

제 출 문

국토해양부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

이 보고서를 건설기술 혁신사업 “자연과 함께하는 하천복원기술개발” 연구단 총괄 최종 보고서로 제출합니다.

2011 . 08 . 20 .

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원

주관연구책임자 : 우 효 섭

■ 주 관 연 구 책 입 자	/ 원	장 우 효 섭	한국건설기술연구원
■ 협 동 연 구 책 입 자	/ 교	남 경 필	서울대학교
	/ 연 구 위	김 원	한국건설기술연구원
	/ 연 구 위	안 홍 규	한국건설기술연구원
	/ 교	수 이 훈 북	서울여자대학교
■ 공 동 연 구 책 입 자	/ 교	수 황 인 성	부산대학교
	/ 교	수 박 재 우	한양대학교
	/ 교	수 류 권 규	동의대학교
	/ 연 구 위	김 원 재	한국건설기술연구원
	/ 연 구 위	여 홍 구	한국건설기술연구원
	/ 전	무 김 성 환	(주)동부엔지니어링
	/ 교	수 안 태 진	한경대학교
	/ 교	수 전 승 훈	경원대학교
	/ 교	수 김 중 훈	고려대학교
	/ 교	수 배 연 재	고려대학교
	/ 교	수 조 강 현	인하대학교
	/ 교	수 이 남 주	경성대학교
	/ 책 입 연 구 원	김 정 곤	한국수자원공사
	/ 교	수 김 철	호남대학교
	/ 교	수 최 홍 식	상지대학교
	/ 전	무 김 성 덕	(주)삼안
	/ 전	무 변 금 옥	(주)이산
	/ 책 입 연 구 원	김 중 원	국토연구원
	/ 전	무 남 상 욱	(주)동일기술공사
	/ 책 입 연 구 원	신 재 기	한국수자원공사
	/ 교	수 김 기 홍	경남과학기술대학교
	/ 전	무 오 윤 근	(주)유신코퍼레이션
	/ 교	수 이 승 휘	호남대학교
	/ 교	수 장 창 래	충주대학교
	/ 교	수 최 성 욱	연세대학교
	/ 교	수 윤 병 만	명지대학교
■ 위 탁 기 관 책 입 자	/ 소	장 원 두 회	(주)생태조사단
	/ 소	장 김 해 주	김해주자연환경연구소
	/ 소	장 최 성 열	(주)방재안전기술원
	/ 교	수 김 영 도	인제대학교
	/ 교	수 하 성 룡	충북대학교
	/ 교	수 전 승 훈	경원대학교
	/ 교	수 Julien	콜로라도 대학
	/ 교	수 Tsujimoto	나고야 대학
	/ 교	수 Fotis. S	미네소타 대학

목 차

목차	i
I. 이코리버21 연구사업 소개	1
1. 연구사업 소개	3
1.1 연구 배경	3
1.2 연구단 임무, 목표, 비전	4
1.3 사업추진전략	5
1.4 연구 내용	8
1.5 기대효과 및 활용방안	9
2. 총괄 연구성과	10
2.1 정량적 연구성과	31
2.2 대외협력 성과	46
3. 과제목록	56
II. 개발 기술 요약	60
1세부: 홍수터 및 하도 관리와 활용방안 수립	62
2세부: 홍수터 보전복원 기술개발	95
3세부: 생물 서식환경 조성기술 개발	132
4세부: 하천 계획·평가 및 적응관리 기술개발	154
부록. 최종성과물 일람	199

I. 이코리버21 연구사업 소개

1. 연구사업 소개

1.1 연구 배경

1960년대 이후 우리나라에서는 홍수 피해 방지, 도시, 공단, 농경지 등과 같은 부지 확보를 위한 하천정비사업으로 인해 과거 자연 상태의 하천은 대부분이 직선화, 인공화 되었다. 더욱이 급속한 산업화와 도시화로 인하여 하천의 수질은 악화되었고, 하천 공간은 황폐해졌으며, 특히 도시하천은 건천이 되었다. 이러한 결과로 하천 생물서식처의 다양성과 하천 환경 기능은 상대적으로 위축되고 저하되었고 일부 하천에서는 소멸되었다.

1990년대 들어서면서 열린 공간, 녹색 숲과 푸른 물에 대한 시민의 요구는 점차 증가하고 있다. 따라서 치수만을 강조하는 하천관리 정책에서 벗어나 국민 삶의 질 향상, 다음 세대를 위한 깨끗한 환경을 조성하고 복원하는 사업을 시작하게 되었다. 이러한 정책 전환을 기술적으로 받쳐주기 위하여 1990년대 초부터 여러 가지의 중소규모의 연구가 진행되어 왔다. 그러나 하천의 보전과 복원에 관한 구체적인 기술개발이 없는 상태에서 1990년대 후반부터 지방자치단체별로 경쟁적으로 하천환경개선 또는 하천복원 사업을 시행함에 따라 사업의 비효율성, 비생태성, 비안전성 등의 문제가 노출되고 있다. 따라서 이를 극복할 수 있는 하천복원 기술의 개발이 절실히 요구되고 있다. 이에 하천관리 주무부서인 건설교통부는 “자연과 함께하는 하천복원 기술개발”이라는 기치아래 2006년 10월부터 2011년 8월까지 4년 10개월에 걸쳐 총 예산 236억 원을 투입하여 홍수에 안전하며 수생·수변 서식처를 보전 및 복원할 수 있는 종합적인 하천복원 기술을 개발하고자 ECORIVER21연구사업을 출범시켰다.



1.2 연구단 임무, 목표, 비전

■ 임무

○ 인간과 자연이 더불어 살 수 있는 하천을 조성하고 복원하기 위해 필요한 기술을 개발하여 하천의 치수 기능을 확보하고 환경 기능을 보전, 개선, 복원함으로써 선진국 수준의 공공복지와 삶의 질을 구현한다.

■ 목표

○ 하천의 치수 및 구조적 안전성 등의 보장과 함께 자연성/환경성을 보전, 복원시켜서 생태적, 경제적으로 지속가능한 하천관리를 실현시키는 ‘자연과 공생하는 하천’을 구현하기 위한 기술을 개발한다.

○ 최종적으로 ‘국가 통합 하천 복원 메뉴얼’ 제작한다.



■ 비전

○ 하천을 인간과 자연이 공존하는 국토환경(National Land Environment)의 한 부분으로 조성한다.

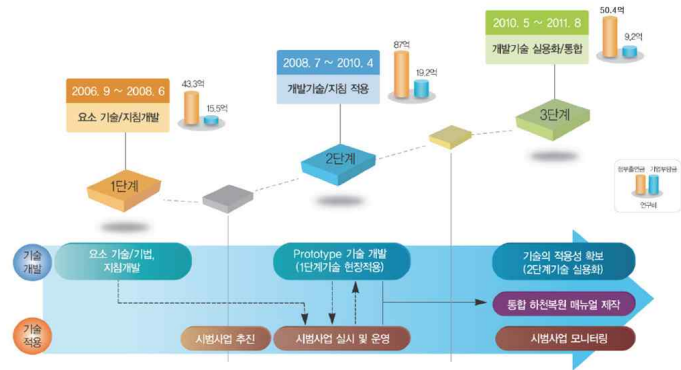
○ 조성된 하천의 자연성을 다음 세대에 넘겨주고, 국민의 생활환경 보전, 복원에 대한 욕구를 충족시킨다.



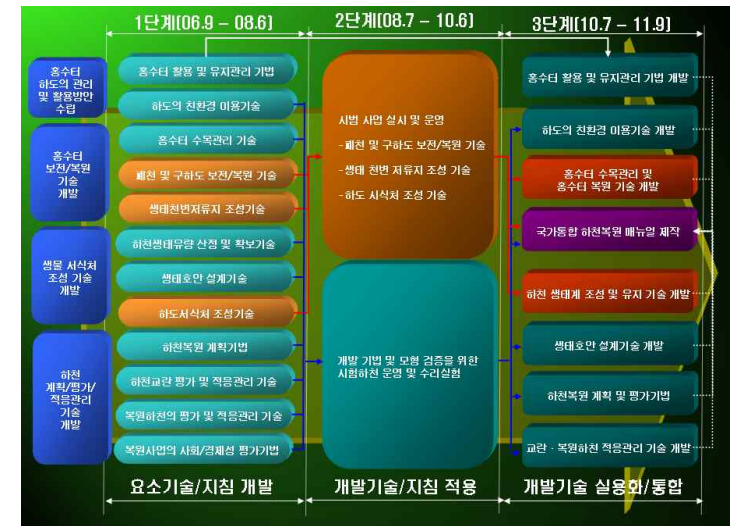
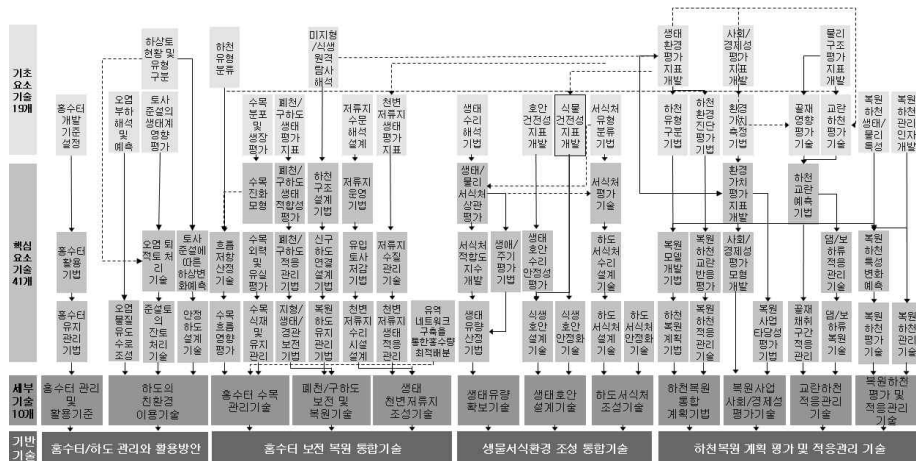
1.3 사업추진전략

■ 기술의 실용화 및 통합을 전제로 한 단계별 연구 추진

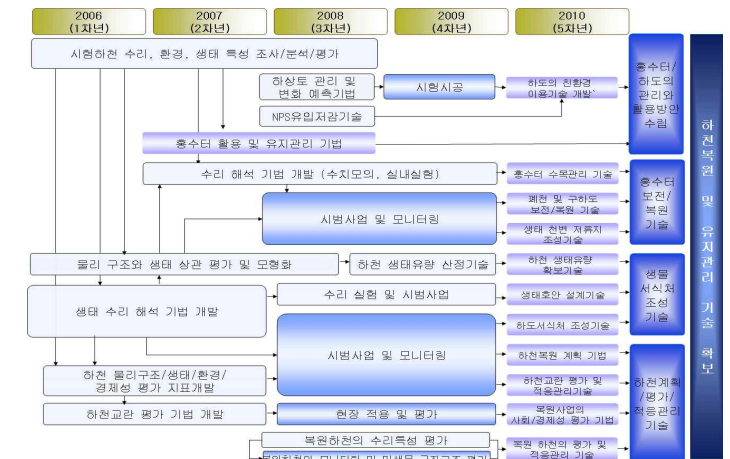
- 1단계: 요소기술/기법 개발 및 시범사업 추진 단계(1, 2차년도)
- 2단계: 시범사업을 통한 개발기술의 적용 단계(3, 4차년도)
- 3단계: 요소기술/기법 및 현장적용 기술의 통합 단계(5차년도)



■ 세부과제 단계별 연구 추진체계



■ 연차별 기술개발 로드맵



■ 개발기술 실용화 및 보급을 위한 시범사업 추진

- 개발된 기술의 활용성을 높이기 위한 기술의 현장적용 추진
- 시범사업을 통한 개발기술의 기술이전 및 보급 확대
- 정부 및 지자체의 하천정비계획 수립시 활용 가능한 하천복원 기술제공



■ 기술의 계층화(hierarchy)를 통한 기술간 연계 강화

- 기초 및 핵심요소기술을 도출하여 기술간의 연계성 확보
- 연계된 기술의 상호 협력관계 구축
- 기반기술 개발을 위한 구체적인 기술 계층화 구축

1.4 연구 내용

■ 본 연구사업의 기반기술

- ① 홍수터 개발 기준마련 및 평상 시 활용방안 수립 기술
- ② 홍수터 보전 및 복원 기술
- ③ 생물서식환경 조성 기술
- ④ 하천계획, 평가 및 적응관리 기술

■ 기반기술 개발의 범위

- **(기능적 범위)** 하천의 이수와 치수 기능을 보장하면서 환경 기능(생물 서식처, 경관 등)을 보전 및 복원하기 위해 필요한 기술
- **(공간적 범위)** 전국의 국가, 지방, 소하천 등 법정하천을 대상으로 하며, 하도(상시로 물이 흐르는 구간), 홍수터(홍수 시 잠기는 하천구역), 하천 시설물(제방, 댐, 보, 수문 등) 및 하천과 경관생태적으로 연속성이 있는 인접 구역 등을 망라



1.5 기대효과 및 활용방안

■ 기술적 기대성과

○ 우리 여건에 맞는 “자연과 함께하는 하천복원기술(Ecoriver 21)”을 개발하여 우리보다 선행한 국가에 의존하는 기술 종속을 탈피하고 후발국가에 기술 전수 및 사업화를 도모함으로써 국제적 위상 제고와 건설기술 선진화 도모

○ 지금까지 각 부처별 다른 지침과 기준으로 적용하던 하천복원 관련 기술을 국가에서 통합하여 “통합하천복원 매뉴얼”을 제시함으로써 하천유역의 유기적 시스템에 맞는 하천복원사업 시행가능 및 국가예산 절감 기대

○ 기존 하도 위주의 하천복원사업에서 벗어나 하천공간 중심의 유역종합치수계획에 맞는 홍수저류 공간에 생태 서식환경 기능을 부여하는 다목적 하천관리가 가능한 기술을 제공

■ 사회/경제적 파급효과

○ 본 연구 개발의 최종 목표는 연 1조3천억원 규모(건설교통부 인프라 제정의 약 8.7%)의 하천사업 관련 정부예산에서 하천환경기술의 최소 25% 이상(하천정비공사 비용의 약 50%에 가까운 호안공사에서 식생 호안과 기존 적용 호안과의 가격 편차로 추산시) 과다·과소 설계 방지 가능

■ 전략적 효과

○ 기술개발에 필요한 연구 수행과 국외 전문가와 공동연구 및 자문 등을 통한 참여연구진의 기술수준 향상으로 하천복원 관련 전문가 양성 및 네트워크 구성

○ 기술 이전 및 교육을 통해 개발기술의 활용성을 높이고 하천복원사업 실무인력 양성

■ 활용방안

- 하천복원사업을 단계적, 지속적, 효율적으로 시행하기 위한 지침 및 가이드라인으로 활용
- 최종 성과물로서 ‘국가 통합 하천복원 매뉴얼’과 ‘하천설계기준 개선’을 제시하여 국가와 지자체 등 하천관련 사업 등에 하천유역의 유기적 시스템에 맞는 하천복원사업 시행에 활용
- 하천복원사업 시행을 위한 조사, 계획, 설계, 시공, 적응관리 기술의 체계화, 표준화, 적용성 향상 등이 개선된 기술 지침으로 활용



2. 총괄 연구성과

본 연구사업의 주요연구성과를 나열하면 다음과 같다.

분야	학술지 논문게재		국내외 학술발표	특허	소프트웨어 등록
	SCI 학술지	국내외 학술지			
수량	36	127	510	15	20

2008년 9월부터 현재 게재예정인 논문까지 총 36편의 SCI논문을 냈다. 2008년에 1편, 2009년에 8편, 2010년에 13편, 2011년에 14편으로 연차를 거듭할수록 편수가 증가되었다. 호안안정성 평가 등 DB 및 소프트웨어도 20개, 오염된 준설퇴적토 안정화방법 등 15개의 특허를 등록하였다. 또한 이코리버21 연구단 연구성과 중 가장 중요한 성과로 기술보고서와 통합매뉴얼이 있다. 기술보고서는 2009년 10월 15종의 보고서를 1차로 배포하였으며, 2011년 10월 말에 2차로 28종의 보고서를 발간한다. 기술보고서 및 통합매뉴얼에 대한 요약내용은 다음과 같다.

- 기술보고서

■ 저서성 대형 무척추동물을 이용한 하천생태계 평가기법의 적용 / 원두희

교란은 생태계에서 생물군집의 구조와 기능을 결정하는 중요한 요인 중의 하나이다. 군집은 안정적인 것이 아니라 천이를 하는 동안에 구조적, 기능적으로 변화하게 되므로 교란의 효과는 군집의 발달 상태에 따라 다양한 모습을 나타내게 된다. 하천생태계에서 단기적 교란은 개체군 밀도나 군집구조에 일시적인 변화를 일으키는 것으로, 화학물질의 갑작스런 유입과 같이 생태계에 일시적인 변화를 일으켜 요인 소멸 시에 생태계의 반응은 일시적인 것이 된다. 반대로 장기적인 교란은 지속적이고 만성적인 간섭을 통하여 생태계에 장기적인 영향을 주게 되는 것으로 댐 및 수중보의 건설, 수로의 변형 등은 유속 및 서식처의 물리적 특성을 변화시켜 하천생

태계에 중·장기적인 영향을 주게 된다.

저서성 대형무척추동물은 하천생태계에 서식하고 있는 생물 중에서 가장 다양하고 풍부한 무리일 뿐만 아니라 생태계의 영양단계에서 저차 소비자로서의 기능을 담당하고 있으며, 하천생태계의 다양한 환경요인과 서식처에 따라 적응방식이 다양하고 수질환경에 대하여 민감하게 반응하는 종이 많으므로 순수생태학적 연구뿐만 아니라 지표생물로서 이용되는 등 응용적인 연구에도 좋은 재료가 된다. 특히 저서성 대형무척추동물은 하천생태계의 생물학적 평가에 오래전부터 가장 많이 이용되어오고 있는 생물군으로, 최근까지도 구미선진국을 포함한 많은 나라에서 저서성 대형무척추동물의 지표성을 이용한 생물학적 수질평가뿐만 아니라 생태계의 건강성 평가에도 활용되고 있다.

다양한 오염에 대한 물환경의 변화 분석에 있어서 저서성 대형무척추동물은 여러 가지 측면에서 그 유용성이 매우 높다. 이는 다음과 같이 정리될 수 있는데, 첫째, 다양한 오염에 대한 분별적인 민감성이 높다. 즉 분류군에 따라 민감한 오염원이 다르며, 오염에 대하여 빠른 반응을 보인다. 둘째, 대부분의 담수생태계, 특히 유수생태계에 다양한 종들이 풍부하게 분포하기 때문에 채집이 용이하고 보편성이 높으며 분류가 잘 정립되어 있다. 셋째, 이동성이 적어 지역적 환경을 잘 대변한다. 넷째, 환경질을 반영하기에 충분히 긴 생활사를 가진다. 마지막으로 각 분류군이 군집에서 다른 기능을 수행하며, 다양한 영양단계를 구성하고 있어 물환경의 변화에 따라 다양한 반응을 한다는 것이다.

하천생태계의 생물학적 평가기법의 적용은 근본적으로는 하천에 서식하는 생물의 다양성을 보전하고 궁극적으로는 하천의 기능을 유지하며, 동시에 효율적인 수자원의 이용 및 관리를 가능케 하는 하천관리 정책의 수립을 위해 필수적으로 요구되는 사항이다. 즉 하천 환경의 물리·화학적 요인에 대한 생물상의 반응 및 출현정도에 대한 통계분석을 통하여 생물학적 평가기법을 정립하고, 이를 통한 지속적인 생물모니터링은 이제 필수적인 것이 되고 있다.

■ 국내 하천유형과 잠재 자연하천의 식생 / 김혜주

◎ 국내 하천유형 및 특성

그 동안 국내에서 조성된 자연형 하천은 하천별 고유의 특성을 고려하지 않은 획일적인 하천복원이 많았는데, 그 이유는 하천유형별 특성에 대한 고찰이나 연구가 부재한 탓이었다고 생각한다. 이에 본 연구는 1차적으로 국내의 대표적인 잠재자연하천에 대한 물리적 생물적 특성을 정리하여 보고자 하였다. 이를 위하여 먼저 국외 하천유형분류 사례를 고찰한 후에 독일 하천유형에서와 같이 하천실무자의 이용성을 고려한 하천유형분류의 기준을 국내 여건에 맞추어 조정하였으며, 그 기준은 하천의 해발고도(3개 유형), 하천규모(4개 유형), 하상재료(5개 유형)이었다. 조사하천은 잠재자연하천식생 연구를 위해 선정했던 90개 조사구에 추가로 5개구를 더 하여 총 95개소의 총 26개 유형으로 아래와 같이 도출되었다. 그리고 각각의 유형별로 대표전

경, valley 형태, 물리적 특성, 식물군락 및 일부 조사구의 경우 대표생물상을 환경부(2008)을 인용하여 제시하였다.

한편 본 연구에서 제시한 국내 하천유형별 물리적·생물적 특성의 경우 각각의 유형에 대한 사례수가 부분적으로 충분하지 못하였기 때문에 일반화하는 것은 바람직하지 못하며, 참고자료로만 활용함이 적절할 것으로 사료된다.

◎ 국내 자연하천의 잠재자연식생

본 연구는 홍수터 수목관리기술의 일환으로 국내 자연하천의 식생을 조사하여 차후 홍수터의 수목식재를 위한 수목을 설정하는 것이 주 목적이다. 이를 위하여 현재까지 모두 90개소의 자연하천 또는 자연에 매우 가까운 하천을 선정하여 식생조사를 실시하였으며, 그 중 귀화율이 5% 이상인 9개 조사구를 제외한 81개 조사구의 식생 조사 결과를 분석하였다. 조사방법은 각 조사구에 5개의 방형구(1개 : 100m²)를 설치한 후에 Braun-Blanquet(1964)에 따른 식생조사를 실시하였으며, 또한 수변에서 육지쪽으로 폭 1 m와 길이 20 m의 belt-transect를 4개씩 설치하여 하천의 횡단에 출현한 식물을 yes or no 방법으로 조사하여 그 결과를 대표 횡단으로 도면화하였다. 조사 결과는 상관성 분석에 의거 가장 영향력이 큰 환경인자에 의거한 하천유형별로 대표적 식물군락을 정리하여 제시하였다.

■ 유역홍수저감효과 극대화 방안 / 김중훈

하천 유지나 개선의 관점에서 보면, 전형적인 유지 혹은 개선 방법은 제방增高나 하폭증대에 초점을 맞추고 있다. 하지만 제방은 단지增高되는 지점에서만 효과가 있으며, 오히려 그 하류에는 더 큰 위험을 초래할 수 있다. 또한 하폭증대 및 제방增高는 도시화 등으로 인해 부지 확보 등의 문제로 인하여 시행이 어려운 상황이다. 따라서 치수적인 홍수저감 능력과 더불어 생태하천복원 및 조경으로써의 가치 또한 주목 받고 있는 강변저류지의 조성을 통하여 유역내 홍수저감효과를 극대화 하고자 하는 방안이 필요하다.

현재 홍수터 및 강변저류지 개개별의 홍수저감 능력은 산정이 가능하지만 유역 네트워크를 고려하여 통합분석하는 기법의 개발은 미비한 상태이며, 하천정비기본계획 수립 및 실행시 유역구성요소별 홍수저감능력을 서로의 영향성을 연동하여서는 고려하지 못하고 있다. 이에 따라 실무에서는 선택 가능한 대안을 설정하여 홍수저감 목표지점의 사회적 중요도, 저류시설의 설치가능 여부, 저감능력 등에 따라 가중치를 두어 평점을 부여하고 고평점 순서대로 몇 개의 안을 선택하여 홍수저감능력을 분석하고 있다. 따라서 10여개 이상의 다수의 후보지가 있을 경우 최적의 홍수저감방안을 제시하기는 어려운 실정이므로 이러한 상황에서의 의사결정 판단 기준을 수립할 수 있도록 하는 기술 개발이 필요하다.

따라서 본 보고서에서는 강변저류지를 포함한 하도 및 유역 전체적인 홍수저감효과를 평가하고 이러한 저감효과를 극대화하는 기술을 제시하고자 한다.

그리고 실무에서 주로 사용하고 있는 1차원 수리모형인 HEC-RAS(Hydrologic Engineering Center - River Analysis System)를 활용함으로써 유역종합치수계획 및 하천기본계획의 수립에 바로 적용할 수 있도록 하여 홍수저감효과를 극대화 할 수 있는 최적의 대안을 효율적으로 제시하도록 하며, 본 기술보고서에서 제시된 HEC-RAS 구동엔진과 프로그래밍 언어와의 연동을 통하여 차후 제방 및 저수지 최적 설계, 강변저류지 연계운영, 최적 수문(gate)운영 등의 문제에도 손쉽게 접근하도록 한다.

■ 댐 하류 하천에서 식생천이 예측기법 / 조강현, 이남주

국내 댐 하류 하천의 식생은 댐 건설 이후 급격하게 증가된 실정이다. 제외지의 정착된 식생은 생태적 다양성에 크게 기여하기도 하지만 반대로 하천 관리를 어렵게 하기도 한다. 식생의 천이와 토행은 많은 생물적, 무생물적 요인에 영향을 받는다. 이러한 요인중에서 물리적 요인(토양 수분함량, 전단응력 등)은 하천에서 식생의 이입에 가장 큰 원인으로 파악된다. 식생의 이입이후 천이와 퇴행은 지속적인 교란 요인에 어떻게 반응하는가에 따라서 선택적으로 발생된다. 이러한 생물적, 수리·수문적 상관관계에 초점을 두고 식생 군집이 시간의 흐름에 따라 변화되는 양상을 정량적으로 예측할 수 있는 기술의 개발이 시급한 실정이다. 따라서 국내 문순기후에 적합한 하천 식생 천이 예측 기술은 상기의 기술을 포함하여 생태적 안정성과 하천수목관리등의 분야에서 선택적으로 사용 될 수 있도록 개발하였다. 이를 위해 우선 국내의 댐 하류 식생 이입정도를 정량적으로 파악하였고, 댐 건설이후 진행도 천이의 유형을 파악하였으며 이를 기반으로, 수리모델과 천이모델을 결합한 식생 천이 예측 모델을 제시하였다.

■ 수제가 하천환경에 미치는 영향에 관한 연구 / Tsujimoto, 안홍규

하천을 제어하기 위해 일본에서는 예부터 하도 내에 수제공(水制工)을 설치해왔다. 수제공이란 하천제방에서 하도 유심을 향해 돌출된 수공구조물로서 수제공 근방의 유속을 저감시키는 효과와 더불어 토사퇴적을 통해 하안침식으로부터 하천제방을 방어하고, 수제공을 통해 하천류의 유향을 제어하여 주유로를 안정화시키는 효과가 있다. 또한 수제공 주변에서 나타나는 토사퇴적 효과는 치수적 측면만이 아니라, 하안근방에 복잡하고 다양한 지형을 형성하게 되는데, 이러한 지형은 수생생물의 양호한 서식처로 제공된다고 널리 알려져 있다.

수제가 갖는 수리적 기능이나 지형형성과 관련된 기능은 지금까지 비교적 많은 연구에서 다루어져 왔지만, 환경측면에 대해서는 충분한 연구가 이루어지지 않았다. 하천환경의 향상을 위해서는 수제의 치수, 이수 측면에서의 기능만이 아니라 환경 측면에서의 기능을 밝히는 것이 하천기술자에게 있어 중요한 과제이다.

따라서 본 연구는 수제가 하천환경에 미치는 영향을 해명하는 것을 목적으로 하고 있고, 연구의 초점은 수제로 인한 흐름, 지형, 토사수송, 환경측면에서 나타나는 영향을 함께 살펴보고자

하였다. 특히, 이러한 일본의 수제설치에 대한 연구를 통하여 얻어진 결과를 바탕으로 향후 국내여건에 맞는 수제공설계 및 기술개발에 도움이 될 것을 기대하며 연구를 수행하게 되었으며, 본 연구의 주된 내용으로는 다음과 같다.

첫째, 일본 하천에 적용한 수제 설치 사례를 통하여 어떠한 수제가 어떠한 기능을 하고 있는지에 대하여 알아본다.

둘째, 수제가 하천에 미치는 영향에 대한 부분으로 현지관측, 실내실험, 수치계산을 통하여 수제가 하천의 흐름, 지형, 환경에 미치는 영향을 밝힌다.

셋째, 하위 목표의 상기 연구결과를 통하여 수제를 설치할 때 유의해야할 사항을 제시한다.

■ 하상변동 계산 가이드라인 / 류권규

이 지침서는 1차원 하상 변동 모형을 이용하여 하상 변동 상황을 계산하는 데 필요한 내용들을 제시하여 하천 실무자들이 하상 변동 계산을 보다 체계적이고 합리적으로 수행하는 데 도움을 주고자 하는 것이다. 하상 변동 계산 모형은 하상 변동에 대한 이용자의 이해 정도와 모형에 대한 이해 정도에 따라 천양지차의 결과를 도출할 수 있다. 이런 점에서 하천 실무자들이 하상 변동을 계산하는 데 혼동하기 쉬운 내용이나 유의점, 적절한 자료나 방법의 선택 등에 대한 조언을 포함하고 있다. 이용할 수 있는 하상 변동 모형으로는 HEC-RAS 4.0판을 선정하였다. 전자의 경우, 미 공병단의 수문 공학센터에서 무료(public domain)로 제공하는 것이며, 현재 우리나라의 하천 실무에서 1차원 배수위 계산에 널리 이용되고 있기 때문에, 여기에 유사 문제만 추가하면 된다는 이점이 있다.

지침서에서는 먼저 하상 변동 계산을 하는 데 필요한 이론적인 배경을 간략히 소개하고, HEC-RAS에서 하상 변동 계산을 하는 주된 내용을 기술한다. 또한, 황강을 예로 들어 하상 변동 계산을 하는 구체적인 과정을 제시하였다.

■ 하상유지공 설계 가이드라인 / 류권규

하상유지공의 설계에 관련된 지침은 우리나라의 경우 한국수자원학회(2005)의 ‘하천 설계 기준’이 있다. 이 하천 설계 기준은 하천 구조물을 포함한 하천에 관련된 각종 조사와 설계를 총망라하고 있다. 그러나 이처럼 많은 범위를 포함하다 보니 정작 실무자들이 실제 구조물을 설계하는데 필요한 세부적인 면, 즉 어떤 과정과 제원으로 해야 하는가에 대해 조금 부족한 면이 있다. 또한, 일각에서 지적하는 바와 같이 설계기준과 구조 설계 부분을 분리하여, 하천 설계 기준은 그야말로 선언적인 기준만 제시하고, 실제 설계 부분은 별도의 구조 설계 지침을 이용하도록 하는 것도 고려할만한 사항이다. 이런 점에서 외국의 하상유지공 설계에 관련된 지침을 살펴보는 것도 의미있는 일일 것이다.

본 가이드라인은 한국수자원학회(2005)의 ‘하천 설계 기준’을 제2편에, 일본하천협회 (1997)의

‘건설성하천사방기술기준(안)동해설’을 제3편에, 국토기술연구센터 (1998)의 ‘하상유지공의 구조 설계 지침’을 제4편에, 국토기술연구센터 (1996)의 ‘하천 구조물 설계 업무 지침(보와 하상유지공 설계 업무)’을 제5편에 각각 소개하였다.

본 가이드라인들을 함께 살펴봄으로써 우리나라의 하천 실무에서 필요로 하는 관련 설계 업무에 대해 참고지식들을 얻을 수 있을 것이다. 또한, 이러한 관련 자료들을 서로 비교하여 분석하고, 우리나라의 ‘하천 설계 기준’에서 부족한 점들을 보완해 간다면 추후는 보다 적절한 하상유지공 설계 지침을 만들어 나갈 수 있을 것이다.

■ 소규모 비시가화지역의 강우유출 모의시스템 적용 매뉴얼 -분포형 모형을 중심으로- / 김원재

최근 수질오염총량관리제도가 도입됨에 따라 농촌유역 등 비시가화지역에서 배출되는 오염물질에 대한 관심이 증대되고 있다. 이에 대한 대책의 일환으로 강우시 하천으로 유입되는 오염부하를 저감하기 위하여 여러 지방자치단체에서 비점오염 저감시설의 도입을 추진하고 있다. 비점오염 저감시설을 적절하게 설계하기 위해서는 강우사상에 따른 오염물질별 유출특성에 대한 정확한 이해가 필수적이다. 그럼에도 불구하고 비시가화지역을 대상으로 강우사상에 따른 오염물질별 유출특성을 상세히 모의하고, 이를 비점오염 저감시설의 설계에 적절하게 반영하는 과정에 대해서는 아직까지 충분히 논의되지 못하였다.

국내 농촌유역의 하수도 보급률은 전국 평균에 훨씬 미치지 못하는 40% 미만으로서, 이와 같은 비시가화지역에서는 미처리된 생활하수가 마을하수도를 통해 인접한 하천으로 배출된다는 점이 전형적인 특징이라고 할 수 있다. 또 논, 밭, 임야, 도로, 비닐하우스, 택지 및 나대지 등 다양한 토지이용 특성을 보이고, 하수도와 농배수로 등 복잡한 우수배제시스템을 갖추고 있는 경우가 많다. 비시가화지역의 비점오염 저감시설을 효율적으로 설계·운영하기 위해서는 이와 같은 비시가화지역의 특징을 충실하게 반영할 수 있는 모의시스템의 구축기법에 대한 정립이 선행적이라고 할 수 있다.

따라서 본 매뉴얼에서는 국내 소규모 비시가화지역을 대상으로 강우유출 저감시설 및 비점오염 저감시설을 도입하기 위하여 계획을 수립하거나 기존시설의 운전성을 검토할 때 활용할 수 있도록 강우유출모형의 개요, 강우유출해석의 대상업무, 강우유출모형을 구축하는 데 필요한 입력 및 검·보정 데이터의 수집방법, 강우유출해석의 절차 및 결과 해석 방법 등을 체계적으로 제시하고자 하였다. 특히, 이해를 돕기 위하여 현지조사를 통한 토지이용특성 조사 사례, 대상유역의 강우유출특성 모니터링 방법 및 강우유출 모의시스템 적용 사례 등을 소개하여 참고자료로 활용할 수 있도록 하였다.

■ 하천 조도계수 산정 가이드라인 / 김원

본 조도계수 산정 가이드라인은 계획홍수위 위주의 조도계수 적용에서 벗어나 다양한 수심과 유량에 대해 적용할 수 있는 조도계수의 범위를 산정하며 동일한 하천에 대해 여러 연구자들이 산정한 조도계수 값의 차이가 크지 않고 누구나 공감할 만한 값 또는 범위를 결정하는데 참고자료로 활용되어지도록 작성하였다. 이를 위해 본 가이드라인에서는 2장에서 조도계수에 영향을 주는 인자들을 분석하고, 그 중 하상재료, 식생 및 수목 등에 의해 달라지는 흐름 특성에 대한 이론적인 내용과 국내외 연구 사례를 소개하였으며, 기존에 실무자들이 하천에서 조도계수 산정시 가장 많이 사용하였던 표를 이용한 방법, 사진을 이용한 방법, 실측 자료를 이용한 방법도 소개하였다. 3장에서는 .자연과 함께하는 하천복원기술 개발 (Ecoriver 21).에서 발간한 “국내 실측 조도계수 자료집”에 대한 내용을 요약하여 44개 하천에서 실측한 수위, 유량, 단면 자료로부터 조도계수를 산정한 사례를 정리하였다. 또한, 자갈하천, 모래하천 식생이 발달한 하천, 배수가 발생하는 하천 등 다양한 흐름 저항 요인들을 가진 하천에서 유량에 따라 변하는 조도계수의 경향성을 분석하여 소개하였다. 4장에서는 국내 하천 실정을 고려하여 개발한 조도계수 산정 시스템에 대한 내용을 수록하였다. 조도계수 산정 시스템은 체계적인 조도계수 산정을 위한 Window 기반 전문가 시스템으로 크게 ‘조도계수 산정’과 ‘실측 조도 데이터베이스’로 구성된다. ‘조도계수 산정’은 실무자들이 하천의 하상재료, 식생, 만곡, 단면 형상 등에 대한 내용을 프로그램 상에 입력하여 적용가능한 조도계수의 범위를 제공하므로 보다 객관적인 조도계수를 계산해 낼 수 있다. ‘실측 조도 데이터베이스’는 우리나라, 미국, 뉴질랜드 등 국내외 실측 조도계수 산정 사례들을 종합한 결과로 ‘조도계수 산정’에서 계산된 조도계수의 적합성을 검토하기 위하여 구축되었다. 5장에서는 4장에서 소개한 조도계수 산정 시스템을 활용하여 금호강에 실제 적용한 결과를 소개하였다. 자생수목이 활발한 금호강에서 기존에 분석한 1차원 수치모형 결과와 조도계수 산정 시스템으로 계산된 조도계수로 분석한 모형 결과를 비교하여 조도계수 산정 시스템으로 산정한 조도계수의 정확성과 활용 가능성을 확인하였다.

■ 수목 영향 평가 및 유지관리 가이드라인 / 김원

과거 하천내 수목은 홍수의 위험을 가중시키는 요인으로 인식되었다. 나무가 없는 하천은 자연하천으로서의 기능을 잃어버리게 되었고, 사람과 하천의 관계도 단절되는 위기를 맞게 된 것이다. 하천변 홍수터의 자연성을 회복하고 건강한 하천 생태계를 조성함과 동시에 하천과 사람의 관계를 회복하는 방법 중의 하나가 자연하천에 가깝게 나무를 심는 것이다. 이를 위하여 본 가이드라인에서는 홍수터에 적합한 수종의 선정에서부터 식재방법, 식재된 수목이 하천에 주는 영향 평가, 식재수목의 진도안전성 평가 및 유지관리까지 모든 식재절차에 대하여 순차적으로 제시하였다. 기존 .하천에서 나무심기 및 관리에 관한 기준.과 비교하여, 본 가이드라인에서는 가장 자연스러운 수종 선정을 위하여 인간의 간섭이 거의 없었던 90개소의 자연하천변 식생조사 결과를 포함하고 있으며, 수목으로 인한 수위 상승 및 유속 변화를 정량적으로 산정하기 위

하여 항력집근법을 사용하였고, 1차원 해석에서 2차원 해석까지 실제 적용사례를 각 장에 수록함으로써 독자의 이해를 돕고자 하였다. 마지막으로 하천변 수목의 인발시험을 통하여 수목의 내력 산정에 대하여 검토하였고, 수목의 유지관리방안에 대하여 기술하였다. 본 가이드라인은 주로 하천내 수목을 새롭게 식재하는 경우에 활용되도록 작성되었으나, 자생수목이 밀집된 하천에서도 동일한 영향 평가 방법이 적용될 수 있다. 다만 침수시 수목의 유연한 특성이 고려되지 않고 강성으로 가정하기 때문에 실제보다 수목저항을 초과 산정할 수 있으며, 수심평균 유속을 사용함으로써 수목으로 인한 유속분포의 수심방향 변화 특성이 반영되지 못한 한계가 있음을 미리 밝힌다.

■ 폐천 및 구하도 복원 설계 가이드라인 / 여홍구

폐천 및 구하도의 형성원인은 자연사행 하천에서 장기간 이루어지는 퇴적/침식영향과 치수목적의 직강화 및 제방축조라 할 수 있다. 자연적으로 형성된 폐천 및 구하도는 대부분 습지형태로 유지되므로 생태적인 효과가 크게 유지되는 것이 일반적이다. 하지만 치수목적의 인위적인 원인으로 발생한 폐천 및 구하도는 활용도에 따라 유지되는 상황이 매우 다르다. 국내의 폐천은 과거 치수적인 목적의 하천정비로 인해 대부분 형성되었다.

과거 국내의 하천정비는 제방 통해 하천을 제한하여 홍수량을 안전히 통과시키는 방향으로 이루어졌다. 이 과정에서 하천 주변 홍수터가 사라졌고 하천직강화는 기존 물길을 폐천부지로 만들었다. 1990년대 이후 하천정비는 이수, 치수뿐만 아니라 하천환경에 중점을 두도록 하천관리 패러다임이 전환되면서 하천복원 혹은 하천환경이란 말은 이미 하천사업의 핵심이 되어 왔다. 하천 복원은 교란된 하천의 물리적 상태로 되돌아가는 것으로 정의된다. 하천복원은 악화된 수계시스템에서 수문학적, 지형학적 그리고 생태학적 과정을 재정립하고 소실되었거나 피해를 입은 생물요소들 혹은 반응체계가 제대로 발휘되지 못하는 생물요소들의 회복을 도와주는 것으로 할 수 있다. 기존 하천환경 사업은 대부분 제외지에 국한되게 이루어졌고 주로 환경성 재료를 이용한 호안교체 등 하천환경개선 수준이라 할 수 있다. 최근 들어 이에 대한 해결방안으로 과거 홍수터를 통한 하천공간 복원 및 확보에 대한 관심이 증대되고 있으며 폐천부지는 복원에 대상이 되고 있다. 폐천 복원은 하천복원의 일부분으로 하천공간을 확보한 치수안정성을 증대, 생태환경 효과 증대 및 친수 공간 및 자연학습장 등 다목적 기능을 제공할 수 있어 최근 하천사업 패러다임에 맞출 수 있을 것이다.

본 가이드라인은 하천 관리자 및 전문가 등이 폐천 및 구하도 복원 설계를 수행하기 위한 기술적 참고내용을 제공하고 실제 하천사업에 활용하는데 목적이 있다. 따라서 본 가이드라인은 폐천 및 구하도 복원 설계를 수행하기 위한 다양한 설계기술을 분류하고 정리하여 실무자가 활용하기 편리하도록 구성하기 위해 노력하였다. 가이드라인 구성은 서론, 하천조사, 하천평가, 하도설계로 구분하였다. 본 가이드라인은 구하도 복원설계를 위한 설계절차와 설계기술을 정리

하여 기술한 첫 번째 기술서로의 의미를 가지고 있다.

■ 강변저류지 조성 가이드라인 / 안태진

최근 들어 기상이변에 따른 집중호우가 빈번하게 발생하고 있으며 하천주변의 인구 집중과 도시화로 인한 홍수피해의 위험성이 증대됨에 따라 최근 유역종합치수계획, 4대강 살리기 사업 등에서는 면적 개념의 2차원적인 홍수량 분담을 통해 하천의 부담을 줄이고 하천 범람으로 인한 홍수피해의 잠재성 경감을 위해 홍수량을 유역 내에 분담할 수 있는 강변저류지의 도입을 적극적으로 추진하고 있다. 강변저류지는 하천연안 저지대 농경지를 이용하여 기존 제방의 일부 구간에 월류제(취수부)를 설치하고 계획홍수 초과 또는 일정 수위 이상 발생 시 이를 일시 저류함으로써 하류의 홍수량을 경감시키는 시설이다. 강변저류지는 과거 농경지 및 보호를 목적으로 기존 범람지에 제방을 축조함으로써 홍수조절 기능을 상실한 구 하도를 복원하여 원래의 홍수조절 기능을 수행할 수 있으며, 주목적인 홍수조절기능과 함께 생태계복원 및 생물 다양성확보기능, 홍수피해와 수질오염의 완충지기능, 하천수질개선기능, 하천의 유지유량 공급 및 급수기능, 친수문화공간기능 등 다목적 기능을 수행할 수 있다.

하지만 국내에서는 아직 강변저류지 설치를 위한 기준이 미비한 실정이며, 설치사례 또한 미미한 실정이다. 본 기술보고서에서는 강변저류지의 형식 및 기능을 정의하고, 강변저류지의 홍수조절효과 분석, 시설물 설계지침, 시설물 운영방안, 다목적 이용지침 등의 기준을 제시하고, 생태수준평가 방법, 저류지 수질관리 방안 등을 기술하여 실무에서 활용 가능한 내용을 기술하였다. 본 기술보고서 부록에는 1)강변저류지 최적위치 선정에 위한 수문-최적화 프로그램 2)강변저류지 홍수저감 능력평가 하도1차원-저류지2차원 부정류 프로그램, 3)유역네트워크 최적화를 통한 저수지, 홍수터, 저류지등의 홍수조절 시설물의 홍수저감분석 프로그램에 관한 매뉴얼을 수록하였으며, 유역종합치수계획, 단일강변저류지 실시설계 단계에서 적용될 수 있기를 기대한다.

■ 하천조사 현장적용 매뉴얼 / 배연재

현장적용매뉴얼은 하천복원통합매뉴얼의 제 3장 하천 조사 및 평가를 좀 더 자세히 정리한 매뉴얼으로써, 하천의 환경질 평가를 위해 물리, 생물(식물, 저서성 대형무척추동물, 어류)환경을 체계적으로 조사 및 평가한다. 하천생태계는 인간을 포함한 모든 생물이 살아가는데 필수적인 담수자원으로 이용되므로 복원 및 유지 관리가 매우 중요하다. 따라서 본 매뉴얼에서는 우리나라의 하천생태계에 서식하는 생물과 서식환경을 조사하고 평가하는데 의의를 둔다. 물리환경은 일반적인 조사방법과 평가방법인 LAW 방법론을 위한 조사방법부터 평가방법까지 자세히 서술하였다. 생물환경은 식물, 저서성 대형무척추동물, 어류 모두 조사지점 선정 방법, 조사시기, 조사도구, 조사과정 등을 상세히 설명하였다. 식물은 식생도, 식생단면, 식물상, 군집구조를 조사

하는 방법과 평가방법을 소개하였으며, 저서성 대형무척추동물은 육안으로 구별가능한 분류기와 지표생물군을 이용한 평가방법을 제시하여 일반인도 평가할 수 있도록 간편 생물지수를 소개하였다. 어류는 다양한 조사도구를 소개하여 조사지점에 따른 적절한 조사방법을 설명하였으며, 생물상뿐만 아니라 서식처까지 고려한 평가방법을 서술하였다. 이러한 하천생태계의 조사 및 평가를 통하여 지속적인 하천생태계의 조사가 진행되어야 하며, 그 결과는 하천의 환경질 변화와 하천의 복원을 위하여 구체적인 목적과 목표를 설정하는데 이용되어질 수 있다.

■ 어류생태 모니터링 가이드라인 / 김정곤

환경에 대한 사회적 관심이 높아지면서 생태계를 고려한 유지유량의 중요성이 증가하게 되었다. 그러나 아직까지 생태계에 필요한 유량산정을 위한 평가방법, 정량화 및 기초 DB등의 객관적 자료는 미흡한 실정이다. 특히, 어류 및 수생태계를 고려한 유량 산정 방법은 아직까지 기초적인 단계에 있다. 이와 관련 선진국에서는 수생태계 조사를 위한 체계적인 매뉴얼을 기초로 하여 수자원, 수리, 생물 및 생태학자가 함께 연구를 실시하여 결과자료를 공유 및 제공하고 있다. 우리나라에서는 지금까지 관련 기관에서 이러한 연구를 실시하였으나, 수문학적인 조건과 생물생태학적 조건을 복합적으로 고려한 하천유지유량에 관한 연구는 미흡한 실정에 있다. 이전의 연구에서 어류 서식환경을 고려한 생태유량 산정과 관련하여 수리 및 수문학적인 조건과 어류생물학적인 조건에서 학제간의 상호연계가 잘 이루어지지 않은 부분이 많다. 수리 및 수문 부분에서 생물자료를 사용하려면 자료의 한계성이 있어 불편하며, 역으로 생물부분에서 수리 및 수문자료를 이용하려면 학제간의 차이가 있어 사용에 어려움이 많다. 본 가이드라인은 4단계로 사전조사, 현장조사, 조사결과 정리 및 평가로 이루어져 있다. 현재 환경부 전국 자연환경 조사 및 수생태 건강성 조사 등에서 어류 모니터링 지침에 대한 내용은 체계적으로 설정되어 있다. 본 4단계 중 현장조사 가이드라인 부분은 환경부 및 기타 참고문헌을 많이 인용하여 정리를 하였다. 조사결과 및 평가부분은 조사 목적에 따라 달라질 수 있다.

본 가이드라인의 목적은 생물군집 및 서식 현황만을 파악하는 것이 아니라 정부의 토목공사 및 수생태 하천복원 사업 등에 이용할 수 있는 객관적 자료를 구축하여 활용하는데 있다. 구체적으로 국토해양부에서 실시하는 4대 하천 생태유량산정 등에 환경부 자료는 각 지점의 중 서식특성만을 파악할 뿐 객관적으로 요구되는 수심, 유속 및 하상재료에 대한 자세한 자료는 이용하는데 한계가 있다. 본 가이드라인은 이러한 장단점을 취합하여 다학제간 활용할 수 있게 만들어 졌으며, 실제 현장에서 적용하고 보완하여 작성되었다. 아직까지 많은 부분에서 부족한 부분이 있으나 계속해서 자료를 보완할 계획이다. 따라서 본 가이드라인은 이러한 어류생태 모니터링을 통한 서식환경 특성을 파악하여 생태필요유량 산정에 요구되는 객관적인 기초자료를 조사하는 데 유용하게 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 또한 생태 및 수리학적 조사를 지속적이며, 체계적으로 구축하여 생태유량 확보기술 개발 및 국가 수환경 연구 자료로 활용 될 수

있을 것이다.

■ 하천 식생복원 모델 정립 및 수리적 안정성 검토 가이드라인 / 이창석

국내에서 수행된 대부분의 복원사업은 생태적 복원의 절차를 수용하지 않아 진단평가가 이루어지지 않고, 대조하천 정보가 없이 진행되며, 복원 후 효과 평가가 이루어지지 않아 복원의 역사가 20년을 넘고 있지만 별다른 진전이 이루어지지 않고 있다.

본 가이드라인은 이러한 문제점을 해결하기 위한 하나의 수단으로 전국을 대상으로 대조하천 식생 정보를 수집하여 체계화하였다. 하천은 규모, 하상 재질 및 경사에 기초하여 총 17개 종류로 유형화 하였다. 그런 다음 전국의 하천을 대상으로 유형 별 식생정보를 수집한 후 생태학적 검토를 거쳐 이를 체계화 하여 하천복원시 적용할 수 있는 복원모델로 구축하였다. 복원모델은 수로로부터 거리에 따른 교란의 정도를 반영하여 초본우점 식생, 관목 우점 식생 및 교목 및 아교목 우점식생으로 구분하여 작성하였다. 복원모델은 식생도, 식생단면도 및 종 조성 정보로부터 전형적인 하천식생을 이루는 종을 선발한 후 이를 생활형 별로 체계화하고, 그 활용성을 높이기 위해 Web-GIS 기반 DB로 구축하였다. 이러한 대조하천 생태정보의 현장 적용성을 높이기 위해 HEC-RAS와 RMA-2 모형을 이용하여 수리적 안정성이 검토되었다. 한편, 생물의 생활사는 여러 단계로 이루어지고, 각 단계는 상응하는 요구조건을 가지고 있다. 따라서 이러한 생물들이 지속적으로 생활사를 이어가 높은 생물다양성이 확보된 건강한 환경을 유지하기 위해서는 다양한 서식처 또는 생태계가 서로 연결되어야 한다. 특히 영양단계가 높은 고차소비자의 경우 영양단계가 한 단계 낮은 생물은 자신 보다 10배 만큼 많은 생물을 확보하여야 하고, 두 단계 낮은 생물의 경우는 100배만큼 많은 생물을 확보하여야 그들이 지속적으로 생존할 수 있다. 따라서 고차소비자가 서식하는 환경은 건전하고 질 높은 환경으로 평가받고 있으며, 이러한 생물이 서식하는 환경을 유지하려면 다양한 생태계들이 서로 연속되어 생태적인 소통이 이루어져야 한다. 우리나라와 같은 논농사 중심 지역에서는 하천경관의 한 부분에 해당하는 홍수터의 일부를 논으로 이용해 왔다. 그리고 오늘날 그곳을 다시 도시로 개발해 왔다. 논으로 이용할 때부터 가능한 넓은 토지를 확보하기 위해 하천의 폭을 좁히고, 그 대신 제방을 높게 쌓아 홍수 피해를 막아 왔다. 따라서 우리나라 대부분의 하천에서는 강변생태계가 차지하는 면적이 매우 좁다. 나아가 인구가 증가하면서 사람들은 평지를 벗어나 경사가 완만한 산지예까지 개발의 손길을 뻗쳐 하천과 산지 사이의 생태적 단절을 심화시켰다. 따라서 상대적으로 인구밀도가 높은 하천의 중·하류지역은 과도한 개발로 인하여 전이지대가 거의 사라진 실정이다. 본 연구에서는 삼림과 하천 사이의 생태적 연결을 목표로 하는 그린네트워크를 구축하기 위한 기초자료를 확보하기 위해 계류하천의 강변식생을 전국 규모로 조사하여 이를 체계화하였다.

■ 하천 어메니티 유형별 복원계획 가이드라인 / (주)이산 변금옥

경제발달의 영향으로 삶의 질이 향상되고 생활환경이 크게 변화되어짐에 따라 하천은 과거의 기능에서 벗어나 생태적, 환경적 기능과 여가활동에 대한 고려의 반영 및 다양한 행태의 수용을 요구받고 있다. 지역을 대표하는 하천들이 이.치수 기능에서 벗어나 친수활동의 제공, 생태계보전, 도시환경 개선 등 하천어메니티 기능과 환경기능을 수행할 수 있는 공간으로 재정비되고 있으며, 4대강 살리기 사업 등을 통해 하천에 대한 다양한 가능성이 제시됨에 따라 하천이용에 대한 관심이 고조되고 개발요구가 급속하게 증가하고 있다. 특히 도시환경 재생을 위한 핵심요소로서 도시하천이 가지는 open space로서의 가치가 주목받고 있으며, 도시의 발달과 함께 open space의 확보가 점점 어려워짐에 따라 하천이용에 대한 요구도 점차 높아지고 있다.

하천에서의 활동이 다양화되고 활발해짐에 따라 하천환경의 보전보다 이용의 가치를 중요시하는 풍토가 생겨나게 되었으며, 한때 일부 무분별한 시설위주의 계획이 진행되어, 친수이용은 하천생태계 파괴, 개발지향주의, 보전 및 복원의 상반된 개념으로 건강하고 바람직한 하천의 모습을 위해 지양되어야 할 요소로 인식되어진 적도 있다. 그러나 친수이용은 일정수준의 생태계건강성을 요구한다는 점에서 단순히 생태복원의 반대 개념으로 볼 수는 없으며 다만, 과도한 이용 시설의 도입으로 하천고유의 경관 및 하천생태환경을 파괴하고 하천어메니티를 저해하게 되는 부작용을 경계하여야 한다. 이러한 하천이용요구의 급속한 증가에 따른 부작용을 막기 위해서는 무분별한 하천개발을 지양하고 이용과 관리의 효율성 및 어메니티를 고려할 수 있는 기준으로서 하천어메니티 유형별 복원계획의 방향을 제시하고자 한다. 본 가이드라인은 어메니티 향상을 위한 기준으로서 하천어메니티 유형을 분류하고 유형별 복원모델을 제시하고 있으며, 하천어메니티 유형을 분류하는 과정에 대한 소개와 유형별 복원모델의 제시, 현장적용방법의 소개 및 필요양식의 제공, 각 시설별 하천 도입 기준을 주요내용으로 한다. 하천어메니티 유형별 복원모델 개발을 위한 연구과정을 간략히 설명하면 하천어메니티 유형의 분류기준 마련을 위해 국내외의 하천과 관련도서의 조사분석을 통해 기준항목을 도출하고, 전문가설문과 AHP분석을 통해 도출된 기준항목의 정립 및 가중치를 산정하였다. 기준항목 및 가중치는 현장적용을 통해 재검토되었으며, 실무자의 활용편의를 돕기위한 적용사례로 제시되고 있다. 하천의 어메니티 유형분류를 위한 기준으로서는 하천의 물리적, 생태적, 인문적 특성을 제시하고 있으며, 어메니티 유형 분류기준과 활동유형, 도입시설간의 관계설정을 바탕으로 하천의 특성에 맞는 시설 및 활동의 목록을 제공한다.

■ 하천복원사업의 사회·경제성 평가 가이드라인 / 김종원

본 가이드라인은 하천복원사업의 경제적 가치의 평가체계를 구축하고, 다양한 효과를 실증함으로써 공공부문이 제공하는 재화 및 서비스를 적절하게 평가하고 예산투입의 효율성과 타당성

에 대한 근거를 제공할 수 있도록 하는 지침 제공을 목적으로 한다. 이를 위하여, 먼저 하천복원사업을 통하여 하천의 물리적 속성이 개선되고 개선된 물리적 속성에 의해 지역 주민의 만족도 제고 등 시장의 가격결정메커니즘에서는 가치를 평가할 수 없는 편익이 창출되는 과정을 명확히 하였다. 이러한 하천복원에 따른 편익을 정량적으로 평가할 수 있는 기법으로서 진술선호법(선택실험법, 가상가치법)과 현시선호법(특성가격법, 여행비용법, 대체법)을 소개하고 하천유형별 특성에 적합한 경제성 평가기법 선정기준을 제시하였다. 실제로 우리나라 대도시 도심하천 복원사업(양재천, 온천천, 신천, 유등천)에 대한 적용을 통하여 하천복원의 경제적 가치를 측정하였고, 도심하천에 대해서는 진술선호법의 선택실험법이 유용하다는 점을 발견하였다. 이와 함께 하천유형별로 경제적 가치 측정의 다양한 사례들을 제시하여 실무에 활용할 수 있도록 하였다. 비시장재의 경제적 가치 평가기법에 대하여 구체적인 적용절차와 유의사항, 그리고 적용사례 등을 풍부하게 제시하여, 하천복원과 관련한 사업이나 정책실무자들이 현장에 적용할 수 있도록 하였다.

■ 하천교란평가 및 적응관리 가이드라인 / 신재기

우리나라는 산업화와 더불어 하도 내 댐 건설, 하천정비, 골재채취 등 하천의 인공화가 지금까지 계속되고 있으며, 이에 따른 하천의 물리, 화학, 생물에 미치는 영향이 심각하다. 그러나 그동안 인위적인 하천교란 요인과 하상 및 지형변동, 생태 서식처 변화 등에 대한 정량적인 평가나 적응관리 기술이 매우 미흡한 상태이다. 하천교란은 하천 생태계의 구조, 군락 또는 개체수를 붕괴시키고 물리적인 환경을 변화시키는 불연속적인 사상으로 정의된다. 하천교란은 홍수, 가뭄, 산불, 산사태, 태풍 등 자연적인 요인이나 하천정비, 하천 구조물 설치 등 인위적인 요인에 의해 발생하며, 이로 인하여 하천 생태계 서식처의 물리적, 화학적 특성이 변화되고, 그에 따라 하천의 생태계가 변하게 된다. 따라서 산업화, 도시화, 농경지 정리 등으로 인한 하천교란 문제를 정량적으로 파악하고 평가할 필요가 있으며, 이를 바탕으로 홍수에 안전하고 살아 숨쉬는 하천을 조성하기 위하여 자연에 순응해 나가는 적응관리 기술을 개발해야 한다. 따라서 본 하천교란 평가 및 적응관리 가이드라인(시안)은 우리나라의 하천을 대상으로 하천 전문가, 생물/생태전문가 등 다학제간 전문가들이 하천의 인위적인 교란 중에서 가장 큰 영향을 주는 수리구조물인 댐과 골재채취로 인한 하천의 교란실태를 분석하고, 이를 토대로 정량적인 평가기법을 적용하였으며, 그에 따른 다양한 적응관리 기술을 제시하였다. 하도 내에 건설된 댐과 골재채취는 하천에 물리적, 생태적으로 큰 영향을 준다. 특히, 댐은 하도에서 유사의 이송과 흐름에 대한 연속성을 교란시킨다. 안동댐 하류 하천에서 안동댐과 임하댐의 운영자료, 항공사진 등을 분석한 결과, 댐 건설로 인하여 유황이 크게 변하고, 저수로의 분열 및 고착화가 발생하였으며, 식생이 크게 번성하였다. 또한 2차원 수치모형을 이용하여 유황변화에 따른 사주의 재현 모의를 하였으며, 댐 하류 하천의 복원 및 적응관리를 위한 기법으로 대안을 제시하였다.

뎀 하류 하천에서 생태계 교란은 식생, 저서동물, 어류, 생태계 기능에 대하여 현장 모니터링 결과를 다각적으로 분석하였으며, 어류의 서식처 감소, 어종의 단순화, 하천변 식생수종의 다양성 등이 나타나고 있다.

골재채취에 의한 하천의 교란에서는 지형학적인 영향, 수문학적 영향, 생태 및 환경적인 일반적인 영향을 분석하였다. 또한 골재채취에 의한 교란하천의 적응 메커니즘을 분석하기 위하여 다양한 수리학적 조건에 대하여 실내실험을 수행하였으며, 웅덩이의 적응과정과 이동 특성, 그리고 하안침식과 하도의 안정성을 파악하였다. 또한 낙동강 지류인 감천을 시범하천으로 지정하여 생태계의 교란과 적응과정을 분석하였으며, 생태계 서식환경이 변화되고, 어종의 수가 감소하며, 식생이 단순화 되었다.

