

중대하천(주요 지류하천) 물리 생물 모니터링
기법 및 하천복원 교육 프로그램 개발

- 최종보고서 -

2015. 05. 28

Infrastructure
R&D Report

주관연구기관 / 한국건설기술연구원

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

이 보고서를 "중대하천(주요 지류하천) 물리 생물 모니터링
기법 및 하천복원 교육 프로그램 개발" 과제의 최종보고서로
제출합니다.

2015. 05. 28

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원

주관연구책임자 : 김규호

연구원 : 안홍규, 김한태, 강준구
김창성, 이동준, 송형수
엄중현

참여 전문가

■ 물리 모니터링

한국건설기술연구원
한국건설기술연구원
한국건설기술연구원
한국건설기술연구원
한국건설기술연구원

선임연구위원
연구위원
연구위원
연구위원
기술주무원

김 규 호
안 홍 규
이 동 준
송 형 수
엄 중 현

■ 생물 모니터링

인하대학교
수생태공간정보연구소
생물모니터링센터
(주)에코캠프
(주)에코캠프
대진대학교
두희생태연구소
경희대학교

교 수
대 표
대표이사
소 장
대 표
교 수
대 표
교 수

조 강 현
조 형 진
허 준 욱
김 종 범
강 성 욱
김 용 재
원 두 희
유 정 칠

■ 교육프로그램

한국건설기술연구원
한국건설기술연구원
한국건설기술연구원
한국건설기술연구원
한국교통대학교
한국교통대학교
홍익대학교
한양대학교
한국환경정책평가연구원
생물모니터링센터
전북대학교
한양대학교
(주)네이처앤휴먼

연구위원
선임연구위원
연구위원
수석연구원
교 수
연구교수
교 수
교 수
부연구위원
대표이사
부교수
연구교수
이 사

강 준 구
김 규 호
안 홍 규
지 윤
장 창 래
김 창 성
이 승 오
강 석 구
강 형 식
허 준 욱
권 현 한
김 수 진
강 수 진

보 고 서 요 약 서

과제고유번호	12기술혁신C01	해당단계 연구기간	2014.04.01. ~ 2015.05.28	단 계 구 분	3/3
연 구 사 업 명		국토교통기술촉진연구사업			
연 구 과 제 명	대 과 제 명	중대하천(주요 지류하천) 물리 생물 모니터링 기법 및 하천복원 교육프로그램 개발			
	세부과제명				
연 구 책 임 자	김 규 호	해당단계 참 여 연구원수	총 : 8 명 내부: 3 명 외부: 4 명	해당단계 연 구 비	정부: 333백만원 기업: 0 계 : 333백만원
		총연구기간 참 여 연구원수	총 : 10 명 내부: 3 명 외부: 7 명	총연구비	정부: 663백만원 기업: 0 계 : 663백만원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	한국건설기술연구원 수자원·하천연구소		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위 탁 연 구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약				보고서 면수	122
■ 하천(환경, 복원)사업은 사업 전중후 모니터링을 통해 사업 검토, 평가 및 개선 대책을 도모 필요 ■ 객관적으로 진단, 평가, 개선 대책을 찾기 위한 하천의 물리, 생물, 화학, 그리고 하천 이용 등에 대한 모니터링 기법 개발과 적용 ■ 하천복원사업의 조사, 계획, 평가, 설계, 시공, 유지관리와 모니터링 등 선순환 구조에 맞는 교육과 기술의 교류 및 발전 필요 ■ 우리나라 중대하천 규모와 특성에 따른 물리 및 생물 모니터링 기법을 낙동강과 한강 본류와 지류에 직접 적용하여 현장 적용성을 검증하고 그 기법을 개선과 정립 ■ 수심이 깊고 하폭이 넓은 중대하천에서 직접 발로 건너기가 어려운 구간에서 조사 기법과 활용 장비 등을 적용한 표준 매뉴얼 작성 ■ 하천복원 교육프로그램의 수요 조사와 분석, 기본 방향을 설정하고 그에 따른 교육 콘텐츠를 구축하고 교육 프로그램 제작					

색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	하천복원, 모니터링, 적응관리, 수리안정성, 하상변동
	영 어	river works, river restoration, monitoring, adaptive management, hydraulic stability, riverbed changes

요 약 문

본 연구 사업은 중대하천 본류와 지류의 하천(환경)사업, 즉 하천복원사업, 자연친화적 하천관리 사업, 생태하천조성(또는 복원)사업, 그리고 하천환경을 고려한 하천사업 등에 적합한 하천환경 모니터링 기법을 개발하는 것이다. 또한 하천복원사업을 효율적이고 실질적으로 계획하고, 목적과 목표 평가 설정, 설계, 시행, 그리고 유지관리하기 위한 교육 프로그램을 처음으로 제작하는 것이다.

우리나라는 4대강 복원사업 이후 일반 국민과 하천 관리 및 관계자의 하천(환경)사업에 대한 관심이 급격히 증대하였다. 특히 하천(환경, 복원)사업 후 유지관리와 사업 성과 평가 기술의 수요가 높아지고 있다. 이는 주로 하천(환경)사업후 자연성, 환경성, 생물 다양성, 그리고 치수 안전과 구조적 안정성 등에 대한 조사와 평가가 필요하다.

일반적으로 하천(환경)사업은 마지막 완성 단계로 사업 전중후의 모니터링을 통해 사업 검토, 평가 및 개선 대책을 도모하는 것이 바람직하다. 하천(환경)사업을 객관적으로 진단하고, 평가하기 위해서는 하천의 물리, 생물, 화학, 그리고 하천 이용 등에 대한 모니터링 기법 개발과 매뉴얼 작성 활용이 중요하다. 또한 하천(환경)사업에 대한 조사, 계획, 평가, 설계, 시공, 유지관리와 모니터링 등 선순환 구조에 맞는 교육과 기술의 교류 및 발전을 도모할 필요가 있다.

본 연구에서는 중대하천에서 규모에 따라 달라지는 물리 및 생물 모니터링의 대상, 장비 및 구간, 조사 지점과 시점 등을 고려한 기법을 낙동강과 한강 본류와 지류에 직접 적용하여 현장 적용성을 검토하고 그 기법을 정립하였다. 특히 수심이 깊고 하폭이 넓은 중대하천에서 직접 발로 건너기가 어려운 구간에서 조사 기법과 활용 장비 등을 적용하였다. 또한 국내 하천복원사업 실행과 교육을 위한 교육프로그램의 수요 조사와 분석, 기본 방향을 설정하고 그에 따른 교육 콘텐츠를 구축하고 작성하였다.

SUMMARY

This research work is for developing the monitoring techniques appropriate for river environmental projects, i.e., river restoration project, close-to-nature river management project, ecological river rehabilitation or restoration project, and river improvement project considered principally the environmental factors in the main and tributary channel of mid-size and large rivers in Korea. And also the educational program, as could be performed for efficient and practical skills and processes for planning, goal and objective assessment and evaluation, design, implementation, and maintenance of river restoration projects, has been developed at first in this study.

There are lots of public boosters and decision-makers concerns with environmental and sustainable river project after the 4 major rivers restoration project in Korea. In particular, there are many needs for developing maintenance and assessing techniques/ methods through monitoring processes into the performances of the river restoration project. Therefore, it would certainly be indispensable to make sure to test and verification on the naturalness, environmental integrity, biodiversity, mitigation for flood risk, and physical stability of channel and rivers for stream or river restoration projects.

It, normally, should take into account to comply with the general processes to monitor some environmental factors such as primarily physical, chemical, biological, and amenity of rivers the before, among, and after implementation of river restoration project. And also as the final complete phase, they should be objectively investigated and assessed, evaluated according to the alternatives and surrogates to be improved by the monitoring program. Restoration practitioners must establish more practical manual or implementation processes through the scientific and technical methods and criteria, analysis and assessing tools in a close view of details to the field applicability. And also it would be useful to make sure to have more experts and technicians to do work for the river restoration project through the well structured educational program. The

program should be covered with a virtuous circulation for better processes and contents in the river system, which include basically survey, goals and objectives, planning, assessment and evaluation, design, implementation, and maintenance/monitoring of the river restored projects.

The type and extent of monitoring will depend on specific management objectives or monitoring goals developed as a result of stream or river corridor and conditions such as the river size and scale according to hierarchical structure of river system. So then, the physical and biological monitoring have directly been performed and tested the in main channels and directly connected tributaries with each weirs in the Nakdong and Han River, which were considered of their factors, field test or investigation methods, survey and measurement equipments and tools, the site and reach to be monitored, and so on. Therefore it could be used to monitor physical and biological factors in non-wadeable rivers where the water depth are deep and channel width are broad compared to streams or small rivers in Korea. Finally, the educational contents have been surveyed and polled through a comparatively lot of institutional experts or workers, consulting engineers, and students. Almost relevant to river restoration workers agreed to establish the educational program for river restoration project and its processes and contents.

CONTENTS

SUMMARY	ii
List of Figures	ix
List of Tables	xi

Chapter 1. Introduction 1

1. Background	1
1.1 The 4 Major Rivers Restoration Projects and Their Primary Tributaries	1
1.2 The Status of River Environmental Projects in Korea	1
2. Overview	2
2.1 Contexts of River Environmental Projects	2
2.2 The Cycling Management and Works Booster for River Environmental Projects	3
2.3 Detailed Planning and Regulation of Monitoring Structures	4
3. Overview and Suggestions on the Monitoring Techniques	4
4. Research Objectives and Contents	4
4.1 Final Goals and Objectives	4
4.2 Quantitative Results and Products	5
5. Research Goals and Contents for Each Yearly Plan	6
5.1 Objectives and Goals Summary	6

Chapter 2. Research Objectives and Contents 8

1. Research Objectives and Contents	8
2. Performed Level of Quantitative Results and Products	9
3. Research Plan and Processes	9

4. Performing Contents for Physical, Chemical, Biological Monitoring	10
4.1 Timing and Frequency of Field Monitoring	10
4.2 River Reaches and Sites in Monitoring	10
4.3 Type of Monitoring Results	10
4.4 Parameter Selection in Monitoring Index	11
4.5 D/B Plan for Monitoring and Survey	12
4.6 Overview of Monitoring in 4 Major Rivers Restoration Project	13

Chapter 3. Results and Performance for the 3rd Year Plan 20

1. Field Monitoring in the Mid-size and Large Rivers	20
1.1 Overview	20
1.2 Physical Monitoring	27
1.3 Chemical Monitoring	49
1.4 Biological Monitoring	64
2. Improved and Updated Contents for Monitoring Techniques (Physical/Chemical/Biological)	88
3. Monitoring Manual for River Environmental Project	96
4. Establishing for Educational Program of River Restoration	96
4.1 General	96
4.2 Cases Survey on the Educational Program	97
4.3 Aims and Suggestion about the Educational Program and Its Contents	101
4.4 Practical Uses and Education	109

Chapter 4. D/B Plan for River Environment Monitoring and Survey 115

1. Goals on Monitoring D/B	115
2. Definition of River Environment Data	115
3. Basic Principles on River Environment Information	115

4. Networks of River Environment Information	115
5. Standard Structures of River Environment Data base	116
6. D/B Plan for River Environment Monitoring and Survey	116

Chapter 5. Conclusions and Outcomes to Be Applicable to River Works	119
--	-----

References	120
------------------	-----

목 차

요 약 문	i
그림 목차	ix
표 목차	xi

제1장 연구 개요 1

제1절 연구 필요성	1
1.1 4대강 사업과 주요 지류 하천사업 등 대형화	1
1.2 하천환경사업의 위상	1
제2절 연구 동향	2
2.1 하천환경사업 동향	2
2.2 하천환경사업의 전주기적 관리 및 사업화	3
2.3 모니터링 체계의 구체화, 의무화	4
제3절 국내 모니터링 기술개발 현황 및 시사점	4
제4절 연구개발 목표 및 내용	4
4.1 연구개발 최종목표	4
4.2 정량적 성과목표 및 성과지표	5
제5절 연차별 연구목표 및 내용	6
5.1 총괄 연구목표 및 내용	6

제2장 연구목표 및 내용 8

제1절 연구개발 목표 및 내용	8
제2절 정량적 성과지표 및 달성도	9
제3절 연구개발 추진 일정	9
제4절 물리, 화학, 생물 모니터링 내용	10
4.1 모니터링 횟수 : 연 4회	10
4.2 모니터링 대상지	10
4.3 모니터링 결과 형태	10
4.4 모니터링 지표 선정 사유	11

4.5 모니터링 DB 구축(안)	12
4.6 4대강 모니터링 시행 개요	13
제3장 3차년도 연구 성과	20
제1절 중대하천(주요 지류하천) 시범 모니터링	20
1.1 일반사항	20
1.2 물리 모니터링	27
1.3 화학 모니터링	49
1.4 생물 모니터링	64
제2절 모니터링 기법의 개선사항(물리/화학/생물)	88
제3절 모니터링 매뉴얼(안) 작성	96
제4절 하천복원 교육프로그램 제작 방안 수립	96
4.1 일반사항	96
4.2 교육프로그램 관련 국내외 사례조사	97
4.3 교육프로그램 제작 방향 및 콘텐츠 제안	101
4.4 교육프로그램 활용방안	109
제4장 하천환경 DB 구축 방안(안)	115
제1절 모니터링 DB 구축 목적	115
제2절 하천환경 데이터의 정의	115
제3절 하천환경정보의 기본 방침	115
제4절 하천환경정보 네트워크	115
제5절 하천환경 데이터베이스 표준 구성	116
제6절 하천환경 모니터링 DB 구축 방안(안)	116
제5장 연구개발성과 활용방안	119
참고문헌	120

그림 목 차

<그림 1.1.1> 하천환경 현황 및 문제점	2
<그림 1.1.2> 하천환경사업 후 붕괴된 하천시설물의 모습(금강 지류 유구천, 2013)	2
<그림 2.4.1> 한강유역 모니터링 대상지	10
<그림 2.4.2> 낙동강유역 모니터링 대상지	10
<그림 3.1.1> 모니터링 계획의 일반적인 절차	22
<그림 3.1.2> 수질정화용 저수지 습지 : 5년 후 효과	23
<그림 3.1.3> 하천환경사업 모니터링 절차	24
<그림 3.1.4> 하천환경사업 후 모니터링 항목과 흐름도	25
<그림 3.1.5> 시범 모니터링 대상지와 범위	28
<그림 3.1.6> 낙동강 구미보(선산 관측소) 수문 모니터링 결과	30
<그림 3.1.7> 한강 강천보(문막 관측소) 수문 모니터링 결과	31
<그림 3.1.8> 낙동강 본류와 지류 감천의 하도 모니터링 조사 지점도	38
<그림 3.1.9> 낙동강 본류·지류 감천의 최심 하상고 경년변화	39
<그림 3.1.10> 감천 기존과 현황 하천횡단 측량도(1984~2014)	40
<그림 3.1.11> 한강 유역 측량 조사 지점도	41
<그림 3.1.12> 섬강 기존과 현황 하천횡단 측량도(2002~2014)	42
<그림 3.1.13> 감천 · 섬강 조사대상지 현황	42
<그림 3.1.14> 감천('97~'14) 하구지점 입도분포곡선	43
<그림 3.1.15> 섬강('13~'14) 하구지점 입도분포곡선	44
<그림 3.1.16> 섬강2013년 11월 입도분포곡선	44
<그림 3.1.17> 감천 합류부 항공사진 경년변화	46
<그림 3.1.18> 섬강 합류부 항공사진 경년변화	48
<그림 3.1.19> 화학 모니터링 업무절차	49
<그림 3.1.20> 하천수 채수지점	50
<그림 3.1.21> 하천수 채수위치(단면)	50
<그림 3.1.22> 낙동강 유역 수질 측정망 위치도(환경부)	54
<그림 3.1.23> 감천 본류 수질	55
<그림 3.1.24> 낙동강 본류 수질	57
<그림 3.1.25> 낙동강 본류 및 지류와의 연계성 분석을 위한 수질	58
<그림 3.1.26> 한강 유역 수질 측정망 위치도(환경부)	59
<그림 3.1.27> 섬강 본류 수질	60
<그림 3.1.28> 한강 본류 수질	62
<그림 3.1.29> 한강 본류 및 지류와의 연계성 분석을 위한 수질	63
<그림 3.1.30> 생물 모니터링 조사지	65
<그림 3.1.31> 본류와 지류에서 생물군집구조 변화 경향(2008년부터 2012년까지의 변화상) ·	

.....	84
<그림 3.1.32> 조사양식 표준화	87
<그림 3.1.33> 결과 정리표 표준화	87
<그림 4.2.1> 네트워크 구성 이미지와 표준화 구조	117

표 목 차

<표 2.4.1> 4대강 사업구간 물리 모니터링 종류	13
<표 2.4.2> 4대강 사업구간 물리 모니터링 현황	14
<표 2.4.3> 4대강 사업구간 화학 모니터링 종류	14
<표 2.4.4> 국토교통부에서 수행중인 4대강 사업구간 화학 모니터링 현황	15
<표 2.4.5> 우리나라 수질관측 현황	15
<표 2.4.6> 4대강 구간 시행 부처별 화학모니터링 현황 비교	16
<표 2.4.7> 국토교통부에서 수행중인 생태 모니터링 현황	17
<표 2.4.8> 환경부에서 수행중인 생태 모니터링 현황	17
<표 2.4.9> 중대하천 모니터링 과제와 타 과제와의 중복성 비교 검토	18
<표 3.1.1> 주요 모니터링 조사항목 (건설교통부 2004; 국토해양부, 2009)	23
<표 3.1.2> 물리조사 항목 및 시기(예)	26
<표 3.1.3> 하천조사 일정 계획(예)	26
<표 3.1.4> 낙동강 감천 하류의 측점별 수심·유속 측정 결과	32
<표 3.1.5> 한강 섬강 하류의 측점별 수심·유속 측정 결과	35
<표 3.1.6> 감천 합류부에서 본류 주요지점의 종단 하상고	38
<표 3.1.7> 본류 합류부에서 감천 주요지점의 기존과 현재 하상고	39
<표 3.1.8> 감천 하구지점의 하상재료 실험결과	43
<표 3.1.9> 자갈하천 하상재료 분석법	45
<표 3.1.10> 수질조사 분석항목 및 분석방법	51
<표 3.1.11> 조사지역에 따른 수질조사 방법	52
<표 3.1.12> 수질조사 분석항목 및 분석방법	52
<표 3.1.13> 구조물 주변(보) 수질조사 분석 비교	53
<표 3.1.14> 생물분야별 조사 시기	65
<표 3.1.15> 낙동강 구미보 출현 식물	66
<표 3.1.16> 낙동강 구미보 출현 어류(투망과 족대 채집)	68
<표 3.1.17> 낙동강 구미보 출현 어류(통발 채집)	69
<표 3.1.18> 낙동강 구미보 출현 양서파충류	69
<표 3.1.19> 낙동강 구미보 출현 포유류	70
<표 3.1.20> 낙동강 구미보 출현 부착돌말류	70
<표 3.1.21> 낙동강 구미보 출현 저서성 대형무척추 동물	71
<표 3.1.22> 낙동강 구미보 출현 조류	72
<표 3.1.23> 한강 강천보 출현 식물	73
<표 3.1.24> 한강 강천보 출현 어류(투망과 족대 채집)	75
<표 3.1.25> 한강 강천보 출현 어류(정치망 채집)	76

<표 3.1.26> 한강 강천보 출현 양서·파충류	76
<표 3.1.27> 한강 강천보 출현 포유류	77
<표 3.1.28> 한강 강천보 출현 부착돌말류	77
<표 3.1.29> 한강 강천보 출현 저서성대형무척추동물	78
<표 3.1.30> 한강 강천보 출현 조류	80
<표 3.1.31> 주요 생태 모니터링 시행 현황	86
<표 3.2.1> 기존 물리 모니터링 기법 및 개선사항	88
<표 3.2.2> 자갈하천의 하상재료 분석법 비교	89
<표 3.2.3> 기존 화학(수질) 모니터링 기법 및 추가 개선사항	90
<표 3.2.4> 기존 화학(퇴적물) 모니터링 기법 및 추가 개선사항	91
<표 3.2.5> 기존 생물 모니터링 기법 및 추가 개선사항	91
<표 4.2.1> 일본 하천환경 데이터베이스 항목(안)	118

제1장 연구 개요

제1절 연구 필요성

- 하천환경사업(영어권에서는 통상 하천복원사업으로 부름)의 목적과 목표 달성 여부의 확인과 사업에 적용된 공법이 홍수에 대해 안전한지와 의도한 기능은 제대로 발휘되고 있는지를 확인하는 하천환경 모니터링이 반드시 필요함
- 외국이나 국내 다른 하천에서 적용되어 성공한 모니터링 기법이라도 대상하천이 가진 고유한 특성과 사업목적을 반영하지 못하면 그 효과를 기대할 수 없음
- 하천 형상 및 규모에 따라 각기 활용하고 있는 매뉴얼이 달라 조사자 취향에 맞는 방법을 적용하여 체계적인 조사·분석이 이루어지지 않고 있음
- 본 연구에서는 중·대 하천을 대상으로 한 효율적인 유지관리와 개선 및 대응방안 수립에 필요한 하천 물리, 화학, 생물 등의 변화, 추이를 체계적이고 지속적으로 확인할 수 있는 모니터링 현장적용 기술 매뉴얼을 개발하고자 함
- 또한 모니터링 자료를 기초로 하천복원사업을 검토할 수 있는 비교 검토 기법을 제시하고 기술보급에 필요한 하천복원 교육 프로그램을 개발하고자 함

1.1 4대강 사업과 주요 지류 하천사업 등 대형화

- 중소하천 복원사업: 수질 개선, 생물 회복, 친수 활동의 모니터링
- 중대하천 복원사업: 하도안정, 하천 연속성, 생물 서식, 사회기반시설, 하천시설물 안정 등 하천 규모에 따른 항목, 장비, 조사 시기, 빈도, 구간과 조사 지점 등 차이가 남
- 하천 생태복원 기술의 사회, 국가, 국제 사회 요구 급증하나 우리 하천 특성과 사회 경제적 수요, 경제적이고 생물 기반에 적합한 기술 부족으로 생태복원 효과가 미미하고 홍수기 유실 피해 등 하천사업의 시행착오가 이어지고 있음

1.2 하천환경사업의 위상

- 하천생태환경의 보전과 복원을 통한 쾌적한 삶과 사회 환경적 안정성 보장
- 지속 가능한 경제발전과 창조 경제, 세계 수준의 국토환경과 사회문화
- 연평균 1조원 이상의 정부예산(국토교통부, 환경부, 행정안전부, 지자체 등)
- 친환경 하천사업과 문제점(출처: 국토해양부 그린리버 기획보고서(2011))
 - 과도한 시설 도입과 치장, 홍수에 취약, 파손 및 유실 피해, 효율성 논란 예상
 - 다학제간 전문가 참여를 통한 의사결정 체계 부족, 사업의 지속 가능한 계획과 시행, 유지관리 문제 등



<그림 1.1.1> 하천환경 현황 및 문제점

- 토사 퇴적 및 세굴 등 하상변동으로 하천의 접근성과 친수성 상실, 하천시설물의 불안정 초래 등
- 생물 이동과 서식 등의 생태복원 효과 미미와 관심 감소 등
- 지자체 성과 중심의 하천환경사업 활성화, 생물 이동과 서식 등의 생태복원효과 미미
- 하천관리 부처 주관 유역단위 하천관리의 한계, 국가기준의 혼재
- 하천환경사업 후 모니터링과 평가를 통한 기술 한계 극복 노력 부족



<그림 1.1.2> 하천환경사업 후 붕괴된 하천시설물의 모습(금강 지류 유구천, 2013)

제2절 연구 동향

2.1 하천환경사업 동향

- EU에서는 2000년부터 유럽 전체를 아우르는 하천 홍수피해 저감 및 하천 생태계 복원을 위한 European Water Framework Directive(2002)를 수립 시행

- 독일과 스위스는 하천사업이나 정비된 기존하천의 복원사업을 수행하고 있음. 하천 스스로가 만들어 갈 수 있도록 변동을 허용하여 스스로 조성되는 공간을 부여함으로써 새로운 경제적이며, 생태 환경적 하천복원의 지표를 열고 있음
- 영국은 하천유역 통합관리를 담당하여 하천복원과 하천치수사업에서 환경을 고려한 자연형 하천계획 등을 수행하고 있음
- 미국은 1960년대 홍수터를 이용한 하천 생태계의 보전 및 복원에 집중하여 수자원 개발법과 홍수터관리법 등을 통해 홍수피해 저감 및 하천생태계 보전을 도모하고, 유역개념에서 하천생태계가 하천 구조, 수리수문, 수질 생물 서식 등을 중점 관리
- 특히 미국은 미시시피강을 중심으로 유역 전체를 기반으로 (1) 자연에 가까운 하천 구조, (2) 자연과 같이 역동적인 하천생태계 과정과 기능의 통합 및 복원, (3) 자연 과정을 존중하고 간섭을 최소화 하기위한 Framework과 복원 목적 달성을 기반으로 하고 있음
- 환경 선진국에서는 훼손된 하천환경으로 인하여 멸종 위기에 처하거나, 해당하천의 고유종의 개체수가 급격히 감소하고 있는 종을 대상으로 서식처를 복원·재생하기 위한 대체서식처 조성사업을 과거 20년 전부터 지속적으로 시행하고 있으며 최근 복원 목표종의 생애주기(Life Cycle) 모니터링과 분석을 통한 생태규명이 이루어지고 있으며, 관련시장이 확대되고 있는 추세임
- 일본의 경우 1982년부터 하천환경관리 기본계획이 전국 하천으로 확대 적용되어 하천수변국세조사를 통한 하천생태계 보전개념의 하천정비사업과 유역 개념의 Framework을 통한 하천재생사업을 시행하고 있음
- 또한, 실제 하천과 가까운 실험 시설인 자연공생연구센터의 설립·운영을 통해 하천과 호수의 자연환경 보전·복원을 위한 기초적·응용적 연구를 실시하여 그 결과를 널리 보급하는 한편, 친환경 하천분야의 세계시장 선점을 주도하고 있음

2.2 하천환경사업의 전주기적 관리 및 사업화

- 하천복원사업의 주축이 미국, 유럽, 일본 등에서 기존 선(線) 구조 하도에서 면(面) 공간의 하천공간 복원 사업 시행과 국토 생태환경 복원 개선 중
 - ※ 네덜란드의 Delta 사업, 유럽의 라인강, 다뉴브강, 미국 키시미 강과 에버글레이드 유역 복원 사업 등
- 사전 사후 하천환경조사, 환경악화와 교란의 문제점 파악, 평가, 계획 및 설계, 시공, 모니터링과 유지관리의 선순환 구조에 의한 복원 효과 극대화 명문화
- 자연 스스로 조성과정(self-sustaining)을 통한 자연력 이용과 비용 절감, 지속적인 복원 사업의 모니터링과 평가를 통한 개선 대책과 반영 등
- 우리나라의 경우 대형 하천(환경)사업(4대강 사업과 주요 지류 하천)의 효율성 제고, 적응관리를 위한 대한 제도, 행정, 기술 등을 고려한 모니터링 사업 필요

2.3 모니터링 체계의 구체화, 의무화

- 영국의 하천복원센터, 유럽의 Water Framework Directive, 독일의 하천환경 조사와 평가, 미국의 공병단, 각 주정부, 환경청, FEMA 등 모니터링 기준 정립 및 사업화
- 일본은 하천환경조사 및 전국 하천 하천환경정보 시스템 구축, 복원사업의 모니터링 구체화 등

제3절 국내 모니터링 기술개발 현황 및 시사점

- 국내 하천환경 또는 복원 관련 기술들은 발전단계, 실용화 단계에 돌입했지만, 모니터링 분야는 준비단계로서 그동안 연구 개발된 기술 및 노하우에 대한 체계적인 정리와 교육, 확산이 필요한 단계
- 국토교통부의 하천환경개선사업, 자연친화적 하천정비사업 또는 생태하천조성사업, 환경부·지자체의 자연형 하천복원사업 등으로 하천환경 보전 및 복원에 대한 지속적인 연구가 이루어져 왔음
- 다학제간 연구가 초보적 수준에 머물고 있으며 기후변화로 인한 하천 환경변화에 대한 대책이 미흡. 또한, 하천(환경)사업 후 발생할 수 있는 여러 가지 문제들(물리, 화학, 생물 등)에 대한 검증과 설계시 세운 목표의 달성 여부를 검토하는 검증작업이 필요. 특히, 하천 물리 특성인 하상변동과 생물 모니터링의 중요성 부각.
- 따라서 하천(환경)사업 후 모니터링 항목과 방법 및 시기는 사업의 효과를 효과적으로 평가할 수 있도록 가능한 구체적으로 설정 필요
- 모니터링 결과는 물리, 화학 및 생물 모니터링 등의 조사 결과를 복합적으로 분석하여 복원 사업의 효과를 평가할 수 있어야 함
- 현장적용이 수월한 모니터링 기술의 개발과 정량화된 매뉴얼, 하천복원 교육 프로그램의 구축과 기술 활용도를 향상을 위한 콘텐츠 개발 및 관련 기술 요구

제4절 연구개발 목표 및 내용

4.1 연구개발 최종목표

- 하천(환경, 복원)사업을 종합적으로 진단, 객관적으로 검토할 수 있는 물리, 생물 모니터링 기술 개발과 매뉴얼 작성, 사업 성과 검토 평가 및 개선 기법 제시
- 과학적 기술적 범위가 다양한 하천복원 기술보급에 필요한 교육 프로그램 개발

4.2 정량적 성과목표 및 성과지표

연차 (단계)	연차별 성과목표	성과지표	측정방법	목표치	가중치
1차년도	현장 모니터링 기반기술 개발	국내 학술지 논문게재 건수	국내 학술지게재 논문건수	1건	20%
		국내 적합한 모니터링 기법 정립	모니터링 기법 개발 여부	1건	40%
		국내외 모니터링 자료 분석	모니터링 분석집 발간	1건	40%
	소 계				100%
2차년도	현장 모니터링 기술개발 교육프로그램 기반 구축	4대강 현장시범 모니터링 수행 여부성	조사 DB 구축(식생, 어류, 양서파충류, 포유류, 부착조류, 저서무척추동물, 조류)	1건	60%
		모니터링 기법의 현장 적용성	조사항목(7개항목 이상), 조사횟수(년4회이상)	1건	40%
	소 계				100%
3차년도	현장 모니터링 기술 검증 매뉴얼 교육프로그램 제작	4대강 현장시범 모니터링 시행	조류/어류/저서/양서파충류 등 생물모니터링 수행	1건	20%
		생물 모니터링 DB 자료구축	모니터링 자료 구축 여부	1건	10%
		모니터링 결과 평가기법 제시	모니터링 평가기법 실용성 여부	1건	10%
		하천 모니터링 매뉴얼 제작	매뉴얼 실용성 여부	1건	30%
		기술보급 교육프로그램 제작	교육프로그램 개발 여부	1건	30%
	소 계				100%

