구내용

1) 연구목표

○ 본 연구의 최종 목표는 대형 국가 R&D 사업단으로서 목표대비 성과 달성여부를 평가하고 핵심성과들의 가치를 정량적, 정성적으로 분석하여 정부투자에 대한 설명책임(accountability)을 이행하는데 있음



○ 국토교통 R&D 사업을 통해 도출된 과학기술적/사회경제적 성과에 대한 신뢰성 높은 성과 데이터를 확보하고 종합적인 성과분석을 통해 성과제고를 위한 실효성 있는 환류방안을 마련함으로써 국가 R&D사업 성과의 효율성과 효과성을 강화하려는 추진목적을 가짐

○ 본 연구는 하천분야의 대표적인 공공기술로서 그 성과가 판매 가능한 시제품, 시장성 있는 소프트웨어 등 당장 상용화가 가능한 실용기술의 형태로 나타나지 않음으로 성과기술의 잠재적 가치평가를(즉, 국가의 공공재인 하천 관리의 효율성을 얼마나 어떻게 무엇을 향상시키는가) 통해 연구단의 성과가 평가되어야 함

○ 이에 본 연구는 각 세부과제 및 세세부 과제별로 개발기술이 최종성과(outcome)에 미치는 영향을 평가 할 수 있는 성과관리 지표 개발을 통해 연구단의 성과를 객관적으로 평가할 수 있는 기반을 구축하고자 함

2) 연구 내용 및 범위

○ 기술가치평가 연구는 크게 '사업단 종합 성과 분석' 과 '주요 성과에 대한 기술가치평가' 로 구성됨

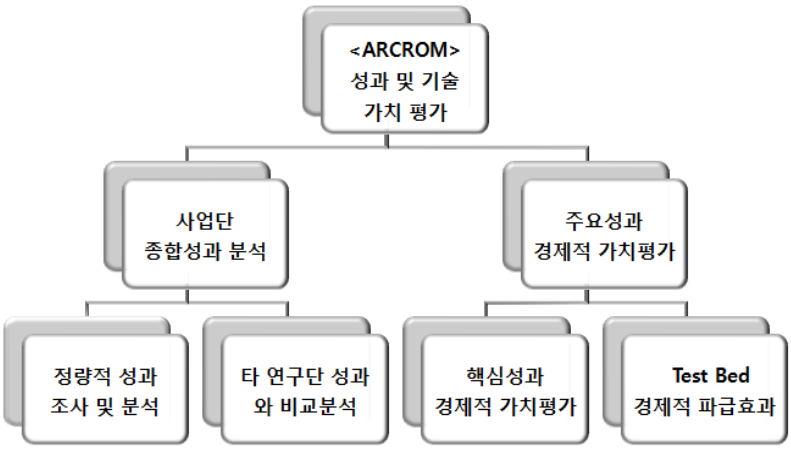
○ 사업단 종합 성과 분석은 성과조사와 성과분석으로 구성됨

- 성과 조사: 사업단의 과제 프로파일링 분석을 통해 사업단 연구과제 및 목표를 고려하여 Logic모형에 기반을 둔 성과조사 항목들을 도출하고 이에 따라 사업단 전체 및 세부과제 수준에서 성과를 조사함
- 성과 분석: 「첨단기술 기반 하천운영 및 관리 선진화 연구」의 '체계성, 효과성, 효율성' 관점에서 수행한 연구단 인터뷰와 설문조사를 통한 성과조사의 결과를 종합적으로 분석함

○ 세부과제별 기술가치평가는 핵심기술에 대한 잠재적 가치평가와 Test Bed 적용을 통한 실증분석(site specific)으로 구분됨

- 핵심성과 경제적 가치평가:「첨단기술 기반 하천운영 및 관리 선진화 연구」의 각 세부과제별 대표 연구성과의 기술가치를 평가함
- Test Bed 경제적 파급효과: 사업단의 Test Bed에 개발된 기술을 적용하여 직·

간접적인 경제적 파급효과를 분석함.



<연구단 성과 및 기술 가치 평가 항목>

(2) ㈜다래전략사업화센터 위탁과제 추진(5차년도)

1) ARCROM 종합 사업분석

○ 사업목적: 기후변화로 인한 국가 물관리 위기상황 극복 및 물재해 저감, 안정적 수자원 확보, 안전한 하천환경 조성을 위한 물관리 기술 개발

○ 중점지원 분야

- 안정적 수자원 확보 분야: 물부족 피해의 예방하고 최소화하기 위한 대체수자원 확보 및 기존 수자원 활용 효율화 기술 지원
- 지능형 수자원 관리 분야: 토종물기업의 해외 물시장 진출 활성화를 위하여 물공급 관리 전반에 걸친 토탈 솔루션 개념의 핵심 · 융합기술 지원
- 지속가능한 하천관리 분야: 하천의 통합관리를 위한 하천 수리시설물 설계 · 시공 유지관리기술 및 생태친화형 하천조성기술 지원
- 기후변화 대응 수재해 예방 분야: 수재해 대응 · 방어시스템을 구축하고 극한해에 대응할 수 있는 융복합 기초 · 원천기술 지원

○ 사업구조 및 체계

1) 물관리연구사업

<2016년도 국토교통부 시행계획>

구분	주관연구기관	2015년 사업비 (백만원)	2016년 사업비 (백만원)
물관리연구사업	-	36,438	81,564
1) 안정적 수자원 확보	동아대 산학협력단 포함 2개 기관	8,069	4,700
2) 지능형 수자원 관리	인천대 산학협력단	7,916	4.171
3) 지속가능한 하천관리	서울대 산학협력단 (ARCROM 연구단)	9,357	17,147
3-1) 첨단기술 기반 하천 운영 및 관리 선진화	서울대 산학협력단 (ARCROM 연구단)	4,875	4,135
3-2) 하천구조체를 활용한 하천 내 녹조관리기술 개발	한국건설기술연구원	500	4,500
3-3) 자연과 인간이 공존하는 생태하천 조성기술 개발	한국건설기술연구원	4,000	8,512
4) 기후변화 대응 수재해 예방	부산대 산학협력단 포함 5개 기관	11,078	55,546