하천의 교란평가 방법은 국내의 자료를 수집하여 물리적 교란평가 방법과 생태계 교란 평가 방법으로 분류하여 분석하였으며, 이를 토대로 자연과 함께하는 하천복원 기술개발(Ecoriver21) 연구를 통하여 개발한 평가기법을 뎀 하류 하천과 골재채취로 인한 교란하천에 적용한 결과를 물리적 교란평가와 생태계 교란평가로 나누어 수록하였다.

교란하천의 적응관리에 대한 일반적인 내용과 시범 사업을 통한 사례 연구 결과를 수록하였다. 특히, 본 연구의 시범 사업으로 수행한 대청댐 증가방류로 인한 하류 하천의 물리적, 생태학적 반응을 조사하여 분석하여 사례 연구로 수록하였다. 이는 교란하천의 관리를 위한 여러 가지 대안 중에서 하나의 안이며, 향후에 다양한 방안의 연구가 수행되어야 할 것이다.

■ 복원하천의 수리학적 모니터링 매뉴얼 / 윤병만

복원하천의 수리학적 모니터링은 하천 복원 사업 후 발생할 수 있는 물리적인 문제들에 대한 검증과 설계시에 세운 목표의 달성 여부를 검토하는 검증작업을 말한다. 하천 복원 사업은 설계와 시공만으로 완성되는 것이 아니라, 모니터링과 평가 등이 수반되어야 한다. 모니터링을 통하여 그 사업이 계획대로 기능을 하고 있는가 또는 그 사업의 목적과 목표를 달성하였는가를 반드시 확인하여야 한다. 따라서 모니터링은 복원 사업전의 하천 상황과 완료 후의 하천 상황을 비교하여 그 목표 달성 여부에 대한 평가가 주된 사항이다. 또한 하천복원을 위해 적용된 공법에 대한 타당성 검토를 통해 공법 적용에 따른 문제점들을 파악한 후 이에 대한 적절한 유지관리 기법 또는 설계 변경안을 제시하는 등의 모니터링 결과는 복원하천의 적응관리에 필요한 기초 자료로 활용된다.

본 복원하천의 수리학적 모니터링 매뉴얼은 현재 자연형 하천으로 조성된 오산천 상류구간과 경안천 하류구간에 대하여 과거 3년 동안 실시된 수리학적 모니터링에 관한 경험 및 기술을 바탕으로 하고 있다. 본 매뉴얼에서는 수리학적 모니터링의 항목 선택, 모니터링 방법 및 시기, 적용사례 등을 체계적으로 기술함으로서 복원하천 사업 후에 실시되는 모니터링을 위한 안내서로 이용할 수 있도록 하였다.

■ 국내 실측 조도계수 자료집 / 김원

물의 흐름에 저항하는 수로의 저항 정도에 관한 모든 정보를 포괄적으로 나타내는 수리량인 조도계수는 개수로, 특히 하천 및 홍수터의 구성재료(하상재료 및 강터재료), 종횡단 형상, 식생의 밀도와 특성, 만곡, 불규칙한 장애물 등의 변화특성을 나타낸다. 조도계수는 수리학자들에게 하도 계획을 수립하는데 있어 가장 중요한 매개변수의 하나로서 그 값은 하천 수위와 유속 분포 등 흐름 해석에 대단히 큰 영향을 미치므로 정확한 조도계수의 산정은 홍수위 산정, 하천 시설물의 설계, 호안의 안정성 평가 등을 수행함에 있어 매우 중요하다.

조도계수의 산정이 이처럼 중요함에도 불구하고 국내에서는 일부 대하천을 제외하고는 실측에 의해 조도계수를 산정한 사례가 거의 없는 실정인 바, 이로 인해 다양한 규모와 특성을 가지는 하천에서 조도계수를 적용하고자 할 때 비교 내지는 참고할 자료가 거의 없는 상황이다. 이러한 배경에서 본 연구에서는 전국적으로 다양하면서도 우리나라의 하천 특성을 잘 대표할 수 있는 하천 구간을 선정하고, 현장 실측을 기초로 조도계수를 산정하여 자료집으로 구성하였다. 현장 실측에는 하상재료의 조사와 하도 단면 측량, 홍수기 수위와 유량의 실측이 포함된다. 이러한 실측 자료를 토대로 각 대표하천에 대해 조도계수가 산정되었다. 이 자료집에는 자갈하천, 모래하천, 도시하천 등 총 44개 국내 하천에 대한 실측 자료가 수록되어 있다. 이 자료집은 미국 USGS나 뉴질랜드에서 편찬된 조도계수 자료집과 마찬가지로 여기에 수록된 이외의 하천에서 조도계수를 산정하고자 할 때 가시적 비교, 참조의 목적으로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

■ 국외 수목저항 산정기술 현황 / Dittrich, 김원

최근 고취되고 있는 하천에 대한 환경적 관심은 홍수 관리와 더불어 생태적 관점에서 지속가능한 하천 유지관리 전략의 개발을 요구한다. 그러나 생태적 측면은 종종 홍수재해 방지에 고려되고 있으며, 하천관리 실무에 적절히 고려되고 못하고 있다. 하천내 식생은 흐름저항을 증가시키고 배수 수면곡선을 변화시켜 홍수기간 동안 발생하는 수위에 상당한 영향을 미치기 때문이다. 그러나 홍수 관리와 생태적 관리 모두에 관련된 지속가능한 하천 유지관리 전략의 수립은 필수 불가피하며, 이러한 전략의 수립을 위한 주요 요점은 흐름과 식생사이의 복잡한 관계를 지배하는 물리적 절차 인식과 평가에 있다. 최근까지 관련 연구분야에 상당한 발전이 이루어져 왔지만, 식생이 수목에 미치는 영향 또는 그 반대영향이 여전히 완전히 이해되지 못했다. 전통적인 접근방법에서, 식생은 흐름저항의 모든 요소를 혼합한 주수로 또는 홍수터의 Manning 조도계수를 조정함으로써 전체저항으로 변환된다. 이러한 Manning 조도계수는 실무에서 폭넓게 활용되었고, Chow(1959), Arcement와 Schneider(1989), 그리고 Hicks와 Mason(1999)과 같은 참고자료로부터 결정되었다. 그러나 하상재료에 의한 수리학적 저항과 식

생에 의한 항력을 분리하여 결정하기 위해서는 흐름과 식생의 유형(정수식생과 침수식생), 식생밀도, 식생의 물리적 특성(수중, 수령, 식생의 성장 및 상태), 그리고 유속의 증가에 따른 식생의 형상변화와 같이 식생과 관련된 특색을 설명하는 것이 필요하다. 본 보고서에서는 하천내 식생 및 수목에 의한 영향을 분석하기 위하여 국외에서 수행된 다양한 수리실험과 현장실험 결과를 수집하고, 수집된 결과의 분석으로부터 하천내 식생으로 인한 물리적 특성변화를 유형화하며 각각의 유형에서 적합한 해석방법을 제안하였다.

식생 및 수목의 영향을 정량적으로 분석하기 위해서는 항력접근에 의한 영향평가가 필요할 것이다. 이는 수치모형을 이용한 하천흐름 해석연구 중 조도계수 보정과정에서 발생하는 불확실성을 감소시키고, 전통적인 에너지 손실 계수의 사용보다 흐름장의 특성에 더욱 물리적이고 현실적인 접근법을 제공하기 때문이다. 그러나 이러한 접근법을 사용한 자연하천 식생의 적절한 모델링을 위해서는 여전히 다양한 수종의 항력계수, 식생밀도, 그리고 수관부의 투영면적 등에 관한 연구가 필요한 것이다.

■ 국내 폐천 구하도 현황 자료집 / 여흥구

폐천 및 구하도의 형성원인은 자연사행 하천에서 장기간 이루어지는 퇴적/침식영향과 치수목적의 직강화 및 제방축조라 할 수 있다. 자연적으로 형성된 폐천 및 구하도는 대부분 습지형태로 유지되므로 생태적인 효과가 크게 유지되는 것이 일반적이다. 하지만 치수목적의 인위적인 원인으로 발생한 폐천 및 구하도는 활용도에 따라 유지되는 상황이 매우 다르다. 국내의 폐천은 과거 치수적인 목적의 하천정비로 인해 대부분 형성되었다.

과거 국내의 하천정비는 제방 통해 하천을 제한하여 홍수량을 안전히 통과시키는 방향으로 이루어졌다. 이 과정에서 하천 주변 홍수터가 사라졌고 하천직강화는 기존 물길을 폐천부지로 만들었다. 1990년대 이후 하천정비는 이수·치수뿐만 아니라 하천환경에 중점을 두도록 하천관리 패러다임이 전환되면서 하천복원 혹은 하천환경이란 말은 이미 하천사업의 핵심이 되어 왔다. 하천 복원은 교란전 하천의 물리적 상태로 되돌아가는 것으로 정의된다. 하천복원은 악화된 수계시스템에서 수문학적, 지형학적 그리고 생태학적 과정을 재성립하고 소실되었거나 피해를 입은 생물요소들 혹은 반응체계가 제대로 발휘되지 못하는 생물요소들의 회복을 도와주는 것으로 할 수 있다. 기존 하천환경 사업은 대부분 제외지에 국한되게 이루어졌고 주로 환경성 재료를 이용한 호안교체 등 하천환경개선 수준이라 할 수 있다. 최근 들어 이에 대한 해결방안으로 과거 홍수터를 통한 하천공간 복원 및 확보에 대한 관심이 증대되고 있으며 폐천부지는 복원에 대상이 되고 있다. 폐천 복원은 하천복원의 일부분으로 하천공간을 확보한 치수안정성을 증대, 생태환경 효과 증대 및 친수공간 및 자연학습장 등 다목적 기능을 제공할 수 있어 최근 하천사업 패러다임에 맞출 수 있을 것이다.

본 자료집은 하천 관리자 및 전문가 등이 폐천 및 구하도 복원 또는 보전 대상지를 선정함에

있어 기본적인 국내 폐천/구하도 현황 내용을 제공하고 실제 하천사업에 활용하는데 목적이 있다. 국내 폐천 및 구하도 구간을 선정하기 위한 방법으로 과거 1918년 하도와 현재하도에 대하여 영상분석 기법(Image analysis technique)을 이용하였고, 추가적인 현장조사와 생태 모니터링을 통하여 이를 보완하였다. 그리고 국내 5대강 권역별 주요 24개 하천에 대하여 유형별, 규모, 토지이용 현황 등에 대해 분류하고 기술함으로써 실무자가 활용하기 편리하도록 구성하기 위해 노력하였다. 자료집의 구성은 서론, 형성과정 및 유형, 대상지 현황, 생태모니터링 현황으로 구분하였다. 본 자료집은 국내 폐천 및 구하도 대상지 선정을 위한 기본적인 현황 자료와 생태조사 자료를 정리하여 기술한 첫 번째 자료집으로써 의미를 가지고 있다.

■ 모래하천의 식생이입과 물리환경 조사 / 우효섭

최근 국내 하천에서 사주 상 식생 활착 현상이 급격한 증가 추세를 보이고 있다. 1960년대 산업화와 도시화 이전 우리나라 하천은 모래, 자갈이 대부분인 이른바 ‘White River’이었으나, 1970년대 이후 댐건설, 하천정비 등으로 유황과 유사이송 특성이 교란되어 수변에 식생이 번무하게 되는 이른바 ‘Green River’ 현상이 진행 중이다. 이러한 현상은 하천의 치수관리, 접근성 면에서 여러 문제를 야기한다.

본 연구는 Green River 현상의 원인과 영향인자를 정량적으로 규명하는 과정의 일부로서 진행되었다. 우선 기존 연구의 흐름을 파악하고 본 연구의 방향을 잡기 위해 선행연구사례 50건을 분석한 결과 비 조절하천에 관한 연구가 미흡한 것으로 파악되었으며, 식생이입의 기본조건이 도출되고, 시험하천연구를 통한 분석·검증의 필요성이 제기되었다. 이에 따라 국내 시험하천 후보지 6곳을 비교 검토하였다. 그 결과 비 조절 자연 하천인 내성천의 하류구간에 시험하천구간을 설정하고 모니터링 시스템을 구축한 후 2010년 8월 25일부터 2011년 8월 6일까지 연구를 진행하였다.

연구결과 시험하천구간의 지하수위는 하천수위보다 보통 20~30cm 높게 유지되며 지체시간은 약 20시간인 전형적인 이득하천의 특성을 나타냈다. 하천수온은 일별 온도차가 최대 10℃, 계절별 온도차는 최대 30℃에 달한 반면 지하수온은 토양의 대기온은 차단효과로 일별 차이는 거의 없었으며 계절별로도 5℃를 넘지 않았다. 또한 식생활착이 본격적으로 시작되는 5월부터는 최저온도가 약 10℃이하로 떨어지지 않았다. 한편 토양수분에 영향을 주는 요인으로는 하층은 지하수위, 상층은 강우이며, 상하층은 모두 토양입경에 따라 토양수분 분포특성이 변화한다. 또한 일반적으로 토양수분 측정지점이 지하수위와 가까울수록, 강우발생시점과 가까울수록 토양수분량이 많았지만 일부 지점에서는 이러한 상관관계가 성립하지 않았다. 그 이유는 토양입경 때문이며 모세관 현상이나 배수, 함수 능력이 토층 구조(soil texture)에 지배적인 영향을 받기 때문인 것으로 판단된다. 대상 지점의 모세관 높이의 범위는 약 14~43cm범위인 것으로 분석되었다. 최근 40년간 공간분석결과에서는 하천개수 등 인위적인 교란과 가뭄 등에 의한 하천

수위 저하가 식생활작을 촉진할 수 있으며, 비 조절하천에서는 개방사주에 식생군락의 형성과 소멸이 홍수와 가뭄에 의해 자주 반복될 수 있는 것으로 분석되었다. 본 기술보고서에 수록된 국내외 연구사례 및 분석결과, 국내 최초로 시도된 최근 1년간의 내성천 시험하천구간 모니터링 분석결과와 관련분야에서 유익하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 향후 보강연구를 통해 그린리버 현상의 메커니즘 규명이 더욱 앞당겨질 것으로 기대된다.

■ 하천 생물서식처 유형 자료집 / 안홍규

하천생태계에 대한 악영향의 파급은 하천주변부의 도심화로 인한 하천지형의 교란에서부터 비롯된다. 하천주변부의 도심화는 하천의 유지유량의 감소, 홍수시 유량의 급증, 수질악화로 이어지게 되며, 홍수 소통을 위한 치수목적으로 저수로 및 고수부지의 정비, 하도의 선형정비, 하천 제방 축조 등으로 하천환경이 크게 변화 되었다.

최근 이러한 다양한 원인에 의하여 생물들이 서식할 수 있는 서식처가 줄어들어 하천생태계가 단순화되어, 다양한 형태의 생물서식처 복원을 통하여 종다양성을 증대시키는 것이 요구되고 있다. 기존의 국내 생물서식처 조성기술은 단순히 하천의 물리적 구조 개선에 초점이 주어져 있기 때문에 하천복원사업의 성과측정에 한계를 보이고 있을 뿐 아니라 불확실하고 복잡한 하천생태계의 메카니즘 해명에 유용하지 못한 상태이다. 또한, 지금까지 하천복원에 활용된 기존 기술들이 형태적인 복원이 주가 되어왔기 때문에 기술을 적용한 후 생물들이 와서 살아주기를 바라는 형태의 복원이었다면, 향후의 생물서식처 조성 기술은 멸종 또는 사라질 위협에 처한 생물종의 복원이나 증진차원에서 요구되는 하도 서식처의 조성기술 개발이 요구된다. 따라서 본 자료집에서는 도시의 훼손된 하천을 복원함에 있어 그 하천이 가지고 있는 하천의 다양한 생물서식처를 이해하고, 하천 생태기능을 복원하기 위하여 다양한 형태의 생물서식처 유형을 고려한 하천설계가 될 수 있도록 국내외 하천을 자갈하천, 모래하천, 실트하천으로 구분하여 그 형태와 특징을 소개한다.

- 통합매뉴얼

이 매뉴얼은 2006년 9월부터 시작된 국토해양부 국가 R&D 연구과제인 '자연과 함께하는 하천 복원기술 개발(일명 이코리버21)' 연구의 최종 연구성과물 중 하나로서 이코리버21 연구단이 주관하여 제작되었다. 이 매뉴얼은 연구단 성과물을 토대로 국내·외 하천복원 관련 가이드라인, 매뉴얼, 지침서, 보고서 등 10여개 국가, 40여종의 관련 문헌을 검토한 후, 국내 적용이 가능한 내용을 보완, 가공, 개선하여 제작되었다. 이 매뉴얼의 집필에는 하천기술자, 생물, 생태, 조경, 수질 등 다양한 학제간 전문가들이 공동으로 참여하고 외부 전문가 및 설계/시공 업체 중견 실무자 등의 자문을 통하여 지속적인 수정·보완 작업을 통해 만들어 졌다.

이 매뉴얼의 주요 독자로는 1) 하천을 조사, 평가하고 지역의 자연환경에 적합한 복원 모델을 선정하여 마스터플랜을 수립하는 분야 실무자, 2) 하천과 지역의 복합적인 여건에 적합한 설계 및 복원 공법 등을 선정하고 사후 모니터링 및 유지관리 등을 담당하는 분야 실무자, 3) 하천 복원 관련 정책 입안자 및 실무자 등으로서, 본 매뉴얼은 이들에게 직접적으로 도움이 될 수 있는 국내 적용이 가능한 기준과 방법 및 기술을 제공한다.

■ 매뉴얼 구성

이 매뉴얼은 현장 및 실무에 직접 활용할 수 있는 내용위주로 구성하였으며, 하천복원 과정의 순서에 따라 내용을 정리하였다. 또한, 이코리버21 연구단 성과를 다수 포함하여 국내에 적합하고 신뢰성 있는 검증된 기술과 내용을 수록하였다. 이 매뉴얼은 향후 업그레이드된 내용을 첨부할 수 있도록 바인더 형식을 택하였으며, 현장에서도 활용이 가능한 요약 매뉴얼을 별도로 제작하였다. 이 매뉴얼은 전체 7개의 장과 26개의 절로 구성되어 있으며, 하천복원의 기초내용과 하천을 조사, 평가하여 복원 모델을 결정하고 하천의 복합적인 여건에 적합한 복원기법, 공법을 선정하는 방법, 사후 모니터링 및 유지관리 등 일반적인 하천복원 절차에 준하여 구성하였다.

1장은 하천복원에 대해 구체적으로 들어가기에 앞서, 하천이 국토에서 차지하는 의미, 하천의 기능, 국토계획 상에서 하천의 비중 등을 설명하였다. 또한, 하천복원의 정의가 시대적으로 변화되는 과정과 국내 하천사업의 변천과정 및 하천사업 유형을 소개하였다. 끝으로 기존 하천복원 관련 사업의 성과와 반성과 본 매뉴얼의 성격, 위상, 기존 유관 기준, 지침 등과의 관계에 대해 설명하였다.

2장에서는 하천의 흐름과 형태, 서식처 환경을 결정짓는 데 중요한 하천의 물리·화학적 특성과 하천의 생물에 대하여 충분히 이해할 수 있는 서식환경 및 생태적 구조와 기능을 설명하였다. 또한, 하천의 생태적 구조와 군락 및 개체수를 붕괴시키고 물리적 환경을 변화시키는 하천의 인위적인 교란, 그리고 이를 복원하고 적응관리를 위한 하천교란평가에 대하여 하천 관리자 및 기술자뿐만 아니라, 일반인이 알기 쉽도록 기술하였다.

3장은 하천 조사 및 평가에서는 하천복원의 수준과 형태를 결정하는데 필요한 실질적인 하천 조사방법과 국내 하천현황에 적절한 평가방법을 제시하였다. 먼저, 하천 조사의 의의, 목적, 범위, 절차 등에 대하여 소개하고, 하천생태계를 물리환경, 수질환경, 생물환경으로 구분하여, 분야별 조사도구 및 과정을 설명하였다. 또한, 하천조사 결과를 가지고 하천의 상태를 평가할 수 있는 방법을 제시하여 다음 단계인 하천복원 계획 및 방향 수립에 필요한 자료를 제공한다.

4장에서는 하천 조사 및 평가 결과를 이용하여 복원 계획을 수립하는 절차에 대해서 설명하였다. 복원 계획을 수립하기 위한 개념적인 내용으로 복원의 접근방안과 복원 모델의 선정에 대해서 기술하였다. 복원을 위한 개념적인 모형으로 어메니티 복원모형(ARM), 생태복원 모형(ERM), 준생태복원 모형(semi-ERM)으로 구분하고 각 모형의 개념, 방법 등을 설명하고 비교하여 제시하였다. 각 모형에 대해서는 국내외 사례를 통해 사진과 더불어 제시하여 모형의 개념을 보다 명확하게 설명하였다.

5장은 하천복원이 필요한 구간을 대상으로 수립된 계획을 토대로 하천환경에 적합한 세부적인 설계방법을 제시하였다. 하천의 대상과 위치에 상관없이 설계에 필요한 기본적인 기법(하도설계, 호안설계 기법, 생물서식처 조성 방안, 어도를 포함한 생물이동통로 조성 방안, 고수부지(홍수터)의 수목식재, 하천의 어메니티 유형별 설계방안 등)을 소개하였다. 또한, 특별한 복원 대상에 대한 설계기법으로 구하도 복원, 강변저류지, 복개하천 복원 설계 등을 기술하였다.

6장은 하천복원 공법을 적용할 때에 발생할 수 있는 하천환경에 미치는 영향과, 다양한 공법의 소재 선정 및 적용 시문제점, 개선 및 활용방안을 제시하였다. 또한, 하천에 적용하는 공법을 하도 및 수변 서식처조성공법, 저수 및 고수를 포함하는 호안공법, 수질개선공법, 오염물질토처리공법 등 이코리버21 연구를 통하여 개발된 기술을 소개하였다. 더불어 하천복원 공법을 적용함에 있어서 유의점에 대해 설명하였다.

7장에서는 하천복원 사업 후 모니터링 및 적응관리에 대한 내용으로서 복원 목적에 부합하도록 하천이 적응되어 가는지 평가하고 관리하기 위한 방법들을 제시하였다. 우선, 복원하천 모니터링의 개요와 국내외 사례 등을 설명하고 하천복원 사업 후 발생할 수 있는 여러 가지(물리적, 화학적 및 생물적) 문제들에 대한 모니터링 항목, 방법 및 시기 등에 관한 내용을 소개하였다. 마지막으로 복원하천 모니터링 자료를 활용한 적응관리 방안 수립 및 적용사례를 설명하였다.

이 매뉴얼의 활용 방법은 독자들의 기술 수준과 기대치에 따라 다를 것이다. 사실 하천에 대해 어느 정도 지식이 있는 독자들은 2장 전체나 3장의 조사부문을 보고 그 깊이에 실망할 수도 있을 것이다. 수록된 지식과 기술이 수준이 다른 전문 교과서나 참고서에서 흔히 볼 수 있는 내용이 많기 때문이다. 매뉴얼의 특성 상 하천복원에 대해 전반적인 지식과 기술을 수록하고 있으므로 그러한 경우 이미 잘 알고 있는 사항은 넘어가고 필요한 사항만 참고할 수 있을 것이다.

대표적으로, 하천복원을 설계하는 실무자들은 하천에 관한 일반적인 전문 지식을 가지고 있을 것이므로 이 매뉴얼에서 우선적으로 4장과 5장을 참고하는 것이 좋을 것이다. 다만 자연형 하천공법에 대해 구체적으로 알고 싶은 경우 6장, 하천 조사 평가와 모니터링에 대해서는 각각 3장과 7장을 참고할 수 있을 것이다.

하천복원의 정책 입안자는 자기가 관리하는 하천(구간)을 복원할 것인지, 복원하는 경우 바람직한 모델은 무엇이 되어야 하는지, 마스터플랜에는 무엇을 담을 것인지 등에 대해 일차적인 관심이 있을 것이므로 4장을 참고할 수 있을 것이다.

마지막으로 하천복원에 대해 공부하거나(대학원생) 연구하는(교수, 연구자 등) 사람들은 1장부터 시작하여 7장 전체를 참고하는 것이 바람직하다. 특히 더 깊은 지식과 기술 수준을 확인하고 싶은 경우 각 장에 수록된 참고자료나 부록에 수록된 ‘하천복원 관련 국내외 가이드라인, 핸드북, 웹사이트’는 귀중한 자료가 될 것이다. 대학에서 교재로 채택하는 경우 장을 선별하여 이용할 수 있을 것이다. 그러나 어느 경우에도 제1장은 하천복원을 전체적으로 이해하는데 도움이 되는 서론적인 부분으로서 항상 참고할 것을 추천한다.



2.1 정량적 연구성과

■ 국내외 전문학술지 논문게재 및 학술발표

○ 국외 논문게재(SCI급)

연번	학술지명	논문제목	게재일(년, 월)	국명
1	Environmental Technology	Implemental of Artificial Neural Networks in Patterning and Prediction of Exergy in Response to Temporal Dynamics of Benthic Macroinvertebrate Communities Iron Monosulfide as a Scavenger for Dissolved Hexavalent Chromium and Cadmium	2008.09	UK
2	Environ. Toxicol. and Chem.	Phenanthrene Metabolites Bound to Soil Organic Matter by Birnessite Following Partial Biodegradation	2009.01	USA
3	International Journal of Heat and Fluid Flow	Detached Eddy Simulation of Flow Around Two Wall-mounted Cubes in Tandem	2009.02	USA
4	Environmental Pollution	Enhancement of Aerobic Biodegradation in Anoxigen-limiting Environment Using a Saponin-based Microbubble Suspension	2009.04	USA
5	Journal of Environmental Science and Health	Effect of Phosphate and Sediment Bacteria on Trichloroethylene Dechlorination with Zero Valent Iron	2009.04	USA
6	E-Journal of Chemistry	Simultaneous Spectrophotometric Determination of Chromium(VI) and Vanadium(V) by using 3,4-Dihydroxybenzaldehyde isonicotinoyl hydrazone (3,4-DHBINH)	2009.06	India
7	Journal of Hydraulic Research, IAHR	Scalar Flux Modeling of Solute Transport in Open Channel Flows : Numerical Tests and Effect of Secondary Currents	2009.07	Netherlands
8	Ecological Research	Variations of Soil Enzyme Activities in a Temperate Forest Soil	2009.09	Japan
9	Communications in Soil Science and Plant Analysis	Soil Enzyme Analysis for Leaf Litter Decomposition in Global Wetlands	2009.12	USA
10	Water and Environment Journal	Spatio-temporal Characterization of Korean Drought using Severity-area-duration Curve Analysis	2010.03	England

11	Water, Air, & Soil Pollution	Removal of Nitrogen and Phosphorus from Effluent of a Secondary Wastewater Treatment Plant using a Pond-marsh Wetland System	2010.03	Netherlands
12	Desalination and Water Treatment	Comparative Analysis on Reduction of Agricultural Non-point Pollution by Riparian Buffer Strips in the Paldang Watershed, Korea	2010.04	USA
13	Nutrient cycling in Agroecosystems	Calibration of LEACHN Model using LH-OAT Sensitivity Analysis	2010.06	Netherlands
14	J. of Environmental Sciences	Effect of a Seasonal Diffuse Pollution Migration on Natural Organic Matter Behavior in a Stratified Dam Reservoir	2010.06	China
15	International Journal of Heat and Fluid Flow	Numerical Simulation of Strongly Swirling Turbulent Flows Through an Abrupt Expansion	2010.06	USA
16	Clean – Soil, Air, Water	Effect of Resuspension on the Release of Heavy Metals and Water Chemistry in Anoxic and Oxidic Sediments	2010.08	Germany
17	KSCE	Uncertainty Estimation of the ADCP Velocity Measurements from the Moving Vessel Method, (I) Development of the Framework	2010.09	Korea
18	Clean .Soil, Air, Water	Incorporation of Heavy Metals Bioavailability into Risk Characterization	2010.09	USA
19	Journal of Hydraulic Research, IAHR	A Two-layer Approach for Depth-limited Open-channel Flows with Submerged Vegetation	2010.09	Netherlands
20	European Journal of Soil Biology	Denitrification Rates and Community Structure of Denitrifying Bacteria in Newly Constructed Wetland	2010.11	France
21	Water Science & Technology	Assessment of Hydraulic Fish Habitat Condition using Integrated Toolkit : A Case Study of the Geum River Basin, Republic of Korea	2010.12	England
22	Journal of Hydraulic Engineering	Coherent Structure Dynamics in Turbulent Flows Past In-Stream Structures : Some Insights gained via Numerical Simulation	2010.12	USA
23	J. Hazard Mater	Binding Strength-associated Toxicity Reduction by Birnessite and Hydroxyapatite in Pb and Cd Contaminated Sediments	2011.02	USA
24	Environmental Pollution	Use of Reporter-gene Based Bacteria to Quantify Phenanthrene Biodegradation and Toxicity in soil	2011.02	USA
25	Ecological Engineering	Plant-derived Phenolic Compounds Impair the Remediation of Acid Mine Drainage using Treatment Wetlands	2011.02	Netherlands
26	Ecological Engineering	Changes of River Morphology and Physical Fish Habitat Following Weir Removal	2011.03	USA

27	Soil Biology & Biochemistry	Methane Concentrations and Methanotrophic Community Structure Influence the Response of Soil Methane Oxidation to Nitrogen Content in a Temperate Forest	2011.03	England
28	J. Hazard Mater	Facilitated Desorption and Stabilization of Sediment-bound Pb and Cd in the Presence of Birnessite and Apatite	2011.04	USA
29	Desalination and Water treatment	Analysis on Characteristics of SS, N, and P Reduction in Soil & RBS – Bench Scale Test	2011.06	USA
30	Water, Air, & Soil Pollution	Effects of Elevated CO ₂ and Pb on Phytoextraction and Enzyme Activity	2011.07	Netherlands
31	Desalination and Water treatment	The Reduction of Nutrients by Riparian Silty Soil and Sandy Soil : Comparison and Analysis	2011.05	USA
32	Sensors	Accepted for Publication-Ask for Invoice Information	2011.09	Switzerland
33	Human and Ecological Risk Assessment	Ecological Risk Characterization in a Heavy Metals- and Explosives-Contaminated Site : Effect of Reservoir Construction	2011.06	USA
34	KSCE Journal of Civil Engineering	A Study on Hydraulic Characteristics and Fish Movement in the Ice Harbor Type Fishway	Accepted	Korea
35	Journal of Hydro-environment Research	Determination of Fishway-Design Velocity Focussed on Sweetfish (<i>Plecoglossus altivelis</i>) and Crucian Carp (<i>Carassius auratus</i>)	Accepted	Korea
36	International Journal of Sediment Research	Numerical Simulation of the Fluvial Processes in the Channels Sediment Mining	Accepted	China

○ 전문학술지 논문게재

연번	학술지명	논문제목	게제일(년,월)
1	한국환경복원녹화기술학회논문집	소하천의 자연형하천 정비사업에 따른 교란 및 적응 평가	2007.06
2	한국수자원학회논문집	실측 수위에 의한 자갈하천의 조도계수 산정	2007.10
3	한국수자원학회논문집	현장실측에 의한 조도계수 산정의 불확실도 평가	2007.10

연번	학술지명	논문제목	게제일(년,월)
4	한국수자원학회논문집	피라미에 대한 보 철거 구간에서의 물리 서식처 모의(PHABSIM) 적용	2007.11
5	한국생태학회논문집	Structure and Dynamics of Korean Red Pine Stands Established as Riparian Vegetation at the Tsang Stream in Mt. Seorak National Park, Eastern Korea	2007.11
6	한국수자원학회논문집	자연 친화적 하천정비를 위한 호안평가기법의 개발 및 적용	2007.12
7	한국방재학회논문집	도로의 빗물받이 간격을 고려한 우수관거 최적설계	2008.01
8	한국수자원학회논문집	수문변화 지표법에 의한 영천댐이 하류하천에 미치는 유황변화 분석	2008.02
9	한국수자원학회논문집	습지의 수질관리를 위한 연속교반탱크반응기 모델의 적용	2008.03
10	한국습지학회논문집	생태천변저류지의 생태학적 조성계획 기준	2008.04
11	한국수자원학회논문집	피라미의 유영특성에 관한 실험적 연구	2008.04
12	한국환경복원녹화기술학회논문집	기능을 상실한 보 철거를 통한 하천생태통로 복원 -곡릉천 곡릉2보 철거를 대상으로-	2008.04
13	한국환경복원녹화기술학회논문집	댐 하류의 물리적 하천교란 평가연구	2008.06
14	한국방재학회논문집	사석의 수리적 안정식의 비교분석	2008.06
15	한국수자원학회논문집	수문학적 홍수저감효과 기반의 천변저류지 최적위치 선정을 위한 의사결정모형의 개발	2008.07
19	한국방재학회논문집	저수호안에 작용하는 외력에 의한 안정성분석	2008.10

연번	학술지명	논문제목	게제일(년,월)
17	한국수자원학회논문집	3,4차 하천에서의 GIUH 유도식과 간략식에 의해 산정된 순간단위도의 비교연구	2008.11
18	Journal of Hydrologic Environment	Estimation of Flood Reduction in River Restoration Works	2008.11
19	한밭대학교 건설안전기술논문집	식생을 고려한 하천복원모델에서의 홍수위 산정	2008.12
20	한밭대학교 건설안전기술논문집	금강수계내 소하천에서 SMS에 의한 오염물질 거동분석	2008.12
21	한국수자원학회논문집	댐 하류하천의 사주와 식생 면적 변화에 관한 연구	2008.12
22	공간정보시스템학회 논문집	GIS기법을 이용한 하천 교란 실태의 분석(2)	2008.12
23	한국습지학회논문집	도시 하천 양재천에서 복원 후 하안식생의 변화	2008.12
24	한국환경생태학회논문집	청미천 천변저류지 조성을 위한 금사습지와 비교	2009.01
25	대한토목학회논문집	粗·細粒床의 연속구조를 갖는 개수로 흐름에서 오염물질 수송에 대한 이차흐름 영향 분석	2009.01
26	한국생태학회논문집	Differences between Sand and Gravel Bars of Streams in Patters of Vegetation Succession	2009.01
27	대한토목학회 논문집	조·세립상의 연속구조를 갖는 개수로 흐름에서 오염물질 수송에 대한 이차흐름 영향 분석	2009.01
28	한국수자원학회논문집	댐운영을 고려한 금강의 생태·수문학적 변화 평가 : I. 유황분석	2009.01
29	한국방재학회논문집	월류부특성변화에 따른 천변저류지군의 홍수저감효과분석	2009.02

연번	학술지명	논문제목	게제일(년,월)
30	한국환경분석학회논문집	Coprostanol을 포함한 지하수 수질분석을 통한 매립지 침출수의 지하수 침투 가능성 평가	2009.03
31	한국수자원학회논문집	유전자 알고리즘을 적용한 혼합유출모형의 개발	2009.03
32	한국방재학회논문집	지표면과 투수성 보도 블록의 침투능 결정에 관한 실험적 연구	2009.04
33	한국습지학회논문집	분류와 폐천의 식물상과 식생분포의 비교	2009.04
34	한국환경영향평가논문집	자연정화공법을 이용한 2차 하수처리수의 수질 개선에 관한 연구	2009.04
35	한국물환경학회논문집	안성천 유역의 BOD농도 확률분포 특성	2009.05
36	한국수자원학회논문집	영상분석 기법을 이용한 구하도복원대상 하천의 하도평가	2009.05
37	한국습지학회지	분류와 폐천의 식물상과 식생분포의 비교	2009.05
38	대한토목학회논문집	교행식생 영역을 갖는 개수로 흐름에서의 3차원 수치모의	2009.05
39	대한토목학회논문집	원주천의 어류군집 건전화를 위한 하도의 서식구조 특성분석	2009.05
40	대한토목학회논문집	k-e 모형을 이용한 불연속 유입 밀도류의 수치모의	2009.05
41	한국수자원학회논문집	공릉2보 철거에 따른 하천형태학적 변화	2009.05
42	한국수자원학회논문집	댐운영을 고려한 금강의 생태·수문학적 변화 평가 : II. 수리학적 어류서식처 조건 분석	2009.05

연번	학술지명	논문제목	게제일(년,월)
43	한국생태건축학회 논문집	천변저류지 공간계획의 적합성 평가지표 선정 / Determination of the Suitability Evaluation Indices of a Riverside-Reservoir Space Planning	2009.06
44	대한환경공학회논문집	재포기 계수, 1차 생산율 및 호흡률을 이용한 하천의 용존산소 추정	2009.06
45	한국수자원학회논문집	상수관의 관경변화가 상수관망의 신뢰도 향상에 미치는 영향 평가	2009.06
46	한국환경복원녹화기술학회 지	하천정비에 의한 하천의 물리적 교란평가 -남강과 영천강을 대상으로-	2009.06
47	국토연구 통권 제 61권	복원 하천 서비스와 지역경제 : 실험적 모형	2009.06
48	한국수자원학회논문집	용담댐 하류의 하천건강성 평가 및 어류 서식처를 고려한 최적 생태유량 산정	2009.06
49	한국수처리학회논문집	비점오염 제어를 위한 집약형 습지의 수질 정화 효과에 관한 연구	2009.06
50	한국수자원학회논문집	엔트로피 이론을 이용한 상수관망의 최적 압력 계측 위치결정	2009.07
51	한국수자원학회논문집	설계빈도변화를 고려한 천변저류지 최적위치 선정 (Determination of Optimal Location Washlands Considering Design Frequency)	2009.07
52	한국수자원학회논문집	Hedging Rule을 이용한 댐 연계 운영 최적화 : 한강수계 사례연구	2009.08
53	한국환경영향평가학회지	폐금속 광산지역의 하천 퇴적물에서 중금속이 식물에 미치는 영향에 관한 연구	2009.08
54	한국수자원학회논문집	등가조고를 이용한 자갈하천의 하상저항 산정	2009.08
55	한국환경과학회지	SWMM을 이용한 조만강 유역 강우-오염물 유출모델링시스템 구축	2009.09

연번	학술지명	논문제목	게제일(년,월)
56	한국환경과학회지	RMA2/RMA4 모형을 이용한 서낙동강 수문연계운영의 수질개선 효과 예측	2009.09
57	한국콘텐츠학회 논문집	하천 복원 후의 홍수위 안정성 검토	2009.09
58	한국하천호수학회지	용담댐 하류의 어류서식처를 고려한 생태학적 유지 유량산정	2009.09
59	한국수자원학회논문집	대청댐에서 증가방류에 의한 하상토의 변화 분석	2009.10
60	대한상하수도학회지	서낙동강 퇴적물 내 황화물의 분포 및 생성 특성	2009.12
61	대한토목학회지	강변저류지 조성기술 개발 연구	2009.12
62	한국방재학회논문집	유효유량 개념을 도입한 상수관망 Subsystem 별 중요도산정	2009.12
63	한국수자원학회논문집	청미천 구하도 복원 설계를 위한 하도형성유량 산정	2009.12
64	한국환경생물학회지	하천차수에 따른 금강수계 피라미(Zacco Platypus)의 물리적 서식지 평가	2009.12
65	한국환경생물학회지	금강유역의 어류상과 서식지 적합도 지수 산정	2009.12
66	한국수처리학회논문집	여과 습지를 이용한 비점오염저감 장치의 수질 정화 효과에 관한 연구	2009.12
67	Journal of Hydrologic Environment	Physical Habitat Assessment of Microphysogobio Longidorsalis in the Han River Basin	2009.12
68	대한토목학회 논문집	안동댐 하류 하천에서 사주의 재현 모의	2010.01

연번	학술지명	논문제목	게제일(년,월)
69	한국수자원학회논문집	형산강 수계 최적 유사량 공식 선정을 위한 연구	2010.01
70	한국콘텐츠학회논문집	자유수면의 모의를 위한 레블세트 기법의 적용	2010.01
71	대한토목학회논문집	하천규모에 따른 식생모델의 홍수위 검토	2010.01
72	한국수자원학회논문집	평면 이차원 수치모델링을 위한 하천 식생저항 연구동향	2010.02
73	한국방재학회논문집	수요의 불확실성을 고려한 한강수계 댐 연계 운영 최적화	2010.02
74	한국물환경학회지	Bootstrap 기법을 이용한 BOD 평균 농도 및 신뢰구간분석	2010.02
75	환경영향평가학회논문집	공간분석기법을 이용한 하천단면 변화분석 -논산천을 대상으로-	2010.02
76	한국습지학회 논문집	하천변 버드나무군락의 순1차 생산량, 유기탄소흡수량과 낙엽분해율	2010.02
77	대한토목학회논문집	자갈하천의 조도계수 특성 분석	2010.03
78	대한토목학회논문집	수치모의를 이용한 전단면 식생 수로에서의 와도 생성분석	2010.03
79	대한토목학회논문집	댐 하류 하천에서 발전방류로 인한 어류 물리서식처 변화 수치모의	2010.03
80	한국물환경학회지	1차원 동적수질모형을 활용한 용담댐 하류하천의 수온변동모의	2010.03
81	한국지하수토양환경 학회지	세척과 안정화기술을 적용한 오염 준설토의 처리 및 재활용 시스템 개발	2010.04

연번	학술지명	논문제목	게제일(년,월)
82	상하수도학회지	Utopian Approach를 이용한 상수관망 개별관로 개량 우선순위 선정에 관한 연구	2010.04
83	한국방재학회논문집	강변저류지군의 홍수저감효과 개선방안에 대한 연구	2010.04
84	한국방재학회지	고수호안 복토공법의 토양 유실율에 관한 실험적 연구	2010.04
85	한국환경복원녹화 기술학회지	자연하천에서 하도의 물리적 특성과 하상재료의 상관관계분석	2010.04
86	Entomological Research	Two-dimensional Gel Analysis of Stress Proteins Identified in Chironomus Flaviplumus (Diptera : Chironomidae) Exposed to 4-nonylphenol	2010.04
87	한국수자원학회논문집	댐 하류 총적하천에서 식생이입 및 천이 - 낙동강 안동/임하 댐 하류하천을 중심으로	2010.05
88	대한토목학회논문집	평형하상이론을이용한청미천구하도복원대상구간의안정하 도 평가 및 설계	2010.05
89	한국방재학회논문집	천변저류지 홍수저감능력평가를 위한 하도-저류지연계모형의 개발	2010.06
90	한국하천호수학회지	초강천의 어류상과 군집	2010.06
91	한국물환경학회논문집	토지이용 특성을 고려한 소규모 농촌유역의 비점오염물질 유출특성 해석	2010.06
92	Water Science and Engineering	Roughness Coefficient and its Uncertainty in a Gravel-Bed River	2010.06
93	한국하천호수학회	소형 보와 대형 댐에 의해 형성된 저수역이 저서성 대형무척추동물 군집에 미치는 영향	2010.06
94	한국하천호수학회지	어류상 평가를 활용한 하천 생태계의 교란 및 회복 유형고찰	

연번	학술지명	논문제목	게제일(년,월)
95	한국수자원학회논문집	준설하천의 웅덩이 적응에 관한 실험적 연구	2010.07
96	한국방재학회논문집	가중치 산정방법과 Utopian Approach를 결합한 Weighted Utopian Approach의 제안	2010.08
97	한국수자원학회논문집	경제성 분석에 의한 강변저류지 최적위치 선정에 대한 연구	2010.08
98	한국콘텐츠학회	어류 이동용 여수로의 자유수면 수치해석	2010.08
99	한국습지학회지	고수호안 식생매트공법의 수리적 안정성에 관한 연구	2010.08
100	한국수자원학회논문집	수심의 제한을 받는 침수식생 개수로의 평균흐름 예측모형개발	2010.09
101	한국수자원학회논문집	수치모의를 이용한 준설하천의 웅덩이 적응에 관한 연구	2010.10
102	한국수자원학회논문집	복합 조도계수 산정을 위한 단면 분할기법 개발	2010.11
103	한국콘텐츠학회 논문지	하천유형별 식생모델의 홍수위 분석	2010.11
104	대한토목학회논문집	식생 수로에서의 수리특성 모의를 위한 수심적분 2차원 수치모형의 개발 및 적용	2010.11
105	한국방재학회지	홍수시 도시하천의 호안 안정성 분석에 관한 연구	2010.12
106	한국하천호수학회지	The Variation in the Species Composition of the Soil Seed Bank in the Natural Flood Plain Vegetation along the Urban Reach of Han river, South Korea	2011.01
107	한국수자원학회 논문집	갑천의 웅덩이-어울 연속구조에서 하상토의 입도 및 이동 특성	2011.01

연번	학술지명	논문제목	게제일(년,월)
108	Water science & technology : water supply	Adsorption of Cadmium (II) from Aqueous Solutions by Thiol-functionalized Activated Carbon	2011.01
109	한국환경 영향평가학회지	하천 습지의 식생학적 자연도 평가	2011.02
110	한국수자원학회 논문집	홍수터 식생을 고려한 불규칙한 단면에서의 수위-유량곡선 및 단위유량 횡분포 예측	2011.02
111	대한토목학회논문집	하안림 영향 검토를 위한 수심평균 2차원 수치모형 적용	2011.03
112	대한토목학회논문집	생태유량 산정을 위한 간편 물리서식처 모의 모형	2011.03
113	대한토목학회논문집	금강수계 하천에서의 어류 서식처적합도지수 산정	2011.03
114	대한토목학회논문집	생태유량 산정을 위한 간편 물리서식처 모의 모형	2011.03
115	한국환경과학학회지	Restoration Modeling Analysis for Abandoned Channels of the Mangyeong River	2011.05
116	Scientific Research, Engineering	Channel Response Prediction for Abandoned Channel Restoration and Applicability Analysis	2011.05
117	한국콘텐츠학회논문집	새로운 평균하상 개념과 낙동강의 하상 변동 경향성 분석	2011.06
118	한국방재학회지	계층분석과정을 이용한 설계호안 평가	2011.06
119	한국수자원학회논문집	사석의 수리적 안정성 실험식 개발	2011.06
120	한국수자원학회논문집	근모랑에 따른 식생호안의 침식특성 분석	2011.06

연번	학술지명	논문제목	게제일(년, 월)
121	한국환경영향평가학회지	수자원 개발사업 주민의견 유형분석을 통한 환경영향평가 개선방안	2011.06
122	한국환경영향평가학회지	Flushing 방류로 인한 섬진강 하구부 염수침입 영향 분석	2011.06
123	한국환경복원녹화기술학회지	주교천 천변저류지의 사후 모니터링	2011.06
124	한국하천호수학회지	우리나라 15개 다목적댐 유역별 AIB 기후변화 시나리오 분석	2011.06
125	대한토목학회논문집	현장 인발시험을 통한 수목의 한계전도 모멘트 검토	2011.07
126	환경영향평가학회	서식처 유형에 따른 생물서식처 적합도 지수 산정 방법연구	2011.08
127	대한환경공학회논문집	비시가화지역의 비점오염물질 유출에 미치는 입자성물질의 영향	2011.08

■ 산업재산권

○ 산업재산권 (특허출원)

연번	특허명칭	출원번호	출원년월	비고
1	토목섬유를 이용한 계단형 낙차공/보 개량공 및 시공방법	10-2007-0075417	2007.07	
2	공기 접촉을 통한 나노 영가철의 표면개질방법 및 그 방법에 의해 표면개질된 나노 영가철	10-2009-0050104	2009.06	
3	부유형 식물모판을 이용한 수질오염 저감장치	10-2009-0053088	2009.06	

4	오염된 준설퇴적토 안정화방법	2009-65896	2009.07	
5	토사퇴적을 유도할 수 있는 자연형 하중도 형성 구조물 및 그 시공방법	10-2009-0085855	2009.09	
6	오염준설토 처리장치 및 그 처리방법	2010-0958067	2010.02	
7	하천 횡단면에서 횡방향 흐름저항요인의 변화를 고려한 하천유량 측정 방법	10-2010-0028827	2010.03	
8	독성저감원소분석을 이용한 토양의 오염도 측정방법	2010-0063779	2010.07	
9	복합구조의 어도블록	2010-0067438	2010.07	
10	준설토 재활용 확대를 위한 오염퇴적토 처리 방법 및 처리 시스템	2010-0085637	2010.09	
11	기상정보 및 모의 산출 기반의 저류형 비점오염 저감 시스템 및 저류형 비점오염 저감 방법	10-2010-0085507	2010.09	
12	위어와 수위 측정장치를 이용한 관수로 및 개수로의 실시간 유량측정장치 및 방법	10-2011-0093600	2011.10	
13	하천 횡단면에서 횡방향 흐름저항 요인의 변화를 고려한 하천유량 측정 방법	10-1029282	2011.04	
14	식생 근모량 채취기	10-2011-0054388	2011.06	
15	수변식생천이 분석 시스템	특허-2011-0082724	2011.08	

○ DB/SW 목록

연번	산업재산권명	프로그램 등록번호	출원년월	비고
1	호안 안정성 평가	2008-01-123-001894	2008.04	
2	간편 생태유량 산정 프로그램	2008-01-121-002602	2008.05	
3	KICT 조도계수산정 프로그램	2008-01-129-002793	2008.06	
4	KU-RLMS-Flow Model	2009-01-123-000473	2009.01	

5	하상 변동량 산정 프로그램	2009-01-123-002135	2009.04	
6	K-PHABSIM ver0.8	2009-01-189-002836	2009.05	
7	SNSVEG_ver0.8	2009-01-199-002918	2009.06	
8	천변저류지 최적위치 선정모형	2009-01-121-003385	2009.06	
9	K-PHABSIM ver0.9	2010-01-121-001823	2010.03	
10	강변저류지 하도-저류지 통합연계 홍수저감능력평가 모형	2010-01-121-001991	2010.04	
11	KU-RLMS-sed	2011-01-123-004056	2010.12	
12	하천 수목전도 평가	2011-01-129-002689	2011.04	
13	ANFIS_eco	2011-01-129-002560	2011.04	
14	DU-FWID	2011-01-123-002959	2011.05	
15	강변저류지 홍수저감능력평가모형 Ver1.0	2011-01-121-004546	2011.07	
16	WPS(Washland Plan System)	2011-01-121-004682	2011.07	
17	호안 안정성 평가 Ver.2	2011-01-199-004704	2011.07	
18	EcoFlow-2D	2011-01-123-004214	2011.07	
19	EcoFlow-3D	2011-01-123-005099	2011.07	
20	하천어메니티 유형별 복원계획 가이드라인	2011-01-199-005101	2011.08	

2.2 대외협력 성과

가. 관련회의 및 행사

■ 1차년도

▶ 이코리버21연구단 출범회의

- 2006. 10. 19, 14 : 00
- 한국건설기술연구원 본관 3층 회의실
- 연구단 운영계획 발표 및 각 세부과제별 당해연도 주요성과 확인, 논의

▶ 제1차 이코리버21연구단 워크숍

- 2006. 12. 15, 14 : 00~18 : 00
- 한국건설기술연구원 본관 지하1층 대강당
- 연구 중간성과 확인 및 향후 연구계획 검토를 위한 자문회의(최정권, 이명우 교수 외 3명)

▶ 진도관리시스템 시연회 개최

- 2007. 2. 23, 16 : 00~18 : 00
- 한국건설기술연구원 수자원연구동 세미나실
- 연구단의 진도관리를 위한 프로그램 시연회 개최
- 강사 : (주)넥세브 송재홍 기획이사

▶ 1차년도 자체평가회의 개최

- 2007. 3. 16, 14 : 00~18 : 30(100여명)
- 한국건설기술연구원 본관 회의실
- 평가위원 (손옥주 과장, 윤세의 교수 외 3명)

▶ 제3회 하천환경 국제워크숍

- 2007. 4. 30, 9 : 00~17 : 00
- 킨텍스 자스민홀(Room No.212, 213)
- 하천복원 관련 외국의 기술개발 동향 및 최신기술에 대한 발표 및 논의

▶ R&D성과포럼 참가

- 2007. 5. 7~5. 8
- 코엑스 컨퍼런스룸 및 오디토리움
- 연구단 홍보 및 전시부스 운영

■ 2차년도

▶ 2차년도 출범회의 워크숍

- 2007. 09. 20, 14 : 00~18 : 30

- 한국건설기술연구원 본관 지하1층 다목적홀
- 2차년도 연구계획 발표 및 각 세부과제별 전연도 주요성과 확인, 논의
- ▶ 외국인 초청 세미나
- 2007. 10. 25, 14 : 00~16 : 00
- 한국건설기술연구원 본관 1층 세미나실
- ‘하천 식생의 진화 모델링 및 예측’에 대한 분야에 대해 세미나 개최
- Gregory Egger, Klaus Jorde 교수 참가
- ▶ 하천환경 관련 국제워크숍
- 2008. 6. 3, 9 : 00~17 : 30
- 한국시설안전공단 대강당, 사회-김창완 박사
- 하천복원 관련 외국의 기술동향 논의 및 발표

■ 3차년도

- ▶ URBEM(도시하천유역 향상기법) Guideline Workshop
- 2009. 3. 31~4. 2, 10 : 00~16 : 00
- 과학기술회관, 강연자
- (Dr. Cedo Maksimovic, Ms. Valerie Bain)
- 하천관련실무자(공무원, 업체, 연구계, 학계 등_대상인원 55명)
- ▶ Ecoriver21연구단 국제공동워크숍 개최
- 2009. 4. 14, 13 : 00~18 : 00
- 서울교육문화회관 2층 거문고홀
- 홍수터 보전/복원, 생물서식환경 조성, 하천계획/평가 및 적응관리분야의 최신 해외기술 발표 및 질의응답
- ▶ 3차년도 성과발표회 개최
- 2009. 4. 24, 13 : 30~18 : 00
- 서울교육문화회관 별관(1층 한강홀, 2층 금강A홀)
- 3차년도 추진 세부/세세부 과제의 목표, 연구내용 및 범위, 3차년도 연구성과 확인
- ▶ 2009년 한국수자원학회 학술발표회 참가
- 2009. 5. 21~22, 용평리조트
- 이코리버21연구단 홍보부스 운영

■ 4차년도

- ▶ 제2회 지역투자박람회 참가
- 2009. 7. 1~3, 코엑스

- 4대강살리기 사업관에 연구단 홍보
- ▶ 4차년도 사업추진 워크숍 개최
- 2009. 7. 14~15
- 충남대천 한화리조트
- 4차년도 연구사업의 중요성 인식 및 효율적 진행방안 모색
- ▶ 제35회 대한토목학회 정기 학술대회 참가
- 2009. 10. 21~23
- 강원도 횡성 성우리조트
- 학술대회 참가 및 부스 운영, 이코리버21연구단 기술자료집 배포
- ▶ ‘하천복원 통합매뉴얼’ 제작 관련 전문가 자문회의 개최
- 2009. 11. 3, 서울교육문화회관
- ▶ 4차년도 중간성과 발표회 개최
- 2009. 11. 26~27, 한국건설기술연구원 본관 1층 중회의실
- 4차년도 연구성과 확인
- ▶ 하천통합매뉴얼(안) 제작관련 개방형 전문가 자문회의 개최
- 2010. 3. 19, 서울교육문화회관
- 개방형자문회의

■ 5차년도

- ▶ 5차년도 사업추진 워크숍 개최
- 2010. 5. 28~29, 용평리조트
- 5차년도 연구계획 발표 및 각 세부과제별 전연도 주요성과 확인, 논의
- ▶ 2010 국제생태수리학회 심포지엄 개최
- 2010. 9. 12~16, 서울 코엑스
- 국내외 생태수리학 관련 기술 및 자재에 대한 최신정보를 널리 알릴 수 있는 기회의 장
- ▶ 5차년도 자문 및 중간평가 개최
- 2010. 11. 8, 서울교육문화회관
- 연구단 세부, 세세부 책임자 및 실무자 대상
- 5차년도 연구내용 발표 및 자문의견 받음
- ▶ 통합매뉴얼 장책임자 회의 개최
- 2010. 12. 6, 한국건설기술연구원 본관 중회의실
- 장별 내용 및 목차구성안 논의
- ▶ 4대강살리기 사업관련 R&D 기술설명회

- 2010. 12. 10, 15 : 00, K-water 4대강 사업본부
- 주최/주관 : K-water 4대강사업본부/Ecoriver21 연구단
- 4대강사업과 관련된 연구성과 공유 및 토론회를 통해 4대강사업에 필요한 기술교류 추진
- ▶ Ecoriver21 국제공동워크숍 개최
- 2011. 4. 11~12, 안동하천실험센터(1일차)/서울교육문화회관 거문고홀(2일차)
- 홍수터 보전/복원, 생물서식환경 조성, 하천계획/평가 및 적응관리분야의 최신 해외기술 발표 및 질의응답
- ▶ 5차년도 연구단 자체 연차평가 개최
- 2011. 7. 14, 한국과학기술회관
- 1~5차년도 최종 연구성과에 대해 연구자들이 함께 확인함으로써 이코리버21 연구사업의 성공적인 마무리를 도모
- ▶ 하천복원 통합매뉴얼 공개자문회의 개최
- 2011. 8. 24, 한국교통회관
- 통합매뉴얼 수록내용 최종점검

나. 국내·외 공동연구

■ 국내 양해각서(MOU) 체결현황

1. 서울시 한강르네상스사업과 기술지원 협력에 관한 양해각서 체결 (2007년 6월 22일)



- 2007년 6월 22일, 한국건설기술연구원 Ecoriver21연구단과 서울특별시 한강사업본부는 “한강 르네상스 프로젝트”의 성공적인 추진과 한강의 보전, 개선, 복원 등 하천기술의 발전을 위하여 상호간 기술지원, 자문 등을 협력하기로 하였다.

- 기술지원 등 협력대상 분야

- ①인공호안을 생태녹지 공간으로 조성

②여의도 샛강 생태공원 조성

③암사동 한강둔치 생태공원 복원

④강서 습지 생태공원 확충 및 리모델링

⑤자연형 친수공간 조성

⑥하천내 키 큰나무 식재 및 관리방안

2. 만경강(봉동교 하류) 구하도 복원사업 기술지원협력에 관한 양해각서 체결(2008년 10월 15일)



- 2008년 10월 15일, 한국건설기술연구원 Ecoriver21연구단과 전라북도 완주군은 완주군 하천 복원사업의 성공적인 추진과 만경강의 보전, 개선, 복원 등 하천기술발전을 위하여 상호간 기술지원, 자문 등을 협력하기로 하였다.

- 기술지원 등 협력대상 분야

①폐천 및 구하도 복원 사업

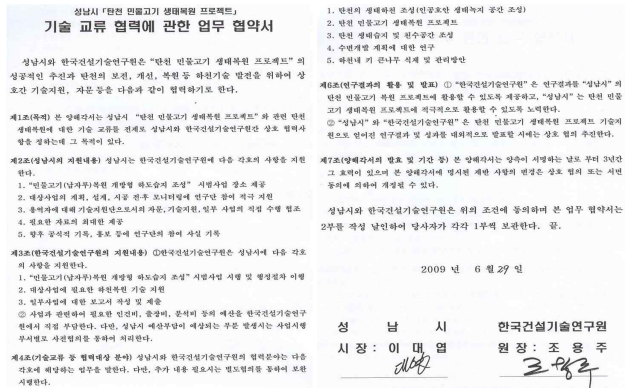
②하천내 수목식재 및 관리

③하도 및 둔치조성지 생태서식처 조성

④공동 협조하여 본 사업이 조기 완료되도록 적극 노력

⑤기타 “·연구단”에서 추진 중인 하천복원기술 등

3. 성남시 ‘탄천 민물고기 생태복원 프로젝트’ 기술교류 협력 양해각서 체결(2009년 6월 29일)



- 2009년 6월 29일, 성남시와 한국건설기술연구원은 ‘탄천 민물고기 생태복원 프로젝트’의 성공적인 추진과 탄천의 보전, 개선, 복원 등 하천기술 발전을 위하여 상호간의 기술지원, 자문 등을 협력하기로 하였다.