제5절 연차별 연구목표 및 내용

5.1 총괄 연구목표 및 내용

연 차	연구목표	주요 연구내용
1차년도	국내 하천에 적합한 모니터링 기술 선정	- 국내·외 하천 모니터링 관련 보고서, 지침서, 매뉴얼 검토 - 문헌 검토 및 현장조사를 통한 모니터링 기술의 적합성 지표 도출 - 사업현장의 하천환경을 고려한 모니터링 요소의 선정
	현장 모니터링 자료 표준화	- 현장 모니터링 항목 결정 - 선정된 항목의 내용, 조사시기 빈도 결정 - 하천의 물리/화학/생물 모니터링 자료의 공유를 위한 DB 관리 시스템 구축
2차년도	4대강 (주요 지류 하천) 사업현장의 시범 모니터링	4대강 사업현장의 하천 물리/화학/생물 모니터링 수행(물리/화학 모니터링은 정부사업 성과를 활용) 4대강사업 주요지점에 대한 생물 모니터링 DB 자료구축
	시범 모니터링을 통한 현장적용 기술개발(1)	하천 모니터링에 필요한 범위 결정 및 평가 방법을 정립, 최종목표인 현장적용 모니터링 기술 개발에 필요한 모니터링 결과 분석
	모니터링 매뉴얼 및 교육 프로그램 제작(1)	4대강 사업의 하천 물리/화학/생물 모니터링 매뉴얼 제작을 위한 검토 작업 - 하천 모니터링 매뉴얼 교육 프로그램 제작을 위한 사전 검토 작업
3차년도	중대하천(주요 지류하천) 현장 시범 물리·생물 모니터링을 통한 현장적용 기술 개발(2)	- 중대하천(주요 지류하천) 사업 현장의 모니터링 결과와 항목/기법/주기/ 평가방법 등을 고려한 현장적용 기술개발 - 현장적용 기술의 검증을 위한 모니터링 수행 낙동강 감천(모래하천) : 연 4회 한강 섬강(자갈하천) : 연 4회
	물리·생물 모니터링 DB화 방안 제시	중대하천(주요 지류하천) 사업 주요지점에 대한 생물 DB 자료 구축

연 차	연구목표	주요 연구내용
	하천(환경)사업 모니터링 매뉴얼(안) 제작(2)	중대하천(주요 지류하천) 사업의 하천 물리/화학/생물 모니터링 매뉴얼 제작(전문가, 자문위원)
	하천복원 교육프로그램 제작	- 교육 콘텐츠 구축 - 교육 교재 제작(발표용 ppt) - 교육 시행 방안 제시

제2장 연구 목표 및 내용

제1절 연구개발 목표 및 내용

- 중대하천 (주요 지류하천) 모니터링 자료를 활용한 현장적용 기술개발
 - 중대하천 (4대강 주요 지류하천) 사업현장의 하천 물리/화학/생물 모니터링 수행(4대강 등 일부 물리/화학 모니터링은 정부 사업성과를 활용)
 - 하천 모니터링에 필요한 범위 결정 및 평가방법을 정립, 최종목표인 현장적용 모니터링 기술 개발에 필요한 모니터링 결과 분석
 - 중대하천 (주요 지류하천) 사업의 하천 물리/화학/생물 모니터링 매뉴얼 제작을 위한 검토 작업
 - 하천 모니터링 매뉴얼 교육 프로그램 제작을 위한 사전 검토 작업

연 차	연구목표	주요 연구내용
3차년도	중대하천(주요 지류하천) 현장 시범 물리·생물 모니터링을 통한 현장적용 기술 개발(2)	- 중대하천(주요 지류하천) 사업 현장의 모니터링 결과와 항목/기법/주기/ 평가방법 등을 고려한 현장적용 기술개발 - 현장적용 기술의 검증을 위한 모니터링 수행 낙동강 감천(모래하천) : 연 4회 한강 섬강(자갈하천) : 연 4회
	물리·생물 모니터링 DB화 방안 제시	중대하천(주요 지류하천) 사업 주요지점에 대한 생물 DB 자료 구축
	하천(환경)사업 모니터링 매뉴얼(안) 제작(2)	중대하천(주요 지류하천) 사업의 하천 물리/화학/생물 모니터링 매뉴얼 제작(전문가, 자문위원)
	하천복원 교육프로그램 제작	- 교육 콘텐츠 구축 - 교육 교재 제작(발표용 ppt) - 교육 시행 방안 제시

제2절 정량적 성과지표 및 달성도

연차별 성과목표	성과지표	측정방법	목표치	가중치	달성도
현장 모니터링 기술 검증 교육프로그램 제작	중대하천(주요지류하천) 현장시범 생물 모니터링 기법의 현장 적합도	식생, 어류, 양서파충류, 포유류, 부착조류, 저서무척추동물, 조류	1건	30%	100%
	하천(환경)사업 모니터링 매뉴얼(안)	전문가자문/관계기관 협의결과 반영된 물리/화학/생물 모니터링 매뉴얼(안) 작성	1건	30%	100%
	교육 프로그램 제작	프로그램의 활용 용이성 및 교육 달성도 평가	1건	40%	100%
총 계				100%	

제3절 연구개발 추진 일정

세부연구내용	월 단위 추진계획											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
중대하천(주요지류하천) 현장시범 물리·생물 모니터링을 통한 현장적용 기술개발												
물리·생물 모니터링 DB화 방안제시												
하천(환경)사업 모니터링 매뉴얼(안) 제작												
교육컨텐츠 구축												
하천복원 교육프로그램 제작												

제4절 물리, 화학, 생물 모니터링 내용

4.1 모니터링 횟수 : 연 4회

- 갈수기(봄) : 5월경 1회
- 홍수 전(여름) : 6-7월경 1회
- 홍수 후(여름) : 8-9월경 1회
- 평수기(가을) : 10-11월경 1회

4.2 모니터링 대상지

- 대상지는 4대강 사업구간에서 건설된 보에 의하여 환경적으로 영향이 미친다고 판단되며(주로 물리/생물 특성), 지류가 합류되는 지점을 포함하는 공간적 범위내에서 모니터링 대상지를 선정
- 모니터링은 하상재료에 따라 하도특성을 대표하는 모래하천 감천과 자갈하천 섬강을 대상으로 연 4회 수행
- 검토 및 확정된 모니터링 대상지역은 다음과 같음

a) 한강유역(강천보/섬강합류 지점)



<그림 2.4.1> 한강유역 모니터링 대상지

*출처 : map.daum.net/

b) 낙동강유역(구미보/감천합류 지점)



<그림 2.4.2> 낙동강유역 모니터링 대상지

*출처 : map.daum.net/

4.3 모니터링 결과 형태

- 생물 모니터링 조사 DB구축
형태 : 체계화된 수계별 생물상 자료
- 물리 모니터링 조사 DB구축
형태 : 각 지천합류부에 대한 입도분포 및 횡단측량 자료

◦ 모니터링 수행 결과 얻어지는 결과물

: 한강홍수통제소 및 수자원공사 유역조사 시스템에 연계 모듈을 제공하기 위한 기초자료 확보

: 중대규모 하천에 적합한 모니터링 기법 제시 ⇒ 모니터링 매뉴얼(안) 작성

① 물리(유량/유속/횡단측량) 모니터링

- 기존 유량조사사업단에서 수행하고 있는 4대강 조사지점(모니터링대상지 포함)의 유량, 유속, 횡단측량 자료를 활용하고, 추가로 필요하다고 판단되는 각 지천합류부에 대한 입도분포 및 횡단측량은 공통된 생물모니터링 시행지점에서 별도로 수행
- 유량조사사업단에서 제공한 자료와 별도로 수행하여 얻어진 결과를 가지고 4대강사업 주요지점 DB를 구축
- 구축된 DB는 한강홍수통제소 및 수자원공사 유역조사 시스템에 연계 모듈을 제공하기 위한 기초자료로 활용

② 화학 모니터링

- 환경부 수질 조사 결과를 분석하고, 현재 한국수자원공사에서 별도로 수행하고 있는 보 상류지점 수질 및 퇴적물 조사 자료를 그대로 활용
- 수질조사는 부착조류, 퇴적물 조사는 저서무척추동물과 각기 연계시켜 수질과 생태적 관련성을 도출
- 도출된 관련성은 3차년도 매뉴얼 제작에 활용

③ 생물 모니터링

- 식생, 어류, 양서파충류, 포유류, 부착조류, 저서무척추동물, 조류 등 총 7개 분류군별 모니터링 실시
- 조사 내용, 방법, 범위는 생물 분류군 특성에 맞춰 실시하며 모니터링 결과를 DB로 구축
- 도출된 관련 성과는 3차년도 매뉴얼 작성에 활용

4.4 모니터링 지표 선정 사유

- 기존 모니터링 기법은 중소규모 하천에 국한하여 시행하여 왔고, 대하천의 경우 방대한 공간 범위, 조사방법의 한계 등으로 체계적인 모니터링이 이루어지지 못하였음
- 본 연구를 통하여 중대규모 하천에서 체계화된 모니터링 방법을 최초로 제시함과

동시에 4대강 사업 대표구간(주요 지류 하천)에 대한 물리/화학/생물 모니터링 결과를 구축하여 4대강 사업구간 검토 평가용 자료를 구축하고자 함

- 따라서 모니터링 지표가 몇 가지 생물상만을 조사하는 일반하천을 대상으로 하는 것이 아니라 거시적이며 종합적인 생태연계성을 보아야하는 4대강 및 국가하천을 대상으로 하고 있다는 점과 4대강 본류 뿐 아니라 지류를 포함하여 하천의 연속성에 따라 그 관련성을 찾아 본다는 것이 본 연구의 차별성이라 할 수 있음

4.5 모니터링 DB 구축(안)

① 물리 모니터링(유량조사사업단 자료를 활용, 필요시 지류 합류부 별도 수행)

- 항목 : 유속, 유량, 횡단측량
- 내용 : 조사 대상지점에 직간접적으로 영향을 미치는 요인 및 하상변동 변화를 과거와 현재를 비교 분석
- 기능 : 유량 및 유속에 의하여 변화되는 하상 및 수변 등 생물의 서식기반에 대한 기초적 자료를 제공
- 활용방안 : 물리환경을 고려한 생물조사 방법 체계화에 활용
지천 합류부 물리 모니터링 자료는 향후 하상변동과 생물상 변화의 상호 관련성 분석에 활용

② 화학 모니터링(수자원공사 4대강모니터링 및 환경부 하천수질 모니터링 자료를 활용)

- 대상 : 보 상류부 수질, 보 상류부 퇴적토
- 내용 : 수질(pH, DO, BOD, COD, SS, T-N, T-P 등)
- 기능 : 보 상류부 수질 영향 분석
- 활용방안 : 대규모 하천에서의 화학 모니터링 방법 체계화에 활용
수질과 생물상 상호 관련성 분석에 활용

③ 생물 모니터링(생물상 DB 구축)

- 대상 : 식생, 어류, 양서파충류, 포유류, 부착조류, 저서무척추동물, 조류
- 내용 : 생물종별 조사위치, 종, 개체수 등
- 기능 : 대규모 하천 모니터링방법 체계화, 사업 전 생물상과 현존 생물상 비교
- 활용방안 : 대규모 하천에서의 생물조사 방법을 체계화에 활용
4대강 사업 후 생물다양성의 증감 등으로 사업성평가에 활용

4.6 4대강 모니터링 시행 개요

(1) 4대강 사업 구간에 대한 물리, 화학, 생태 모니터링 현황 조사

가. 물리 모니터링

- 2013년 현재 국토교통부에서 4대강 사업구간에서 수행중인 물리 모니터링의 종류는 <표 2.4.1>과 같음

<표 2.4.1> 4대강 사업구간 물리 모니터링 종류

모니터링 항목	측정 항목
유량 모니터링(기준)	- 유속측정 - 수위 측정
유사량 모니터링(기준)	- 부유사 측정 - 소류사 측정
하상변동 모니터링	- 하상재료 측정 - 종·횡단형상 측정
보 상·하류 세굴 모니터링	- 보 직·상하류 퇴적 및 세굴 측정
지류하천 모니터링	- 합류부 퇴적 및 두부침식 모니터링(정성적 검토 위주)

- <표 2.4.1>에서 제시한 모니터링의 측정 기관, 측정방법, 측정시기 및 측정구간은 <표 2.4.2>와 같음

<표 2.4.2> 4대강 사업구간 물리 모니터링 현황

모니터링 항목	측정 항목				
	유량	유사량	하도변화	보 상·하류 세굴	지류하천
측정기관	유량조사사업단	유량조사사업단	유량조사사업단	한국 수자원공사	한국건설기술 연구원
측정방법	자동유량 측정시설과 인력에 의한 유량조사 병행 실시	4대강 본류 및 지류 전반의 부유사 측정	ADCP 및 GPS를 이용한 정밀수중지형측량 및 현장조사	-	육안조사 및 하천 측량
측정시기	자동유량장비는 실시간, 인력측정은 연36회 이상	비홍수기는 2회, 홍수기는 18회	매년 홍수기 후 정기조사 (주요 홍수사상 발생 시는 수시 조사)	-	홍수기 전후 조사
측정구간	4대강 보 구간의 본류 및 주요 유입지류	4대강 보 구간의 본류 및 주요 유입지류	4대강 본류 구간 및 21개 지류합류부 (본류 하도 2km, 지류합류부500m 간격)	다기능보 상하류3km (상류 1km, 하류 2km)	한강(1개), 낙동강(1개중점) 금강(1개), 영산강(1개)

나. 화학 모니터링

- 현재 4대강 사업구간에서 화학 모니터링을 수행중인 기관은 주로 환경부와 일부 국토교통부로 나뉨
- 화학 모니터링 수행 기관별 현황은 <표 2.4.3>과 같음

<표 2.4.3> 4대강 사업구간 화학 모니터링 종류

수행 기관	모니터링 항목	측정 항목
국토교통부	수질변화 모니터링 (환경영향성평가 모니터링)	BOD, COD, DO, SS, pH, TN, TP 전도도 등
	오염발생 모니터링	퇴적물 20개 항목, 용출특성 21개 항목
환경부	수질 일반 측정망	BOD, TOC 등 일반물질 16개 항목 중금속, 페놀류 등 10개 항목
	수질 총량 측정망	BOD, TOC 등 일반물질 16개 항목 유량
	수질 자동 측정망	수온, pH, DO, EC TOC 등 기본 5개 항목 영양염류, 생물감시장치, 페놀, 중금속 등 선택항목
	퇴적물 측정망	입도, 함수율, 유기물질, 중금속 등 23개 항목

- <표 2.4.3>의 국토교통부에서 수행중인 화학모니터링의 측정기관, 조사항목, 측정시기 및 측정구간은 <표 2.4.4>와 같음

<표 2.4.4> 국토교통부에서 수행중인 4대강 사업구간 화학 모니터링 현황

	측정 항목	
	수질변화	오염발생-하천퇴적물 용출 특성조사
측정기관	한국수자원공사	한국수자원공사
측정방법	유입오염물질 분석 (탁수, 조류발생 등을 포함한 43개 항목)	홍수기 전·후 보 상·하류 지점 하천퇴적물 오염물질 용출
측정시기	정기조사 (주간, 월간 등)	홍수기 전·후 1회씩
측정구간	16개 보·상하류 본류 및 주요지천 70개 지점, 16개 보 직상·하류	낙동강 수계 8개 보 주요유입지천 등 (총 26개 지점)

- <표 2.4.3>의 환경부에서 수행중인 화학모니터링의 측정기관, 조사항목, 측정시기 및 측정구간은 <표 2.4.5>와 같음

<표 2.4.5> 우리나라 수질관측 현황

	수질 측정망			
	수질 일반	수질 총량	수질 자동	퇴적물
측정기관	유역(지방)환경청 4대강물환경연구소 시·도(보건환경연구원) 한국수자원공사 한국농어촌공사	4대강물환경연구소	유역(지방)환경청 4대강물환경연구소 (한국환경공단)	4대강 물환경연구소
측정방법	수질:수질오염공정시험기준, 수질 측정망정도관리지침	- 수질: 좌동 - 유량: 수문관측 매뉴얼(국 토교통부) 수질오염총량관 리를 위한 목표수질/유량 측정사업 통합운영 지침(환 경부)」	- 수질오염공정시험방법 - 형식승인 기기 또는 수질오염공정기준 이상 의 정확도 기기 사용	-수질오염공정시험기준 -수질측정망정도관리지침
측정시기	-일반항목, 페놀류, 미생물 항목: 12회/년(매월), 16개 보지점은 48회/년 (매월 4회, 주 1회) -중금속,엔티몬,ABS 등:4회/년 (3, 6, 9, 12월) -일반항목,유량: 수질예측모델 지원을 위한 146개 지점은 (한 강23,낙동강 69,금강 29,영산강 25) 36회 이상/년 (평균 8일)	- 일반항목, 유량 : 36회이상/년 (평균 8 일)	실시간 측정	2회/년 (상반기 5-6월, 하반기 9-10월)
측정구간	하천 573개 지점 (16개 보 지점 포함)	267개 지점 (일반병행 104개 지점 포함)	60개 지점	144개 지점
비고	2012년 환경부 수질측정망 운영계획에 따름(하천구간만을 포함)			

- 시행 부처별 4대강 사업구간 화학모니터링 현황 비교는 <표 2.4.6>과 같음

<표 2.4.6> 4대강 구간 시행 부처별 화학모니터링 현황 비교

	국토교통부	환경부
측정기관	수자원공사	유역(지방)환경청, 4대강물환경연구소, 시·도(보건환경연구원), 한국수자원공사, 한국농어촌공사
측정방법 및 항목	수질오염공정시험방법(환경부), 수문관측 매뉴얼(국토교통부) , 수질오염총량관리를 위한 목표수질/유량 측정사업 통합운영 지침(환경부)	
측정시기	• 일반측정망 중복지점은 월 1회(년 12회) • 16개 보는 월 4회(연 48회)	• 일반측정망은 월 월 1회,(년 12회) • 16개 보는 월 4회(연 48회) • 146개 수질예보 지원 지점은 연 36회 이상 (8일 간격)
측정구간	16개 보 상·하류 분류 및 주요 지천 70개 지점(월간, COD 등 43개 항목), 16개 보 직상하류(주간, 조류 등 7개 항목)	• 573개 하천측정망중 보 16개 지점 포함 (48회/년 측정빈도 상향) • 보구간 수질 예측을 위한 모델 보검정 자료로서 573개 하천 수질 측정망 중 146개 지점
비고	수자원공사에서는 환경부 수질자료가 가용한 경우 환경부 자료 이용	

다. 생물 생태 모니터링

- 현재 4대강 사업구간에서 수행중인 생물 생태 모니터링 종류는 <표 2.4.7>과 같음
- 국토교통부에서 수행중인 4대강 사업구간의 생태모니터링 현황은 <표 2.4.8>과 같음
- 환경부에서 수행중인 4대강 사업구간의 생태모니터링 현황은 <표 2.4.9>와 같음

<표 2.4.7> 국토교통부에서 수행중인 생태 모니터링 현황

	동식물상 및 서식처 조사	자연 및 인공 습지 수생태 환경
측정기관	한국수자원공사, 한국습지학회	한국수자원공사, 한국습지학회
측정방법 및 항목	수변생태 변화 및 어도의 생태적 기능과 효율성 유지를 위한 모니터링	4대강 대표습지 3개소의 생태환경 변화, 기능유지 현황 모니터링
측정시기	월 및 분기별 정기 모니터링, 홍수기 전·후	계절별 조사(추계/동계)
측정구간	보 주요지점	비내섬 습지(한강수계), 세도지구 습지(금강수계) 옥포지구 습지(낙동강수계)

<표 2.4.8> 환경부에서 수행중인 생태 모니터링 현황

	수생태계 영향평가					수생태계 건강성 평가
	보 설치 전·후의 이화학적 수환경 평가	보 설치 전·후의 수생태계 변화				
측정기관	수계별 수계관리위원회 주관, 4대강 물환경연구소					수계관리위원회
측정방법 및 항목	탁도, 중금속 등 수질 22개 항목	동·식물 플랑크톤	수변식생 및 어류	저서성 대형무척 추동물, 양서 파충류, 포유류	조류	수질 및 수문환경, 부착조류, 저서성 대형무척추 동물, 어류, 식생, 생물서식환경, 수변환경
측정시기	2회/월, 중금속은 1회/월	2회/월	2회/년	3회/년	4회/년	우기 집중강우에 의한 영향성을 배제하기 위하여 홍수의 영향이 지난 후 조사
측정구간	16개 보 설치 구간(주요 지류 포함)					국가하천 10km 간격, 지방하천 5km간격

◦ 모니터링 시행 부처별 현황 비교는 <표 2.4.9>와 같음

<표 2.4.9> 중대하천 모니터링 과제와 타 과제와의 중복성 비교 검토

발주 기관	수행 기관	모니터링 항목			목 적	매뉴얼 필요성 및 한계	매뉴얼 작성여부
한 강 홍 수 통 제 소	유량조사 사업단 (사업)	물 리 특 성	구조물 주변 및 하도 하상변동		-4대강 분류를 대상으로 구조물 주변 및 준설하도 등 관리가 필요한 구간에서 보 상류구역에 한하여 하상변동 조사	-4대강을 대상으로 하 상변동을 지속적으로 모니터링 조사 -4대강 분류에 영향을 미치는 지천합류부 하상변동 누락 -4대강 및 국가하천에 의 범용적 적용한계	△ 분류 모니터링 자체 조사 기법 활용
	수자원 공사 (사업)	화 학 특 성	수질		-보 상류부 수질을 관리를 목적 -환경부 수질 자료의 신뢰성 및 제공 시 급성 문제로 보 관 리주체에서 실시	-보 상류부에 국한된 자체 수질 모니터링 매뉴얼 필요	○
			저니질		-보 상류부 정수구역에서의 수질 및 생태계(저서동물 등) 관리를 목적 -정수구역에서의 저 니질 자료 구축 및 체계적 관리를 위해 실시	-보 상류부에 국한된 자체 저니질 모니터 링 매뉴얼 필요	○ (확인필요)
		생 물 특 성	생 물 상	어류 이동 중점적 시행	-보 상류부 정수구역에서의 생태계변화 모니터링 -3개 인공습지(비하도) 모니터링	-4대강사업 구조물 설치에 따른 보 상하류 생물상 변화조사에 초 점이 맞추어져 있음	△ 습지모니터 링 작성 중

국토 교통 과학 기술 진흥 원	한국 건설기술 연구원 (R&D)	물리/(화학) /생물특성	식생	-기존 모니터링 방법 은 중대형 하천에서 적용할 수 없음(항 목, 기법, 평가 등 상이) -모니터링은 지속적 으로 이루어져야하므 로 국가통합 모니터 링 방법 제시 필요 -물리(4대강지류), 화 학(환경부, 수자원공 사방법 통합), 생물 (4대강 지류에서 대 상 생물 년4회)에 모니터링 시행	-4대강을 포함한 국가 하천에서 동일한 방법 에 의한 모니터링 추진 을 위한 매뉴얼 필요	4대강 포함 국가 중대하천 통합모니터 링(D/B포 함) 매뉴얼 작성
			어류			
			저서 동물			
			부착 조류			
			양서 파충류			
			포유류			
			조류			
국토 교통 과학 기술 진흥 원	Ecoriver 21 (R&D)	하천복원통합매뉴얼	-하천복원을 위해 반 드시 알아두어야 할 필요한 전반적인 내 용을 포괄적으로 포 함하고 있음	-실제 사업전후의 모 니터링을 위한 구체 적인 내용이나 방법 제시 없음		

제3장 3차년도 연구 성과

제1절 중대하천(주요 지류하천) 시범 모니터링

1.1 일반사항

- 중소하천 복원사업: 수질 개선, 생물 회복, 친수 활동의 모니터링
- 중대하천 복원사업: 하천 연속성, 생물 서식, 사회기반시설, 하천시설물 안정



중대하천 하천환경 모니터링 기법과 검토 평가
모니터링 기법과 평가, 자료 정리 등의 통합지침

(1) 중대하천 모니터링의 필요성

- 기존 경험, 문제점 보완, 신규사업 대응, 선진화 기법 요구
- 중대하천 사업과 지류의 하천구조 변경, 물리와 생물의 연속성 보장
- 수심과 하폭 등 공간 규모 차이로 인한 4대강과 수리구조물 모니터링 사업 시행 중
- 서로 다른 모니터링 방법과 기준 : 상호 연계 통합 매뉴얼로 체계화
- 하천 규모에 따른 항목, 장비, 조사 시기, 빈도, 구간과 조사 지점 등 차이와 적용

(2) 모니터링 정의

모니터링은 기본적으로 하천복원사업(또는 하천의 이수, 치수, 환경, 친수 등 대상 사업의 성격에 따른 하천(환경)사업도 포함 가능)의 효율성을 검토 평가하기 위해 어느 기간 동안 반복하여 관련 기능과 구조 항목을 관측 또는 측정 결과를 수집하고 그 가치를 매겨 판단하는 과정으로 정의되며, 하천복원사업 전(pre-restoration)의 하천 상황과 완료후(post-restoration)의 하천 상황을 비교하여 그 목표 달성 여부에 대한 평가(FISRWG, 2002)

(3) 모니터링 목적

- 계획 복원목적의 모니터링, 평가, 그리고 적응관리 기술 보급 향상
- 하천환경조사, 유역조사, 사업전중후 모니터링 조사, 환경영향평가법의 사후환경조사, 하천복원사업 관리의 연계
- 하천내 습지(하도습지와 샛강 등) 등 특정 하천복원사업과 그 적용 공법 모니터링 방법

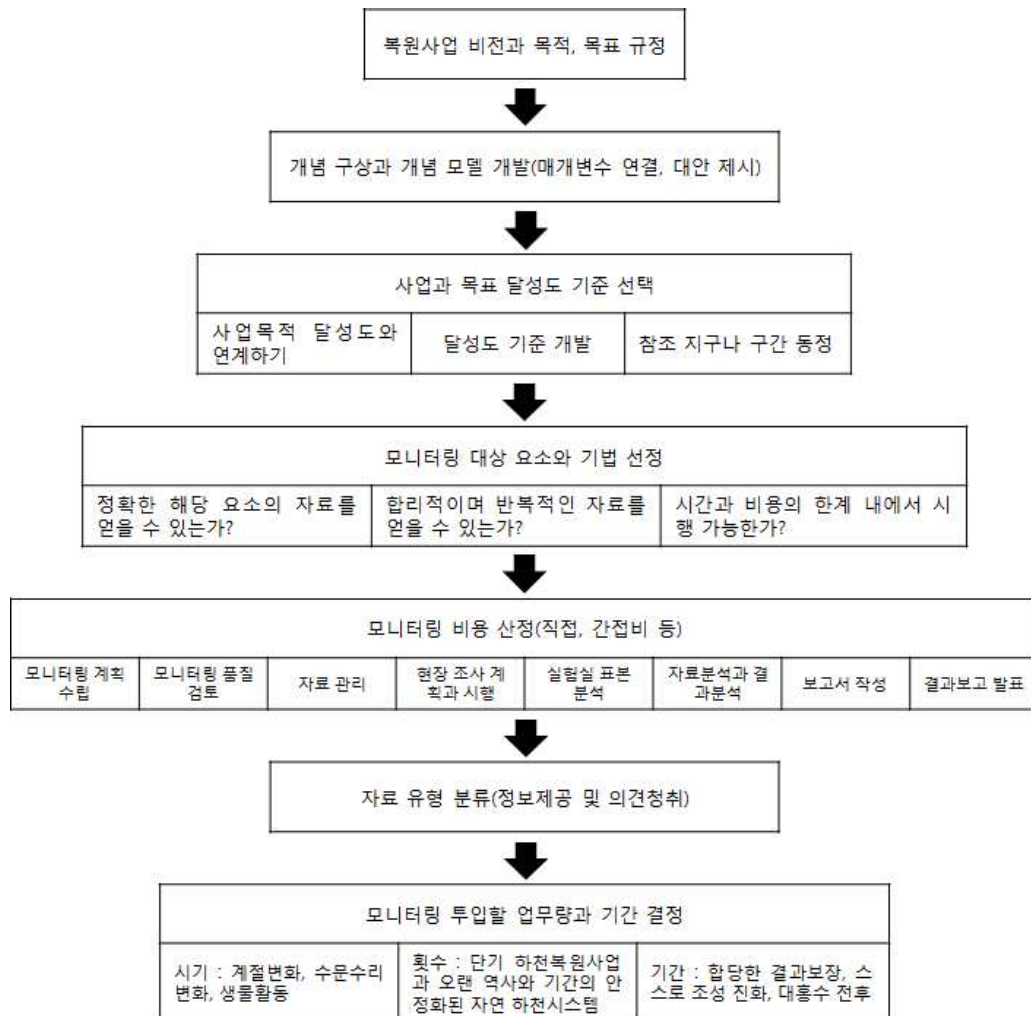
(4) 모니터링 계획의 기본원칙

- 과학적 조사 근거 제시, 계획의 목적과 목표 설정
- 자료 수집, 관리, 통합, 해석, 분석의 유기적 자원 배분
- 질적 품질 보장 과정과 관련 관리자 및 전문가 검토
- 계획 목표 이상 달성 가능한 추가 지원 연구
- 여건이나 새로운 정보의 필요성에 유연한 계획
- 정보는 사업과 관계자에게 유용하고 접속이 가능

(5) 모니터링 계획의 일반적인 절차

- 제1단계 : 복원사업 비전과 목적, 목표 규정
- 제2단계 : 개념 구상과 개념 모델 개발(매개변수 연결, 대안 제시)
- 제3단계 : 사업과 목표 달성도 기준 선택
 - 사업 목적 달성도와 연계하기
 - 달성도 기준 개발
 - 참조 지구나 구간 동정
- 제4단계 : 모니터링 대상 요소와 기법 선정
 - 정확한 해당 요소의 자료를 얻을 수 있는가?
 - 합리적이며 반복적인 자료를 얻을 수 있는가?
 - 시간과 비용의 한계 내에서 시행 가능한가?
- 제5단계 : 모니터링 비용 산정(직접, 간접비 등)
 - 모니터링 계획 수립
 - 모니터링 품질 검토
 - 자료 관리
 - 현장 조사 계획과 시행
 - 실험실 표본 분석
 - 자료 분석과 결과 분석
 - 보고서 작성
 - 결과 보고 발표
- 제6단계 : 자료 유형 분류(정보 제공 및 의견 청취)
- 제7단계 : 모니터링 투입할 업무량과 기간 결정
 - 시기 : 계절 변화, 수문 수리 변화, 생물 활동