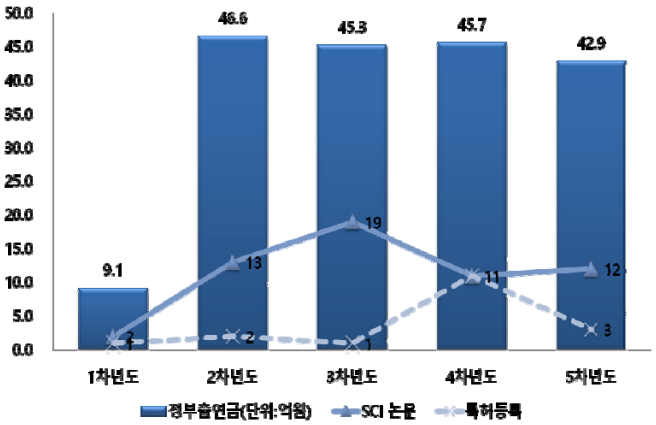
2) 하천관리 기술개발 사업

구분	내용	
단위사업	물관리연구사업	
연구과제	첨단기술 기반하천운영 및 관리 선진화	
연구관리기관	국토교통과학기술진흥원	
주관연구기관	서울대학교 산학협력단(ARCROM 연구단)	
총 연구기간	2011-12-16 ~ 2016-06-15	
5차년도 구기간(연구비)	2015-07-01 ~ 2016-06-30	
최종 연구목표	o 미래에예측되는기후변화,대하천사업시행으로인해변화되는여건에 적합한 유역통합 하천관리 및 운영기술개발 - 준설하천 하도 안정화 기술 및 유역관리기술 개발 - 첨단기술을 이용한 하천 조사기술 개발 - Smart River 정보 관리기술 개발 - 첨단기술 기반의 하천운영 및 관리기술 개발 -하천유량관리고도화기술개발	
5차년도 세부과제별 연구목표 및 내용	(1세부) 대하천 친환경 시설물 및 하도 유지관리 기술 개발 (충남대)	유역침식을 고려한 하도 안정화 기술 개발(충남대)
		사주발생제어 및 저수로 안정화 기술 개발(한국교통대)
		다기능보 배사 효율 극대화 및 하류 세굴 방지 방안연구(서울대)
		하천시설 관리 최적화 기술 개발(인제대)
		하도안정화를 고려한 홍수량 조절시설 최적 설계 기술 개발(건기연)
		신설수공구조물을 고려한 하천운영 고도화 기술 개발(알엔에이솔루션)
	(2세부)	Smart River 정보관리 기술개발(K-water)
		하천정보예경보시스템개발(서울대·홋카이도대)

	첨단기술 기반의 하천계측 및 운영기술 개발 (서울대)	휴대용 초음파 유속계의 사용자 인터페이스 개발 및 성능 검증 (건기연)
		첨단기술기반의 지능형 하천정보 제공시스템 개발(매그파이소프트)
		하천관리기술 검증을 위한 통합테스트베드 운영관리(창원대)
		휴대용 스마트 초음파 유속계 개발(아이에스테크놀로지)
		휴대용 표면영상유속계 시스템 개발(동의대)
		하천계측 유량 불확실도 산정 소프트웨어 개발(단국대)
		설계강우량 결정기법 개발(연세대)
	(3세부) 한국형 수문량 산정 선진화 기술 개발 (연세대)	설계강우량 결정기법 개발(연세대)
		설계홍수량 산정방법 개발(서경대)
		하도추적 및 홍수위 산정기술 개발(성균관대)
		홍수빈도해석에 의한 설계홍수량 산정방법 개발(건기연)
		설계홍수량 산정방법 개발(충북대)
		유역특성인자 및 홍수량 산정 통합시스템 구축(건국대)
	(4세부) 물안보 확보를 위한 탄력적 물관리 기술 개발 (K-water)	외부환경변화에 따른 하천수량의 평가방안 및 매개변수 추정 지원 시스템 개발(부경대)
		하천유량관리 고도화 기술 개발(K-water)
		유역특성을 고려한 구조적 하천수량 확보 기술(부산대)
		용수수급 요소를 고려한 비구조적 하천 수량확보 기술(충남대)
		탄력성 평가에 의한 하천수량 확보 가이드라인 개발(충북대)

○ 종합 성과현황 내용

- 1차년도에는 논문, 특허 등 공동 연구성과 중심으로 창출되었으며, 사업이 시작된 2차년도부터 사업의 고유 연구성과가 담긴 기술보고서와 연구성과 관련 기술기사 등이 창출되고 있음
- SCI 논문과 특허등록성과를 살펴보면, SCI 논문은 1차년도 2건을 시작으로 10건 이상의 양적 수준으로 창출되고 있으나, 연차별 증감 등 추이분석을 위한 특징을 확인할 수 없음



<ARCROM 사업의 주요 성과 추이>

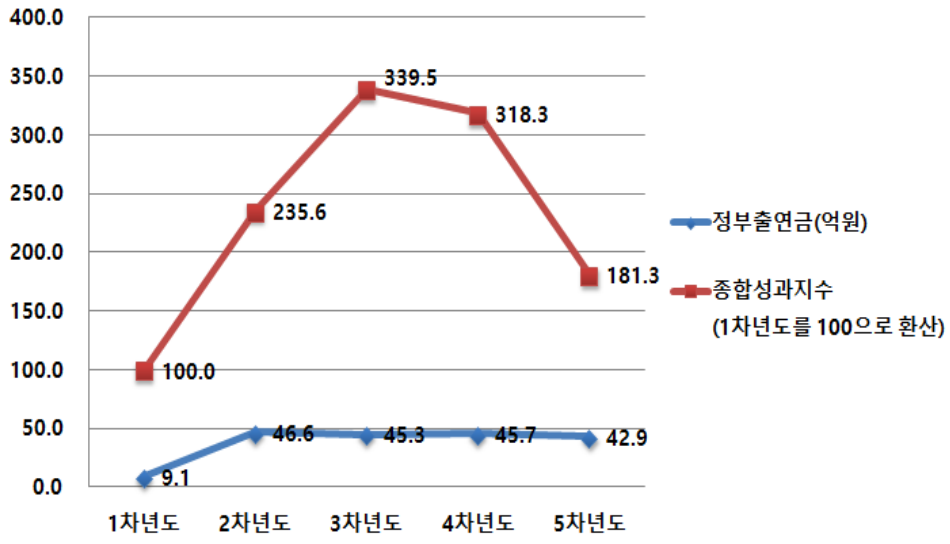
○ 사업분석체계 점검 및 진단 관련 내용

- 동 사업은 논문, 특허, S/W, 기술실용화에 대한 12개 성과지표를 개발하여 세세부 과제별로 연구성과를 검증하고 있으나, 성과지표의 경우, 국가연구개발사업의 통상적 프로세스인 연구개발>검증>상용화 등 연구개발 사업의 연차별 차별화된 연구성과 창출을 유도하지 못하고 있음
- 따라서 사업의 연차 및 최종 사업목표를 정의하고, 연차 또는 단계별 성과목표와 이를 측정할 수 있는 사업유형별 성과지표 선정이 시급함