- 기술지원 등 협력대상 분야

- ①탄천의 생태하천 조성(인공호안 생태녹지 공간 조성)
- ②탄천 민물고기 생태복원 프로젝트
- ③탄천 생태습지 및 친수공간 조성
- ④수변개발 계획에 대한 연구
- ⑤하천내 키 큰나무 식재 및 관리방안

■ 국제공동연구

1. 콜로라도 대학(Colorado State University)

- 연구책임자 : 줄리앙(Julien)

- 연구기간 : 2007. 8. 20 ~ 2011. 8. 19(4년)

- 지원연구비 : 2.1억원

- 연구 주요내용

- 유량지속곡선 분석을 통한 수문분석
- HEC-RAS 자료를 근거한 수리분석
- 하상재료 분류 및 유사이송능 분석
- 하류의 수리기하를 이용한 평형 분석
- 항공사진 및 현장 조사자료를 이용한 지형 변화 분석

2. 나고야 대학(Nagoya University)

- 연구책임자 : 츠치모토 테츠로우(Tetsuro Tsujimoto)

- 연구기간 : 2008. 6. 20 ~ 2011. 8. 19(3년 2개월)

- 지원연구비 : 0.6억원

- 연구 주요내용

- 수제설치에 의한 수제부근 및 수제간 흐름 및 토사퇴적 변화분석
- 수제군에 의한 유속저감효과 분석
- 일본 수제 유형 및 사례 분석
- 수제가 하천환경에 미치는 영향 분석
- 수제에 의한 수질 변화 수치해석 기법 개발
- 수제에 의한 생물서식처 평가 기법 개발

3. 움벨트부로 크라겐프르트 (umweltbueroklagenfurt)

- 연구책임자 : 그레고리 이거(Gregory egger)

- 연구기간 : 2007. 9. 29 ~ 2011. 8. 19(3년 11개월)

- 지원연구비 : 1.1억원

- 연구 주요내용

- 기존 예측 모델(유럽 및 북미)의 분석 및 비교
- 하안 식생 천이 모델의 단계 구성
- 국내에 적합한 식생 정착단계 모델화
- 개발된 하안 식생 천이 모델의 낙동강 연구대상지 시범 적용

4. 미네소타 대학(University of Minnesota)

- 연구책임자 : 포티스(Fotis. S.)

- 연구기간 : 2008. 6. 20 - 2011. 8. 19(3년 2개월)

- 지원연구비 : 1.7억원

- 연구 주요내용

- 하천의 특성은 하천의 대형서식지에서 소와 여울, 흐름 혹은 중형서식지로부터 균일한 깊이, 기질, 피복상태 그리고 흐름특성(미소서식지)까지 여러 개의 크기로 분류
- 물고기와 다른 수중 유기물은 대, 중 그리고 미소서식환경 요구사항으로 구분
- 같은 종의 다른 수위에서의 서식환경은 다른 습성을 요구
- 다른 습성, 같은 계열의 물고기조차 하루 중의 다른 시간 혹은 다른 흐름 상태와 같은 다른 요구사항 필요

■ 연구단 차원의 국제협력사업 추진

1. 하천환경관련 국제워크숍 개최

- 일시 : 2007년 4월 30일, 킨텍스

- 목적

자연친화적 하천정비, 보철거, 수변완충지역, 하천 실험사업 등 연구원 내 하천환경 관련 연구 사업의 공동 니즈를 효율적으로 수행하는 방안의 일환으로서 외국 전문가 초청 워크숍을 통해 1) 관련 팀원들의 최신 정보/자료 습득과 전문성을 높여서 그에 따라 관련 연구사업에 직, 간접적으로 기여하고 2) 국내에 하천환경 관련 실무자들에게 자극을 주기 위한 것임



▲ 하천환경 관련 국제공동워크숍

2. URBEM Guideline Workshop 개최

- 일 시

2009년 3월 31일(화)~ 4월 2일(목), 3일간, 한국과학기술단체 총연합회 회의실

- 목 적

○ 2000년 초 EU에서 제작한 도시하천유역 복원/개선 가이드라인 소개

○ 국내 하천복원의 새로운 기술도입에 의한 발전방향 모색

○ 하천복원 관련 실무자(중앙/지자체 공무원, 엔지니어링 업체) 및 연구자, 대학원생에 대한 유럽의 실질적인 하천복원 교육 제공

- 강연자

Maximovic 교수(영국, Imperial 대학(URBEM 훈련책임자))

Ms Valerie Bain(URBEM Guideline 훈련프로그램 개발팀장)



▲ Field Trip

3. ECORIVER21 국제공동 워크숍 개최

- 일 시

2011년 04월 12일(화), 13 : 30~18 : 00, 서울교육문화회관 본관 3층 거문고홀

- 목 적

국제공동연구자의 최종 연구성과 확인과 관련 연구자의 국외 연구동향 파악 및 국내 전파, 관련연구의 자료 공유 및 인적교류 확대를 모색하기 위함



▲ 국제공동워크숍 강연자

4. 제8차 국제생태수리학회(ISE2010) 국내 유치 및 개최

- 일 시

2010년 09월 12일(일)~09월 16일(목), 서울 코엑스

- 목 적

건설 분야에 생태수리학의 효율적 접목을 할 수 있는 기회로 생태수리공학자, 정부 및 치단체 하천담당 공직자와 관련 업계 종사자 등 전 세계적으로 참가하며, 우리나라 건설생태수리학의 발전을 모색하는 의미 있는 자리가 되었음.

- 생태학과 수리학 접목분야 관련연구의 선진화 기여
- Ecoriver21 연구성과의 국제적 홍보 및 위상 제고



▲ ISE 2010 홍보 브로셔

- 국내 337명, 국외 228명 참가(연구단 145명, 발표 50편)



▲ 국제생태수리학회 강연장 모습

- 20개 전시부스 운영
- 기술시찰(물환경 연구소, 시화발전소지구, 임진각 및 DMZ)
- ISE2010은 대회 참가자 수, 발표 논문의 질, 발표자 노조유 비율, 세션별 참가자 수, 프로그램의 다양성(쇼트코스, 마스터클래스, 특별세션, 워크숍 등), 외국참가자 비율 등 여러 면에서 성공적이었음.

3. 과제목록

- 1, 2차년도는 4개 세부과제, 10개 세세부과제로 구성
- 3차년도 4개 세부과제, 12개 세세부과제로 구성
- 4차년도 4개 세부과제, 14개 세세부과제로 재편(1세부 연구내용 고려)
- 5차년도 4·1세세부과제 명칭 변경

자연과 함께하는 하천복원 기술개발 - ECORNER21(주권기관: 한국건설기술연구원)				
특수 교량	하천유사물 오염물 고체화 하도의 친환경하천기술 개발	물수리 보전, 복원 기술개발	생물서식환경 조성기술 개발	하천 개복, 평가 및 적응관리 기술개발
주권 기관	서울대학교	한국건설기술연구원	한국건설기술연구원	서울여자대학교
주요 연구 내용 / 참여 기관	1-1 중금속오염토양 복원 을 위한 정화기술개발 / 서울대학교, 부산대학 고 (주)한라건설(참여기업) 1-2 하상변형 예측 및 안정 하도설계기술 / 동의대학교, (주)생태조사단 1-3 배설기기를 자연해식 배출되는 오염물의 하천유 입오염 저감기술 / 한국건 설기술연구원	2-1 물수리 수리관리 기술 개발 / 한국건설기술연구원, 강원주자연환경연구원 2-2 물전 및 구하도 보전· 복원 기술개발 / 한국건설 기술연구원, (주)동부엔지 니어링, colorado대학교 2-3 생태 친변기류기 조성 기술개발 / 환경대학교, 경 원대학교, 고려대학교, 방 재안전기술원, (주)동부엔 지니어링 2-4 하천식물전해촉진 모 형개발 / 연세대학교, 경성 대학교	3-1 생태유기유량 산정 및 확보 기술개발 / 한국건설 기술연구원, 수자원공사, (주)경조엔지니어링(참여 기업) 3-2 생태도랑 설계 기술개 발 / 호남대학교, 경기대학 고, 인천대학교 3-3 하도서식처 조성 기술 개발 / 한국건설기술연구원, (주)삼한, 경원대학교, 호 북대학교, 나고야대학교	4-1 생태, 어류나미 및 수 리적 안정성이 반영된 하천 복원모형 개발 / 서울여자 대학교, (주)이산 4-2 하천복원사업의 사회 경제성 평가기술개발 / 국토 연구원, (주)동일기술공사 4-3 하천고관상태 평가 및 적응관리기술개발 / 수자원 공사, 호주대학교, 호남대 학교, 전주산업대학교, (주)유신코퍼레이션 4-4 복원과정의 평가 및 적 응관리 기술개발 / 연세대 학교, 영지대학교, 아네소 타대학교

II. 개발 기술 요약

1세부: 하천유사 및 오염을 고려한
하도의 친환경 이용기술개발

I. 과제 기본정보

세부과제명	하천유사와 오염을 고려한 하도의 친환경 이용기술개발		
수행기관	서울대학교	연구책임자	남경필
	부산대학교		황인성
	한양대학교		박재우
	동의대학교		류권규
	(주)생태조사단		원두희
	한국건설기술연구원		김원재

II. 연구개발 배경 및 목표

1. 연구배경

우리나라에서는 1960년대 이후 하천 홍수피해 방지, 도시 공간 및 농경지 등 토지 확보를 위한 하천 정비사업으로 인해 과거 자연상태의 하천은 대부분이 직강화, 인공화 됨으로써 하천구역 안팎의 홍수터 내 저류능력 상실, 생태환경공간 훼손 등으로 하천유역의 치수와 환경 기능이 악화되어 왔다. 또한 여름철에 강우가 집중하는 특성으로 홍수시 범람하는 지역이 평상시 하천에 물이 흐르는 구간에 비해서 상당히 크게 나타나며, 특히 하천변에 많이 산재하여 분포하고 있는 경작지를 포함한 비점오염원으로부터 높은 농도의 오염물질이 유입되어 하천을 오염시키는 주요원인으로 작용하고 있다.

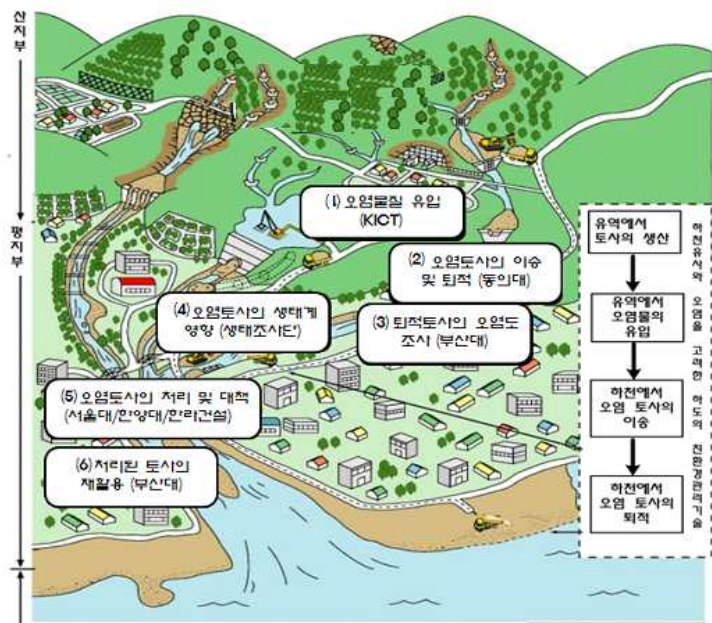
비점오염원은 도시, 도로, 농경지, 산지, 공사장 등과 같은 불특정장소에서 불특정하게 수질 오염물질을 배출하는 배출원으로써 오염물질의 유출 및 배출 경로가 명확하게 구분되지 않아 수집이 어렵고 발생량·배출량이 강수량 등의 기상조건에 크게 좌우되기 때문에 처리시설의 설계 및 유지관리가 어렵다.

정부는 95년 전국 비점오염원 조사를 통해 비점오염원이 수질오염에 기여하는 비율이 T-N과 SS는 50% 이상을 점유하고 BOD, T-P도 20~30% 수준임을 밝혀내었다. 그리고 비점기여율은 점오염원 처리율이 향상될수록 더욱 증가하고, 점오염원 처리가 어느 정도 이루어진 상태에서는 효율적인 수질관리를 위해 비점오염원의 적절한 관리가 필요함을 제시하여, 도시지역은 비점오염관리에 대한 장기대책수립이 거의 완성단계에 있으나 농촌과 같은 비시가지화 지역은 여러 가지 어려운 문제로 아직 해결해야할 문제들이 많아, 최근 들어서는 관거정비 및 비점오염원 관리를 통한 오염물질의 하천유입 저감을 위한 정책으로 전환되고 있는 상황이다.

한편 점오염원 및 비점오염원에 의해 하상으로 유입되는 산업폐수 및 액상 유해 폐기물에 의해 퇴적토 내의 고농도의 유기염류 뿐만 아니라 중금속, PAHs, PCB 등의 난분해성 오염물질 축적이 심해져 준설된 하상퇴적토를 그대로 재활용하기 곤란한 실정이다. 한편 퇴적토 내의 오염물질은 유기물의 분해나 그에 수반되어 발생하는 물리적, 화학적 변화에 따라 다시 상부 수층으로 장기간에 걸쳐 용출되면서 수질오염의 원인이 되기도 한다.

건강한 하천은 교란되지 않아 생태학적으로 온전한 상태를 나타내며, 화학적, 생물학적 총

체성을 모두 담보하여 생태학적 온전성 (Ecological integrity)으로 표현된다 (US EPA, 2002). 현재 우리나라 하천은 산업화 및 도시화로 인해 하천 내 유해 물질이 급증하여 하천의 생태학적 온전성 (Ecological integrity)이 교란되어 생물이 서식하기 어려운 하천이 많다. 국내 주요 하천의 물리적 환경 및 생태환경에 대한 자료는 미흡한 실정이며, 하천 유형에 따른 생태환경 복원을 위한 조사 연구 또한 거의 수행된 바 없다. 따라서 하천 생태환경에 대해 보다 객관적이고 과학적인 접근이 필요한 상황이다.



<그림 23.1.1> 하천유사와 오염을 고려한 하도의 친환경 이용기술개발 로드맵

국내의 호소에서 퇴적물의 무기오염물질 함량 중 COD 농도는 3,900~83,900 mg/kg, T-N 농도는 20~2,946 mg/kg, T-P 농도는 80~2,704 mg/kg의 범위를 나타내고 있으며(김경만 외, 2005), 또한 오염된 호소에서의 중금속의 경우에는 구리의 경우 30~170 mg/kg, 카드뮴의 경우 0.4~1.2 mg/kg, 납의 경우에는 20~100 mg/kg, 아연의 경우에는 40~140 mg/kg의 농도가 검출되었다 (김승진, 2007). 이러한 농도는 미국 해양대기청 기준을 준용하였을 때 아연, 납, 구리 등의 중금속의 경우, 오염농도는 퇴적물내의 저서생물에 악영향을 끼치기에 충분한 수준이다. 퇴적물은 이러한 오염물질들의 저장고로서 특히 유기성의 오염물질은 퇴적물의 세립자 혹은 유기물 함량이 풍부한 부분과 강한 결합을 이루며 저서생물에 농축

되어, 궁극적으로는 먹이사슬을 통해 농축된다.

준설 퇴적물은 연간 3500만 m³ (해양수산부, 2006) 양이 발생하지만 오염 정도가 심하여, 재활용을 하지 못하고 600억 원이 넘는 금액이 단순 매립·폐기하는데 사용되고 있다. 앞으로 항만공사, 해안 매립 및 신도시 건설 등 대형 토목공사의 추진이 불가피하며 이에 따라 준설퇴적물의 발생량은 더욱 증가할 것으로 예상된다. 세계적 복원기술의 지향점이 2차오염의 방지 및 자원의 재활용을 통한 녹색 성장 (Green Growth)임을 고려할 때 오염 준설토의 친환경적, 경제적 처리 및 재활용 방안을 제시하는 본 연구의 필요성이 강조된다.

오염된 토양 및 토사의 세척기술은 퇴적토 입자에 결합되어 있는 오염물질을 적절한 세척제와 기계적 마찰력을 이용하여 액상으로 이동·분리시키는 기술로서, 준설토 처리의 효과적인 방법 중 하나이나, 오염물질이 상대적으로 집중되어 있는 미립자에 대한 처리 효율이 낮다는 점은 공정의 효율 감소를 초래한다. 이러한 문제로 인하여 현재 오염 준설토는 적절한 처리방안을 찾지 못한 채 적치되고 있으며, 향후 발생량 또한 증가할 것으로 예상되기 때문에 경제적으로 정화처리 및 재활용할 수 있는 기술의 개발이 절실하다. 그 중에서도 고형화/안정화 기술을 이용하여 오염 준설토 내 중금속 등 오염원의 위해성을 최소화한 후 콘크리트 혼합에 주로 이용되어 재료비의 절감이 가능한 경량골재와 매립지의 복토재, 보조 기층재 등으로 다양하게 재활용할 수 있는 기술개발이 요구되는 실정이다.

이에 따라 하상으로 유입되는 오염원의 분석, 모의 시스템 구축 및 저감기술 개발을 위하여 비시가지의 비점오염원 저감기술 연구와 토사 유입 및 준설에 따른 하상과 생태계의 변화기작 연구, 오염 퇴적토의 처리 및 대책과 관련된 연구로써 준설된 오염퇴적토의 정화처리 및 재활용 방안 마련을 통하여 종합적인 오염원 관리 및 하상 퇴적토 관리기법을 도출함으로써 인간과 자연이 더불어 살 수 있는 친환경적인 하천을 조성하고 과거의 이·치수 중심적인 하천에서 현재, 미래의 하천사용자 중심을 보장하는 인간 중심적인 환경 기능을 보전, 개선 및 복원할 수 있을 것이다.

2. 연구목표

- 하상으로 유입되는 오염원의 분석, 모의 시스템 구축 및 저감기술 개발
- 하천 유사와 오염 물질의 이송 및 거동 해석을 통하여 안정 하도 설계 기술 개발
- 준설된 오염퇴적토의 정화처리 기술 개발 및 재활용 방안 마련

III. 연구개발 내용 및 결과를

1. 주요 연구내용

(1) 비시가지 지역의 하천유입 오염 저감기술 개발

- 강우유출 오염물질 문헌연구
- 하천유입 오염 저감 및 식생수로 조성기술 검토
- 대상유역 특성분석 및 오염부하 모니터링

○ 강우유출 오염부하 모의시스템 구축

강우발생 시 강우유출에 의하여 발생하는 비시가화 지역으로부터의 하천유입 오염물질은 불특정 장소에서 다양한 토지이용으로 비롯되는 불특정 오염물질이며, 강우에 의해서 수원으로 유입되는 특성을 가져 관리 및 처리가 쉽지 않아 하천 및 호소의 수질에 영향을 미침에 따라, 도시화 지역보다 상대적으로 넓게 분포되어 있는 비시가화 지역에서 발생하는 오염물질을 환경친화적으로 처리하여 하천 및 호소로 유입되도록 하는 하천유입 오염 저감 기술을 개발하고자 하는 연구이다. 이를 위하여 비시가화 지역을 대상으로 강우유출에 의하여 발생하는 오염물질의 유출오염부하 해석·모의시스템을 구축 및 개발하고, 해석·모의시스템과 연결된 환경친화적인 강우유출 오염물질 저감기술 선정 및 현장적용 방안 가이드라인 제시를 하고자 하는 것이 주된 연구 내용이다.

(2) 하상변화 예측 및 안정화도 설계기술

- 토사수지 분석 기법 조사 및 토사수지 분석 기법 국내 적용
- 준설 등에 의한 하상 변동 조사 및 수치 모형을 이용한 장기 장기간 하상 변동 예측 방법 및 지침 제시
- 오염 유사의 이송 및 퇴적 분석
- 하도 안정화 기술 개발

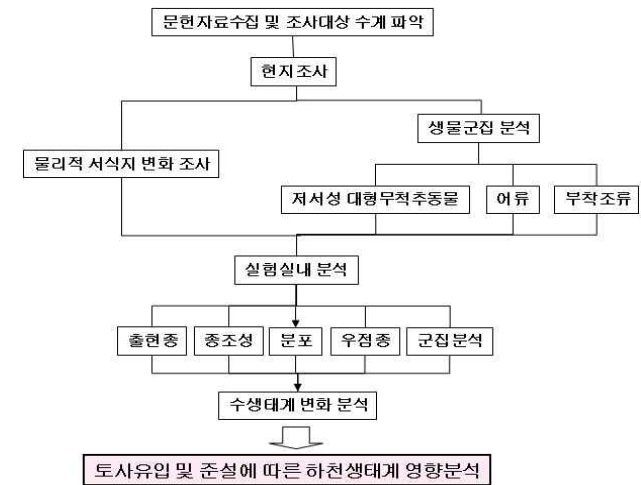
자연형 하천 사업에 관련하여 콘크리트 호안을 자연형 호안으로 변경하는 연구가 활발히 추진되고 있으나, 이 과정에서 댐건설이나 골재 채취 등의 하천 내 각종 사업이 시행되며 자연적으로 형성된 하안은 이러한 인위적인 하천 사업의 영향을 받게 된다. 한편 국내에서 이러한 하천의 평면변화에 대한 예측이나 그에 따른 하상의 안정화 문제는 본격적으로 검토되지 못하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 하천 유사와 오염 물질의 이송 및 거동 해석을 통하여 안정 하도 설계 기술을 개발하는 것이다. 이를 통하여 하안 변화에 대한 예측과 안정화 대책, 토사 수지 분석을 통한 하천의 토사 변화를 예측하고, 최종적으로는 하천의 종단 및 평면적 변화를 고려한 안정 하도 설계 기법과 안정화 기법을 제시할 필요가 있다.

(3) 준설이 하천생태계에 미치는 영향 분석

- 토사유입이 하천생태계에 미치는 영향 분석
- 준설이 하천생태계에 미치는 영향 분석
- 물리적 교란에 따른 하천생태계의 변화기작 분석

본 연구의 최종목표는 토사유입이 하천생태계에 미치는 영향을 분석하는 것으로 토사 유형에 따른 하천생태계 변화 조사 (silt, sand 등), 토사 유형에 따른 물리적 서식지 변화 조사 (QHEI 등), 토사 유형에 따른 생물군집 변화 및 수생태계 건강성 평가 (부착조류, 저서성 대형무척추동물, 어류)로 나눌 수 있다. 우리나라 하천의 물리적 환경에 따른 하천 생태 환경에 대한 기초자료를 구축함으로써 하천 교란요인으로부터의 영향 최소화 방안 및 대책 수립에 이용할 수 있으며 지속가능한 하천관리 실현을 목표로 하천생태환경의 보전과 복원을 통한 생물다양성 증가 등의 편익은 유무형의 국민 삶의 질 향상에 기여할 것으로 기대된다.



<토사 유입 및 준설에 따른 하천생태계 영향분석 개요도 (생태조사단)>

(4) 준설 오염퇴적토의 재활용을 위한 정화기술개발

- 국내 퇴적토 오염에 적합한 퇴적토 세척액 또는 안정화 매질 및 농도 선정
- 퇴적토 입도에 따른 단계별 세척 공정 분리를 통한 정화 효율 증대 및 미립자 분리·처리 정화 기술 개발
- 파일릿 규모 세척장치의 처리능 확인·보완
- 오염 퇴적토 안정화 기작 연구 및 기술 적용 전/후 생물학적 이용성 저감 증명을 통한 미립자 정화효율 평가
- 오염퇴적토 처리 시스템 구축 및 타 공법 및 재활용 기술과의 연계를 포함한 종합적 준설토 관리방안 도출

본 연구의 목적은 오염된 퇴적토를 준설했을 때 세척 처리하는 위치 외 처리기술의 효율을 증진시키고 재활용과 연계하여 친환경적·경제적 퇴적토 처리 방안을 마련하는 것이다. 이를 위하여 퇴적토의 입경 분리 및 미립자에 대한 화학적 추출 등을 포함하는 고도세척 및 안정화 공법을 활용함으로써 퇴적토의 성상 별로 적합한 처리가 가능함을 실험실 및 파일럿 규모로 확인하며, 그 적용성을 검토하고 이를 타 처리 기법 및 재활용 기법과 연계함으로써 종합적 준설토 관리 방안을 수립하는 것을 목적으로 한다.

오염 퇴적토의 연속식 입경분리를 통하여 단순 세척 처리가 가능한 부분과 추가 처리가 필요한 부분을 구분하기 위한 기준을 마련하고, 추가 처리가 필요한 미립자에 대해서 안정화 공법 및 고도세척의 이원화된 처리기법을 적용한다. 또한 이를 파일럿 규모 현장에 적용하여 처리 효율을 검증·보완하고 오염 퇴적토 처리 시스템을 구축함으로써 장비의 설치·운영에 가이드라인으로 활용할 수 있도록 한다. 처리된 청정 토사를 재활용하는 방법과 연계함으로써 궁극적으로 종합적인 준설토 관리 방안을 수립한다.

(5) 활성탄을 이용한 오염된 준설퇴적물 안정화 기술 개발

- 활성탄 흡착제의 오염물 안정화를 위한 최적 주입량, 반응 시간 도출
- 준설퇴적물 내 중금속의 안정화 강화를 위한 활성탄 개질연구
- 개질된 활성탄의 적정 요구량 및 처리시간 산정 후 오염된 준설퇴적물을 처리하고 공존하는 질소 및 인 등에 의한 중금속의 흡착 방해를 억제하는 기술 개발
- 오염물을 흡착한 활성탄에 의한 2차 오염가능성에 대한 연구를 위하여 처리 전·후의 잔류 중금속 및 유기 오염물의 탈착량을 모니터링하고 이들 데이터를 이용하여 준설퇴적물 정화 기술의 정량화를 모색함

준설했던 오염 퇴적물의 처리는 준설했던 곳의 지형에 고도의 기술을 요구한다. 이는 퇴적물이 중금속, PAHs, PCB 등의 난분해성 오염물질들을 포함하고 있을 뿐만 아니라 수분함량이 높아서 쉽게 처리 되지 않기 때문이다. 따라서 유해폐기물 투기지역의 토양 및 퇴적물에 함유된 오염물질을 처리하기 위해서 1차적으로 오염물질 추출기술을 적용하여 처리해야 할 퇴적토의 부피를 줄인 후 2차적으로 고비용의 파괴적 처리방법을 적용하고 있다.

오염된 준설퇴적물 정화에 높은 기술수준이 요구되고 비용이 많이 드는 것 뿐 아니라, 현재 해양관련 법규상 모든 항만 및 어항지역은 준설토사는 오염도에 상관없이 해양폐기물로 분류되어 있다. 이렇듯 기술적, 제도적인 문제로 인해 연간 3,500만 m³ (해양수산부, 2006)의 퇴적물이 단순히 매립, 외해투기 등을 통해서 처리되고 있다. 이 경우 준설퇴적물 내 존재하는 오염물질들이 매립장 밖으로 유출되어 매립장 주변 지역을 2차 오염시키는 경우가 발생할 수 있다 (윤 외, 2008). 따라서 준설퇴적물의 처리에 있어 매립에 의한 2차 오염을 방지할 수 있는

안정화 방법 뿐 아니라 더 나아가 준설퇴적물을 유효하게 다시 활용할 수 있는 친환경적이고 경제적인 처리기술이 필요하다고 본다.

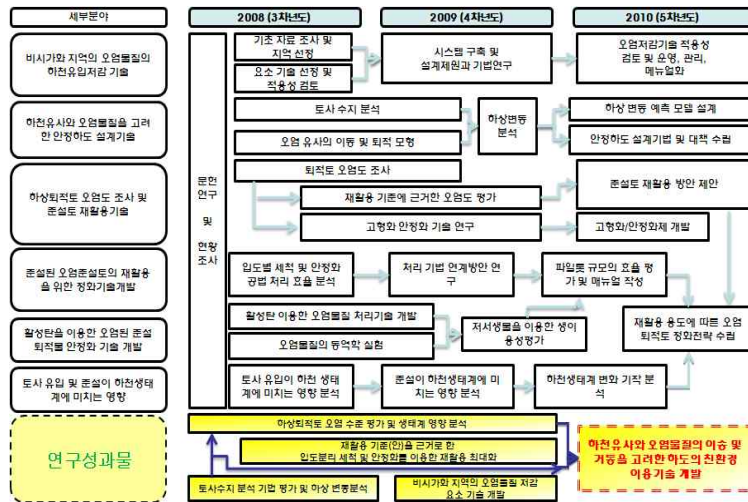
본 연구의 최종 목표는 활성탄을 이용하여 오염된 준설퇴적물내의 오염물질을 안정화 시켜 재활용 가능한 상태로 만들어 주는 기술을 개발하는 것이다. 준설퇴적물 내 유기오염물질의 이동을 90% 이상 저감 시키며 중금속의 공극수 상으로의 이동 및 생 이용성을 80% 이상 저감시키는 것을 목표로 하고 있다.

(6) 하상퇴적토 오염도 조사 및 준설토 재활용기술 개발

- 생태조사지역, 준설했던 지역, 오염의심지역 등 하상퇴적토 오염도 조사
- 준설토 재활용 기준(안) 제안
- 준설토 재활용 용도에 따른 환경기준 조사 및 제안
- 준설토 재활용 기술 개발

현재 오염 준설토는 적절한 처리방안의 부재로 인하여 적치되고 있으며, 향후 발생량 또한 증가할 것으로 예상되기 때문에 경제적으로 재활용할 수 있는 기술의 개발이 절실하다. 그 중에서도 고형화/안정화 기술을 이용하여 오염 준설토내 중금속 등 오염원의 위해성을 최소화한 후 콘크리트 혼합에 주로 이용되어 재료비의 절감이 가능한 경량골재와 매립지의 복토재, 보조 기층재 등으로 다양하게 재활용할 수 있는 기술개발 요구되는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 하상퇴적토의 오염도를 조사하여 정화 및 재활용에 필요한 기초자료를 제공하고 오염퇴적토를 친환경적으로 재활용할 수 있는 기술개발을 목표로 한다. 이는 준설토 처리방안의 부재 및 낮은 재활용률을 해결할 수 있는 대안을 제시하며 산업 부산물을 재활용하는 고형화 기술 및 오염 준설토를 경량골재, 복토재, 기층재 등으로 재활용하는 기술을 포함한다.



<세부 연차별 과제 연계도>

2. 연구개발 결과

(1) 비시가화 지역의 하천유입 오염 저감기술 개발

a. 강우유출 오염부하 모의시스템 구축

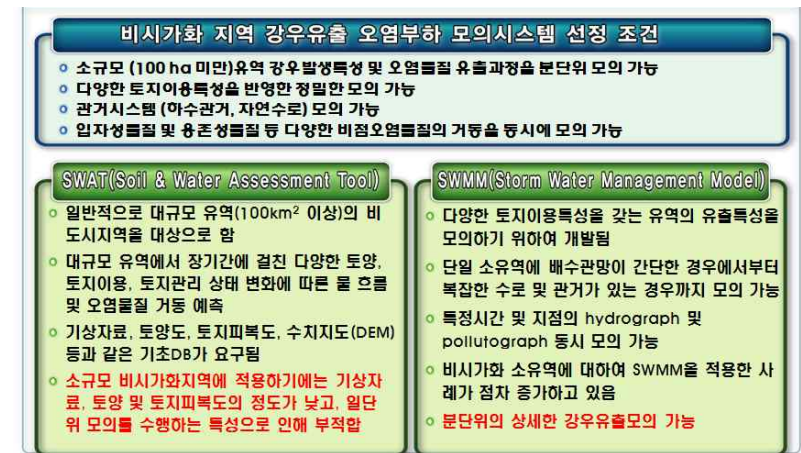
- 비시가화지역에 적용가능한 강우유출모형 특성 비교분석
(정밀성, 다양한 수질인자의 모의가능성 등)



고양시 주교동 일대를 강우유출 모의시스템 구축을 위한 대상지역으로 선정함에 따라, 강

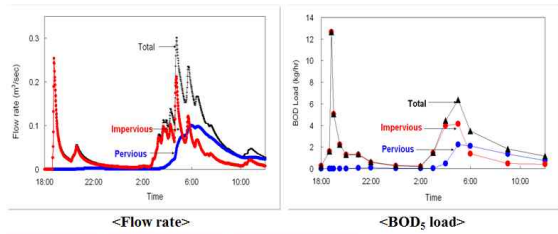
우유출모의를 위한 유출모형으로 XP-SWMM과 SWAT을 선정하였다. 본 연구에서는 수십 ~수백 ha 규모의 소유역을 대상으로 하여 보다 정도 높은 유출특성을 모의할 수 있고, 다양한 토지이용특성을 반영한 정밀한 모의가 가능하고, 소규모의 비시가화 지역에서 나타나는 관거시스템 (하천수로 및 자연수로 등), 입자성 물질 및 용존성 물질 등 다양한 비점오염물질의 거동을 동시에 모의가 가능한 모델의 선정이 요구된다.

따라서, 시가화지역은 물론 비시가화지역에도 다수의 적용사례가 있고 소유역에 대한 정도 높은 유출모의를 위해서는 XP-SWMM과 같은 분포형 모형의 활용이 필요하다.



<강우유출 모델의 특성 분석 및 선정>

- 소규모 비시가화 대상유역 강우유출 모의시스템 구축

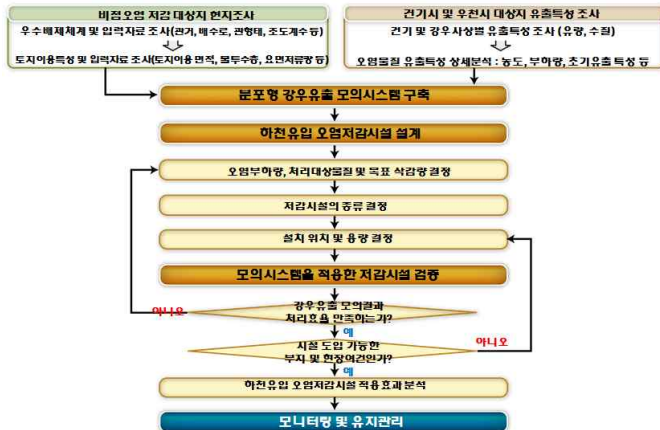


Constituent	Pervious area(84%)		Impervious area(16%)	
	Load (kg)	%	Load (kg)	%
TSS	320.6	31.0	712.9	69.0
BOD ₅	12.5	34.2	24	65.8
COD _{cr}	15.1	24.8	45.7	75.2
TP	0.1	24.2	0.3	75.8
TN	6.8	36.5	11.8	63.5

- 불투수지역 면적 비율 16%
- 불투수지역에서의 오염물질별 유출비율 63.5%~75.8%
- 비시가화지역에서 불투수지역은 매우 중요한 Factor로 작용

강우유출 모의시스템은 비점오염 저감시설의 효율적인 설계 및 운영을 위하여, 대상지역의 토지이용특성이 반영된 비점오염물질 유출특성을 모의하기 위한 도구로서, 향후 하천의 분류 및 지표로 유출될 수 있는 비점오염물질의 저감을 위한 시설의 설계에 반영될 경우 효과적인 수질관리가 될 것으로 예상된다.

○ 강우유출 모의시스템 적용성 평가



b. 운영 및 관리 매뉴얼 작성

○ 소규모 비시가화지역 강우유출 모의시스템 적용 매뉴얼 작성

제1장 조사 개요 : 조사의 목적 및 조사방법

제2장 자료 수집 : 필요자료 및 수집방법

제3장 현지조사 : 조사항목 및 조사방법

제4장 실측조사

- 수문 · 유량조사 방법
- 수질 조사방법
- 퇴적물 조사방법

제5장 해석작업 항목과 수준

제6장 해석작업의 내용

- 유출해석방법 선정
- 대상유역 모델화
- 침투의 모델화
- 지표면 모델화
- 데이터 작성
- 검증(재현성의 확인)
- 모의
- 모의 결과의 판단 및 활용

※ 일본 (제)야수도산기술추진기구 발간 '유출해석모델 개발용 매뉴얼' 등 참조



○ 하천복원 통합매뉴얼 작성

6장. 복원 공법의 선정 및 시행

6.3 공법 소개

6.3.6 수질개선 공법

하천 유입 전 개선대책(제내지)		하천 유입 후 개선대책(제외지)	
대책	-오염물질 하천유입 전 차단 혹은 처리 -오염물질 전량 혹은 일부 정화 후 방류	대책	-대상하천 직접정화 -하천수 전량 혹은 일부를 취수하여 정화 후 방류
공법	장지형 시설, 침투형 시설, 저류형 시설, 식생형 시설 등	공법	자갈집속산화공법, 끈상집속산화공법 등
공법 선정	① 오염원 및 유입경로조사, ② 수질오염 유형판단(점, 비점오염원), ③ 건기 및 강우시 수질조사 통한 오염판단 선정 ④ 강우유출 모의 및 목표수질 설정, ⑤ 부지여건 및 주변환경 검토, ⑥ 최적 공법선정		

구분	공법 개요	설치사례
장지형 오염저감시설	물리적, 화학적 원리를 이용하여 오염물질이 하천에 유입되기 전 처리하여 방류	강주시 남산리 인공습지
침투형 오염저감시설	강우유출수가 불포화지층을 통과하면서 침투, 여과, 흡착 등에 의해 정화	
저류형 오염저감시설	오염원 하천수를 저류한 후 물리적 중력침전 등에 의해 정화	
식생형 오염저감시설	침전, 퇴적, 토양여과, 흡착, 미생물 분해 및 식물에 의한 정화 등 자연환경을 이용한 정화	안양천 집속산화 시설
집속산화공법	자갈, 채석, 곤상, 플라스틱 등 접촉여재 사이로 하천수를 통과시켜 집속산화, 여과, 침전, 생물학적 분해에 의하여 정화	

(2) 하상변화 예측 및 안정하도 설계기술

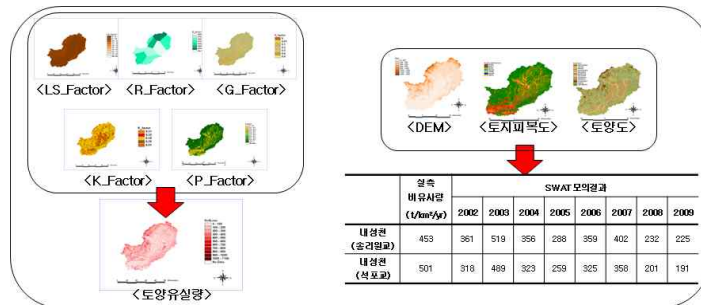
a. 토사수지 분석 기법의 국내 적용

○ 내성천 유역을 대상으로 토사수지 분석

내성천 유역을 시범 대상 유역으로 선정하고, 토양 유실량을 산정하고, 이를 하도에 적용하

여 유역의 토사 수지를 분석하는 것이다. 일차적으로 내성천 유역의 토사 산출량을 산정하기로 한다.

GIS 기반의 RUSLE 토양유실모델을 이용하여 토양유실량을 산정하기 위하여 내성천의 DEM, 정밀토양도, 토지피복도 등의 GIS자료를 구축하고 내성천 유역의 9개 우량관측소의 Thissen망을 생성하여 연평균강우량 자료를 신계중 (1999)가 제시한 강우인자 산출식에 이용하여 토양 유실량을 산출하였다.



<내성천 유역 RUSLE/SWAT을 이용한 토사수지 분석>

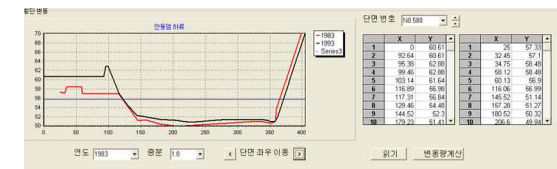
b. 하상변동 분석

- 하상변동 계산 가이드라인 작성



<하상변동계산 가이드라인>

- 하상변동량 산정 프로그램 개발

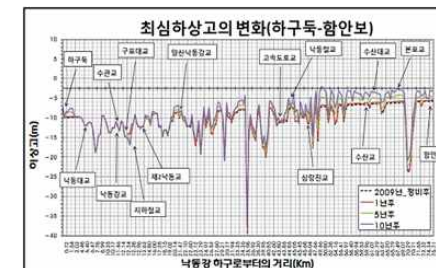


<하천의 횡단 변화>



<하천의 종단 변화>

- 낙동강 전체구간 하상변동 분석



<HEC-RAS를 이용한 장기 하상 변동 예측
(하구둑~함안보)>

c. 하도 안정화 기술 분석

- 하상유지공 설계 가이드라인 작성



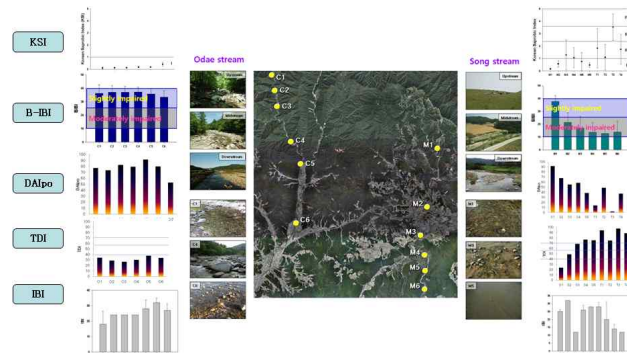
<하상유지공 설계 가이드라인>

(3) 준설이 하천생태계에 미치는 영향 분석

a. 토사유입이 하천생태계에 미치는 영향

○ 모래(sand) 유입 수계

- 수질 항목 중 SS, TDS, Turbidity가 하류로 갈수록 증가함. 부착조류, 저서성 대형무척추동물 및 어류 등은 모두 토사유입과 영양염류의 영향을 받는 것으로 나타남
- 수생태 건강성 평가의 결과 상류보다 하류 대부분의 지점이 상대적으로 좋지 않은 환경 상태로 나타남



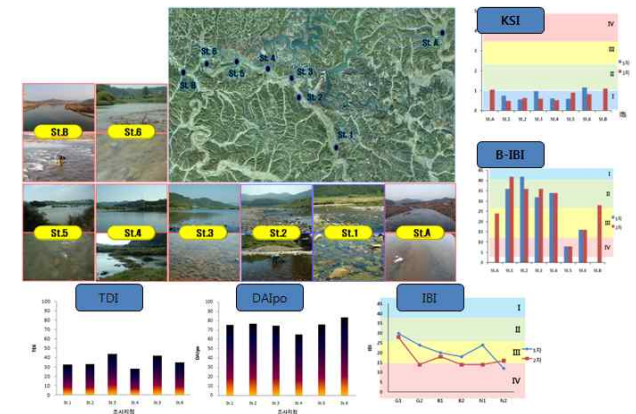
<송천수계 (모래유입 수계)의 수생태 건강성 평가 결과 종합 >

토사 유형에 따른 하천생태계 변화 조사 (silt, sand 등), 토사 유형에 따른 물리적 서식지 변화 조사 (QHEI 등), 토사 유형에 따른 생물군집 변화 및 수생태계 건강성 평가 (부착조류, 저서성 대형무척추동물, 어류)로 나눌 수 있다. 우리나라 하천의 물리적 환경에 따른 하천 생태환경에 대한 기초자료를 구축함으로써 하천 교란요인으로부터의 영향 최소화 방안

및 대책 수립에 이용할 수 있으며 지속가능한 하천관리 실현을 목표로 하천생태환경의 보전과 복원을 통한 생물다양성 증가 등의 편익은 유무형의 국민 삶의 질 향상에 기여할 것으로 기대된다.

○ 실트(silt) 유입 수계

- 수생태 건강성 평가를 종합하면 연구기간 중 탁수가 발생하였던 안동호의 영향으로 낙동강 본류 조사지점이 상대적으로 불량한 환경상태를 지닌 것으로 평가됨



<임하호 인근 수계의 수생태 건강성 평가 결과 종합>

- 토사유입은 하천의 물리적 서식지를 단순하고 불안정한 형태로 변형시키고 이에 따라 서식생물이 영향을 받는 것으로 나타남. 그리고 수생태 건강성 평가 결과는 이러한 상태를 반영하였음

b. 준설 등 하상유출이 하천생태계에 미치는 영향

○ 산곡천 수계

- 2008년 8월(공사전), 2009년 2월(공사중) 및 2009년 11월(공사후) 등 3회에 걸쳐 경기도 하남시 일대 산곡천에서 조사를 수행함
- 유기오염 정도를 간접적으로 알 수 있는 BOD의 경우 S1과 S2 지점에서 공사전과 비교하여 공사중에 감소하였다가 공사후에 다시 증가하였음. 공사의 영향을 받는 하류(S3, S4)의 경우 전체적으로 감소하는 추세를 보임. 수중에 현탁되어 있는 부유물질의 양을 알 수 있는 SS의 경우 S1과 S2 지점에서 공사전과 비교하여 공사중에 증가하였다가 공사후에 감소하였음. 공사의 영향을 받는 하류(S3, S4)의 경우 지속적인 증가 현상을 보임. 전반적으로 수질은

공사전과 비교할 때 공사후에 조금 개선된 것으로 판단됨

- 물리적 환경은 공사중 악화되었다가 완료 후, 이전수준으로 빠르게 회복됨
- 저서성 대형무척추동물 및 어류의 종수는 공사기간 중 감소하였다가 공사완료 후 이전수준으로 회복됨. 저서성 대형무척추동물의 개체수는 과거에 비하여 현저히 감소하였으며, 어류는 공사전·후가 비슷함
- 수생태 건강성 평가의 결과 저서성대형무척추동물은 공사전에 비해 개선된 것으로 나타났으며, 어류는 공사전과 유사하였음

○ 경안천 수계

- 2007년 5월(공사전), 2007년 8월(공사중), 2007년 11월(공사후), 2008년 1월(공사후) 및 2010년 4월(공사후) 등 5회에 걸쳐 경기도 용인시 경안천 수계를 조사함

- 공사전과 비교하여 공사후에 DO가 증가하였으며 BOD, COD, SS 등이 감소하여 수질이 개선되는 것으로 나타남

- 공사전 하상퇴적물 침적과 수변공간 및 흐름상태가 단순하여 물리적 환경이 불량하였으나, 공사후 서식지 환경이 크게 개선된 것으로 확인됨

- 저서성 대형무척추동물의 출현종수는 공사기간 중에 크게 감소하였으나, 공사후(2007년 11월 이후)에 이전수준으로 회복됨. 그러나 2010년 추가 조사결과에서는 다시 감소하는 것으로 나타남

- 공사전에 실지렁이 및 깔따구류와 같은 오염내성종이 주로 우점하였으나, 공사후(2007년 11월 이후) 일반하천의 대표종인 줄날도래류가 우점하는 것으로 나타남. 그러나 2010년 추가 조사결과에서는 다시 2007년 공사전의 우점종으로 대체되어 가는 것으로 나타남

- 수생태 건강성 평가 결과 공사후(2007년 11월 이후) 건강성이 크게 개선된 것으로 나타났으나, 2010년 추가 조사결과에서는 다시 공사전 수준으로 악화되고 있는 것으로 나타남

- 어류에서는 준설이 큰 영향을 미치지 않는 것으로 확인됨
- 결과적으로 산곡천의 경우 준설이 수질이나 물리적 환경 및 서식생물 등에 운영향을 미치는 것으로 나타남. 그러나 경안천의 경우 준설이 단기적으로는 산곡천과 마찬가지로 수질이나 물리적 환경 및 서식생물 등에 운영향을 미쳤으나 시간이 경과하면서 다시 오염물질의 유입과 하상퇴적물 침적 등으로 인하여 하천상태가 악화되는 것으로 나타남.

- 단기간 조사를 통한 본 연구결과만으로는 준설이 하천생태계에 미치는 영향을 명확하게 언급하기 곤란함. 다만, 준설이 수질을 포함하여 생태계를 개선시키는데 있어서 단기적 효과는 있으나 사후 관리가 제대로 이루어지지 않을 경우 다시 원래의 상태로 돌아갈 수 있다는 것을 확인할 수 있었음

c. 물리적 교란에 의한 하천생태계 영향

○ 탁도와의 관계

- 교란요인에 따른 생물군집의 변화를 알아보기 위해 2007년부터 2010년까지 수행된 연구결과를 바탕으로 상관성을 분석함.

- 탁도가 1 NTU 증가함에 따라 종수는 약 0.16종, 개체수는 15.32개체씩 감소하는 것으로 나타남

- 탁도가 1 NTU 증가함에 따라 우점도 지수는 0.002씩 증가, 다양도 지수는 0.01씩 감소, 종 풍부도지수는 0.017씩 감소함

- 한국생물오수지수의 판정결과 탁도가 121.98 NTU이상 일 때 2등급 이하로 수환경이 악화되며, 297.42 NTU 이상일 때 3등급, 472.85 NTU 이상이면 4등급 수준으로 악화됨

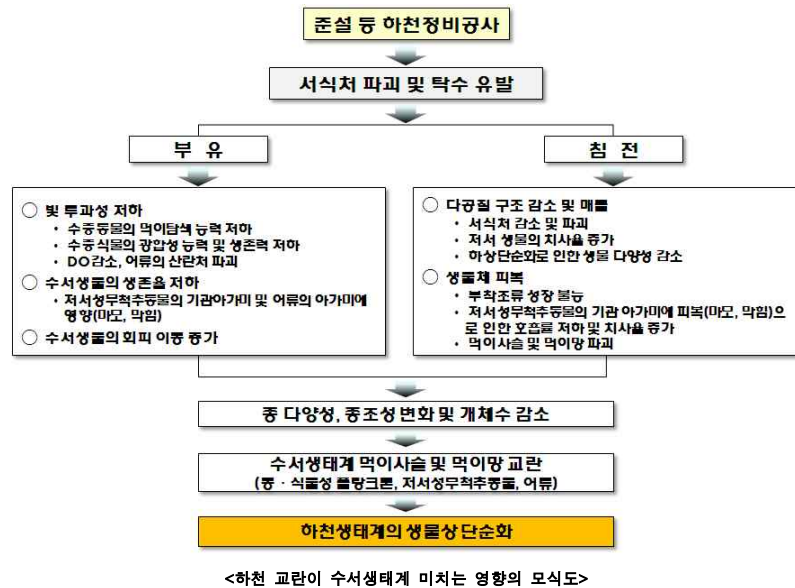
○ 부유성 물질(SS)과의 관계

- 교란요인에 따른 생물군집의 변화를 알아보기 위해 2007년부터 2010년까지 수행된 연구결과를 바탕으로 상관성을 분석함.

- SS가 1 mg/L 증가함에 따라 종수는 약 0.16종, 개체수는 15.32개체씩 감소하는 것으로 나타남

- SS가 1 mg/L 증가함에 따라 우점도 지수는 0.002씩 증가, 다양도 지수는 0.01씩 감소, 종 풍부도지수는 0.017씩 감소함

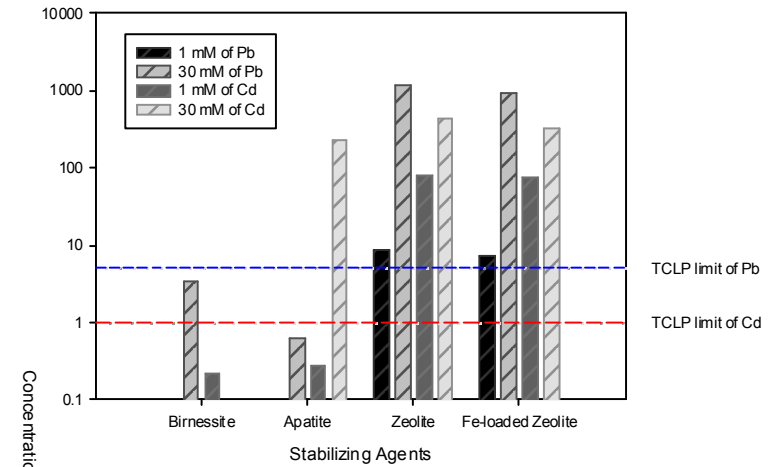
- 한국생물오수지수의 판정결과 SS가 4.10 mg/L이상 일 때 2등급 이하로 수환경이 악화되며, 0.16 mg/L 이상일 때 3등급, 16.22 mg/L 이상이면 4등급 수준으로 악화됨



(4) 준설 오염퇴적토의 재활용을 위한 정화기술개발

a. 안정화 매질의 흡착 성능 및 효율 연구

- 안정화 매질의 퇴적토 내 중금속 제거 효율 평가
 - Birnessite, apatite, zeolite, Fe-loaded zeolite를 안정화 매질로 선정하여 등온흡착실험과 흡착강도 실험을 한 결과 birnessite와 apatite의 효율이 높은 것으로 나타나 두 가지 매질을 안정화 매질로 선정하였음

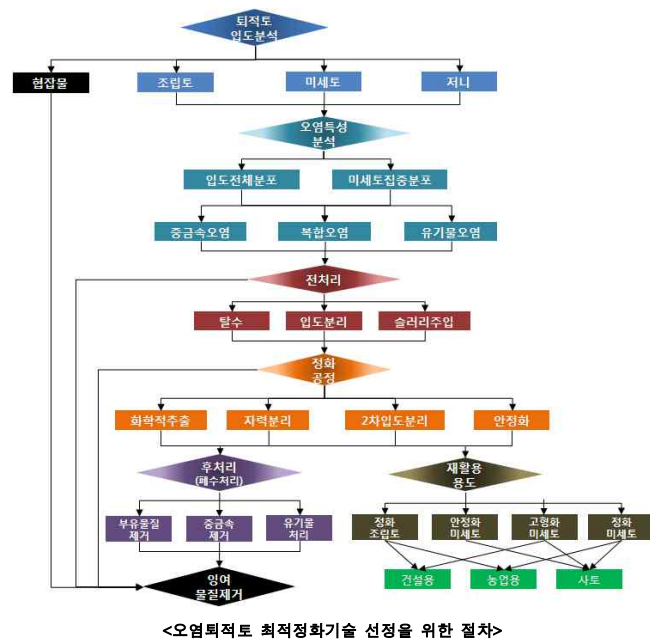


<중금속을 흡착시킨 안정화 매질의 TCLP 추출 실험 결과>

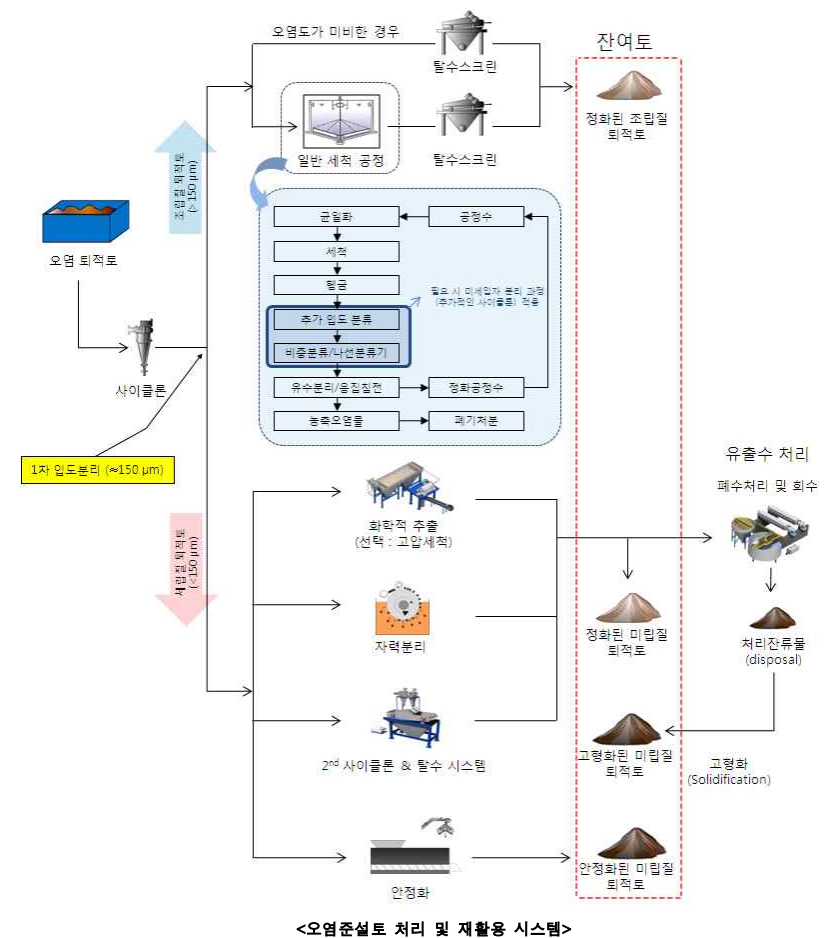
- 안정화 처리에 따른 퇴적토 내 중금속의 생물학적 이용성 (Bioavailability) 평가
 - 발광성 미생물을 이용하여 생물학적 이용성을 평가한 결과 birnessite는 중금속 오염퇴적토의 독성을 약 10배 감소시키는 효과가 있었으며, apatite는 이보다 독성감소폭이 큰 것으로 나타남
 - 무척추 동물 (저서 생물종)을 이용한 생물학적 이용성 평가 결과, 오염된 퇴적토에서의 생존율이 0% 이었던 것에 반해, birnessite로 처리한 오염퇴적토에서 생존율이 80~100%, apatite로 처리한 오염퇴적토에서 생존율이 90~95%로 나타나 독성이 현저히 감소됨을 확인함
 - 지렁이를 이용한 생물축적량 평가 결과, 납으로 오염시킨 퇴적토의 경우, birnessite로 처리한 퇴적토에서 생체 내 축적량이 83.3% 감소하였으며, apatite로 처리한 퇴적토에서 79.6%가 감소하였고, 카드뮴으로 오염시킨 퇴적토에서는, birnessite로 처리한 경우 생체 내 축적량이 88.8% 감소하였으며, apatite로 처리한 경우 76.1%가 감소하여 독성이 줄어들음을 확인하였음

b. 오염준설토 처리 및 재활용 시스템 구축

- 오염퇴적토 최적정화기술 선정을 위한 절차



○ 재활용 가능량 증진을 위한 오염 퇴적토 처리시스템 구축

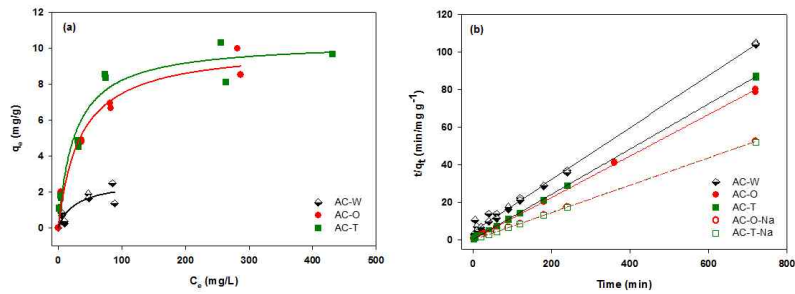


(5) 활성탄을 이용한 오염된 준설퇴적물 안정화 기술 개발

a. 활성탄 개질로 인한 중금속 흡착능 증대

○ 최대흡착능 및 흡착반응속도 증대

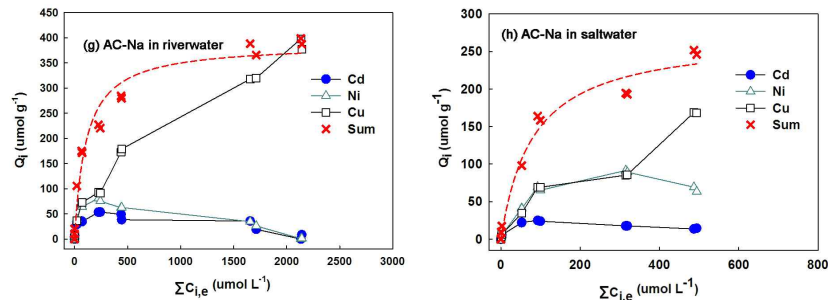
- thiol 및 산소작용기를 이용하여 최대흡착능을 최대 5.3배, 2차 반응 상수값은 최대 71.6배 증대시킬 수 있음.



<개질 전·후 활성탄의 등온 흡착곡선 및 2차반응 흡착동역학>

○ 퇴적토내 존재하는 경쟁이온에 의한 흡착특성의 평가

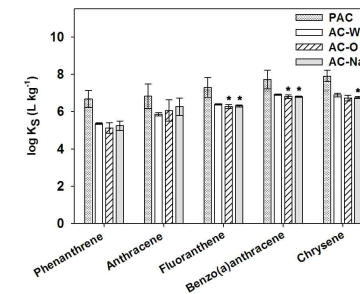
- 개질 유무에 상관없이 $Cu > Ni > Cd$ 순으로 활성탄 표면에 대한 흡착 우위가 결정되며, 강물에 비해 바닷물에서 최대흡착능이 전반적으로 낮아짐을 알 수 있음.



<개질 전·후 활성탄의 등온 흡착곡선 및 2차반응 흡착동역학>

○ 개질에 의한 활성탄의 유기오염물질 흡착능 감소정도 파악

- 5종의 PAH에 대한 흡착능을 평가하기 위하여 Polyoxymethylene Solid Phase Extraction (POM-SPE) 방법으로 KAC (AC/water distribution coefficient)를 측정된 결과 최대 0.14 log unit이 감소하였으나, 퇴적토 내에서 활성탄에 의한 흡착에 영향을 주기에는 미미한 정도로 파악됨. 따라서 개질 후, 중금속 흡착 증대에도 불구하고 유기오염물질에 대한 흡착능은 유지할 수 있을 것으로 파악.