- 횡수 : 단기 하천복원사업과 오랜 역사와 기간의 안정화된 자연 하천시스템
- 기간 : 합당한 결과 보장, 스스로 조성 진화, 대홍수 전후



<그림 3.1.1> 모니터링 계획의 일반적인 절차

(6) 모니터링 계획 수립

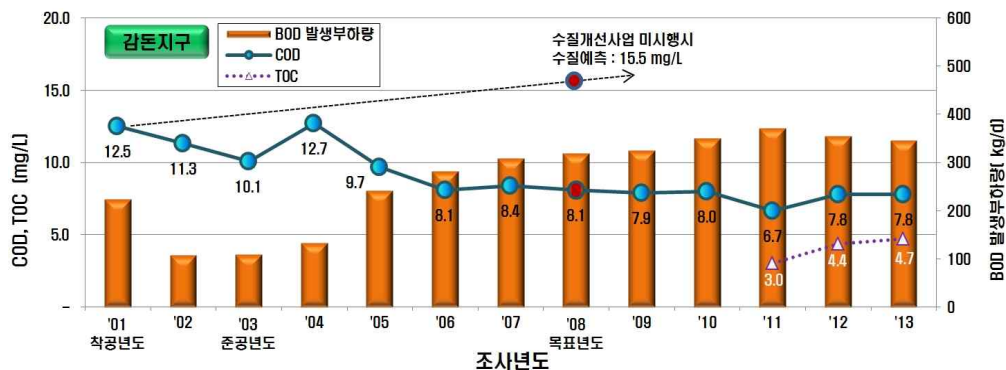
- 획일적이고 정형화되기 어려움
- 사업 목적과 범위에 따라 조정

<표 3.1.1> 주요 모니터링 조사항목 (건설교통부 2006; 국토해양부, 2009)

항 목			내 용
모 니 터 링	물리	수리	• 홍수 전후의 평면, 종단면, 횡단면 조사와 하도내의 여울·소, 사주, 하중도 등의 침식과 퇴적과 하도특성을 조사 • 사업구간의 수리적 대응도 및 안정성 • 입경분석 및 평수기와 홍수후의 하상재료 변화 조사 • 하도 지형 및 중형단(평, 홍수시)변화와 상하류 수리적 영향 분석 • 하천 시설에 대한 퇴적, 침식, 세굴조사
		형태	
		하도	
	화학	수질	• 사업구간 수질 및 저니질의 자정작용을 비롯한 개선 사항을 조사 • 조사항목 및 지점은 대상하천의 특성을 고려하여 설정함
		저니질	
	생물	식물	• 식물상, 식생 정착 및 천이과정 조사 • 저서무척추동물, 육상곤충, 어류, 양서파충류, 조류, 포유류의 생물상 및 천이과정 조사
		동물	
항공촬영		• 사업 대상하천 전체의 가시적인 변화과정 파악 • 식생 및 주요서식처의 상황파악	
적용기법 모니터링			• 적용기법의 수리적 대응도 및 안정성 분석 • 하천환경에 미치는 영향 분석 • 적용기법이 설계 의도와 부합하는지 여부의 평가 및 검증 • 향후 유사한 기법적용시 대안 제시

(7) 모니터링 시행

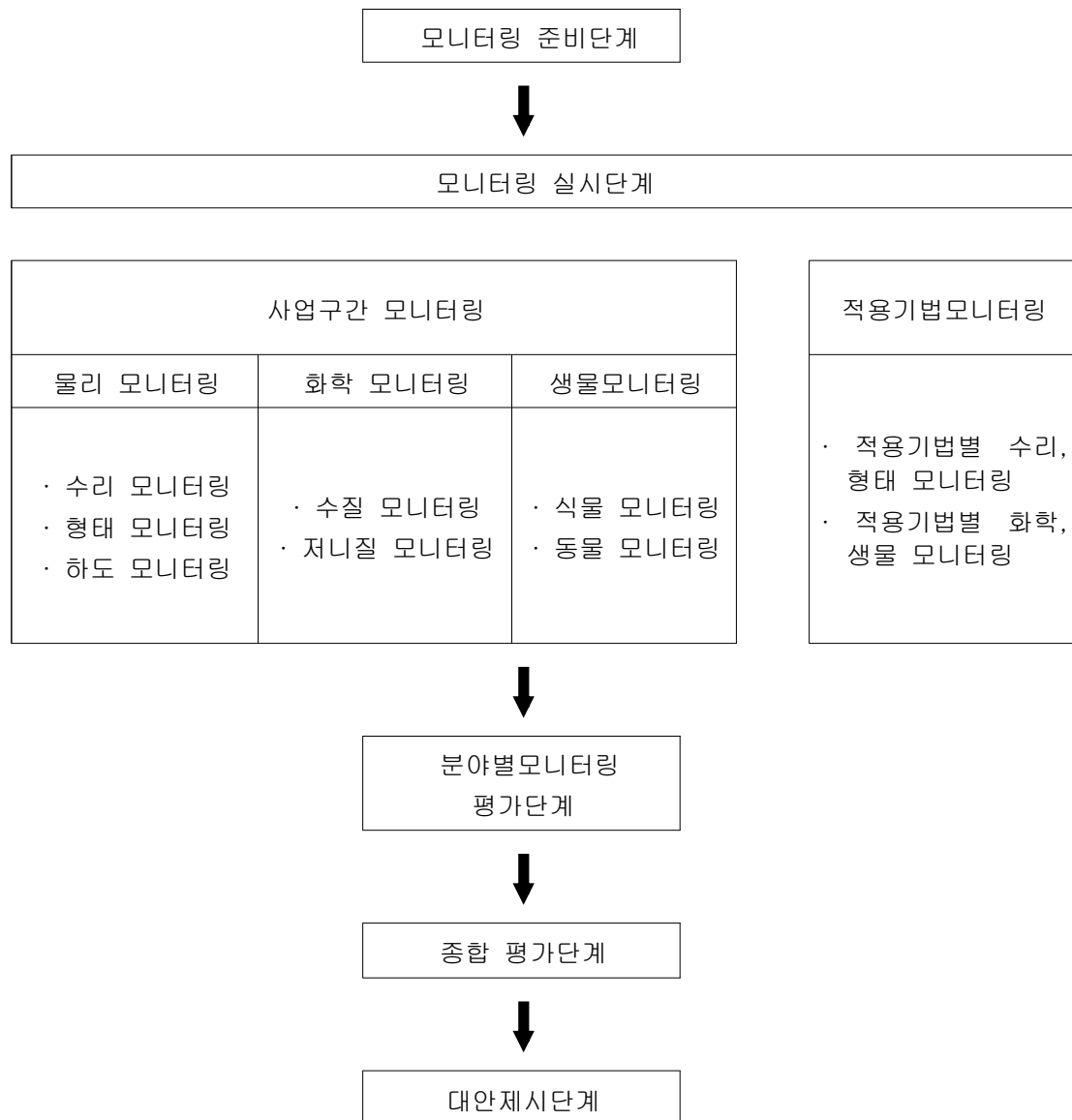
- 대상 : 하천복원사업 완료, 진행 중인 유역 특정 복원구간이나 복원 사업지
- 기간 : 사업 전, 중, 후 일련의 단계
- ① 공간 범위 : 물질, 에너지, 유기물의 이동과 물 에너지의 유역 개념
- ② 적용 공간 범위 : 중소하천, 중대하천의 분류와 지류 하천환경사업
- ③ 시간 범위 : 복원 대상에 따라 수년에서 수십 년이나 기본 3년 이상



<그림 3.1.2> 수질정화용 저수지 습지 : 5년 후 효과

*출처 : 농림수산식품부/한국농어촌공사(2012). 농업용수 수질개선지구 사후모니터링보고서,p56

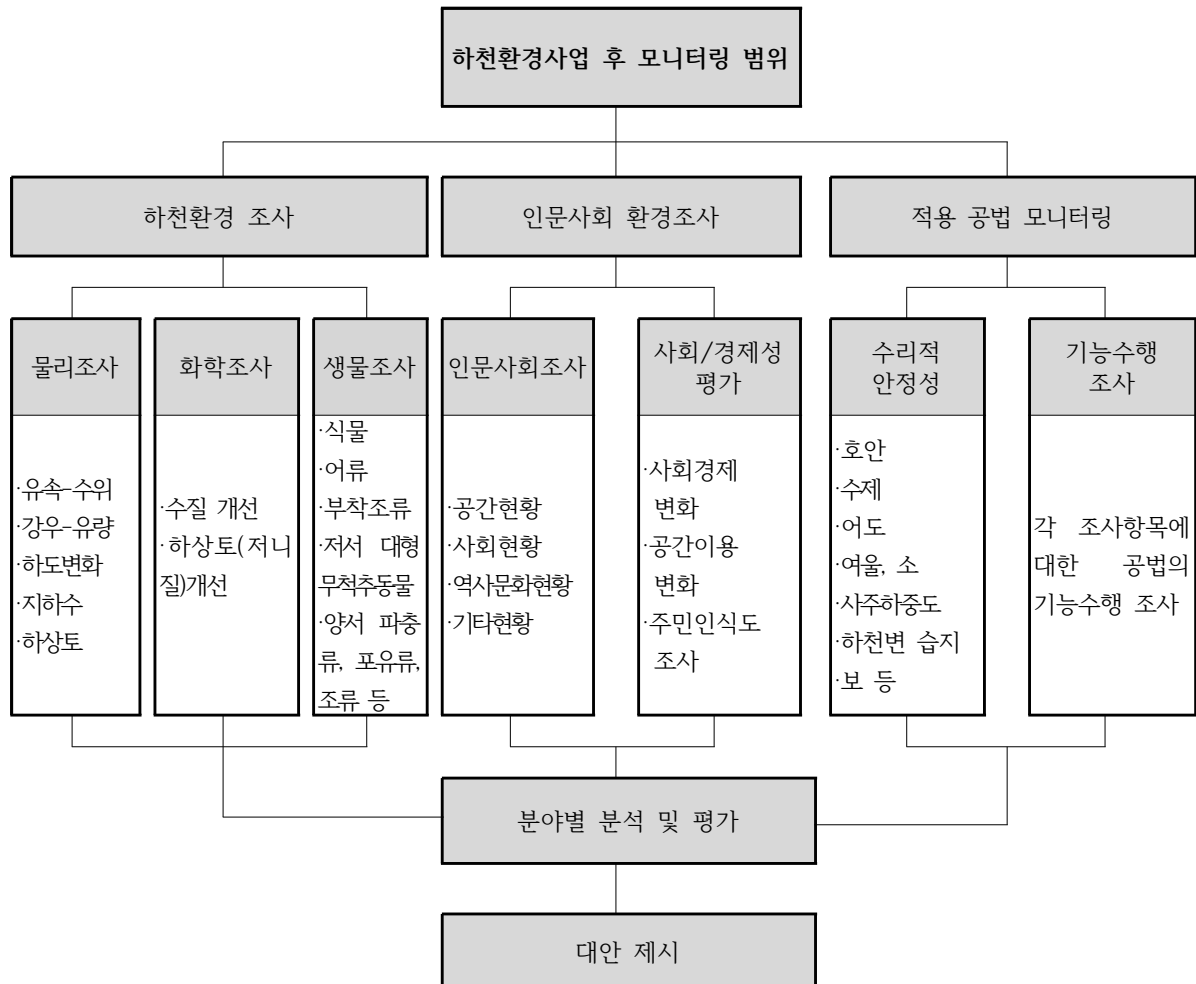
(8) 모니터링 시행 절차



<그림 3.1.3> 하천환경사업 모니터링 절차(국토해양부, 2009)

(9) 모니터링 조사 항목 및 방법

- 본 매뉴얼과 「하천설계기준·해설(한국수자원학회, 2009)」의 하천환경조사
- 4대강 모니터링 매뉴얼 및 조사결과(하도, 하천변 습지, 수질)
- 기존 복원하천 모니터링 및 평가 기법
- 본류와 지류 합류부 모니터링 및 평가 기법(본 연구)



<그림 3.1.4> 하천환경사업 후 모니터링 항목과 흐름도

*출처 : 국토교통과학기술진흥원/한국건설기술연구원, 2014

(10) 조사 지구 및 구간 선정

- 공간적 위계를 고려 조사지구 > 조사구간 > 조사지점 「하천설계기준·해설(한국수자원학회, 2009)」
- 중점조사 : 주요 대상 구간

(11) 조사 시기 및 일정

- 사계절, 조사항목 특성, 가뭄, 홍수, 태풍 등 하천 변화 사상 전후

<표 3.1.2> 물리조사 항목 및 시기(예)

조사항목		세부항목	방법	일정
물리조사	수리	수온, 유속, 수심, 유량, 홍수기조사	기상청 및 유량관측소 자료 이용 설계기준 5, 6, 7장 적용	월별 및 홍수기 조사
	수문	기온, 강수량, 증발산량		일별·월별 및 홍수기 조사
	형태	횡단, 평면, 종단형	측량 및 측량도	-
	하도	여울과 소, 사주, 수제 하도의 침식과 퇴적 기타특성(저수로와 고수부지 특성 등)	사진촬영 RCS지도 작성	계절별 및 홍수 후 조사
	하상재료	측량, 입경분포, 기타특성(유사분포)	설계기준 9장 적용	

*출처 : 건설교통부. 자연친화적 하천정비기법 개발, 2004

<표 3.1.3> 하천조사 일정 계획(예)

항목		실시기간(월)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
물리	수리	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	수문	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	형태	홍수기 전후에 2회 실시											
	하도	사진 촬영	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		RCS		○		○		○		○			
	하상재료		○		○		○		○		○		
	과거 홍수기록	사업 시작 초기에 시행											

*출처 : 건설교통부. 자연친화적 하천정비기법 개발, 2004

1.2 물리 모니터링

(1) 모니터링 개요

가. 수문·수리 모니터링

- 수문조사 목적 : 모니터링 구간에서 과거 계측된 강우와 수위 자료를 바탕으로 유황과 그 특성, 영향 파악
- 수리조사 목적 : 모니터링 구간에서 유속과 수심을 측정하고 유량을 산출하여 하도내 흐름과 하도 상태 파악
- 수문조사 일정 : 시간, 일 단위로 전국 각 수계 계측망에서 자동측정
- 수리조사 일정 : 기본 1개월 간격으로 실시하나 홍수 및 태풍 등 흐름에 변화가 있을 시 추가 실시
- 수리조사 지점 : 하천사업구간에서 흐름특성의 대표성을 보이는 구간의 시작점, 중간점, 종료점 등 세 횡단면으로 설정

나. 하도 모니터링

- 하도조사 목적 : 대상 유역의 자연적, 인위적 하상변동의 상태를 조사·분석하여 하상변동 및 수리적 안정성에 대한 영향 파악
- 하도 조사 일정
 - 모래하천 : 낙동강 감천과 구미보(2014.4.23~24, 6.17~18, 8.11~12, 9.18~19, 10.30~31, 2015.4.27~28)
 - 자갈하천 : 한강 섬강과 강천보(2014.4.23~24, 6.17~18, 8.11~12, 9.18~19, 10.30~31, 2015.4.27~28)
- 하도 조사 지점
 - 조사지 : 낙동강 감천 지류와 구미보, 한강 섬강 지류와 강천보(연 4회 조사)
 - 선정된 보 구간에서 본류의 보 상류와 보 하류 및 지류 하천

1) 낙동강유역 (구미보/감천합류 지점)	2) 한강유역 (강천보/섬강합류 지점)
	

<그림 3.1.5> 시범 모니터링 대상지와 범위

*출처 : map.daum.net/

(2) 조사 방법

가. 수문·수리 모니터링

- 수문 조사 방법
 - 국가 수자원관리종합정보시스템 웹사이트를 통해 해당 지점의 강우-수위 데이터를 추출하여 그래프로 도시화(2013년 이후 유량조사사업단 자료 연계)
- 수리 조사 방법
 - 유속측정 : 도섭이 가능한 구간에서 유속계를 이용하여 측정
 - 수심측정 : 도섭이 가능한 구간에서 유속 측정과 동시에 진행(스태프 이용)

나. 하도 모니터링 (걸어서 건너 갈 수 있는 중소하천 구간)

- 중·횡단측량
 - 선정된 모니터링 대상지점의 경년분석을 위해 기존 하천기본계획을 참고하여 과거 조사 지점과 동일한 위치에서 측량 실시. 도섭이 가능한 위치에서 진행
 - 측정된 측량 데이터를 이용한 중·횡단도 그래프의 도시화 및 결과 분석
 - 종단도의 경우 분류와 지류의 연계분석(도섭이 불가능한 분류 종단 자료는 유량조사사업단 하도 모니터링 자료 연계 활용)
- 사진촬영
 - 필요에 따라 현장사진을 이용한 현황과악 가능

◦ 하상재료 조사

- 수리 및 측량 조사 시 병행하여 현장 시료를 채취
- 모래 재료는 체분석, 자갈 재료는 격자 틀 사용 외에 평면 채취법 및 영상처리법을 이용하여 조사
- 과거와 조사 결과를 이용하여 입도분포곡선 도식

◦ 하천공간의 영상 조사

- 국토지리정보원 웹사이트 「국토공간영상정보서비스」를 통해 항공사진 검색
- 하천구역내 경년변화 비교 검토가 필요한 위치 및 촬영 일에 해당하는 자료를 추출하여 분석

다. 하도 모니터링 (걸어서 건너 갈 수 없는 중대하천 구간)

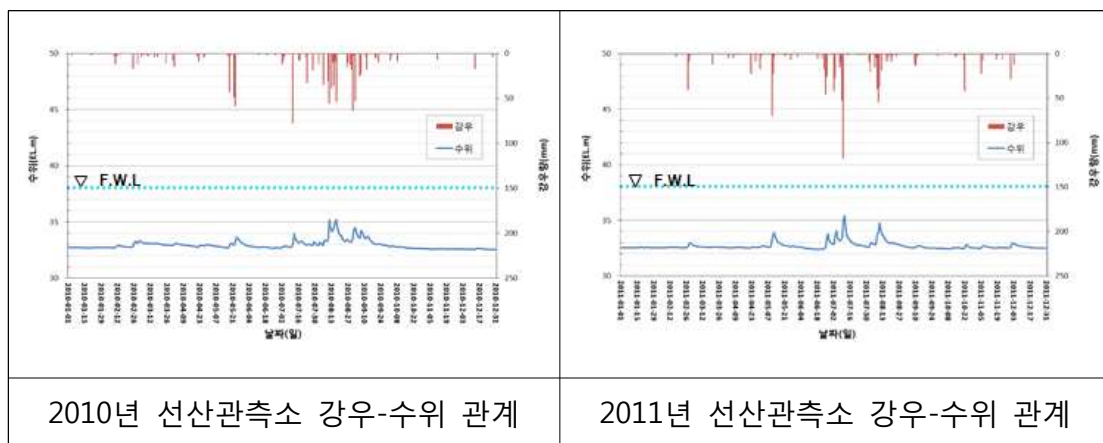
- 국토교통부 한강홍수통제소 주관 유량조사사업단의 하도 모니터링

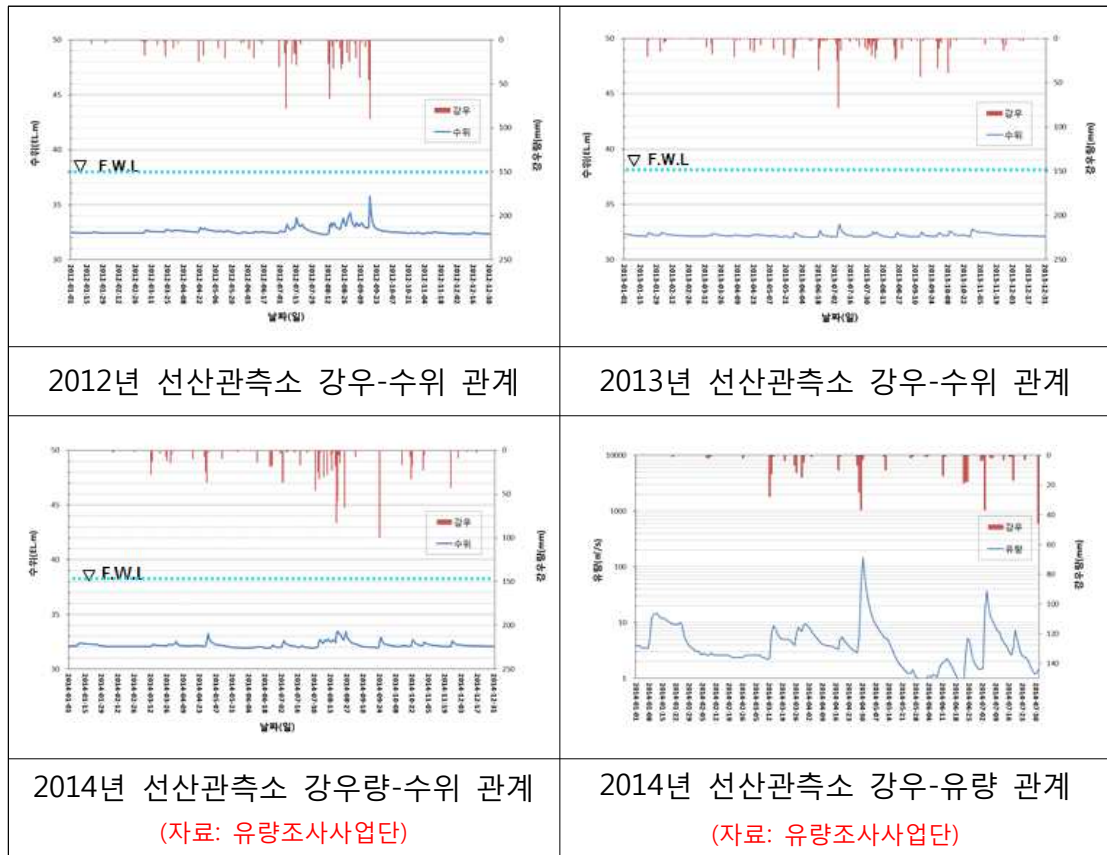
(3) 조사 결과 및 분석

가. 수문·수리 모니터링

- 수문 조사 결과(모래하상 하천)

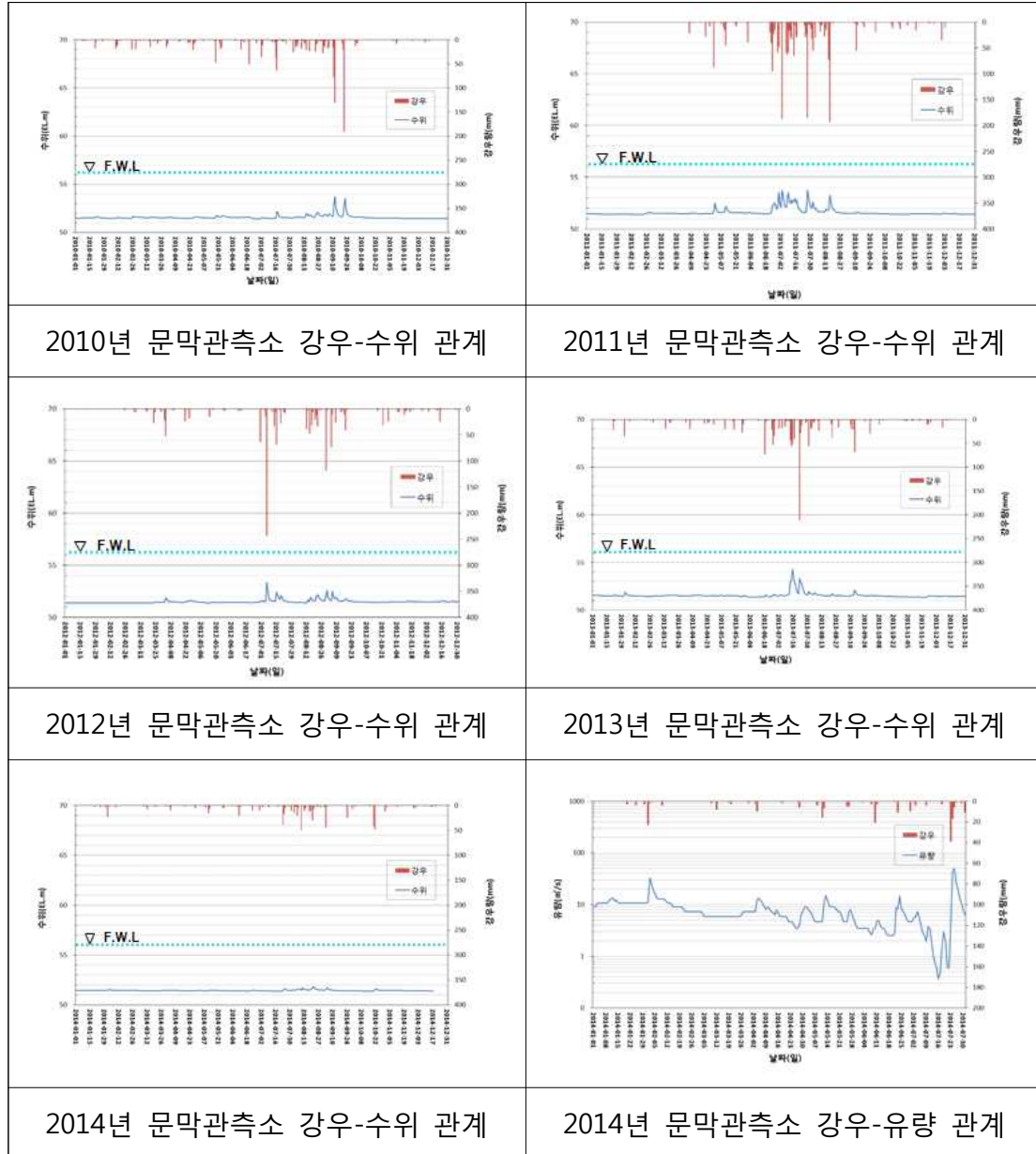
- 낙동강 구미보 인근 관측소 수문량 그래프(선산 관측소)





<그림 3.1.6> 낙동강 구미보(선산 관측소) 수문 모니터링 결과

- 수문 조사 결과(자갈하상 하천)
 - 한강 강천보 인근 관측소 수문량 그래프(문막 관측소)

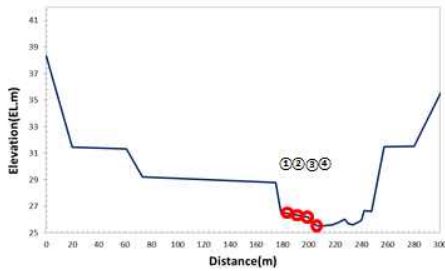
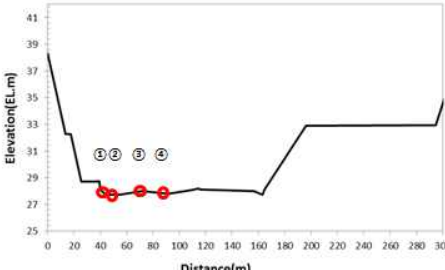
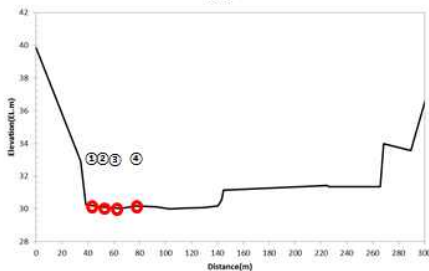
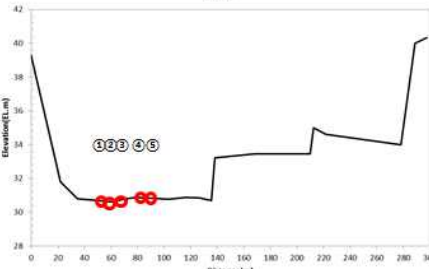


<그림 3.1.7> 한강 강천보(문막 관측소) 수문 모니터링 결과

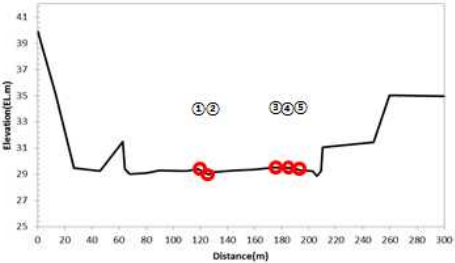
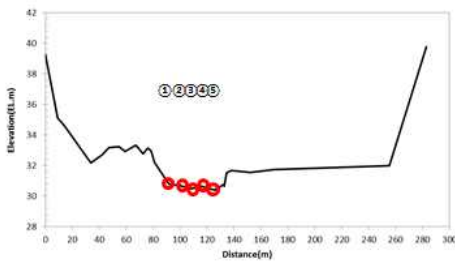
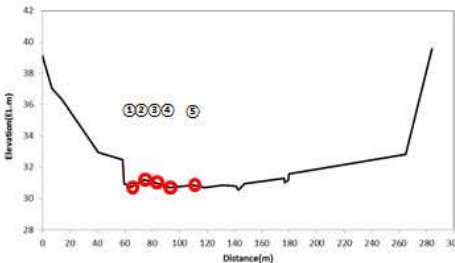
◦ 수리 조사 결과(모래하천)

- 낙동강 감천 하류의 측점별 수심·유속 측정 결과

<표 3.1.4> 낙동강 감천 하류의 측점별 수심·유속 측정 결과

측정일	측점	수심(m)	유속(m/sec)
2014년 4월 23일		① : 0.25 ② : 0.19 ③ : 0.29 ④ : 0.54	① : 0.35 ② : 0.70 ③ : 0.38 ④ : 0.88
2014년 4월 23일		① : 0.23 ② : 0.15 ③ : 0.23 ④ : 0.20	① : 0.55 ② : 0.47 ③ : 0.27 ④ : 0.48
2014년 4월 23일		① : 0.23 ② : 0.09 ③ : 0.17 ④ : 0.25	① : 0.55 ② : 0.47 ③ : 0.27 ④ : 0.48
2014년 4월 23일		① : 0.10 ② : 0.25 ③ : 0.10 ④ : 0.39 ⑤ : 0.23	① : 0.37 ② : 0.47 ③ : 0.34 ④ : 0.33 ⑤ : 0.60

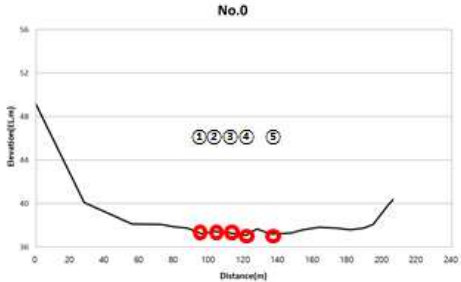
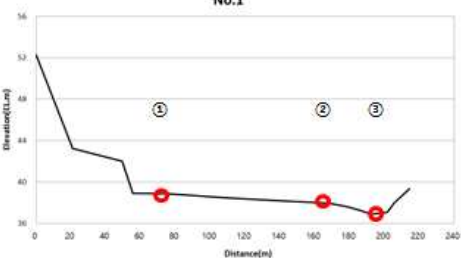
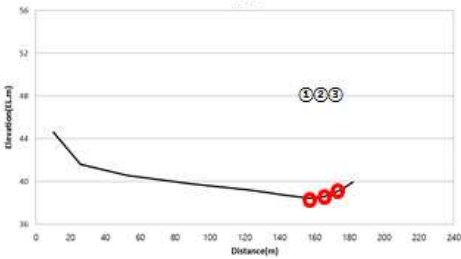
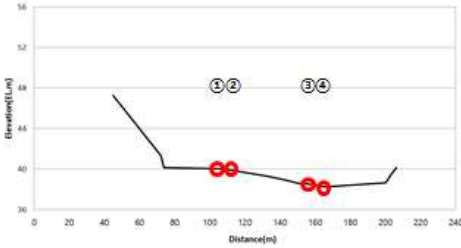
2014년 4월 23일		① : 0.27 ② : 0.17 ③ : 0.23 ④ : 0.25	① : 0.50 ② : 0.47 ③ : 0.51 ④ : 0.50
2014년 4월 23일		① : 0.20 ② : 0.33 ③ : 0.13 ④ : 0.20	① : 0.43 ② : 0.40 ③ : 0.37 ④ : 0.39
2014년 4월 23일		① : 0.33 ② : 0.40 ③ : 0.49	① : 0.46 ② : 0.78 ③ : 0.81
2014년 10월 30일		① : 0.72 ② : 0.55 ③ : 0.50 ④ : 0.57 ⑤ : 0.37	유속측정생략
2014년 10월 30일		① : 0.42 ② : 0.68 ③ : 0.33 ④ : 0.17 ⑤ : 0.47	