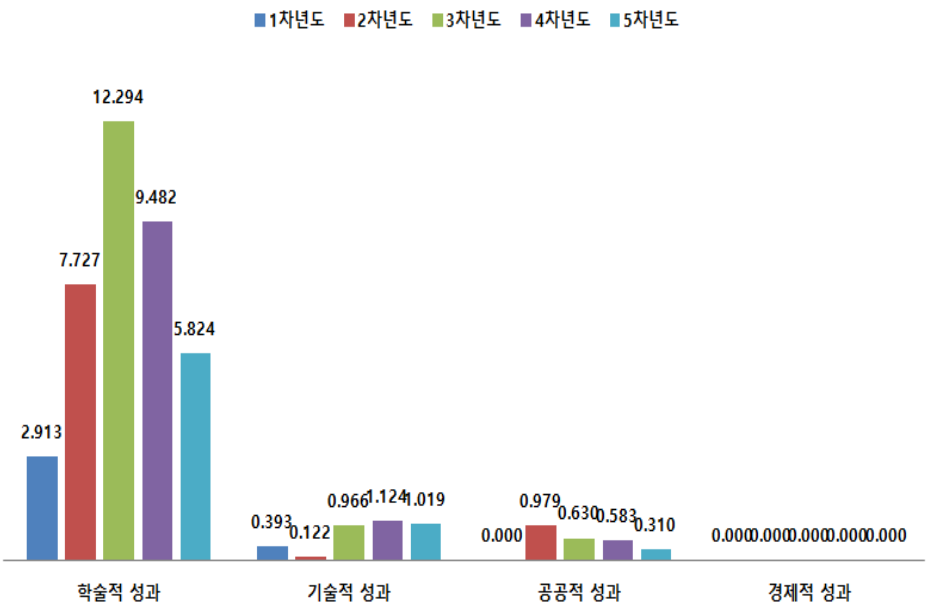
○ 사업분석체계 개선: 본 연구에서는 사업유형을 정하는 2단계를 선행하고, 그 다음으로 1단계 사업분석, 3단계 성과목표 설정, 4단계 성과지표 설정은 본 연구기관이 개발한 “통합형 연구워크맵” 통해 하나로 표현함. “통합형 연구워크맵”에서는 사업 전체의 미션-비전-전략목표를 설정하고, 전략목표를 실현 및 실행을 단계적으로 추진하고 그 성과를 용이하게 확인할 수 있도록 단계별 성과목표를 설정함

2) ARCROM 종합 성과분석

○ 종합성과지수 분석: 본 연구에서는 주가지수 산출방법 중 시가총액방법을 응용하여, 연구성과별 가중치와 연구성과별 실적을 곱한 후 연구성과별 지수를 합산하여 종합성과지수를 산출함. 1차년도에 비해 연구성과가 3.4배 증가된 3차년도는 가중치가 높은 SCI 논문이 50% 이상 증가하고, SW 연구성과는 80% 이상 증가한 것으로 나타남. 또한 각 분야별 종합성과지수를 분석한 결과, 학술적 성과가 전체 4개 연구성과 분야 중 야 88.1%의 비중으로 가장 많이 창출됨



<연도별 종합성과지수>



<연구성과 분야별 종합성과지수>

○ 성과목표달성도 분석: 본 연구에서는 동 사업의 목표 대비 달성, 즉 성과목표달성도를 산출하였고, 또한 매년 실시되는 국가연구개발사업의 성과평가 기준과 방법을 적용하여, 정량적 성과목표달성도 점수를 산출함. 동 사업의 1~5차년도를 종합한 정량적 성과목표달성점수(40점 만점)를 산정한 결과, 총 16.7점으로, 40점 만점의 41.7점 수준으로 매운 낮은 것으로 산출됨

○ 과학적 성과분석

- SCI 논문 현황 및 추이분석: 동 사업의 SCI 논문은 3차년도에 19건으로 가장 많이 창출되었고, 4차년도에는 11건으로 감소하였으나, 5차년도 연구기간 종료시점까지는 4차년도 연구성과를 상회하는 성과가 창출될 것으로 예측됨

- SCI 논문 생산성 지수 분석: 연구성과의 중복성이 검증된 기여율 기준의 전체 국가연구개발사업의 2013년도 1.060건, 2014년도 0.250건, 2015년도 0.200건보다 훨씬 높은 수준임
- SCI mrnIF 분석: 연차별 SCI mrnIF Index는 1차년도부터 82.5→68.1→69.3→69.4→71.1로써, 감소 후 증가 추세로 분석됨
- SCI H지수 분석: 동 사업의 SCI 논문이 게재된 저널의 평균 SCI H지수는 1~5차년도 평균 51.3로 산출되었고, 상기 수치는 각 저널당 평균 51.3편의 논문이 평균 51.3회 인용됨을 의미함

○ 기술적 성과분석
- 특허출원 및 등록 현황 및 추이분석: 특허출원은 1차년도 1건을 시작으로 2차년도와 4차년도에 7건 창출되었고, 특허등록은 4차년도에 11건으로 집중되었음
- 특허등록 생산성 지수 분석: 1차년도에 1억원당 0.11건을 시작으로 2차년도 및 3차년도에 소폭 감소 후 4차년도에는 0.241건 수준을 회복한 것으로 나타남
- K-PEG 특허평가결과 분석: 동 사업을 통해 창출된 등록특허의 특허생존지수는 1차년도 A1등급 이후에 2차년도부터 감소추세이며, 3차년도에는 200점 초반으로 급락한 것을 확인할 수 있음
- 특허등록지수 분석: 동 사업의 1~5차년도 평균등록지수는 6.36점으로 산출되었고, 해당 점수는 국가연구개발사업이 발표한 “특허의 잠재적 질적 가치 평가 점수”로는 A3와 A2등급에 해당됨

○ 공공적 성과분석: 동 사업에서는 공공적 성과에 “법 제정 및 개선”, “설계기준, 시방서, 지침에 반영”, “기술보고서”, “기술기사”의 4개 성과지표로 구성되나, ”기술보고서”, “기술기사” 성과지표에서만 1~5차년도 연구성과가 창출된 것으로 나타남

사. 연구성과 활용 및 실용화 추진 전략

(1) 실용화 추진전략 개요

(가) 1세부과제

세부명	최종연구성과	연구성과물 유지관리 및 교육방안	실용화 추진 전략	기술이전 달성 및 예상수요기관
1-1세부 (충남대)	○유역침식을 고려한 준설하천의 하도 안정화를 위한 구조적, 비구조적 관리 지침서	-정기적인 워크숍 및 세미나를 통한 기술 홍보 및 가이드라인 개선	-진단시스템에서 가이드라인 제공	-지방국토관리청 -엔지니어링 회사
1-2세부 (교통대)	○사주발생 제어 및 저수로 안전화 기술가이드라인	-기술홍보 워크샵을 통해 홍보효과를 기대할 수 있으며, 실무자들과 지속적인 접촉을 통해 기술 보완	-진단시스템에서 가이드라인 제공	-지방국토관리청 -엔지니어링 회사
1-3세부 (영남대)	○유역유사예측 및 유사관리 가이드라인	-정기적인 워크숍 및 세미나를 통한 기술 홍보 및 가이드라인 개선	-진단시스템에서 가이드라인 제공	-지방국토관리청
1-4세부 (서울대)	○다기능보 상하류 장단기 하상변동 예측 기술 개발	지속적인 워크숍을 통한 기술 홍보	- 진단시스템을 통한 가이드라인 제공 및 기술보고서 제안	-수자원공사 -엔지니어링 회사 -국토교통부
1-5세부 (인제대)	○친수시설 수리적 안정성 평가 및 어도 이용효율 평가 기술(가이드라인)	- 하천설계기준 개선을 통해 홍수터 수리적 안정성 평가 등의 기법이 친수공간 조성 시 반영하도록 추진 - 하천설계기준 어도편 개선을 통해 수리적 및 생태적인 부분을 고려한 어도 설계가 이루어 지도록 추진 - 정기적인 워크숍 및 세미나를 통한 기술 홍보 및 가이드라인 개선	-출원된 개발기술의 특허 추진 -진단시스템에서 가이드라인 제공	-낙동강홍수통제소(수요) -한국수자원공사(수요)
1-7세부 (RNA솔루션)	○시나리오기반 하천진단시스템	- 후속과제 발굴을 통한 시스템 업그레이드 - 수요기관을 대상으로 한 기술협의 및 교류	- 하천관리를 위한 하천진단 시스템 제안	-국토교통부 -지방국토관리청