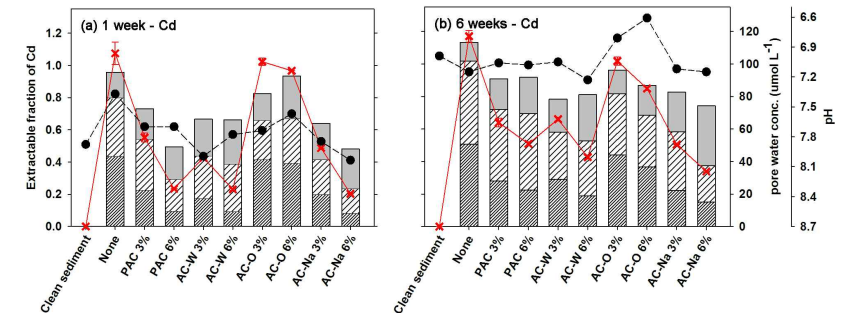


<각 활성탄에 대한 PAH의 AC/water distribution coefficients>

b. 활성탄 교반에 따른 중금속의 퇴적토 공극수 상 농도 및 생이용성 감소

○ 활성탄 교반에 따른 카드뮴의 퇴적토내 생이용성 변화 평가

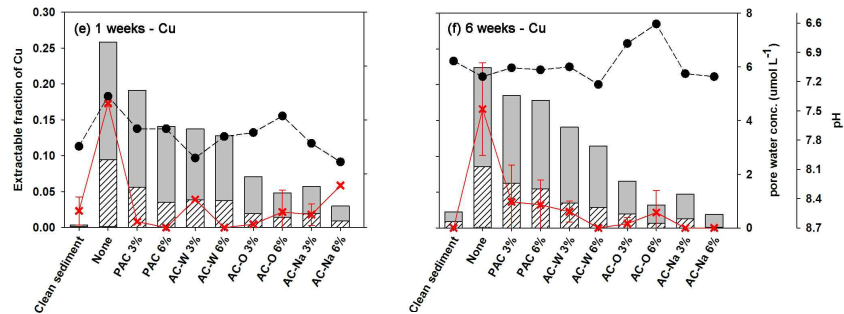
- 흡착에 대한 경쟁에서 가장 열위에 있는 카드뮴의 경우는 해양퇴적토 내에서 활성탄에 따른 직접적인 흡착보다는 토양내의 pH 변화에 따라서 공극수 상의 농도 및 생이용 가능한 부분의 양이 변화하는 것으로 관측됨



<활성탄 교반에 따른 해양퇴적토 내의 카드뮴의 공극수 내의 농도 및 생이용가능한 부분의 변화>

○ 활성탄 교반에 따른 구리의 퇴적토내 생이용성 변화 평가

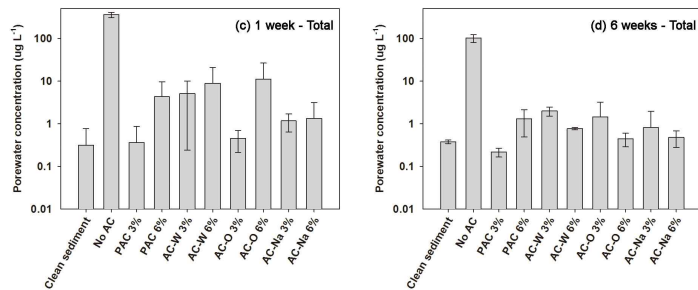
- 흡착에 대한 경쟁에서 가장 우위에 있는 구리의 경우는 해양퇴적토 토양내의 pH 변화에 직접적인 상관관계 없이 활성탄의 흡착능 순위에 따라서 공극수 상의 농도 및 생이용 가능한 부분의 양이 변화하는 것으로 관측되어 개질에 따라 흡착의 증대 효과를 직접적으로 볼 수 있음. 실질적으로 활성탄에 의한 구리의 흡착이 최대 2.7배까지 관측됨.



<활성탄 교반에 따른 해양퇴적토 내의 구리의 공극수 내의 농도 및 생이용가능한 부분의 변화>

○ 활성탄 교반에 따른 PAH의 퇴적토내 공극수상의 농도 변화 평가

- 개질 유·무에 상관없이 활성탄 교반에 의하여 1주일 만에 해양퇴적토내의 공극수 상의 농도가 95% 이상의 저감되었으며, 6주후 공극수 상의 농도가 감소한 이후에도 여전히 95% 이상의 높은 저감 효율을 유지하였다. 따라서 활성탄 개질의 유·무 여부가 퇴적토 내에서 유기오염물질의 농도 저감에 영향을 주지 않는 것으로 관측되었다.

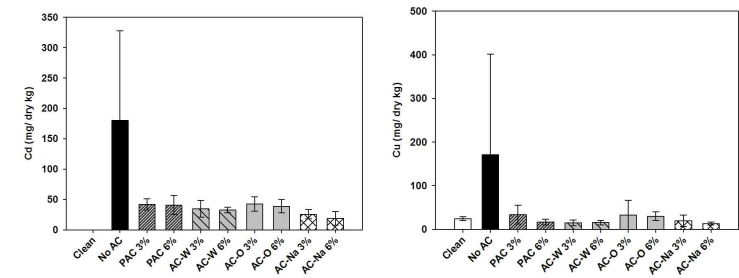


<해양퇴적토에 활성탄 교반 1주와 6주 후 PAH의 공극수상 농도의 변화>

c. 저서생물에 의한 중금속의 생물농축 저감 및 안정성 평가

○ 활성탄 교반에 따른 *Eisenia fetida*의 카드뮴과 구리 생물농축량 변화

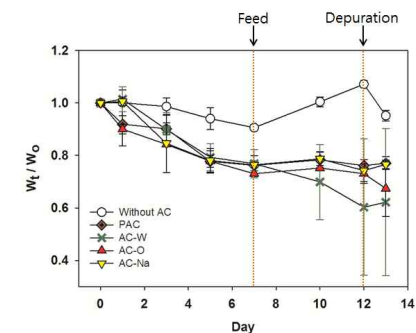
- 민물 퇴적토에 활성탄 교반 6주 후 안정화 된 퇴적토에 *Eisenia fetida*를 약 2주간 반응시킨 후 생물농축량 저감을 측정한 결과, 카드뮴과 구리 모두 대부분의 활성탄에서 높은 저감 효율을 보여주었다. 최대 저감은 모두 개질된 활성탄이 AC-Na가 6%가 교반되었을 때로 관찰되었으며, 이때의 저감 효율은 각각 89%와 92%로 나타났다.



<활성탄 교반에 따른 *Eisenia fetida*의 카드뮴과 구리의 생물농축량 변화>

○ 활성탄 교반에 따른 *Eisenia fetida*의 성장변화 관측

- 주문진 규사에 3% kaolin을 교반한 인위적인 토양에 각 활성탄 3%씩 교반하였을 경우 *Eisenia fetida*의 생물량이 활성탄을 교반하지 않은 토양보다 다소 빠르게 감소하였다. 하지만 표면개질한 활성탄 기존의 활성탄에 비하여 특별히 다 성장에 저해를 준다고 볼 수 없을 뿐 아니라, 7일 후 먹이를 공급하였을 경우, 다시 생물량이 증가하는 추세를 보여 주고 있다. 따라서 활성탄 개질로 인한 성장저해는 없는 것으로 보이며, 다소 성장이 둔화되기는 하지만, 시간이 지나고 먹이가 공급되기 시작하면서 저서생물이 충분히 적응 할 수 있는 수준이라고 판단된다.

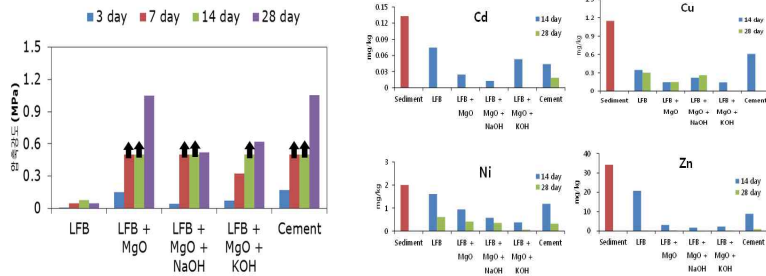


<3% 활성탄 주입에 따른 *Eisenia fetida*의 성장변화 관측>

(6) 하상퇴적토 오염도 조사 및 준설토 재활용기술 개발

a. 생태조사지역, 준설토지역, 오염의심지역 등 하상퇴적토 오염도 조사

○ 서낙동강 퇴적물내 중금속(Ni, Cu, Zn, Cd, Cr, As, Pb) 농도는 타 하천에 비해 높음



<저탄소 고형화재의 압축강도와 증금속 용출 저감능>

3. 연구개발 성과

(1) 공공적 성과

- 비점오염원 시범사업 및 시설구축 설계 시, 강우유출 오염물질의 사전모의를 통하여 지역 특성에 맞는 오염저감시설 도입 가이드라인 제시
- 국내 설치된 기존 비점오염 저감시설의 문제점 제시를 통한 개선대안 마련
- 하천유입 오염물질의 사전관리에 대한 중요성 제시
- 산업부산물을 고형화재로 사용할 수 있는 자원순환형 기술 개발
- 오염 준설토 직매립 및 해양투기에 대한 대안 제시
- 고형화재 생산시 CO₂ 배출이 없는 저탄소 고형화재 개발

(2) 기술적 성과

- 국내의 일반적인 비시가화 지역에 대하여 강우유출로 발생하는 하천유입 오염물 관리에 대한 체계적 기반 마련
- 국내 강우특성에 맞는 비시가화 지역의 하천유입 오염 저감시설 설계 및 효율적 운영기술 제시
- 토사 수지 분석을 통한 유역특성변화/골재 채취의 영향을 반영하여 합리적인 하상 변동량 산정 기술 개발
- 일반적인 토양세척공정을 개선하여 준설퇴적토의 미세입자 분리 및 미세입자 내의 유기오염물질과 증금속을 분해·제거 효율을 극대화
- 준설퇴적물의 처리에 사용되는 활성탄의 오염물질 흡착 관계를 명확히 밝힘으로써 표면 개질 및 퇴적물 처리 시 기준 제시

(3) 학술적 성과

- 논문 게재: 일반학술지 - 7 건 (3 건 예정), SCI(E)학술지 - 13 건
- 국내의 학술회의 발표: 55 건 (1 건 예정)

(4) 경제적 성과

- 비시가화 지역의 강우유출 오염물질 제어를 위한 모의시스템 적용 매뉴얼 구축을 통하여 오염저감시설의 최적 설계 가능
- 강우유출 사전모의 시스템 관련 비점오염저감시설 구축 업종 발전 기여
- 오염 퇴적토 시료채취, 분석 및 평가에 필요한 장비개발산업 발전의 촉진
- 하상 퇴적토의 재활용을 통한 친환경적이고 경제적인 건설재료 공급
- 향후 오염준설토 발생량이 증가할 것으로 예상되기 때문에 경제적이며 효율적으로 재활용할 수 있는 기술의 개발

(5) 기타 성과

- 자연 친화형 비점오염원 저감시설 도입으로 수자원의 친수환경 개선
- 발생된 오염물질을 도시 시스템 내에서 순환하여 해결시켜야 한다는 시대적 관점에 부합하는 기술 개발
- 준설토 처리방안 부재로 인하여 발생하는 문제점을 해결할 수 있는 기술 개발

IV. 활용계획 및 기대효과

1. 활용계획

- 오염퇴적토 처리시스템 및 준설토 재활용 기준(안)을 근거로 종합적 준설퇴적토 재활용 관리방안으로 활용
- 토사유입, 준설토, 하상재료의 변화에 따른 생태계 변화 예측에 활용
- 토사수지분석기법 및 하상변동 예측 기법을 적용하여 안정하도 설계에 활용
- 비시가화 지역에 적합한 강우유출 모의시스템을 활용하여 하천유입 오염물질 저감 가능

2. 기대효과

- 준설토 재활용 기준(안)에 근거한 입도분리 후 세척 및 안정화 공법 적용을 통하여 공정 효율 증대 및 재활용 최대화 가능
- 종합적인 퇴적물 관리 방안 마련에 필요한 기초자료 자료 마련
- 퇴적토 관리 방안이 부족한 국내의 실정에 적용할 수 있는 기술 마련
- 고형화/안정화된 준설토 및 토양을 재활용 하여 골재 부족 현상 해결
- 장기적인 하상 변동의 예측 및 대책 수립 시 토사 수지 분석을 통하여 유역특성변화/골재 채취의 영향을 반영하여 합리적인 하상 변동량 산정이 가능
- 우리나라 하천의 물리적 환경에 따른 하천 생태환경에 대한 기초자료를 구축함으로써 하천 생태계의 교란요인으로부터의 영향을 최소화할 수 있는 방안 및 대책 수립에 이용 가능

- 지속가능한 하천관리 실현을 목표로 하천수질에 영향을 주는 요인을 사전제어 및 예측하여 하천관리에 소요되는 비용 절감
- 하천으로 유입되는 오염물질의 저감을 위한 시설 및 모의시스템 매뉴얼화를 통하여 한국형 하천개발에 이바지 하고 수질개선에 대한 정책수립 지원
- 자연 친화형 비점오염원 저감시설 도입으로 수자원의 친수환경 개선

3. 선진 기술수준과의 기술격차 해소

- 선진국의 고�형화/안정화 기술과의 격차는 강도적인 측면만 비교할 경우 90% 정도의 수준임
- 고�형화/안정화와 동시에 CO₂를 저장할 수 있는 기술은 선진국도 개발 사례가 부족함
- 산업부산물을 활성화 시켜 고�형화재로 제조하는 기술은 선진국 대비 80% 수준으로 판단됨

2세부: 홍수터 보전 복원 기술개발

I. 과제 기본정보

세부과제명	홍수터 보전 / 복원기술개발		
수행기관	한국건설기술연구원	연구책임자	김 원
	김혜주자연환경연구소		김혜주
	한국건설기술연구원		여홍구
	(주)동부엔지니어링		김성환
	한경대학교		안태진
	경원대학교		전승훈
	고려대학교		김중훈
	(주)방재안전기술원		최성열
	인하대학교		조강현
	경성대학교		이남주
	Colorado대학		Julien

II. 연구개발 배경 및 목표

1. 연구배경

- 홍수터는 홍수소통만의 공간으로 인식되어 체계적으로 관리되지 못하였으나 홍수규모의 증가, 하천생태에 대한 관심 증대 등으로 인해 홍수터에 대한 관리 기술 개발 필요
- 지금까지 홍수소통의 목적을 위해 하천내 수목은 제거의 대상이었으며, 일부 식재를 하는 경우에도 식재의 영향 분석을 위한 정량적 평가 방법 부재로 제한적으로 실시
- 홍수터의 저류 능력 및 생태, 환경적 가치를 고려하지 않은 과거의 하천정비로 인하여 홍수터의 저류능력은 상실되었고, 하천 구역 내의 생물 서식처는 훼손되었으며, 하천의 물리적 생태적 기능을 하지 않는 폐천과 구하도 발생
- 2000년대 들어 새로운 차원의 홍수방어대책으로 천변저류지가 등장하였으나 이에 대한 구체적인 기술 부족으로 국내에서 활성화되지 못한 상황
- 홍수터의 다양한 기능을 종합적으로 관리할 수 있는 기술 개발 필요

2. 연구목표

- 홍수터 수목관리 기술 개발 및 표준화
- 폐천/구하도 보전/복원 기술 개발
- 강변저류지의 최적 규모 및 위치 결정을 위한 수문학적 및 수리학적 기법 개발
- 하천 식생 천이 예측 모델 개발

하천 생태계의 보고라 할 수 있는 홍수터에서 자연과 더불어 살 수 있는 하천공간의 보전 및 복원은 단순히 하천생태계 보전이라는 환경적 측면을 뛰어넘어 사회적 집중 관심대상이다. 본

연구의 최종 목적은 이러한 사회적 관심에 부합되면서, 나무와 생태계가 살아있는 홍수터를 보전하고 복원하기 위한 기술과 시스템을 개발하는 것이다. 세부적으로 치수측면을 고려하면서 친환경적인 홍수터의 수목식재 및 유지관리와 관련된 수목관리기술의 표준화, 인위적인 하천개수공사로 인하여 잘려나간 폐천과 옛 하도였으나 매립 등으로 인하여 사라진 구하도의 보전 및 자연하도로의 공간적 복원 기술체계 정립, 홍수시 하류 유하량을 분담시킬 목적으로 조성되는 천변저류지의 홍수방어 효과와 더불어 생태적으로 양호한 공간으로 조성하고 지역주민들의 친수공간으로서 활용을 위한 생태천변저류지 조성기준/평가기준/관리기술 개발, 하천 식생의 천이와 수리적 특성의 관계를 규명하여 식생 정착과 성장 그리고 하천 환경의 변화를 고려한 식생 천이 예측 모델을 개발하는 것이다.

이를 위하여, 홍수터 수목관리 기술개발 분야에서는 홍수터 수목의 흐름영향을 정량적으로 평가할 수 있는 평가기법 및 수치모의기법, 홍수터 내 수목 식재 및 관리에 적용할 수 있는 수목 유실 평가 기법, 홍수터 내 수목의 발생과 식생천이 조건 모형화 및 평가 기술, 국내 하천의 수리 특성 및 생태 특성을 반영하는 홍수터 수목 식재 및 유지관리 기준을 개발하고, 폐천 및 구하도 보전/복원 기술개발 분야에서는 폐천 및 구하도 보전/복원 기준 정립을 위한 평가지표, 국내 하천의 수리 특성 및 생태 특성을 반영하는 폐천 및 구하도 보전/복원기법, 시범사업을 통한 폐천 및 구하도 관리지침을 개발하며, 생태 천변저류지 조성 기술개발 분야에서는 천변저류지 생물 서식처 특성 및 구조 평가 기법, 천변저류지의 최적 규모 및 위치 결정을 위한 수문학적 및 수리학적 기법, 천변저류지 유입·유출부 설계를 위한 수리학적 기법 및 설계기준, 천변저류지의 조성기준/구조분석/평가기준/유지관리기술을 개발하고, 하천 식생 천이 예측 기본 모델개발 분야에서는 댐 축조에 따른 인위적인 교란에 의한 하천 식생의 변화를 정량적으로 예측하는 기법을 개발하기 위하여 식생을 고려한 2차원 수치 모델 기술과 문순기후와 우리나라 고유 식생에 적합한 식생 천이 모델 기술을 접목하여 천이 단계와 흐름을 고려한 GIS 기반의 하천 식생 천이 예측 기본 모델을 개발하는 것이 구체적인 최종 연구목표이다.

III. 연구개발 내용 및 결과물

1. 주요 연구내용

(1) 홍수터 수목관리 기술개발

- 홍수터 수목의 흐름영향을 정량적으로 평가할 수 있는 평가기법 및 수치모의기법 개발
- 홍수터 내 수목 식재 및 관리에 적용할 수 있는 수목 유실 평가 기법 개발
- 국내 하천의 수리 특성 및 생태 특성을 반영하는 홍수터 수목 식재 및 유지관리 기준개발
 - 선정된 44개 시험하천 수위계 설치 및 측량, 하상재료 조사, 시료분석
 - 수리모형실험을 통한 수목밀도/배치에 따른 영향 분석 및 수관부 투수율 영향 분석
 - 수목저항 산정을 위한 1차원 및 준2차원 수목저항 모형 개발
 - 복합조도계수 산정 기술 개발
 - 수목인발시험 및 상관성 분석
 - 잠재자연하천 수목조사를 위한 하천선정 및 식생조사

- 하천유형별 잠재자연식생 분석

(2) 폐천 및 구하도 보전/복원기술 개발

- 폐천/구하도 보전/복원 기법 체계화
- 생태적 적합성 평가/적용관리 기법 개발
- 구하도 복원 설계의 적용성 평가
- 폐천/구하도 유형평가 및 시범사업 적용
 - 국내 하천의 수리 및 생태 특성을 고려한 폐천/구하도 보전 및 복원 설계 기술 개발
 - 국내 폐천/구하도 현황 조사 및 분석
 - 국외 폐천 복원 사례 검토를 통한 복원 유형 검토
- 영상분석기법 하천평형이론 방법을 이용한 하도평가
- 복원하도(모래하천/자갈하천) 설계 방법 제시
- 폐천 및 구하도 관리지침 개발
- 폐천 및 구하도 유형평가 및 시범사업 적용

(3) 생태천변저류지 조성기술 개발

- 강변저류지의 최적 규모 및 위치 결정을 위한 수문학적 및 수리학적 기법 개발
- 강변저류지 유입·유출부 설계를 위한 수리학적 기법 개발 및 설계기준 제시
- 강변저류지의 생태적 적합성 기준 수립 및 평가관리기법의 개발
- 생태하천에서의 유역 네트워크 구축을 통한 홍수저감효과 극대화 방안의 개발
- 생태 하천복원을 위한 조사방법 정립 및 수질 평가기준 개발
 - 국내외 강변저류지 시설물 설계방법 조사 및 분석
 - 강변저류지 계획/설계/운영 가이드라인 제시
 - 하도1차원-저류지2차원 홍수저감효과평가모형 개발, GUI 개발 및 청미천 시범저류지에의 적용
 - 강변저류지 홍수저감효과평가를 위한 수문-최적화모형 개발 및 GUI 개발
 - 홍수조감효과와 검증에 위한 수리실험
 - 유역네트웍을 통한 홍수저감효과와 극대화 방안 모형 개발 및 GUI개발
 - 평시 강변저류지 수질개선 방안 제시
 - 강변저류지 공간계획 방안 / 강변저류지 생태 조성기준 제시

(4) 하천 식생 천이 예측 모델 개발

- 하천 식생의 천이와 수리적 특성의 관계 규명
- 식생 정착과 성장 및 하천 환경의 변화를 고려한 천이 예측 모델 개발
- 식생천이예측 기술 개발에 필요한 평면 이차원 흐름 및 부유사 이동 예측 수치모델링 기

법 개발

- 항공사진과 GIS기법을 이용한 식생 변화 분석
- 천이단계 유형화 및 우점종 특성 분석
- 자갈하천과 모래하천의 식생유입 요인 분석
- 식생저항모형 문헌연구 및 2차원 흐름 모형 비교 연구
- 평면 이차원 수치모델링을 위한 식생저항 개념모형 구축
- 식생저항 수리모형 실험 결과를 이용한 수치모형 검토
- 식생 천이 예측 모델 개발

2. 연구개발 결과

(1) 홍수터 수목관리 기술개발

■ 시험하천 운영을 통한 흐름저항 평가 분야

물의 흐름에 저항하는 수로의 저항 정도에 관한 모든 정보를 포괄적으로 나타내는 수리량인 조도계수는 개수로, 특히 하천 및 홍수터의 구성재료(하상재료 및 강터재료), 종·횡단 형상, 식생의 밀도와 특성, 만곡, 불규칙한 장애물 등의 변화특성을 나타낸다. 그러므로 조도계수는 수리학자들에게 하도 계획을 수립하는데 있어 가장 중요한 매개변수의 하나이다. 조도계수의 값은 하천 수위와 유속 분포 등 흐름 해석에 대단히 큰 영향을 미치므로 정확한 조도계수의 산정은 홍수위 산정, 하천 시설물의 설계, 호안의 안정성 평가 등을 수행함에 있어 매우 중요하다. 이러한 이유로 우리나라의 하천법에서는 하천정비기본계획 수립 시에 치수 목적을 위해 빈도별 홍수위를 계산하여 제방 축조 등에 활용하도록 규정하고 있다. 최근 하천 경관을 보존하고 하천의 생태, 환경적 기능을 제고하며, 친수성을 강화하는 쪽으로 하천 관리의 방향이 변화하고 있으며, 이에 따라 하천 부지 또는 제외지에 수목을 심거나 자생 수목을 베지 않고 관리하는 일이 점차 늘어나고 있다. 이에 따라 변화되는 하천 관리와 함께 치수 능력을 유지하는 문제가 중요하게 대두되고 있으며, 이는 결국 적절하고 정확한 조도계수의 산정을 통해 분석, 평가되어야 할 일이므로 조도계수의 산정은 그 어느 때보다 중요한 일이 되어 가고 있다.

조도계수는 하천에 따라 각기 다른 특성을 가지고 있으므로 정확한 조도계수를 산정하기 위해서는 대상 하천에 대해 장기간에 걸쳐 다양한 흐름 규모에 대해 실측해야 한다. 그러므로 과거 홍수자료에 의한 해석을 기본으로 조도계수가 선정되는 것이 가장 바람직하나 측정한 홍수자료가 적을 경우 또는 자료가 있더라도 정확도가 떨어질 경우에는 기존의 연구에서 경험적으로 제시하고 있는 조도계수를 이용한다. 이 때 필요한 것이 참고가 되는 하천의 실측 조도계수이다. 외국의 경우 이러한 목적으로 여러 가지 특성을 가지면서 자국의 다른 하천을 잘 대표할 수 있는 하천을 선정하고 그 조도계수를 실측함으로써 비교의 자료를 구축하고 있다(Barnes, 1967; Coon, 1998; Hicks and Madson, 1998). 이에 비해 우리나라에서는 이러한 실측 자료가 거의 없으므로 하천 관리를 위한 조도계수 산정에 필요한 적절한 정보가 충분히 제공되지 못

하고 있다. 이러한 배경에서 본 연구에서는 우리나라의 하천 특성을 대표적으로 나타내는 하천을 선정하여 조도계수를 실측함으로써 하천 관리에 필요한 비교 정보를 제공하는데 그 일차적인 목적이 있다.

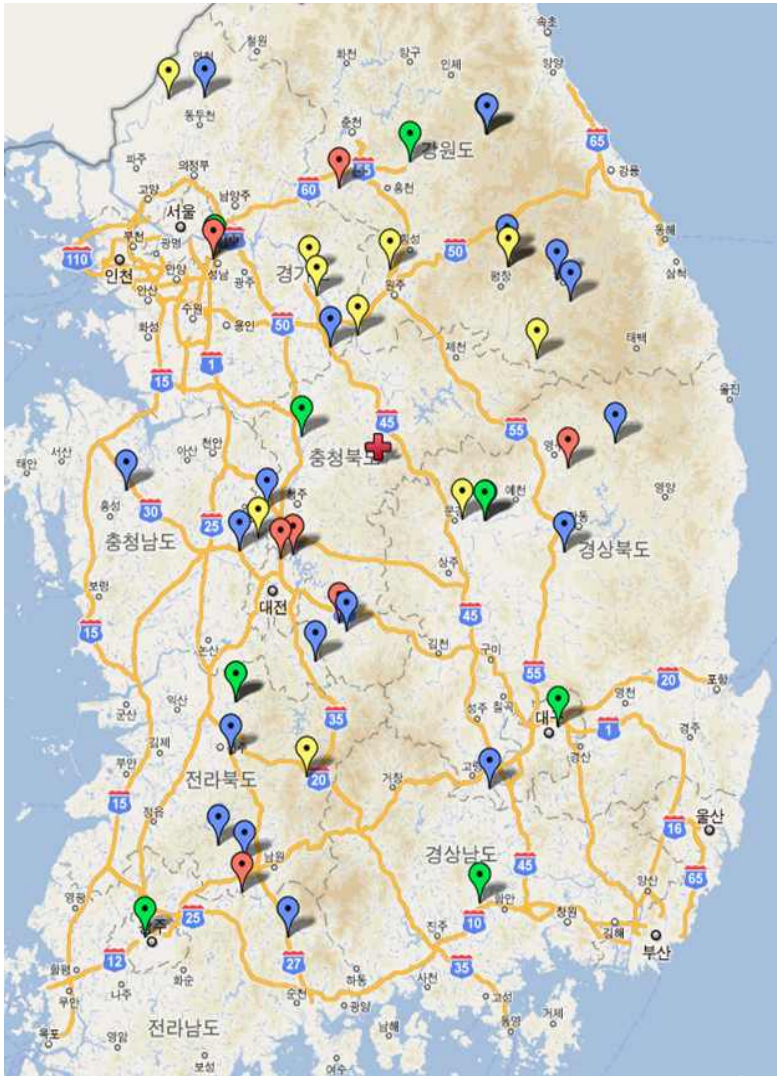
조도계수 산정에 관한 기존의 연구를 간략히 살펴보면, 국내의 경우 조도계수의 산정과 관련된 연구는 크게 두 가지 유형으로 구분되어 진행되었다. 그 하나는 대하천에서 홍수위 계산과 관련하여 조도계수를 평가한 것으로 김원 등(1995), 황의준과 전경수(1997), 이정규와 이창현(2004)의 연구가 이에 해당된다. 이러한 연구들은 하도 특성을 반영하여 조도계수를 적용할 구간을 분리하고 부정류 모형을 활용하여 실측 수위와 계산 수위가 최소가 되는 최적화된 조도계수를 산정하는데 초점을 둔 것으로 조도계수를 다양한 유량규모에 따라 산정함으로써 연구 결과의 활용성을 증가시켰다. 다만 수위 실측자료가 많은 한강하류부에 국한되었으므로 실측 수위자료가 없는 하천에서의 적용은 불가능한 한계를 가진다. 다른 하나는 특정한 하도 구간에서의 실측 자료를 이용하여 조도계수를 평가한 것으로 유권규 등(1993), 이신재와 박상우(2006), 조성만(2001), 김지성 등(2007)의 연구가 있다. 이 중 이신재와 박상우(2006)은 자갈하천에서 하상재료의 입경 분포를 면적비로 환산하여 등가조도를 산정하고 이를 통해 흐름 저항을 산정하고자 하였다. 이 연구는 기존 연구와는 달리 하천의 흐름 저항과 특정 입경과의 상관관계를 고려하지 않고 등가조도(k_s)를 산정하는 방법을 제안한 것이다. 김지성 등(2007)은 자갈하천인 달천에서의 하상재료 및 수위, 유량을 실측한 후 이를 토대로 조도계수를 실측함으로써 외국에서 이루어진 기존의 연구와 비교 분석할 수 있는 연구를 수행하였다. 특히, 저수 유량의 조도계수를 산정과 관련하여 Limerinos(1970) 유형의 식을 유도하고 그 특성을 분석함으로써 하상재료 입경과 상대수심 간의 관계에 고려한 객관적인 조도계수 산정 방법의 적용성을 검토하였다.

외국의 경우 Azmon(1992)은 Soseq 강에서 10년간 수집된 홍수기 자료를 사용하여 Manning 조도계수를 산정하고 결과를 비교하였다. 미국 지질조사국(USGS)에서는 식생, 하도 특성, 하상재료 등 다양한 실측자료를 이용한 조도계수 산정 연구가 진행되고 있으며, 이에 따라 다양한 하천에 대한 실측 조도계수 자료집(Barnes, 1967; Limerinos, 1970; Aldridge와 Garrett, 1973; Jarrett, 1985; Coon, 1995; Gillen, 1996)과 객관적인 조도계수 산정 기법(Cowan, 1956; Arcement와 Schneider, 1989)등이 개발되어 보급되었다. 일본에서는 ‘하도계획 검토 안내서’(국토기술연구센터, 1989)에서 미국이나 유럽과 달리 일본 자체의 실험 및 측정 결과를 이용하여 조도계수를 산정하였다. 영국의 경우 ‘통수능 산정 시스템(CES, Conveyance Estimation System)’을 개발하여 하도의 표면 마찰 계수 조도 설정에 대한 도구로 사용하였다. CES는 영국 환경청(EA)의 지원 하에 HR Wallingford에서 2003년 개발한 1차원 흐름 해석 시스템으로 미국, 유럽, 일본의 최신 흐름 저항 연구결과와 현장 자료에 대한 광범위한 분석을 토대로 새로운 1차원 하천흐름 해석 시스템을 구축하였다. Hicks와Mason(1998)은 뉴질랜드 전역에 걸친 78개 하천 구간에 대한 조도계수와 수리 인자를 3년 동안 측정하여 제시하고 있으며 이를 통해서 다른 하천의 조도계수 산정시 적정성을 판단할 수 있는 기준으로 삼고자 하였다. 여기에서 제시된 자료들은 뉴질랜드 하천의 고유한 하도 규모, 하상 경사, 하상 재료, 식생 및 유량 특성을 반영하고 있다.

이처럼 외국에서는 자국 내의 다양한 하천에 대한 실측 조도계수 자료집을 구축하고 이를 참조, 비교 자료로 활용하여 하천 계획 및 관리에 활용하고 있다. 이에 비해 우리나라에서는 이러한 실측 자료가 없으므로 대하천에 있는 실측 수위 자료를 이용하고 있으나 중규모 이하의 하천에 대해서는 실증적인 조도계수의 산정이 어려운 실정이다. 이에 따라 본 연구에서는 2007년부터 지속적으로 다양한 국내 하천에 대한 조도계수 실측을 통해 다른 하천에 조도계수를 산정하고자 할 때 참고하거나 비교할 수 있는 자료를 제공하고 조도계수 실측 연구를 수행하고 있다. 본 연구에서는 수위, 유량, 하천단면 등 실측자료를 이용하여 저수 상황에서 홍수 상황에 이르는 동안의 조도계수 결과와 그 변화 범위를 계산하였고, 이 자료를 이용하여 국내 하천의 실측 조도계수 자료집을 제시하는데 목적을 두었다. 또한 실측 조도계수가 하천 하상재료 입경크기, 하천 형태에 따라 가지는 의미를 분석하기 위하여 여러 선행 연구와 비교 하였다. 하천의 흐름 저항을 정량적으로 평가하기 위하여 총 연구기간 동안 전국 44개 지점의 하천 조도계수를 실측 수위와 유량으로 산정하였다. 1차년도에는 국내 하천을 대표할 수 있는 시험 하천을 선정하기 위해 하상재료별로 거석, 호박돌, 자갈, 모래로 이루어진 하천과 도시하천을 사례로 선정하여 현장에서 유량과 수위를 실측하는 과업을 진행하였고, 2차년도에는 거석, 호박돌, 자갈, 모래 등의 대표적인 하상재료를 반영하는 지점을 고려하여 시험하천을 선정하였으며, 기존에 운영한 시험하천에서 미비하였던 점을 보완하기 위하여 3차년도에는 8개, 4차년도에는 12개 시험하천의 수를 추가하여 자갈하천과 모래하천의 특성을 보다 부각시키고 유사한 하상재료 입경의 하천에서 서로 다른 특성이 나타날 수 있다는 점을 확인하였다. 마지막 5차년도에서는 그동안 수집된 노하우로부터 전국 19개 시험하천을 운영함으로써 국내 최초로 전국에 걸친 조도계수 실측 자료집을 작성하였다.

전체 시험하천에서 얻어진 자료를 토대로 하천유형별 조도계수 특성을 분석하였고, 특히 자갈하천의 경우는 유량에 따른 조도계수 변화, 수심에 따른 조도계수 변화, 특정 유량규모 이상에서 수심변화와 무관하게 하상재료의 입경만 고려한 조도계수 특성 등 심도 있는 분석을 수행하였으며, 횡방향 흐름저항 요인이 변화되는 조건에서 최적의 복합 조도계수를 산정할 수 있는 기술을 개발하였다.

이러한 연구를 통해서 얻어진 결과들은 기존의 조도계수 산정 방식과는 달리 현장 실측에 의한 것으로 현장의 특성을 충분히 반영할 수 있을 뿐만 아니라 국내 하천 특성을 대표할 수 있는 지점의 선정을 통해 보다 보편적으로 다른 유사한 하천에 적용할 수 있는 자료를 제시하였으며, 또한 경험식 형태로 제시된 결과들 역시 기존의 외국 연구와 유사한 결과로서 국내 자갈하천의 조도계수 산정에 참고 자료를 제공한다는 당초의 목적을 충분히 달성할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 하계 홍수기 현장 측정 결과는 1, 2차원 수치모형에 의한 해석에 중요한 자료로 활용될 것이며, 그 자체로서도 국내 다양한 하천의 조도계수 참고자료로 활용될 수 있을 것으로 보인다. 최종적으로 얻어지는 조도계수 자료집 역시 다양한 조건의 하천에 대한 조도계수 산정 가이드라인의 역할을 할 수 있을 것이다.



<44개 시험하천 위치도>

■ 수목영향 평가 모형의 개발 및 검증 분야

기존 하천 조도계수에 의한 수목영향 평가 방법은 하천 전문가의 주관적 판단이 필요하며, 이에 따라 분석하는 상황에 따라 상이한 조도계수 값을 사용하는 문제점이 있었다. 본 연구에서

는 수목영향을 정량적이면서 객관적으로 산정하기 위하여 항력접근법(Drag Force Approach)에 의한 1차원, 준2차원, 2차원 해석방법을 개발하고 제시하였다. 먼저 1차원 수목저항 모형(SNSVEG)을 개발하고 실제하천에 적용하여 검증하고 개선하였다. 이어서 1차원 모형의 적용한계를 검토하고 중소하천의 홍수터에 분포하는 수목영향을 분석하기 위하여 준2차원 수목저항 모형을 개발하였다. 마지막으로 2차원 수치모형을 이용하여 하천내 수목영향을 평가하는 절차를 제시하고 실제 하천에 적용하였다. 본 연구에서 언급하는 홍수터 수목은 크게 교목과 관목으로 구분할 수 있는데, 친수공간의 확보 차원에서 주로 고려되는 것은 교목의 식재이다. 자연스러운 숲이 형성될 수 있고 사람이 쉴 수 있는 공간을 제공할 수 있도록 교목을 식재하는 것이 도시하천 관리의 입장에서는 중요하다고 할 수 있다. 더불어 교목과 조화될 수 있도록 적절한 관목을 식재하는 것도 중요한 고려 요소이다. 본 연구에서는 자연스러운 홍수터 조성을 위하여 홍수터의 교목과 관목 식재를 모두 고려하였고, 기존 조도계수에 의한 정성적 수목영향 평가방법에서 벗어나 수목 특성(수목 직경, 수목 간격, 밀도 등)으로부터 수목에 작용하는 항력을 직접 흐름저항으로 반영한 정량적 수목영향 평가모형을 개발하였다. 다만 관목의 유연성에 의한 수목저항의 변화는 추가적으로 검토될 필요가 있다.

본 연구에서 개발된 1차원 수목저항 모형(SNSVEG)을 수리실험 결과와 비교하여 검증하고, 금호강에 자생 수목구간에 적용하였으며, 수목의 영향을 고려함으로써 실제 홍수사상의 실측 수위를 잘 재현할 수 있음을 확인하였다. 2차원 수치모형(FESWMS)을 이용한 수목영향 평가에서는 수목식재로 인한 유속분포의 변화를 확인하였다. 또한 개별 수목에 작용하는 항력의 크기와 수목의 내력을 직접 비교하는 절차를 제시하여 홍수시 수목 손상 또는 전도에 의한 2차 피해를 사전에 방지할 수 있는 방안을 제안하였다. 본 연구목표 달성도는 표 1.2.1과 같다. 본 연구에서 개발된 수목영향 평가 기술은 수목에 의한 흐름저항을 정량화함으로써 국내 하천 내 나무심기기준을 보완하고, 현재 추진되고 있는 홍수터 보전·복원 사업에 크게 기여할 수 있을 것이다.

■ 하천 수목유지관리 기술 분야

하천 수목의 바람직한 유지관리를 위해서는 수목식재 시 홍수 또는 태풍에 의한 수목의 유실을 방지하여야 한다. 홍수기 유실된 수목은 하천 내 구조물 붕괴 또는 하도 폐색을 야기하여 예기치 못한 수위상승을 유발하기 때문이다. 여기서 수목 전도는 수목에 작용하는 흐름 및 바람 등 외력과 수목 내력을 비교함으로써 평가될 수 있다. 본 연구에서는 수목 내력을 측정하기 위하여 하천변 수목 인발시험을 고려하였고 임하댐 하류 반변천에서 시험을 수행하였다. 본 연구에서는 교목만을 대상으로 하였고, 본 연구 시험결과와 기존 현장 인발시험 결과 자료(건설교통부, 1997)를 비교 검토함으로써 교목과 관목의 내력 추정 관계식을 구분하여 도출하였다. 하천복원 계획 및 사업에 있어 대상구간 내의 식생은 중요 고려사항이다. 따라서 하천복원을 효과적으로 실시하기 위해서는 대상구간 내의 식생을 적절하게 제어하고 추가적인 식재된 수목에 대해서는 수목전도 안정성을 확보하여야 한다. 본 연구에서 개발하고자 하는 수목유지관리 기술은 하천복원사업의 기본 방향 및 큰 틀을 제시하는데 큰 도움이 될 것이다.

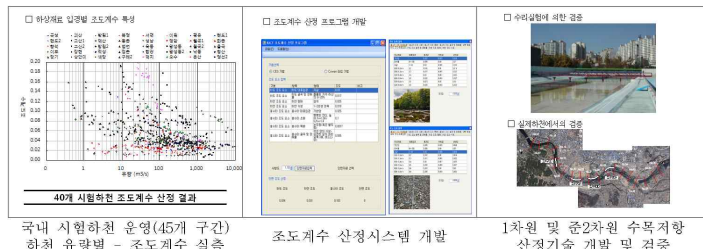
■ 하천변 수목조사 및 잠재 수목 선정 분야

연구개발목표는 생태성 회복을 위한 자연형 하천조성계획에 있어서 홍수터에 적극적인 하천수목류를 도입하기 위한 실용적이며 구체적인 방안을 마련하기 위함이다. 이를 위한 구체적 연구내용은 하천수목 도입의 필요성 수립하고, 최종연도에는 하천의 종류와 특성에 적절한 하천수목류를 선정하는 것이다. 이를 위해 국외의 연구사례를 바탕으로 자연성이 높은 국내하천을 선정하여 자생수목의 조사 및 분석을 시행한다. 또한 이와는 독립적으로 기존에 자생하고 있는 하천내 수목의 위치 및 현황을 파악하기 위한 자료 구축을 위한 개략조사를 실시한다.

연구의 주요내용은 잠재자연하천의 식생과 식물을 조사하여, 어떤 식물 및 식생이 어떤 유형의 하천을 서식처로 하는지를 알아내어 하천유형별로 잠재자연하천식생을 규명하는 것이다. 따라서 하천식생에 영향을 미칠 수 있다고 가정한 5개의 자연환경인자 “eco region”, “하천수계”, “하천의 고도”, “저수로의 수면폭”, “하상재료”의 항목에 의거 연구기간 동안 총 90개 조사구하천의 식물 및 식생 조사결과를 바탕으로 자연환경인자에 따라 가장 높은 빈도로 출현한 공통종 및 군락을 검토하였다.

더불어 본 연구에서는 환경인자별 수목분포도 작성, 수목특성과 식물 출현성의 상관성 도출, 그리고 생태적으로 적합한 국내 하천의 잠재수목을 제시하고 가장 자연스러운 홍수터 식재패턴 등을 제시하였다.

본 연구에서 개발된 수목유지관리를 위한 조사분야는 국내 홍수터에 도입할 수 있는 적절한 수목류를 선정하고, 계획 및 관리방안 모색한다. 또한 기존에 시행된 적이 없는 조사인 “하천구역 내에 존재하는 자생 및 인공 식재 수목에 대한 현황”을 조사함으로써, 향후 하천구역에 수목을 식재할 경우 발생할 수 있는 문제점 및 비교 등을 통하여 하천내 수목유지관리 기술에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.



(2) 폐천 및 구하도 보전/복원기술 개발

■ 국내 하천의 수리 및 생태 특성을 고려한 폐천/구하도 보전 및 복원 설계 기술 개발

폐천 및 구하도 복원 설계 기술은 구체적인 설계 절차를 제안함으로써 각 설계 절차에 따른 세부 연구 주제에 따라 연구를 진행하였다. 각 세부 연구 주제로는 하천 평가 과정으로 영상분석기법을 이용한 과거/현재 하도 평가, 하천 평형이론 방법을 이용한 하도 평가, 생태 평가, 복원하도 설계 과정으로 모래하천 하도설계, 자갈하천 하도설계, 수리 검증 및 검토 과정으로 수리모델링 실험, 수치 모델링 등이 있다. 이러한 각 세부 연구는 실제 시범사업 적용을 통하여 보다 구체적이고 정량적인 수치와 방법론을 제안하고 있다. 복원 설계 절차의 경우도 시범사업에 대한 기본설계와 실시설계를 수행하면서 국내 하천복원사업에 적합한 보다 현실적인 복원설계 절차를 제시하였다.

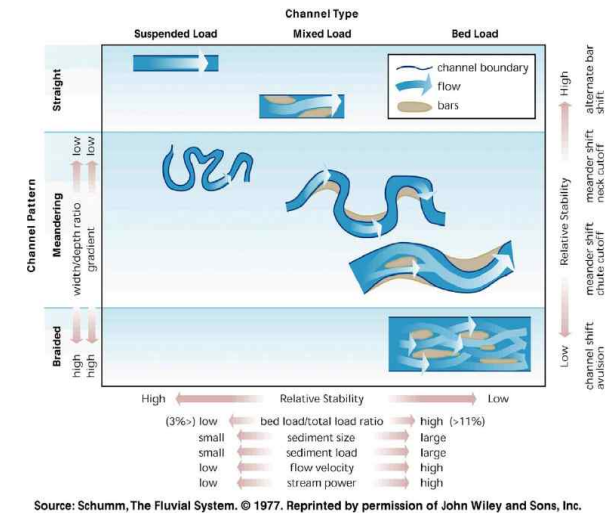
폐천 및 구하도 복원은 하천복원의 시작이라 할 수 물길복원으로 하천환경을 정비하기 위해서는 매우 중요한 부분이다. 하지만 폐천 및 구하도 복원은 폐천 및 구하도는 다양한 형태로 유지 또는 유용되고 있고 하천은 외적요소에 급격히 변화할 수 있어 복원을 위해서는 하도설계 하천수리학의 종합적인 요소를 고려해야하는 어려움이 있다. 현재까지 진행된 국내외 폐천 및 구하도 복원은 지역적인 특성 및 목적에 의해 수행되었으며 이와 관련된 가이드라인을 제안하지는 못한 실정이다. 국내의 경우 현재 폐천 및 구하도 복원사업이 진행 중인 경우는 있으나 완료된 사례는 없으며 복원목적이 지수, 이수, 생태복원, 지역특성화 및 문화재 복원 등 다

목적으로 수행되며 국외의 경우 지역특성에 부합된 생태복원(연어를 위한 이동통로 확보 등) 목적을 중심으로 진행되었다. 따라서 폐천 및 구하도 복원기술개발은 복원을 위한 요소기술 뿐만 아니라 정책과 목적에 따라 변화될 수 있어 이에 대한 분석이 필요하다. 특히 국내 여건과 국외 여건은 수리 수문적인 요소 뿐 만 아니라 정책, 사회적인 요구가 다르므로 이에 대한 검토가 필요하다. 따라서 본 연구의 연구개발현황은 국내정책, 국내외 복원 사례 및 요소기술을 구분하여 검토하였다.

- 현장자료 및 위성자료를 통한 하도평가

기술적인 분석 이전에 선행되어야 할 가장 중요한 단계는 복원 대상 지역에 대한 공간과 시간에 대한 지형학적, 수문학적, 수리학적 자료들의 수집과 통합이다. 앞으로의 하천 변화와 특성을 예측하기 위해서는 과거와 현재의 물리적 하천 성향에 대한 평가가 매우 중요하며 이러한 평가의 기초가 되는 작업은 과거의 계측 자료 및 측정 자료들을 종합하고 분석하는 일이다. 위성사진 및 항공자료의 수집은 하도 및 유역의 전반적인 지형학적 평면 형상을 보기 위함이다. 특히, 정기적인 항공사진 자료를 통해 하도 변화가 활발히 진행 중인 지점과 홍수터, 사주 및 하중도에서의 장기적인 식생 피복도 변화 정도 등을 분석할 수 있다. 또한, 식생이 피복되어 있지 않으며 하도 변화가 진행 중인 영역은 주로 하천의 운곽을 정의하는데 고려되고 있으며 항공사진에 나타나기 시작하는 식생은 주로 관목(woody bushes) 정도의 크기이다. Winterbottom(2000)은 식생이 피복되어 있지 않는 하도를 하천 경계를 정의하는데 이용하였으며 또한, 항공사진내의 이러한 경계 변화가 하천 수위 변화와 일관성이 있음을 제시하기도 하였다. 항공사진에서의 식생이 피복되어 있지 않는 하도는 지배 유량 및 지형학적 유효 유량을 설명하는데도 매우 중요한 역할을 한다. 수위 및 유량 계측 지점에서의 장기적인 수리학적 자료는 하천의 수리적인 변화뿐만 아니라 장기적인 지형학적 변화를 분석하는데도 활용될 수 있다. 유량자료는 또한 상류 유역에서의 수리 구조물 영향 및 지류의 영향 등을 평가하는데 필수적인 자료라고 할 수 있다. 또한, 하천에 인위적인 변화를 주는 경우 그에 따른 하천 반응을 분석하고 새로운 평형 상태로 복구하는데 있어 평형하상 결정은 큰 의의가 있으며(우효섭, 2001), 이러한 평형 하상 결정 방법에는 지형학적 대표 유량이 필수적인 변수이다. 안정하도에 서 흐름과 하도와 물리적 관계를 연결시켜주는 지형학적 대표 유량에는 지배 유량(dominant discharge), 강턱 유량(bankfull discharge), 유효 유량(effective discharge) 등이 있으며, 이들은 대부분 장기간에 걸쳐 수집된 유량 자료를 활용하여 산정할 수 있다. 중횡단면 측량자료를 통해 하천 전반의 하상 침식 및 퇴적뿐만 아니라 주수로 단면 침식으로 인한 홍수터 높이의 상승과 같은 현상을 설명할 수 있다. 천입하천(incised channel)은 유사를 이동시키기에 유효한 힘과 유사를 이동시키기에 필요한 힘 사이의 불균형에서 비롯된 것이며 주로 하천 유역의 토지 이용 변화로 인한 하천 불안정 상태로 표현되기도 한다. 장기적으로 축적된 중횡단면 측량 자료는 하천 단면의 변화 성향이 시간에 따라 침식 및 퇴적의 크기가 증가하는지 감소하는지를 판단하는데 매우 중요한 역할을 한다. 결론적으로, 같은 유량의 크기가 발생했음에도 불구하고 홍수터가 범람하는 정도가 시간에 따라 감소된다는 것은 주 수로에서의 하천 침식이 증가하고 있고 이는 곧 하천 제방의 안정성을 위협하고 곧 제방 및 강턱 침식으로 이어질 수 있

다는 것을 의미한다. 하천이 천입하천으로 변형되어지면 홍수터가 단구(terrace)로 바뀌며(Pickup과 Warner, 1976) 홍수터 영역은 홍수시 또는 유량이 매우 많은 시기에만 범람하고 퇴적은 매우 활발해 진다(Dunne과 Leopold, 1978). Ritter(1978)는 단구(terrace)를 현 상태보다 더 높은 수위에서 흐름이 존재했을 때 흐르던 하천에 의해 이루어진 폐홍수터라고 정의하였으며 Leopold와 Wolman(1957)은 폐홍수터와 주 하도 간의 관계가 2년 이상의 범람 빈도를 갖는다고 정의를 내렸다. 폐천 또는 구하도의 형태는 사행천의 자연적인 하도 직선화 현상 즉, 철수로(cutoff)에 의해 발생될 뿐 아니라 이와 같은 폐홍수터의 진화에 의해서도 발생될 수 있다. 과거의 하상도 입자 분포에 관한 측정 및 분석 자료들은 하상도의 입자 크기 변화 및 하천 형태를 예측하는데 사용될 질 수 있다. 하상도 입자의 크기 변화가 매우 뚜렷하다면 일반적인 하천 평면 형태의 변화 과정을 설명하는데 매우 중요한 자료가 될 수 있다. 일반적인 하천 평면 형태는 직류 하천(straight river), 사행 또는 곡류 하천(meandering river), 다지 하천(braided river) 등으로 나뉘며(우효섭, 2001), 다지 하천으로 갈수록 하상 재료의 중량 입경이 더 커지고 하천 바닥 경사가 더 급해진다. 그림 4에서도 볼 수 있듯이 유사량 또한 다지 하천으로 갈수록 양이 많아지며 소류사가 지배적이다.



<충적하천의 종류 및 특성>

부유사 측정 자료 및 총유사량 자료는 안정하도를 설계하고 예측하는데 기본적인 입력 자료로 사용된다. 또한 장기하상변동을 예측하기 위해서는 현재 하도의 유사량 측정 자료를 통해 대표적인 하천의 총유사량 산정 공식을 사용해야 한다.

- 과거 및 현재하도 평가방법

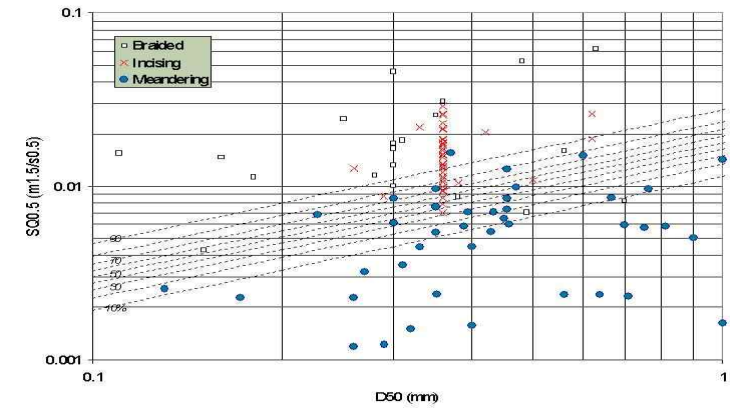
현장 측량 및 측정뿐만 아니라 위성사진 또는 항공사진 자료는 하천의 장기적 또는 단기적인 이동 및 변형 현상을 확인하는데 매우 유용한 자료이며 이를 활용하여 하천 변형이 심한 경우에 분류 및 지류를 정의하는데 사용되기도 한다.

Richard(2001)은 미국의 뉴멕시코 주의 Cochiti 강의 1992년과 1998년의 항공사진을 디지털 데이터화하여 주로 하천 형태의 종류(사행 하천 또는 다시 하천), 공간적 시간적 하폭의 변형 또는 하폭 크기 변화, 하천의 침수로 및 지류, 홍수터의 형상, 또는 기타 인공 구조물 위치 등의 항목들을 항공사진을 통해 분석하였다.

일정 기간의 간격을 두고 측량된 하천 종횡단면 자료는 하천 전체 또는 횡단면에서의 국부적인 하상 침식 및 퇴적을 평가하는데 가장 효과적인 자료이다. 일례로 네덜란드의 Meuse 하천에서는 1909년~1995년까지의 종단면 측량자료를 통해 하천 하류의 자갈 하상에서 모래 하상으로 변화하는 천이구역에서 급격한 하상의 변화를 발견할 수 있었다. 이와 같이 하천의 수위 측정 지점에서의 하폭과 유량 자료가 유효한 경우에는 분류를 통해 하상의 침식 또는 퇴적 현상을 알 수 있다. 하폭의 경우 강터 침식으로 인한 하폭 증가 및 하천 주수로의 침식으로 인한 하폭 감소 등을 직접적인 측량 작업 없이도 확인할 수 있다.

자연적인 또는 골재 채취 등과 같은 인위적인 원인에 의해 발생한 두부 침식(headcut)은 상류 하천으로 침식 현상을 전이시키며, 이는 곧 하천 상류의 수리 구조물 또는 상류 하천 안정성에 크게 피해를 입히기도 한다. 이러한 두부 침식 또는 강터 침식과 같은 종단면적인 급변화는 반드시 현장 분석을 통해 조사되어야 하며 상대적으로 단기간에 걸친 하천 변화에 가장 크게 영향을 끼친다. 또한 현재시점에서는 지형학적 변화들이 국지적이고 정도가 매우 작다 할지라도 변형 속도 및 특성에 따라 하천의 지형학적 경계를 넘을 수 있는 잠재력을 수반할 수 있으므로 반드시 유사 공급원, 유사 이동 현상, 식생 상태, 강터 및 수리 구조물의 안정성 등과 같은 측정 및 조사를 동반하는 현장 작업이 필수적이다.

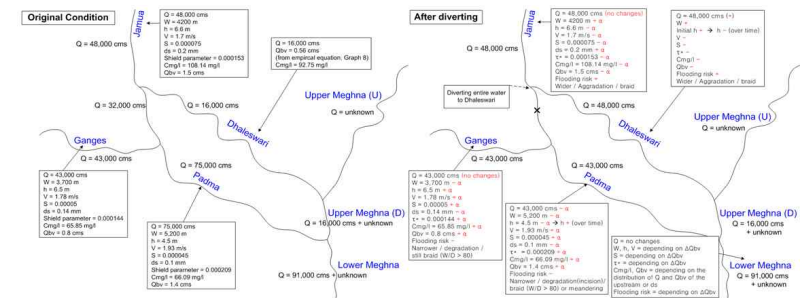
국내하천의 경우 하도 상태에 대한 조사가 미미하여 기존 자료를 이용하기에 어려운 실정이기 때문에 기존 국외연구 사례를 통해 국내하천의 하도상태를 분석하고 타당성과 적용성을 파악할 수 있는 여러 정성적인 해석 방법들이 필요하다. 대표적인 예로는 유량, 하도 경사 및 하상재료만을 가지고 현재하도 상태를 평가할 수 있는 Bledsoe(1999)에 의해 작성된 다음과 같은 지형학적 하천 변형 한계 (threshold) 그래프가 있다. 이와 같은 방법들은 단순히 현재하도 상태를 평가할 수 있는 간접적인 지표가 될 수 있을 뿐만 아니라 복원을 위한 안정 하도를 설계하기 위한 방법들이 될 수 있다.



<하상 경사, 유량, 하상 입자에 따른 하천 형태 분류 (Bledsoe, 1999)>

- 복원구간 국지적 하상변동 해석 및 안정하도 설계기법

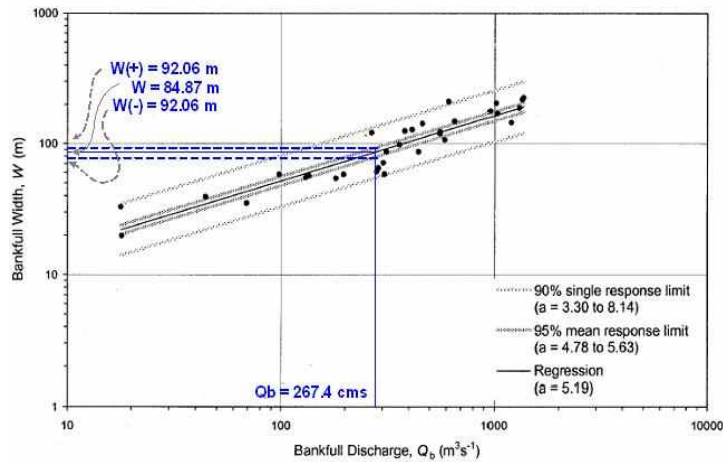
폐천/구하도를 복원할 경우 대상구간 합류부 퇴적/침식 해석 및 예측이 필요하다. 이를 위해 기존 사업 및 연구 자료를 수집하고 검토해야 하며, 대표적인 방법으로는 JW(Julien and Wargadalam) 공식(Julien, 2002)이 있다. JW 공식은 835개의 하천 및 수로 등의 방대한 경험적인 자료를 바탕으로 Lane의 평형 이론에 기초하여 유도된 식이다. 두 지류가 합류되는 지점에서의 침식 현상과 하나의 지류가 두 지류로 갈라지는 지점에서의 퇴적 현상 등을 이 공식을 이용하여 물리적으로 설명할 수 있다. 또한 이러한 JW 공식의 분석 방법은 국부적인 하상 변동을 분석하는데 적용될 수 있을 뿐만 아니라 그림 2.3.3과 같이 전체 하천 유역의 지류 및 합류부에 있어서의 정성적인 미래 하천 변형 및 유사 공급 정도 또는 하상 경사의 변형 등을 판단하는데 이용할 수 있으며 안정 하도 설계(Stable Channel Design)를 위해 사용되기도 한다.



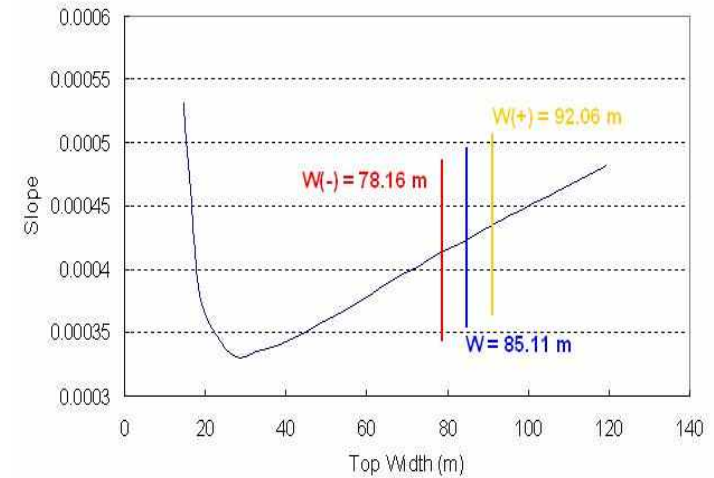
<JW 평형 공식을 이용한 인위적 지류 전환 전후의 하천 특성 분석>

분석 방법들에는 JW 하천 평형 공식이외에 Schumm(1969), Lacey(1929), Simons와 Alberson(1963) 등의 평형 공식 등이 있으며 이러한 방법들을 폐천/구하도 복원지역에 적절히 활용하기 위해서는 적용성 및 타당성 검토를 수행하여야 할 것이다.