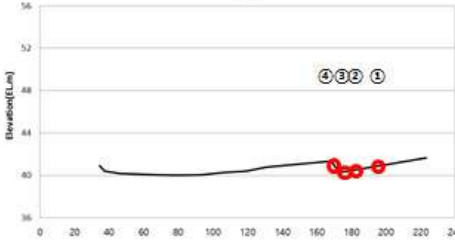
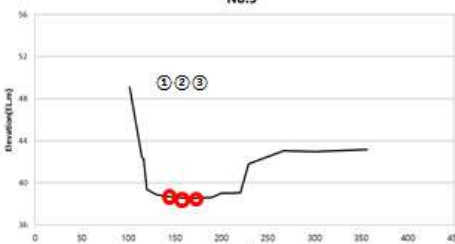
2014년 10월 30일	No.1+100m 	① : 0.36 ② : 0.48 ③ : 0.10 ④ : 0.24 ⑤ : 0.24	유속측정생략
2014년 10월 30일	No.6 	① : 0.66 ② : 0.56 ③ : 0.64 ④ : 0.57 ⑤ : 0.90	
2014년 10월 30일	No.7 	① : 0.54 ② : 0.26 ③ : 0.22 ④ : 0.44 ⑤ : 0.28	

◦ 수리 조사 결과(자갈하천)

- 한강 섬강 하류의 측점별 수심·유속 측정 결과

<표 3.1.5> 한강 섬강 하류의 측점별 수심·유속 측정 결과

측정일	측점	수심(m)	유속(m/sec)
2014년 4월 24일		① : 0.46 ② : 0.27 ③ : 0.69 ④ : 0.87 ⑤ : 1.03	① : 0.06 ② : 0.16 ③ : 0.17 ④ : 0.28 ⑤ : 0.19
2014년 4월 24일		① : 0.69 ② : 0.90 ③ : 0.56	① : 0.12 ② : 0.18 ③ : 0.16
2014년 4월 24일		① : 0.49 ② : 0.60 ③ : 0.74	① : 0.42 ② : 0.45 ③ : 0.60
2014년 4월 24일		① : 0.48 ② : 0.41 ③ : 0.70 ④ : 0.87	① : 0.12 ② : 0.15 ③ : 0.17 ④ : 0.23

2014년 4월 24일	No.4 	① : 0.18 ② : 0.42 ③ : 0.43 ④ : 0.40	① : 0.18 ② : 0.15 ③ : 0.47 ④ : 0.15
2014년 4월 24일	No.5 	① : 0.77 ② : 0.80 ③ : 0.85	① : 0.09 ② : 0.19 ③ : 0.18

2014년 10월 31일	No.0	① : 0.86 ② : 1.05 ③ : 0.56 ④ : 1.04 ⑤ : 0.87	유속측정생략
2014년 10월 31일	No.1	① : 0.66 ② : 1.20 ③ : 1.40 ④ : 1.20 ⑤ : 0.13	
2014년 10월 31일	No.5	① : 0.54 ② : 0.46 ③ : 0.53 ④ : 0.12	
2014년 10월 31일	No.6	① : 0.57 ② : 0.78 ③ : 1.03 ④ : 1.05 ⑤ : 1.13	

나. 하도 모니터링

- 중·횡단측량 조사 결과(모래하천)
 - 낙동강 유역 측량 조사 지점도



<그림 3.1.8> 낙동강 본류와 지류 감천의 하도 모니터링 조사 지점도

*출처 : map.naver.com/

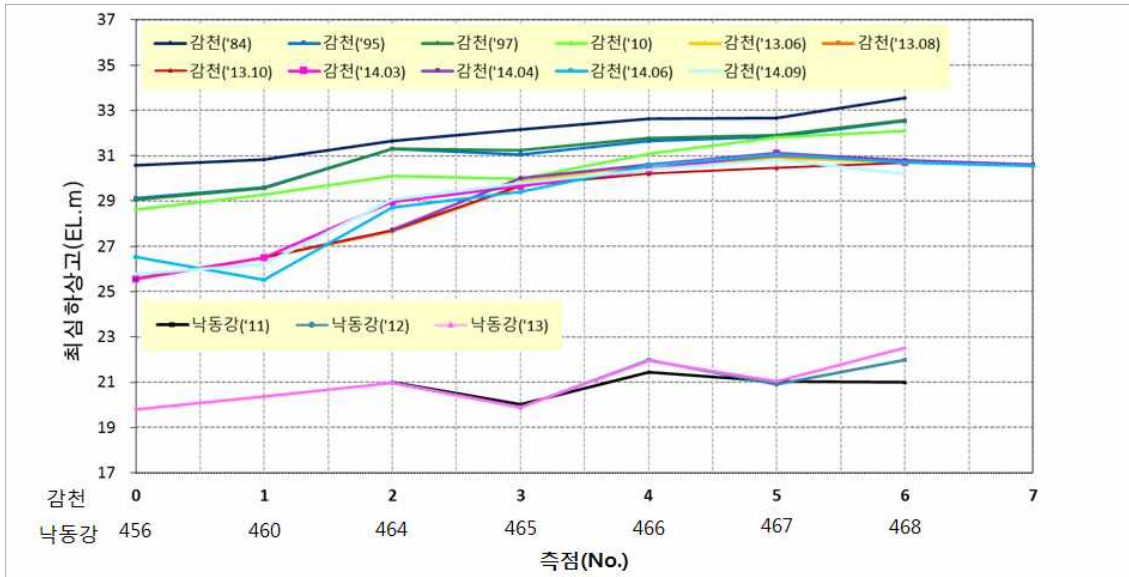
- 낙동강 본류·지류(감천)의 종단 최심 하상고의 조사 및 변화 분석
- 2013년 이후 큰 홍수가 없으나 낙동강 본류의 일부 구간을 제외한 대부분의 측점에서 최심 하상고 변화가 있음을 알 수 있음
- 특히, 2010년 이후 감천 최하류(No.0~No.2) 구간에서 급격한 하상저하 발생

<표 3.1.6> 감천 합류부에서 본류 주요지점의 종단 하상고 (유량조사사업단 자료)

하천명	측점 (No.)	누가거리 (m)	최심하상고(EL.m)		
			2011	2012	2013
낙동강	456	5,854			19.81
	460	3,775			20.38
	464	1,805	21.00	20.98	20.96
	465	1,378	20.01	19.89	19.89
	466	925	21.44	21.98	21.94
	467	502	21.04	20.91	21.04
	468	0	21.01	21.99	22.53

<표 3.1.7> 본류 합류부에서 감천 주요지점의 기존과 현재 하상고

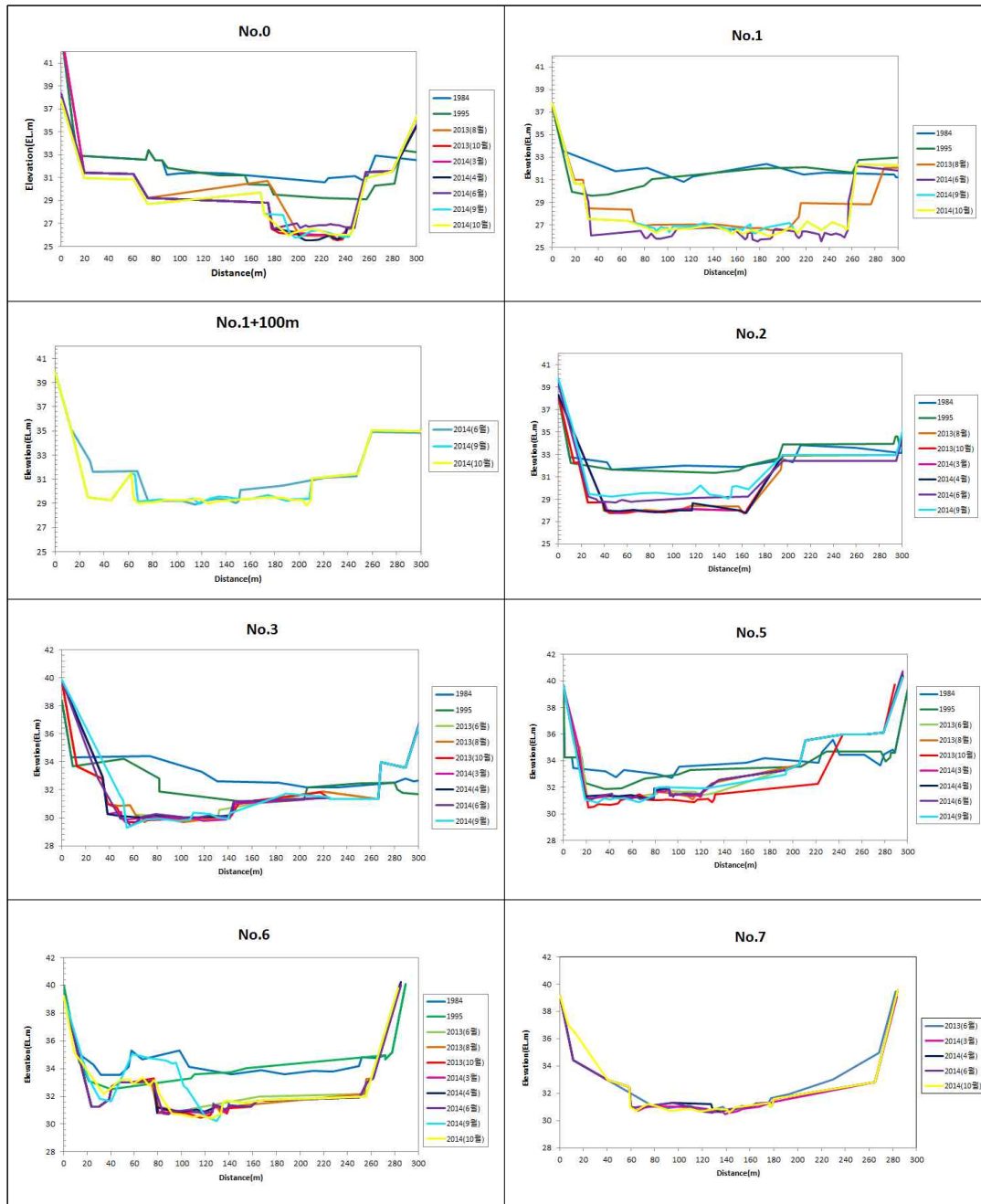
하천명	측점 (No.)	누가거리 (m)	최심하상고(EL.m)										
			1984	1995	1997	2010	2013.06	2013.08	2013.10	2014.03	2014.04	2014.06	2014.09
감천	0	0	30.58	29.12	29.07	28.61		25.59	25.56	25.55	25.52	26.54	25.76
	1	470	30.82	29.60	29.57	29.28		26.50	26.50	26.50		25.52	26.23
	2	1000	31.64	31.32	31.32	30.10		27.67	27.73	28.98	27.73	28.71	29.05
	3	1500	32.15	31.06	31.24	29.99	29.86	29.67	29.69	29.65	30.01	29.40	29.80
	4	2000	32.65	31.64	31.77	31.09	30.60	30.43	30.21	30.40	30.62	30.58	30.39
	5	2500	32.68	31.85	31.91	31.80	30.91	30.99	30.46	31.11	31.13	31.05	30.83
	6	3000	33.54	32.53	32.56	32.11	30.70	30.81	30.68	30.72	30.81	30.70	30.20
	7										30.60	30.56	



<그림 3.1.9> 낙동강 본류·지류 감천의 최심 하상고 경년변화

- 낙동강 유역 횡단측량 결과

- ① 낙동강 감천 2014년 4월, 6월, 9월, 10월 4회 모니터링 조사 결과 전 지점 1984년, 1995년과 비교시 뚜렷한 하상변동이 진행중임
- ② 2014년 10월 조사 결과 전회(9월) 조사에 비해 큰 변화는 없으나 No.0지점의 우안 하도 및 호안 침식 발생(하상유지공 직상류 일부구간 안정 추세).
- ③ 감천 합류부로부터 상류구간인 No.3~No.6 지점 보다 감천 하구 No.0부터 No.2지점의 하상변동이 비교적 크게 나타남
- ④ 9월 홍수 후 조사결과 No.1+100m(하상유지공 직하류) 구간에서 홍수 전 조사에 비해 좌안 저수호안 침식 발생 확인



<그림 3.1.10> 감천 기준과 현황 하천횡단 측량도(1984~2014)

◦ 중·횡단측량 조사 결과(일반 조사지)

- 한강 유역 측량 조사 지점도

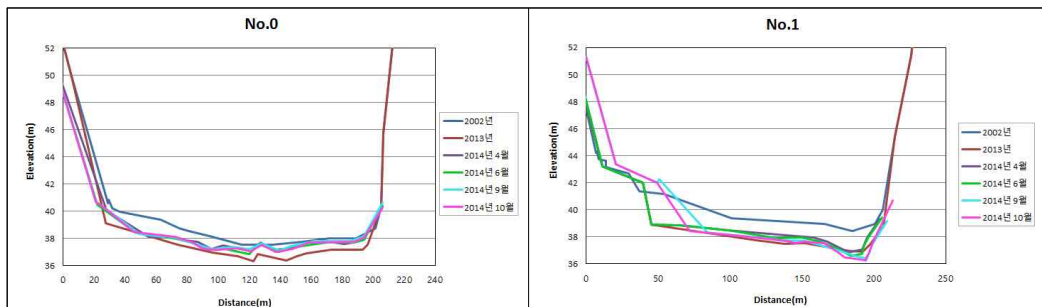


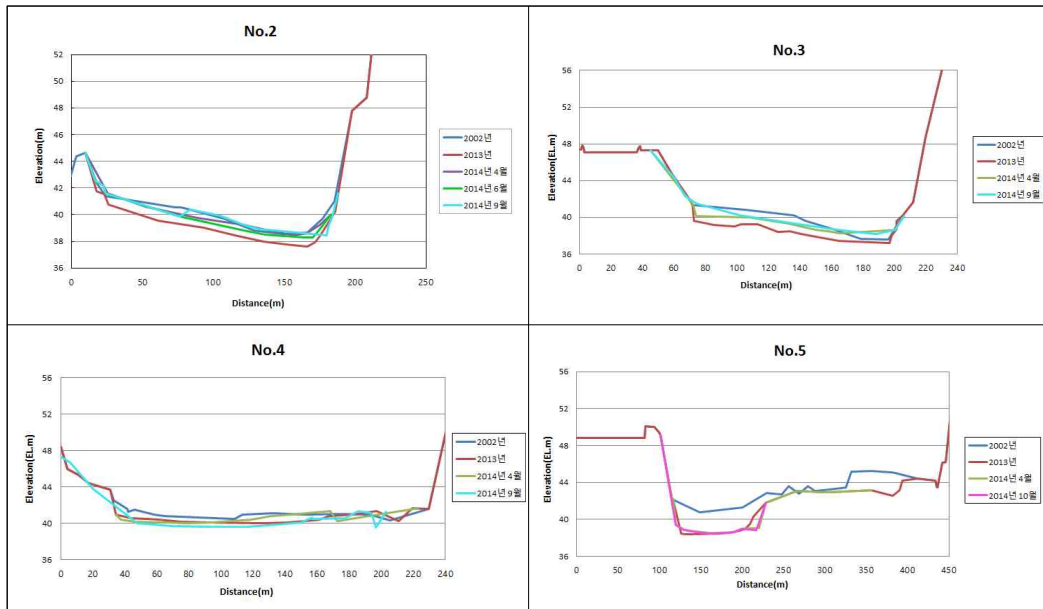
<그림 3.1.11> 한강 유역 측량 조사 지점도

*출처 : map.daum.net/

- 한강 유역 횡단측량 결과

- ① 한강 섬강 2014년 4월, 6월, 9월, 10월 4회 모니터링 진행
- ② 9월 조사 이후(홍수후)에도 큰 하상변동은 없는 상태임
- ③ 2002~2013년 사이 하상저하가 비교적 큰 폭으로 발생하였으나 2013년말 이후 홍수 미발생으로 눈에 띄는 하상변동은 없음
- ④ 모래하천(감천)에 비해 상대적으로 자연 및 인위적 하상변동이 크지 않음





<그림 3.1.12> 섬강 기존과 현황 하천횡단 측량도(2002~2014)

◦ 사진촬영 결과 정리

- ① 감천 전경 사진을 통해 낙동강 합류부의 지속적인 하상 저하 중
- ② 섬강 합류부의 하상 퇴적 증가추세에 있음



<그림 3.1.13> 감천 · 섬강 조사대상지 현황

◦ 하상재료 조사 결과

- 낙동강 유역 감천의 하상재료 분석(모래하천)

- ① 1997년을 기점으로 평균입경(D50)이 커지는 것을 확인할 수 있음. 따라서 하상재료의 침식이 진행되고 있음을 추정가능
- ② 2003년 데이터의 경우 평균치 범위에서 크게 벗어나는 것으로 보아 상대적으로 신뢰도가 낮은 자료로 판단됨
- ③ 1997년에서 2010년까지의 추이로 약 4년간 평균입경(D50)의 크기가 0.6mm에서 0.7mm로 0.1mm 증가하는 것을 알 수 있음
- ④ 2010년과 2014년의 평균입경 비교 결과 약 4년 사이 2배 이상 큰 폭으로 증가하고 있음

<표 3.1.8> 감천 하구지점의 하상재료 실험결과

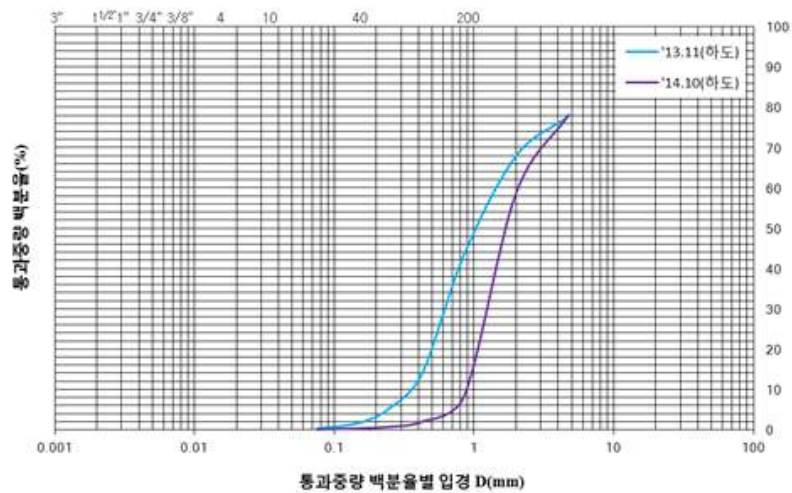
측점 No.	실험 년도	통과중량 백분율별 입경 D(mm)									
		D10 10%	D20 20%	D30 30%	D40 40%	D50 50%	D60 60%	D70 70%	D80 80%	D90 90%	D100 100%
0	1997	0.17	0.29	0.38	0.49	0.59	0.70	0.88	1.08	1.20	2.15
	2003	0.08	0.12	-	-	0.17	-	-	0.2	0.43	2
	2010	0.32	0.43	0.51	0.58	0.68	0.8	0.99	1.40	1.78	4.76
	2013 하도	0.55	0.78	0.98	-	-	-	2.07	-	-	5.0
	2013 좌안	0.7	0.91	1.01	-	-	-	1.76	-	-	4.85
	2014.03	0.68	0.95	1.30	1.60	1.90	2.50	3.20	4.50	-	-
	2014.06	0.50	0.68	0.80	1.00	1.25	1.30	1.70	1.98	3.0	5.0
	2014.09	0.52	0.75	0.90	1.00	1.25	1.32	1.65	1.80	2.0	5.0



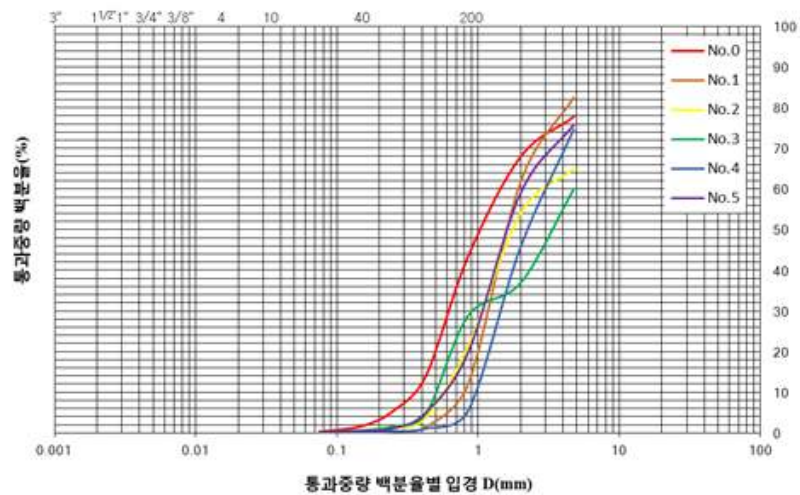
<그림 3.1.14> 감천('97~'14) 하구지점 입도분포곡선

- 한강 유역 섬강의 하상재료 분석(자갈하천)

- ① 자갈하상 하층부 모래하상 입도분석 결과 2013년에 2014년 입도가 굵어진 경향을 보임
- ② 낙동강 감천 모래하천에 비해 입도 변동폭이 상대적으로 크지 않음
- ③ 평면 채취법(자갈시료 채취)·영상처리법(사진분석)·격자틀법을 통한 자갈입경 분석결과 실측분석법인 평면 채취법이 가장 신뢰도 높은 결과도출



<그림 3.1.15> 섬강('13~'14) 하구지점 입도분포곡선



<그림 3.1.16> 섬강2013년 11월 입도분포곡선

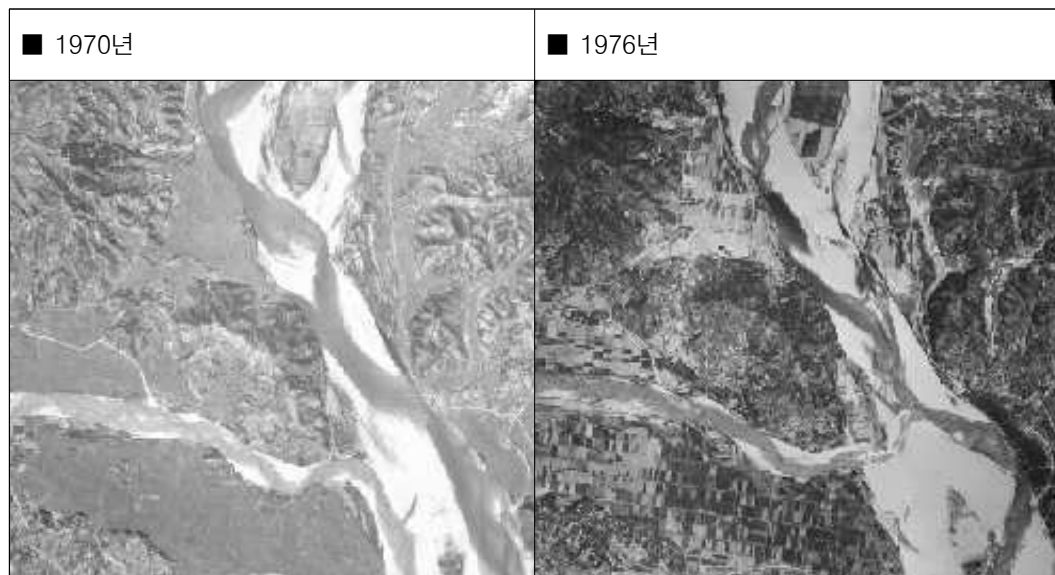
<표 3.1.9> 자갈하천 하상재료 분석법

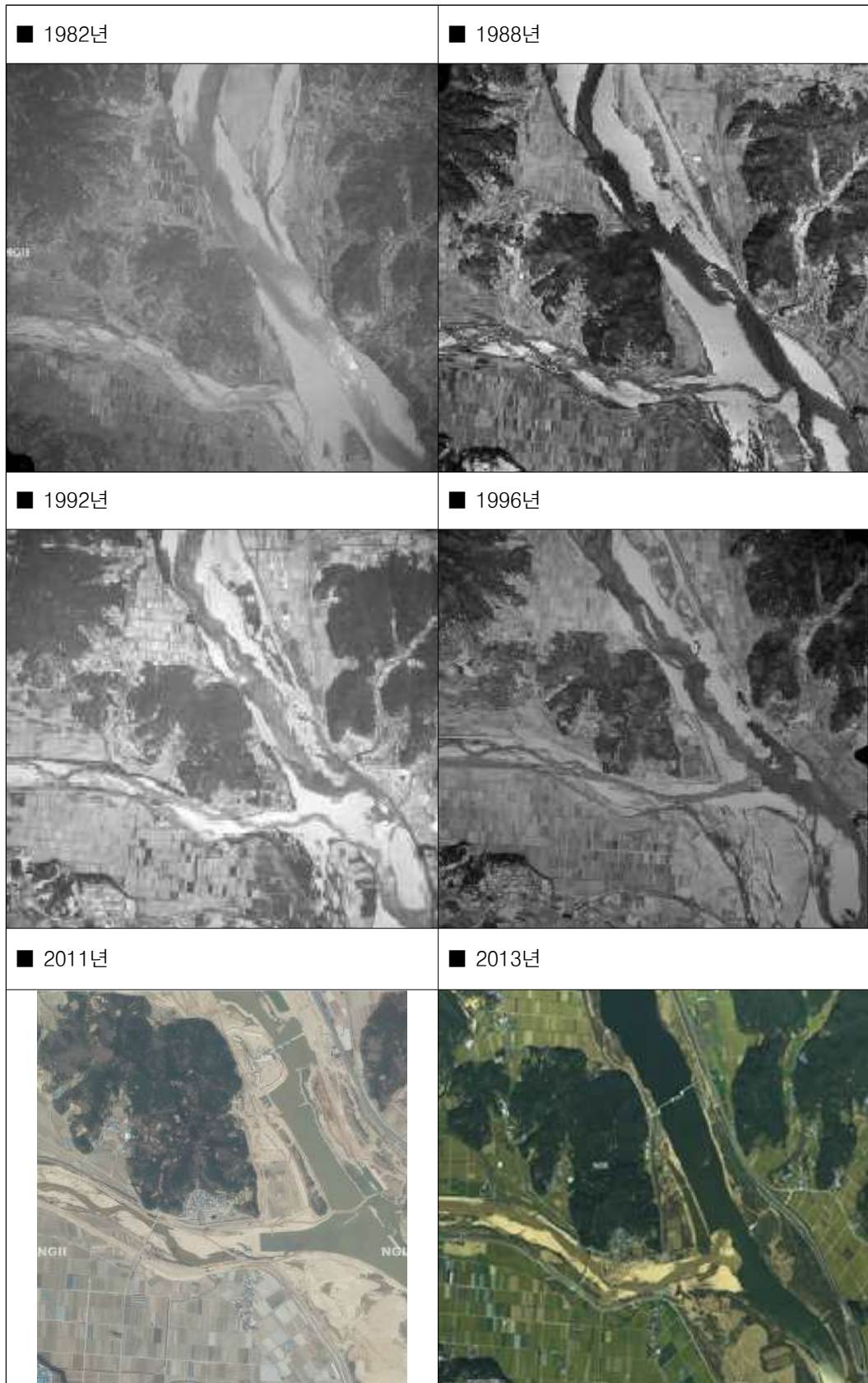
구분	평면 채취법	영상처리법	격자틀법
개요도			
분석방법	· 현장에서 약 50x50cm 범위 안의 시료를 채취하여 실내에서 자갈입도를 측정하는 방법	· 돌의 크기와 비교할 수 있는 사물(예: 동전)을 놓은 뒤 사진을 찍어 자갈입도를 측정하는 방법	· 10cm간격을 가진 50x50cm의 격자틀내 자갈의 장축및단축입경을 통해 측정하는 방법
특징	· 비교적 분석 방법이 간단 · 많은 측정과 분석 시간 필요	· 시료채취 과정이 없어 가장 간단 · 촬영각도에 따라 오차발생 가능 · 중량·직경 관계식 필요 $W = V_{\gamma} = \frac{\pi}{6} D_n^3 \gamma$	· 가장 보편화된 방법으로 간단 · 중량·직경 관계식 필요 $W = V_{\gamma} = \frac{\pi}{6} D_n^3 \gamma$
신뢰도	높음	보통	보통

◦ 하천공간 영상 조사 결과

- 낙동강·감천 합류부의 경년변화(모래하천)