(나) 2세부과제

세부명	최종연구성과	연구성과물 유지관리 및 교육방안	실용화 추진 전략	기술이전 달성 및 예상수요기관
2-4세부 (서울대)/ 2-5세부 (매그파이)	○하천정보 분석모델 및 예보시스템 (RiverCAST-K) 개발	- 하천설계기준 개정을 통해 친수활동 지수가 하천설계 및 친수공간 조성에 반영하도록 추진	-출시된 스마트폰 앱의 지속적인 홍보 및 업데이트 -한강홍수통제소 및 국립환경과학원 시험적용 추진	-(주)미탭스플러스(달성) -한강홍수통제소(수요) -국립환경과학원(수요)
	○대하천 수질사고 경보시스템 (RIverALARM-K) 개발	- 정기적인 워크숍 개최를 통한 홍보 및 사용자 확보 - 사용자 의견을 수렴한 각 구성 모듈의 업데이트	- GS인증을 통해 유관기관 및 연구기관에 납품 추진 - 낙동강홍수통제소 수질오염사고대응시스템 적용 추진	-매그파이소프트(달성) -한강홍수통제소(수요) -국립환경과학원(수요)
2-1세부 (건기연)/ 2-7세부 (아이에스테크놀로지)	○휴대용 초음파 유속계(ACOUSTAR) 개발	- 확보된 기술을 고도화한 신제품 개발 - 관련기술의 지속적인 연구개발 추진을 통한 기술의 유지 및 고도화	- 수문조사 수요 기관 및 대학에 시제품 제공을 통한 홍보 - 지속적인 기술개발을 통한 고기능 신제품 개발	-유량조사사업단(수요) -한강홍수통제소(수요) -한국농어촌공사(수요) -수문조사 관련 대학(수요)
2-8세부 (동의대)	○스마트폰 표면영상유속계 개발	-정기적인 워크숍 개최를 통한 홍보 및 사용자 확보 -사용자 의견을 수렴한 프로그램의 업데이트	-유량조사사업단에 시제품 납품하여 사용 추진 -앱마켓에 출시하여 판매	-유량조사사업단(수요) -(주)자연과기술(달성)

(다) 3세부과제

세부명	최종연구성과	연구성과물 유지관리 및 교육방안	실용화 추진 전략	기술이전 달성 및 예상수요기관
3-1세부 (연세대)	○설계강우의 결정방법 개발	- 지역빈도해석 프로그램 및 홍수량산정 통합시스템 정식 배포 - 수자원학회 지역빈도해석 워크샵 개최 - 학술대회 연구성과발표 및 홍보 - 통합 홍수량 산정 소프트웨어 교육 - 수요기관 대상 설명회 개최	- 하천설계기준 개정을 통한 개발된 설계홍수량 산정법을 설계기준에 반영	- 설계홍수량 산정 관련 기관 - 수자원종합설계사
3-2세부 (단국대)	○설계강우의 ARF 및 공간분포 산정방법 개발			
3-3세부 (서경대)	○설계홍수량 산정방법 개발			
3-4세부 (성균관대)	○하도추적 및 홍수위 산정기술 개발			
3-5세부 (건기연)	○홍수빈도해석에 의한 설계홍수량 산정방법 일반화			
3-6세부 (충북대)	○개념적 강우-유출모형을 활용한 홍수량 산정방법 개발			
3-7세부 (건국대)	○유역특성인자 및 홍수량 산정 통합 시스템 구축			

(라) 4세부과제

세부명	최종연구성과	연구성과물 유지관리 및 교육방안	실용화 추진 전략	기술이전 달성 및 예상수요기관
4-1세부 (부경대)	○SWMM 5의 매개변수 추정 지원 시스템 개발	- 유송(기술이전 기업)에서 소프트웨어 유지 및 교육 자료 갱신 - 유료 교육회 개최	- 연 1회 이상의 유료 교육회 개최 - 주관: 유송(기술이전 기업)	- 유송(달성)
4-2세부 (서울과기대)	○물 순환 개선 시설 효과분석 시스템 개발	- 국내외 정기적인 워크숍 개최를 통한 홍보 및 사용자 확보 - 사용자 의견을 수렴한 각 구성 모듈의 업데이트	- 출시된 소프트웨어의 지속적인 홍보 및 업데이트 - 국내외 적용 사례를 SCI급 저널에 출간 - 중국, 싱가포르 등 적극적인 유저그룹의 구축	- ㈜ LID워터, ㈜시더 (달성) - 한국토지주택공사 (수요) - 설계 회사 (수요) - 국외 기관 (수요)
4-7세부 (충북대)	○하천유량관리 융·통합 기술 적용에 따른 자료관리 및 분석 툴 개발	- 자료관리 체계의 효과적 관리를 위해 거버넌스 체계 구축 필요 - 물 관리 기관을 대상으로 한 수시 교육실시 필요	- 출시된 분석 툴 개발의 지속적인 홍보 및 교육	- 한강홍수통제소(수요) - K-Water(수요) - 용역 회사