안정하도설계에 적용되고 있는 SAM(Stable channel Analytical Method) 프로그램은 현재 Hec-Ras 3.0에 탑재되어 있으며 실질적으로 적용된 계산과정 및 계산 결과의 예는 다음 그림과 같다.



<강력 유량과 하폭간의 관계(Soar & Thorne, 2001)>



<SAM으로부터 산출된 Stability 곡선>

- 하도의 장기적 종단 변화

하도의 장기적 하상 변형에 관한 종단해석은 구하도/폐천 복원 전후의 하천 특성을 분석하는데 가장 효과적인 방법이며 특히 복원 사업 후 하천 변형을 예측하는데 활용될 수 있다. 장기간 하상 변형 모델로는 1차원 유사이동모형인 HEC-6, FLUVIAL, CHARIMA, GSTAR 3.0 등이 있다.

대부분의 모형은 프로그램 속에 다양한 총유사량 산정 공식 중에 하나를 선택하도록 설정되어 있으며, 사용자에게 의해 선택될 총유사량 공식을 가지고 격자 단면에서의 수리 계산 결과를 이용하여 총유사량을 먼저 계산한 다음, 격자 사이의 유사량 연속 방정식을 이용하여 하상의 퇴적과 침식을 최종적으로 결정한다. 때문에 어떠한 총유사량 산정 공식을 선택하느냐에 따라 총유사량의 차이 및 장기적인 하천 변화는 크게 달라지므로 하천에서 측정된 총유사량 값들은 다양한 총유사량 공식을 이용하여 계산한 총유사량 값과 비교 분석되어질 수 있다. Ji(2006)는 국내 낙동강 진동지점에서의 측정된 총 유사량 값과 다양한 총유사량 공식들을 이용하여 계산된 값을 비교하였다.

- 수치해석

- 유사이동모형은 적용가능영역 또는 모형의 차원에 따라 1, 2, 3차원 모형으로 구분된다. 하천에서의 유사이동 해석에는 주로 1차원 모형을 사용하고 있으며, 하구, 호수 등의 영역에서 부유사(suspended sediment) 농도의 연직분포가 주요 관심사항일 경우는 연직 2차원 모형을

사용한다. 연안, 하구, 항만, 호수 등과 같은 영역에서의 평면적인 유사이동문제 해석에는 평면 2차원 또는 3차원 유사이동모형을 사용한다. 비록 하천의 경우라도 사형현상 규명, 수리구조물과 관련된 국부세굴(local scour) 또는 수세현상 규명을 위해서는 평면 2차원 또는 3차원 유사이동모형이 사용되기도 한다(Olsen and Melaaen, 1993; 이길성 등, 1994).

- 유사이동모형은 흐름모형(flow model), 수송모형(transport model), 바닥변형모형(bed change model)으로 구성되어 있으며, 수송모형과 바닥변형모형은 유사량공식으로 연결된다. 유사량공식은 유사의 종류에 따라 점착성 유사량공식과 비점착성 유사량공식으로 구분된다. 흐름모형에서는 유속과 수위 등 흐름량을 계산하고, 수송모형에서는 유사의 이동을 계산한다. 수송모형은 2, 3차원 모형의 경우는 일반적으로 이송확산방정식(advection-diffusion equation)을 사용하며, 1차원 모형의 경우는 유사에 대한 연속방정식(continuity equation for sediment)이 주로 사용된다.

- 국내기술동향

- 유사이동모형에 대한 국내의 연구는 HEC-6, IALLUVIAL, MOBED, CHARIMA 등 기존의 유사이동모형들을 국내하천에 적용하는 방향으로 수행되었다. 유사이동모형을 사용하여 한강의 하상변동을 예측한 기존의 연구는 주로 홍수시의 하상변동 해석의 관점에서 수행되었다.

- 박정웅(1984)은 선형완전음해법(linear implicit method)을 적용한 1차원 하상변동모형을 적용한 바 있으며, 박정웅과 정대석(1991)은 유사이동 수치모형을 사용하여 홍수시 한강 하류부의 하상변동현상을 모의하였다.

- 박상덕 등(1989)도 역시 같은 구간에서 홍수시 하상변동을 수치모형을 적용하여 해석한 바 있다.

- 이남주(1989)는 미국 Iowa 대학의 IALLUVIAL 모형을 같은 구간에 적용하였다.

- 금강의 대청댐 하류부에 적용한 연구로 유권규와 우효섭(1993)은 HEC-6를 이용하였다.

- 김영성(1993)은 MOBED에 유사량공식을 추가로 도입하여 하상변동을 모의하였다.

- 백중철(1994)은 CHARIMA 모형을 한강 하류부에 적용하여 유사이동현상을 모의하였다.

- 이상과 같이 수치모형을 이용한 하천의 하상변동에 대한 기존의 연구는 주로 1차원 모형을 사용한 연구로서 비점착성 유사립자에 대한 연구들이다.

- 2차원 유사이동모형은 평면 2차원 모형과 연직 2차원 모형으로 구분할 수 있다. 1980년대부터 본격적으로 연구가 시작되었다. 특성법으로 푸는 모형이 사용되기도 했으나, 대부분의 모형은 유한차분법 또는 유한요소법을 사용하는 모형이 개발되어 적용되고 있다. 평면 2차원 모형은 주로 해안, 하구, 항만, 호수 등 하천에 비해 유속이 상대적으로 작은 지역에 주로 적용되며, 따라서 미립부유사를 대상으로 하는 점착성 유사이동모형이 대부분을 차지한다. 비점착성 유사를 대상으로 하는 1차원 모형에서는 장갑화(armoring) 과정을 중시하는 반면, 점착성 유사를 대상으로 하는 평면 2차원 모형은 바닥의 압밀(consolidation)을 보다 중요한 요소로서 고려한다.

- 2차원 유사이동모형은 1980년대 이후부터 국내에서 적용되기 시작했으며, 주로 하구 또는 해안의 부유사 이동문제 해결의 관점에서 연구가 진행되고 있다.

- 이정규와 안수환(1984)은 연직 2차원 부유사 확산모형을 구성하여 각 매개변수에 대한 민감도분석을 수행하였으며, 이어서 이정규(1985)는 연직 2차원 부유사 이동모형을 수립하여 군산외항의 관측치와 비교·검토하였다.

- 강시환 등(1987)은 수심적분 2차원 모형을 낙동강 하구에 적용하였으며, 염기대(1988) 역시 수심적분 2차원 부유사 확산모형을 광양만에 적용한 바 있다.

- 염기대 등(1991)은 수심적분 2차원 유사이동모형을 이용하여 釜山 인공섬 건설에 따른 퇴적물 이동을 예측하였다.

- 이길성 등(1994)은 Lee(1986)의 모형을 하천형 저수지에 적합하도록 모형을 수정하고, 한강 하류부에 위치한 잠실수중보 직상류 지역에 적용하여, 수중보의 수문 운영에 따른 유사이동현상을 예측하였다.

- 이남주(1996)는 좌표변환된 평면2차원 유사이동 수치모형을 개발하여, 한강의 잠실수중보 상류에 적용하여, 수문운영에 따른 지형변화를 예측하였다.

- 1차원 유사이동모형은 1970년대부터 본격적으로 개발되기 시작했다. 초기에는 특성법(characteristic method)을 이용하여 방정식을 풀었으며(Chang and Richards, 1971), 현재 주로 사용되는 모형들은 대부분 유한차분법(finite difference method)을 사용하고 있다.

- HEC-6, FLUVIAL, IALLUVIAL 등은 여러 개의 연속된 정상류(steady flow)로 흐름을 모의하는 준정상류(quasi-steady flow) 모형이지만, 이후 개발된 MOBED, CHARIMA 등은 부정류(unsteady flow)로 흐름을 해석한다.

- 대부분의 1차원 유사이동모형은 비점착성 유사를 대상으로 하고 있으며, 비조합 모형이다.

- 최근에는 1차원 모형에서도 점착성 유사를 고려하는 연구가 수행되고 있으며(HEC, 1993), 연계된(coupled) 유사이동모형에 대한 연구도 시도되고 있다(Correia et al., 1992).

- 국외에서 개발된 평면2차원 유사이동모형은 TWODSR 모형(Simons 등, 1979), SMS system(RMA-2, RMA-4, STUDH, SED2D-WES; Waterway Experiment Station, 1995), MOBED2 모형(Spasojevic, 1988; Spasojevic와 Holly, 1989) 등이 있다.

- 현재까지 개발된 일차원 하상 변동 모형은 적어도 수십 개 이상의 모형이 학계에 보고된 것으로 알려져 있지만, 이들 중 대부분의 모형은 석박사 학위 논문을 위한 모형 개발에 그치고 있다.

- 실제 하천에 범용적으로 쓰이는 것은 기술적인 면에서는 그다지 뛰어나다고 볼 수 없는 HEC-6 이며, 그 이유는 이 모형이 지속적으로 개선이 되었으며, 미 공병단이라는 공공기관에서 개발 배포되는 특성이 있기 때문으로 보인다.

- 기존의 모형들은 대부분 유사 문제 보다는 수리적인 문제에 치중되어 있으며, 수치 해법과 적합 격자의 문제, 난류 모형화 등에 중점을 두고 있기 때문에 실제 하천에 대한 적용보다는 실험실 자료를 이용한 검증 차원에 머물러 있다.

- 현재까지도 모든 경우에 적용할 만한 실용적인 이차원 하상 변동 모형은 아직 없는 형편이다. 특히, 실제 하천을 이차원적으로 모의하기 위해서 해결해야 할 문제로서 부정류 해석을 할 경우 수위에 따라 하폭이 달라지며, 이에 따라 계산 격자망이 능동적으로 변형되어야 한다. 그러나 기존의 모형들 중에 이것을 적절히 모형화한 모형은 아직 없는 것으로 알려져 있다.

- 생태평가기법

• 국내 기술 및 산업 동향

1999년 8월 전면 개정·시행된 하천법에“하천환경의 정비·보전에 관한 사항”이 추가로 제정됨에 따라 2000년 이후의 모든 하천정비사업은 환경을 고려한 자연친화적 하천정비사업으로 추진되고 있으므로 2000년 이후의 하천관련 투자비 대부분은 친환경 하천정비와 관련된 사업비로 국내 시장규모는 매우 큼.

- 건설교통부에서는 '05년부터 '11년까지 전국 도시하천을 대상으로 도시별 테마가 있는 30개 도시의 50개 하천구간에‘생태도시하천사업’을 추진 중에 있으므로 하천환경기술과 관련된 시장 규모는 지속적으로 증대할 것임.

- 이에 따라 하천환경기술과 관련된 요소기술 개발이 절실히 요구되고 있으나, 건설산업체의 특성상 친환경 하천기술개발 동향은 주로 식생호안, 환경블럭 등 상품성 호안재료 관련 기술에 치중되었음.

- 1990년대 이후 건설교통부 주도로‘자연친화적 하천정비기법개발’연구를 시행하여 하천의 환경 기능을 보전하고 복원하려는 하천 정비와 관리에 관한 정책 및 기초 연구가 수행된 상태임.

- 국내의 경우 하천평가 및 적응관리에 관한 기술에 대한 특허는 없으나, 다양한 관련 공공 기술 지침 등에 반영되어 있음(예, 자연 친화적 하천정비기법 개발, 건설교통부, 2001-2004).

- 연 1조3천억원 규모(건설교통부 인프라 제정의 약 8.7%)의 하천사업 관련 정부예산에서 하천환경기술의 최소 25% 이상(하천정비공사 비용의 약 50%에 가까운 호안공사에서 식생 호안과 기존 적용 호안과의 가격 편차로 추산시) 과다 설계 방지 가능.

- 기술 개발 과정에서 시범 하천 및 구간 운영, 기술 적용의 경제적 타당성을 평가할 수 있도록 함으로써 현장 적용성 및 검증능을 강화하여 과다한 복원 시설 설치와 홍수시 유실로 인한 예산 낭비, 그리고 과다한 현 하천복원사업 비용을 최소화 할 수 있는 경제적 기술 개발도 가능.

• 국외 기술 및 산업 동향

독일의 경우 1970년대부터‘근자연형 하천공법’이 시작되었으며 새로운 하천사업이나 정비된 기존 하천의 복원사업 수행, 영국은 1989년 이후 EA(Environment Agency)가 하천유역 통합관리를 담당하여 하천복원과 하천치수사업에서 환경을 고려한 자연형 하천계획등을 수행하고 있으며, 하천수변조사(RCS) 기술력이 축적되어 최근 RHS(River Habitat Survey) 기법개발 프로그램을 통해 자연생태계조사 방법을 수치화하여 전국 하천조사에 사용하고 있음.

- 미국은 1960년대 홍수터를 이용한 하천 생태계의 보전 및 복원에 집중하여 수자원개발법과 홍수터관리법 등을 통해 홍수피해 저감 및 하천생태계보전을 도모하고 있음. 유역개념으로 추진하며 하천생태계를 유사거동과 가장 밀접하게 취급하고 있음. 1998년에 각 연방정부기관 공동으로‘수변복원-원리, 과정, 실무’라는 지침서를 제시하였고 U.S. 수로시험협소(WES, 1997)는 하천조사와 하안 안정화 지침서 제시.

- 일본은 1982년부터 하천환경관리 기본계획 수립이 전국 하천으로 확대되었으며‘하천수변국

세조사’를 통한 하천생태계 보전개념의 하천정비사업을 시행하고 있음. 특히 실제 하천과 가깝게 몇 가지 조건을 조절할 수 있는 실험 시설로서 토목연구소는 나고야시에‘자연공생연구센터’를 설립·운영되고 있으며, 이는 하천과 호수의 자연환경 보전 복원을 위한 기초적 응용적 연구를 실시하여 그 결과를 널리 보급하는 한편, 친환경 하천분야의 세계시장 선점을 주도함.

3.7 연구동향 결과 분석

• 국내의 복원사례 및 계획 : 국내 복원 계획 사례는 물길복원 뿐 만 아니라 지역적인 목적(함평천 나비축제, 문화재 복원 등)을 포함되어 있다. 따라서 원형복원에 대한 국내 홍수조건을 고려한 치수 및 이수대책에 대한 검토뿐 만 아니라 특수한 경우에 해당하는 복원 설계 기술이 필요하다.

국외복원 사업은 대부분 생태복원이 목적이다. 키시미강의 경우 직강화로 인한 생태 종의 감소와 관광산업의 축소로 인해 이를 회복하기 위한 목적이며 레드강은 연어의 이동통로확보를 위한 사업이다. 국외 복원의 경우 하도가 대부분 보존되어 있어 기존 하도를 연결하는 설계방법을 선택하고 있다. 이는 국내 폐천 및 구하도가 제방으로 인한 단절 및 원형대로 보존되어 있지 않은 점을 고려할 때 적용하는데 어려움이 있다.

폐천 및 구하도 복원 설계기술 개발은 하천수리학적 기술요소의 검토가 매우 중요하다. 따라서 본 과제에서는 복원 기술에 포함될 요소기술을 검토하고 분석하였다.

• 하도평가 : 폐천 및 구하도를 복원하기 위해서는 대상하천의 물리적 평가가 필요, 물리적 평가에서 우선적으로 현재와 과거하도상태에 대한 평가가 우선되어야 할 것이다. 이는 매우 중요한 부분으로, 현재하도가 안정화된 상태인지 변화가 발생할 때인지의 판단이 복원계획 및 설계의 방향을 결정할 수 있다. 하지만 국내하천의 경우 하도상태에 대한 조사가 미미하여 기존 자료를 이용하기는 매우 어려운 실정이다. 따라서 기존 국외연구 사례를 통한 국내하천의 하도상태를 분석하여 타당성과 적용성을 파악하고 정성적인 해석방법을 제안하는 것이 필요하다.

• 복원구간 하상변동 해석 : 폐천/구하도를 복원할 경우 대상구간 합류부 퇴적/침식 해석 및 예측이 필요, 이를 위해 기존 사업 및 연구 자료를 수집하고 검토하였다. 하도변경에 대한 연구로써 하도변경에 따른 유사변동을 예측한 연구를 검토하였으며 이와 같은 연구를 분석하고 폐천/구하도 복원지역을 위한 적용성을 검토하여 타당한 기존연구과 추가연구를 수행할 필요가 있다.

• 하도종단변화 해석 : 하도 종단해석은 구하도/폐천 복원으로 인해 기존 하도의 종단변화를 분석하기 위한 목적, 종단해석 평가를 위해 우선적으로 Stable Channel Design에 적용되고 있는 1차원 수치해석 SMA(Stable channel Analytical Method)을 분석하였다.

• 구조물 영향 해석 : 구조물의 영향해석은 구하도/폐천복원이 수행되었을 때 하도안정에 문제가 있다면 구조물을 적용하여 해결하기 위한 기술을 평가하기 위한 것이다. 구조물 설치로 인한 meandering 효과에 대한 분석이 필요하다.

• 수치모형 검토 : 폐천 및 구하도의 보전 및 복원 기법 개발에 필요한 일차원 및 평면2차원 흐름·유사이동·수질예측 수치모델링 기법 개발에 대한 연구는 시기적으로 매우 적절하다. 폐천 및 구하도의 보전 및 복원 기법 개발에 필요한 일차원 및 평면2차원 흐름·유사이동·수질

예측 수치모델링 기법 개발 결과인 수치모형에 전후처리모듈을 접합시킨다면, 범용성있는 모형으로 하천실무에 활용 가능하다.

• 생태평가기법 검토 : 국내 하천환경 실태 조사 및 평가를 위한 하천 생태환경 평가 기법, 복원 효과 극대화를 위한 복원 하천 모니터링과 지속적인 수정·보강·개선을 통한 적응관리 방안이 개발되지 않고 있다. 하천복원사업이 전국에 걸쳐 분위기는 고조되어 있으나, 지역주민들에게 제공하는 사회적 가치와 투자/수익의 경제적 가치, 사회적 공감대 형성, 그리고 정책 및 예산 결정권자를 설득할 수 있는 하천복원사업의 평가 기법이 없다.

- 연구개발 목표 달성도

폐천 및 구하도 복원 설계 기술은 구체적인 설계 절차를 제안함으로써 각 설계 절차에 따른 세부 연구 주제에 따라 연구를 진행하였다. 각 세부 연구 주제로는 하천 평가 과정으로 영상분석기법을 이용한 과거/현재 하도 평가, 하천 평형이론 방법을 이용한 하도 평가, 생태 평가, 복원하도 설계 과정으로 모래하천 하도설계, 자갈하천 하도설계, 수리 검증 및 검토 과정으로 수리모형 실험, 수치 모델링 등이 있다. 이러한 각 세부 연구는 실제 시범사업 적용을 통하여 보다 구체적이고 정량적인 수치와 방법론을 제안하고 있다. 복원 설계 절차의 경우도 시범사업에 대한 기본설계와 실시설계를 수행하면서 국내 하천복원사업에 적합한 보다 현실적인 복원설계 절차를 제시하였다.

또한 국내 폐천 및 구하도 현황 조사를 수행함으로써 5대강 권역의 주요하천에 대한 다량의 폐천/구하도 구간을 파악하고 유형화함으로써 습지형 폐천/구하도의 보전 방안에 대한 연구를 진행하였다.

<연구개발 목표 및 달성도>

연구개발 목표	달성도
국내 폐천/구하도 현황 조사 및 분석	100%
폐천/구하도 생태 모니터링 및 평가	100%
유사량 조사 및 하도형성유량 산정	100%
영상분석기법을 이용한 하도 평가	100%
하천평형이론 방법을 이용한 하도 평가	100%
폐천/구하도 복원 설계 절차 제시	100%
복원하도(모래하천/자갈하천) 설계 방법 제시	100%
폐천/구하도 복원 시범사업(만경강/청미천) 구간 하도평가	100%
폐천/구하도 복원 시범사업(만경강/청미천/함평천) 구간 하도설계 및 수리검토	100%
폐천/구하도 보전방안 검토	100%

- 관련분야에의 기여도

본 연구는 폐천/구하도 복원을 위한 물리설계 분야로 국내에 적합한 설계 프로시저를 제안하고 안정된 복원하천을 설계할 수 있는 기술을 개발, 적용하는데 목적이 있다. 현재 국내의 하천복원사업에 관심이 증대되고 있으나 지형학적 복원으로써의 폐천/구하도 복원에 대한 구체적인 설계기술은 미미한 상태이다. 폐천/구하도 복원 기술은 하천상황, 국내에 적합성과 사업 목적에 따라 여러 복원유형이 제안되어야하기 때문에 다양한 요소기술이 융합되어야 된다. 따라서 본 연구의 기술개발은 각 요소기술에 대한 학술적, 기술적인 연구개발에 기여도가 클 것이며, 현재 초기단계의 국내 폐천/구하도 복원 계획 및 설계분야 기술력은 상당부분 확보가 가능할 것이다. 개발된 기술은 현장 적용성 및 검증을 강화하여 최적의 복원계획을 통한 예산낭비 방지, 하천복원사업 비용의 최소화 등을 위한 기반기술로 활용할 수 있을 것이다. 또한 하천복원은 사회적인 니즈이며, 하천을 국민에게 제공함에 있어 삶에 풍요를 갖게 할 수 있다.

■ 폐천 및 구하도 관리지침 개발

- 연구개발 목표 달성도

복원하도 모니터링 및 유지관리 기법은 기존의 하천복원사업에서 시행되고 있는 복원하도 모니터링 및 유지관리 개념에 대한 보완 과정과 폐천/구하도 복원에 따른 특이성을 추가함으로써 완성해나가는 연구이다. 또한 생태 모니터링에 대한 시범적용을 수행함으로써 생태평가기법을 제안함은 물론 적용성을 평가하고자 하였다.

본 연구에서는 폐천/구하도 유형을 개방형, 폐쇄형, 육화형으로 구분하여 시범상버 대상하천인 만경강, 함평천, 청미천을 대상으로 생태모니터링을 수행하였으며 이를 통해 생태계 구조를 평가하였다. 그리고 복원하도에 대한 모니터링 방안과 유지관리 방안에 대한 기법을 제시하였다. 하천복원사업을 시행하기 위해서는 여러 가지 실무적, 행정적, 제도적인 측면을 고려하여 사업 절차를 진행해야 한다. 따라서 본 연구에서는 하천복원사업에 필요한 각 요소들을 파악함으로써 실무자들이 참고할 수 있는 폐천/구하도 복원시행 실무지침에 관한 내용을 수록하고자 하였다. 그리고 이를 기반으로 앞서 언급했듯이 폐천/구하도 복원 시범사업을 추진하였다.

- 관련분야에의 기여도

본 연구는 폐천/구하도 복원에 대한 모니터링 및 유지관리 방안을 마련하고 적응관리 방안을 제시하는데 목적이 있다. 현재 국내에서 이뤄지는 하천복원사업은 해당 사업의 특성과 무관한 단편적인 모니터링 및 유지관리가 이뤄지고 있으며, 사례 분석 결과 몇 가지 제도적/행정적/기술적 개선점이 확인되었다. 이에 대한 기술 개발은 폐천/구하도 복원에 따른 수리적/생태적/친수적 관리에 기여도가 클 것이며, 개발된 기술은 현장 적용성 및 검증을 강화하여 최적의 모니터링 및 유지관리를 통해 예산낭비 방지, 하천복원사업 비용의 최소화 등을 위한 기반기술로 활용할 수 있을 것이다.

특히 국내에서는 생소한 지형학적 복원인 폐천/구하도 복원사업의 경우 실무자가 사업을 추진함에 있어 실무지침서를 참고함으로써 보다 효율적이고 비용절감 효과가 있을 거라 판단된다.

■ 폐천 및 구하도 유형평가 및 시범사업 적용

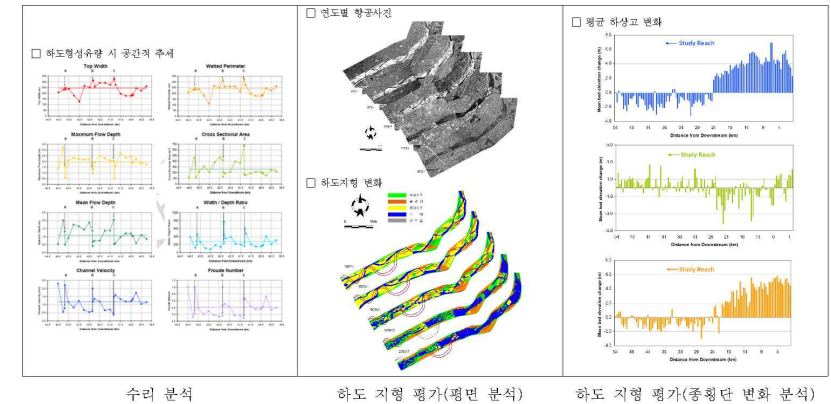
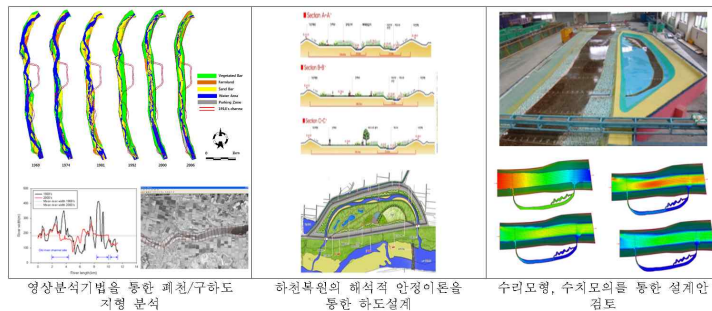
- 연구개발 목표 달성도

안정이론 및 SAM 모형을 통한 하도 평가에 관한 연구의 경우 미국의 콜로라도주립대학(CSU)의 Julien 교수 연구팀과 국제 공동연구를 수행함으로써 관련 기술력 축적을 포함하여 연구목적을 달성하였다. 그리고 청미천, 만경강 등 폐천/구하도 복원 시범사업 구간에 각 요소기술들을 토대로 복원구간의 안정하도 설계를 수행하였으며, CSU의 설계 컨설팅을 통하여 연구와 시범사업의 완성도를 높이는 결과를 마련하였다.

특히 국내 폐천/구하도 복원사업이 전문한 상태에서 CSU에서 수행한 국외 폐천 복원 사례 검토와 이에 대한 분석으로 제시된 복원 유형 검토 결과는 본 연구를 시작함에 있어 연구 목표, 연구 전략, 추진계획 등을 수립하는데 토대로 활용되었다.

- 관련분야에의 기여도

미국의 콜로라도주립대학(CSU)의 Julien 교수 연구팀에서 수행한 국외 폐천 복원 사례 검토와 이에 대한 분석으로 제시된 복원 유형 검토 결과와 안정이론 및 SAM 모형을 통한 하도 평가에 관한 연구는 국내 폐천/구하도 복원 사업을 수행함에 있어 기술적 토대를 제공하였다. 특히 만경강과 청미천 시범사업 구간에 대해 적용함으로써 이에 대한 기술적 검증은 완료하였다. 국제 공동연구를 통하여 개발된 기술은 추가적인 현장 적용성 및 검증을 강화하여 최적의 하천복원설계 기술을 통해 예산낭비 방지, 하천복원사업 비용의 최소화 등을 위한 기반기술로 활용할 수 있을 것이다.



(3) 생태천변저류지 조성기술 개발

과거 하천정비사업은 홍수를 신속히 유출시키는데 목적이 집중되어 있어, 그 결과 제방위주의 홍수방어능력은 한계를 보이고 있다. 특히 최근 국내에서는 기상이변으로 인한 홍수피해가 증가하고 있으나, 환경, 경제 및 정치적 문제로 인해 댐과 같은 대규모 수공구조물의 설치가 어려우며, 이에 대한 대안으로 유역종합치수계획에서는 홍수량을 유역 내에 분담할 수 있는 강변저류지의 도입을 검토하고 있다. 강변저류지는 하천 또는 수로에 접한 월류언을 이용하여 침투홍수량의 일부를 저류하는 형식으로 운영되며, 하도흐름에 직접적인 영향을 주는 저류지로서, 침투홍수량 조절효과를 제공하며, 그 효과가 즉시 나타나는 특징이 있다. 또한 다른 저류시설에 비교할 때 농경지 손실이 적고, 침수취약지역에 설치되어 해당 지역의 침수피해를 경감하고 다른 지역의 침수안전성을 제고할 수 있다. 또한 강변저류지는 홍수저감효과 이외에 비홍수기 습지와 농지 등으로 활용할 수 있어, 6월에서 9월에 대부분의 강수가 집중되고 있는 국내의 경우, 비홍수 활용적 측면에서 보유하고 있는 잠재적 가치가 크다는 장점이 있다.

이와 같은 많은 장점에 의해 강변저류지에 대한 활용가치가 증가하고 있지만, 강변저류지의 모든 기능을 포함하는 명확한 정의도 현재 수립되지는 않았으며, 크게 홍수기의 홍수조절을 목적으로 하는 강변저류지, 그리고 비홍수기의 습지활용을 목적으로 하는 강변저류지의 개념이 국내·외에서 유사하게 정의되고 있다. 즉 현재 국내·외에서 수행된 관련된 연구들은 아직은 초기단계로 추가적인 많은 연구가 필요한 시점이다.

■ 연구개발 목표 달성도

강변저류지 위치 및 규모선정 기법 개발 분야와 관련하여 4차년도에는 경제성분석을 기반으로 한 강변저류지의 위치 및 규모선정 기법에 대한 연구를 목표로 진행하였으며, 이를 위해 강변저류지의 설치비용을 낙동강유역의 20개 강변저류지 후보지의 예상건설비를 이용하여 정량화하였으며 설치편익에 대하여 홍수저감효과를 정량화하는 기법을 제안하였다. 또한 3차년도

연구결과인 습지가치를 이용하여 인공습지 설치시의 편익을 정량화하여 총 편익을 산정하여 분석하였다.

2차년도 연구기간을 통해 연구개발 계획서 상의 주요 첫 번째 연구개발 목표인 최적규모 및 위치 결정을 위한 최적화-수문모형을 정립하고 기본구조를 갖춘 모형을 개발하였다. 개발된 모형은 수문학적 접근방법으로 인해 계산되는 강변저류지의 홍수저감효과와 최적화기법인 유전자 알고리즘에 의해 최적의 위치와 규모를 선정한다.

3차년도에는 월류고를 추가변수로 하는 모형을 개발하여 2차년도 연구결과와 비교 분석 하였으며, 상대적 중요도(RSI, Relative Significance Index)에 의한 최적위치에 대하여 분석하였다.

4차년도의 연구에서는 경제성을 고려한 강변저류지의 최적 위치 및 규모를 산정하는 기법에 대하여 제안하였으며 분석한 결과를 지난 연구결과와 분석, 검토하였다.

“안성천수계 유역종합지수계획(건설교통부, 2007)”에서 검토한 13개 강변저류지 후보지를 대상으로, 경제성을 고려하여 최적 위치 및 규모를 선정한 결과, 기존의 홍수저감효과만을 이용한 모형과 비교할 때 보다 높은 경제성을 제공할 수 있는 최적 조합선택이 가능하였으며, 이는 강변저류지 최적위치 및 규모를 선정할 때 보다 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단되었다.

■ 관련분야에의 기여도

본 연구에서는 강변저류지 위치 및 규모선정 기법의 개발을 목표로 하고 있으며, 연구개발을 통해 다음과 같은 기여를 할 것으로 예상된다.

우선 학술 및 기술개발과 관련하여 강변저류지 계획 및 설계분야의 세계적 기술력 확보가 가능할 것이다. 현재 강변저류지 계획을 위한 국내·외 기술은 초기단계로 연구가 성공리에 수행될 경우 세계적인 기술력 확보가 가능할 것이다. 또한 개발된 모형을 이용하여 강변저류지의 실질적인 홍수저감효과 산정이 가능할 것이며 강변저류지 계획 수립을 위한 의사결정 모형으로 활용할 수 있을 것이다. 더 나아가 보다 효율적인 도시유역의 홍수관리를 위한 기반기술로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

개발된 기술의 현장 적용성 및 검증능을 강화할 것이며, 이를 바탕으로 적정수준의 복원설치비 계획과 홍수예방을 통한 예산낭비 방지, 하천복원사업 비용의 최소화 등을 위한 기반기술로 활용할 수 있을 것이다. 또한 강변저류지 계획 및 설계를 위한 기술인 양성에도 큰 기여를 할 것이다.

■ 강변저류지 설치 및 운영기법 개발 분야

본 연구에서 정의하고 있는 강변저류지 설계·시공·평가 등에 대한 연구는 거의 없는 실정으로, 그나마 강변저류지가 갖는 홍수저감효과를 분석하기 위한 몇몇 시도가 있을 뿐이다.

도시 개발이나 주택단지개발사업의 경우 토지이용 및 경제적인 측면에서 저류지의 면적을 충분히 확보하기 어려움으로 침투홍수량 조절방식인 Off-Line 방식의 저류지가 검토되고, 일부 채택되고 있는 실정으로, Off-Line 방식의 저류지인 강변저류지와 같은 경우 계획홍수위 이하의 홍수위에 대한 하류부 영향을 저감할 수 있는 방법이 없어 재해영향평가 취지에 역행한다

는 문제점이 제시되어 왔으나 이에 대한 기술적 대안이 없는 실정이다.

또한 Off-Line 저류지 유입량 산정 시 사용되고 있는 각종 월류류 웨어 공식의 경우 국내에서 실험에 의해 검증된 것인 1건에 지나지 않으며, 이 식들의 사용에 대한 가정조건과 기본조건들이 무시된 채 사용되고 있어 적정 유입량이 산정되는 지에 대한 검증이 요구되고 있는 실정이고, 강변저류지에 대한 월류제의 현황이라든지, 설계방법 등에 대한 체계적인 조사와 표준적인 설계지침이 없는 실정이다.

하도 변에 저류지를 설치함에 있어서 해결하여야 할 것으로는 기존 제방에 월류하는 구조물이 설치된다는 점에서 구조적으로 매우 위험하다는 점 및 그 위를 월류 하는 월류량은 공간적 점변류 특성을 가짐으로서 수학적 산정이 매우 임의적이기 때문에 이에 대한 구체적인 연구가 필요 하나, 기존 연구는 월류제 월류유량의 특성 규명에만 국한되어 있는 실정이다.

하도에 인접하여 제방 일부를 낮춤으로서 홍수시 하도의 침투홍수를 저감시키고자 하는 강변저류지의 건설효과를 정확히 제시하기 위해서는 하도-월류제-저류지 간의 물의 이동에 대한 정확한 규명이 필수불결 하나, 기왕의 대부분의 연구는 월류제 월류유량 자체에 대한 연구만이 수행되고 있는 실정이어서, 상술한 하도-월류제-저류지 간의 물 이동을 물리적 관점에서 정확히 총괄적으로 포착하여 기술된 이론적 근거는 거의 없는 실정이다.

강변저류지를 구성하는 제반 시설물의 설계지침 및 생태적 개념이 바탕으로 홍수저감능력이 최고로 발휘할 수 있는 강변저류지 최적 규모 평가모형을 개발하는 것으로, 구체적으로는 하도-월류제-제내지를 연계한 동역학적 수치모형의 구성 모듈인 저류지 시설물, 즉 월류제 유입수문 유출부 등의 모듈화 및 이들의 통합, 그리고 이들 시설에 관련된 설계 지침의 보완 그리고 강변저류지 관리 기술의 제공이 있으며, 해당 분야에 대해 구체적 성과를 제공했다고 사료된다.

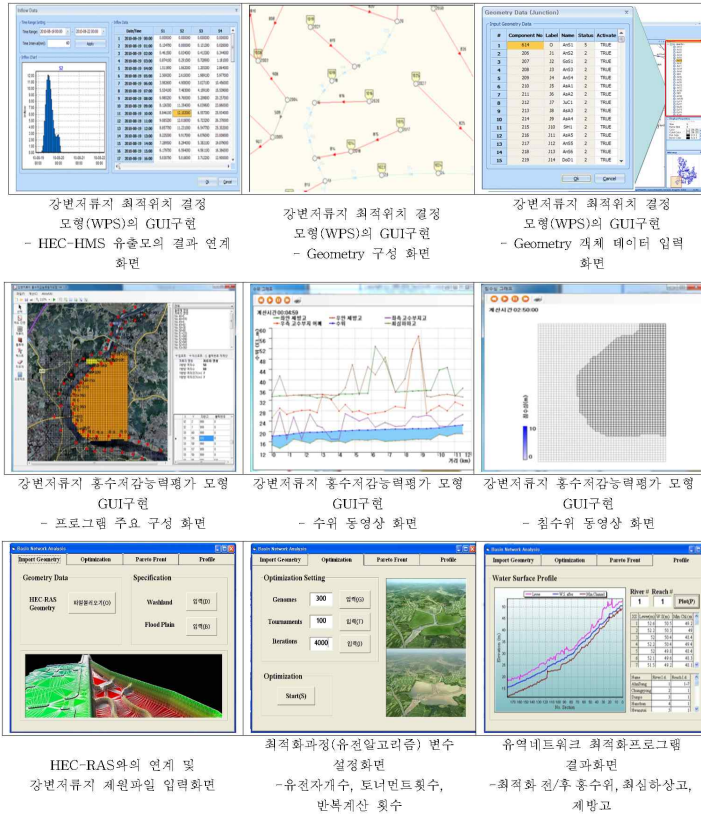
또한 사용자의 편의를 위해 GUI 기반의 강변저류지 홍수저감능력평가모형을 구축하여 보다 쉽고 빠르게 강변저류지의 홍수저감능력을 평가할 수 있을 것으로 사료된다.

■ 강변저류지 수질관리 분야

과거 홍수방어 계획은 하천 제외지로 한정하였으나 최근 유역종합지수계획의 접근으로 강변저류지 활용이 추진되고 있다. 본 연구의 최종 목표는 치수 및 환경기능을 확보한 지속가능한 강변저류지를 조성하기 위한 기술을 개발하는 것으로 수질관리 측면에서 강변저류지 관리는 평상시에 한정한다. 강변저류지 수질관리 연구 내용은 저류지 수질관리 국내·외 사례분석, 저류지 수질개선 요소 파악, 저류지 수질변화 양상 및 특성 분석, 저류지 조성 예정지구 수질특성 파악, 저류지 조성 예정지구 수질특성 분석, 저류지 수질관리 모델 개발 및 적용, 저류지 조성 가이드라인 작성(계획, 운영 등) 등으로 대별할 수 있다. 1, 2, 3, 4 및 5차년도의 연구 내용(습지 수질개선 요소 파악, 습지 수질변화 양상 및 특성 분석, 저류지 조성 예정지구 수질조사, 수질관리를 위한 저류지 규모 파악, 저류지 수질관리 방안, 저류지 조성 가이드라인 작성 등)을 바탕으로 합목적성을 확보한 환경적으로 건전한 강변저류지(자연과 조화를 이룬 건강하고 생산적인 시설물, 현대세대와 차세대의 요구를 공평하게 충족 등)의 조성기준, 구조분석, 평가기준, 관리기술 등을 제시할 수 있을 것으로 판단한다.

■ 생태평가기준 및 모니터링 기법 개발

다양한 생태계 특성 관련 생태공학기술에 응용할 수 있는 학제간 통합적 생태조사·분석체계의 개발 및 모니터링체계와 생태적 적응관리기법의 범용화할 수 있으며 선진기술의 모방적 도입수준에 독자적인 기술의 확보로 사업의 효율적 제고 및 연관 기술의 발전에 기여할 수 있다.



(4) 하천 식생 천이 예측 모델 개발

하천 식생의 정착, 성장, 천이에 관한 모델 연구 현황을 1차원과 2차원 모델로 구분하여 표 4.1.1에 정리하였고 이 중 대표적인 모델을 대상으로 요약하였다.

Rhipps(1979)는 미국 중부 아칸소 주의 남부 습지의 산림 식생 변화를 홍수 빈도와 침수 깊이와의 연관성으로 'SWAMP' 모델을 제시하였다. 이 모델은 산림 식생 천이 모델인 JABOWA(Botkin 등, 1972)'와 같이 개별 수목의 성장, 사멸을 예측하고 있으나 빛, 온도, 질소

부족 등의 육상 조건이 아닌 홍수로 인한 중 반응의 하안 조건을 대상으로 하고 있다. 이 모델은 3가지 프로그램, 성장(GROW), 사멸(KILL), 정착(BIRTH)으로 구성되어 있다. SWAMP 모델은 우선 GROW 프로그램으로 시작되며 일정 면적안의 수목들을 줄기의 길이와 직경의 경험식으로 성장시키고 KILL 프로그램에서는 각 대상수목의 침수 빈도와 깊이에 따른 Growth factor를 지정하여 수목의 사멸과 지속을 결정한다. 최종단계로 BIRTH 프로그램에서는 홍수 빈도 또는 깊이에 대한 각 개별 수목의 flood factor를 지정해 놓고 그 정도에 따라 새로운 수목을 추가한다. 이 모델의 결과는 2차원 그래프에 X축은 년도, Y축에는 수목 기저면적과 개체수가 출력된다.

Pearlstone 등(1985)은 미국 남부 캘리포니아의 하안 식생 변화를 홍수 침수와 연관하여 모의하는 'FORFLO' 모델을 제시하였다. 이 모델은 Rhipps의 SWAMP모델과 마찬가지로 JABOWA 모델을 수정한 것으로 개별 수목의 성장에 초점이 맞춰져 있다. 하지만 이 모델은 GIS를 이용하여 수목의 분포를 가시적으로 확인할 수 있는 특징이 있다.

Mahoney와 Rood(1998)는 북미산 미루나무속의 식물을 대상으로 지하수위와 하천수위가 평행하게 연장된다고 생각하고 하루 평균 수위 변동률과 식물의 정착율을 조사하여 'Recruitment Box model'을 제시하였다. 이 모델은 미루나무속 식물의 뿌리 성장속도와 지하수위의 감소율을 검토하여 정착에 필요한 수분조건을 모의한 것으로 식물의 발아 및 유식물의 초기 성장에 있어 봄철 홍수가 미치는 영향만을 고려하고 하천 고유의 기계적인 교란은 고려되지 않은 제약이 있다.

Egger 등(2008)은 Benjankar의 연구에 기초하여 식생의 천이 단계의 재순환까지 모의할 수 있는 Dynamic Succession Riparian Ecosystem 모델을 제안하였다. 이 모델은 미국 Idaho의 Boise 강에 적용되어 식생별 서식지(종적, 횡적), 최대 성장가능 시기, 전단응력 등의 '규칙(rule)'을 정하고 물리적, 기계적 스트레스에 대한 반응으로 천이와 퇴행과정을 순환 시켰다. 상용 소프트웨어(ArcGIS, MIKE11)를 사용하여 2차원적 모델을 완성하였다. 모델에서 제시하고 있는 규칙은 북아메리카의 대륙성기후의 특성에 맞게 개발된 것으로 우리나라의 몬순기후에는 사용할 수 없다는 것과 1차원 흐름 모의결과 반영, 하천 식생의 보충, 성장 과정의 단순화에 따른 제약은 있지만 상용 소프트웨어의 사용으로 복잡한 컴퓨터 언어를 모르는 일반인도 해석이 쉽다는 장점이 있다.

■ 하천 식생천이 예측 기본 모델 기술 분야

- 연구개발 목표 달성도

하천 식생천이 예측 기술은 하천 수리환경과 생물간의 상호작용을 정량적으로 예측하는 기술이다. 천이 단계 유형화 및 기작요인 분석과 식생의 보충, 정착의 과정을 규명하여 하천 흐름 특성 및 유사이동에 따른 지형변화에 반응하는 식생 천이, 퇴행과정을 모의할 수 있는 GIS 기반의 프로그램을 개발하는 것이 최종목표이다.

4차년에 GIS 기반의 흐름과 식생천이를 고려한 기본 모델을 개발하여 5차년도에는 천이 단계별 식생특성과 환경요인을 분석하고 식생유입의 기초조사 결과를 제공하는 것이다. 댐하류의

식생의 변화를 댐 건설이전과 이후에 촬영된 항공사진을 GIS 기법을 이용하여 분석하였으며 현장 조사결과와 비교 분석하였다. 천이단계 시범조사구간을 선정하여 천이 단계와 우점종의 특성을 파악하였다. 또한 자갈하천과 모래하천 시범조사구간을 선정하여 수위, 토양수분, 입도 분석 등을 통해 식생유입의 원인을 파악하였다. GIS의 중첩분석 기능과 모델빌더를 이용하여 흐름(전단응력) 조건의 변화에 따라서 식생의 천이 변화를 시각화 하였다. 과거 항공사진 분석 결과를 이용하여 모델의 모의 결과를 비교 검증하였다.

<연구개발 목표 및 달성도>

연구개발 목표	달성도
댐하류 식생 변화 분석	100%
천이 단계별 식생, 환경특성 조사	100%
자갈하천과 모래하천의 식생유입 분석	100%
식생 천이 예측 모델 개발	100%

- 관련분야에의 기여도

댐 축조에 따른 인위적인 홍수 감소와 하상 소류력의 감소, 그리고 그에 따른 하천 개방사주 및 홍수터의 교관목류의 정착은 국내에서 급속히 진행되고 있는 현상으로 하천 고유의 생태계 훼손과 홍수 위험을 가중 시킬 수 있다. 하천 식생 천이 예측 모델은 댐에 의한 하천의 녹색화에 따르는 하천 수리적, 생태적 변화를 모의 할 수 있는 프로그램으로 개발하여 하천을 관리하는데 필수적인 기준을 제공하는 기술이다. 따라서 하천의 과거, 오늘로 부터 생태계의 변화를 예측 할 수 있는 기술을 제공함으로써 국가/지자체 등 하천관련 사업 등에 하천유역의 유기적 시스템에 맞는 하천복원사업 시행에 활용 할 수 있을 것이다.

■ 식생천이 예측을 위한 흐름 수치모델링 기술 분야

- 연구개발 목표 달성도

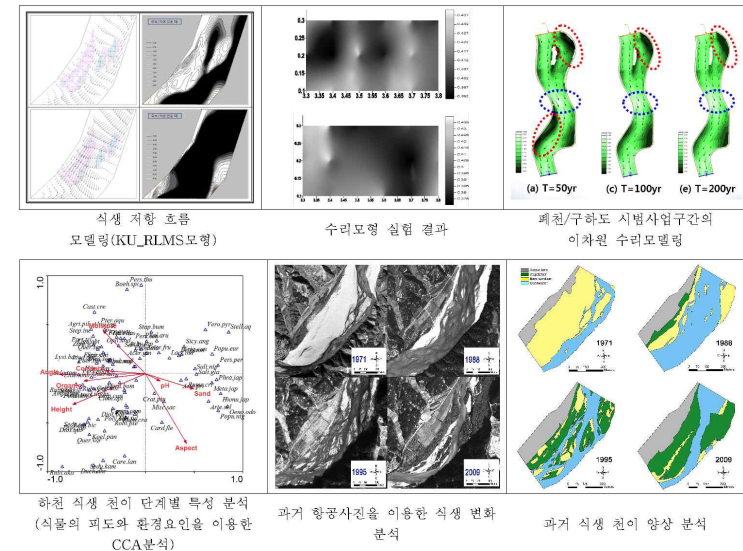
본 연구는 식생천이예측 기술 개발에 필요한 평면 이차원 흐름 및 부유사 이동 예측 수치모델링 기법 개발하는 연구이다. 당해연도에서는 이차원 수치모형 특성을 국내외 문헌을 중심으로 분석하고 식생천이 고려한 수치모델링을 작성하였으며 이에 대한 연구 달성도는 다음표에 나타내었다.

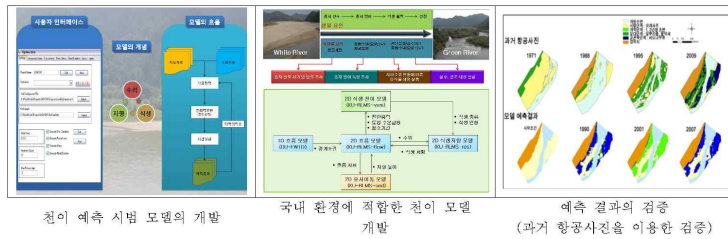
<연구개발 목표 및 달성도>

연구개발 목표	달성도
이차원 수치모형 특성 분석	100%
식생천이를 고려한 수치모델링	100%

- 관련분야에의 기여도

국내 하천에서, 특히 댐 하류부 식생천이 예측 기술 개발에 적합한 이차원 흐름 수치모델링 기법 개발 및 수치모델링 가이드라인 제공하여 이차원 수치모델링 기법 개발 과정에서 시범 하천 및 구간 운영, 기술 적용의 경제적 타당성을 평가함으로써 현장 적용성 및 검증을 강화하여 과다한 시설 설치, 홍수시 유실로 인한 예산 낭비, 그리고 과다한 하천복원사업 비용을 최소화할 수 있는 경제적 기술 개발 가능할 것이다.





3. 연구개발 성과

(1) 공공적 성과 : 가이드라인 4건 수립

- 하천 조도계수 산정 가이드라인 수립
- 수목영향 평가 및 유지관리 가이드라인 수립
- 폐천/구하도 복원 가이드라인 수립
- 강변저류지 조성 가이드라인 수립

(2) 기술적 성과 : 특허 출원 2건, 등록 1건, 소프트웨어 등록 8건

- 정량적 수목저항 산정 모형 개발
- 조도계수 산정 표준화 시스템 개발
- 폐천/구하도 보전/복원 기법 체계화

(3) 학술적 성과 : 논문 게재 59건, 논문발표 148건

- 현장 인발시험에 의한 수목내력 평가
- 생태하천에서 유역 네트워크 구축을 통한 유역최적화 프로그램 개발
- 댐하류 식생 천이에측 기술 개발

(4) 경제적 성과

- 조도계수 산정 방법의 표준화와 이에 따른 하천제방 설계비용 현실화
- 강변저류지의 최적 위치 결정 및 홍수저감효과 극대화, 경제적 저류지 설계방안 확보
- 현장 적용성 강화로 하천복원 사업비용의 경제성 제고

(5) 기타 성과

- 국내 조도계수 실측 자료 DB
- 국제 공동연구를 통한 기술격차 감소
(미국, 독일, 오스트리아 등)

IV. 활용계획 및 기대효과

1. 활용계획

○ 하천내 수목영향에 대한 정량적 평가 가능, 수목선정 → 식재 → 유지관리에 활용

본 연구에서 개발된 1차원 및 준2차원 수목영향 평가모형은 수리실험 및 하천수리모형 실험을 통하여 검증되었고, 금호강 자생수목구간에 적용하여 현장 적용성이 확인되었다. 또한 실제 하천에서 수목으로 인하여 발생할 수 있는 수위상승영향 검토에 수목영향 평가 모형을 활용하기 위하여 수목특성 인자 및 수목분포 현장조사가 수행되었다. 또한 수목특성인자(수목배치 및 수관부 영향 등)에 따른 영향 검토를 위한 수리실험이 병행되었고, 항력접근법을 이용한 2차원 수치모형의 적용성을 검증하였다. 마지막으로 상용 2차원 수치모형(FESWMS)을 이용한 정량적 하천내 수목영향 평가와 수목진도 평가 절차를 제시하였다. 하천내 수목에 의한 흐름저항을 정량적으로 산정함으로써 홍수터 친수공간 조성 및 자생수목의 관리에 반드시 필요한 모형이 될 것이며, 모형을 이용한 분석결과는 국내 하천 내 나무심기기준 개정을 위한 자료로 활용될 수 있을 것이다.

○ 폐천/구하도 복원을 통한 하천의 자연성과 생태적 기능성 제고

본 연구의 결과는 폐천/구하도 복원 사업의 확대, 연구성과 홍보 및 기술 보급, 국가 정책 반영 등과 같이 활용할 수 있다. 이 같은 노력을 통하여 함평천 구하도 복원사업이 완료되었고 청미천 구하도 복원 실시설계가 완료되어 시공을 앞두고 있다. 그리고 만경강 구하도 복원사업의 경우 “국가하천 마스터플랜”에 반영되어 사업 예정 중에 있으며, 4대강 사업 중 영산강 구하도 복원 2개소가 공사 중에 있다. 연구성과 홍보와 이를 통한 기술 보급은 다양한 학술 발표와 연구 교류를 통하여 진행해 왔으며, 본 연구에서 도출된 성과물 “국내 폐천/구하도 현황자료집”, “폐천/구하도 복원설계 가이드라인”을 통하여 기술 보급에 활용하였다.

특히 4대강 마스터 플랜, 수자원장기종합계획, 국가하천 마스터 플랜 등 국가 정책에 폐천/구하도 복원 계획이 반영됨으로써 향후 국내 하천복원 분야도 보다 다양하고 적극적인 형태의 복원이 이뤄질 것으로 기대된다.

○ 유역구성 요소간, 상·하류간 합리적인 홍수량 배분을 통하여 홍수저감효과 극대화

유역 구성요소간, 상·하류간 합리적인 홍수저감효과와 배분을 통하여 체계적인 하천 및 유역관리를 유도할 수 있을 것으로 기대된다. 생태하천 복원 사업 또는 대규모 하도 개선사업시 홍수량 분담능력의 변화를 각 대안별로 평가함으로써 치수측면에서의 가이드라인을 제시해 줄 것으로 기대된다.

유역종합치수계획에서 홍수방어대안수립시 다양한 홍수저감대안에 대하여 효율적으로 검토할 수 있게되어 최적 홍수저감방안 도출에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 다목적 최적화의 수행을 통하여 대규모 유역에 설치되는 강변저류지의 용량을 최소화하면서 하도내 침투 홍수위를 최소화하도록 하는 최적해집단을 제시하였다. 본 보고서에서 제시된 HEC-RAS 구동엔진과

프로그래밍 언어와의 연동방법을 통하여 차후 제방 및 저수지 최적 설계, 강변저류지 연계 운영, 최적 수문(gate)운영 등의 문제에도 손쉽게 접근할 수 있을 것으로 판단된다.

○ 강변저류지의 홍수저감효과 제시에 따른 사업 활성화

향후 유역을 개념으로 하는 모든 치수대책수립에 없어서는 안 될 분석기능을 제공할 것으로 판단된다. 특히 유역 차원의 하도적 홍수분담계획을 수립하고자 하는 경우, 대규모 하도저류시설이 어려워지고 있는 추세에 있어 이를 대체할 수 있는 하도적으로 확신할 방법은 소규모이면서 다수의 하도변 저류기능을 연계시키는 방법만이라 할 수 있으며, 목표하는 저감량 확보를 위한 저류지 위치 및 규모를 정략적으로 결정하는데 활용될 것으로 판단된다.

○ 하천 관리 및 복원 사업을 위한 식생 변화 예측 기술 제공

흐름·유사이동·수질예측 수치모델링 기법 개발을 통해 하천복원사업을 단계적, 지속적, 효율적으로 시행하기 위해 필요한 지침 및 가이드라인으로 활용할 것이다. 국내 하천의 식생천이 예측 기술 개발에 적합한 이차원 흐름 수치모델링 기법 개발을 통해 시범 하천 및 구간 운영, 기술 적용의 경제적 타당성을 평가함으로써 현장 적용성 및 검증능을 강화하여 과다한 시설 설치, 홍수시 유실로 인한 예산 낭비, 그리고 과다한 하천복원사업 비용을 최소화할 수 있는 경제적인 기술 개발 가능하게 될 것이다.

2. 기대효과

○ 하천 내 수목과 생태계를 복원하면서 홍수에 대비한 하천관리 최적화로 홍수피해 최소화

○ 구하도 복원을 통한 하천 생태계 회복

○ 현장 적용성 강화로 하천복원 사업비용의 경제성 제고

3. 선진 기술수준과의 기술격차 해소

○ 본 연구사업을 추진하고자 계획할 때(2006년), 국내 홍수터 보전 복원 기술은 도입단계로 기술수준이 50% 수준에 머물러 다소 미흡한 상태였으며, 선진국 대비 기술격차가 17년 정도였음

○ 특히 현장 실험 및 검증은 상당히 취약한 실정이었으나, 본 과제 추진으로 개발된 기술의 현장 적용성이 상승되었고, 관련 전문 인력이 다수 양성되었음

○ 본 연구사업을 종료하는 현재(2011년), 국내 기술수준이 77% 정도 향상된 것으로 판단되며, 이는 선진국 대비 기술격차가 8년 정도로 성숙단계에 도달한 것으로 평가됨

3세부: 생물 서식환경 조성기술 개발

I. 과제 기본정보

세부과제명	하천유사와 오염을 고려한 하도의 친환경 이용기술개발		
수행기관	한국건설기술연구원	연구책임자	안홍규
	한국건설기술연구원		정상화
	한국수자원공사		김정곤
	호남대학교		김 철
	상지대학교		최홍식
	인제대학교		김영도
	(주)삼안		김성덕
	충북대학교		하성룡
	경원대학교		전승훈
	나고야 대학교		Tetsuro TSJUJIMOTO

II. 연구개발 배경 및 목표

1. 연구배경

- 하천복원 또는 서식환경 조성에서 흐름영역(flow regime)을 통한 하천생태계 서식처 공간 조성이 중요하며, 이 흐름영역에 대한 생태 수리해석 및 생태 서식 조건을 충족시키기 위한 최적 생태유량 산정, 그리고 확보 기술은 하천구조 보전 및 복원과 더불어 수량 확보 및 서식 공간 조성 차원에서 가장 중요하게 개발해야 대상임
- 모니터링을 통해 다양한 생태계 특성을 정량화하여 하천생태계 필요유량을 산정할 필요성이 있으며, 하천특성과의 상호관계 분석을 통한 어류생태 서식 조건 평가 기법이 필요함
- 하도내에서 생물들이 서식처하는 형태를 유형별로 구분하고 분석함으로써 하도내 서식처의 질과 양을 결정짓는 인자를 추출하고 이에 맞는 서식처 개발 기술을 도출하도록 하며, 개발된 기술은 실험 등을 통하여 안정성 검토를 시행한 후 지적재산권을 확보하고 실무에 보급
- 치수적으로 안전하며 생물서식처로 기능하는 생태호안 조성을 위한 생태호안 설계기술 개발이 필요함

2. 연구목표

- 하천 생태유량 확보 기술 개발
- 생태호안 설계 기술 개발
- 하도서식처 조성 기술 개발
- 통합 하천복원 매뉴얼 작성

III. 연구개발 내용 및 결과물

1. 연구배경

- (1) 하천 생태유량 확보 기술 개발
 - 생태 수리해석 기술 개발
 - 하천 생태서식 환경 모니터링 및 서식환경 평가 기법 개발
 - 하천 생태유량 산정 및 확보 기술 개발
- (2) 생태호안 설계 기술 개발
 - 생태호안 수리안정성 평가 기법 개발
 - 식생 조건별 (고수/저수)호안 안정화 기술 개발
 - 생태호안 설계 가이드라인 작성
- (3) 하도 생물서식처 조성 기술 개발
 - 생물 서식처의 물리적 구조 결정 및 적합성 평가 기법 개발
 - 복원목표종 생물서식처 복원기법 개발
 - 하도 생물서식처(생태친화형 수제 및 하도습지 등) 조성 기술 개발
 - 생물 서식처 설계 및 설치(안정화)기술 개발
 - 생물서식환경 모니터링 기법 개발 및 시범적용

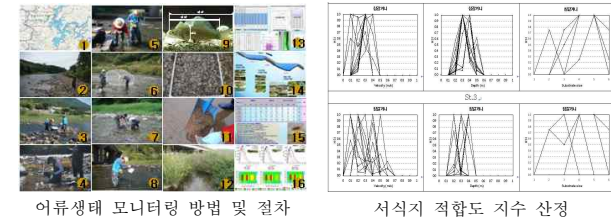
2. 연구개발 결과

(1) 어류생태 모니터링 기법 정립

○ 어류생태 모니터링 가이드라인
어류 및 저서생물 생태조사를 위한 모니터링은 사전조사, 현장조사, 조사결과정리, 평가 및 고찰 등의 4가지 과정을 기본으로 실시하였다. 문헌 및 청문조사 등의 사전조사를 통해 조사대상 지역의 보호종 서식이나 분포현황 등과 같은 하천내 어류 및 저서생물 생태계 특성을 파악하였으며, 답사를 통해 현장 조사계획을 수립하였다. 현장조사는 사전조사의 내용을 참고하여 조사지점의 물리·화학적 수환경 전반을 파악할 수 있도록 조사를 수행하였다. 또한 어류 및 저서생물 조사 외에도 하도특성, 하상재료, 유황, 수심, 수질 및 유속 등의 다양한 기본항목을 선정하여 어류, 저서생물 서식환경과 수리환경과의 상호관계를 파악하고자 하였다. 조사결과를 작성한 조사양식에 따라 정리하였으며, 결과 정리를 통해 구축한 Data Base(DB)를 활용하여 조사대상 지역의 수환경 특성 및 서식 특성을 평가하였다.