<국토지리정보원, 감천 합류부 항공사진(1970, 1976, 1982, 1988, 1992, 1996, 2011, 2013년)>



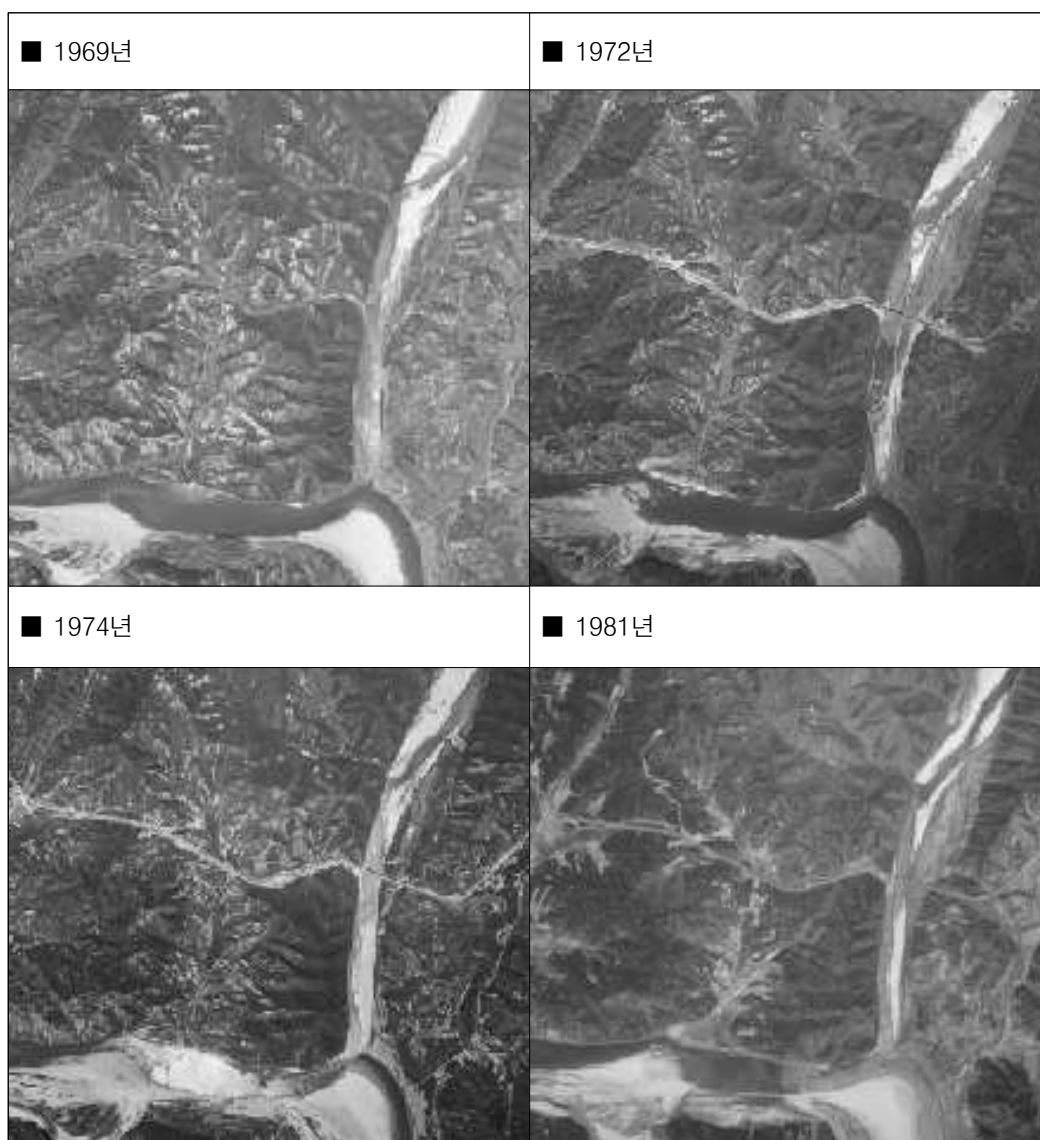


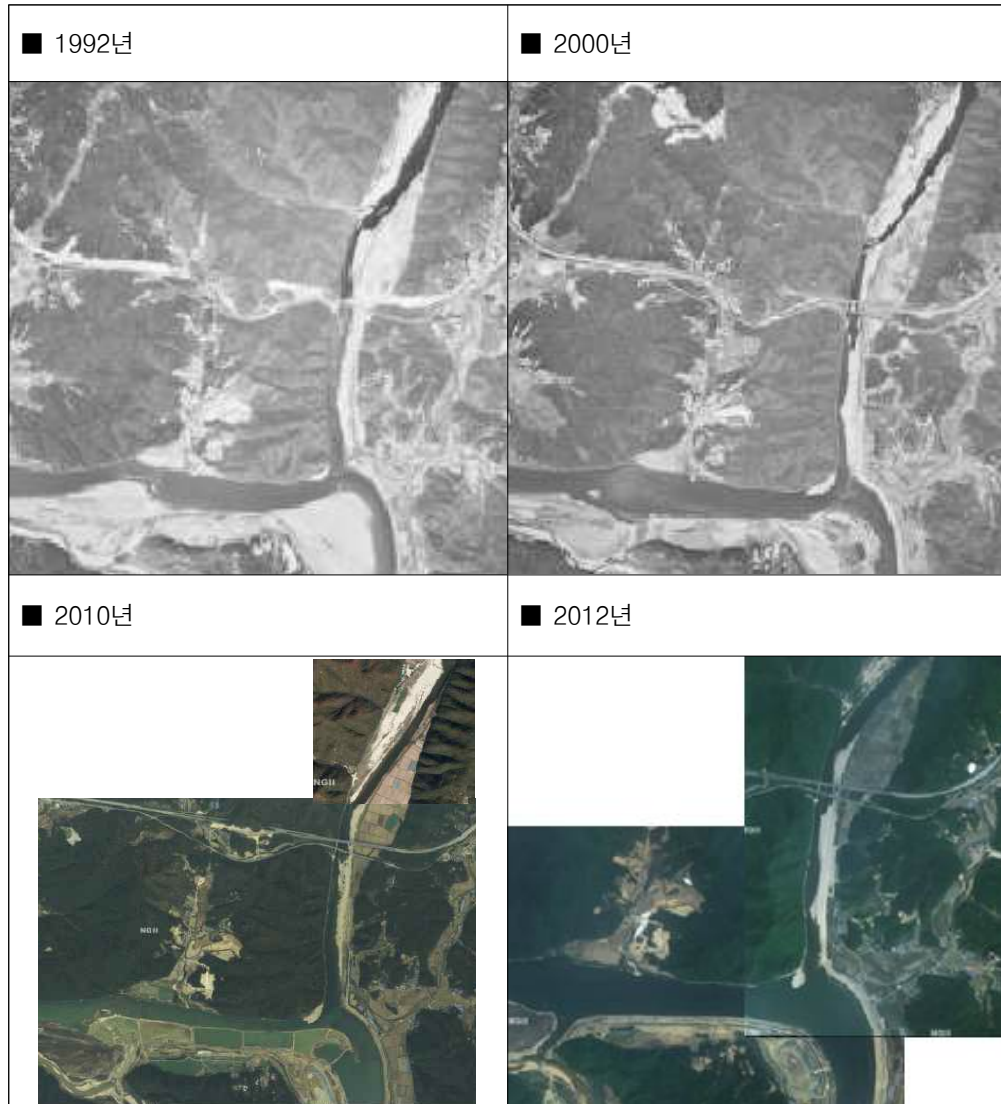
<그림 3.1.17> 감천 합류부 항공사진 경년변화

- ① 1970년대 항공사진과 1980년대 항공사진의 제방선 비교를 통해 1970년대는 완전제방이 아닌 불완전 제방이었을 것으로 추정되며, 1980년대 전후로 하천 정비사업이 이루어졌음을 확인 가능
- ② 1970년 항공사진을 통해 하도나 사주의 형상, 수로폭 등으로 미루어보아 촬영 시점에서 큰 강우와 홍수유출이 있었음을 추정
- ③ 1996년과 2004년 사이 감천 하류부근의 교량(남산교)이 축조된 이후로 남산교 하류 우안측 사주가 2004년 이후 감소 확인

- 한강·섬강 합류부의 경년변화(자갈하천)

<국토지리정보원, 섬강 합류부 항공사진(1969, 1972, 1974, 1981, 1992, 2000, 2010, 2012년)>





<그림 3.1.18> 섬강 합류부 항공사진 경년변화

- ① 1969, 1972년 항공사진 비교시 좌안 선명한 제방선 및 섬강교 완공
- ② 1960년대 1980년대 항공사진 비교 시 70년대 불완전 제방 조성
- ③ 1981년 전후로 하천정비사업이 이루어졌을 것으로 추측, 특히 섬강교 상류 좌안은 1992년 홍수 이후 제방 축조와 영농, 2013년 하천복원사업 시행
- ④ 2010년 항공사진은 4대강 사업에 의한 준설 공사가 진행 중임
- ⑤ 섬강 하류 하도 및 사주의 형상이 장기간(1969 ~2010) 유지되고 있는 것을 확인

1.3 화학 모니터링

(1) 모니터링 개요

가. 화학 모니터링의 목적

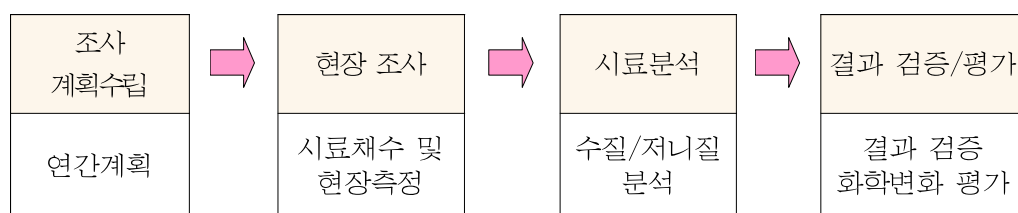
- 다양한 하천사업 시행에 따른 사업구간에서의 수질, 저니질 등 화학적인 특성의 변화를 파악하여 사업에 따른 수질 및 저니질 개선효과를 파악
- 지천으로부터의 오염원 유입에 의해 본류구간에서의 연계성을 파악하여 본류 혹은 지천의 수질 및 저니질 개선효과를 파악

나. 화학 모니터링의 의의

- 수질/저니질 특성변화는 하천사업의 목적 및 도입 기법 달성도 검토에 활용
- 수질모니터링, 저니질 모니터링을 포함한 도입된 기법들에 따른 하천의 변화특성을 파악하여 하천 적응관리를 위한 자료로 활용

다. 화학 모니터링의 절차

- 조사계획 수립→현장조사→시료분석→결과 검증/평가의 시행단계별 세부업무 지침을 제시하여 체계적이고 효율적인 모니터링 수행
- 수질조사계획 수립 단계부터 고려해야 할 사항, 수질조사시 사전체크 사항, 시료채수 및 보관 등 현장 수질조사 방법, 수질분석 방법, 결과 관리 등의 내용으로 차질 없는 모니터링 업무 수행



<그림 3.1.19> 화학 모니터링 업무절차(건설교통부, 2006)

(2) 조사 방법

가. 시료채취 시기 및 지점

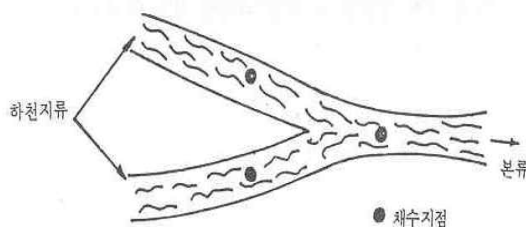
- 채취시기는 조사기관의 계획에 의거 실시하되, 가능한 수질이 안정되고 대표적인 상태라고 판단되는 때에 채수
- 시료채취시 채취장소, 수심, 채취시각, 채취방법 및 보존방법 등 채취조건을 채취일

지에 상세히 기록

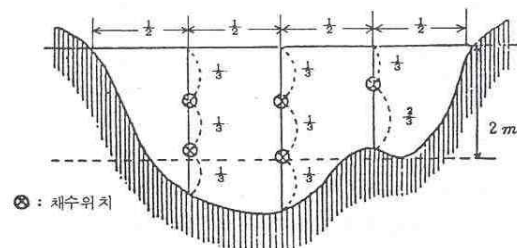
- 강우시에는 가능한 한 강우의 영향을 받지 않는 시기에 측정
- 주요지점에 대하여는 월별 또는 분기별로 적정하게 배분하여 특정 요일 또는 특정 월에 집중되지 않도록 조정
- 채취지점은 수질에 대한 대표성이 가장 큰 지역으로 선정

나. 시료채취 방법

- 시료 채취와 보존은 환경부 수질오염공정시험법에 의거하여 실시
- 채취한 시료는 분석 전 까지 조성의 변화가 일어나지 않도록 시행
- 시료는 시료의 성상, 유량, 유속 등의 시간에 따른 변화(폐수의 경우 조업상황 등)를 고려하여 현장물의 성질을 대표할 수 있도록 채취
- 수질 또는 유량의 변화가 심하다고 판단될 때에는 시료의 채취횟수를 늘리고, 채취 시의 유량에 비례하여 시료를 섞은 다음 단일시료로 사용
- 시료채취량은 시험항목 및 시험횟수에 따라 차이가 있으나 보통 3-5ℓ 정도로 채취
- 시료를 즉시 실험할 수 없어 보존하여야 할 경우 또는 시험항목에 따라 각각 다른 채취용기를 사용하여야 할 경우에는 시료채취량을 약간 증감
- 시료채취 정도관리는 환경부 수질측정망 운영계획의 수질측정망 시료채취 정도관리 방법에 준함
- 하천분류와 하천지류가 합류하는 경우에는 <그림 3.1.20>의 합류이전의 각 지점과 합류이후 충분히 혼합된 지점에서 각각 채수(건설교통부, 2006)
- 지점별 채수 시, 하천의 단면에서 수심이 가장 깊은 수면의 지점과 그 지점을 중심으로 하여 좌우로 수면폭을 2등분한 각각의 지점의 수면으로 부터 수심 2 m미만일 때에는 수심의 $\frac{1}{3}$ 에서, 수심이 2 m이상일 때에는 수심의 $\frac{1}{3}$ 및 $\frac{2}{3}$ 에서 각각 채수 <그림 3.1.21>(건설교통부, 2006)



<그림 3.1.20> 하천수 채수지점



<그림 3.1.21> 하천수 채수위치(단면)

(3) 수질조사 기준 및 방법적 차이

- 환경부에서 국가수질측정망을 통하여 국가수질모니터링을 운영하고 있으며, 수질측정의 목적에 따라 조사시기, 조사횟수, 조사분석 항목에서 차이 발생
- 특히 하천환경모니터링의 경우, 생물의 서식환경을 상세하게 조사하여야 하므로 일반 수질조사항목에 추가로 수온, TOC, 조류(Algae), 색도, 냄새 등을 추가로 수행
- 현재, 국토부에서 수행하는 특수지역의 화학특성 분석은 항목은 동일하나 조사횟수를 주1회로 분석함으로써 수질사고에 대비하기위한 목적이 뚜렷함
- 기준에 맞는 채수위치에서 채수하여 정확한 화학모니터링 수행

<표 3.1.10> 수질조사 분석항목 및 분석방법

구분	수질조사 기준	조사 분석항목	분석방법
환경부	생활환경 기준	pH, DO, BOD, COD, SS, 총인, 분원성대장균군수, 총대장균군수	현장 측정 및 실내 화학분석
	사람의 건강보호 기준	카드뮴(Cd), 비소(As), 시안(CN), 수은(Hg), 유기인, 폴리크로리네이티드비페닐(PCB), 납(Pb), 6가크롬(Cr6+), 음이온계면활성제(ABS), 사염화탄소, 1,2-디클로로에탄, 테트라클로로에틸렌(PCE), 디클로로메탄, 벤젠, 클로로포름, 디에틸헥실프탈레이트(DEHP), 안티몬	실내 화학분석
	일반 수질조사 기준(하천)	페놀류, 분원성대장균군수, 총대장균군수, pH, DO, BOD, COD, SS, 총질소, 총인, 수온, 전기전도도, NH3-N, NO3-N, DTN, DTP, PO4-P, 클로로필a, 중금속, 안티몬, ABS 등	현장 측정 및 실내 화학분석
	일반 수질조사 기준(호소)	일반 수질조사항목(하천) + TOC	현장 측정 및 실내 화학분석
	특수지역 수질조사(보인근)	일반 수질조사 항목(호소) + 생물독성(물고기, 조류, 물벼룩, 미생물), 탁도, VOCs 9종 조사	

<표 3.1.11> 조사지역에 따른 수질조사 방법

구분	기존 분석방법	개량 분석방법
사람이 채수 가능한 지역	수변 채수	조사자가 직접 채수
사람이 채수 불가능한 특수지역	수변 채수	선박을 이용한 수심별 채수

<표 3.1.12> 수질조사 분석항목 및 분석방법

구분			조사 분석항목	조사횟수
환경 부	국가 수질 측정 망 (일반)	일반 수질조사 항목(하천)	페놀류, 분원성대장균군수, 총대장균군수, pH, DO, BOD, COD, SS, 총질소, 총인, 수온, 전기전도도, NH3-N, NO3-N, DTN, DTP, PO4-P, 클로로필a	월1회
		일반 수질조사 항목(호소)	일반 수질조사항목(하천) + TOC	월1회
			중금속, 안티몬, ABS 등	연4회
		특수지역 수질조사 (보인근)	일반 수질조사 항목(호소) + 생물독성(물고기, 조류, 물벼룩, 미생물), 탁도, VOCs 9종 조사	월1회
국 토 교 통 부	특수 지역	구조물 주변(보) 수질조사	일반 수질조사 항목(호소) 조사	주1회
		하천환경 모니터링	일반 수질조사항목(하천) + 수온, TOC, 조류(Algae), 탁도, 색도, 냄새를 추가 조사	

- 구조물 주변(보)수질조사는 2012년부터 수질예보제와 조류 예보제를 도입
 - 수질예보 조사(주1회 수질모니터링과 주2회 클로로필-a조사)
 - 조류예보 조사(월4회 빈도로 측정하나 유입지천의 경우 총량측정 지점이 설치된 하천은 8일 간격, 그 외 일반 모니터링 지점은 월1회)

<표 3.1.13> 구조물 주변(보) 수질조사 분석 비교

시행부서	국토교통부	환경부
측정기관	- 수자원공사	-유역(지방)환경청, 4대강물환경연구소, 시·도(보건환경연구원), 한국수자원공사, 한국농어촌공사
측정시기	-일반측정망 중복지점은 월 1회(연 12회) -16개 보는 월 4회(연 48회)	-일반측정망은 월 월 1회(연 12회) -16개 보는 월 4회(연 48회) -146개 수질예보 지원 지점은 연 36회 이상(8일 간격)
지속성	-한시적	-지속적
측정구간	-16개 보 상·하류 분류 및 주요 지천 70개 지점(월간, COD 등 43개 항목), 16개 보 직상하류(주간, 조류 등 7개 항목)	-573개 하천측정망중 보 16개 지점 포함 (48회/연 측정빈도 상향) -보구간 수질 예측을 위한 모델 보검정 자료로서 573개 하천 수질 측정망 중 146개 지점
측정방법 및 항목	-수질오염공정시험방법(환경부) -수문관측 매뉴얼(국토교통부)』 -수질오염총량관리를 위한 목표수질/유량 측정사업 통합운영 지침(환경부)	

* 환경부 수질자료가 가용한 경우 환경부 자료를 이용

(4) 본천과 지천의 화학적 연계성

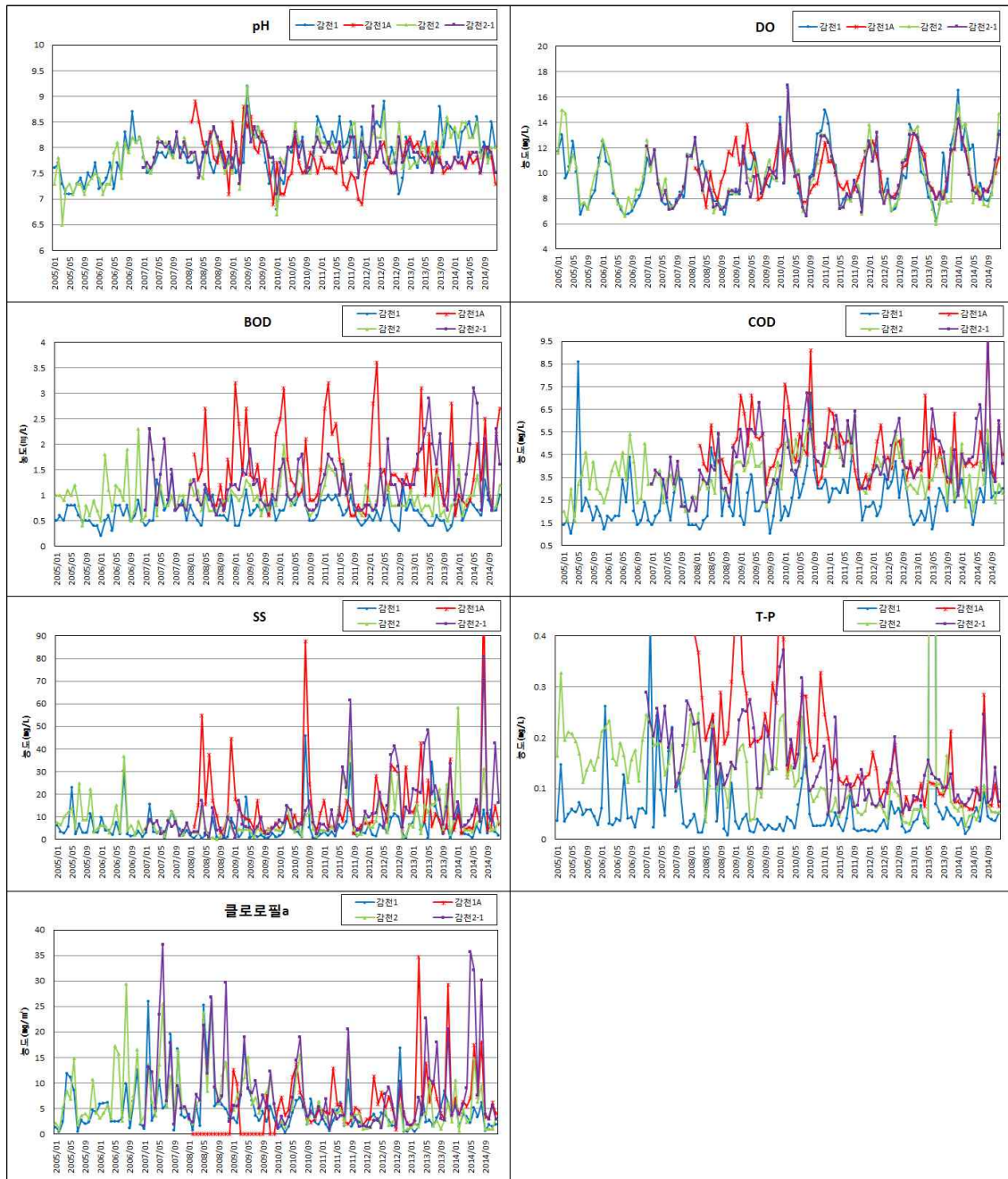
- 각 수계별로 수질조사가 이루어지고 있어 지천합류에 따른 수질변화의 연계성분석 미흡
- 4대강 사업이후 지천으로부터의 화학적 영향이 본천에 직접적인 영향을 미치게 되므로 중규모 지천에 대한 화학적 연계성 모니터링이 지속적으로 수행되어야 할 필요성 대두
- 4대강 수질사고 예방을 위한 지천내부 유입 오염원을 차단하기 위한 방안 마련 시급
- 모래하천 대상의 낙동강 분류 및 감천 합류부의 화학특성 분석 결과와 자갈하천 대상의 한강 분류 및 섬강 합류부의 화학특성 분석 결과를 다음과 같이 정리
- 자료는 환경부에서 측정·제공하는 수질측정자료(일반측정망) 활용
(<http://water.nier.go.kr>)
- 조사 대상 수질 측정망의 위치는 <그림 3.1.22>,<그림 3.1.26>과 같음
- 수질 측정 기간의 범위는 하천환경사업이 행해진 시기를 기점으로 정하였으며 2005년도부터 사업 후 2014년도까지 비교·분석
- 수질 검토 항목 : BOD, COD, SS(부유물질), T-P(총인), 클로로필-a



<그림 3.1.22> 낙동강 유역 수질 측정망 위치도(<http://water.nier.go.kr>)

가. 지류 수질 분석 결과

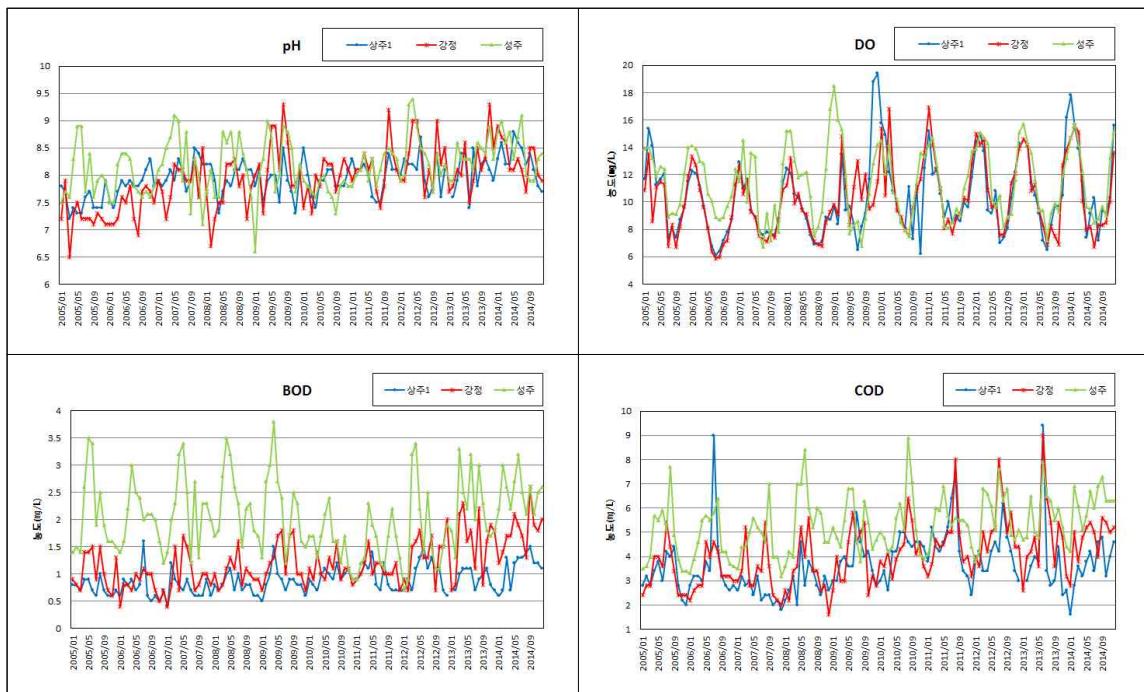
- 감천 본류 내 수질 측정망 : 감천1(감천대교), 감천1A(강포교), 감천2(선주교), 감천2-1(남산교)로 4개 지점에서 자동 측정
- 분석 결과
 - 감천1A지점에서 수질측정 항목 중, BOD, COD, SS, T-P가 타 지점과 비교하여 매우 높은 값을 나타내고 있어 유역으로부터 오염원유입(김천혁신도시 개발)이 일어나고 있는 것으로 나타남
 - 자연유하에 의해 감천2에서 낮아졌던 오염농도가 감천2-1에서 값이 다시 높아지는 이유 : 좌안측에서 유입되는 단계천의 영향(선산읍 도심구간을 통과하는 단계천의 유입에 기인하는 것으로 판단됨)

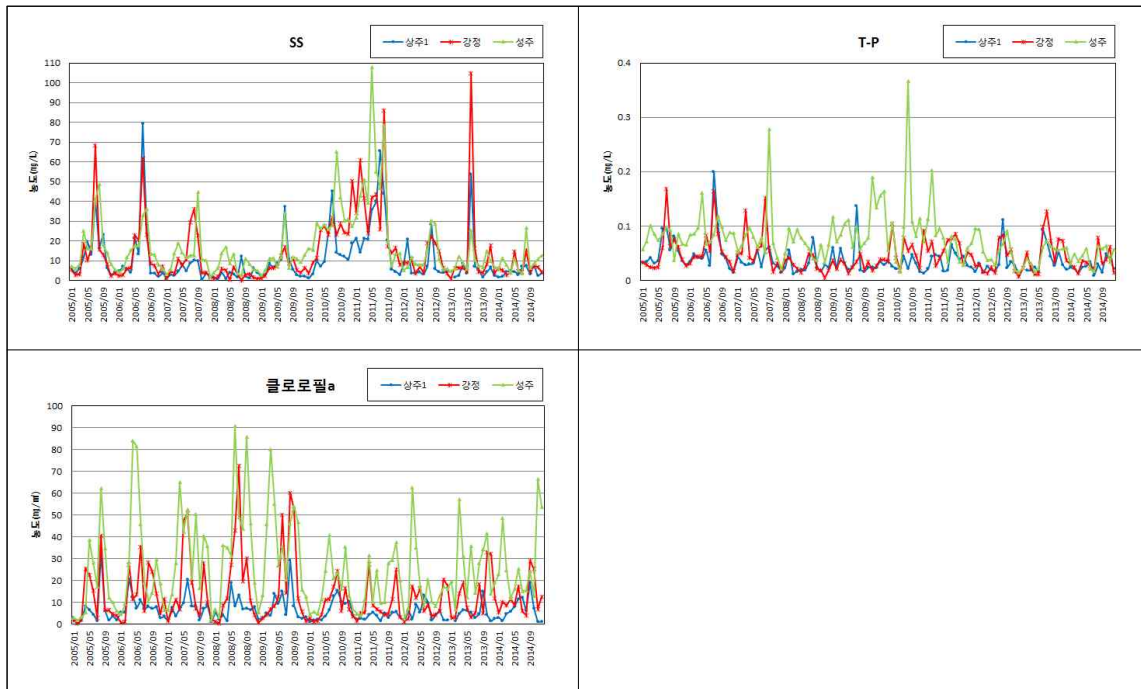


<그림 3.1.23> 감천 본류 수질

나. 본류 수질 분석 결과

- 낙동강 본류 유역 내 수질 측정망 : 상주1(상풍교), 상주2(중동교), 산곡(일선교), 강정(승선교), 성주(성주대교)로 5개 지점에서 자동 측정
- 분석 결과
 - 낙동강은 상류에서 하류로 내려갈수록 수질이 악화되는 대부분의 하천과 비슷한 양상을 나타내고 있듯 성주 지점으로 내려갈수록 수질이 악화되고 있는 양상을 보임
 - 각 지점별 수질을 보면, 상류에 위치한 상주1의 수질이 가장 양호하였으며, 중류 수질분석 지점인 강정에 이르기까지 도심부를 관통하는 병성천(상주), 감천(구미) 등 지천의 유입으로 수질이 약간 악화되는 현상을 나타냄
 - 특히, 중류(구미보 하류에 위치한 강정)에 비하여 하류(성주) 지점에서 수질(BOD, COD, 클로로필a 등)이 급격히 악화되고 있는 것으로 나타나고 있는데 이는 구미시로부터 오염원이 유입되고 있음을 반증하는 결과라 할 수 있음
 - 반면, 환경부 수질측정망 낙동강 최하류 측정지점이 성주(성주대교)로 이 지점보다 하류부에 대한 수질분석은 불가능한 실정임