(2) 향후 3년간 분기별 실용화 추진전략 및 교육방안

(가) 1세부과제

○ 하천진단시스템

<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th colspan="2">2017년</th><th colspan="4">2018년</th><th colspan="4">2019년</th><th colspan="2">2020년</th></tr>
<tr><th>3분기</th><th>4분기</th><th>1분기</th><th>2분기</th><th>3분기</th><th>4분기</th><th>1분기</th><th>2분기</th><th>3분기</th><th>4분기</th><th>1분기</th><th>2분기</th></tr>
<tr><td>실용화 추진 전략</td><td colspan="4">○연구개발결과 기술이전을 위한 계획 수립
-하천진단을 위한 실용화 후속과제 발굴
-단계별 기술이전 계획 수립
○요소기술의 활용을 위한 기준 개정 추진
-기후변화 적응을 위한 하천설계기준 개정(안) 마련을 위한 연구(수행중)</td><td colspan="2">○실용화를 위한 후속과제 수행
-진단시스템의 지속적인 보완 및 업데이트</td><td colspan="2">○ 기술 보완을 통한 진단시스템 적용성 확대</td><td colspan="2">○지방국토관리청 및 수요기관 기술 홍보</td><td colspan="2">○지방국토관리청 및 수요기관 기술 이전 추진</td></tr>
<tr><td>연구성과물 유지관리 및 교육방안</td><td colspan="2">○기술홍보 및 설명회를 위한 자료 제작</td><td colspan="2">○연구성과 홍보를 위한 기술설명회 및 학술대회 참석</td><td>○설명회개최
-실무자 및 관련 전문가를 위한 설명회 개최
○학술대회 연구성과 발표 및 홍보</td><td>-</td><td>○학술대회 연구성과발표 및 홍보</td><td>○설명회개최
-수요기관 대상으로 한 설명회 개최</td><td>-</td><td>-</td><td>○학술대회 연구성과 발표 및 홍보</td></tr>
</table>

(나) 2세부과제

○ 하천정보분석모델 및 예보시스템(RiverCAST-K)

<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th colspan="2">2017년</th><th colspan="4">2018년</th><th colspan="4">2019년</th><th colspan="2">2020년</th></tr>
<tr><th>3분기</th><th>4분기</th><th>1분기</th><th>2분기</th><th>3분기</th><th>4분기</th><th>1분기</th><th>2분기</th><th>3분기</th><th>4분기</th><th>1분기</th><th>2분기</th></tr>
<tr><td>실용화 추진 전략</td><td colspan="4">○실용화를 위한 후속과제 수행
-과학기술정보통신부 연구성과사업화지원 기술컨설팅(수행중)
○연구성과 활용을 위한 제도화 추진
-기후변화 적응을 위한 하천설계기준 개정(안) 마련을 위한 연구(수행중)</td><td colspan="2">○ 친수지구 관리를 위해 한강홍수통제소 기술이전 추진
○ 실용화 후속과제의 결과를 바탕으로 수요기관 발굴</td><td colspan="4">○실용화를 위한 후속과제 수행
-후속과제를 통해 수질예보 대상 구간 확대 및 모델 보완
-스마트폰 어플리케이션 지속적인 보완 및 업데이트</td><td colspan="2">○국립환경과학원 기술 이전 추진</td></tr>
<tr><td>연구성과물 유지관리 및 교육방안</td><td>○설명회개최
-연구성과사업화지원 기술컨설팅을 위한 실무자 설명회 개최</td><td>○설명회개최
-2017 하반기 공공기술이전 로드쇼</td><td>○제품 홍보물 제작</td><td>○설명회개최
-친수활동지수의 하천설계 반영을 위한 산정법 설명</td><td>○설명회개최
-수요기관 대상 설명회 개최</td><td>○학술대회 연구성과발표 및 홍보</td><td>-</td><td>○학술대회 연구성과발표 및 홍보</td><td>-</td><td>○학술대회 연구성과발표 및 홍보</td><td>○설명회개최
-수요기관 대상 설명회 개최</td><td>-</td></tr>
</table>

○ 대하천 수질사고 경보시스템(RiverALARM-K)

<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th colspan="2">2017년</th><th colspan="4">2018년</th><th colspan="4">2019년</th><th colspan="2">2020년</th></tr>
<tr><th>3분기</th><th>4분기</th><th>1분기</th><th>2분기</th><th>3분기</th><th>4분기</th><th>1분기</th><th>2분기</th><th>3분기</th><th>4분기</th><th>1분기</th><th>2분기</th></tr>
<tr><td>실용화 추진 전략</td><td colspan="4">○실용화를 위한 후속과제 수행
-과학기술정보통신부 연구성과사업화지원 기술컨설팅(수행중)</td><td colspan="2">○ 해석엔진 개선을 통해 모형의 적용범위 확대
○ 실용화 후속과제의 결과를 바탕으로 수요기관 발굴</td><td colspan="4">○실용화를 위한 후속과제 수행
-후속과제를 통해 국내 수질오염사고대응시스템의 2차원 모형 반영 검토
○GS인증 소프트웨어 조달청(나라장터) 입찰 추진</td><td colspan="2">○국립환경과학원 기술 이전 추진</td></tr>
<tr><td>연구성과물 유지관리 및 교육방안</td><td>○설명회개최
-연구성과사업화지원 기술컨설팅을 위한 실무자 설명회 개최</td><td>○설명회개최
-2017 하반기 공공기술이전 로드쇼</td><td>○제품 홍보물 제작</td><td>○연구성과발표 및 홍보</td><td>○설명회개최
-수요기관 대상 설명회 개최</td><td>○학술대회 연구성과발표 및 홍보</td><td>-</td><td>○학술대회 연구성과발표 및 홍보</td><td>-</td><td>○학술대회 연구성과발표 및 홍보</td><td>○설명회개최
-수요기관 대상 설명회 개최</td><td>-</td></tr>
</table>

○ 휴대용 초음파 유속계(ACOUSTAR)

구분	2017년		2018년				2019년				2020년	
	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기
실용화 추진 전략	○ 수문조사 기관에 시제품 제공 및 현장시험 - 관련기관에 시제품 제공 및 현장 시험 추진을 통한 실용성 확보 ○ 제품화 추진 - 사용자 편의성, 제품 생산성, 견고성등을 고려한 제품화 추진						○신제품 개발을 위한 후속과제 추진 - 기능 및 성능 고도화를 위한 후속제품 개발 추진				○초음파 유속측정 기술의 확대 - ADCP 개발 추진	
연구성과물 유지관리 및 교육방안	○개발기술의 정리 -확보된 기술의 정리 -연구가 필요한 기술 정리		○현장적용 및 분석 -제품 현상 사용성 확인 -문제점 도출 및 개선		○유관기관 시제제공 -유량조사 사업단 -대학 관련학과		○신제품 개발을 통한 기술 고도화 -기능 및 특성을 고도화를 위한 후속과제 기반의 제품개발 추진				○ 글로벌 타겟 신제품 출시	

○ 휴대용 스마트폰 표면영상유속계 개발

구분	2017년		2018년				2019년				2020년	
	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기
실용화 추진 전략	○실용화를 위한 후속과제 수행 - 영상유속계를 이용한 유량측정기술개발		○실용화를 위한 후속과제 수행 - 영상유속계를 이용한 유량측정기술개발 ○ 유량조사사업단에 기술 이전 추진				○ 건설기술 신기술 추진 - 영상유속계를 이용한 유량측정기술개발				-	-
연구성과물 유지관리 및 교육방안	-	○연구성과발표 및 홍보	○제품 홍보물 제작	○ 학술대회 연구성과발표 및 홍보	○ 설명회개최 -수요기관 대상 설명회 개최	○ 학술대회 연구성과발표 및 홍보	-	○학술대회 연구성과발표 및 홍보	-	○학술대회 연구성과발표 및 홍보	○설명회개최 -수요기관 대상 설명회 개최	-