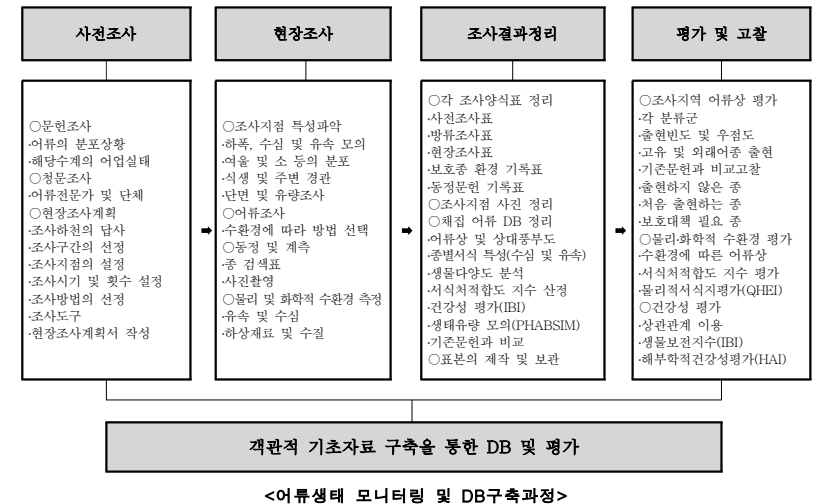
○ 서식처 특성 파악 및 HSI(서식지 적합도 지수) 산정
어류의 서식처는 특정 조사지점이나 구간에서 출현한 어종의 개체수를 기준으로 작성되며, 조사기간 동안 출현한 최대 개체수를 1.0으로 설정하고 나머지는 최대 개체수에 대한 상대비율로 설정한다. 이를 위해서는 어류채집 이전에 하천 특성 및 횡단면 정보를 얻어야 한다. 본 조사에서는 어류 채집 이전에 각 지점에서 하천 특성과 단면정보를 조사하여 서식처 적합도 지

수 산정에 이용하였다. 서식처 적합도를 작성하는 방법으로는 이분법 및 단일변량곡선(univariate curve)을 주로 사용하고 있으며, 본 조사에서도 이를 이용하였다. 적합도 기준 설정은 Washington department of fish and wildlife에서 제시한 "Instream flow study guidelines(1996)"를 기초로 하여 지수로 산정하였다. 서식처 적합도 지수는 하천의 수심 및 유속에 대하여 산정하였다. 서식처 적합도 지수를 산정하기 위한 조사 전·후의 순서는 다음과 같다. 첫째, 조사지점을 선정하여 사진 답사 및 조사 위치를 정하였다. 이때, 횡단면에 물의 흐름을 방해하는 구조물이 없는 곳으로 정하였으며, 여울, 소 및 유수역이 적당히 배열된 장소로 선택하였다. 둘째, 하천폭과 광파기를 통한 하천 횡단면을 측량하였다. 셋째, 하천 정보를 컴퓨터로 저장하여 전체면적에 대한 해당 수심, 유속 및 하상재료 범위가 차지하는 면적을 백분율로 산정하였다. 넷째, 하천 횡단면 측량 지역에서의 어류 채집을 실시하였다. 어류 채집은 상법에 따라 실시하였으며, 현장에서 즉시 동정, 크기 및 마리수를 계수하였다. 다섯째, 각 단면적별 관측기대치를 산정하였으며, 여섯째, 서식처 적합도 지수를 산정하였다.



어류생태 모니터링 방법 및 절차

서식지 적합도 지수 산정



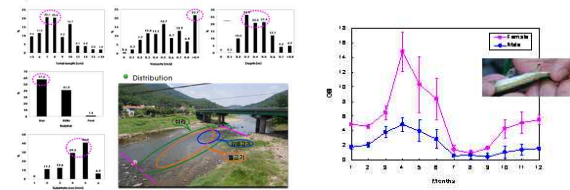
(2) 어류 및 저서생물 생태환경 DB 구축

○ 한강 및 금강수계의 어류·저서생물 모니터링 실시
금강 및 한강수계의 조사지역 전체에서 채집된 어종 중 피라미가 우점종(dominant species)이었으며, 참갈겨니는 아우점종(subdominant species)이었다. 출현빈도는 금강수계에서 피라미, 모래무지, 돌마자 및 참마자가 9개 지점에서 출현하여 90%를 보였으며, 다음은 참갈겨니, 쉬리, 돌고기 및 동사리 80%, 밀어, 끄리, 눈동자개, 참종개 70%, 감돌고기, 꺾지 60%, 누치, 물개, 참종고기 및 얼룩동사리가 50%를 보였다. 나머지 어종은 50%이하의 출현빈도를 나타냈다. 특히 멸종위기보호어종인 감돌고기는 60%를 나타내었으나, 꾸구리, 돌상어는 20%로 상대적으로 낮은 출현빈도를 보여주었다. 외래어종인 베스와 떡붕어는 20%로 낮게 나타났으나, 금강수계 상류에서도 나타나 점차적으로 출현빈도가 늘어날 것으로 판단된다. 한강수계에서 피라미, 돌고기 및 참마자가 11개 지점에서 모두 출현하여 100%를 보였으며, 다음은 쉬리, 꺾지, 자가사리 90.9%, 배가사리, 돌마자 81.8%, 밀어, 모래무지, 참종고기, 새코미꾸리 72.7%, 참갈겨니, 끄리, 동사리 63.6%, 왜매치 및 누치가 54.5%를 보였다. 나머지 어종은 50%이하의 출현빈도를 나타냈다. 특히 멸종위기보호어종인 가는돌고기, 돌상어, 꾸구리 45.5%, 묵납자루 36.4%로 상대적으로 낮은 출현빈도를 보여주었다.

어류를 이용한 건강성 평가를 실시한 결과 금강 및 한강수계의 각 조사지점은 양호상태~악화상태의 범위를 보이고 있었다. 금강수계 전체지점의 IBI는 29.1의 값을 가지며, 보통상태를 보이고 있으며, 한강수계 전체지점의 IBI는 31.3의 값을 가지며, 보통상태를 보이고 있다. 금강수계의 St. 1이 38.2(양호)로 가장 높은 IBI 값을 나타냈고, St. 10이 19.3(악화)으로 가장 낮은 IBI 값을 나타냈다. 한강수계는 St. 11이 39.7(양호)로 가장 높은 값을 나타냈고, St. 6이 21.3(악화)으로 가장 낮은 값을 나타냈다. 이는 한국고유종, 민감종 및 여울성 저서종보다는 내성종과 잡식성 어종의 우점과 외래어종의 분포로 인하여 대부분의 메트릭에서 낮은 점수를 받은 것으로 사료된다. QHEI는 각 지점에서 최적~양호상태의 범위를 보이고 있다. 금강 및 한강수계 전체지점의 QHEI는 각각 154.4와 159.9의 값을 가지며, 최적-양호상태를 보이고 있다.

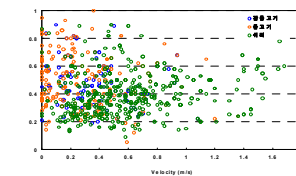
많은 어류들이 산업화 및 하천 정비 등의 시설 공사 등으로 서식지가 점차적으로 줄어들고 있다. 생활 서식 능력이 광범위한 피라미와 모래무지 등은 전체지점에서 채집되어 우점하고 있으나, 우리나라 고유종이며, 멸종위기종인 감돌고기, 꾸구리, 돌상어 등은 많은 지점에서 채집되지 않아 그 서식지가 점차적으로 협소해지는 것으로 보여 진다. 금강 및 한강수계 각 지점의 출현어종을 기준문헌과 비교하였을 때 다소 차이를 보여 주었다. 이는 대부분 조사지점이 기존의 조사지점과 일치하지 않았기 때문으로 사료되며, 일부 지점에서는 기존에 보고된 어종보다 많이 출현하였으나, 대부분의 지점에서 적은 종수를 확인할 수 있었다. 또한 이전에 보고되었던 3대강 유지유량산정 보고서의 어류 유속 및 수심 비교 자료와 본 연구에서의 유속 및 수심은 대부분 일치하는 것으로 나타났다.

○ 모니터링 결과 DB 구축



(3) 대표지점의 하천 특성 조사 및 어류서식과의 연관성 분석

- 유속-수심에 따른 어류 서식지 평가
- 전장, 유속, 서식처, 수심, 하상분포 등 미세물리적 서식조건 평가
- 하상재료별 어종의 다양성 평가



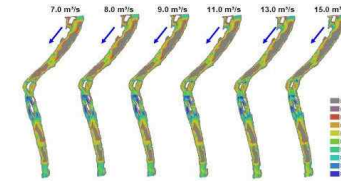
수리조건에 따른 어류 서식지 분포



하상재료에 따른 어종 서식 분포

(4) 조절하천의 하천생태유량 확보방안

- 하천유지유량 및 댐운영 관련제도 검토
- 금강수계 K-ModSim 적용을 통한 조절하천의 생태유량 확보 여부 분석
- 달천수계 CASiMiR 적용을 통한 어류서식지 quality 분석

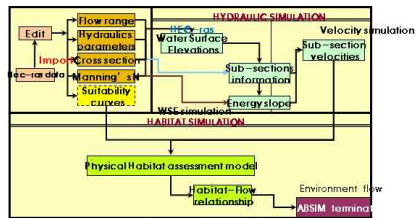


유량 증가에 따른 서식지 quality 변화

(5) K-PHABSIM 개발

- IFIM(유량중분방법론)에 근거한 물리서식처 평가 모형임
- 기존 생태유량 산정 프로그램의 자료구축의 어려움과 실무 설계인력의 물리서식처 모의 경험부족으로 인하여 물리서식처 모의를 시행하지 못하였던 문제점을 해결하여 실무에서도 손쉽게 물리서식처 모의가 가능

K-PHABSIM은 국내 하천기본계획에서 사용하는 1차원 수리해석 모형인 HEC-ras를 바탕으로 개발되었기 때문에, 사용자 편의성을 확보하였다. 또한 기존 생태유량 산정 프로그램의 자료구축의 어려움과 실무 설계인력의 물리서식처 모의 경험부족으로 인하여 물리서식처 모의를 시행하지 못하였던 문제점을 해결하여 실무에서도 손쉽게 물리서식처 모의가 가능하도록 개발하였다.

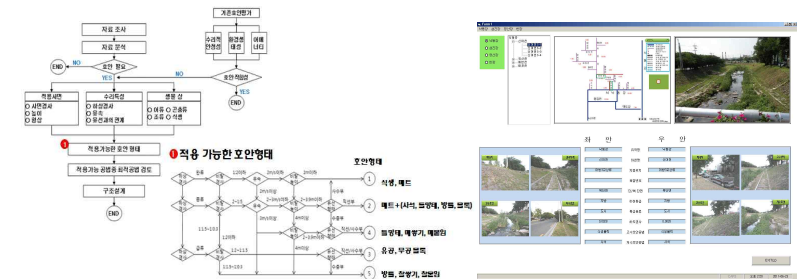


K-PHABSIM 계산 흐름도



초기화면 및 평가 단계별 결과 화면

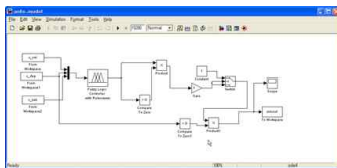
<물리서식처 모의 프로그램(K-PHABSIM) 개요도>



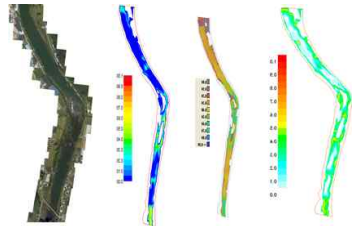
<호안의 안정성 평가 추진체계도>

(6) 인공지능기법을 이용한 HSI 설정 기법

- 사용자의 주관 또는 경험을 최대한 배제시키는 서식처 적합도 설정 기법임
- ANFIS 기법을 적용하여 전문가기법과 비교평가 수행
- 생태유량 산정을 위한 기반 기술임



ANFIS_eco 흐름도



HSI 설정 기법별 서식처 평가 결과

(7) 호안설계 가이드라인 작성

- 호안평가기법 개발
- 호안조사 및 평가
- 한강 시험호안 모니터링
- 호안 설계 가이드라인 작성

수리적 안정성 평가 방법의 제시를 위해 돌망태공, 식생호안공, 식생블록공의 안정성 평가 방법을 분석 하여 호안설계 가이드라인의을 작성하였다.

각 호안공의 분류별 안정성 평가 방법을 나타내었으며, 밀다짐공의 안정성 평가 방법을 추가 하였다. 호안의 안정성 평가 추진체계도는 다음 그림과 같다.



<호안의 안정성 평가 추진체계도>

(8) 생태호안 수리적 안정성 평가기법 개발

- 수리적 안정성 평가기준 검토 및 분석
- 실험에 의한 사석안정성 개발식 사용성 확인
- 근모량 채취방법의 표준화 방안

식생호안의 안정성평가를 위한 내력·외력 산정에는 많은 변수들이 작용을 한다. 내력소류력의 경우 현장에서 직접 채취 된 평균근모량 값을 이용하게 되는데, 평균근모량의 채취 방법에는 현재 정확한 지표가 없는 실정이다.

<식생호안의 내·외력 산정>

구분	변수	단위	변수값	계산된 내·외력	평가결과 (현장상황)

내력 소류력 (u_*)	침식 용이성 매개변수(α)	-	10.625	0.307	안정 (안정)
	평균근모량(σ_0)	g/cm^3	0.0325		
	허용침식깊이(Z_{brk})	m	5.4		
	전단응력지속시간(t)	min	45		
외력 소류력 (u_*')	대표유속(V_0)	m/sec	3.01	0.229	
	유속계수(Φ)	-	13.16		
	매닝 평균유속(V_m)	m/sec	3.01		
	중력가속도(g)	m/sec^2	9.8		
	설계수심(H_d)	m	4.31		
	조도계수(n)	-	0.03		
	유속보정계수(α)	-	1		

위 표는 식생호안의 내·외력 산정에 사용되는 변수들을 홍천강 내촌천 중류지역인 용두안2교 No.192+10 지점에 대하여 값을 지정하여 안정성을 계산 한 결과 이다.

계산에서 사용된 평균근모량 값은 지름 3cm 깊이 5cm의 원통형 모양의 관을 통해 실제현장에서 채취하여 근모량 값을 결정하였으며, 이 방법은 국토해양부에서 2004년에 제시한 하천제방관련 선진기술 개발 최종보고서에 명시된 방법을 따랐다.

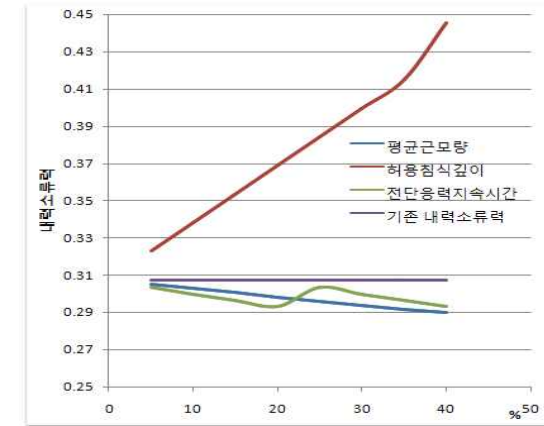
다음 그림은 조사지점 호안의 현장 확인 및 근모량 값에 많은 영향을 주는 호안 내 대표식생종을 조사·확인한 사진을 나타낸다.



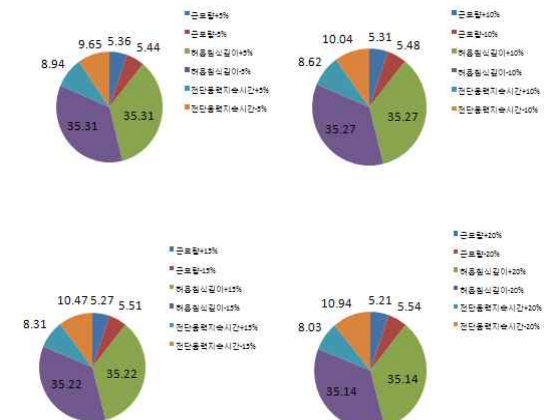
<호안 현장 및 대표식생 확인>

식생호안의 안정성 계산시 평균근모량 값의 영향을 알아보기 위하여 내력 소류력 계산식의 민감도 분석을 하였다.

분석결과 내력 소류력에서 가장 영향을 주는 변수는 허용침식범위였으며, 평균근모량의 경우 또한 내력산정에 있어서는 영향을 주는 변수임을 확인 하였다.

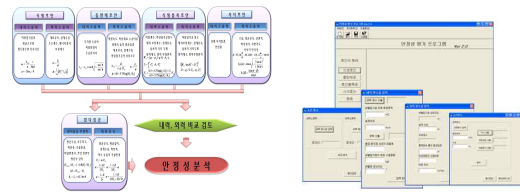


<근모량 민감도 분석>



<민감도에 따른 변화량 비율>

○ Menu-Driven 방식의 호안 안정성 평가 프로그램 개발



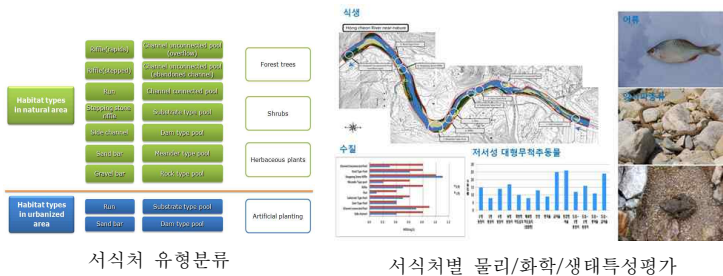
(9) 저수/고수호안 안정화 기술개발

- 식생형장 인발실험
- 식생전단 보강 실험
- 식생호안 블록 수리실험
- 호안매트 고정용 앵커인발 실험
- 복토공법에 대한 수리실험 및 원형실험



(10) 하도 생물서식처 유형분류 및 적합성 평가

- 하도 생물서식처 유형분류
- 유형별 서식처 물리/화학/생태 특성 평가



한 도심구간에 대해 인공호안 및 구조물이 있는 지역에 대해 3지점을 선정하고, 공동조사구 간에는 평여울, 급여울, 소, 웅덩이의 4지점을 선정하여 그 에 따른 조사결과를 비교하였다. 서식처 유형에 따라 우점군은 하루살이류, 날도래류, 잠자리류, 갈따구류 등의 곤충류로 나타났다. 수변 식생이 발달한 경우에는 물달팽이과, 원돌이물달팽이과 등의 연체동물류도 중요 출현 분류군으로 파악되었다.

유수지역에 있어서는 유속 느릴 경우 네점하루살이가 핵심종으로 파악되었으며, 유속이 빠를 경우 줄날도래, 큰줄날도래, 흰점줄날도래, 애호랑하루살이가 핵심종으로 파악되었다. 그리고 유수지역에서는 하상 기질 중 호박돌이 가장 핵심적이 미소서식처(micro habitat)로 파악되었다. 유수지역에 수변 식생이 발달한 경우에는 물잠자리도 중요종으로 파악되었다. 정수지역에서는 갈따구류(Chironomidae spp.), 잠자리류(등검은실잠자리 등), 노린재류(게아제비 등)가 핵심 곤충류로 파악되었으며, 비곤충류로는 물달팽이류(물달팽이, 원돌이물달팽이 등)와 갑각류(줄새우)가 핵심 종으로 파악되었다.

따라서 저서성 대형무척추동물의 서식처 복원 및 조성에 대한 기술 개발시 유수지역일 경우 네점하루살이 등의 하루살이류, 줄날도래 등의 날도래류가 목표종으로 판단되며, 정수지역의 경우에는 대형 수서 곤충류인 잠자리류(왕잠자리과, 실잠자리과) 및 노린재류(게아제비, 물자라 등)와 비곤충류인 물달팽이류가 목표종으로 파악되었다.

저서성 대형무척추동물의 「하도 생물서식처 조성 및 적합성 평가 기술 개발」 과제를 통하여 서식처 복원 및 조성에 대한 기술 개발을 모색하고자 대상 하천의 서식처 유형을 고려하여 자연구간에는 자갈 하천, 모래 하천, 평여울, 급여울, 폐쇄형 하도습지(범람형), 폐쇄형 하도습지(구하도형), 개방형 습지(반폐쇄형 습지), S형 웅덩이, 자갈 사주 그리고 샐강의 10개 유형으로 구분하고 각 서식처의 상위 우점군 등 중요종 및 그 특성을 파악하였다. 또

<서식처 유형별 중요 분류군>

조사구간 및 지점	서식처 유형	상위 우점군	중요 분류군
자연구간	자-st. 1	폐쇄형 하도습지 (범람형)	Chironomidae sp. 1 모기와 sp. 1 등검은실잠자리
	자-st. 2	평여울	네점하루살이, 등줄하루살이, 줄새우
	자-st. 3	급여울	줄날도래, 큰줄날도래, 애호랑하루살이
	자-st. 4	개방형 습지 (반폐쇄형 습지)	Chironomidae sp. 1, 등검은실잠자리, 두날개하루살이, 모기와 sp. 1
	자-st. 5	자갈 사주	네점하루살이, Chironomidae sp. 1, 줄날도래, 원돌이물달팽이
	자-st. 6	셋강	네점하루살이, Chironomidae sp. 1
	자-st. 7	폐쇄형 하도습지 (구하도형)	두날개하루살이(연못하루살이) Chironomidae sp. 1
	자-st. 8	자갈 하천	네점하루살이, Chironomidae sp. 1
	자-st. 9	S형 웅덩이	깜장하루살이, Chironomidae sp. 1, 줄새우, 원돌이물달팽이
	자-st. 10	모래 하천	Chironomidae sp. 1, 등줄하루살이
도심구간	도-st. 1	평여울과 유사	Chironomidae sp. 1, 네점하루살이, 큰줄날도래
	도-st. 2	급여울과 유사	Chironomidae sp. 1, 네점하루살이, 큰줄날도래, 동양하루살이
	도-st. 3	셋강, 개방형습지, 급여울 등 혼재	네점하루살이, 원돌이물달팽이, 줄새우, 등검은하루살이, 두날개하루살이, Chironomidae sp. 1

현재 국내에 적용되고 있는 자연하천조성 기술 중 생물서식처 복원에 초점을 맞추어 조성하는 사례 및 기술은 제한적이며, 대부분 식생매트·녹화매대·거석·돌망태·شط단·블록 등을 사용하여 식생기반환경 조성 중심으로 적용되고 있다.

본 자연하천조성 기술 중 생물서식지 조성 관련하여 종래의 기술을 살펴보면, 대한민국 공개특허공보 2001-294272호“하안의 호안녹화시공시 공용테트라포드”, 대한민국 공개특허공보 2001-408273호“호안(수변)용 식생복원장치”, 대한민국 공개특허공보 2001-473235호“호안용 섬유돌망태 및 이를 이용한 생물공학적 호안공법”, 대한민국 공개특허공보 2002-350423호“식생혹벽돌 및 돌망태를 이용한 호안공법”, 대한민국 공개특허공보 2002- 65819호“야자

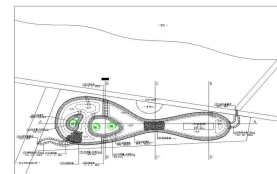
섬유두루마리의 생태계단 및 호안공법”, 대한민국 공개특허공보 2004-431283호“나무뿌리등걸이를 이용한 호안공법”, 대한민국 공개특허공보 2006-599164호“식생호안 구축을 위한 식생자루”, 대한민국 공개특허공보 2006-18754호“인공호안 녹화용 식생포트 및 이를 이용한 호안 녹화공법”, 대한민국 공개특허공보 2007-683572호“식생용부직포, 이를 이용한 호안구조 및 호안공법”, 대한민국 공개실용신안공보 2001-236232호“생태 섬유돌망태”, 대한민국 공개실용신안공보 2004-352912호“호안블럭 녹화용 식생매트”, 대한민국 공개실용신안공보 2004-353006호“식생호안블럭”, 그리고 대한민국 공개실용신안공보 2006-420824호“식물성장이 불가능한 콘크리트 호안부에대한 직접식생녹화구조” 등이 식생 및 식물 분야에 관련되어 있는 기술이 대부분을 차지하고 있다.

반면 하천 서식 동물 서식처 조성과 관련하여 대한민국 공개특허공보 2006-608931호“친환경적인 반딧불이 복원장치”, 대한민국 공개실용신안공보 2003-333658호“돌망태 웅벽을 이용한 생태하천의 인공어초 구조물” 대한민국 공개실용신안공보 2006-408202호“하천용 어류 서식지 조성장치”가 있으나 저서성 대형무척추동물에 대한 서식처 조성기술은 개발되어 있지 않다. 다만, 대한민국 공개특허공보 2006-648956호“하천 생태계 보호를 위한 바닥블럭 설치 구조”의 경우 볼 형상의 인조석을 연결구 및 결속편을 통해 십자형상으로 연결, 설치하여 수중 생물들이 서식하거나 이동할 수 있는 서식처를 제공함을 목적으로 하고 있으나 저서성 대형무척추동물의 생태를 구체적으로 반영하지 못하고 있다.

따라서 「하도 생물서식처 조성 및 적합성 평가 기술 개발」시 중요 미소서식처(micro habitat) 유형에 따른 대표적인 저서성 대형무척추동물의 인공적인 서식처 개발이 필요하고 판단된다. 본 연구에서의 개발시 중요 저서성 대형무척추동물이 생육 및 서식이 가능하도록 그 구성에 있어 기본 형태는 친환경재료로 구성된 다공성인 블록을 기본 모델로 하고 있다. 또한 본 연구에서 파악된 핵심 유형의 특성으로 보아 폐쇄형 하도습지(범람형)→개방형 습지(반폐쇄형 습지)→급여울→평여울→본류의 공간계획이 반영된 하도 생물서식처 조성의 시공법 개발을 고려할 필요가 있다.

(11) 생물서식처 조성기술개발

- 개방형 하도습지 조성기술개발
- 개방형 하도습지 시범사업 시행



개방형하도습지 조성기술



시범사업 대상지



시범사업 시행 후

2006년부터 2011년까지 5년간 수행된 「자연과 함께하는 하천복원기술개발(Ecoriver 21)」

연구단 과제중 “하도생물서식환경조성 기술개발 연구-하도 생물서식처 조성기술개발”로 시작되었다.

본 연구는 기존의 하천복원은 저수호안의 안전성과 더불어 식생 피복율을 높이기 위한 형태적 복원이 주된 하천복원의 형태였다면 미래의 하천환경은 하천내의 생물들이 생태적으로 안정된 환경속에서 서식할 수 있는 생물서식처 기반환경조성이 요구된다. 따라서 이러한 서식기반환경조성을 위하여 각각의 생물서식처의 구조분석 및 서식처의 질 평가, 그리고 이러한 서식처를 조성하기 위한 설치기술 및 설계기술의 도입이 절실히 필요하게 되었다.

이에 본 연구에서는 이러한 시대적 요구와 더불어 생태하천복원으로의 방향전환을 위하여 하도생물서식처 기반환경조성을 최종 목표로 하며, 이를 위하여 다음과 같은 중과제 목표를 가지고 진행된다.

- 생물서식처의 물리적 구조 결정 및 적합성 평가
- 하도 생물서식처(복원 목표종) 조성기술개발
- 생물서식처 설계 기술 개발

본 연구에서는 하천생물서식처의 구조를 분석하고 서식처의 질을 평가하여 하천생물들이 서식하기에 적합한 환경조성을 위한 기술을 개발하기 위한 것으로서, 자연적 생물서식처 조건이 양호하게 보전된 자연하천과 반대로 도시화에 의하여 직강화되고 생물서식처 파괴가 심각한 도심하천을 대조하천으로 선정하여 하천의 물리, 화학, 생물적 특성에 관한 집중적인 조사를 수행함으로써 생물서식환경 특성을 분석하고자 하였다. 그 결과로부터 자연환경이 양호한 자연하천에서의 서식처 유형을 분류하고, 각 서식처와 생물 상호간의 연관성을 평가하고자 하였다.

위와 같은 대조하천에서 하천 서식처 특성의 조사 분석의 결과와 더불어, 훼손된 하천에서의 복원 목표종을 선정하고 이러한 목표종을 대상으로 목표종의 서식환경을 면밀히 분석하고, 이에 적합한 기술을 개발하고자 시도하였다.

이와 더불어, 기존 하천이 가지고 있는 생물서식공간과의 연계성을 위하여 기존 공법의 조사, 분석, 평가를 통하여 납자루아과 및 치어의 서식을 위한 개방형하도습지 조성 기술 및 그 공법 기술을 개발하였다. 이러한 기술은 하천설계에 적용 가능토록하기 위하여 협동연구기관과 수차례의 검토를 통하여 조정하였다.

결과적으로, 하도생물서식처 조성기술 개발을 위하여 다음과 같은 연구를 수행하였으며, 주요 연구내용은 다음과 같이 요약된다.

■ 생물서식처의 물리적 구조 결정 및 적합성 평가

한 수계내에서 자연성이 풍부한 자연하천과 도심과 인접해 있어 하천이 직강화되고 생물서식공간이 훼손되어있는 도심하천이 공존하고 있는 대전 갑천을 대조하천으로 선정하였다.

이 구간에서 2년간에 걸친 RCS조사, 물리 특성 조사, 화학 특성 조사, 생물 특성 조사 등으

로 구분하여 조사를 수행하였다.

먼저 본 대조구간에서 나타나는 다양한 생물서식처의 유형을 분류하고 그 유형별로 상기 물리/화학/생태적 조사를 시행하였다.

물리 특성 조사에는 하천의 횡단면 등 형태조사와 유량 조사가 이루어졌고, 서식처별로 하상재료 조사, 수심 및 유속분포 조사 등이 수행되었다.

화학 특성 조사로는 분류된 생물서식처의 유형별로 수질 및 저니질 분석이 이루어졌으며, 생물 조사로는 식물, 어류, 저서생물로 나누어 실시하였다.

대조하천 조사 결과로부터 하천 특성과 생태 서식처의 연관성을 규명하기 위하여 하천의 횡단 형상, 하천 형태 특징에 따른 서식처의 유형을 10가지로 분류하여 각각의 서식처 조건에서의 수리 특성과 생물의 서식 조건과의 관계를 분석하였으며, 생물서식처의 적합성을 분석하기 위하여 국내외 평가기법을 분석하였다.

이러한 과정을 통해 서식처 유형을 분류하고, 이를 양화천, 논산천, 탄천, 홍천강, 갑천, 남대천(무주)을 대조하천으로 선정하여 3-5차년도까지 같은 방법으로 평가를 수행하였다.

■ 하도 생물서식처(복원목표종) 복원기법개발

하천을 중심으로 도심화가 진전되면서부터 하천의 직강화, 하상 및 저수호안의 정비, 수질 오염의 악화, 하천구조물의 조성에 따른 상류로부터의 공급원의 차단 등으로 하천환경은 크게 훼손되었다고 할 수 있다.

이렇게 하천환경이 훼손될 때 가장먼저 피해를 보는 것이 어류라고 할 수 있다. 특히, 하천환경의 훼손에 따른 내성이 약한 개체는 개체수의 감소로 이어지고 멸종위기에 까지 처해지게 된다.

국내도 예외는 아니어서 하천환경의 훼손으로 납자루과의 어류는 개체수가 급격하게 줄어들어 하천의 생물다양성이 위협받고 있는 정도이다.

기존의 하천복원은 저수호안공법이나 어소블록 공법과 같은 공법을 적용해놓고 다양한 어류가 와서 서식해 줄 것을 기대하고 설치한 것이 대부분이다. 그러나 이러한 공법의 적용은 환경이 이미 악화된 하천 환경속에서는 생물다양성을 기대하기는 어렵다. 더욱이 납자루와 같은 어종은 매우 독특한 서식처에서만 서식하는 특징을 가지고 있기 때문에 생물서식기반환경 조성만으로는 그 한계가 있다고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 도시화에 따른 하천생태계의 훼손과 교란으로 점차 사라져가는 아름다운 우리고유의 어종인 각시붕어를 포함한 납자루아과를 복원 목표종으로 선정하였다.

납자루아과는 산란 및 치어기를 말조개 등 이매패류(민물조개)에 의존하기 때문에 이들의 생존이 가능한 건강한 서식환경의 척도로서 하천생태계의 건강성을 보증하는 우산종이라고 할 수 있다.

하천생물은 하천의 하상 및 흐름 특성에 지배적인 영향을 받아 한곳에 머무르지 않고 환경에 맞는 장소로 항상 이동한다. 그러므로 물길을 막지 않는 한 하천의 상하류로 이동하여 자기 환경에 맞는 장소를 선택하여 살게 되고, 먹이사슬을 이루면서 안정된 생태계를 이루

게 된다. 이러한 하천 생물들의 서식처로 기능하는 하도습지 및 인공습지 조성현황에 대하여 국내외 현황을 분석하였고, 유영력이 약한 납자루아과 및 치어에게 서식처를 제공하는 기술을 제시하였다.

이러한 기술은 유영력이 약한 납자루아과 및 치어에게 서식처를 제공하며, 상류로부터 공급되어온 토사가 자연스럽게 유출되며, 이로 인하여 수체가 형성되지 않고 유하되므로 수질이 개선되는 형태의 습지를 제공하고자 하는 것이다.

하도내에 생물서식처를 조성하기 위한 국내외 기술을 분석한 결과 국내뿐 아니라 국외의 경우에서도 마찬가지로 수질정화용 습지(약 75%), 습지 부대장치(약 15%), 습지조성공법(약 5%), 생태습지(약 5%)로 나타났다.

특히, 습지조성과 관련된 기술은 수질정화나 수처리기술, 습지내부의 부대장치(탈수장치 및 여과사 처리 등)와 관련된 것이 대부분이며, 생태 및 습지의 구조적 공법기술은 매우 취약한 것으로 제시되었는데, 특히 하천과 연결된 하도습지 및 개별생물을 대상으로 한 습지는 전무한 것으로 분석되었다.

본 결과에서 알 수 있는 바와 같이, 하도습지 조성은 기술적으로 매우 취약한 분야로 나타났는데, 이러한 결과는 그간 생물이동통로 조성에 대한 이해의 부족, 조성기술의 낙후, 하천 환경복원의 우선순위의 부재 등으로 판단된다.

■ 하도 생물서식처 설계 기술 개발

개발된 “납자루아과 및 치어의 서식을 위한 개방형하도습지 조성 기술 및 그 공법”의 적용 가능성 및 시장성을 분석한 결과, 다양한 형태의 습지도입이 가능한 것으로 판단되었다.

반면, 시장성 분석에서는 개발기술이 제품의 형태를 이루지 못하기 때문에 정형화된 상품으로서의 판매는 불가능한 것으로 제시되었으나, 설계단계에서 이러한 습지를 적용시킴으로써 하천생태계 복원에 기여할 것으로 기대되었다.

개발된 기술(2차년도)은 실시계약을 통하여 기술은 협동업체에 우선권 부여하였으며, 이러한 기술은 영산강 제2지구 실시설계에 반영시켰다.

또한 2009년에 이를 반영하여 탄천에 시범사업을 실시하였으며, 2011년 5월 보수 및 보완공사를 시행하고, 모니터링 평가를 수행하였다.

3. 연구개발 성과

(1) 공공적 성과

- 하천 유지유량 산정방안 관련 생태유량 산정 지침에 관련 연구 성과 제언
- 호안조사 DB 구축 및 호안설계가이드라인 작성
- 평균근모량 측정 및 산정 방법 표준화(KSF)

(2) 기술적 성과

- 물리서식처 모의 관련 S/W 등록 4건

- 호안 안정성 평가 관련 S/w 등록 2건
- 근모량 채취기 특허 출원 1건
- 서식처 조성기술 관련 특허 출원 2건

(3) 학술적 성과

- SCI(E) 학술지 5건 게재
- 국내외 일반학술지 37건 게재
- 국내외 학술회의 발표 167 건

(4) 경제적 성과

- 서식처 조성기술 이전을 통한 기술료 계약 1건

(5) 기타 성과

- 장기간의 모니터링을 통한 어류서식 및 하도환경 현황자료 구축
- 하천유지유량 산정시 생태계 필요유량 산정에 모니터링 DB결과 사용
- 국내 하천 생물서식처 유형 자료 구축

IV. 활용계획 및 기대효과

1. 활용계획

하천은 치수, 이수, 환경의 3대 기능을 가지고 있으나, 지금까지의 하천정비 및 개발은 치수 및 이수의 측면에서만 접근하고 있다. 그러나 환경을 고려한 생태수리해석, 생태유량 산정 및 확보기술에 대한 연구가 집중적으로 시행되지 않고 있다. 환경을 고려할 수 있는 수리해석, 유량 산정 및 확보 기술은 국민이 요구하는 하천환경복원사업의 계획 및 설계에 있어 필수적으로 요구되는 핵심 요소기술이다. 따라서 본 연구에서 수행하는 기술은 공공기반기술로 개발되어 일반 실무에 활용될 수 있으며, 향후에도 지속적으로 개선 및 개발되어야 할 기술이다.

성공적인 하천복원사업을 시행하기 위해서는 물리, 화학자료 이외에 생태자료가 필요하며, 적용기법 및 기술의 안정성과 효과를 평가하기 위해서는 적절한 모니터링 기법이 필요하다. 개발된 환경 모니터링 기법은 모든 하천사업에 직접적으로 적용가능하며, 각 대상하천의 특성에 맞추어 일부 수정 보완되며 지속적으로 연구 개발될 것으로 기대된다.

생태 호안 설계기술은 기존 호안 설계기술을 개량하여 치수 및 환경적으로 적합한 생태호안 기술(제품 및 공정 개발)을 확보하도록 하는 연구이다. 최종적으로는 생태호안의 환경 및 수리특성을 검토할 수 있는 생태호안 설계 가이드라인을 개발함으로써 실무설계에 지속적으로 활용될 수 있는 기술이다. 이러한 치수적 측면의 기술 이외에 본 연구에서는 하도내 소규모 서식처 조성 기술을 포함한 전체적인 하천환경시스템을 개선할 수 있는 하도습지와 같은 대규모 서식처 조성 기술이 개발될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서 시행하는 기술의 시장성은 높을 것으로 판단된다. 즉, 성공적인 하천복원을 위해 서는 생물 서식환경 조성 기술이 필수이며, 이러한 기술은 각각의 공간에 필요한 요소기술이 존재한다. 또한 본 연구에서는 생물 서식환경 조성에 필요한 요소기술인 생태수리해석, 생태유량 산정 및 확보, 환경 모니터링, 생태호안, 하도서식처 기술을 개발하며, 최종적으로는 전체적인 하천시스템을 포괄할 수 있는 홍수에 안전한 생태 서식환경 조성 기술 개발을 목표로 하고 있다. 이러한 하천시스템을 포괄할 수 있는 홍수에 안전한 생태 서식환경 조성 기술은 국내뿐만 아니라, 도시화에 따른 피해가 발생할 것으로 예상되는 개발도상국 등에 기술이전 및 보급이 가능하며, 표준화된 공공기술로서 국내외 시장 점유 가능성을 가질 것으로 판단된다.

전술한 바와 같이 본 연구에서 진행하는 생물서식환경 조성기술 개발은 ecoriver21 연구단의 최종 목표인 자연과 함께하는 하천복원 기술 개발을 단계적, 지속적, 효율적으로 시행하기 위한 지침 및 가이드라인개발과 이를 뒷받침하기 위한 기술개발 연구이다. 각 세세부 연구에서의 구체적 활용방안은 다음과 같다.

■ 생태유량 산정 및 확보 기술

- 생태수리해석 기법을 개발하여 다양한 하천복원사업 및 서식처의 효과 검증 및 설계에 직접적으로 활용하도록 함
- 또한 하천 유지유량(또는 생태유량) 산정 및 유량배분 계획 수립에 활용
- 어류 모니터링 체계 및 자료 구축을 통하여 서식환경에 따른 수환경의 건강성 평가 및 유지유량 확립을 위한 기초자료 제공
- 또한 공학자와 생태학자의 공동연구를 통해 실제 실무에서 활용가능한 생물 서식처 적합도 지수 작성

■ 생태 호안 설계 기술

- 본 연구 개발을 통하여 개발된 기술은 하천사업 관련 호안공사시 활용될 수 있음
- 세부기술 개발 과정에서 현장 적용성 및 검증을 통하여 과다한 하천복원 시설 설치와 홍수시 유실로 인한 예산 낭비와 하천복원사업 비용을 최소화 할 수 있음
- 본 연구과제를 통하여 개발된 하도 생태호안 기술은 하천복원관련 기술개발을 초래할 것으로 판단되며, 산업화에 기여 함

■ 하도 서식처 조성 기술

- 본 연구과제를 통하여 개발된 기술은 지자체별 시범사업을 유도하여 자연형하천 복원 사업에 활용
- “통합 하천복원가이드라인”에 생물서식처 조성과 관련한 내용을 포함하여 하천관련 담당자의 생태적 마인드 고취함으로써 향후 진행될 생태하천조성사업에 활용
- 본 연구과제를 통하여 개발된 하도 생물서식처 조성기술 개발은 기타 하천복원관련 기술개발을 초래할 것으로 판단되며, 산업화에 기여
- 대조구간에서 이루어지는 ‘생물서식처 물리적 특성 분석’에서 축적된 자료는 하천복원 기초자료를 제공하여 및 정부의 하천복원사업의 기초자료로 활용

- 생물서식처 조성시범 사업은 지자체 및 언론과 공동으로 추진 홍보하여 일반시민들에게 생물서식처 조성기술 홍보에 활용

2. 기대효과

- 어류생태 모니터링 DB는 생태계를 고려한 국가 수환경 연구자료 및 하천복원사업시 활용 가능
 - 표준화된 어류생태 모니터링 가이드라인으로 다학제간 자료로 활용 가능
 - HEC-RAS 프로그램의 기본적인 분석틀을 이용하여 물리 서식처 분석이 가능토록하여 실제 설계사에서 쉽게 사용할 수 있어 생태하천 조성사업 등 하천사업의 계획단계에서 물리적 서식처를 평가할 수 있는 기본 틀 제공
 - 과다한 하천복원 시설 설치와 홍수시 유실로 인한 예산낭비 및 과다한 기존 하천복원 사업비용을 최소화 시킬 수 있음
 - 생물 서식환경 조성 기술의 보급으로 제품생산 및 시공업체, 설계업체를 포함한 하천복원 관련 업체의 기술력 증대

3. 선진 기술수준과의 기술격차 해소

- 생태 수리해석 기술 개발을 기반으로 물리 서식처 평가 모형 개발을 통해 선진 기술수준 대비 70% 수준에서 85% 기술 수준으로 제고함으로써 해외 선진 기술과의 기술 격차를 줄임

4세부: 하천 계획·평가 및 적응관리 기술개발

I. 과제 기본정보

세부과제명	하천유사와 오염을 고려한 하도의 친환경 이용기술개발		
수행기관	서울여자대학교	연구책임자	이훈복
	(주)이산		한광두
	국토연구원		김종원
	(주)동일기술공사		남상욱
	한국수자원공사		신재기
	경남과학기술대학교		김기흥
	(주)유신코퍼레이션		오윤근
	호남대학교		이승휘
	충추대학교		장창래
	연세대학교		최성욱
	명지대학교		윤병만
	미네소타대학교		Fotis.S

II. 연구개발 배경 및 목표

1. 연구배경

- 1990년대 중반부터 환경친화적인 하천관리에 대한 관심이 높아져, 최근 몇 년 사이에 정부 및 지자체의 주도하에 하천복원 및 자연형 하천조성에 대한 사업들이 집중적으로 이루어짐.
- 그러나 이러한 하천복원사업들이 하천의 특성 및 사회적 영향에 대한 고려가 미흡하고, 특히 하천복원에 대한 적합성 및 복원사업에 대한 평가가 이루어지지 않아 표면적인 성과위주의 복원사업에 그치고 있는 실정임
- 최근의 하천의 이수 및 치수기능 뿐 아니라 친수 및 도시환경 개선 기능 등 기능이 다양해 지고 있으며, 하천의 이용에 대한 관심 증대에 따른 하천 친수공간 도입요구가 급속히 증가하였으나, 하천의 다양한 특성을 고려한 어메티니 확보 지침이 마련되지 않아 과도한 시설의 도입 등으로 인한 하천환경파괴, 유지관리비의 증가 등의 문제점이 발생하였음.
- 하천복원사업이 지속적으로 시행될 수 있는 기반을 조성하고, 관련 복원기술이 자생적으로 발달할 수 있는 바탕을 만들기 위해서 하천복원사업에 필요한 지역특성을 반영한 하천복원 가이드라인과 하천교란 문제 파악과 평가, 자연에 순응해 나가는 적응관리 기술 개발 및 적용으로 홍수에 안전하고 살아 숨쉬는 하천을 조성하기 위하여 하천교란영향평가 가이드라인 개발과 하천복원에 따른 흐름 변화와 하상변동, 적용된 공법의 타당성을 분석한 수, 이를 반영할 수 있는 적응관리 기법과 매뉴얼을 개발

2. 연구목표

- 생태, 어메니티 및 수리적 안정성이 반영된 하천복원모델 개발
 - 생태적 하천복원을 실현하기 위한 진단 평가, 식생 복원모델 정립 및 수리적 안정성 검토 가이드라인 개발
 - 하천어메니티 유형별 복원계획 가이드라인 개발
 - 하천복원의 사회·경제성 평가기법 개발
 - 하천복원사업의 시행 시에 정책결정자의 의사결정을 돕는 사회 경제적 평가지침
 - 하천복원에 따른 지역경제파급효과 분석 모형
 - 하천교란 평가 및 적응관리 기술개발
 - 댐 하류 교란평가 기술개발
 - 댐 하류 하천복원 및 적응관리 기술개발
 - 하천골재채취 영향평가 및 적응관리 기술개발
 - 복원하천 수리특성 분석에 필요한 수치모형 개발
 - 복원하천의 수리학적 모니터링 매뉴얼 개발

Ⅲ. 연구개발 내용 및 결과물

1. 주요 연구내용

(1) 하천 환경 진단평가 기법 개발

- 하천의 자연도 평가기준개발
- 지역 특성에 어울리는 하천복원 모형 개발

(2) 하천 유형별 복원계획 기법 개발

- 하천 유형 별 주요 구성 식생의 체계화 및 유형화

(3) 하천복원모델의 수리안정성 검토

- 복원모형 별 조도계수 산정
- 1,2차원 모형을 이용한 수리안정성 검토

(4) 하천을 중심으로 한 그린네트워크 구축기법 개발

- 5개 하천에서 하천과 산림 생태계의 전이지대에 성립할 식생의 생태정보 수집
- 복원하천과 유역 내 자연/인공 녹지의 네트워크 기법 개발

(5) 수집된 하천의 생태환경정보관리 기술 개발

- 수집된 하천 생태정보의 Web-GIS기반 DB구축

(6) 하천복원 계획 가이드라인 개발

- 생태적 하천복원을 실현하기 위한 진단평가, 식생복원모델 정립 및 수리적 안정성 검토 가이드라인

(7) 어메니티 증진 하천복원 계획 기법

- 하천특성과 하천내 활동유형, 하천어메니티 간의 관계 분석
- 하천어메니티 유형 분류를 위한 기준 개발
- 하천어메니티 유형별 복원모델 작성
- 하천어메니티 유형별 복원계획 가이드라인 개발
- 하천어메니티 유형별 복원계획 가이드라인 활용을 위한 S/W 개발

(8) 하천복원사업의 사회·경제적 가치추정을 위한 지표 및 기준 개발

- 하천복원사업과 관련된 예산확보, 사회·경제적 평가 실태파악
- 하천기능과 사회·경제적 편익에 관한 이론적 토대 구축
- 하천의 사회·경제적 편익을 측정할 수 있는 지표와 기준 마련
- 현실적인 적용가능성이 감안된 편익을 측정할 수 있는 지표 및 기준을 도출

(9) 사회·경제적 가치추정을 위한 기준과 지표를 이용하여 양재천 사례구간에 대한 사회·경제적 평가 수행

- 세분화된 환경가치별로 편익측정 및 평가지표와 기준 마련
- 환경계의 가치평가기법을 비교·검토하고 하천복원사업에 적합한 평가기법 선정
- 시험하천구간인 양재천에의 평가기법 적용을 통해서 평가절차와 보완점 도출

(10) 여러 하천구간에 대한 적용을 통한 평가기법의 개선사항 도출 및 환경-경제통합평가 모형의 이론적 기반 구축

- 하천복원 관련 환경개선편익을 적용한 비용편익분석에 대한 외국사례를 검토하여 평가절차 및 방법의 보완
- 하천구간 및 다양한 사례에 대한 평가를 통하여 평가기법의 개선사항을 도출
- 하천 환경-경제통합평가모형의 이론적 기반 구축

(11) 하천복원사업 경제성 평가의 적용체계를 구축하고 환경-경제통합 평가모형(I)의 구축 및 사례적용과 효과분석 수행

- 복원대상 하천의 선정과 사업단계별 경제성 평가 등을 위한 경제가치 추정 과정과 추정결과와의 객과성 제고를 위한 방안의 체계화, 하천복원의 주민만족도 제고를 위한 정책적 시사점의 도출과 제시
- 하천복원에 따른 지역경제파급효과 분석을 위한 계량모형을 정립
- 사례지역을 대상으로 하여 지역경제파급효과 모형을 적용하고 하천복원사업의 파급효과를 계량적으로 제시

(12) 하천복원사업 사회·경제성 평가 가이드라인의 하천유형별 정책적 실용성 제고와 환경-경제통합 평가모형을 이용한 하천복원사업의 지역경제파급효과 제시

- 하천복원사업의 물리적 속성과 경제성 평가 속성·수준의 연계화를 통한 가이드라인의 실용성 제고

- 환경-경제통합평가모형(II)의 구축 및 사례지역 적용과 효과분석
- 하천복원사업 지역경제과급효과 분석(모형 I,II)의 종합과 정책적 시사점 도출

(13) 댐하류 하천복원 및 적응관리 기술개발(한국수자원공사)

- 댐하류 하천의 물리적 환경관계 분석
- 댐하류 하천의 생태적 환경관계 분석
- 수생태계를 고려한 하도자원관리 기술
- 하천교란 영향평가 및

(14) 수치모의를 이용한 복원하천의 평가 및 적응관리 기법 제시: 수리해석, 생태해석

- CCHE2D와 EcoFlow를 이용한 수치모의 비교
- 물리식식처 모델: 오산천
- 수치모의를 이용한 적응관리 기법 제시
- 하도식생이 하도형태 변화에 미치는 영향 분석

(15) 복원하천 생태계 변화 분석 및 생태계 변화량 분석

- 만곡도 및 유량에 따른 서식종(식생, 어류, 조류 등) 조사
- 만곡도 및 유량에 따른 하천수 및 Streambed 특성 변화 관찰을 위한 물성 분석 및 통계 처리

(16) 3차원모형 이용한 하천복원기법 평가 및 분석

- 실무에 적용가능한 효율적 3차원 부정류 수치모형 개발 및 적용
- 하천복원 구조물(거석, 수제) 주변 흐름 3차원 수치모의

(17) 복원하천의 수리학적 모니터링

- 하천 복원 후의 수리학적 모니터링 항목 선택, 모니터링 방법 및 시기 등을 체계화
- 오산천(상류구간)과 경안천(하류구간)의 복원 후 수리학적 모니터링 실시
- 복원하천의 수리학적 모니터링 매뉴얼 제작

(18) 복원하천의 수리실험

- 복원하천 수리실험장 건설완료
- 수리실험 1: 수제로 인한 하상변동 및 흐름구조 변화 분석
- 수리실험 2: 수제주변 생태서식환경 변화 분석적응관리 가이드라인 개발

(19) 하천교란 평가기법 개발(경남기술과학대)

- 국내하천교란실태조사
- 하천교란 조사 기술개발
- 하천교란 평가기법개발
- 하천교란평가 기법의 적용
- 하천교란 영향평가 가이드라인 개발 (공동)

(20) 골재채취로 인한 교란하천의 적응관리 기술개발(충주대)

- 4차년도 : 골재채취로 인한 교란하천의 적응관리 기술개발
- 5차년도 : 하천교란 영향평가 가이드라인 개발 (공동)

(21) 하천의 생물교란 평가 개발(호남대)

- 국내 하천 생물 교란의 실태 파악과 하천 교란 평가 및 변화 예측 기법의 비교 분석
- 하천 생물 교란 요인 규명과 유형화와 하천교란의 영향 평가
- 하천 생물 교란 평가 기법 개발 및 하천 교란과 회복의 예측 모델 개발
- 하천 교란 평가 기법의 적용과 검증 및 하천 교란과 회복의 예측 모형 적용과 검증
- 하천 생물 교란 평가 지침서 개발 및 교란 하천 복원 및 적응관리 지침서 개발

2. 연구개발 결과

(1) 하천 환경 진단평가 기법

■ 자연도 평가

식생도로 표현되는 식생단위는 고유의 생태적 영역을 가지고 그것의 다양성은 환경의 이질성을 반영하고, 환경의 이질성은 다양성의 토대가 된다 (Farina 2006). 나아가 종 및 식생의 다양성은 해당 지역 환경의 안정성과 비례한다 (Barbour et al. 1999). 외래종과 일년생 식물의 번성은 다양성을 낮추고, 결과적으로 환경의 안정성을 위협한다 (Barbour et al. 1999, Lee et al. 2003, 2006). 식생단면도는 수로로부터의 거리에 따라 지하수위, 토양습도, 식생구조 등의 다양한 변화를 나타내고, 하천의 평면적 특성과 비교를 통해 구조적인 환경정보를 제공한다 (이 2005). 이러한 사실을 고려하여 지수를 개발하고 이를 5개 등급으로 평가하였다.

식생다양성 (vegetation diversity)은 조사구간 내에 출현한 식생단위의 개수로 평가하고 외래종면적 (ratio of exotics) 및 일년생 식물면적 (ratio of annuals)은 GIS프로그램을 이용하여 제작한 식생도에서 각각의 면적을 계산하여 평가하였다. 하천 식생단면도(vegetation profile)는 조사구간에서 수집된 식생도, 식생조사 자료 및 단면도를 대상으로 표 3과 그림 2의 기준에 근거하여 평가하였다. 종 풍부도 (species richness)는 조사구간 내에 출현하는 종의 개수로 평가하였다. 식생다양성과 종 다양성은 전체조사구간 중의 가장 많은 식생단위와 종수가 나타난 곳과 가장 적은 식생단위와 종수가 나타난 곳의 차를 동일비율 (20%)로 나누어서 등급을 부여하였다.

하천자연도 (standard factor)는 자연성의 정도에 따라 1 (자연성이 가장 낮은)에서 5 (자연성이 가장 높은) 사이의 단계에 가중치를 부여한 합산 점수에 의하여 평가하였다.

<강/하천의 평가를 위한 자연도 요소>

평가요소 (가중치)	하천등급				
	1	2	3	4	5
식생 다양성 (4)	0-3	4-6	7-10	11-13	14-17
외래종 면적 (2)	20-100%	15-20%	10-15%	5-10%	0-5%
일년생 식물면적 (2)	20-100%	15-20%	10-15%	5-10%	0-5%
하천 자연도 (8)	1	2	3	4	5
종 다양성 (4)	0-14	15-27	28-41	42-54	55-67

<하천자연도 평가>

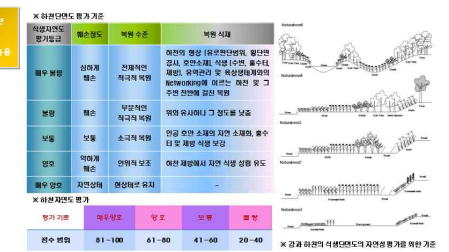
점수 범위	하천 자연도
100 - 85	매우 양호
84 - 69	양호
68 - 53	보통
52 - 37	불량
36 - 20	매우 불량

<하천단면도 평가를 위한 기준>

등급	단면도	식생구조	주변경관	주목점
1	물가, 범람원 제방은 인공재료로 덮혀 있고 인위적으로 관리된다.	초본 (일년생)	도시	식생피도가 50% 이하
2	범람원을 제외한 물가와 제방은 인공재료로 덮혀있고 인위적으로 관리된다.	초본 (다년생)	도시 또는 평지	식생피도가 50% 이상
3	물가만 인공적인 재료로 덮혀 있고 일부만 인위적으로 관리된다.	초본 및 관목	도시 또는 평지	식생층위가 초본 및 관목층으로 구성
4	모든 하천구역은 자연재료로 덮혀있지만 여전히 인위적으로 관리된다.	초본, 관목 및 교목 (외래종)	도시 또는 평지	식생층위가 초본, 관목 및 교목층으로 구성, 그러나 수목은 외래종이거나 그 지역의 생태적 조건에 맞지 않는 종이다.
5	모든 하천구역은 자연재료로 덮혀있고 관리되는 자연적인 상태에서 이루어진다.	고유종	평지 또는 자연	식생 층위가 초본, 관목 및 교목으로 구성되고 교목은 고유종이며 그 지역의 생태적 조건에 적합한 종이다.

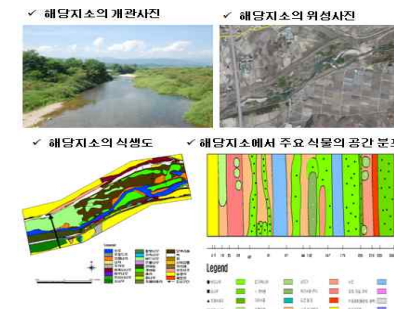


<하천 자연도 평가>

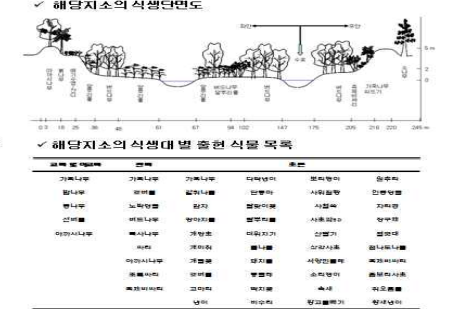


<강, 하천의 식생단면도 자연도 평가 기준>

(2) 하천 유형별 복원계획 기법 개발

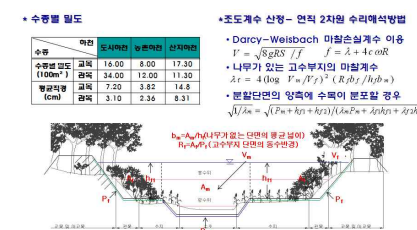


<지소별 식생분포도와 공간분포도>

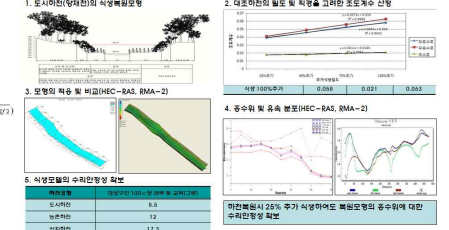


<지소별 식생단면도와 종조성표>

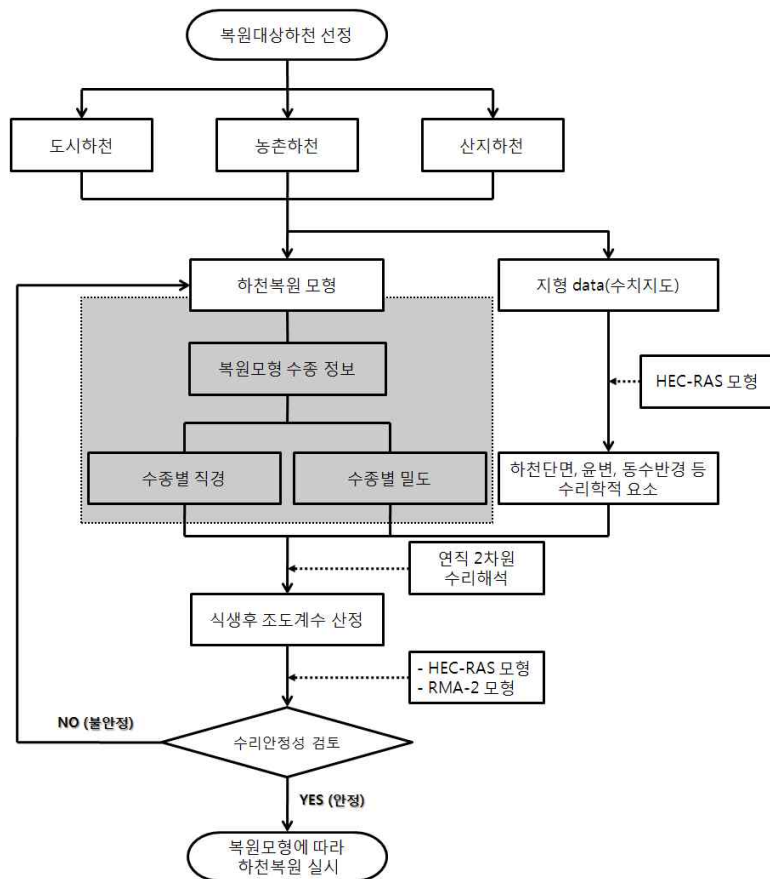
(3) 하천복원 모델의 수리안정성 검토



<대조하천을 반영한 수리안정성 검토>



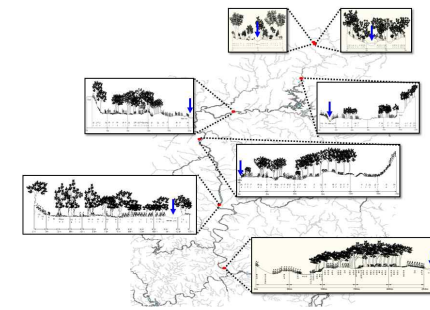
<수리안정성 복원 결과>



<하천식생 설치에 따른 수리안정성 검토 순서도>

(4) 하천을 중심으로 한 그린네트워크 구축기법 개발

하천을 중심으로 한 그린네트워크 구축기법 개발을 목표로 우리나라 5대강 (한강, 낙동강, 금강, 섬진강 및 영산강)을 대상으로 강변생태계로부터 산림생태계에 이르는 전이지대 식생의 공간분포를 조사한 결과 하천의 중·하류의 전이지대는 농경지나 도시지역으로 전환되어 대부분이 소실되었다. 따라서 전이지대가 온전한 상류구간에서 식생정보를 수집하여 하천과 그 주변 산림사이의 그린네트워크를 구축하는데 요구되는 복원 식물종을 선별하였다. 수행된 식생조사를 토대로 전이지대에 출현하는 식물군락을 우선 선별한 후 그 군락에 수반되는 종의 목록을 정리 하여 복원에 소요될 식물종을 선별하였다.