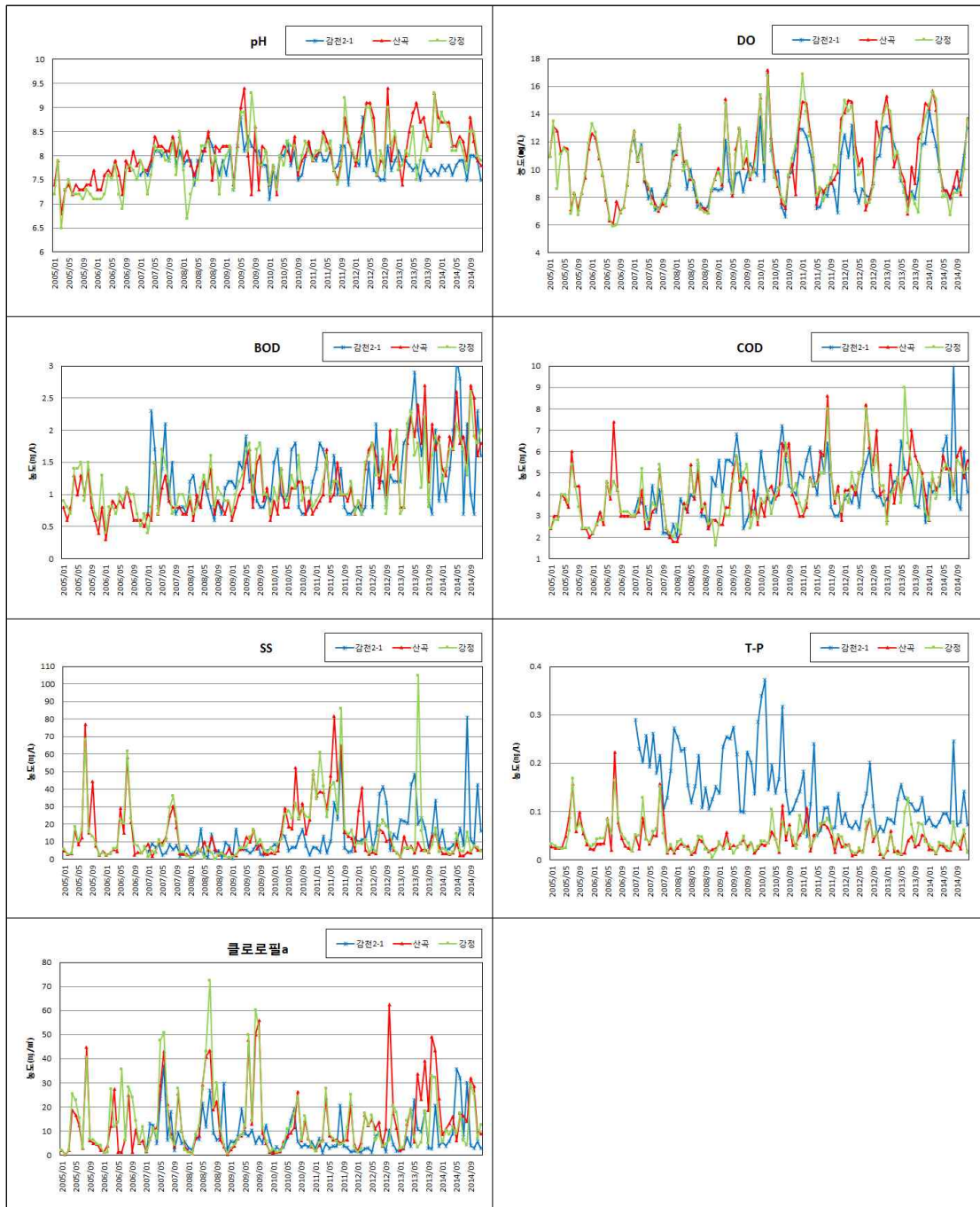




<그림 3.1.24> 낙동강 본류 수질

다. 지류 및 본류의 연계 분석

- 낙동강 본류 및 지류(감천)의 연계분석을 위한 측정망 : 구미보를 기점으로 상류부 측정지점인 낙동강 산곡(일선교), 하류부인 성주(성주대교)의 수질과 감천 최하류부인 감천2-1 수질자료를 비교 분석
- 분석 결과
 - 낙동강 본류보다 상대적으로 수질이 나쁜 감천이 유입되면서 낙동강 합류부 직하류에서 희석되어 감천 수질보다 약간 좋아지는 경향을 나타내고 있으나, 낙동강 본류만을 보게 된다면 수질이 오히려 악화되는 것으로 나타났으며, 낙동강 하류로 갈수록 수질은 더욱 악화되는 양상을 나타냄
 - 반면, 2005년부터 2012년까지의 분석 값보다 2013년 여름(6월부터 9월)의 수질 조사 결과가 급격히 상승하는 원인으로는 2013년에 유독 강우가 잦았던 것에 기인하는 것으로 판단되며 이는 강우-유량 관계에서도 보는 바와 같이 예년에 비하여 2013년도 강우가 작고 수위도 낮은 것으로 나타남
 - 특히 감천의 경우 낙동강에 비하여 수질이 나쁘지만 낙동강과 합류되어 희석됨으로 인해 각 항목별[BOD, 클로로필a(4대강사업이후 클로로필a는 많이 감소하고 있는 것으로 분석) 등]로 본천 합류부의 수질결과가 달리 나타나고 있음
 - 따라서, 지천의 수질이 본류에 지대한 영향을 미치고 있는 것으로 판단되며, 지천과 본류와의 화학적 연계분석을 위한 지속적인 모니터링이 요구됨



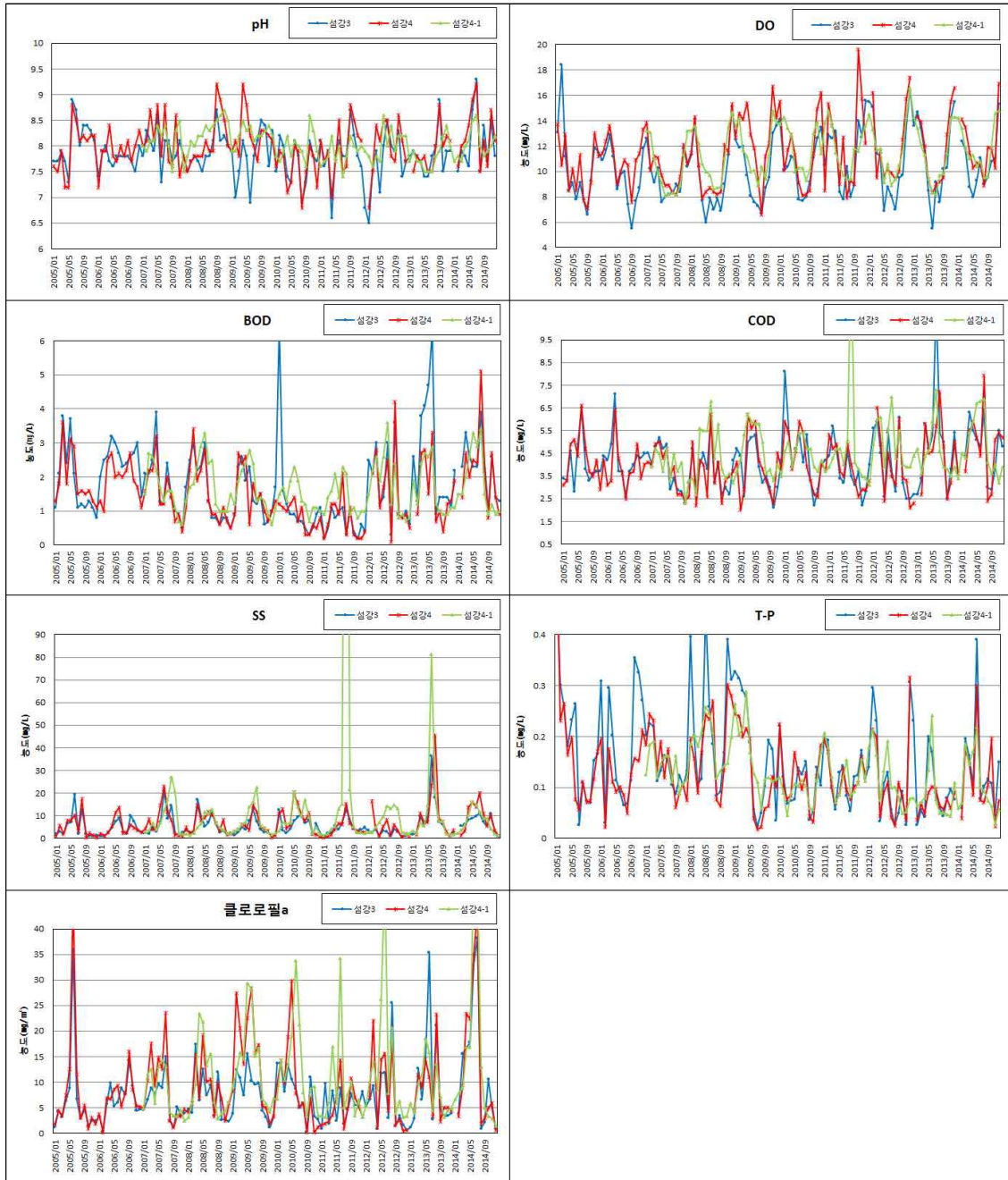
<그림 3.1.25> 낙동강 본류 및 지류와의 연계성 분석을 위한 수질



<그림 3.1.26> 한강 유역 수질 측정망 위치도(<http://water.nier.go.kr>)

라. 지류 수질 분석 결과

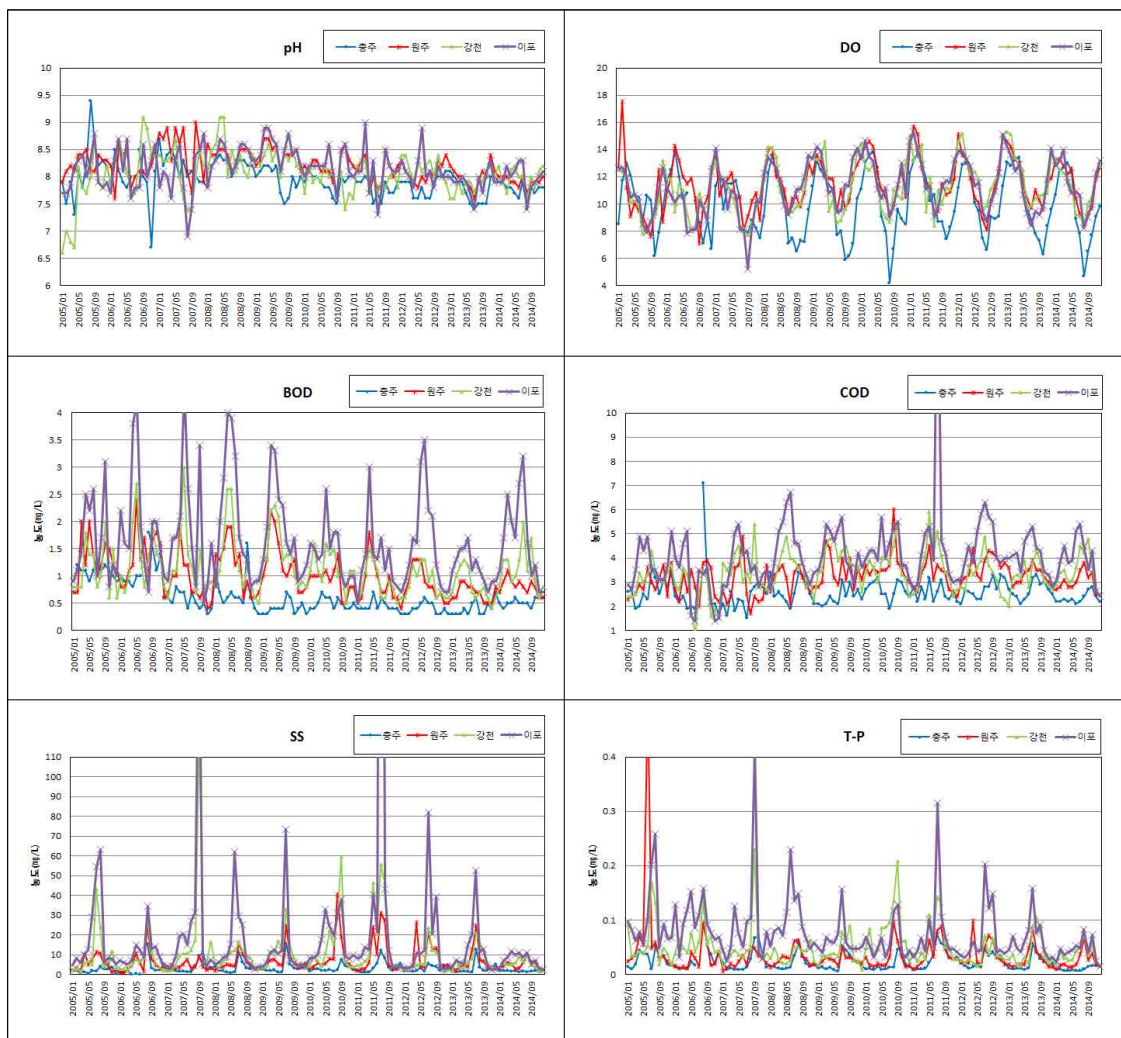
- 섬강 본류 내 수질 측정망 : 섬강3(지정대교), 섬강4(문막교), 섬강4-1(섬강교)로 3개 지점에서 자동 측정
- 분석 결과
 - 섬강3 지점에서 수질측정 항목 중 BOD, COD, T-P가 타 지점과 비교하여 비교적 높은 값을 나타내고 있어 유역으로부터 오염원유입(원주 지식기반형 기업 도시개발)이 일어나고 있는 것으로 나타남
 - 자연유하에 의해 섬강4에서 낮아졌던 오염농도가 섬강4-1에서 다시 높아지는 원인 : 섬강4 지점 직 하류 원주문막 일반산업단지 조성

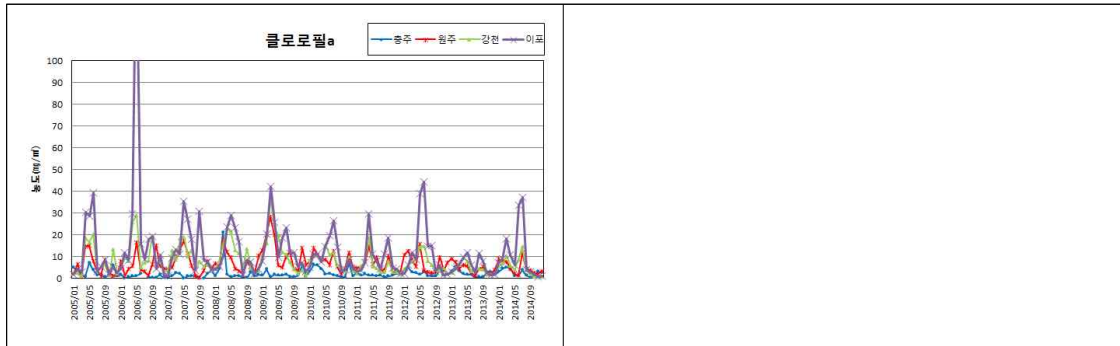


<그림 3.1.27> 섬강 본류 수질

마. 본류 수질 분석 결과

- 한강 본류 내 수질 측정망 : 충주(충원교), 원주(남한강대교), 강천(이호대교), 이포(이포대교)로 4개 지점에서 자동 측정
- 분석 결과
 - 상류 충주에서 중류에 이르기까지 보(이포보, 강천보)가 위치한 구간에서 수질이 급격히 악화되는 현상을 나타냄
 - 특히, 특정 구역 중 최하류에 위치한 이포지점이 강천지점에 비하여 수질이 좋지 않은 것으로 나타남 : (BOD, COD, 클로로필a 등)이 급격히 악화

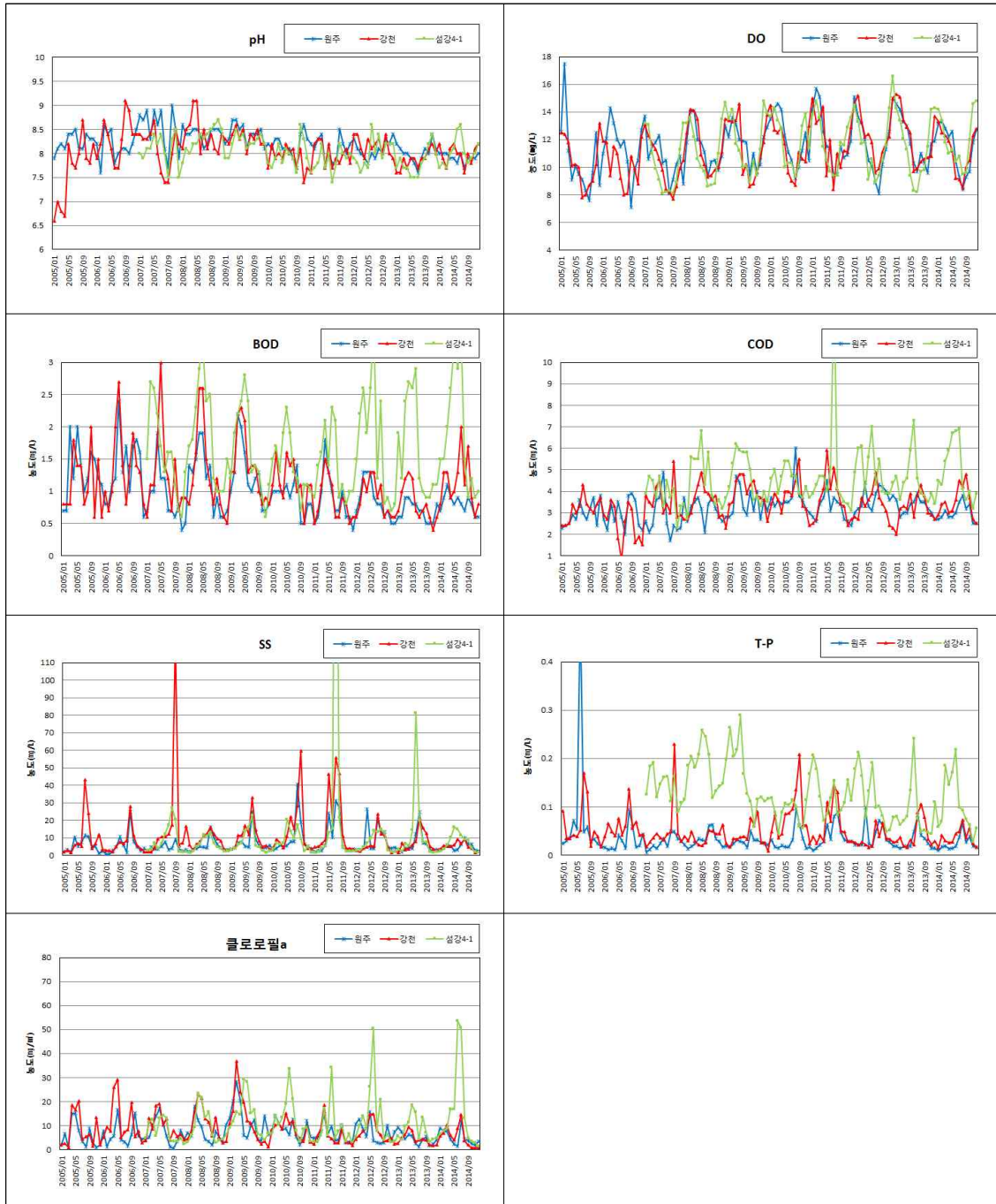




<그림 3.1.28> 한강 본류 수질

바. 지류 및 본류의 연계 분석

- 한강 본류 및 지류(섬강)의 연계분석을 위한 측정망 : 강천보를 기점으로 상류부 측정지점인 한강 원주(남한강대교), 하류부인 강천(이호대교)의 수질과 섬강 최하류부인 섬강4-1 수질자료를 비교 분석
- 분석 결과
 - 2012년 이후 섬강4-1의 BOD, 클로로필a 수치가 급격히 상승하는 원인
 - : 2013년에 유독 강우가 잦았던 것에 기인
 - : 강우-유량 관계에서 예년에 비해 2013년도 강우가 적고 수위도 낮음
 - 섬강은 한강과 합류되어 수질 희석
 - : BOD 한강에 희석되어 농도 저하
 - : 크로로필a 4대강 사업 이후 클로로필a는 많이 감소



<그림 3.1.29> 한강 본류 및 지류와의 연계성 분석을 위한 수질

1.4 생물 모니터링

(1) 모니터링 개요

가. 생물 모니터링의 목적

- 최종 목적
 - 중대하천에 적합한 모니터링 매뉴얼 개발
- 세부 목적
 - 기존 중소하천 대상 모니터링과 차별화된 매뉴얼
 - 중대규모 하천에 적합한 매뉴얼
 - 대형 보 및 댐 설치 하천에 적합한 매뉴얼
 - 국가적 규모의 DB구축 및 자료 관리를 개량한 매뉴얼
 - 사후 유지관리, 적응관리에 적용 가능한 매뉴얼

나. 참여 생물 분야

- 하천 생태계의 주요 생물구성 중에서 식물플랑크톤, 동물플랑크톤 및 미생물을 제외한 식물, 어류, 양서파충류, 포유류, 부착돌말류, 저서성대형무척추동물 및 조류를 모니터링 대상 생물로 선정

(2) 조사 방법

가. 조사 대상지

- 모니터링 매뉴얼 개발을 위하여 하천의 특성을 대표하는 모래하천 및 자갈하천에서 각각 1개 보를 선정하였음<그림 3.1.30>
- 선정된 보의 인근 하천을 유입하천으로 선정하였음
 - 모래하천 대상지 : 낙동강 구미보 - 감천
 - 자갈하천 대상지 : 한강 강천보 - 섬강
- 선정된 보에서 본류의 보 상류와 보 하류 및 지류 하천을 조사구간으로 선정
 - 보 상류 : 보로부터 본류 상류 0~2km
 - 보 하류 : 보로부터 본류 하류 0~2km
 - 지류 하천 : 본류 합류부로부터 상류 0~1km



<그림 3.1.30> 생물 모니터링 조사지

나. 조사 시기

- 원칙적으로 모래하천, 자갈하천 대상지의 계절별 조사를 실시하였음

<표 3.1.14> 생물분야별 조사 시기

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
계절	동계		춘계			하계				추계		동계
사업기간	(2015)					(2014)						
식물						●		●		●		
부착조류						●		●		●		●
저서성 대형무척추동물						●		●		●		●
어류						●		●	●			
양서·파충류 및 포유류						●		●		●		
조류	●					●		●		●		

(3) 조사 결과

가. 분야별 생물상 종합결과

- 낙동강-구미보 및 감천
 - 낙동강 구미보 상하류 조사지점과 지류하천(감천)의 생물상 조사 결과는 다음 표와 같음

① 식물 조사결과

<표 3.1.15> 낙동강 구미보 출현 식물

위치		보 상류		보 하류		감천	빈도 (%)
보로부터 거리 (m)		500	1,500	500	1,500		
국명	학명	GM-U5	GM-U15	GM-D5	GM-D15	GM-I	
개망초	<i>Erigeron annuus</i>	0	0	0	0	0	100
달맞이꽃	<i>Oenothera biennis</i>	0	0	0	0	0	100
명아자여뀌	<i>Persicaria nodosa</i>	0	0	0	0	0	100
물쭈	<i>Artemisia selengensis</i>	0	0	0	0	0	100
벚치	<i>Vicia villosa</i>	0	0	0	0	0	100
비수리	<i>Lespedeza cuneata</i>	0	0	0	0	0	100
쭈	<i>Artemisia princeps</i>	0	0	0	0	0	100
꽃마리	<i>Trigonotis peduncularis</i>	0	0	0	0	0	100
달뿌리풀	<i>Phragmites japonica</i>	0	0	0		0	80
망초	<i>Conyza canadensis</i>	0		0	0	0	80
명아주	<i>Chenopodium album</i> var. <i>centrorubrum</i>	0		0	0	0	80
미국가막사리	<i>Bidens frondosa</i>	0	0	0	0		80
배암차즈기	<i>Salvia plebeia</i>	0	0	0		0	80
버드나무	<i>Salix koreensis</i>	0	0	0		0	80
선버들	<i>Salix subfragilis</i>	0	0		0	0	80
소리쟁이	<i>Rumex crispus</i>	0	0	0	0	0	80
왕버들	<i>Salix chaenomeloides</i>	0	0		0	0	80
황새냉이	<i>Cardamine flexuosa</i>	0	0	0	0	0	80
갈풀	<i>Phalaris arundinacea</i>		0		0	0	60
강아지풀	<i>Setaria viridis</i>	0	0	0	0		60
개피	<i>Beckmannia syzigachne</i>	0	0	0		0	60
고들빼기	<i>Crepidiastrum sonchifolium</i>	0	0	0		0	60
꽃다지	<i>Draba nemorosa</i>	0	0	0	0	0	60
냉이	<i>Capsella bursapastoris</i>	0	0	0	0	0	60
도꼬마리	<i>Xanthium strumarium</i>		0		0	0	60
물억새	<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	0			0	0	60
바랭이	<i>Digitaria ciliaris</i>	0			0	0	60
벌노랑이	<i>Lotus corniculatus</i> var. <i>japonica</i>	0	0		0		60
벼룩이자리	<i>Arenaria serpyllifolia</i>	0	0		0		60
사철쭈	<i>Artemisia capillaris</i>		0		0	0	60
애괭이사초	<i>Carex laevissima</i>	0	0	0			60
애기부들	<i>Typha angustifolia</i>	0	0			0	60
자귀풀	<i>Aeschynomene indica</i>	0	0	0	0		60
주름잎	<i>Mazus pumilus</i>	0	0	0		0	60
지칭개	<i>Hemistepa lyrata</i>	0		0	0	0	60
췌	<i>Pueraria lobata</i>	0			0	0	60
콩다닥냉이	<i>Lepidium virginicum</i>	0		0		0	60
토끼풀	<i>Trifolium repens</i>	0	0	0	0		60
패랭이꽃	<i>Dianthus chinensis</i>	0	0		0		60
가시박	<i>Sicyos angulatus</i>			0	0		40
개구리자리	<i>Ranunculus sceleratus</i>	0		0			40
개미자리	<i>Sagina japonica</i>	0				0	40
개미취	<i>Aster tataricus</i>	0	0				40
개소시랑개비	<i>Potentilla supina</i>				0	0	40
골풀	<i>Juncus effusus</i> var. <i>decipiens</i>	0	0				40
독새풀	<i>Alopecurus aequalis</i>	0	0	0			40

<표 3.1.15> 낙동강 구미보 출현 식물(계속)

위치		보 상류		보 하류		감천	빈도 (%)
보로부터 거리 (m)		500	1,500	500	1,500		
국명	학명	GM-U5	GM-U15	GM-D5	GM-D15	GM-I	
물칭개나물	<i>Veronica undulata</i>	0		0		0	40
미국쑥부쟁이	<i>Aster pilosus</i>		0		0		40
박주가리	<i>Metaplexis japonica</i>	0		0		0	40
새콩	<i>Amphicarpaea bracteata</i> subsp. <i>edgeworthii</i>	0	0	0			40
서양민들레	<i>Taraxacum officinale</i>	0		0		0	40
속속이풀	<i>Rorippa palustris</i>		0			0	40
쇠별꽃	<i>Stellaria aquatica</i>		0			0	40
아까시나무	<i>Robinia pseudoacacia</i>	0	0	0			40
애기똥풀	<i>Chelidonium majus</i> var. <i>asiaticum</i>	0		0		0	40
왕고들빼기	<i>Lactuca indica</i>	0	0				40
이삭사초	<i>Carex dimorpholepis</i>	0	0				40
족제비싸리	<i>Amorpha fruticosa</i>		0		0		40
큰금계국	<i>Coreopsis lanceolata</i>	0	0				40
털점나도나물	<i>Cerastium pauciflorum</i>	0			0		40
환상덩굴	<i>Humulus japonicus</i>			0		0	40
흰제비꽃	<i>Viola patrinii</i>	0	0				40
갈대	<i>Phragmites communis</i>				0		20
개기장	<i>Panicum bisulcatum</i>		0				20
개불알풀	<i>Veronica didyma</i> var. <i>lilacina</i>		0				20
갯버들	<i>Salix gracilistyla</i>					0	20
고마리	<i>Persicaria thunbergii</i>				0		20
기생초	<i>Coreopsis tinctoria</i>	0		0			20
꽃향유	<i>Elsholtzia splendens</i>		0				20
끈끈이대나물	<i>Silene armeria</i>	0					20
다닥냉이	<i>Lepidium apetalum</i>				0		20
도루박이	<i>Scirpus radicans</i>	0					20
돌나물	<i>Sedum sarmentosum</i>	0					20
돌콩	<i>Glycine soja</i>		0				20
돼지풀	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>					0	20
뚜껑덩굴	<i>Actinostemma lobatum</i>					0	20
말냉이	<i>Thlaspi arvense</i>	0					20
말즘	<i>Potamogeton crispus</i>	0					20
매듭풀	<i>Kummerowia striata</i>			0			20
메꽃	<i>Calystegia sepium</i> var. <i>japonicum</i>				0		20
머느리밀씻개	<i>Persicaria senticosa</i>					0	20
벼룩나물	<i>Stellaria alsine</i> var. <i>undulata</i>				0		20
부들	<i>Typha orientalis</i>		0				20
붉은토끼풀	<i>Trifolium pratense</i>		0				20
비쑥	<i>Artemisia scoparia</i>		0				20
빽새귀리	<i>Bromus canadensis</i> subsp. <i>yezoensis</i>	0					20
뽕리뱅이	<i>Youngia japonica</i>	0					20
뽕나무	<i>Morus alba</i>				0		20
사위질빵	<i>Clematis apiifolia</i>	0					20
산딸기	<i>Rubus crataegifolius</i>					0	20
속털개밀	<i>Agropyron ciliare</i>		0				20
송이고랭이	<i>Scirpus triangulatus</i>	0					20

<표 3.1.15> 낙동강 구미보 출현 식물(계속)

위치		보 상류		보 하류		감천	빈도 (%)
보로부터 거리 (m)		500	1,500	500	1,500		
국명	학명	GM-U5	GM-U15	GM-D5	GM-D15	GM-I	
쇠뜨기	<i>Equisetum arvense</i>					0	20
실새삼	<i>Cuscuta australis</i>		0				20
실쑥	<i>Filifolium sibiricum</i>		0				20
이고들빼기	<i>Crepidiastrum denticulatum</i>	0					20
익모초	<i>Leonurus japonicus</i>				0		20
젓가락나물	<i>Ranunculus chinensis</i>					0	20
찔레꽃	<i>Rosa multiflora</i>				0		20
차풀	<i>Chamaecrista nomame</i>				0		20
참오글잎버들	<i>Salix siuzevii</i>					0	20
큰개불알풀	<i>Veronica persica</i>				0		20
키버들	<i>Salix koriyanagi</i>	0					20
타래사초	<i>Carex maackii</i>	0					20
총종수		65	55	39	45	48	

② 어류 조사결과

<표 3.1.16> 낙동강 구미보 출현 어류(투망과 족대 채집)