(다) 3세부과제

○ 수문량분석 선진화 기술 개발 및 홍수량 산정 통합시스템

구분	2017년		2018년				2019년				2020년	
	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기
실용화 추진 전략		○ 지역빈도해석 프로그램 개발			○ 지역빈도해석 프로그램 베타테스트 및 배포 ○ 홍수량산정 통합시스템 알파버전 배포 및 사용자 의견 수렴		○ 지역빈도해석 프로그램 정식배포 ○홍수량산정 통합시스템 베타버전 제작 및 버그 수정				○홍수량산정 통합시스템 정식버전 배포	
연구성과물 유지관리 및 교육방안			○수자원학회 지역빈도해석 워크샵	○학술대회 연구성과발표 및 홍보	○통합홍수량 산정 소프트웨어 교육	○수자원학회 지역빈도해석 워크샵	○설계홍수량 산정요령 개정안 발표	○학술대회 연구성과발표 및 홍보	○설계홍수량 산정요령 개정안	○수자원학회 지역빈도해석 워크샵	○설명회개최 -수요기관 대상 설명회 개최	○학술대회 연구성과발표 및 홍보

(라) 4세부과제

○ SWMM 5의 매개변수 추정 지원 시스템

구분	2017년		2018년				2019년				2020년	
	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기
실용화 추진 전략	-	-	-	-	○유료 교육회 - 주관: 유송(기술이전기업)		-	-	○유료 교육회 - 주관: 유송	-	○ 유료 교육회 - 주관: 유송	
연구성과물 유지관리 및 교육방안	-	-	○유송(기술이전 기업)에서 소프트웨어 유지, 교육자료 갱신		-	-	○산학 협력 과제에 지원하여 소프트웨어 개선, 교육 자료 갱신				-	-

○ 외부환경 변화에 따른 물 순환 복원 기술 평가 시스템

구분	2017년		2018년				2019년				2020년	
	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기
실용화 추진 전략	○ 실용화를 위한 후속과제 수행 -과학기술정보통신부 연구성과사업화지원 기술컨설팅(수행중) ○ 연구성과 활용을 위한 한국연구재단 기초연구과제(제목: Sponge City 건설을 위한 물 관리 계획 수립 절차 개발 및 의사결정지원시스템의 개발) 수행중 -(수행중)				○ 실용화 후속과제의 결과를 바탕으로 수요기관 발굴 ○ 학부 및 대학원 교과과정에 활용될 수 있도록 유튜브 동영상 등 교육자료 및 웹사이트 구축		○실용화를 위한 후속과제 수행 - 후속과제를 통해 GUI 및 결과 분석 모듈 개선 - 후속과제를 통해 대상 물 순환 개선 시설을 추가함				○ 물 순환 개선 계획 수립 용역에 활용될 수 있도록 기술이전 추진	
연구성과물 유지관리 및 교육방안	○설명회개최 -연구성과사업화지원 기술컨설팅을 위한 실무자 설명회 개최		○ 국외 (중국 등) 설명회 개최	○ 국내 교육회 (유료) 개최	○ 국외 (중국 등) 학술발표대회에서 적용결과발표 및 홍보	○학술대회 연구성과발표 및 홍보	○ 국외 (싱가포르 등) 설명회 개최	○ 국내 학술대회 적용결과 발표 및 홍보	○ 국내 교육회 (유료) 개최	○학술대회 연구성과발표 및 홍보	○설명회개최 -수요기관 대상 설명회 개최	-

○ 하천유량관리 융·통합 기술 적용에 따른 자료관리 및 분석 툴 개발

구분	2017년		2018년				2019년				2020년	
	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기
실용화 추진 전략	-활용기관 대상 조사 -활용기관 선정 -활용기관 홍보			-활용기관 접수 및 교육								
연구성과물 유지관리 및 교육방안	- 활용기관 수요조사	-활용기관 홍보 -교육수요 조사	-프로그램내 기존 DB 검토 - 활용기관 교육	-프로그램 수정 -활용기관 교육	-활용기관 교육		-프로그램내 기존 DB 검토 - 활용기관 교육	-프로그램 수정 -활용기관 교육	-활용기관 교육		-프로그램내 기존 DB 검토 - 활용기관 교육	-프로그램 수정 -활용기관 교육

아. 연구단 자체평가회의 개최

(1) 1세부과제 자체평가회의

차년도	날 짜	장 소	평가위원
1차년도	-	-	-
2차년도	-	-	-
3차년도	2014년 5월 23일	충남대학교	서일원(서울대 교수), 김정엽(한강홍수통제소 연구사), 정구열(K-water 실장), 이주헌(중부대 교수)
4차년도	2015년 5월 19일	충남대학교	김규호(한국건설기술연구원 위원), 서일원(서울대 교수), 오규창(이산 부사장), 이상열(이산 부사장), 정태성(국립재난안전연구원 연구사)
5차년도	2016년 4월 12일	충남대학교	서일원(서울대 교수), 김정엽(국토교통부 연구사), 이경종(대전지방국토관리청 과장), 이범희(배재대 교수), 정광진(K-water 부장), 정태성(국립재난안전연구원 연구사)
6차년도	2017년 5월 31일	충남대학교	김현식(한국수자원공사, 물관리센터 처장), 이범희(배재대 교수), 정동국(한남대, 교수), 최용준(국토교통부 금강홍수통제소, 연구사)

<1세부과제 자체평가 점수표>

년차	과제	기관	연구책임자	실적점수						
				평가자 1	평가자 2	평가자 3	평가자 4	평가자 5	평가자 6	평균
3차년도	(1-1)	충남대	정관수	97	89	91	97	-	-	93.5
	(1-2)	한국교통대	장창래	90	67	88	91	-	-	84
	(1-3)	영남대	손광익	96	78	87	97	-	-	89.5
	(1-4)	서울대	황진환	87	100	89	89	-	-	91.3
	(1-5)	인제대	김영도	96	99	94	97	-	-	96.5
	(1-6)	건기연	이동섭	87	79	86	88	-	-	85
	(1-7)	㈜웹솔루스	이동훈	71	86	82	71	-	-	77.5
	평균			89.1	85.4	88.1	90.0	-	-	88.2
	1세부과제			계획점수						
				96	94	92	98	-	-	95
4차년도	(1-1)	충남대	정관수	83	82	89	86	91	-	86.2
	(1-2)	한국교통대	장창래	87	78	86	82	87	-	84
	(1-3)	영남대	손광익	91	92	87	80	91	-	88.2
	(1-4)	서울대	황진환	86	90	95	83	90	-	88.8
	(1-5)	인제대	김영도	86	90	92	84	88	-	88
	(1-6)	건기연	이동섭	90	85	87	84	85	-	86.2
	(1-7)	㈜웹솔루스	이동훈	81	76	82	76	84	-	79.8
	평균			86.3	84.7	88.3	82.1	88.0	-	85.9
	1세부과제			계획점수						
				96	92	88	86	100	-	92.4
5차년도	(1-1)	충남대	정관수	98	92	98	100	99	92	96.00
	(1-2)	교통대	장창래	97	84	96	99	98	80	92.3
	(1-4)	서울대	황진환	93	96	98	99	96	96	95.67
	(1-5)	인제대	김영도	99	84	98	99	99	99	93.67
	(1-6)	건기연	이동섭	94	73	83	97	98	89	83.33
	(1-7)	RNA솔루션	김유진	92	92	96	99	98	90	93.33
	평 균			95.50	86.83	94.83	98.83	98.00	91.00	94.2