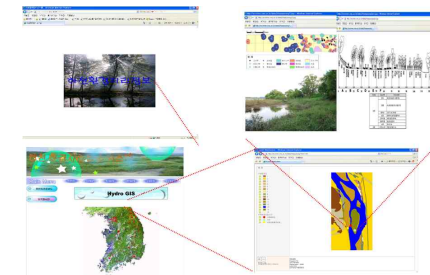


<네트워크 구축>

(5) 수집된 하천의 생태환경 정보 관리 기술 개발

본 연구에서 개발한 지역 특성에 어울리고 어메니티 기능이 향상되며 수리적 안정성이 확보된 하천복원 모델을 현재 전국적으로 확산되고 있는 하천 복원사업에 적용하면 하천의 생태적 기능을 높이고, 동시에 그들이 발휘하는 생태적 서비스 기능을 통해 삶의 질 향상에 기여할 수 있다. 본 연구를 통해 수집된 정보는 Web-GIS 기반 DB로 구축되어 있기 때문에 그 활용성이 매우 높다.

특히 지금까지 이루어진 하천복원사업이 하천의 생태적 특성에 대한 이해가 부족하고 지역주민의 요구조건에 대한 정보 없이 일률적으로 진행되어 많은 비용과 노력을 투자하고도 하천고유의 생태적 특성을 되돌리지 못하는 것은 물론 주민의 욕구도 충족시키지 못하고 있는 실정이다. 이러한 현실에서 이처럼 다양한 조건을 종합적으로 고려하여 개발된 하천복원모델은 그 활용가치가 크다.



<수집된 하천 생태정보의 Web-GIS기반 DB구축>

(6) 하천복원 계획 가이드라인 개발

우리나라에서 복원의 역사는 20여 년이 되어가고 있다. 그러나 우리나라의 복원은 지금까지 큰 진화를 이루지 못했다. 독일의 하천복원 발전사를 정리해보니 1970년대의 개념 도입기에는 인공소재를 퇴출시키고, 식물을 이용한 호안을 실시하며, 1980년대의 개념 정착기에는 하천의 생태성을 높이기 위한 설계로 자연에 가까운 횡단설계를 하고, 생태적 위치에 적합하게 식생을

도입하고 있다. 1990년대 전반에는 복원효과 평가와 함께 강변 식생 완충대 도입을 실행에 옮기며 질 높은 복원을 추구하고 복원 대상의 영역을 넓혀 온전한 자연의 모습을 지향하고 있다. 1990년대 후반 이후에는 하천복원에서 유역을 고려하고, 연속성을 강조하며 복원된 하천이 스스로 발전할 수 있도록 유도하는 등 그 발전의 역사를 뚜렷하게 구분해 볼 수 있다.

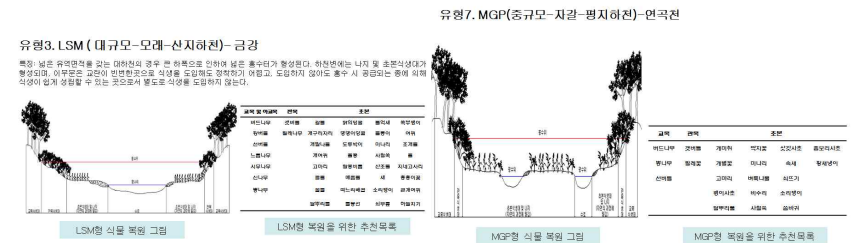
그러나 우리나라의 경우는 그 개념이 도입되고 20년의 세월이 경과하였음에도 불구하고 여전히 초기단계의 모습을 크게 벗어나지 못하고 있다. 그 배경은 복원생태학의 일반적 원리가 적용되지 않은 것이 가장 큰 원인으로 판단된다. 복원은 앞서 언급한 바와 같이 훼손된 자연을 치유하는 생태기술이다. 문제가 있는 자연을 치유하려면 우선 그 대상이 어떤 문제가 있는지를 점검하여야 한다. 즉 복원 대상에 대한 진단평가가 이루어져야 한다. 진단평가가 이루어지면 그 결과에 근거하여 문제의 정도를 인식할 수 있고, 그것을 온전한 자연의 모습과 비교해 보면 치유의 수준과 방법도 알 수 있다. 이런 점에서 복원을 위해서는 온전한 자연의 모습도 파악하여야 한다. 즉 제대로 된 자연의 모습을 되찾기 위해 온전한 자연의 모습을 갖추고 있는 곳을 대상으로 대조생태정보를 수집하여야 한다. 복원 대상의 훼손 정도가 정리되고 수집된 대조 생태정보가 체계화되면 그것으로부터 복원계획이 수립될 수 있다. 복원의 실행은 이러한 복원계획에 토대를 두고 훼손의 정도에 따라 수준과 방법을 달리하여 진행된다. 복원이 이루어지면 그 진행과정에 대한 모니터링이 진행되고, 그 결과를 분석하면 복원의 진행방향을 읽을 수 있다. 이때 그 방향이 바르게 진행되면 성공적인 복원을 이룰 수 있고, 만일 그 방향이 의도대로 진행되지 않으면 적응관리를 통해 그 방향을 바로잡을 수 있다. 이러한 과정을 통해 진행되는 복원의 효과는 다양한 측면에서 평가될 수 있다. 생태적 측면에서는 대조생태계와 유사한 종 조성을 보유하고, 자생종의 비율이 높으며, 발달가능성과 안정성이 높고, 주변 환경과의 조화 등을 분석하여 평가될 수 있다. 그들이 발휘하는 생태적 서비스 기능을 평가하여 화폐 가치화하는 평가도 가능하고, 지역공동체의 단합을 유도하는 등 사회적 기여를 통한 평가도 가능하다.

이러한 내용은 일반생태학 및 복원생태학 교과서, 그리고 국제복원생태학회의 홈페이지를 통해서도 안내되고 있다. 그러나 국내의 복원사업에서 이러한 복원생태학의 원리는 대체로 무시되고 있는 경향이다. 국내의 복원사업에서 진단평가는 생략되는 경우가 많고, 도입되어도 그 결과에 기초하여 복원의 수준과 방법이 결정되는 경우는 거의 없고, 훼손정도에 관계없이 대부분의 복원사업은 적극적 방법으로 진행된다. 따라서 비용과 에너지가 낭비되고, 많은 비용과 에너지를 투자하고도 효과는 크지 않다. 대조생태정보도 거의 활용되지 않고, 사업자의 주관적 판단에 의해 복원이 이루어지고 있다. 즉, 모델이 없고 목표가 없는 복원사업이 이루어지고 있는 것이다. 따라서 복원사업에서 철저히 배제되어야 할 외래종이 도입되는 경우도 많고, 생태적 공간분포를 크게 벗어난 외지 종 (일명, 국내 외래종)이나 더 큰 생태적 기능을 발휘할 수 있는 적합한 미소서식처를 벗어나 도입생물들이 배치되는 경우는 비일비재하다. 모니터링은 이루어지지만 사업초기에 복원의 목표가 되는 대조생태정보가 활용되지 않아 효과적인 적응관리는 이루어지지 못하고 있다. 아울러 복원의 효과 평가도 거의 이루어지지 못하고 있다. 따라서 사업이 계속 진행되어도 발전이 이루어지지 않고 있는 것이다.

이러한 문제를 해결하여 복원사업의 발전을 이루고, 나아가 환경의 개선을 이루기 위해서는

복원의 원칙이 정해져야 한다. 오늘날 국내에서 진행되는 대부분의 복원사업은 국가 또는 지자체의 지원 사업으로 진행된다. 따라서 국가나 지자체가 이러한 지원 사업을 철저히 관리하면 복원사업의 발전을 이룰 수 있다. 환경영향평가와 같은 방법을 적용할 수 있다. 즉 지원 사업을 선정할 때 앞서 언급한 복원사업의 일반적 절차 적용 여부, 복원계획의 적합성, 모니터링 방법 및 적응관리방법의 타당성, 복원효과 평가 방법의 타당성, 복원 소재의 확보 여부 등에 토대를 두고 철저히 심사하면 큰 효과를 거둘 수 있을 것이다.

나아가 이러한 체계를 법제화하면 더 큰 효과를 거둘 수 있다. 우리나라는 이미 4차에 걸쳐 자연환경 전국조사가 이루어져 있다. 이러한 결과를 체계화하면 자연복원의 틀을 갖출 수 있고, 그 틀에 근거하여 복원계획의 심사가 충분히 가능하다. 훼손된 자연을 제 모습으로 되돌리고, 그것이 발휘하는 생태적 기능을 통해 국가의 환경을 개선하며, 복원사업에 투자되는 비용과 에너지를 절약하고, 나아가 그것이 발휘하는 생태계 서비스 기능을 통해 환경관리 비용을 줄여 국가 경제발전에도 기여할 수 있도록 조속한 결단이 요구되는 시점이다.



<17개 유형 중 LSM(대규모-모래-산지하천)의 복원 유형> <17개 유형 중 MGP(중규모-자갈-평지하천)의 복원 유형>

(7) 하천어메니티 유형 분류를 위한 기준 개발

하천어메니티 유형을 분류하기 위한 검토 구간은 조사된 관계계획과 현황을 바탕으로 현재 이용이 이루어지고 있는 곳, 시설도입이 제안되었거나, 관련사업으로 인한 현황변경이 필요한 곳을 주 대상으로 한다. 계획수립을 위한 대상구간이 선정되면 우선 각 구간별 이용지수를 기준에 맞추어 산정하고, 하천의 유역규모와 자연도, 산정된 이용지수를 하천어메니티유형기준에 따라 검토하여 대상구간별 하천어메니티유형을 분류한다.

<하천어메니티 유형분류 대상구간의 선정>

구분	S1	S2	S3	S4
대상구간 위치도				
선정 사유	관 련 계 획	- 비전21에 의한 역사문화공간조 성 계획 제안	- 배수개선사업에 의한 배수문, 배수로 정비 발생	- 배수개선사업에 의한 배수문, 배수로 정비 발생
	이 용 현 황	- 자채방아마을의 연계 국공장 운영	- 경작으로 인한 훼손, 복구 필요	- 하천식생군락지 공사로 인한 나대지 발생

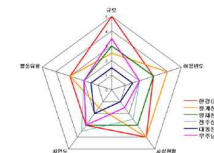
<구간별 이용지수산정>

평가지표	대상구간			
	S1	S2	S3	S4
총괄점수	0.2690	0.1594	0.1510	0.2415
고수부지폭	10~50m (0.0112)			
저수로폭	10~50m (0.0054)			
수심(상시수위)	1~5m (0.0112)			
식생/식물상	귀화식물, 교란종 (0.0319)	무식생, 경작, 식재(0.0114)	하천식생우점 (0.0031)	무식생, 경작, 식재 (0.0114)
수질(생활환경)	나쁨~약간나쁨 (0.0114)	보통~약간 좋음 (0.0319)		
수질(생물등급)	약간나쁨~보통 (0.0070)	보통~ 좋음 (0.0194)		
제내지자연도	4~5등급 (0.0399)	2등급 (0.0087)		4~5등급 (0.0399)
주변토지이용	공원, 주거 (0.0216)	임야, 농경지, 공지 (0.0140)		공원, 주거 (0.0216)
역사문화요소	대상지연계(0.0036)	없음 (0.0012)		
접근성	보통 (0.0087)	불량 (0.0056)	불량 (0.0056)	보통 (0.0087)
기존시설활용	낮은시설활용 높은이용율 (0.0143)	없음 (0.0039)		
주변시설연계	공원, 문화, 체육시설 (0.0094)	없음 (0.0025)		공원, 문화, 체육시설 (0.0094)
유량공급방안	공급대책 없음 (0.0093)			
유지관리기관	상주관리(0.0441)	비상주 관리 (0.0169)		
호안정비현황	정비후자연화(0.0061)	자연상태 (0.0033)		정비후자연화(0.0061)
저수로 형태	인위적형태(0.0339)	자연상태 (0.0033)		인위적형태(0.0339)

용 및 경작으로 인해 하천환경의 훼손이 커 조치가 필요한 것으로 판단되는 지역(S2), 배수 개선사업과 연계되어 배수로정비가 진행중인 도리천 상류부(S3), 차량이동 및 통행량이 많 으며 기본계획에서 친수공간조성 계획이 제안되었던 장평교상류부(S4)를 대상으로 이용지수 를 산정하고 하천의 유형을 분류하였다. 조사된 구간은 전체가 하천규모 M, 자연도평가 II 의 지역이며, S1과 S4의 이용지수의 값은 각각 0.2690, 0.2415로 이용지수는 N형에 가까운 C형이며, 하천어메니티유형 MII C형으로 분류되었고, S2와 S3는 각각 0.1594와 0.1510의 값 이 산출되어 이용지수 N형, 하천어메니티유형 MII N형으로 분류되었다.

<구간별 하천어메니티 유형분류 기준 검토>

구분			검토대상구간			
			S1	S2	S3	S4
하천어메니티 유형			MII C	MII N	MII N	MII C
하천구 모	유역면적	1000km ² 초과	L			
		10km ² 초과	M	○	○	○
		1000km ² 이하				
		1km ² 초과 10km ² 이하	S			
자연도	국토환경 성 평가등급	1등급	I			
		2, 3, 4등급	II	○	○	○
		5등급	III			
이용지 수	0.36 이상		A			
	0.24~0.36		C	○		○
	0.24 미만		N		○	○



<국내 하천과 일본사레지의 현황평가요소간 관계성 비교를 통한 하천특성과 하천내 활동유형, 하천어메니티 간의 관계분석>

	분류기준	분류기호	양태별 특성
하천 규모	대하천	L (large)	유역면적 1,000㎢ 초과
	중하천	M (medium)	유역면적 100㎢ 초과 1,000㎢ 이하
	소하천	S (small)	유역면적 10㎢ 초과 100㎢ 이하
	실개천	R (run)	유역면적 10㎢ 이하
자연도 평가	1등급	I	자연도가 높은 지역, 자연자원보존, 이용 및 시설설치제한
	2~4등급	II	어메니티자원 양호, 이용수용력 대지로 활용
	5등급	III	생태환경적외로 어메니티자원 안정됨
이용 지수	0.36점 초과	A (active)	이용요구도 높음
	0.24~0.36	C (common)	이용요구도 다소있음
	0.24점 미만	N (natural)	이용요구도 미약, 이용지향

<하천어메니티 유형분류를 위한 기준 및 항목별 특성>

(8) 하천어메니티 유형별 복원모델 작성

현재 자채방아마을과 연계되어 하천변 학습프로그램이 운영중인 군량교 부근(S1)과 무단점

진술선호법은 가상 시나리오를 제시하는 설문을 통해 응답자가 자신의 선호를 표현하게 함으로써 지불용의액이나 수용용의액을 추정한다. 또한 설문조사를 통하여 피설문자의 태도, 동기, 선호도와 지불용의액 등의 모든 정보를 알아낼 수 있는데, 이 과정에서 시민의 참여를 유발하는 중요한 역할도 지니고 있다. 진술선호법에는 가상가치법, 가상순위결정법, 선택실험법이 있으며, 거의 모든 환경재 편익을 추정하는데 적용될 수 있다.

다음표는 환경개선편익을 추정하는 방법과 모형, 그리고 이를 적용할 수 있는 대상에 대해서 나타낸 것이다. 적용대상에 적합한 추정방법 및 모형을 선정하기 위해서는 평가대상의 가치를 정의하고 구분하는데 세심한 주의가 요구된다.

<환경개선편익의 추정방법 >

추정법	주요 분석모형	적용대상
시장적 방법	· 피해함수	· 식량, 연료, 목재, 섬유 등 생태계가 제공하는 시장적 편익
	· 생산함수	
	· 비용함수	
현시선호법	· 휴양수요함수	· 휴양가치, 경관가치
	· 특성임금함수	· 사망위험성 감소, 질병위험성 감소
	· 특성가격함수	· 쾌적함, 휴양가치, 경관가치
	· 회피행위모형	· 사망 및 질병위험성, 쾌적함, 휴양 및 경관, 생태계 보존, 시설물 보존
진술선호법	· 가상가치법	· 모든 종류의 편익
	· 가상순위결정법	
	· 선택실험법	
혼합모형	· 현시선호법과 진술선호법의 혼합	· 현시선호법이 적용될 수 있는 모든 종류의 편익
모의시장분석	· 실험경매법	· 모든 종류의 편익

출처 : 권오상 (2007).

•특성가격법(이용가치)

분석모형: $P = \rho WP + \chi_1 \beta_1 + \chi_2 \beta_2 + \chi_3 \beta_3 + \varepsilon$

변수	통계값
상수	10.57***
지하철거리	0.000022
하천거리	-0.000044***
CO 농도	-1.759***
주택요금(타미)	0.286***
당수	0.138***
등근소요시간(분)	-0.000029
시장접근성	-0.1048***
의료시설 접근성	0.075***
공원기관 접근성	0.059***
문화시설 접근성	0.0249
대형교통 접근성	0.073***
주차시설 이용편의성	0.0066
학교 접근성	0.014
주거 만족도	0.079***
하천(오수)조망(타미)	0.084**

•선택실험법(컨조인트분석법)

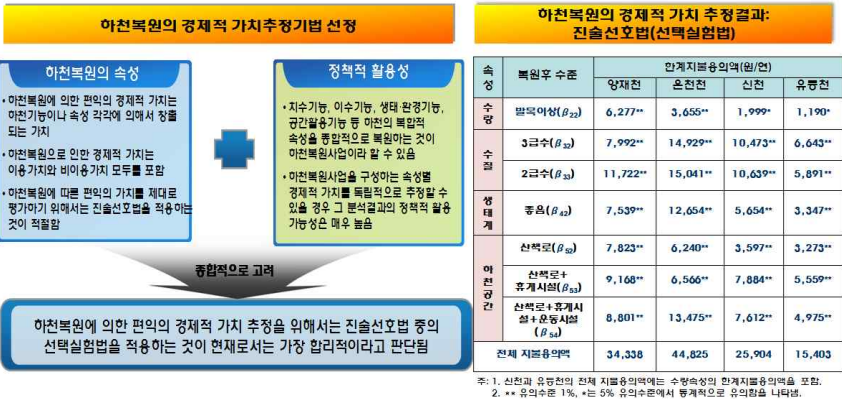
분석모형: $U_{ij} = \beta_1 C_{ij} + \beta_2 X_{1ij} + \beta_3 X_{2ij} + \beta_4 X_{3ij} + \beta_5 X_{4ij}$

마찬별 실험 수준		양재천(서울)		
		계수	t값	D값
금액	β_1	-0.0002	-11.039	0.000
	β_{22}	1.0180	9.911	0.000
수질	β_{32}	1.2963	10.564	0.000
	β_{33}	1.9012	13.282	0.000
생태계	β_{42}	1.2227	19.022	0.000
	β_{52}	1.2688	9.412	0.000
하천 공간	β_{53}	1.4870	8.904	0.000
	β_{54}	1.4274	7.595	0.000
관측수		3,992		
L(β)		-2756.368		
L(0)		-4385.660		
$\rho^2(0)/\rho^2(0)$		0.372 / 0.371		

주: *** 유의수준 1%, **는 5% 유의수준에서 통계적으로 유의함을 나타냄.

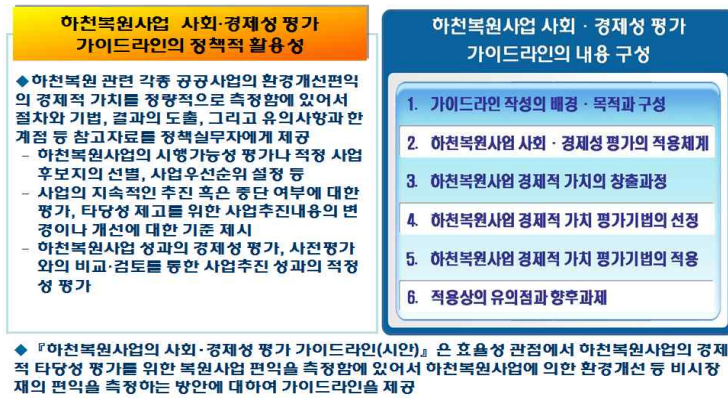
<양재천 복원의 사회 경제성 평가 >

(12) 하천복원사업 사회 경제성 평가기법의 시험하천 적용



<하천복원사업(양재천, 온천천, 신천, 유등천)의 경제적 가치추정>

(13) 하천복원사업의 사회 경제성 평가기법 가이드라인 개발



(14) 하천복원사업의 환경-경제통합 평가모형(I,II)

지금까지의 환경-경제통합 평가모형은 하천복원사업으로 인한 하천환경, 하천생태의 개선가치를 금전적으로 환산하여 비용-편익분석을 도모하는 것이었다. 본 연구에서는 여기에서 더 나아가 하천복원을 통한 쾌적한 환경서비스의 제공이 지역경제발전에 어떠한 경로를 통하여 영향을 미치는가를 파악하는데 까지 모형을 확장 하는 것이다.

이를 위하여 선행연구를 검토하였으나 본 연구에서 하고자하는 문헌은 없다. 그러나 지식경제, 쾌적한 환경, 수변공간조성의 제공이 기업의 입지, 지식산업의 확장에 기여한다는 문헌이 존재한다.

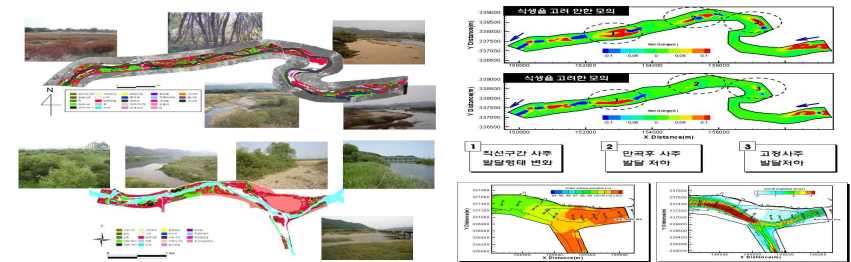


Lee 등(1993)은 하상에서 골재채취에 의한 웅덩이(pit)의 이동에 대하여 연구를 하였다. 최고의 세굴심은 유사 이송능력이 증가할수록 감소하고 최대 유효길이는 유사 이송능력에 따라 역으로 변한다. 웅덩이의 이동은 이류단계와 확산단계 등 두 단계로 나눌 수 있다. 이들 두 단계로 분리하는 시간은 웅덩이의 상류 경계가 원래(초기)의 웅덩이 하류 경계를 통과하는 순간이다. 각 단계에서 이동 시간은 유사 이송능력과 유효길이가 증가할 때 증가한다. Lee 등(1994)은 균일사로 구성된 후방 단차(backward-facing step)의 이동 특성에 대하여 연구하였다. 그 단차는 천천히 하류로 이동하며 높이는 점차로 감소하는 것을 보여 주었다. Cao와 Pender (2004)는 골재채취와 유사의 공급에 따른 하천의 적응과정을 수치모형을 개발하여 적용하였다. 수치모형은 완전연계형 모형을 개발하여 그 특성을 파악하였다. 그러나 이들 연구는 상류에서 공급되는 유사량의 변화에 대한 적응과정과 강택침식을 고려한 웅덩이의 적응과정을 파악하는데 많은 한계가 있다.

국외에서 개발되어 있는 하천자연도 평가 기법을 국내에 직접 도입하여 적용한 경우 그 지표와 평가등급이 국내 하천의 실정과 부적합하여 적절한 평가법으로 이용되고 있지 못하는 실정이며, 선진국을 중심으로 적극적으로는 댐의 철거를 통한 생태통로의 확보, 인공 홍수를 형성하기 위한 댐 저수의 방류, 친환경적 방류량, 방류시기, 방류 방법 등의 적응관리 기법이 제기되고 있으나 아직은 초보적인 수준의 단계이다.

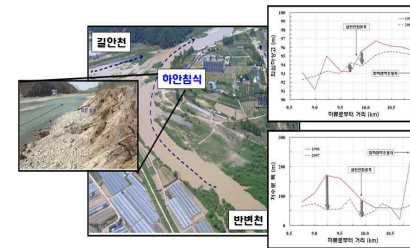
국외의 하천모니터링 및 조사에 관한 국내의 사례를 조사한 바 하천교란평가기법 조사라는 수단이나 체계를 가지고 있는 국가는 없다. 그러나 조사대상 국가는 하천의 물리, 생태, 경관, 이용상황 등을 조사하는 시스템을 구축하고 있다. 영국의 경우 양식에 따라 하천 특성을 일관성 있게 조사하며 특히 하천의 물리 구조를 평가하여 하천 보전평가체계와 연계하고 있다(SEPA, 2003). 호주의 경우 대형무척추동물을 이용한 하도조건의 생물학적 평가를 위한 국가적 표준 체계를 갖추고 있으며 생물학적 관점과 물리학적 하천평가법의 점수체제를 채택하여 하천등급을 부여하고 있다(Parsons etc. 2002).

미국의 경우 물리학적, 생물학적, 그리고 화학적 평가변수를 복원 모니터링, 평가, 그리고 적응관리를 위한 평가체제에 적용하여 복원 전·후 적절히 운용하고 있다(USDC, 1998). 일본의 경우 자료를 수집하여 하천환경지도를 작성하고 하천 수변의 총괄 자료를 작성한 후 이를 통하여 하천수변의 관한 총괄적 자료 체계를 구성함으로써 하천조사, 생물조사 및 공간이용 실태체제를 완벽히 갖추고자 노력하고 있다(하천수변국제조사, 2001). 하천평가체계 중 가치 있는 방법론 중 하나로서 Physicochemical character, Periphyton, Macroinvertebrates, Fish를 평가 대상으로 삼아 종합적으로 자료를 정리하거나 Habitat, Macroinvertebrates, Fish를 평가 대상으로 삼아 종합적으로 자료를 정리하기도 하는 Idaho 하천 생태평가 체계(Idaho Department of Environmental Quality, 2002)가 심도 있는 방법이 되고 있다. 한편 다양한 분야의 자료를 종합하여 상호 인과관계를 해석하기 용이한 방법이 필요하다. 이를 제시하고자 Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, 그리고 Fish의 자료를 활용하여 하천과 Wadeable River에서 손쉬운 생물상 평가안을 제시한 바 있으며 (Barbour et al., 1999) 그 밖의 자료해석 방법까지 정리하여 관련학자들의 고충을 덜고 있다.

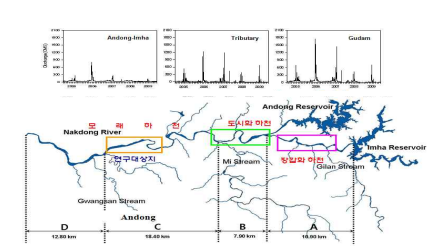


<안동 임하댐 하류의 식생조사 및 분포도>

<댐 하류하천의 식생을 고려한 수치모의>



<임하댐 하류하천의 하상지형 변동 특성>



<안동 임하댐 및 구담습지 구간별 교란의 영향분석>

(16) 수생태계를 고려한 하도자원관리 기술

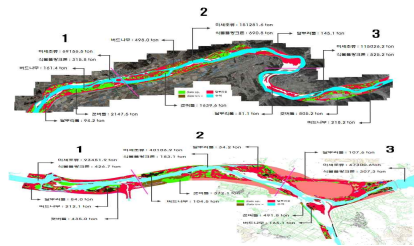
댐의 건설은 하류하도 구간의 홍수 유출량을 감소시키고 토사의 운반이 억제되어 하도의 유사량이 크게 감소한다. 이러한 영향은 국부적으로 하상의 침식을 유발하지만, 감소한 유사량은 상대적으로 감소한 홍수 유출량으로 인해 유사수송이 발달하지 못하여 하상의 침식이 크게 발달하지는 않는다. 오히려 홍수유출량 감소는 하도의 식생발달을 촉진시키고 성장할 수 있는 주요한 조건으로 작용한다. 과거에는 하상이 모래톱으로 노출 되었지만, 점점 하상 식생이 광범위하게 발달하고, 이러한 상황이 방치될 경우에는 식생 하도가 더욱 발달하여 시간이 경과함에 따라 하상식생이 거목으로 성장하여 하도폐색을 초래하게 될 것으로 예상된다. 일반적으로, 식생은 흐름에 대한 저항을 증가시켜 유속을 감소시키고, 흐름의 방향을 변경하며, 유사이송을 차단하거나 분급을 일으킨다(Tsujimoto, 1999).

따라서 하천공학에서 중요한 문제는 식생에 의한 흐름의 저항을 정량적으로 파악하고 예측하는 것이다(장창래, 2006). 식생발달로 인한 하도폐색은 부분적으로 퇴적을 촉진시키고 그만큼 홍수소통능력을 크게 감소시키게 될 수 있다. 본류 하도에서의 하도폐색은 결과적으로 지류하천의 퇴사작용을 촉진시켜 본류 하도는 물론이고 지류하도의 홍수소통능력을 동시에 감소시키는 원인이 되고 있다(지흥기, 2003).

본 연구는 하도 식생의 효과적 관리 측면에서 유수소통에 장애가 되지 않는 범위에서 자원화 방안을 모색하고자 하였다. 그 예로써 생태학적 측면의 기후변화 대응방안인 CO₂ 저감에 대해서 검토하였다.

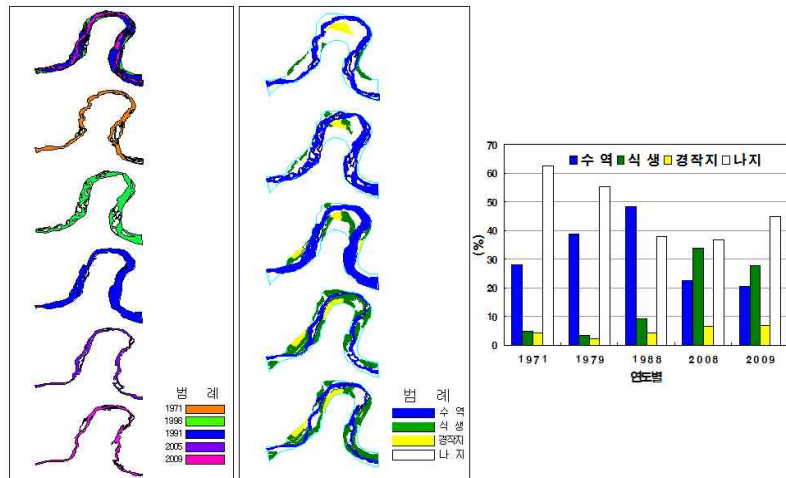


<댐 하류 구간에서 식생의 발달형태>

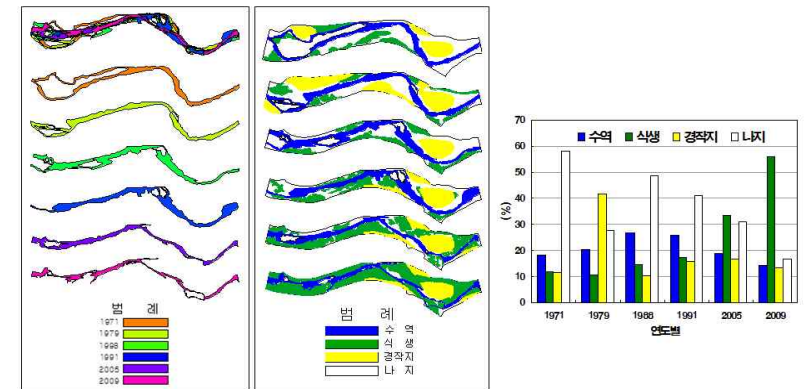


<댐 하류 구간에 우점하는 달뿌리풀, 갯버들, 버드나무의 분포면적과 면적 대비 CO₂의 고정량>

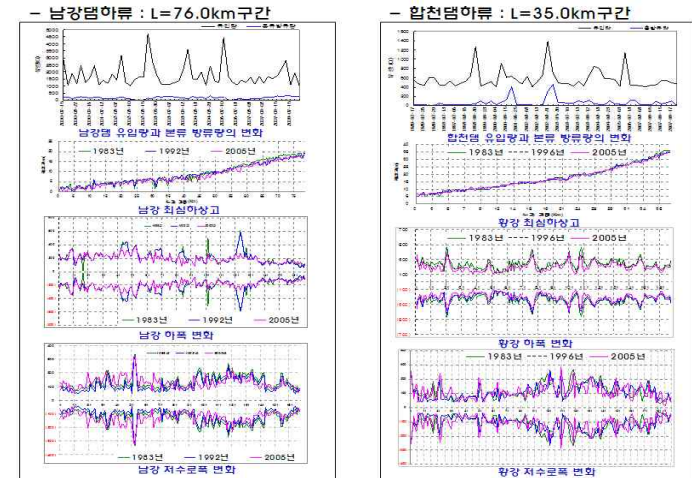
(17) 인위적 교란에 의한 하도지형의 시간적 변화과정 평가



저수로변화 하천특성변화
<댐하류하천의 인위적 교란에 의한 하도지역의 시간적변화과정_안동댐 하류>



저수로변화 하천특성변화
<댐하류하천의 인위적 교란에 의한 하도지역의 시간적변화과정_임하댐 하류>



<인위적 교란에 의한 하도지형의 시간적 변화과정을 평가>

(18) 골재채취에 따른 하도의 물리적 구조변화와 식생입과정 평가(시범사업:감천구간)

본 과제는 인간과 자연이 더불어 살 수 있는 자연친화적인(nature-friendly) 하천을 조성하고 복원하기 위해 필요한 요소 기술들로서, 하천의 이·치수 기능을 보장하면서 환경 기능을 보전, 개선, 복원하는 기술을 개발하는 것으로, 정부의 하천환경관리정책을 기술적으로 지원하기 위한 공공기술 성격의 건설핵심연구개발사업이다. 하천교란 영향 평가 및 적응관리 가이드라인을 개발하여 하천 복원 및 관리를 위한 사업에 적용하면, 하천 복원 및 관리에 필요한 기술력을 제고하고, 지역주민의 삶의 질을 향상시키는 경제적·문화적 효과를 창출할 수 있다. 또한 정부의 예

산 절약과 이에 관련한 사업에 대하여 경제적인 과급효과를 유도하고 국내 하천 복원 및 관리에 관한 녹색 신성장 동력 사업을 육성하고자 한다.

하천의 교란정도를 파악하기 위하여 개발된 하천교란평가기법의 비교구간으로서, 다목적댐 건설에 의하여 교란된 댐 하류 하천과 대조구간으로서 교란되지 않는 댐 상류 구간에 대하여 적용하고 그 결과를 비교, 분석하고 네트워크화하여 하천관리를 위한 기반자료를 제공하고자 한다. 교란하천에 대한 적응과정을 하천의 물리 및 생태환경에 대하여 현장조사 및 실험을 통하여 정량적으로 분석하고 적응관리 기술을 개발하여 홍수에 안전하고 하천환경에 조화를 이룰 수 있도록 적응관리 가이드라인을 제공하게 된다. 이를 위해 우선 인위적 교란의 평가지표 개발, 하천생태환경 평가지표 개발 등 요소기술개발을 바탕으로 하천의 교란에 대한 적응관리 기술을 개발하여, 여기에 하천교란 평가시스템을 통합한 시스템을 개발하고자 한다.

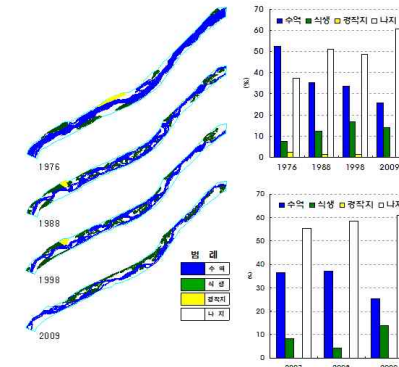
하천에서 골재채취는 주로 홍수터 혹은 과도하게 퇴적된 사주와 같은 충적 퇴적지에서 수행되며, 직접적으로 하천의 지형과 하상고를 변화시킨다. 골재채취는 주로 하천의 굴착, 사주의 제거 등에 의하여 수행된다. 이러한 경우에 기존에 존재하는 하천의 지형은 교란되며, 국부적으로 유사의 결핍이 발생한다. 하천의 골재채취는 하천환경에 직접적인 변화뿐만 아니라, 하상저하, 하상토의 조립화, 그리고 하천의 측방 불안정성을 야기한다.

국내에서 그 동안 골재채취로 인하여 하천의 지형변화 및 하천환경이 많이 변화되었음에도 불구하고, 이에 대한 체계적인 조사나 연구가 거의 없는 실정이다. 따라서 이러한 교란된 하천에 대하여 체계적으로 관리하고 복원하기 위한 저감기술 및 적응관리 기술이 정립되지 못하여 하천의 관리자 및 실무자가 많은 어려움을 나타내고 있으며, 이들이 쉽게 사용할 수 있는 가이드라인을 개발하기 위하여, 골재채취로 인한 교란하천의 적응관리 메카니즘을 파악하고 그 영향을 정량적으로 파악해야 한다.

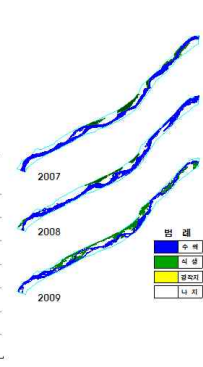
전국의 국가, 지방, 소하천 등 법정하천을 대상으로 하며, 한 하천 내에서는 하도(상시로 물이 흐르는 구간), 홍수터(홍수시 잠기는 하천구역), 하천 시설물(제방, 댐, 보, 수문 등) 및 하천과 경관생태적으로 연속성이 있는 인접 구역 등을 총망라하고, 하천의 이·치수 기능을 보장하면서 하천의 환경적 기능(생물 서식처, 경관 등)을 보전, 복원하기 위함이다. 따라서 환경계획, 평가 및 적응관리 기술 등이다.

하천에서 교란은 자연스러운 것이며 다양한 형태로 나타날 수 있다. 그러나 교란의 정량적인 평가는 정성적인 내용보다 어려움이 뒤따른다. 그 어려움을 극복하기 위하여 간접적인 방법을 쓸 수 있다. 생태지표선정은 여울과 소 등의 하상형태, 수류의 상황 그리고 하상재료나 어류의 은신처와 피난장소를 제공하는 식생과 거석 등(Bone et al., 1995; Tamai et al., 2000; FISRWG, 2001)까지 감안하여 하천생태계의 교란 및 회복에 관한 기초자료를 어류의 이동 능력, 이동 거리, 섭식대상과 방법, 산란 시기와 산란 장소, 주요 서식처(Kennard, 2005) 등 어류 생태학적 측면에서 제시하는 내용이다. 이들 특징의 상황에 따른 어류의 반응을 잘 이해하고 적용하면 수생태계의 평가를 용이하고 효율적으로 수행할 수 있을 것이다(Simon, 1999).

(10년단위 하도의 토지이용 변화)



(최근 3개년 하도 토지이용 변화)



<골재채취에 따른 하도의 물리적 구조변화와 식생이입평가>

(19) 하천교란 영향평가 및 적응관리 가이드라인 개발(공동)

과거의 하천교란 이력을 평가에 반영함으로써 현 하천의 시·공간적 교란상태를 평가할 수 있다. 교란하천에 대한 물리적·생태환경적인 평가에 적합한 기법이 거의 없는 실정이므로 기존에 자연도 평가 등 국내외에서 개발된 유사기법을 보완하여 교란하천의 평가가 적합하도록 한다. 우리나라 현실에 적합한 기술보고서(하천교란백서, 하천교란 평가 및 적응관리 기술보고서)를 발간, 요소기술을 개발하고 있다.

사업전의 하천교란 평가를 통하여 현재의 교란정도를 진단, 평가하여 “4대강 살리기 사업”에서 하천복원 방안을 제시할 수 있다. 또한 하천준설 및 관리, 보 설치 등은 하천의 적응관리에 직접적이고 중요한 사항이며, 이를 설계 및 관리하는데 지침을 제시할 수 있다.

골재채취로 인한 하천의 많은 문제점을 약기하고 있음에도 불구하고, 복잡한 하천의 적응 메커니즘에 의하여 그 과정을 파악하는데 국내외적으로 매우 제한된 연구가 수행되었다. 특히, 국외에서 수행된 연구는 사주의 발생, 상류에서 공급되는 유사량의 변화에 대한 적응과정과 강터침식을 고려한 웅덩이의 적응과정을 파악하는데 많은 한계가 있다. 국내에서는 이에 대한 체계적인 연구가 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 하천의 골재채취로 인한 교란하천의 적응과정을 사주의 거동, 상류에서 공급되는 유사량의 변화에 대한 적응과정, 그리고 강터침식에 의한 골재채취로 인한 교란하천의 적응과정을 파악하는 연구로서, 매우 독창적이고 실무에 적용하는데 매우 중요한 위치를 차지하고 있다.

하천의 물리적 교란평가기법을 개발하여 주요 자연하천, 댐하류 하천 및 골재채취 하천에 적용하는 것이다. 우선 하천의 현존잠재자연도에 관련된 하천의 물리적 구조를 파악하기 위하여 남강, 내성천, 섬진강 및 한강의 대조하천에서 하천교란상태를 평가하였다. 인위적으로 교란된 하천에 대한 하천의 물리적 교란평가를 위하여 안동댐, 임하댐, 남강댐 및 함천댐 하류의 하천 및 골재채취 하천인 감천에서 하천의 교란상태를 평가하였다.

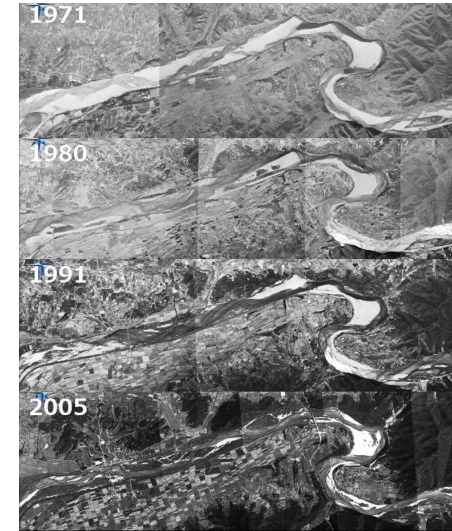
하천 내 댐의 건설, 하천정비, 골재채취 등 하천의 인위적 하천교란 요인과 그에 따른 영향, 즉

하상변동, 생태서식처 변화 등에 정량적 평가나 적응관리에 대한 기초기반기술의 확보 가능하며, 하천교란 문제 파악과 평가, 자연에 순응해 나가는 적응관리 기술 개발과 적용으로 홍수에 안전하고 살아 숨 쉬는 하천을 조성하기 위하여, 하천교란 영향 평가 및 적응관리 가이드라인 개발이다.

특히, 하천교란 영향 평가 및 적응관리 가이드라인을 개발하여, 하천복원 및 관리를 위하여 본 지침을 적용하여, 정부의 예산이 투입된다면 정부의 예산낭비를 방지하고 이에 관련 사업에 경제적 파급효과를 유도 할 수 있고, 하천교란 영향평가 및 적응관리 가이드라인을 홍보 및 교육교재로 활용하여 하천환경의 중요성에 대한 사회적 인식을 조기에 제고할 수 있다.

하천의 생물자료에 의한 하천평가를 수행하기 위하여 일본에서 개발한 하천환경평가법(국토교통성, 2002)을 수정, 보완한 ‘자연친화적 하천 정비기법 개발’사업에서 개발한 평가법(건교부, 2004)을 수정하여 적용하였다. 이 평가법은 생물학적 수질, 생물다양성 및 생태계 구조 안정성의 3항목에 걸쳐서 9개 지표로 하천의 자연도를 평가한다. 평가에 사용한 생물은 식물, 저서동물 및 어류이다. 세가지 평가 분야 중 생물학적 수질은 저서동물의 생물지표에 의하여 하천수의 오염도를 간접적으로 파악할 수 있다. 종다양성 평가에서 생물종의 다양성이 높다는 것은 각 생물종이 서로 연관되어 균형을 이루고 있음을 나타낸다. 마지막으로 생태계 구조 평가에서 먹이사슬의 상위성, 이동성, 우수환경 지표성, 고유환경 지표성 등은 생태계 구조가 안정되어 있는지를 나타낸다. 최근 수생태복원사업단(2008)에서 수생태계 내 생물서식처 복원 중 제시한 하천 자연도 평가, 어류의 서식처, 섭이 특성, 포획된 개체의 외형상 정상여부 등을 8 Matrix로 scoring 하여 4 grade로 하천 수질 및 호소 수질의 상대적 등급을 부여하는 방법을 제시한 바 있다. 한편 이와 양(2010)은 어류의 종수, 생물다양성, 생태계 구조의 안정성, 그리고 서식처 다양성을 변수로 삼아 이들의 각 요소별 특징에 scoring 하여 4 grade로 하천 수질 및 호수 수질의 상대적 등급을 부여하는 방법을 제시하고 있다

1) 안동댐 하류하천의 지형변동 수치모의



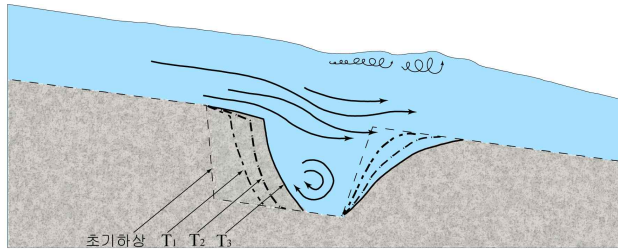
<안동댐 하류의 1971년부터 2005년까지 하천의 항공사진>

1971년에는 하도에 사주가 잘 발달되어 있으며, 저수로에 복렬사주가 발달되었다. 특히 사주에는 식생 등이 전혀 잘라지고 있지 않으며, 전형적인 white river의 특성을 잘 보여주고 있다. 1980년에는 저수로가 잘 발달되었으나, 사주에 식생이 약간 성장하고 있으나, white river의 특성이 간직되어 있다. 식생이 사주에서 성장하는 것은 상류에 1977년 안동댐의 준공으로 유황의 변동에 의한 영향으로 생각된다. 1991년에는 저수로에 복렬사주가 발달되었으며, 사주에 식생이 더욱 번성하고 있다. 2005년에는 사주에 식생이 번성하고 있으며, 저수로가 분할되어 있고, 유로는 고착화 되어 있다. 이것은 1977년 안동댐 및 1993년 상류에 임하댐이 준공되어 유황의 변동이 커지게 되며, 이로 인하여 식생이 사주에 활착할 수 있는 기회가 증가하였기 때문으로 판단된다.

2) 실내실험에 의한 준설하천의 적응과정 모의

하천의 준설로 인하여 웅덩이(pit)가 생기게 되며, 이로 인하여 흐름 및 유사이송 특성에 영향을 주게 된다. 이러한 변화는 하상고, 하폭, 하상도의 구성 특성 등에 변화를 주면서, 새로운 평형상태에 적응해 간다. 이에 따라 웅덩이가 주변에서 발생하는 하천의 지형변화 특성은 초기에 웅덩이가 상류부에 침식이 발생하며, 이로 인하여 지속적으로 웅덩이가 내부에 퇴채움 현상이 발생하게 된다. 또한 웅덩이가 직하류는 웅덩이에서 포획된 유사에 의해 하상이 침식되게 된다. 웅덩이에 대한 유사의 퇴채움 과정에서 급격한 수심의 변화에 의하여 와류(vortex)가 발생하게 되며, 흐름의 가속구간에서는 이러한 와류(vortex)가 소멸하게 된다.

웅덩이 퇴채움 과정에서 상류는 흐름이 감속되고 저면에서 회전류가 발생하여 수중안식각이 크다. 그러나 하류에서는 흐름이 가속되고 하상이 저하되며 하상이 완만해진다.



<웅덩이 퇴채움 모식도(장창래, 2009)>

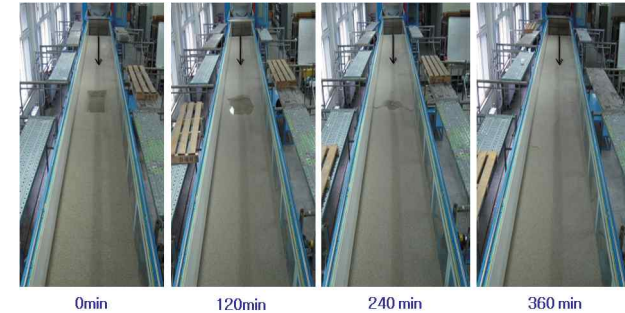
하상에서 하천 준설 및 골재 채취에 의한 웅덩이의 이동특성은 세굴심과 유효길이에 의해 결정된다. 최고의 세굴심은 유사의 이송능력이 증가할수록 감소하고 최대 유효길이는 유사의 이송능력에 따라 역으로 변한다. 웅덩이의 이동은 이류단계와 확산단계 등 두 단계로 나눌 수 있다. 이들 두 단계로 분리하는 시간은 웅덩이의 상류 경계가 원래(초기)의 웅덩이 하류 경계를 통과하는 순간이다. 각 단계에서 이동 시간은 유사의 이송능력과 유효길이가 증가할 때 증가한다.

최근에 이러한 준설하천의 적응과정을 실내실험과 2차원 수치모형을 이용하여 파악되었다(장창래, 2009). 하천 준설 혹은 골재 채취로 인하여 발생한 웅덩이(pit)에서 그 적응과정의 절차로서 퇴메우기가 진행 중일 때에는 웅덩이의 이동속도는 일정하지만 퇴메우기가 완료 된 후에는 웅덩이의 이동속도가 빠르게 진행된다. 또한 하상경사가 급할 경우에, 웅덩이의 변화에 대하여 퇴메워지는 시간이 빠르고, 웅덩이의 이동속도가 빠르다. 웅덩이의 규모가 증가하게 되면, 웅덩이의 퇴메워지는 시간이 증가하게 되며, 이것은 웅덩이의 규모가 증가할수록 적응시간이 증가한다.

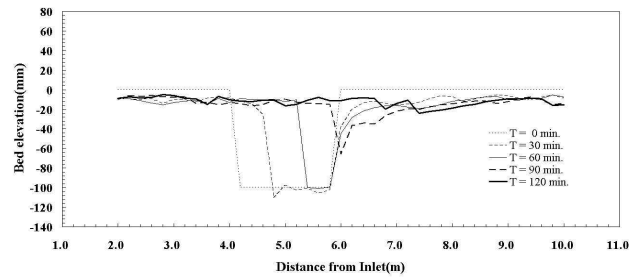
우리나라에서 하천 준설 및 골재 채취가 이루어지고 있는 하천은 주로 대하천이며, 상류에는 대부분 댐이 건설되어 있다. 상류에서 건설된 댐은 하류에 공급되는 유사를 포착하며 하류에 많은 영향을 주고 있다. 하류 하천에서 하천 준설 혹은 골재 채취가 수행 될 경우에는 댐과 골재 채취의 영향을 동시에 받게 되며, 하류 하천에 많은 영향을 미친다. 상류에서 유입 유사량이 적은 경우에 초기에는 웅덩이의 퇴메우기 과정이 진행되고 있으며, 시간이 증가하면서도 웅덩이 퇴메우기 과정은 일정한 안식각을 유지한 채로 지속되고 있으나, 웅덩이 이동속도는 느리다 그러나 웅덩이의 퇴메우기가 완료 되면서, 그 이동속도는 빠르게 된다.

초기에 발생한 두부침식은 시간이 증가하면서 상류로 전파되고 있다. 또한 웅덩이 하류에서는 웅덩이의 유사포착에 의해 하류로 공급되지 않기 때문에 하상이 지속적으로 저하된다. 상류에서 공급되는 유사량이 많은 경우에는 시간이 증가하면서 웅덩이 퇴메우기 과정이 매우 빠르게 진행되고 있으며, 상류에서는 하상이 지속적으로 상승된다. 웅덩이의 퇴메우기가 완료된 후에는 유사가 하류로 이동하여 웅덩이 하류부에서 하상고가 상승하고 있다. 상류에서 공급되는

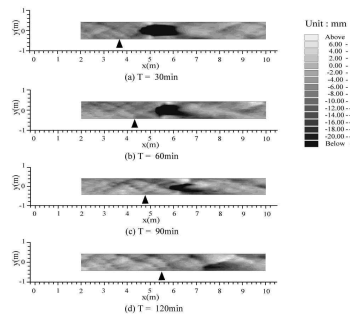
유사가 적은 경우에는 하천 준설로 인한 하천의 영향이 상류와 하류로 전파되고 있으며, 유사 공급량이 증가하면 하천 준설로 인한 교란하천이 적응하는 시간이 상대적으로 빠르다.



<실내실험에 의한 준설하천의 적응과정(장창래, 2009)>

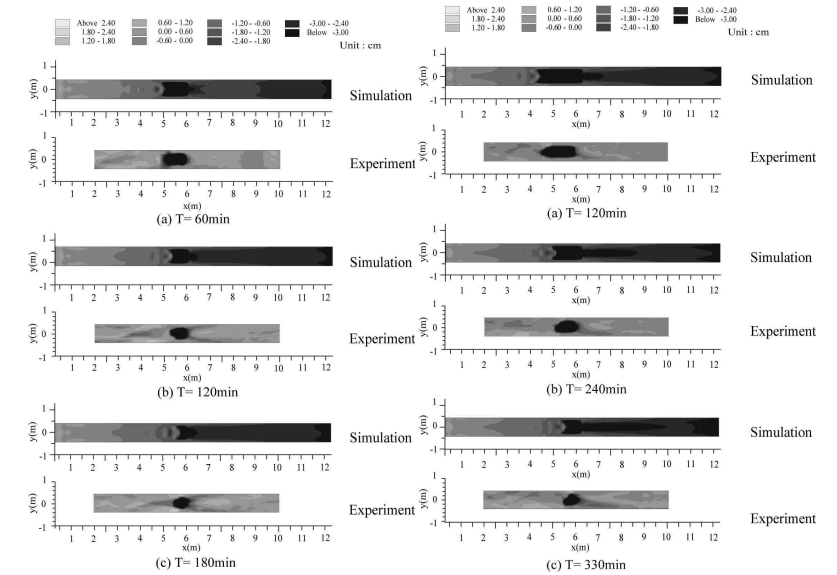


<종방향 하상고의 변화 (장창래, 2009)>



<실내실험에 의한 지형학적 평면변화. ▲는 사주의 선단부를 나타낸다(장창래와 정관수, 2010)>

준설하천의 적응과정을 실내실험과 수치모형을 이용하여 파악되었다하천 준설 혹은 골재 채취로 인하여 발생한 웅덩이(pit)에서 그 적응과정의 절차로서 되메우기가 진행 중일 때에는 웅덩이의 이동속도는 일정하지만, 되메우기가 완료 된 후에는 웅덩이의 이동속도가 빠르게 진행된다. 또한 하상경사가 급할 경우에, 웅덩이의 변화에 대하여 되메워지는 시간이 빠르고, 웅덩이의 이동속도가 빠르다. 웅덩이의 규모가 증가하게 되면, 웅덩이의 되메워지는 시간이 증가하게 되며, 이것은 웅덩이의 규모가 증가할수록 적응시간이 증가한다.



< 실내실험에 의한 준설하천의 적응과정 모의>

하천준설 혹은 골재채취에 의해 형성된 웅덩이는 초기에는 웅덩이 상류 지점에서 급격한 두부침식이 발생하여 상류로 전파되었고, 상류로 갈수록 그 규모는 작아졌다. 시간이 증가하면서 상류에서 공급되는 유사에 의해 두부침식은 감소되었으며, 웅덩이가 되메워지기 시작하였다. 웅덩이는 상류에서 공급되는 유사에 의하여 채워지면서, 일정한 안식각을 유지하면서 거의 균일한 속도로 이동하고, 웅덩이 하류에서는 하상저하가 지속되고 있다.

웅덩이의 되메우기가 진행 중일 때에는 웅덩이의 이동속도는 일정하지만, 되메우기가 완료 후에는 웅덩이의 이동속도가 빠르다. 하상경사가 급할 경우에, 웅덩이의 변화에 대하여 되메워지는 시간이 짧고, 웅덩이의 이동속도 빠른 것을 보여주고 있으며, 수치모의 결과는 실내실험 결과와 상대적으로 잘 일치하고 있다. 그러나 본 수치모형은 하상경사가 급하고 웅덩이 규모가 작은 경우에 하도의 적응과정을 모의하는데 약간 과대평가 하는 경향이 있다.

■ 하천교란 별 생물학적 하천 평가 상세 내용

㉔ 급여울에 주로 서식하는 어류로 피라미, 갈겨니, 종개, 산천어, 쉬리 등이 있다. ㉕ 평여울에 주로 서식하는 어류로 끄리, 참마자, 산천어, 돌마자, 종고기, 누치, 밀어 등이 있다. ㉖ 정수역에 주로 서식하는 어류로 붕어, 돌마자, 남파루, 각시붕어 등이 있다.

- 최종등급평가 수생태계에 서식하는 어류상의 주요 특징은 수변연구 시 생물상을 이용한 수생태계 평가를 위해 출현 어종수, 종다양성, 생태계 구조, 서식처 다양성으로 구분하여 평가하였으며 이들은 각각 120점씩 부여하였으며 만점은 480점이 되도록 하였다.

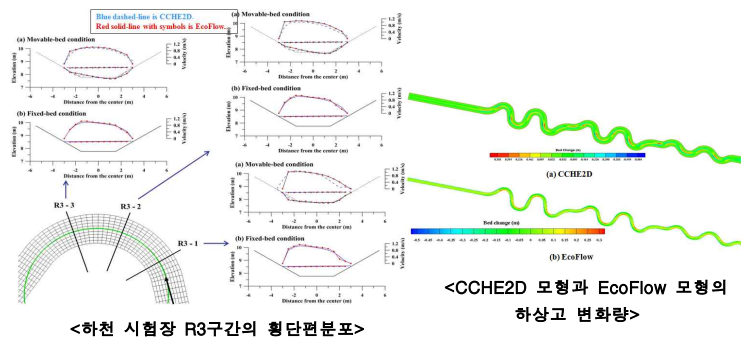
최종등급평가는 최우수(361점 이상, Excellent), 우수(241점 이상~360점 이하, Very Good), 양호(121점 이상~240점 이하, Good) 그리고 불량(120점 이하, Bad)으로 하며 세부적인 내용 기술 시 각 단계별 평가의 상·중·하로 표현하도록 한다. 어류상을 평가한 결과는 방사표지(Sun ray plotting) (Barbour et al., 1999; Simon; 1999)하여 각 범주, 항목별 세부 내용을 종합하고 조사 지점 별 차이나 조사 시기별 변화를 비교할 근거로 삼는다.

■ 다용도 댐과 골재채취하천의 지점별 시기별 교란 하천의 평가 결과 종합

type of site	Andong stream		Imha stream		aggregate gathering sites	
disturbed sites						
reference sites						

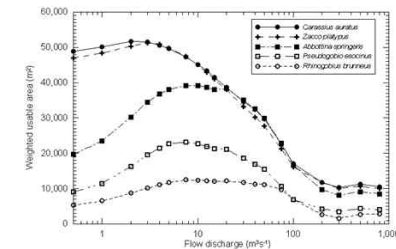
2007년에서 2009년까지 3년 동안 시기적 변화에 따른 하천별 교란 지수 평가

21) CCHE2D와 EcoFlow를 이용한 수치모의 비교



22) 물리서식처 모델링

물리 서식처모의 시스템 (PHABSIM)을 통하여 산정된 붕어 (Carassius auratus), 피라미 (Zacco platypus), 왜매치 (Abbottina springeri), 모래무지 (Pseudogobius esocinus), 밀어 (Rhinogobius brunneus)의 유량별 가중가용면적곡선을 나타내고 있다. 다양한 유량에서의 각 어종별 가중가용면적을 평가한 것으로서 각 어종의 가중가용면적이 최대로 나타나는 점에 해당되는 유량을 산정하여 지점별로 필요유량을 결정할 수 있다. 각 어종의 최적유량은 그림과 같이 다르게 나타난다. 유량이 2-10 m^3/s 에서 증가한 후 점차 감소하는 것을 확인할 수 있었으며, 유량이 커지고 유속이 빨라지면 어류가 살기에 적합한 환경이 아니기 때문에 가중가용면적이 감소하는 것이다.