종명	학명	구미보		지류 감천	합계	RA(%)
		상류	하류			
잉어과	Cyprinidae					
붕어	<i>Carassius auratus</i>	6			6	1.5
납지리	<i>Acheilognathus rhombeus</i>	3			3	0.7
돌고기	<i>Pungtungia herzi</i>		1	5	6	1.5
참몰개	<i>S. chankaensis tsuchigae</i>	11	4	1	16	3.9
누치	<i>Hemibarbus labeo</i>	6	6	15	27	6.7
참마자	<i>Hemibarbus longirostris</i>			3	3	0.7
모래무지	<i>Pseudogobio esocinus</i>	19	8	26	53	13.1
흰수마자	<i>Gobiobotia nakdongensis*</i>			3	3	0.7
피라미	<i>Zacco platypus</i>	25	43	73	141	34.7
꼬리	<i>O. uncirostris amurensis</i>	9	10	43	62	15.3
강준치	<i>Erythroculter erythropterus</i>	1	2		3	0.7
미꾸리과	Cobitidae					
기름종개	<i>Cobitis hankugensis</i>			1	1	0.2
깍지과	Centropomidae					
쏘가리	<i>Siniperca scherzeri</i>		1		1	0.2
검정우럭과	Centrarchidae					
배스	<i>Micropterus salmoides</i>	7	2		9	2.2
블루길	<i>Lepomis macrochirus</i>	2	10		12	3.0
동사리과	Odontobutidae					
동사리	<i>Odontobutis platycephala</i>	2			2	0.5
망둑어과	Gobiidae					
밀어	<i>Rhinogobius brunneus</i>	6	2	9	17	4.2
민물검정망둑	<i>Tidentiger brevispinis</i>	10	19	12	41	10.1
과 수		4	4	3	6	
종 수		13	12	11	18	
개체수		107	108	191	406	

<표 3.1.17> 낙동강 구미보 출현 어류(통발 채집)

종명	학명	구미보 상류 및 하류			합계	RA(%)
		1차	2차	3차		
잉어과	Cyprinidae					
잉어	<i>Cyprinus carpio</i>	12			12	1.3
붕어	<i>Carassius auratus</i>	10	7	2	19	2.1
참물개	<i>S. chankaensis tsuchigae</i>			1	1	0.1
누치	<i>Hemibarbus labeo</i>	15	10	30	55	6.0
모래무지	<i>Pseudogobio esocinus</i>	5	8	12	25	2.7
피라미	<i>Zacco platypus</i>			1	1	0.1
고리	<i>O. uncirostris amurensis</i>	8	4		12	1.3
강준치	<i>Erythroculter erythropterus</i>	1		8	9	1.0
동자개과	Bagridae					
동자개	<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>	145	90	55	290	31.5
눈동자개	<i>Pseudobagrus koreanus</i>	7	15	6	28	3.0
대농갱이	<i>Pseudobagrus emarginatus</i>	40	45	30	115	12.5
메기과	Siluridae					
메기	<i>Silurus asotus</i>	187	110	24	321	34.9
꼭지과	Centropomidae					
쏘가리	<i>Siniperca scherzeri</i>	6	10	3	19	2.1
검정우럭과	Centrarchidae					
배스	<i>Micropterus salmoides</i>	1			1	0.1
망둑어과	Gobiidae					
갈문망둑	<i>Rhinogobius giurinus</i>			2	2	0.2
가물치과	Channidae					
가물치	<i>Channa argus</i>	7	3		10	1.1
과 수		6	5	4	7	
종 수		13	10	12	16	
개체수		444	302	174	920	

③ 양서파충류 조사결과

<표 3.1.18> 낙동강 구미보 출현 양서파충류

강(Class)	과(Family)	속(Genus)	종명(Species)		양서·파충류상 비교		
			학 명	국 명	구미보	감천	종합
Amphibians (양서류)	Ranidae	<i>Rana</i>	<i>Rana nigromaculata</i>	참개구리	●	●	●
			<i>Rana rugosa</i>	옴개구리		●	●
	Hylidae	<i>Hyla</i>	<i>Hyla japonica</i>	청개구리	●		●
	Bombinatoridae	<i>Bombina</i>	<i>Bombina orientalis</i>	무당개구리	●		●
	Hynobiidae	<i>Hynobius</i>	<i>Hynobius leechii</i>	도롱뇽	●		●
Reptiles (파충류)	Lacertilidae	<i>Takydromus</i>	<i>Takydromus wolteri</i>	줄장지뱀		●	●
	Colubridae	<i>Rhabdophis</i>	<i>Rhabdophis tigrinus</i>	유혈목이	●		●
	6과	6속	7종		5종	3종	7종

④ 포유류 조사결과

<표 3.1.19> 낙동강 구미보 출현 포유류

과(Family)	속(Genus)	종 명		출현확인	비고
		학 명	국 명		
Talpidae	<i>Mogera</i>	<i>Mogera wogura</i>	두더지	T	
Canidae	<i>Nyctereutes</i>	<i>Nyctereutes procyonoides</i>	너구리	D	
Mustelidae	<i>Mustela</i>	<i>Mustela sibirica</i>	족제비	D	
	<i>Lutra</i>	<i>Lutra lutra</i>	수달	F,D	멸1
Felidae	<i>Prionailurus</i>	<i>Prionailurus bengalensis</i>	살	D	멸2
Cervidae	<i>Hydropotes</i>	<i>Hydropotes inermis</i>	고라니	F,D	
Sciuridae	<i>Sciurus</i>	<i>Sciurus vulgaris</i>	청설모	V	
	<i>Tamias</i>	<i>Tamias sibiricus</i>	다람쥐	V	
6과	8속	8종	멸종위기종 2종		

⑤ 부착돌말류 조사결과

<표 3.1.20> 낙동강 구미보 출현 부착돌말류

대상 하천	조사 시기	조사지점	우점종 및 점유율(%)			
			우점종	%	아우점종	%
낙동강	1차	GM01	<i>Achnanthes minutissima</i>	26.8	<i>Fragilaria crotenesis</i>	17.0
		GM02	<i>Navicula minima</i>	50.4	<i>Achnanthes minutissima</i>	12.1
		GC01	<i>Navicula minima</i>	48.3	<i>Nitzschia inconspicua</i>	32.0
		GM03	<i>Fragilaria elliptica</i>	19.0	<i>Navicula perminuta</i>	14.1
	2차	GM01	<i>Fragilaria crotenesis</i>	36.0	<i>Achnanthes minutissima</i>	20.8
		GM02	<i>Navicula minima</i>	32.6	<i>Achnanthes minutissima</i>	28.9
		GC01	<i>Fragilaria elliptica</i>	52.0	<i>Nitzschia inconspicua</i>	9.4
		GM03	<i>Achnanthes minutissima</i>	63.8	<i>Achnanthes alteragracillima</i>	9.3
	3차	GM01	<i>Cymbella affinis</i>	20.4	<i>Achnanthes alteragracillima</i>	13.8
		GM02	<i>Achnanthes minutissima</i>	35.6	<i>Achnanthes alteragracillima</i>	23.8
		GC01	<i>Nitzschia palea</i>	48.5		
		GM03	<i>Fragilaria elliptica</i>	25.2	<i>Achnanthes minutissima</i>	21.8

⑥ 저서형대형무척추동물 조사결과

<표 3.1.21> 낙동강 구미보 출현 저서성 대형무척추 동물

학 명	국 명	1차	2차	3차	4차
Phylum Mollusca	연체동물문				
Class Gastropoda	복족강				
Order Basommatophora	기안목				
Family Lymnaeidae	물달팽이과				
Radix auricularia	물달팽이		●	●	●
Family Planorbidae	또아리물달팽이과				
Gyraulus convexiusculus	또아리물달팽이		●	●	●
Class Bivalvia	이매패강				
Order Veneroida	백합목				
Family Corbiculidae	재첩과				
Corbicula fluminea	재첩		●	●	●
Phylum Annelida	환형동물문				
Class Oligocheata	빈모강				
Order Archioliogcheata	물지렁이목				
Family Tubificidae	실지렁이과				
Limnodrilus gotoi	실지렁이	●	●	●	●
Phylum Arthropoda	절지동물문				
Class Crustacea	갑각강				
Order Decapoda	십각목				
Family Palaemonidae	징거미새우과				
Palaemon paucidens	줄새우	●		●	●
Class Insecta	곤충강				
Order Ephemeroptera	하루살이목				
Family Baetidae	꼬마하루살이과				
Acentrella gnom	깨알하루살이	●		●	●
Acentrella sibirica	콩알하루살이		●	●	●
Baetis fuscatus	개똥하루살이	●	●	●	●
Family Potamanthidae	강하루살이과				
Potamanthus formosus	작은강하루살이	●		●	●
Family Ephemeridae	하루살이과				
Ephemera orientalis	동양하루살이	●	●	●	●
Family Caenidae	등딱지하루살이과				
Caenis KUa	등딱지하루살이 KUa		●	●	●
Order Odonata	잠자리목				
Family Corduliidae	북방잠자리과				
Macromia daimoji	노란산산잠자리	●			
Order Hemiptera	노린재목				
Family Corixidae	물벌레과				
Micronecta sp.	꼬마물벌레류	●	●	●	●
Order Diptera	파리목				
Family Psychodidae	나방파리과				
Psychoda KUa	나방파리 KUa		●		
Family Chironomidae	깔따구과				
Chironomidae sp. 1	깔따구류 sp. 1	●	●	●	●
Chironomidae sp. 2	깔따구류 sp. 2	●		●	●
Chironomidae sp. 4	깔따구류 sp. 4	●		●	
Chironomidae sp. 6(non-red type)	깔따구류 sp. 6		●	●	●
Chironomidae spp.(red type)	깔따구류 spp.(red type)	●	●	●	●
Tanypodinae sp.	늪깔따구류	●	●	●	●
Family Tabanidae	등에과				
Tabanus sp.	등에류		●	●	●
Order Trichoptera	날도래목				
Family Ecnomidae	별날도래과				
Ecnomus tenellus	별날도래		●	●	
총 종수		13	16	20	18

⑦ 조류 조사결과

<표 3.1.22> 낙동강 구미보 출현 조류

학명	국명	상류				하류				감천			
		1차	2차	3차	최대	1차	2차	3차	최대	1차	2차	3차	최대
<i>Coturnix japonica</i>	메추라기	2			2							3	3
<i>Phasianus colchicus</i>	꿩	1	1	1	1	5	2	1	5		1	2	2
<i>Aix galericulata</i>	원앙			2	2								
<i>Anas platyrhynchos</i>	청둥오리			113	113			1,080	1,080	2			2
<i>Anas poecilorhyncha</i>	흰뺨검둥오리	6	2	152	152	9	4	36	36	11			11
<i>Anas acuta</i>	고방오리							6	6				
<i>Anas formosa</i>	가창오리							160	160				
<i>Anas crecca</i>	쇠오리			41	41								
<i>Mergus merganser</i>	비오리			1	1			4	4			4	4
<i>Ardea cinerea</i>	왜가리		2		2	7	8	11	11	5	37		37
<i>Ardea alba modesta</i>	중대백로					1		20	20	2	5	2	5
<i>Egretta garzetta</i>	쇠백로										1		1
<i>Falco tinnunculus</i>	황조롱이	1	2	1	2		1		1				
<i>Fulica atra</i>	물닭			20	20								
<i>Charadrius placidus</i>	흰목물떼새					1			1	1			1
<i>Charadrius dubius</i>	꼬마물떼새					4	6		6	5	8		8
<i>Gallinago gallinago</i>	깍도요					1			1	1			1
<i>Tringa nebularia</i>	청다리도요									1			1
<i>Actitis hypoleucos</i>	갯작도요									1			1
<i>Sterna albifrons</i>	쇠제비갈매기		1		1		7		7		1		1
<i>Streptopelia orientalis</i>	멧비둘기	6	7	3	7		5	9	9	1	1	10	10
<i>Cuculus canorus</i>	뺨꾸기						2		2				
<i>Otus sunia</i>	소쩍새	1			1								
<i>Dendrocopos kizuki</i>	쇠딱다구리	1	2		2		1		1				
<i>Picus canus</i>	청딱다구리	2			2								
<i>Lanius bucephalus</i>	때까치						1		1				
<i>Oriolus chinensis</i>	꼬꼬리		1		1		1		1		1		1
<i>Pica pica</i>	까치		4		4	2	2		2	2	2		2
<i>Corvus macrorhynchos</i>	큰부리까마귀			1	1		1		1	1			1
<i>Parus major</i>	박새	4	2		4			2	2		2		2
<i>Parus ater</i>	진박새	2			2								
<i>Hirundo rustica</i>	제비										2		2
<i>Aegithalos caudatus</i>	오목눈이	7	4		7								
<i>Alauda arvensis</i>	종다리											2	2
<i>Microscelis amaurotis</i>	직박구리	4	6	4	6	2	4	2	4		2		2
<i>Acrocephalus orientalis</i>	개개비						2		2				
<i>Phylloscopus oronatus</i>	산솔새	2			2		1		1				
<i>Paradoxornis webbianus</i>	붉은머리오목눈이	6	22	45	45	20	23		23	8	2		8
<i>Turdus hortulorum</i>	되지빠귀		1		1		1		1				
<i>Turdus pallidus</i>	흰배지빠귀	1			1								
<i>Phoenicurus aureus</i>	딱새		1	2	2							1	1
<i>Saxicola torquatus</i>	검은딱새										1		1
<i>Passer montanus</i>	참새	18	22		22	9	13		13	7	17		17
<i>Motacilla cinerea</i>	노랑할미새		1		1								

<표 3.1.22> 낙동강 구미보 출현 조류(계속)

학명	국명	상류				하류				강천			
		1차	2차	3차	최대	1차	2차	3차	최대	1차	2차	3차	최대
<i>Motacilla alba leucopsis</i>	알락할미새									2			2
<i>Motacilla grandis</i>	검은등할미새							1	1	1	1	1	1
<i>Anthus hodgsoni</i>	흰등새			1	1			2	2				
<i>Carduelis sinica</i>	방울새		2		2	1			1	2			2
<i>Emberiza cioides</i>	멧새			2	2								
<i>Emberiza rustica</i>	쑥새			15	15			10	10				
<i>Emberiza elegans</i>	노랑턱멧새		1	27	27			5	5			3	3
<i>Columba livia</i>	집비둘기	3			3								
총 수		17	19	17	35	12	19	15	32	17	16	9	30
개 체 수		67	84	431	498	62	85	1,349	1,420	53	84	28	135

◦ 한강-강천보 및 섬강

- 한강 강천보 상하류 조사지점과 지류하천(섬강)의 생물상 조사 결과는 다음 표와 같음

① 식물 조사결과

<표 3.1.23> 한강 강천보 출현 식물

위치		보 상류		보 하류		섬강	빈도 (%)
보로부터 거리 (m)		500	1,500	500	1,500		
국명	학명	GC-U5	GC-U15	GC-D5	GC-D15	GC-I	
개망초	<i>Erigeron annuus</i>	0	0	0	0	0	100
기생초	<i>Coreopsis tinctoria</i>	0	0	0	0	0	100
달맞이꽃	<i>Oenothera biennis</i>	0	0	0	0	0	100
달뿌리풀	<i>Phragmites japonica</i>	0	0	0	0	0	100
망초	<i>Conyza canadensis</i>	0	0	0	0	0	100
비수리	<i>Lespedeza cuneata</i>	0	0	0	0	0	100
뽕리뱅이	<i>Youngia japonica</i>	0	0	0	0	0	100
속털개밀	<i>Agropyron ciliare</i>	0	0	0	0	0	100
쇠뜨기	<i>Equisetum arvense</i>	0	0	0	0	0	100
쑥	<i>Artemisia princeps</i>	0	0	0	0	0	100
지칭개	<i>Hemistepa lyrata</i>	0	0	0	0	0	100
콩다닥냉이	<i>Lepidium virginicum</i>	0	0	0	0	0	100
큰금계국	<i>Coreopsis lanceolata</i>	0	0	0	0	0	100
갈풀	<i>Phalaris arundinacea</i>	0	0	0	0		80
개구리자리	<i>Ranunculus sceleratus</i>	0	0		0	0	80
개미자리	<i>Sagina japonica</i>	0		0	0	0	80
개피	<i>Beckmannia syzigachne</i>		0	0	0	0	80
고마리	<i>Persicaria thunbergii</i>	0	0		0	0	80
꽃마리	<i>Trigonotis peduncularis</i>	0	0	0	0		80
돌나물	<i>Sedum sarmentosum</i>	0	0	0		0	80
명아자여뀌	<i>Persicaria nodosa</i>		0	0	0	0	80
명아주	<i>Chenopodium album</i> var. <i>centrorubrum</i>		0	0	0	0	80
물억새	<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	0	0	0		0	80
새콩	<i>Amphicarpaea bracteata</i> subsp. <i>edgeworthii</i>	0	0	0	0		80
전동싸리	<i>Melilotus suaveolens</i>	0	0	0	0		80
죽제비싸리	<i>Amorpha fruticosa</i>	0	0	0	0		80
큰개불알풀	<i>Veronica persica</i>	0	0		0	0	80
토끼풀	<i>Trifolium repens</i>	0	0	0	0		80
패랭이꽃	<i>Dianthus chinensis</i>	0	0	0	0		80
환삼덩굴	<i>Humulus japonicus</i>	0	0	0		0	80
갈퀴나물	<i>Vicia amoena</i>	0	0	0			60

<표 3.1.23> 한강 강천보 출현 식물(계속)

위치		보 상류		보 하류		섬강	빈도 (%)
보로부터 거리 (m)		500	1,500	500	1,500		
국명	학명	GC-U5	GC-U15	GC-D5	GC-D15	GC-I	
끈끈이대나물	<i>Silene armeria</i>	0	0	0			60
냉이	<i>Capsella bursapastoris</i>	0	0		0		60
독새풀	<i>Alopecurus aequalis</i>	0		0	0		60
말즘	<i>Potamogeton crispus</i>	0	0		0		60
물칭개나물	<i>Veronica undulata</i>	0	0	0			60
미국가막사리	<i>Bidens frondosa</i>		0		0	0	60
배암차즈기	<i>Salvia plebeia</i>	0	0		0		60
버드나무	<i>Salix koreensis</i>		0		0	0	60
붉은토끼풀	<i>Trifolium pratense</i>		0	0	0		60
소리쟁이	<i>Rumex crispus</i>	0			0	0	60
속속이풀	<i>Rorippa palustris</i>			0	0	0	60
쇠별꽃	<i>Stellaria aquatica</i>			0	0	0	60
쑥부쟁이	<i>Aster yomena</i>			0	0	0	60
왕고들빼기	<i>Lactuca indica</i>		0	0	0		60
왕버들	<i>Salix chaenomeloides</i>	0	0		0		60
이고들빼기	<i>Crepidiastrum denticulatum</i>	0		0	0		60
자주개자리	<i>Medicago sativa</i>		0	0	0		60
좁명아주	<i>Chenopodium ficifolium</i>		0	0	0		60
큰김의털	<i>Festuca arundinacea</i>	0	0		0		60
포아풀	<i>Poa sphondylodes</i>	0			0	0	60
괭이사초	<i>Carex neurocarpa</i>	0	0				40
느티나무	<i>Zelkova serrata</i>	0	0				40
물쑥	<i>Artemisia selengensis</i>		0		0		40
바랭이	<i>Digitaria ciliaris</i>		0	0			40
붉나무	<i>Rhus javanica</i>	0				0	40
법새귀리	<i>Bromus canadensis</i> subsp. <i>yezoensis</i>			0		0	40
사철쑥	<i>Artemisia capillaris</i>		0		0		40
애기똥풀	<i>Chelidonium majus</i> var. <i>asiaticum</i>		0			0	40
여뀌	<i>Persicaria hydropiper</i>				0	0	40
왕포아풀	<i>Poa pratensis</i>		0		0		40
재쑥	<i>Descurainia sophia</i>			0		0	40
점나도나물	<i>Cerastium holosteoides</i> var. <i>hallaisanense</i>	0			0		40
참새귀리	<i>Bromus japonicus</i>	0	0				40
가락지나물	<i>Potentilla anemonefolia</i>				0		20
강아지풀	<i>Setaria viridis</i>	0					20
개구리밥	<i>Spirodela polyrhiza</i>					0	20
개양귀비	<i>Papaver rhoeas</i>		0				20
갯버들	<i>Salix gracilistyla</i>	0					20
길골풀	<i>Juncus tenuis</i>				0		20
꽃다지	<i>Draba nemorosa</i>		0				20
도루박이	<i>Scirpus radicans</i>					0	20
돼지풀	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>		0				20
미국개기장	<i>Panicum dichotomiflorum</i>				0		20
미나리	<i>Oenanthe javanica</i>				0		20
박주가리	<i>Metaplexis japonica</i>	0					20
별사상자	<i>Cnidium monnieri</i>				0		20
벚지	<i>Vicia villosa</i>			0			20
산뚝사초	<i>Carex forficula</i>					0	20
삿갓사초	<i>Carex dispalata</i>	0					20
서양민들레	<i>Taraxacum officinale</i>				0		20
선버들	<i>Salix subfragilis</i>					0	20
신나무	<i>Acer tataricum</i> subsp. <i>ginnala</i>	0					20
싸리	<i>Lespedeza bicolor</i>					0	20
아까시나무	<i>Robinia pseudoacacia</i>			0			20
자귀풀	<i>Aeschynomene indica</i>					0	20

<표 3.1.23> 한강 강천보 출현 식물(계속)

위치		보 상류		보 하류		섬강	빈도 (%)
보로부터 거리 (m)		500	1,500	500	1,500		
국명	학명	GC-U5	GC-U15	GC-D5	GC-D15	GC-I	
잔디	<i>Zoysia japonica</i>			0			20
제비꽃	<i>Viola mandshurica</i>		0				20
좁개구리밥	<i>Lemna perpusilla</i>					0	20
지느러미영경귀	<i>Carduus crispus</i>			0			20
질경이	<i>Plantago asiatica</i>				0		20
차풀	<i>Chamaecrista nomame</i>					0	20
큰물칭개나물	<i>Veronica anagallis-aquatica</i>			0			20
큰방가지똥	<i>Sonchus asper</i>	0					20
타래사초	<i>Carex maackii</i>					0	20
총 종수		50	55	47	57	44	

② 어류 조사결과

<표 3.1.24> 한강 강천보 출현 어류(투망과 족대 채집)

종명	학명	강천보		지류 섬강	합계	RA(%)
		상류	하류			
잉어과	Cyprinidae					
잉어	<i>Cyprinus carpio</i>	1			1	0.1
붕어	<i>Carassius auratus</i>	5	7		12	1.6
납자루	<i>Acheilognathus lanceolatus</i>		10		10	1.4
줄납자루	<i>Acheilognathus yamatsutae</i>		5	9	14	1.9
납지리	<i>Acheilognathus rhombeus</i>	25	36	4	65	8.9
가시납지리	<i>Acanthorhodeus gracilis</i>	3			3	0.4
참붕어	<i>Pseudorasbora parva</i>	1	5		6	0.8
돌고기	<i>Pungtungia herzi</i>	4	20	2	26	3.6
쉬리	<i>Coreoleuciscus splendidus</i>			22	22	3.0
참종고기	<i>S. variegatus wakiyae</i>		1	1	2	0.3
몰개	<i>Squalidus japonicus coreanus</i>	4	35		39	5.4
누치	<i>Hemibarbus labeo</i>	8	14	17	39	5.4
참마자	<i>Hemibarbus longirostris</i>	1	5	5	11	1.5
모래무지	<i>Pseudogobio esocinus</i>	20	24	14	58	8.0
왜매치	<i>Abbottina springeri</i>			1	1	0.1
꾸구리	<i>Gobiobotia macrocephala</i>			31	31	4.3
돌상어	<i>Gobiobotia brevibarba</i>			4	4	0.5
돌마자	<i>Microphysogobio yaluensis</i>			17	17	2.3
배가사리	<i>Microphysogobio longidorsalis</i>			1	1	0.1
피라미	<i>Zacco platypus</i>	60	82	90	232	31.9
끄리	<i>O. uncirostris amurensis</i>	2	15	5	22	3.0
미꾸리과	Cobitidae					
참종개	<i>Iksookimia koreensis</i>	3			3	0.4
새코미꾸리	<i>Koreocobitis rotundicaudata</i>			8	8	1.1
꼭지과	Centropomidae					
꼭지	<i>Coreoperca herzi</i>	1		2	3	0.4
검정우럭과	Centrarchidae					
배스	<i>Micropterus salmoides</i>			4	4	0.5
동사리과	Odontobutidae					
얼룩동사리	<i>Odontobutis interrupta</i>	2	1	1	4	0.5
망둑어과	Gobiidae					
밀어	<i>Rhinogobius brunneus</i>	29	1	26	56	7.7
민물검정망둑	<i>Tidentiger brevispinis</i>	14	11	9	34	4.7
과 수		5	3	6	6	
종 수		17	16	21	28	
개체수		183	272	273	728	

<표 3.1.25> 한강 강천보 출현 어류(정치망 채집)

종명	학명	강천보		합계	RA(%)
		상류	하류		
잉어과	Cyprinidae				
잉어	<i>Cyprinus carpio</i>	5		5	0.5
붕어	<i>Carassuis auratus</i>	9	17	26	2.6
납자루	<i>Acheilognathus lanceolatus</i>		10	10	1.0
줄납자루	<i>Acheilognathus yamatsutae</i>	16	41	57	5.8
납지리	<i>Acheilognathus rhombeus</i>	53	94	147	14.9
가시납지리	<i>Acanthorhodeus gracilis</i>	12	20	32	3.3
돌고기	<i>Pungtungia herzi</i>	28	38	66	6.7
참종고기	<i>S. variegatus wakiyae</i>	11	12	23	2.3
종고기	<i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i>	6	9	15	1.5
줄몰개	<i>Gnathopogon strigatus</i>		24	24	2.4
몰개	<i>Squalidus japonicus coreanus</i>	14	117	131	13.3
누치	<i>Hemibarbus labeo</i>	40	41	81	8.2
참마자	<i>Hemibarbus longirostris</i>	14		14	1.4
모래우지	<i>Pseudogobio esocinus</i>	48	56	104	10.6
돌마자	<i>Microphysogobio yaluensis</i>		4	4	0.4
피라미	<i>Zacco platypus</i>	66	105	171	17.4
꼬리	<i>O. uncirostris amurensis</i>	11	10	21	2.1
강준치	<i>Erythroculter erythropterus</i>	1	3	4	0.4
동자개과	Bagridae				
눈동자개	<i>Pseudobagrus koreanus</i>		5	5	0.5
대농갱이	<i>Pseudobagrus emarginatus</i>	2	5	7	0.7
메기과	Siluridea				
메기	<i>Silurus asotus</i>	1		1	0.1
꼭지과	Centropomidae				
쏘가리	<i>Siniperca scherzeri</i>	9	16	25	2.5
망둑어과	Gobiidae				
밀어	<i>Rhinogobius brunneus</i>		4	4	0.4
민물검정망둑	<i>Tidentiger brevispinis</i>	7		7	0.7
과 수		5	4	6	
종 수		19	20	24	
개체수		353	631	984	

③ 양서파충류 조사결과

<표 3.1.26> 한강 강천보 출현 양서.파충류

강(Class)	과(Family)	속(Genus)	종명(Species)		양서·파충류상 비교		
			학 명	국 명	강천보	섬강	종합
Amphibians (양서류)	Ranidae	<i>Rana</i>	<i>Rana rugosa</i>	옴개구리		●	●
	Hynobiidae	<i>Hynobius</i>	<i>Hynobius leechii</i>	도롱뇽		●	●
Reptiles (파충류)	Colubridae	<i>Elaphe</i>	<i>Elaphe rufodorsata</i>	무자치	●		●
		<i>Rhabdophis</i>	<i>Rhabdophis tigrinus</i>	유혈목이	●		●
4과		4속	4종		2종	2종	4종

④ 포유류 조사결과

<표 3.1.27> 한강 강천보 출현 포유류

과(Family)	속(Genus)	종 명		출현확인	비고
		학 명	국 명		
Talpidae	<i>Mogera</i>	<i>Mogera wogura</i>	두더지	T	
Canidae	<i>Nyctereutes</i>	<i>Nyctereutes procyonoides</i>	너구리	D,F	
Mustelidae	<i>Mustela</i>	<i>Mustela sibirica</i>	족제비	D	
	<i>Lutra</i>	<i>Lutra lutra</i>	수달	F,D	멸1
Felidae	<i>Prionailurus</i>	<i>Prionailurus bengalensis</i>	살쾨	D	멸2
Cervidae	<i>Hydropotes</i>	<i>Hydropotes inermis</i>	고라니	F,D	
Leporidae	<i>Lepus</i>	<i>Lepus coreanus</i>	멧토끼	D	
Sciuridae	<i>Sciurus</i>	<i>Sciurus vulgaris</i>	청설모	V	
	<i>Tamias</i>	<i>Tamias sibiricus</i>	다람쥐	V	
7과	9속	9종	멸종위기종 2종		

주) 출현확인 : V(직접관찰), F(족흔관찰), D(배설물관찰), T(서식터털관찰)

⑤ 부착돌말류 조사결과

<표 3.1.28> 한강 강천보 출현 부착돌말류

조사시기	조사지점	우점종 및 점유율(%)			
		우점종	%	아우점종	%
1차	GC01	<i>Achnanthes minutissima</i>	13.7	<i>Nitzschia fonticola</i>	7.0
	SG01	<i>Nitzschia fonticola</i>	68.1	<i>Fragilaria construens var. venter</i>	5.4
	GC02	<i>Nitzschia fonticola</i>	35.5	<i>Achnanthes minutissima</i>	20.4
	GC03	<i>Nitzschia fonticola</i>	32.0	<i>Cocconeis placentula var. euglypta</i>	9.0
2차	GC01	<i>Achnanthes minutissima</i>	53.6	<i>Navicula minima</i>	9.9
	SG01	<i>Fragilaria elliptica</i>	24.5	<i>Navicula minima</i>	18.4
	GC02	<i>Achnanthes minutissima</i>	26.6	<i>Nitzschia fonticola</i>	26.2
	GC03	<i>Nitzschia fonticola</i>	23.5	<i>Achnanthes minutissima</i>	14.1
3차	GC01	<i>Achnanthes convergens</i>	15.4	<i>Nitzschia fonticola</i>	7.6
	SG01	<i>Nitzschia fonticola</i>	23.0	<i>Achnanthes convergens</i>	12.7
	GC02	<i>Navicula minima</i>	14.3	<i>Nitzschia amphibia</i>	10.3
	GC03	<i>Achnanthes convergens</i>	29.1	<i>Achnanthes alteragracillima</i>	10.9