년차	과제	기관	연구책임자	실적점수						
				평가자 1	평가자 2	평가자 3	평가자 4	평가자 5	평가자 6	평균
	1세부 과제			계획점수						
				-	-	-	-	-	-	-
6차년도	(1-1)	충남대	정관수	100	100	92	100	-	-	98.0
	(1-2)	교통대	장창래	96	98	96	100	-	-	97.5
	(1-3)	영남대	손광익	92	96	82	94	-	-	95.0
	(1-4)	서울대	황진환	100	96	92	100	-	-	97.0
	(1-5)	인제대	김영도	96	100	98	98	-	-	98.0
	(1-6)	건기연	이동섭	94	92	86	96	-	-	92.0
	(1-7)	RNA 솔루션	김유진	96	92	92	96	-	-	94.0
	평균			96.3	96.3	91.1	97.7	-	-	95.4

(2) 2세부과제 자체평가회의

차년도	날 짜	장 소	평가위원
1차년도	-	-	-
2차년도	-	-	-
3차년도	2014년 5월 28일	대구 강정고령보	서일원(서울대 교수), 오규창(동부엔지니어링 부사장), 오윤근(유신 부사장), 황필선(K-water 본부장)
4차년도	2015년 5월 21일	한강홍수통제소	김형수(인하대 교수), 서일원(서울대 교수), 오규창(이산 부사장), 오윤근(유신 부사장), 정성원(유량조사사업단 단장),
5차년도	2016년 4월 22일	서울대학교	김형수(인하대 교수), 서일원(서울대 교수), 오규창(이산 부사장), 정성원(유량조사사업단 단장), 차준호(한강홍수통제소 실장)
6차년도	2017년 5월 24일	서울대학교	서일원(서울대 교수), 오규창((주)이산 부사장), 정성원(유량조사사업단 단장), 차준호(한강홍수통제소 실장)

<2세부과제 자체평가 점수표>

년차	과제	기관	연구책임자	실적점수					
				평가자1	평가자2	평가자3	평가자4	평가자5	평균
3차년도	(2-1)	건기연	김원	87	91	92	92		90.5
	(2-2)	인덕대	정창삼	97	86	92	96		92.8
	(2-3)	K-water 연구원	채효석	96	83	92	99		92.5
	(2-4)	서울대	서일원	100	92	93	98		95.8
	(2-4-1)	홋카이도대	Yasuyuki Shimizu	98	86	84	98		91.5
	(2-5)	㈜웹솔루스	김홍식	84	83	91	82		85
	(2-6)	창원대	류시완	85	89	93	92		89.8
	(2-7)	아이에스 테크놀로지	최병득	100	84	90	89		90.8
	(2-8)	동의대	류권규	80	91	90	90		87.8
	평균			91.9	87.2	90.8	92.9		90.7
	2세부과제			계획점수					
				100	88	96	96		95

년차	과제	기관	연구책임자	실적점수					
				평가자1	평가자2	평가자3	평가자4	평가자5	평균
4차년도	(2-1)	건기연	김원	79	90	91	87	91	87.6
	(2-2)	인덕대	정창삼	89	97	98	84	83	90.2
	(2-3)	K-water 연구원	채효석	92	96	91	87	92	91.6
	(2-4)	서울대	서일원	95	91	97	90	99	94.4
	(2-4-1)	홋카이도대	Yasuyuki Shimizu	84	91	90	90	91	89.2
	(2-5)	㈜웹솔루스	김홍식	77	82	92	82	83	83.2
	(2-6)	창원대	류시완	83	96	94	84	93	90
	(2-7)	아이에스 테크놀로지	최병득	81	91	91	86	88	87.4
	(2-8)	동의대	류권규	92	88	97	85	89	90.2
	(2-9)	단국대	김동수	83	93	93	84	90	88.6
	평균			85.5	91.5	93.4	85.4	89.9	89.1
	2세부과제			계획점수					
				96	90	95	88	95	92.8
5차년도	(2-3)	K-water 연구원	채효석	90	95	92	80	88	89.0
	(2-4)	서울대	서일원	99	100	99	96	99	98.6
	(2-4-1)	홋카이도대	Shimizu	97	100	97	92	98	96.8
	(2-4-2)	건기연	김원	82	89	95	90	89	89.0
	(2-4-3)	매그파이소프트	김형기	96	97	95	81	98	93.4
	(2-6)	창원대	류시완	90	98	96	98	98	96.0
	(2-7)	아이에스 테크놀로지	최병득	69	89	93	90	85	85.2
	(2-8)	동의대	류권규	85	99	96	85	93	91.6
	(2-9)	단국대	김동수	89	99	94	89	89	92.0
	평 균			88.6	96.2	95.2	89.0	93.0	92.4
	2세부 과제			계획점수					
				99	96	96	97	98	97.2
6차년도	(2-1)	건기연	김원	76	88	90	86	-	85.0
	(2-2)	인덕대	정창삼	92	86	88	96	-	90.5
	(2-3)	K-water	채효석	90	84	88	92	-	88.5
	(2-4)	서울대	서일원	98	94	98	98	-	97.0
	(2-4-1)	단국대	김동수	96	90	92	94	-	93.0
	(2-4-2)	홋카이도대	Y. Shimizu	90	92	92	94	-	92.0
	(2-4-3)	㈜매그파이소프트	김형기	92	90	88	96	-	91.5
	(2-4-4)	창원대	류시완	96	88	98	92	-	93.5
	(2-4-5)	단국대	김동수	92	90	92	94	-	92.0
	(2-7)	아이에스 테크놀로지	이진수	68	82	90	90	-	82.5
	(2-8)	동의대	류권규	70	92	90	92	-	86.0
	평 균			87.3	88.7	91.5	93.1	-	90.1

(3) 3세부과제 자체평가회의

차년도	날 짜	장 소	평가위원
1차년도	-	-	-
2차년도	-	-	-
3차년도	2014년 5월 22일	연세대학교	서일원(서울대 교수), 오규창(동부엔지니어링 부사장), 오윤근(유신 부사장), 이상렬(이산 전무), 박환철(도화엔지니어링 상무)
4차년도	2015년 5월 22일	연세대학교	박환철(도화엔지니어링 상무), 서일원(서울대 교수), 오규창(이산 부사장), 오윤근(유신 부사장), 이상열(이산 부사장)
5차년도	2016년 5월 2일	연세대학교	오규창(이산 부사장), 차준호(한강홍수통제소 실장), 박환철(도화엔지니어링 상무)
6차년도	2017년 5월 19일	연세대학교	강태호(삼안 전무), 오규창(이산 부사장)