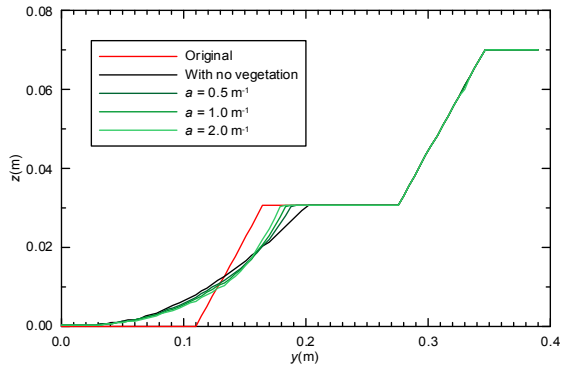
<각 어종의 가중가용면적 곡선>

- 다양한 유량에서의 각 어종별 가중가용면적을 평가한 것으로서 각 어종의 가중가용면적이 최대로 나타나는 점에 해당되는 유량을 산정하여 지점별로 필요유량을 결정

23) 하도식생이 하도형태 변화에 미치는 영향 분석

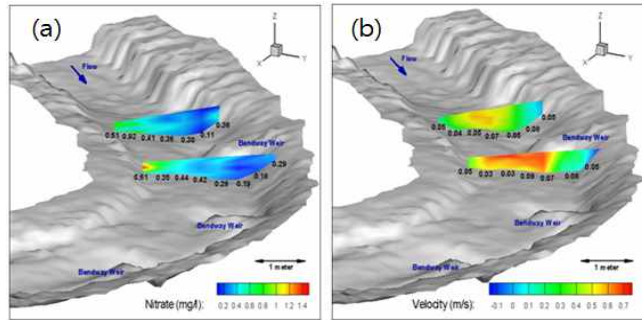
4대강 사업의 주요 목적 중의 하나는 하상을 준설하여 하도의 담수능력을 증진시켜 홍수위를 낮추는 것이다. 이와 병행하여 하변에 수목 식재와 습지 등을 만들어 생태공원을 조성한다. 공학적인 관심의 대상은 사업 후 유사이동량의 변화, 이에 따른 하도의 변화, 그리고 수목 등에 의한 통수량 및 하도형태에 미치는 영향 등이다.

우리나라에 하천복원이 도입되어 양재천이 복원된 것은 90년대 말이다. 이후 국내 많은 하천들의 복원 공사가 완료 또는 진행 중에 있다. 하천복원에서 수목의 심미적 기능은 매우 중요하며, 이로 인하여 홍수 소통에 지장이 없는 범위에서 하변 혹은 고수부지에 수목이 식재되어 관리되고 있다. 이와 관련하여 공학적인 관심 대상은 하변 수목 식재로 인한 유량의 분배와 이에 따른 하도형태 변화에 미치는 영향 등이다.



<고수부지 식재에 따른 하도형태의 변화>

- 그림에 제시된 하도형태는 모의시작 후 12분 후의 하도 단면으로 고수부지의 식생밀도가 클수록 저수로 사면의 침식이 더디게 발생함을 알 수 있음



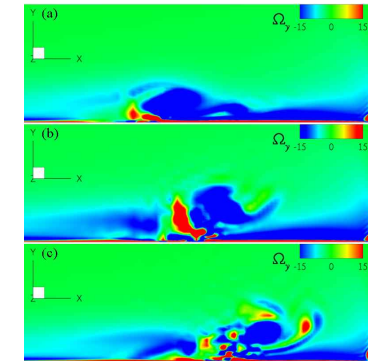
<Cross-sections illustrating contoured time-series data for NO3 concentration [mg/L] (a) and streamwise velocity [m/s] (b). >

25) 하천복원구조물 주변의 흐름의 조직구조

하천 바닥에 놓인 구조물에 접근하는 난류 경계층은 강한 역압력경사(adverse pressure gradient)를 겪게 되어 3차원의 흐름 박리가 발생함으로써 복잡하고 활동적인 큰 규모(large scale)의 조직 와(coherent structures)들을 형성하게 된다. 난류 말발굽형-와(turbulent horseshoe vortex, THV)는 수리학 및 동수역학 분야에서 아마도 가장 일반적으로 발생하는 와 구조(vortical structure)일 것이다. 예를 들면 교각이나 거석과 같은 구조물은 구조물과 하천 바닥이 만나는 부분의 상류에서 말발굽형-와를 발생시키게 되는데 이것은 난류응력(turbulent stresses)의 생성을 증가시키며, 유사 이송(sediment transport)의 강도(intensity)을

증대시킨다.

이 연구에서는 먼저 말발굽형-와의 구조적 동적 특성 분석에 초점을 두며, 기존 실험연구에서 밝혀진 유속장 변동 성분의 이형식 동적특성(bimodal dynamics)을 발생시키는 기작 그리고 이러한 흐름이 동적 특성을 지배하는 중요한 흐름변수로서 레이놀즈 수의 역할을 논한다. 그 다음은 수제(groynes), 바위로 만든 날개벽(rock vane) 등과 같은 구조물 주변에서의 난류흐름에 대해서 수치모의를 실시하고 결과를 분석한다. 이러한 구조물은 국부적인 흐름의 동수역학적 특성을 지배하고 이송율을 증대시키는 다양한 조직구조(말발굽형-와, 토네이도 형태의 와 등)와 흐름 영역(재순환 영역, 전단층 등)을 발생시킨다. 마지막으로 두 개의 거석과 같은 구조물을 통과하는 난류흐름을 벽 함수를 이용한 하이브리드 RANS/LES을 이용하여 수치모의하고 결과를 분석하여 실용적인 공학적 도구로 벽 함수를 이용한 하이브리드 기법의 적용성을 평가한다.

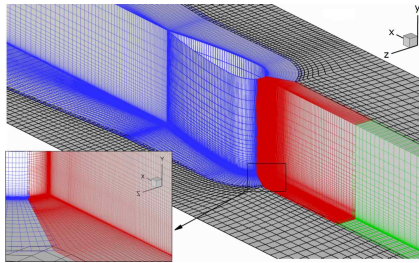


<순간 와도 분포의 시각적 변화>

- 흐름 방향은 왼쪽에서 오른쪽이며, 교각 구조물의 선단부 내의 대칭면에서 $Re = 1.15 \times 10^5$ 조건에서의 순간와도 분포

26) 날개형 교각 주변에서의 조직구조

수로 바닥에 부착된 날개모양의 교각 구조물을 통과하는 흐름은 교각의 두께 T 와 접근 유속 U_b 에 근거한 $Re = 1.15 \times 10^5$ 에서 Devenport와 Simpson [11]. 우리가 알고있는 이 연구가 실제 수로에서 접할 수 있는 범위의 Re 에서 THV 흐름을 가장 완벽하게 실험을 통해서 구현한 연구이다. 유입 경계 조건은 교각의 $18.24T$ 상류지점에서 Devenport와 Simpson [11]의 실험결과를 이용하여 설정하였다. 유출 경계 조건은 교각 선단부로부터 $14.254T$ 에서 그리고 두 개의 측면 경계와 수면경계는 각각 $3.5T$ 와 $3T$ 에서 설정하였다. 계산영역은 5개의 오버셋 하부 격자망을 이용하여 분할하고 전체 6.2×10^6 개의 격자점을 이용하여 이산화하였다. 계산은 무차원 시간간격 $\Delta t = 0.007$ 에 대해서 50,000시간 단계에 대해서 수행하였다.



<날개모양 교각을 통과하는 흐름을 해석하기 위한 오버셋 격자와 좌표계>

- 역압력 경사에 의해서 발생하는 접근하는 흐름의 말려서 상승(roll up)함에 따라서 발생하는 매우 복잡한 THV에 의해서 지배



<오산천 금곡취수보 하류 하중도 변화>

- 오산천(상류구간)과 경안천(하류구간)의 복원 후 수리학적 모니터링 결과 DB화
- 복원하천의 수리학적 모니터링 매뉴얼 제작

3. 연구개발 성과

(1) 공공적 성과

- 하천의 생태적 특성에 대한 정보가 충분히 확보되지 않아 다양한 환경에 적용할 수 있는 하천복원 모델이 개발되어 있지 않고, 자연생태, 어메니티, 수리적 안정성, 경제성 등이 조화를 이룬 통합복원모델이 개발되어 있지 않다. 따라서 하천의 특성에 따른 유형화와 유형별 복원모델의 제시를 통해 합리적인 개발계획 수립의 기초자료를 제공하고 하천계획 실무자가 업무에 활용하여 현장적용이 가능한 가이드라인을 개발
- 하천복원사업의 사회·경제성 평가 가이드라인을 작성하여 하천복원사업의 사회·경제성 평

가방법을 체계적으로 제시하고, 환경-경제통합평가모형을 구축하여 지역경제 파급효과를 분석함으로써, 하천복원사업에 대한 예산투입의 투명성과 투자의 효율성 제고에 기여할 것으로 판단됨

- 하천복원사업의 경제적 타당성을 바탕으로 도시하천의 친수공간을 확대함으로써 지역주민에게 아름답고 쾌적한 자연을 접할 수 있는 기회와 여가공간을 제공함
- 하천복원사업을 통하여 하천을 중심으로 한 거주공간의 활성화로 새로운 문화의 창출을 기대할 수 있고, 청계천과 같은 하천을 중심으로 한 과거의 중요한 문화재의 복원 등이 가능함
- 하천 내 댐의 건설, 하천정비, 골재채취 등 하천의 인공화는 지금까지 계속되고 있으며, 이에 따른 하천 및 하도의 물리, 화학, 생물에 미치는 영향은 심각하나 그동안 인위적 하천교란 요인과 그에 따른 영향, 즉 하상변동, 생태서식처 변화 등에 정량적 평가나 적응관리 기술이 매우 미흡한 실정에 있다. 따라서 산업화, 도시화, 농경지 정리 등으로 인한 하천교란 문제 파악과 평가, 자연에 순응해 나가는 적응관리 기술개발 및 적용으로 홍수에 안전하고 살아 숨 쉬는 하천 조성을 위하여, 하천교란 영향평가 및 적응관리 가이드라인을 개발해야 한다.
- 향후 복원 사업의 적응관리를 위한 수리학적 모니터링 기술력을 높일 수 있음.
- 복원하천의 수리학적 모니터링 매뉴얼을 개발하여 하천 비전문가들도 쉽게 모니터링을 실시할 수 있도록 함.

(2) 기술적 성과

- 하천복원을 위해 요구되는 친환경적 호안 소재, 어메니티 증진 및 고령친화형 하천 공간을 만들어내기 위한 또 다른 신소재, 그리고 지역 및 지소 특성에 어울리는 생물 소재 등은 지금까지 대량으로 요구되지 않던 신소재로서 이들은 새로운 경제와 산업의 발전에 기여
- 본 연구는 정책연구로서 기술적 측면과는 직접적으로 관련이 없으나, 복원사업에 필요한 사회·경제적 타당성을 제시하고, 복원사업이 지속적으로 시행될 수 있는 기반을 조성함으로써, 관련 복원기술이 자생적으로 발달할 수 있을 것으로 판단됨
- CCHE2D와 EcoFlow를 이용한 수치모의 비교
- 물리서식처 모델링
- 안정하도 모의를 위한 수치모형 개발
- 만곡도 및 유량에 따른 하천수 및 streambed 특성변화 관찰을 위한 물성 분석 및 통계처리
- 실무에 적용 가능한 효율적 3차원 수치모형 개발 및 적용
- 본 연구를 통해 측정된 복원하천의 수리학적 모니터링 결과는 합리적이고 효과적인 하천 복원기법 선정 및 모니터링 매뉴얼 개발을 통해 향후 실시할 설계 및 모니터링에 도움을 주고자 함.

(3) 학술적 성과

- 생태적 하천복원을 실현하기 위한 진단 평가 기준을 정립하였으며, 수집된 하천식생정보를 Web-GIS DB구축하여 하천의 식생정보를 공유할 수 있게 하였음.
- 하천복원사업 등 공공사업으로부터 발생하는 편익의 화폐적 가치를 객관적으로 측정함에 있어서, 평가체계, 평가방법, 구체적인 평가내용, 편익의 파급범위 등에 관하여 다양한 측면에서 논의·검토함으로써 학술적으로 기여함.
- 하천복원사업의 지역경제 파급효과 분석을 위한 계량모형을 구축함으로써 하천복원 서비스의 지역경제 파급효과를 종합적으로 분석할 수 있는 기반을 마련함.
- 복원 공법에 대한 복원 사업 후 모니터링을 통해 홍수시 발생할 수 있는 공법별 문제점을 확인할 수 있음.
- 복원 하천의 흐름특성 분석을 위한 수치모형의 검보정 자료로 활용 가능함.

(4) 경제적 성과

- 선진국을 중심으로 기존의 GNP 개념을 탈피한 주민의 복리를 고려한 녹색(green) GNP 개념을 도입하여 각국의 경제적 수준을 측정하는 추세에서 하천복원과 같은 주민의 삶의 질을 제고하는 본 사업은 매우 긍정적인 경제적 효과를 창출할 것임.
- 복원사업의 활성화를 통하여 하천 주변 토지이용의 경제적 가치 제고, 지역주민에 대한 쾌적한 휴식공간의 제공, 레크리에이션 기회의 제공, 다양한 생물서식공간의 제공을 통하여 국민의 삶을 질을 제고함.
- 동시에, 복원하천 주변의 토지이용의 다양화, 경제적 가치의 증진에 따른 주거기능을 포함한 다양한 경제활동의 유입으로 지역경제의 활성화에 크게 기여할 것으로 기대됨.
- 하천 복원에 따른 변화를 검토하여 홍수시 하천 시설의 피해를 사전에 방어할 수 있는 효과를 볼 수 있음.

(5) 기타 성과

- 참여기업들은 본 과제 참여를 통하여 자연과 함께하는 하천복원기술을 습득하고, 이를 하천계획 실무에 적용함으로써 기업의 이익에 기여하게 됨.
- 참여기업들은 각각의 업체 특성과 업체의 관심영역에 맞추어 참여하고 향후 특화된 하천 관련 기술을 소지함으로써 업계 발전이 기대됨.

IV. 활용계획 및 기대효과

1. 활용계획

- 생태적 하천복원을 실현하기 위한 진단 평가, 식생복원모델 정립 및 수리적 안정성 검토 가이드라인 제공
- 수집된 하천 생태정보의 Web-GIS기반 DB구축으로 정보 제공.
- 하천의 물리적, 환경적, 인문적 특성과 어메니티간 상관성 분석을 통해 계획하고자하는 하천의 어메니티 특성 분류를 위한 기준을 마련하고, 하천의 어메니티 유형별로 합리적인

복원모델을 제시하며, 하천어메니티 유형별 복원모델을 실제 하천에 적용할 수 있는 가이드라인을 제공.

- 하천 복원에 따른 홍수시 하천 시설의 피해를 예측할 수 있고 방어 대책 마련에 도움을 줌.
- 하천복원사업의 사회·경제성 평가를 위한 체계와 현실 적용성을 고려한 사회·경제성 평가 가이드라인을 작성하여 정부(중앙 및 지방정부)의 하천복원사업 시행에 필요한 지침으로 활용.
- 최종적으로 개발된 가이드라인을 열람할 수 있도록 하여 연구결과를 실용화함
- 본 연구에서 개발된 환경-경제통합 평가모형의 이론적 기반을 통해, 개발된 통합평가모형을 다양한 하천시험구간에 적용하여 하천복원과 지역경제의 상관관계를 보다 정확히 규명함.
- 국가재정의 효율적 투자차원에서 하천복원사업에 의한 국민 경제적 편익이 적절하게 평가될 수 있는 제도적 방안을 마련하는데 기본 틀로 제공
- 댐과 골재채취로 인한 교란하천의 적응과정에 대하여 실험 및 수치 해석적으로 역학적 거동을 분석, 하천의 물리적 변화과정을 예측할 수 있는 기술을 확보함으로써, 하천을 설계하는 기술자 및 생태 전문가, 하천관리자가 이용하기 쉽도록 교란하천의 적응관리 가이드라인을 제공.
- 교란평가기술 지침서에 따라 설계자는 물론 일반 하천 관리자, 하천애호가 등 관련자가 참조하여 보다 체계적으로 설계 및 유지 관리를 할 수 있는 제도적 가이드라인의 제공.
- 하천복원사업을 단계적, 지속적, 효율적으로 시행하기 위한 지침 및 가이드라인개발과 이를 뒷받침하기 위한 기술 제공, 하천환경관련 법제도 개선 및 관련법의 제정에 도움, 최종 성과물로 제시되는 “국가 통합 하천복원 매뉴얼”을 국가/지자체 등 하천관련 사업 등 하천유역의 유기적 시스템에 맞는 하천복원사업 시행에 활용.
- 하천 평가 및 적응관리 기술개발의 기준 및 지침개발은 치수 상 안전하며 생태환경적으로 적합한 생태하천 조성 기술을 확보토록 하고, 최종적으로 “하천관리 가이드라인”을 개발함으로써 하천환경 정책 조정은 물론, 실무설계에 지속적으로 활용.
- 댐 건설, 골재채취 및 하천정비사업 등으로부터 수생태계의 적응관리에 우선하는 선진화된 사전 예방적 교란관리 기술개발이 필요하며, 특히 친환경적 회복유지관리 기법 제시와 이에 따른 구체적인 교란영향평가 사례를 제시함으로써 기존 교란하천구간 뿐만 아니라 향후 점진적으로 더욱 발달할 수 있는 하천의 교란 수준을 최소화하는데 적용하여 인간과 자연이 함께하는 친수성, 생태계의 건전성 및 환경보전 제고에 기여.
- 하천 평가 및 적응관리 기술개발의 기준 및 지침개발을 통하여 치수적으로 안전하며 생태/환경적으로 적합한 생태하천 조성 기술을 확보하도록 하며, 최종적으로는 “하천관리 통합매뉴얼”을 개발함으로써 하천환경 정책조정은 물론, 실무설계에 지속적으로 활용될 기술임.

2. 기대효과

1) 기술적 측면

- 생태적 하천복원을 실현하기 위한 진단 평가, 식생복원모델 정립 및 수리적 안정성 검토 가이드라인 개발
- 하천의 어메티니 특성을 정량적으로 평가할 수 있는 지표제시
- 하천복원모델의 제시를 통해 합리적인 개발계획 수립의 기초자료 제공
- 실무에서 활용가능한 하천어메티니 유형별 복원계획 가이드라인 개발
- 하천의 교란 정도를 정량적으로 평가할 수 있는 지표제시
- 골재채취로 인한 교란 하천의 적응관리 가이드라인개발, 공학적으로 크게 기여
- 인위적 교란에 의한 하도지형의 시간적 변화과정 평가에 활용
- 하천 복원 및 관리에 기술력 제고
- 하천 관리자 및 기술자들이 사용하기 쉽고, 체계화 된 댐 및 골재채취로 인한 교란 하천의 적응관리 가이드라인 개발

2) 경제 산업적 측면

- 시설의 도입여부와 규모 산정시 수요와 공급을 고려함으로써 시설 난립으로 인한 경제적 손실 방지
- 하천복원사업이 지속적으로 이루어 질 수 있는 기반을 조성함으로써, 간접적으로는 하천복원사업의 비용절약적 기술개발, 그리고 하천생태와 홍수 방지 등의 복합적 효과를 극대화 할 수 있는 기술 개발을 촉진 할 것으로 기대
- 하천복원사업의 경제적 가치에 대한 평가체계를 구축하고, 다양한 효과를 실증함으로써 공공부문이 제공하는 재화 및 서비스를 적절하게 평가하고, 나아가 예산투입의 효율성과 당위성에 대한 근거를 제공할 것으로 기대
- 홍수로부터 안전하고 하천환경과 조화를 이루는 하천관리 및 조성에 기여
- 친수문화를 접할 수 있는 공간적 기회를 제공하고, 하천문화 증진 및 경제 활성화 에 기여
- 지역주민들의 삶의 질 향상, 경제적인 효과를 창출
- 하천환경보전에 대한 사회인식의 기반 조성 및 확보
- 주변 관광사업과 연계하여 지역경제 활성화에 크게 기여

3) 사회 문화적 측면

- 하천의 복원과 친수이용에 대한 가치 대립시 의견조정을 위한 근거자료를 제공하여 하천환경보전에 대한 사회적 인식 전환에 기여

3. 선진 기술수준과의 기술격차 해소

- 선진국의 경우에도 하천복원사업의 체계적인 사회 경제성 평가기법이나 지침, 가이드라인은 아직 제시되지 않고 있으며, 다만 일본의 경우 하천복원·정비 관련 공공사업의 경제적 가치 추정을 위한 기법을 사업종류별로 제시, 사업유형별 구체적인 가이드라인을 작성·운용 중임
- 본 연구를 통하여 하천복원사업의 사회·경제성 평가지표 및 기법을 개발하고, 가이드라인

을 작성하여 하천복원사업의 사회·경제성 평가방법을 체계적으로 제시함으로써 선진 기술수준과의 기술격차를 해소함

- 또한 하천복원과 지역경제성장과의 관계를 모형의 정립을 통하여 정량적으로 제시함으로써 이 분야의 선도적 연구가 될 수 있을 것으로 판단됨
- 연구사업 개시전 기술수준은 선진국 대비 60%, 15년 정도의 격차를 보였으나, 본 연구사업의 성과에 의해 단계적으로 격차를 좁혀 개발기술이 선진국 대비 80%, 9년 정도의 단계로 향상되었고, 관련 인력과 인프라는 어느 정도 수준에 도달한 것으로 판단되며, 특히 기술의 현장 적용성이 높아져 효율성 제고됨.

[부록]

자연과 함께하는 하천복원 기술개발 연구단 최종성과물 일람

구분	과제명	최종성과명	성과물의 정의	기존 기술과의 차별성 ¹⁾	최종 성과물의 형태 ²⁾	성과물 발생 시기	최종 수요처 ³⁾	활용실적(실적발생시) 및 활용방안(미발생시) ⁴⁾	기대효과 ⁵⁾	기술실시계약 ⁶⁾	비고 ⁷⁾
연구단	자연과 함께하는 하천복원 기술개발	하천복원 통합매뉴얼	하천복원시 활용할 수 있는 지침서		지침 (가이드라인)	2011년 10월	관련정부기관 및 설계사, 시공사	하천복원 설계, 시공, 유리관리시 지침으로 활용	체계적이고 합리적인 하천복원 사업, 비용절감	해당없음	
		연구단 홈페이지	연구단 홍보 및 성과 보급 및 전파		서비스	2011년 10월		연구단 홍보 및 기술보고서, DB, S/W등을 제공		해당없음	
구분	과제명	최종성과명	성과물의 정의	기존 기술과의 차별성 ¹⁾	최종 성과물의 형태 ²⁾	성과물 발생 시기	최종 수요처 ³⁾	활용실적(실적발생시) 및 활용방안(미발생시) ⁴⁾	기대효과 ⁵⁾	기술실시계약 ⁶⁾	비고 ⁷⁾
1-1 (공동)	준설 오염 퇴적 토 재활용을 위한	오염된 준설 퇴적토 안정화 방법	준설된 오염 퇴적토 내의 중금속 농도 측정 및 흡착제를 혼합하여 안정화하는 기술	공정 개선에 의한 정화 효율 증대	특허	09년 7월	준설토 처리 관련 회사	준설토 정화 사업 시 적용 가능	고효율 저비용으로 준설토 정화 가능	해당없음	
		오염 준설토 처리장	중금속으로 오염된 하천의 미세	공정 개선에 의한 정화 효율 증대	특허	10년 2월	준설토 처리	준설토 정화 사업 및 준설토 재활용 시 적용 가능	준설토 재활용량 극대화 가능	해당없음	

재활용기술개발	치 및 그 처리방법	준설토를 선별하여 재활용을 극대화하고, 중금속 정화 처리 대상은 최소화하는 처리 장치 및 방법	울 증대				및 재용 관련 회사	능			
	독성 저감 원소 분석을 이용한 토양의 오염도 측정 방법	중금속 오염물질의 생물학적 이용성을 예측하기 위한 현장특이적 환경인자에 따른 독성예측모델	생물체에 실질적으로 영향을 미치는 현장 특이적 토양 오염도 측정 기술 개발	특허	10년 7월		중금속 오염도 조사 관련 기관	중금속 오염도 조사 시 적용 가능	토양 오염도 측정의 비용절감을 도모할 수 있음	해당없음	
	준설토 재활용 확대를 위한 오염 퇴적토 처리 방법 및 처리 시스템	오염 준설토의 효율적인 처리를 위한 오염 준설토 처리 방법 및 처리 시스템	공정 개선에 의한 정화 효율 증대 및 재활용 가능량 증대	특허	10년 9월		준설토 처리 및 재활용 관련 회사	준설토 정화 사업 및 준설토 재활용 시 적용 가능	준설토 재활용량 극대화, 매립량 최소화, 준설토 처리 과정에서 발생하는 탁수를 억제하여 공정수 재활용 가능	해당없음	
	공기 접촉을 통한 나노 영가철의 표면개질 방법 및 그 방법에 의해	전처리 후 혐기성 조건에서 외부로부터 공급되는 공기를 접촉시켜 나노 영가철의 표면에 산화철막을 형성시키는 것을 특징으로 하는 공기	성능 개선 수준 : 표면 개질된 나노 영가철을 이용한 오염물질 처리	특허	09년 6월		토양 / 지하수 처리분야	미량유기독성물질의 수처리 / 토양/지하수 처리 / 2012년 이후	- 미량유기독성물질 혹은 질산성 질소로 오염된 지하수 처리비용 절감 - 오염물질 처리 후 발생하는 폐기물 저감	해당없음	- 1 만 원 /ton 의 비용 절감 예상 -기존의 처리 공정 대비 30 % 내

		표면개질된 나노영가철	접촉을 통한 나노영가철의 표면개질방법						- 기존 기술 대비 우수한 처리 효율		외의 비용 절감 효과 기대
1-2 (공동)	하상 변동 예측 및 안정 하도 설계 기술	평균 하상에 의한 하상 변동량 산정 소프트웨어	2개년의 하천 횡단면 자료를 입력하여 평균 하상에 의한 하상 변동량을 산정	기존의 하상 변동량 산정 방법인 최심선 자료 대신 평균 하상 개년도를 사용하여 하상 변화 양상을 적절히 산정	소프트웨어	09년 4월	하천 관련 설계 회사	-(방안) 4대강 사업 완료 후 추가적인 대책(특히 지천 대책) 수립/4대강 후 지천대책수립 /2011-2012년	체계적이고 합리적인 지천 대책을 수립할 수 있음	해당없음	
		하상 변동 계산 가이드라인	HEC-RAS에 의한 하상 변동 계산을 체계적이고 합리적으로 수행할 수 있는 지침서	실무자들이 하상 변동 계산을 체계적이고 합리적으로 수행하는데 도움을 주고자 함	지침	11년	하천 관련 설계 회사	-(방안) 4대강 사업 완료 후 추가적인 대책(특히 지천 대책) 수립/4대강 후 지천대책수립 /2011-2012년	체계적이고 합리적인 지천 대책을 수립할 수 있음	해당없음	
		하상 유지공 설계 가이드라인	국내외의 하상유지공 설계에 대한 가이드라인들의 집약	국내에서 하상유지공의 구조 설계나 업무 지침이 없어, 국외의 설계 지침을 조사하여 비교 제시	지침	11년	하천 관련 설계 회사	-(방안) 4대강 사업 완료 후 추가적인 대책(특히 지천 대책) 수립/4대강 후 지천대책수립 /2011-2012년	체계적이고 합리적인 지천 대책을 수립할 수 있음	해당없음	
1-2 (위)	토사 유입 및	저서성 대형 무척추 동물을 이	하천생태계의 물리적 교란에 대한 조사 및 평가를	기존은 화학적 오염에 대한 평가기법이라	기술보고서	11년 10월	- 하천 복원 및 관	-(방안)4대강사업 이후 지류지천에 대한 복원방안 수립시 적용가능/공공	-하천복원을 위한 사전 조사 및 평가를 통하여 복	해당없음	

탁)	준설이 하천 생태계에 미치는 영향	용한 하천 생태계 평가법 및 적용	수행할 수 있는 개발	면 여기서는 물리적 교란 등까지도 평가할 수 있는 기법 개발 및 적용방법 기술			리 위한 수생태계 건강성의 평가가 요구되는 공공, 기업체 등	기관 및 유관기업 / 2012년 예상(하천복원사업이 본격화되기 전에 조사 및 평가 필요)	원의 방향 및 목표 설정 -보다 자연하천과 가까운 복원을 위한 목표 제공		
1-3 (공동)	비시가화 지역에서 배출되는 오염원의 하천 유입 저감 기술	소규모 비시가화 지역 강우유출 모의시스템 적용 매뉴얼	분포형 모델을 활용하여 소규모 비시가화 지역을 대상으로 강우유출에 의하여 발생하는 비점오염원의 발생에 따른 영향 및 하천오염을 최소화하기 위한 매뉴얼	하천 유입부 등에 최적의 비점오염 저감시설의 설치에 관한 방안(매뉴얼)으로 사전 모의시스템의 구축이 요구되고 최근까지 매뉴얼로 제공되는 사례가 드물어 본성과물은 앞으로 강우발생 오염물질의 하천유입	기술보고서 (매뉴얼)	11년 8월	- 비점오염 저감시설 제작 및 유지관리 체계 - 하천정화관 및 공무원 - 자연하천유지관리	최근 4대강 유역을 중심으로 강우유출수에 의한 비점오염 저감시설 도입시, 관련시설의 사전검증 시스템으로 활용 가능	- 비시가화지역에서 강우유출로 인하여 발생하는 하천유입 오염부하 관리에 대한 체계적 기반 마련 - 국내 강우특성에 맞는 비시가화지역의 하천유입 오염저감시설 설계 및 효율적 운영방안 제시 - 하천수질에 영향을 주는 요인을 사전제어 및 예측하여 하천관리에	해당없음	

				을 최소화시킬 수 있는 대안 제공			정 책 입 안자		소요되는 비용 절감 - 하천으로 유입되는 오염물질의 저감에 기여할 수 있는 강우유출 모의시스템 매뉴얼을 통하여 수질개선을 위한 정책수립 지원 가능 - 자연 친화형 비점오염 저감시설 도입으로 친수환경 개선 가능		
		기술특허	-부유형 식물모판을 이용한 수질오염 저감장치 -기상정보 및 모의 산출 기반의 저류형 비점오염 저감 시스템 및 저류형 비점오염 저감 방법 -위여와 수위 측정장치를 이용한 관수로 및 개수로의 실시간 유량측정장치 및 방법	하천주변의 유류경작지를 대상으로 기술적용이 가능하고 기술사업화를 위한 초기투자비가 낮아 적용에 유리함 실시간 기상정보와 연동되어 비점오염 저감 시설의 운영을 통한 하천관리 가능	특허	09년 ~11년	- 수변지 역관 리 공무원 - 국내 주요하천정화 기술 보유업체	최근 4대강 유역을 중심으로 조성된 자전거 도로에 본 기술의 적용 및 활용 가능 하천 주변의 유류경작지에 기술 적용이 가능	해당없음	해당없음	
구 분	과제 명	최종성과 명	성과물의 정의	기존 기술과의	최종 성과	성과 물	최종 수요	활용실적(실적발생시) 및 활용방안(미발생시) ⁴⁾	기대효과 ⁵⁾	기술실 시계약 ⁶⁾	비고 ⁷⁾

				차별성 ¹⁾	물의 형태 ²⁾	발생 시기	처 ³⁾				
2- 1	홍수 터 수목 관리 기술 개발	KICT 조도계 수 산정 프로 그 램	하천 조도계수 산정방법의 표준화 시스템 제공	조도계수 산정방법의 표준화	S/W	08년 6 월	- 엔 지 니 어 링	- (방안) 하천기본계획수립 활용/ 엔지니어링 / 하천기본계획수립시	- 홍수위산정의 정량화 - 정량적 제방고 산정	- 미체결	- 정량 적 치수 대책 수립 으로 비용 절감
		SNSVEG_ ver0.8	하천내 수목영향 평가를 위한 1차원 수치모형	항력계산을 통한 수목저항의 정량화	S/W	09년 6 월	- 엔 지 니 어 링	- (실적) 영산강 생태하천 조성사업 적용(10년8월, 영산강 1~8공구, 동부엔지니어링 등)	- 수목식재 후 정량적 치수안정성 평가	- 미체결	- 정량 적 치수 대책 수립 으로 비용 절감
		하천 수목전도 평가	수목 식재후 전도 안정성 평가	수목전도 평가방법의 표준화	S/W	11년 4 월	- 엔 지 니 어 링	- (방안) 생태하천조성사업 활용 / 엔지니어링 / 계획수립시	- 수목전도로 인한 2차홍수 피해 절감	- 미체결	- 수목 유지 관리 비용 절감
		하천 조도계수 산정 가이드라	하천 조도계수 산정절차 정립	조도계수 산정방법의 표준화	가이드 라인	11년 8 월	- 엔 지 니 어 링	- (방안) 하천기본계획수립 활용/ 엔지니어링 / 하천기본계획수립시	- 하천 홍수위산정의 정량화	- 미체결	- 정량 적 치수 대책

	인									수립 으로 비용 절감
	하천 수목영향 평가 및 유지관리 가이드라 인	수치모형을 이용한 수목영향 평가방법 및 식재 수목 유지관리 방안 정립	수목저항의 정량적 산정방안 제시	가이드 라인	11년 8 월	- 엔지 니어 링	- (방안) 생태하천조성사업 활용 / 엔지니어링 / 계획수립시	- 수목식재 후 정량적 치수안정성 평가	- 미체결	- 정량 적 치수 대책 수립 으로 비용 절감
	국내 실측 조도계수 자료집	국내 최초의 실측 하천 조도계수 자료집	국내 최초의 조도계수 자료집	자료집	11년 8 월	- 엔지 니어 링	- (방안) 하천기본계획수립 활용/ 엔지니어링 / 하천기본계획수립시	- 하천 홍수위산정의 정량화	- 미체결	- 정량 적 치수 대책 수립 으로 비용 절감
	국내 조도계수 실측 및 하상재료 조사 DB	국내 최초의 실측 하천 조도계수 자료 및 하상재료 조사 자료	국내 최초 하천 실측 조도계수 자료 제공	DB	10년 4 월	- 엔지 니어 링, 학계	- (방안) 하천기본계획수립 활용/ 엔지니어링 / 하천기본계획수립시	- 하천 홍수위산정의 정량화	- 미체결	- 정량 적 치수 대책 수립 으로 비용 절감

	국의 수목저항 현장 및 실내실험 DB	수목저항 산정을 위한 국의 현장 및 실내실험 자료	수목저항 관련 실험 및 실측자료 제공	DB	10년 4 월	- 학계	- (방안) 수목저항 연구에 활용/ 학계 / 정량적 수목저항 산정방법 개발연구시	- 수목식재 후 정량적 치수안정성 평가	- 미체결	- 정량 적 치수 대책 수립 으로 비용 절감
	하천 횡단면에 서 횡방향 흐름저항 요인의 변화를 고려한 하천 유량 측정 방법	하천 내 복합적인 저항요인이 산재한 경우 최적의 흐름저항 조도계수 산정 방법 제안	기존 합성조도계수 산정방법과 구분되는 신기술	특허	11년 4 월	- 엔지 니어 링, 학계	- (방안) 생태하천조성사업 활용 / 엔지니어링 / 계획수립시	- 하천 홍수위산정의 정량화	- 미체결	- 정량 적 치수 대책 수립 으로 비용 절감
	홍수터(고 수부지)의 수목 식재 웹 사이트 www.riparia nbuffer.co. kr	실무자를 위한 홍수터의 권장 수목과 식재 및 관리 방법을 소개	현재까지 국 내에서는 홍 수터 수목 식 재에 대한 연 구가 거의 없 음	DB (웹 사 이트)	2011.0 4	- 하천 복원 설계 / 시 공 실무 자	- 연구의 홍보 - 하천관리자 및 설계자 의 실무에 활용	- 하천의 생태성과 경관성 향상 - 자연형 하천조성(복원) 목적 달성 증대	해당 없 음	
	국내 자연 하천의 식 생 자료집	국내의 자연하천 조사구의 위치와 환경, 출현한 대표 식물군락 및 동반	"	기술보 고서	2009.09	"	- 하천관리자 및 설계자 의 실무에 참고 자료 로 활용	"	해당 없 음	

			중 제시								
		국내 하천 유형과 잠재 자연 하천의 식생	국내 자연하천의 유형 분류와 자연하천 조사구에서 출현한 대표 식물종을 자연환경별로 분류하여 제시	“	기술보고서	2011.10	“	“	“	해당 없음	
2-2	폐천/구하도 보전 및 복원 기술 개발	국내 폐천 및 구하도 현황 자료집	5대강 권역을 중심으로 폐천부지, 폐천/구하도 현황, 생태현황 결과 등을 수록한 자료집	국내 주요 24개 하천을 대상으로 직강화 이전과 이후의 하도 형태를 비교 분석한 결과와 폐천/구하도의 생태현황을 수록한 최초 자료집	기술보고서	11년 10월	수자원 정책부서 하천복원 계획 실무자	(실적)4대강사업에 영산강 축산보, 승촌보 구간 구하도 복원사업 반영 -(활용방안)국내 주요 하천의 잠재적 폐천/구하도 복원대상지 정보 제공	-새로운 지형학적 하천복원 타입 활용 -폐천/구하도 관련 하천복원계획 수립에 대한 활용성 증대	미체결	
		구하도 복원사업 표준과업 지침서	폐천/구하도 복원 시행을 위한 실무 지침서	일반적인 하천복원 실무 내용에 폐천/구하도 복원의 특이성과 차별성을 반영함	기술보고서	09년 9월	엔지니어링 하천복원 계획 실무자	(실적)함평2지구 하천환경정비 공사-함평천 구하도 복원사업 실시설계	-폐천/구하도 복원 사업 비용 효과 절감 -효율적인 실무 프로세스 효과 증대	미체결	
		폐천 및 구하도 복원설계 가이드라인	하천관리자 및 전문가 등이 폐천/구하도 복원설계를 수행하기 위한 기술적 지침서	지형학적 복원을 수행하기 위해 선행되어야 할 하도 평가와 국내에 실현가능한 복원 유형을 반영함	기술보고서	11년 10월	엔지니어링 수자원 정책부서 하천복원 계획 실무자	(실적)창미천 구하도복원 실시설계 (실적)만경강 구하도 및 고수부지 복원 기본계획 수립 (실적)수자원 장기종합계획-하천환경 분야의 구하도 복원 계획 반영	-생태적/공간적/경관적 복원효과 향상	미체결	

							무자	(실적)국가하천마스터플랜-만경강 구하도 복원 계획 반영			
		폐천/구하도 복원 모니터링 및 유지관리 지침	폐천 및 구하도 복원에 따른 관리 지침	일반적인 하천복원에 따른 관리 지침 내용에 폐천/구하도 복원의 특이성과 차별성을 반영함	보고서	11년 10월	엔지니어링	-(활용방안)폐천/구하도 복원에 관한 각종 계획의 수립, 사업의 실시, 하천환경 평가와 모니터링 및 기타 하천관리에 관한 기본적 정보 및 지침서로 활용 -(활용방안)사업의 설계 및 시공 후 원래의 목표에 대한 달성여부를 검토하고 사후 정확한 변화 상태를 모니터링 하여 공법적용에 따른 문제점 파악과 대응방안을 구축하는데 활용	-폐천/구하도 복원에 따른 관리 방안 효과 향상	미체결	
2-3	강변저류지 조성 기술 개발	WPS 프로그램	강변저류지 최적 위치 선정 및 홍수저감효과 분석 프로그램	유전자 알고리즘과 홍수저감효과 계산 및 HEC-HMS와의 연계	SW	11년 8월	- 수자원 정책 평가 - 수자원 설계 - 방재 계획부서	-(활용방안) / 수자원계획	저류지 계획 단계에서 홍수저감을 도모하고자 하는 목표하고 후보 저류지의 위치등을 평가.	미체결	
		강변저류지 조성 가이드라인	강변저류지의 형식 및 기능을 정의하고 홍수조절	최종적으로 홍수저감시 고	기술보고서	11년 10월	- 수자원 정책 평가	-(활용방안) / 수자원계획	가이드라인의 국내외사례, 저류지 시설물 설계지침,	미체결	

	인	효과 분석, 시설물 설계지침, 시설물 운영방안, 다목적 이용지침을 기술.	생태적으로 건전한 강변저류지의 조성에 필요한 기술에 관한 가이드라인 제시			가 - 수자원 설계 - 방재 계획부서		시설물 운영방안, 생태수준평가방법, 수질관리 방안 등을 통해 강변저류지의 계획, 설계, 시공 및 유지관리에 관한 활용		
(방재)	강변저류지 홍수저감능력평가 모형 Ver1.0	GUI 기반의 하도(1차원)-저류지(2차원) 연계 강변저류지 홍수저감능력평가모형	강변저류지 홍수저감능력평가를 정량적으로 세밀하게 평가할 수 있는 신기술 개발	S/W	11년 7월	강변저류지 설계업체	-(실적) 청미천 시험저류지 적용 -(방안) 강변저류지 능력평가 / 설계업체 / 연구 종료 후	기술 개발로 보다 쉽고 빠르게 강변저류지 홍수저감능력평가 기대	-	
생태조사 및 평가 기준 개발	하천복원시 통합 매뉴얼 3장	하천복원시 체계적인 하천생태계 조사 및 평가방법을 서술한 매뉴얼	하천복원시 목표 설정이나 적합도를 평가할 수 있는 방법 제시	지침	11년 11월 (예정)	환경영향평가회사 건설회사 환경업체 등	-(방안) 하천복원 전 하천생태계의 건강도 평가 및 복원 후 적합성 평가시 이용될 수 있음	- 하천 복원에 있어서 구체적인 목표 설정 및 효과 검증을 위한 생태학적 근거를 제공 - 환경평가 및 향후 하천사업의 우선순위와 보전지구 설정 등에 활용될 수 있다.	미체결	
	하천조사 현장 적용 매뉴얼	하천생태계의 건강도 평가를 위해 물리, 생물학적 조	우리나라 하천에 적합한 조사 및 평가 방법	지침	11년 12월 (예정)	환경영향평가회사	-(방안) 우리나라 하천생태계의 환경질 평가시 이용될 수 있음	-국내 하천에 적합한 조사 방법과 평가 방법을	미체결	

		사 및 평가방법을 서술한 매뉴얼	법 제시			건설회사 환경업체 등		서술함으로써 하천생태계의 건강도를 평가할 수 있음 - 분야별 하천생태계 조사 방법 및 평가 방법에 사진, 그림 및 표 등을 이용하여 자세히 서술하였으므로, 일반인 혹은 실무자들의 활용이 가능함		
생태하천에서의 유역네트워크 구축을 통한 홍수저감효과 극대화	유역네트워크 최적화 프로그램	저류지 위치 및 홍수저감효과 분석 최적화 프로그램	최적화 알고리즘과 홍수위계산 프로그램과의 Link	S/W	11년 8월	- 수자원 정책평가 - 수자원 설계 - 방재 계획부서	-(활용방안) / 수자원계획, 방재 계획/ 2012년 /	생태하천 복원 사업 또는 대규모 하도 개선사업시 홍수량 분담능력의 변화를 각 대안별로 평가	미체결	- 9백만원 / 개별사업당 비용 절감 (2011 엔지니어링 기술자 노임 절감 비용만 고려시)
	유역홍수	유역홍수분담방	최적화 기법	기술보	11년 10월	- 수자	-(활용방안) / 수자원계	다목적 최적화의	미체결	-

	방안 의 개발	저감 효과 극대화 방 안 기술보 고서	안 및 유역홍수저 감효과 극대화 기 술	의 적용을 통 한 유역홍수 저감효과 극 대화기술	고서	월	원 정 책 평 가 - 수자 원 설 계 - 방재 계획부 서	수행, 방재 계획/ 2012년	수행을 통하여 대 규모 유역에 설치 되는 강변저류지 의 용량을 최소화 하면서 하도내 침 두 홍수위를 최소 화		
2- 4	하천 식생 천이 예측 모델 개발	수 변 식 생 천 이 분 석 시스템	하천의 식생 천이 과정을 분석하는 시스템	국내 하천의 식생 천이 과 정을 정량화 할 수 있는 신 기술	특허	11년 8 월	수자원 정책부 서 방재계 획부서	(방안)4대강사업후 식생 이입 현상 검증/수자원계 획부서/2012년	-하천 식생관리 비용 절감 -효율적인 생태계 관리 결과 정량화	미체결	
		복 합 구 조 의 어도블 럭	하천 저면에 설치 하여 저류 및 어 도로서의 기능을 하는 블록	국내 어도 블 록 관련 기술 의 개선	특허	10년 7 월	건설회 사 환경업 체	(방안)하천복원사업/건설 회사/2012년	-어족자원 보호 기술향상	미체결	
		댐 하류 하 천 에 서 식 생 천 이 예 측 기 법 (S/W)	하천의 식생 천이 과정을 예측하는 기법	국내 하천의 식생 천이 과 정을 정량화 할 수 있는 신 기술	지침	11년 11 월 (예 정)	수자원 정책부 서 방재계 획부서	(방안)4대강사업후 식생 이입 현상 검증/수자원계 획부서/2012년 이후	-하천 식생관리 비용 절감 -효율적인 생태계 관리 결과 정량화	미체결	
		모 래 하 천 의 식 생 이 입 과 물 리 환경 조사	모래하천에서 식 생 이입현상 정량 화 기법	국내 모래하천 의 식생이입 조사 및 평가 방법제시	지침	11년 11 월 (예 정)	학계 환경영 향평가 사	(방안)내성천 댐 건설후 식생이입 현상 검증/수자 원 계획부서/2012년(댐 완 공전후)	-국내 모래하천에 적합한 조사방법 과 평가방법 제시 로 비용절감	미체결	
		KU-RLMS - F l o w Model	평면 이차원 천수 방정식을 직교곡 선격자제로 좌표	하천 지형 변 화를 장단기 로 예측하며	S/W	09년 5 월	수자원 관리분 야	(방안) 하천기본계획수립 활용/ 엔지니어링 / 하천기본계	-잠김(wetting)/드 러남(drying)을 안 정적으로 처리	미체결	

			변환한 지배방정 식으로 사용하는 비정상 흐름 모형	모래, 실트, 점토의 이동 현상 모의 가 능				획수립시	-름과 유사이동을 반조합형태로 계 산가능		
		KU-RLMS -sed	토사이동 및 지형 변화 모델링 기법	이차원 유사 이동과 하상 변동을 계산	S/W	11년 6 월	수자원 관리분 야	(방안) 하천기본계획수립 활용/ 엔지니어링 / 하천기본계 획수립시	-하천 지형 변화 를 장단기로 예측 -모래, 실트, 점토 의 이동 현상 모 의 가능	미체결	
		DU-FW1D	하천흐름 해석 및 홍수해석 기법	단일 선형하 천과 네트워 크형 하천에 대하여 수위 및 유량의 시간에 따른 변화를 계산	S/W	11년 5 월	수자원 관리분 야	(방안) 하천기본계획수립 활용/ 엔지니어링 / 하천기본계 획수립시	-하천 수위 및 유 량 계산 및 홍수추 적	미체결	
구 분	과제 명	최종성과 명	성과물의 정의	기존 기술과의 차별성 ¹⁾	최종 성과 물의 형태 ²⁾	성과 물 발생 시기	최종 수요 처 ³⁾	활용실적(실적발생시) 및 활용방안(미발생시) ⁴⁾	기대효과 ⁵⁾	기술실 시계약 ⁶⁾	비고 ⁷⁾
3- 1 (주 관)	하천 생태 유량 확보 기술 개발	간편 생태 유량 산정 프로그램	- 하천서식처 분 석 및 하천생태 유량을 산정하 기 위한 간략한 모의 프로그램	간편한 물리서 식처 모의 프 로그램 제공	S/W	2008년 5월	- 국 토 해양 부 - 용 역 사	2009년 한강권역 국토해 양부에서 고시하는 하 천유지유량산정에 활용	기존 물리서식처 모의 프로그램 에 대한 비교검 증/자료제공	-	-
		K-PHABSI M ver0.8	- HEC2 자료를 import하여 물리 서식처 및 생태 유량 산정 자료	간편한 물리서 식처 모의 프 로그램 제공	S/W	2009년 5월	- 국 토 해양 부 - 용 역	하천생태조성사업 설계 시 생태유량 산정	기존 물리서식처 모의 프로그램 에 대한 비교검 증/자료제공	-	-

			로 활용 - 입력자료를 바탕으로 수위 및 유속의 준2차원 모의				사				
		K-PHABSIM ver0.9	- HEC-ras 자료를 바탕으로 물리서식처 해석 - 하천사업에 적용한 서식처의 적정 규모 및 위치 판단 - 생태유량 산정 - 준2차원 수리해석 모의	간편한 물리서식처 모의 프로그램 제공	S/W	2010년 3월	- 국토해양부 - 용역사	하천생태조성사업 설계시 생태유량 산정	기존 물리서식처 모의 프로그램에 대한 비교검증/자료제공	-	-
		ANFIS_eco	- 현장 생물자료를 바탕으로 프로그램을 학습시켜 결과 도출 자연적인 물리서식처 공간을 예측	ANFIS의 기법을 HSI산정에 적용	S/W	2011년 4월	- 국토해양부	HSI산정을 위한 다양한 기법 제공	HSI산정절차의 객관성 제고	-	-
3-1 (공동)	어류생태 모니터링 및 조절 하천	어류생태 모니터링 가이드라인 DB	금강 및 한강수계 21개 조사지점에 대한 현장조사결과	하천 수리적 특성과의 정량적 연계분석 고려	DB (EXCEL)	11년 8월	-하천생태복원사업 -생태필요유량산정	-(방안)하천생태유량 산정 / 국토부 및 지자체 / 미정	- 우리나라 실정에 맞는 지수개발로 하천복원사업시 어류서식처 예측으로 비용절감 효과가 있을 것으로 기대	-미체결	

							정				
	의 유량 확보 기술	어류생태 모니터링 가이드라인	어류생태계에 필요한 적정 유량산정에 요구되는 모니터링 기법 정립	하천 수리적 특성과의 연계분석 고려	지침	11년 8월	-하천생태복원사업 -생태필요유량산정	-(방안)하천생태유량 산정 / 국토부 및 지자체 / 미정	- 대표어종의 최적 서식조건 고려하여 생태유량 산정	-미체결	
3-2 (공동)	호안 설계 기법 개발	호안DB	호안평가지표 개발을 위한 현장조사를 통해서 조사된 호안의 자료를 정리하여 만든 데이터		DB	2011년 08월					
	호안 설계 가이드라인	호안설계 절차	호안설계 절차		지침 (기술보고서)	2011년 08월		하천복원계획 수립시 반영	설계실무자들에게 호안설계시 도움		
	호안 안정성 평가 Ver.2	식생호안, 돌망태호안, 식생블록호안, 사석호안, 밀다짐공에 대한 안정성을 평가하는 프로그램	신기술		s/w	2011년 08월		생태호안의 수리적 안정성 도입에 의한 하천환경의 개선 및 설계기준의 정립에 의한 하천 적용에 따른 설계비용 절감	Menu-Driven 방식의 호안 안정성 평가 프로그램을 이용한 호안 안정성 평가		
	식생 근모량 채취기	시료 채취를 위한 기구로 앞부분에서 토양 위 3cm를 제외하고 근모를	신기술		특허출원	2011년 06월		식생호안에 서식하는 식생의 채취로 식생의 분포 및 근모량의 활착정도 분석을 통한 안정성	근모량 채취기를 통한 근모량 채취 및 산정으로 식생호안의 안정성 분		

			채취할 수 있는 기구					확보를 위한 보수 및 보 강	석		
3-3 (주관)	하도 서식 처 조성 기술 개발	토목 섬유 를 이용 한 계단 형 낙차 공/보 개 량공 및 시 공 방 법	기존의 낙차공이 나 보를 철거하지 않고 토목섬유를 이용해서 보를 개 량하는 기술	기존에는 낙 차공이나 보 를 제거한후 새로이 징검 다리 여울을 만드는 정도 이며 기존의 낙 차 공 이 나 보를 존치하 고 시공하는 기술	특허 출원	2007년 7월		-기술실시 계약 실시를 통한 개발기술 적용	하천생물들의 서 식기반환경 조성 및 생태기능 복원	체결 (2009년 6월, 일천만 원)	(주)삼안
		토 사 퇴 적 을 유도할 수 있는 자연형 하 중도 형성 구조물 및 그 시공방 법	하천 내 하중도 (섬) 조성에 관한 기술	최소한의 인 공적 요소를 가미하여 하 천 스스로가 하안을 형성 해 나 가 도 록 유도하는 공 법	특허 출원	2009년 9월		-(방안) 출원시점으로부터 5년 이내 기술실시	하천생물들의 서 식기반환경 조성 및 생태기능 복원	미체결	
		생 물 서 식 처 유형자 료집	국내 하천 생물서 식처 유형분류	자갈하천, 모 래하천, 실 트하천으로 구분된 하 도 내 생물 서 식 처 의 유형분류	지 침 (기 술 보 고 서)	2011년 8월		하천복원계획 수립시 반 영	기존 생물서식처의 보존 및 도심하천 구간 생물서식처 복원을 위한 자료	-	-
구	과제	최종성과	성과물의 정의	기존	최종	성과	최종	활용실적(실적발생시) 및	기대효과 ⁵⁾	기술실	비고 ⁷⁾

분	명	명		기술과의 차별성 ¹⁾	성과 물의 형태 ²⁾	물 발생 시기	수요 처 ³⁾	활용방안(미발생시) ⁴⁾		시계약 ⁶⁾	
4-1 (공동)	생태, 어메니티 및 수리 적 안정 성이 반영 된 하천 복원 모 델 개발	하천 식생복원 모델 정립 및 수리적 안정성 검토 가이드라 인	- 생태적 하천복원을 실현하기 위한 진단 평가, 식생 복원모델을 지시한 지침	- 하천 유형별 식생 복원모델의 제시와 수리적 안정성 검토를 통한 가이드라인	지침	11년10 월말 예정	-하천 관리 자(정 부 및 지자 체), 기술 자, 연구 자	- (방안) 하천복원 설계 시 기본 방향 설계 - 최종적으로 개발된 가 이드라인을 열람과 배 포를 통한 연구활용의 실용화 함.	- 생태적 복원의 기본적 토대가 될 수 있으며, 하천복원 설 계자가 과학적이 고 체계적으로 수행할 수 있는 기준이 되어 복 원의 성공여부 를 진단할 수 있는 도구를 마 련하여 복원의 수준을 높일 것	-	-
		하천어메 니티 유형별 하천복원 가이드라 인	- 하천의 어메니티 특성에 따라 유형을 구분하고 유형별 적합한 하천계획 방향설정을 위한 지침	- 하천어메니 티 특성을 고려한 유형구분 및 기본방향 설정기술	지침	11년10 월말 예정	- 하천 설계 실무 자	-(방안) 하천실시설계진행 시 기본방향 설정 / 하 천설계실무자 / 하천환 경계획 및 실시설계 수 행시	- 보전과 이용의 합리적 판단기 준 제공 - 이용 및 유지관 리를 고려한 계 획시행으로 경 제성, 관리용이 성 향상	-	-
		하천어메 니티 유형별 하천복원	- 하천의 어메니티 특성에 따라 유형을	- 하천어메니 티 특성을 고려한	S/W (웹서 비스형)	11년8 월	- 하천 설계 실무	-(방안) 하천실시설계진행 시 기본방향 설정 / 하 천설계실무자 / 하천환 경계획 및 실시설계 수			

		가이드라인	구분하고 유형별 적합한 하천계획 방향설정을 위한 지침	유형구분 및 기본방향 설정기술			자	행시			
4-2 (공동)	하천복원사업의 사회경제성평가 기법	하천복원사업의 사회경제성평가 가이드라인	하천복원사업의 경제적 가치의 평가체계를 구축하고, 다양한 효과를 실증함으로써 공공부문이 제공하는 재화 및 서비스를 적절하게 평가하고 예산투입의 효율성과 타당성에 대한 근거를 제공할 수 있도록 하는 지침 제공	하천복원사업으로 인하여 발생하는 환경 개선편익의 경제적 가치를 객관적으로 측정할 수 있는 기법을 체계화하고 정책적 활용을 위한 가이드라인을 제시함	지침	11년10월 말 예정	하천복원사업을 추진하는 중앙 및 지방정부의 정책실무자	- 향후 정부(중앙 및 지방정부)의 하천복원사업 시행에 필요한 지침으로 활용 - 최종적으로 개발된 가이드라인을 열람할 수 있도록 하여 연구결과를 실용화함	- 하천복원사업의 경제적 타당성 산정에서 객관성을 제고함으로써 공공부문에 예산 등 한정된 자원의 효율적 집행에 기여 - 하천복원사업과 관련한 의사결정과정의 투명성 확보 - 하천복원사업 성과의 경제성평가, 사전평가와의 비교 검토를 통한 사업추진 성과의 적정성 평가 등이 이루어짐으로써 하천복원사업의 성과 제고에 기여		
4-	하천	하천교란	-하천교란 및 골	- 교란하천 댐	지침	11년10	- 하천	-중앙 및 지방 공공정부	- 교란하천과 골		

3 (공동)	교란상태평가 및 적응관리 기술개발	상태평가 및 적응관리 가이드라인	재채취로 인한 교란 상태를 평가하고 적응관리 할 수 있도록 하는 지침.	및 골재채취로 인한 교란을 정량적으로 평가하고 적응관리 할 수 있는 기술개발		월 말 예정	관리자 (정부 및 지자체), 기술자 및 연구자	기관, 설계용역회사, 연구기관에 활용	재채취로 인한 사업이 적응관리 할 수 있는 기초자료로 활용		
4-4 (공동)	복원하천의 평가 및 적응관리 기술개발	EcoFlow-2 D	자연 하천 및 인공 수로에서의 2차원 생태하도 수치모의 및 해석 프로그램	수로에서의 2차원 흐름 해석과 하상변화를 모의하며, 흐름 및 하상 변화에 미치는 식생의 영향을 선택적으로 적용이 가능	S/W	2011.07	- 하천 설계 실무자 - 하천 관리자 (정부 및 지자체), 기술자, 연구자	다양한 하천복원기법의 정량적 분석 및 효과 파악	개발된 모형을 사용할 경우 기존의 외국에서 개발된 모형을 사용하는 것에 따른 로열티 지불 감소		
		EcoFlow-3 D	자연하천 및 인공 수로에서의 3차원 생태하도 수치모의 및 해석 프로그램	하이브리드 RANS/LES 기법과 복잡한 지형을 구현할 수 있는 오버셋격자기법을 적용	S/W	2011.08	- 하천 설계 실무자 - 하천 관리자 (정부 및 지자체),	수제, 교각, 거석 등의 구조물이 하천복원에 미치는 영향을 3차원으로 분석함으로써 하천복원 구조물의 역할 및 성능 평가에 활용	개발된 모형을 사용할 경우 기존의 외국에서 개발된 모형을 사용하는 것에 따른 로열티 지불 감소		

						기술자 , 연구자				
	하천복원을 위한 거석수제 설계 가이드라인	하천복원시 하도에 설치하여 제방을 보호하고 다양한 생물학적 서식처 조성에 도움을 주는 거석수제 설계 지침	육 외 실험을 통하여 어류의 거동특성과 영양물질의 순환도 연구	지침	2011.10 .	- 하천 설계 실무자 -하천 관리자 (정부 및 지자체), 기술자 , 연구자	다양한 조건하에서 거석수제와 관련된 유동 현상, 어류와의 상호작용, 그리고 영양물질의 순환을 조사하여 실제하천에 적용 하는데 활용	하천복원 시 하도에 거석수제를 설치하기 위한 설계 가이드라인제시		
	복원하천의 수리학적 모니터링 매뉴얼	- 복원 사업 후 목표 달성 여부를 확인하기 위한 수리학적 모니터링 매뉴얼		지침	11년10월 말 예정	- 복원하천의 유지 관리 부서	-중앙 및 지방 공공정부 기관, 설계용역회사, 연구기관에 활용	- 복원 사업 후 적응 관리를 위한 기초자료로 활용		