<3세부과제 자체평가 점수표>

년차	과제	기관	연구책임자	실적점수					
				평가자1	평가자2	평가자3	평가자4	평가자5	평균
3차년도	(3-1)	연세대	허준행	97	81	84	94	93	89.8
	(3-2)	단국대	강부식	87	84	86	88	90	87
	(3-3)	서경대	안재현	97	90	84	88	94	90.6
	(3-4)	성균관대	전경수	88	81	84	88	91	86.4
	(3-5)	건기연	김남원	98	84	82	88	90	88.4
	(3-6)	충북대	이효상	89	87	80	88	92	87.2
	(3-7)	건국대	김성준	86	89	81	85	93	86.8
	평균			91.7	85.1	83	88.4	91.9	88
	3세부과제			계획점수					
				98	94	82	94	90	91.6
4차년도	(3-1)	연세대	허준행	97	88	94	87	84	90
	(3-2)	단국대	강부식	65	91	90	85	80	82.2
	(3-3)	서경대	안재현	95	87	90	86	88	89.2
	(3-4)	성균관대	전경수	61	86	91	85	81	80.8
	(3-5)	건기연	김남원	91	85	91	86	80	86.6
	(3-6)	충북대	이효상	78	85	90	86	82	84.2
	(3-7)	건국대	김성준	76	90	93	87	83	85.8
	평균			80.4	87.4	91.3	86.0	82.6	85.5
	3세부과제			계획점수					
				88	94	-	88	88	89.5
5차년도	(3-1)	연세대	허준행	94	94	98			95.3
	(3-1-1)	단국대	강부식	95	89	94			92.7
	(3-3)	서경대	안재현	96	99	98			97.7
	(3-4)	성균관대	전경수	97	95	96			96.0
	(3-5)	건기연	김남원	94	97	98			96.3
	(3-6)	충북대	이효상	94	88	97			93.0
	(3-7)	건국대	김성준	94	96	97			95.7
	평균			94.9	94.0	96.7			95.2
	3세부 과제			계획점수					
				94	97	98			96.3

년차	과제	기관	연구책임자	실적점수					
				평가자1	평가자2	평가자3	평가자4	평가자5	평균
6차년도	(3-1)	연세대	허준행	82	90	-	-	-	86.0
	(3-2)	단국대	강부식	80	86	-	-	-	83.0
	(3-3)	서경대	안재현	96	94	-	-	-	95.0
	(3-4)	성균관대	전경수	86	94	-	-	-	90.0
	(3-5)	건기연	김남원	90	88	-	-	-	89.0
	(3-6)	충북대	이효상	82	88	-	-	-	85.0
	(3-7)	건국대	김성준	84	86	-	-	-	85.0
	평균			85.7	89.4	-	-	-	87.6

(4) 4세부과제 자체평가회의

차년도	날 짜	장 소	평가위원
1차년도	-	-	-
2차년도	-	-	-
3차년도	2014년 5월 29일	K-water연구원	서일원(서울대 교수), 오규창(동부엔지니어링 부사장), 이동률(한국건설기술연구원 선임연구원), 오윤근(유신 부사장), 이상렬(이산 전무)
4차년도	2015년 5월 20일	K-water연구원	서일원(서울대 교수), 이상열(이산 부사장), 정성원(유량조사사업단 단장), 정태성(국립재난안전연구원(연구관), 최규현(낙동강홍수통제소 연구관)
5차년도	2016년 4월 28일	K-water연구원	서일원(서울대 교수), 박정수(K-water 실장), 정태성(국립재난안전연구원 연구관), 최규현(영산강홍수통제소 연구관), 한건연(경북대 교수)
6차년도	2017년 5월 23일	K-water연구원	김정엽(한강홍수통제소 연구사), 오윤근(유신 부사장), 정성원(유량조사사업단 단장), 정태성(국립재난안전연구원 연구관)

<4세부과제 자체평가 점수표>

년차	과제	기관	연구책임자	실적점수					
				평가자1	평가자2	평가자3	평가자4	평가자5	평균
3차년도	(4-1)	부경대	이상호	85	87	86	91	91	88
	(4-2)	서울과기대	정은성	-	86	80	82	91	84.8
	(4-3)	K-water연구원	김정곤	84	76	83	88	92	84.6
	(4-3-1)	㈜올포랜드	전형섭	83	70	74	85	87	79.8
	(4-4)	미자연	이영근	82	84	86	82	91	85
	(4-5)	부산대	추태호	89	80	84	82	95	86
	(4-6)	충남대	노재경	82	85	86	93	94	88
	(4-7)	충북대	맹승진	85	83	91	91	91	88.2
	평균			84.3	81.4	83.8	86.8	91.5	85.5
	4세부과제			계획점수					
				90	84	80	80	-	83.5

년차	과제	기관	연구책임자	실적점수					
				평가자1	평가자2	평가자3	평가자4	평가자5	평균
4차년도	(4-1)	부경대	이상호	95	86	98	92	96	93.4
	(4-3)	K-water 연구원	이을래	82	89	87	90	84	86.4
	(4-5)	부산대	추태호	98	87	98	71	85	87.8
	(4-6)	충남대	노재경	92	84	98	86	84	88.8
	(4-7)	충북대	맹승진	90	85	95	90	81	88.2
	평균			87.9	78.6	91.4	90.1	94.3	88.5
	4세부과제			계획점수					
				88	80	94	-	96	89.5
5차년도	(4-1)	부경대	이상호	95	86	98	92	96	93.4
	(4-3)	K-water 연구원	이을래	82	89	87	90	84	86.4
	(4-5)	부산대	추태호	98	87	98	71	85	87.8
	(4-6)	충남대	노재경	92	84	98	86	84	88.8
	(4-7)	충북대	맹승진	90	85	95	90	81	88.2
	평균			91.4	86.2	95.2	85.8	86	88.9
	4세부 과제			계획점수					
				88	89	97	90	88	90.4
6차년도	(4-1)	부경대	이상호	96	92	96	90	-	93.5
	(4-2)	서울과기대	정은성	96	92	94	86	-	92.0
	(4-3)	K-water연구원	이을래	88	92	96	94	-	92.5
	(4-3-1)	㈜올포랜드	전형섭	82	70	80	90	-	80.5
	(4-4)	미자연	이영근	88	80	82	88	-	84.5
	(4-5)	부산대	추태호	92	84	86	90	-	88.0
	(4-6)	충남대	노재경	92	84	92	86	-	88.5
	(4-7)	충북대	맹승진	96	92	98	86	-	93.0
	평균			91.3	85.8	90.5	88.8	-	89.1





<세부과제별 자체평가>