⑥ 저서형대형무척추동물 조사결과

<표 3.1.29> 한강 강천보 출현 저서성대형무척추동물

학명	국명	1차	2차	3차	4차
Phylum Mollusca	연체동물문				
Class Gastropoda	복족강				
Order Mesogastropoda	중복족목				
Family Bithyniidae	쇠우렁이과				
Parafossarulus manchouricus	쇠우렁이		●		
Family Pleuroceridae	다슬기과				
Semisulcospira forticosta	주름다슬기		●	●	●
Semisulcospira gottschei	곶체다슬기		●	●	●
Semisulcospira libertina	다슬기	●	●	●	●
Order Basommatophora	기안목				
Family Lymnaeidae	물달팽이과				
Radix auricularia	물달팽이	●	●	●	●
Family Physidae	원돌이물달팽이과				
Physa acuta	원돌이물달팽이	●	●	●	●
Family Planorbidae	포아리물달팽이과				
Gyraulus convexusculus	포아리물달팽이	●	●	●	●
Hippeutis cantori	수정포아리물달팽이				●
Family Succineidae	뽕물우렁이과				
Oxylomahirasei	뽕족뽕물우렁이	●			
Class Bivalvia	이매패강				
Order Mytiloida	홍합목				
Family Mytilidae	홍합과				
Limnoperna forunei	민물담치		●		
Order Veneroida	백합목				
Family Corbiculidae	재첩과				
Corbicula fluminea	재첩	●	●	●	●
Phylum Annelida	환형동물문				
Class Oligochaeta	빈모강				
Order Archioloigochaeta	물지렁이목				
Family Tubificidae	실지렁이과				
Limnodrilus gotoi	실지렁이	●	●	●	●
Class Hirudinia	거머리강				
Order Rhynchobdellida	부리거머리목				
Family Glossiponidae	넙적거머리과				
Helobdella stagnalis	민물넙적거머리	●	●		
Order Arhycobdellida	턱거머리목				
Family Erpobdellidae	돌거머리과				
Erpobdella lineata	돌거머리		●	●	●
Phylum Arthropoda	절지동물문				
Class Crustacea	갑각강				
Order Decapoda	십각목				
Family Atyidae	새뱅이과				
Cardinia denticulata denticulata	새뱅이		●		
Class Insecta	곤충강				
Order Ephemeroptera	하루살이목				
Family Siphonuridae	옛하루살이과				
Siphonurus chankae	옛하루살이	●		●	
Family Baetidae	꼬마하루살이과				
Acentrella gnom	깨알하루살이	●	●	●	
Acentrella sibirica	콩알하루살이		●	●	●
Baetiella tuberculata	애호랑하루살이	●	●	●	●

<표 3.1.29> 한강 강천보 출현 저서성대형무척추동물(계속)

학명	국명	1차	2차	3차	4차
Baetis fuscatus	개똥하루살이	●	●	●	●
Nigrobaetis bacillus	깜장하루살이	●	●	●	●
Family Heptageniidae	납작하루살이과				
Ecdyonurus joernensis	꼬리치레하루살이		●		
Ecdyonurus kibunensis	두점하루살이	●	●	●	●
Ecdyonurus levis	네점하루살이	●	●	●	●
Epeorus pellucidus	부채하루살이	●	●	●	●
Family Leptophlebiidae	갈래하루살이과				
Choroterpes altioculus	세갈래하루살이	●		●	●
Paraleptophlebia chocolata	두갈래하루살이		●	●	●
Family Potamanthidae	강하루살이과				
Potamanthus formosus	작은강하루살이	●	●	●	●
Rhoenanthus coreanus	장수하루살이	●	●	●	●
Family Ephemeridae	하루살이과				
Ephemera orientalis	동양하루살이	●	●	●	●
Family Ephemerellidae	알락하루살이과				
Ephemera kochovi	흰등하루살이	●		●	●
Uracanthella rufa	등줄하루살이	●	●	●	●
Family Neoephemeridae	방패하루살이과				
Potamanthellus chinensis	방패하루살이	●		●	●
Family Caenidae	등딱지하루살이과				
Caenis KUa	등딱지하루살이 KUa		●	●	●
Order Odonata	잠자리목				
Family Coenagrionidae	실잠자리과				
Ischnura asiatica	아시아실잠자리		●		
Family Gomphidae	부채장수잠자리과				
Stylurus annulata	호리측범잠자리		●		
Order Hemiptera	노린재목				
Family Corixidae	물벌레과				
Micronecta sp.	꼬마물벌레류	●	●	●	●
Order Coleoptera	딱정벌레목				
Family Psephenidae	물삿갓벌레과				
Psephenoides KUa	물삿갓벌레 KUa	●	●		
Order Diptera	파리목				
Family Tipulidae	각다귀과				
Antocha KUa	명주각다귀 KUa	●		●	●
Family Chironomidae	깔따구과				
Chironomidae sp. 1	깔따구류 sp. 1	●	●	●	●
Chironomidae sp. 2	깔따구류 sp. 2	●		●	
Chironomidae sp. 3	깔따구류 sp. 3	●			
Chironomidae sp. 4	깔따구류 sp. 4	●			
Chironomidae sp. 6	깔따구류 sp. 6	●	●	●	●
Chironomidaespp.(red type)	깔따구류 spp.(red type)	●	●	●	●
Tanypodinae sp.	늪깔따구류	●	●	●	●
Order Trichoptera	날도래목				
Family Hydrobiosidae	긴발톱물날도래과				
Apsilochorema KUa	긴발톱물날도래 KUa		●		
Family Hydropsychidae	줄날도래과				
Cheumatopsyche brevilineata	꼬마줄날도래	●	●	●	●
Cheumatopsyche KUa	꼬마줄날도래 KUa	●		●	●

⑦ 조류 조사결과

<표 3.1.30> 한강 강천보 출현 조류

학명	국명	상류				하류				성강			
		1차	2차	3차	최대	1차	2차	3차	최대	1차	2차	3차	최대
<i>Coturnix japonica</i>	메추라기					1	1		1				
<i>Phasianus colchicus</i>	꿩	2		6	6	1	2	4	4	4	1	2	4
<i>Aix galericulata</i>	원앙	2	1		2	2	2		2	3			3
<i>Anas strepera</i>	알락오리					1			1				
<i>Anas platyrhynchos</i>	청둥오리			30	30			5	5			276	276
<i>Anas poecilorhyncha</i>	흰뺨검둥오리	48	2	35	48	90	2	332	332	12		15	15
<i>Anas crecca</i>	쇠오리			6	6			5	5			24	24
<i>Aythya ferina</i>	흰죽지								0			70	70
<i>Tachybaptus ruficollis</i>	논병아리			1	1			1	1			1	1
<i>Butorides striata</i>	검은댕기해오라기						2		2	1	2		2
<i>Ardea cinerea</i>	왜가리	2	3	2	3	7	8	8	8	2	5	2	5
<i>Ardea alba modesta</i>	중대백로	2	3		3		5	2	5	2	4	4	4
<i>Egretta intermedia</i>	중백로								0		1		1
<i>Egretta garzetta</i>	쇠백로					2	3	2	3				
<i>Phalacrocorax carbo</i>	민물가마우지	1			1	195	2	2	195				
<i>Falco tinnunculus</i>	황조롱이		1	1	1				0				
<i>Charadrius placidus</i>	흰목물떼새							1	1	2			2
<i>Charadrius dubius</i>	꼬마물떼새					2	22		22				
<i>Tringa ochropus</i>	빽빽도요								0			3	3
<i>Actitis hypoleucos</i>	괭작도요	2		1	2	2	10		10				
<i>Sterna albifrons</i>	쇠제비갈매기					4	6		6				
<i>Streptopelia orientalis</i>	멧비둘기	6	2		6	1	2	10	10	2	2	4	4
<i>Cuculus micropterus</i>	검은등뺨꾸기						1		1				
<i>Cuculus canorus</i>	뺨꾸기		1		1		2		2		2		2
<i>Cuculus saturatus</i>	병어리뺨꾸기								0	1			1
<i>Athene noctua</i>	금눈쇠올빼미			1	1				0				
<i>Dendrocopos kizuki</i>	쇠딱다구리						1		1	2	1	2	2
<i>Dendrocopos major</i>	오색딱다구리			1	1				0	1			1
<i>Picus canus</i>	청딱다구리	1			1		1	1	1	1			1
<i>Lanius bucephalus</i>	때까치			2	2		1	2	2			2	2
<i>Oriolus chinensis</i>	괭꼬리		2		2		2		2				
<i>Pica pica</i>	까치	4	7	4	7	2	11	10	11		4	2	4
<i>Corvus macrorhynchos</i>	큰부리까마귀	2			2	1	1	1	1	2	6	1	6
<i>Parus major</i>	박새	2		4	4		22	6	22	2		4	4
<i>Parus palustris</i>	쇠박새						2		2			6	6
<i>Hirundo rustica</i>	제비		1		1				0				
<i>Aegithalos caudatus</i>	오목눈이								0			5	5
<i>Alauda arvensis</i>	중다리			2	2			26	26				

<표 3.1.30> 한강 강천보 출현 조류(계속)

학명	국명	상류				하류				섬강			
		1차	2차	3차	최대	1차	2차	3차	최대	1차	2차	3차	최대
<i>Microscelis amaurotis</i>	직박구리		2	4	4			4	4	2	4	3	4
<i>Acrocephalus orientalis</i>	개개비						4		4				
<i>Phylloscopus coronatus</i>	산솔새									4	2		4
<i>Paradoxornis webbiana</i>	붉은머리오목눈이		10	40	40		8	85	85	8		80	80
<i>Sitta europaea</i>	동고비									4		2	4
<i>Turdus pallidus</i>	흰배지빠귀									1	1		1
<i>Turdus eunomus</i>	개똥지빠귀					4			4				
<i>Phoenicurus aureoreus</i>	딱새			5	5			7	7			5	5
<i>Saxicola torquatus</i>	검은딱새									1			1
<i>Cyanoptila cyanomelana</i>	큰유리새									3	3		3
<i>Passer montanus</i>	참새	6	27	60	60	6	54	49	54	6	8	65	65
<i>Motacilla cinerea</i>	노랑할미새						1		1		1		1
<i>Motacilla alba leucopsis</i>	알락할미새							1	1	1			1
<i>Motacilla alba lugens</i>	백할미새			1	1			1	1				
<i>Motacilla grandis</i>	검은등할미새	1	1	1	1	4	5	9	9	4	2	6	6
<i>Anthus hodgsoni</i>	황동새			2	2			8	8				0
<i>Carduelis sinica</i>	방울새			12	12	1		5	5			2	2
<i>Emberiza cioides</i>	멧새		8	8	8	1			1	4	5	13	13
<i>Emberiza rustica</i>	쑥새							8	8			19	19
<i>Emberiza elegans</i>	노랑턱멧새							4	4	1			1
<i>Emberiza schoeniclus</i>	검은머리쑥새							2	2				
종 수		14	15	23	32	19	28	29	45	26	18	26	41
개 체 수		81	71	229	266	327	183	601	882	76	54	618	658

나. 생물분야별 모니터링 결론

◦ 식물

- 1, 2년생 식물종의 증가 : 하천공사로 기존의 버드나무류 및 달뿌리풀, 물억새 등의 다년생 식물이 제거되고 나지로 노출되어 천이초기의 개척자 식물 종인 1, 2년생 식물종의 증가
- 외래종 및 침입종 도태 : 제방사면 등에 종자 살포 공법이 적용된 지역은 공사 직후 도입종이 활착되는 듯 하였으나 홍수 교란 이후 차츰 아안 고유식생(버드나무류, 달뿌리풀, 명아자여뀌 등)으로 변경됨
- 버드나무류 활착 : 보 설치에 따른 수위 안정(저수호안)과 환경사 홍수터 조성

(구미보 상류)에 의하여 선버들, 왕버들 등의 버드나무류 종자 발아 및 생장 조건 향상

- 조경용 수목 증가 : 홍수터에 친수공간 조성을 위하여 식재된 수목(느티나무 등) 증가
- 정체수역내 수생식물 감소 : 2013년에는 정체수역에서 이삭물수세미 등의 침수 식물, 마름 등의 부엽식물이 빈번하게 관찰되었으나 2014년 조사당시에는 정체 수역내에서 일부 구간에서만 말즘이 관찰됨

◦ 어류

- 우리나라 대부분의 하천에서는 어류의 서식환경이 좋은 조건보다는 나쁜조건으로의 변화가 진행되고 있음
- 보 건설과 같은 인위적인 교란 등으로 어류가 살 수 있는 물리적 조건에 부합하는 서식지가 줄어들어 민감한 어종들이 감소하고 있음
- 금회 조사 결과를 통해 어종의 양과 질적인 면에서 모두 감소하였다고 볼 수 있으나 조사지역이 보 중심으로 한정되어 있기 때문에 기존 문헌의 어류상과 직접 비교하기에는 부족한 면이 있음
- 조사지역에 포함된 4대강과 같은 중대형 하천에서는 투망 및 족대를 이용한 어류채집은 어려움이 있었음
- 따라서 종 다양성 면이나 하천의 건강성 평가와 같은 결과는 객관성에 한계가 있을 것으로 판단됨
- 하지만 보 건설 이후 어류의 물리적 서식지 조건 등에 큰 변화가 생긴 것으로 볼 때 앞으로 이와 같은 연구가 중요하리라 생각되며 또한 지속적으로 이루어져야 함

◦ 양서파충류 및 포유류 조사결과

- 보가 설치된 중대하천내에는 수심이 깊어 양서,파충류가 거의 서식하지 않는다. 따라서 하천의 제내지 또는 주변의 정수습지나 논습지를 주로 모니터링함
- 보가 설치된 중대하천은 모래톱의 부재로 인하여 거북류나 장지뱀류의 번식지 역할을 하기 어려우며, 번식지로서의 역할은 중대하천과 연결되는 지류에서 할 가능성이 높으므로, 중대하천에서의 양서파충류의 모니터링은 이러한 점에 중점을 두고 조사함.
- 보 건설 이후 물리적 서식지 조건 등에 큰 변화가 생긴 것으로 볼 때 제외지 내 양서파충류 및 포유류 종변화의 지속적 모니터링 필요성 증대

◦ 부착돌말류 조사결과

- 구미보에서 영양염 및 유기물오염이 가중된 유입하천이 합류하면서 부착조류 상 악화
- 계절적인 차이는 보이지만 전반적으로 김천시와 선산군에 분포하고 있는 농공 산업단지 및 주변의 농지 등 점 및 비점오염원에 다소 노출되었음
- 낙동강의 수질을 개선하기 위해서 본류 구간의 수질 및 수생태의 건강성 회복도 중요하지만 주변에서 유입되는 지천의 수질 및 수생태 건강성을 회복이 우선되어야만 본류의 수질 및 수생태가 개선될 것으로 사료됨
- 영산강, 금강 및 한강 역시 본류의 수질 및 수생태 회복을 위해서 본류로 유입되는 지천의 수질 및 수생태의 개선이 우선되어야 할 것으로 나타났음
- 보 내의 조사 지점에서 자연상태의 기질에 서식하는 부착 돌말의 채집이 어려우므로 부착기질을 이용한 방법이 필요하며, 필요에 따라 식물플랑크톤 조사가 필요함

◦ 저서성 대형 무척추동물 조사결과

- 분류군에 따른 전반적인 출현 양상을 살펴보았을 때, 전체적으로 곤충강의 파리목이과 환형동물문의 점유율이 높았고, 보에서는 수변부에서 멀어질수록 개체밀도가 높음
- 금회 조사시 법정 보호종은 출현하지 않았음
- 강천보와 구미보의 출현양상을 살펴보면 하루살이목과 파리목, 환형동물문이 높은 출현양상을 나타냄. 계절적인 차이가 나타나지만 대체적으로 수변부에 비해 중심부로 갈수록 종수는 감소하였고 출현 개체수는 일부 증가하였음

◦ 조류 조사결과

- 보가 설치되면 하천의 수심이 깊어지므로 얕은 수심 및 수변을 선호하는 수면성 오리류보다는 잠수성 수조류(잠수성 오리류, 물닭류, 논병아리류 등)의 개체수가 증가하는 것이 일반적 현상임
- 구미보 지역에 비하여 강천보 지역에서 더 많은 잠수성 수조류 개체수가 확인되었으나 수면성 오리류 개체수의 1/2수준이었으며 대부분 섬강과 한강의 합류부 일대에서 관찰되었음
- 향후 수면성 오리류와 잠수성 오리류의 상대적인 비율이 어떻게 변화하는지 지속적인 모니터링을 통하여 확인하여야 할 것임
- 하중도, 모래사주, 자갈밭과 같이 다양한 서식지 환경을 포함하여 도요·물떼새류 및 쇠제비갈매기 등이 번식지로 이용하거나 백로류가 취식을 할 수 있는 수심 얕은 지역이 있는지 여부가 그 지역의 수조류 종수에 중요한 영향을 미

치므로, 모니터링 시 이러한 서식지 환경에 대한 요소 역시 함께 고려하여야 할 것임

(4) 유입하천의 모니터링 필요성

가. 연구 대상지

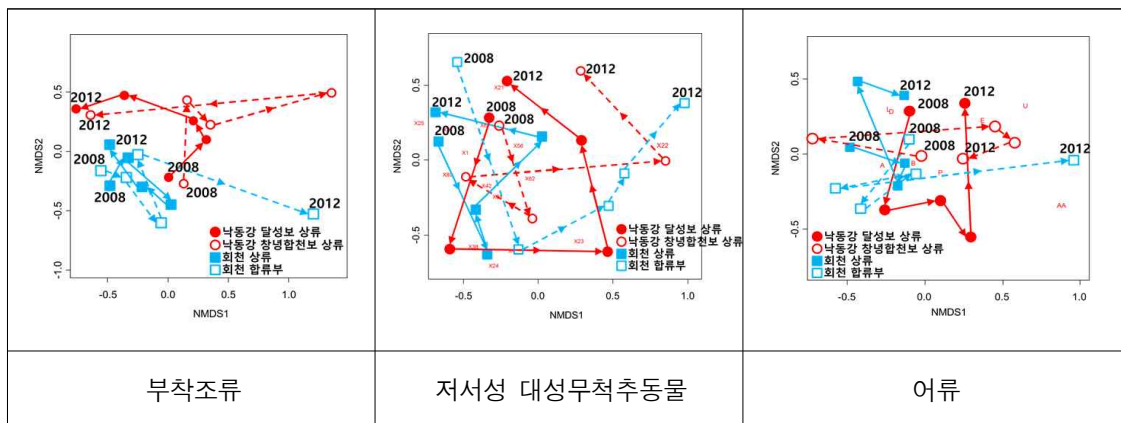
- 낙동강 달성보, 창녕합천보 상류와 유입하천인 회천의 상류 및 합류부

나. 조사시기 및 방법

- 시기 : 2008년 ~ 2012년
- 방법 : 환경부 ‘수생태 건강성 평가’보고서의 결과의 경년 분석
부착조류, 저서성 대성무척추동물, 어류 분석

다. 결과

- 본류는 4대강 사업시 교란된 후 본래의 군집구조로 회복되는 경향을 나타냄
- 지류는 합류부에서 군집구조가 계속적으로 변화됨
 - 저서동물은 교란 군집구조로 지속적으로 변화
 - 부착조류는 오탁성 종의 출현빈도가 증가됨



<그림 3.1.31> 본류와 지류에서 생물군집구조 변화 경향(2008년부터 2012년까지의 변화상)

라. 결론

- 4대강 사업과 같은 대규모 하천 공사는 생물 출현종의 특성을 변화시키며 이에 대한 지속적인 영향은 직접 공사가 진행된 하천이 아니라 유입하천 합류부에서 지속되는 경향을 보임

- 차후 모니터링에서 본류만을 두고 영향을 평가하기 보다는 지류와 연계된 모니터링의 중요성이 확인됨
- 따라서 대형 보 및 댐 설치 하천에 적합한 매뉴얼을 개발하기 위해서는 지류 하천의 모니터링이 포함되어야 함

(5) 현장 적용검증 모니터링 기법

가. 기존 모니터링과의 차별성

- 하천 규모의 증가에 따른 방법 변화
 - 육안에 의존하여 진행되는 조사법, 특히 식생도 작도는 불가능한 부분이 있으므로 현장에서 직접 모형헬기를 이용한 수직 항공사진을 촬영하여 디지털화하는 방법제시
 - 식물상의 경우 조사지점을 하천 단면시 좌우 10m 폭(총 20m 폭)으로 하는 방법을 제시
 - 침수, 부엽식물 등의 수생식물 출현빈도 증가로 호수조사법 일부 적용
 - 부착조류의 경우 자연기질의 부재를 극복하기 위해 인공기질을 이용한 방법 제시
 - 어류 및 저서성 대형무척추동물은 보트를 사용하며 호수조사시에 사용되는 Ponar grab와 정치망 사용을 추가
 - 중대하천의 모니터링 특이성 제시
- ① 조사 공간 범위가 넓으므로 투입 인력, 장비 및 시간을 잘 고려하여야 한다.
- ② 대형 보와 댐이 설치된 하천인 경우 유수 뿐만 아니라 정수인 생태계 조사법을 적용한다.
- ③ 국가하천인 경우가 많으므로 전국가적 규모에서 DB를 구축하고 자료를 관리한다.
- ④ 모니터링 결과를 활용하여 사후 유지관리, 순응관리가 가능하도록 자료를 정리한다.

나. 보에 의한 조사 시기 변화

- 기존 모니터링의 조사시기가 홍수 전후(또는 연 2회)에 국한됨<표 3.1.18>
- 각 생물분야별 생물군집의 변화를 고려하여 연 3회 이상, 조류의 경우 연 6회 조사를 권장(중점 조사 대상 조류 제시)

<표 3.1.31> 주요 생태 모니터링 시행 현황

부처	국토해양부		환경부				
사업	동식물상 및 서식처 조사	자연 및 인공 습지 수생태 환경 조사	수생태계 영향평가				수생태계 건강성 평가
측정 기관	한국수자원공사	한국수자원공사, 한국습지학회	4대강 물환경연구소				국립환경 과학원
측정 내용	수변생태 변화 어도 기능 및 효율	하천습지의 생태환경 변화, 기능유지 현황	식물플랑크톤, 동물플랑크톤	식생, 어류	저서무척추동물, 양서파충류, 포유류	조류(새)	부착조류, 저서성 대형무척추동물, 어류, 식생, 생물서식환경, 수변환경
측정 시기	월별 또는 분기별 홍수 전후	계절별	2회/월	2회/년	3회/년	4회/년	홍수전후
측정 구간	보 주요지점	4대강 대표습지 3곳	16개 보 설치 구간(주요지류 포함)				국가하천 10km 간격 지방하천 5km 간격

다. 국가 DB 구축 및 자료 관리 방안 제시

- 기존 메뉴얼은 영향 평가서 발행 또는 모니터링 자료집 발간에 중점을 둠
- 국가적인 차원에서 정보를 관리하기 위해서는 조사방법 뿐만 아니라 조사표 양식, 결과 정리 방법을 체계적으로 표준화할 필요가 있음
- 생물분야별로 현지조사표, 자료정리표, 사진정리표 등의 양식과 작성법을 제시
- 생물분야별로 상이한 용어를 통일(예, 조사지점, 조사구간, 대상구간 → 조사구간)

하천단면 식생조사표 (가)												
하천명		▲▲강		조사구간 번호		▲▲강-1		조사구간명		▲▲교		조사일자
하천단면 번호				▲▲강-▽▽-1-▽				조사자		000, 000, 000		
트랜sect	시점	위도: xx°xx'xx"N, 경도: xxx°xx'xx"E				종점	위도: xx°xx'xx"N, 경도: xxx°xx'xx"E 사점에서 각도:xx°					
		위치:					목적물: 전봇대-▽▽					
		사진 번호: ▽▽					사진 번호: ▽▽					
제외지 하천구조		복단면, 단단면, 자연, 기타				제외지 교란		하천정비, 담압, 농경, 벌초, 휴양, 기타				
제내지 토지이용		좌안	산림, 농경지, 주거지, 도로, 기타				우안	산림, 농경지, 주거지, 도로, 기타				
하천단면 로직 (1. 좌안측 왼쪽으로 2. 계류방향 혹은 수로를 놓이의 기준으로 3. 길이라 놓이를 따라 방향측 측적으로)												
거리(m)/각도(°)		15/25.4	33/1.1	37/24.9	217/5.7	237/16.9	247/22.3	257/0	267/5.1	287/1.7	299/2.9	
높이(cm)/기준(cm)		13.1/1.1	8.5/1.1	8.4/1.1	3/1.1	1.6/0	0/0	0.9/0	1.2/0	1.7/0	3.9/0	
수심(cm)		0	0	1.2	0	0	0	0	0	0	0	
일련번호		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
방형구번호(xx-1)												
사진 번호		875	874	886	885	884	883	881	880	895	901	
토성		콘크리트	콘크리트	콘크리트석축	콘크리트석축	콘크리트석축	콘크리트석축	콘크리트석축	바위자갈	바위, 종양토	바위, 종양토	
위도(▽▽° N)		▽▽° ▽▽'	▽▽° ▽▽'	▽▽° ▽▽'	▽▽° ▽▽'	▽▽° ▽▽'	▽▽° ▽▽'	▽▽° ▽▽'	▽▽° ▽▽'	▽▽° ▽▽'	▽▽° ▽▽'	
경도(▽▽° E)		▽▽° ▽▽'	▽▽° ▽▽'	▽▽° ▽▽'	▽▽° ▽▽'	▽▽° ▽▽'	▽▽° ▽▽'	▽▽° ▽▽'	▽▽° ▽▽'	▽▽° ▽▽'	▽▽° ▽▽'	
군지명		나지	나지	달팽이풀	달팽이풀	달팽이풀	달팽이풀	달팽이풀	선버들	가래나무	달맞이꽃	
저층 중층 /교목 % (높이) /교목 %	교목(T1)	/	/	/	/	/	/	/	/	15/60	/	
	아교목(T2)	/	/	/	/	/	/	/	6/60	/	/	
	관목(S)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	초본(H)	/	/	1.8/90	1.7/90	1.7/80	1.8/70	1.8/80	/	/	1.4/40	

<그림 3.1.32> 조사양식 표준화

Species	조사지점										출생월수	상태 총무도	출현빈도 (%)	비고
종명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1										1	1	0.03	5.6
학명	▲▲강-1													

<그림 3.1.33> 결과 정리표 표준화

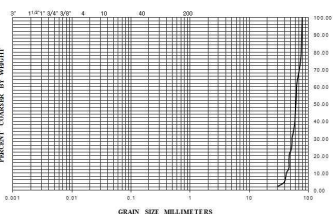
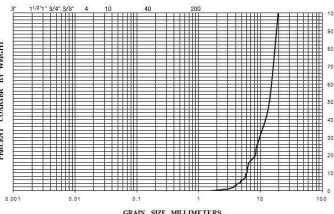
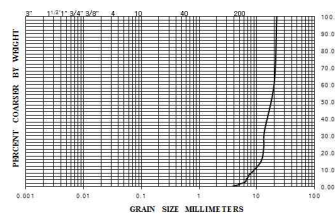
제2절 모니터링 기법의 개선사항(물리/화학/생물)

가. 물리 모니터링

<표 3.2.1> 기존 물리 모니터링 기법 및 개선사항

	기존 모니터링 기법 (건설교통부, 2002년)	추가 개선사항
조사 시기 및 대상지	·계절별 조사(연 4회)	·낙동강 수계 감전은 집중조사로 연4회, 한강·금강·영산강 수계 3개 지류 하천은 간략조사로 연1회 수행(2차년도) ·하상재료에 따라 하도특성을 대표하는 모래하천 감천과 자갈하천 섬강을 대상으로 연4회 수행(3차년도)
수문 모니터링	·강수량, 기상상황	·모니터링 구간에서 과거 계측된 강우와 수위 자료로 유황 파악(낙동강 유역 선산 관측소와 한강 유역 문막 관측소 자료 활용) ·연간 발생강우-유출 사전검토 및 현장 비교
수리 모니터링	·유속측정, 수심측정, 유량 측정	·모니터링 구간의 유속과 수심 측정하여 하도 내 흐름 상태 파악 ·분류와 지류의 수위-하도 변화 검토
하도 모니터링	·하도조사 : 사진촬영 ·형태조사 : 평면, 횡단 ·하상재료조사 : 하상재료 채취법, 입경 분석	·대상 유역의 자연적, 인위적 하상변동 상태를 조사·분석하여 하상변동 및 수리적 안정성에 대한 영향 파악 ·중·횡단 측량 ·사진촬영(경관, 하도, 생물 등) ·하상재료 조사(분포), 자갈하천(섬강) 하상재료 조사 기법 추가(영상기법 등) ·하천공간의 영상 조사(위성사진) ·주요 공사 지점에 대한 공사 전·중·후 경관 변화 영상비교(동일 각도, 지점에서 주기적 촬영) - 황구지천
분류·지류 모니터링	·합류부 퇴적 및 두부침식 모니터링 (정성적 검토 위주)	·홍수통제소 협조(분류·지류 모니터링 자료 공유)

<표 3.2.2> 자갈하천의 하상재료 분석법 비교(예; 섬강 No.0 고수부지 구간)

평면 채취법(2013/11/13)	영상처리법(2014/09/19)	격자틀법(2014/10/30)
-현장에서 약 50×50cm 범위 안의 시료를 채취하여 실내에서 자갈의 입도를 측정하는 방법 -비교적 분석 방법은 간단하지만 범위 안에 모든 시료의 크기 및 무게를 측정해야하기 때문에 측정하는데 상당 시간이 소요됨 -하천재료가 한 곳에 뭉쳐있게 될 경우 결과에 오차가 발생할 수 있음 -자갈 하층부의 모래층 일부를 채취하여 체분석 실험 진행	-시료의 채취 및 실측 등의 과정이 필요없어 가장 간단한 방법임 -입도분석이 요구되는 위치에 돌의 크기와 비교할 수 있는 사물(예; 동전)을 놓은 뒤 사진을 찍어 사진을 통해 돌의 실제 크기를 추정 -이 방법은 사진촬영 각도에 따른 크기의 오차 및 렌즈에 의한 왜곡이 발생할 수 있으며 카메라 영상에 보이는 부분만 측정할 수 있어 보이지 않는 부분. 즉, 표면층 아래 부분의 하상입도를 알아내기 어려운 단점이 있음 -중량은 실측이 불가하기 때문에 다음과 같은 중량·직경 관계식을 이용 $W = V_{\gamma} = \frac{\pi}{6} D_n^3 \gamma$	-50×50cm의 10cm간격의 격자틀을 제작하여 현장에서 격자틀 내의 자갈에 대해 장측, 단측의 입경을 기록하여 입도분포도를 작성 -중량은 실측이 불가하기 때문에 다음과 같은 중량·직경 관계식을 이용 $W = V_{\gamma} = \frac{\pi}{6} D_n^3 \gamma$ -가장 보편화된 방법으로 간단하게 진행할 수 있으나 자갈의 무게를 실측하지 않기 때문에 분석 결과의 신뢰도가 낮음 -자갈 하층부의 모래층 일부를 채취하여 체분석 실험 진행
		
		
◦자갈 직경과 중량이 반드시 비례한다고 볼 수 없기 때문에 중량을 실측하여 분석한 평면 채취법이 가장 신뢰도 높은 방법이라고 볼 수 있음		

나. 화학 모니터링

<표 3.2.3> 기존 화학(수질) 모니터링 기법 및 추가 개선사항

	기존 모니터링 기법	추가 개선사항
조사형태 및 시행부서	일반수질조사(환경부)	특정수질조사(국토부)
측정구간	573개 전국하천수질측정망	16개 보 상·하류 본류 및 주요 지류 70개 지점 : 월간, COD 등 43개 항목 16개 보 직상하류 : 주간, 조류 등 7개 항목 추가
분석방법	현장측정 및 실내 화학분석	수문관측 매뉴얼에 따라 측정 (환경부 중복 지점은 환경부 측정망 자료 사용)
조사 분석항목(하천)	페놀류, 분원성대장균군수, 총대장균군수, pH, DO, BOD, COD, SS, 총질소, 총인, 수온, 전기전도도, NH₃-N, NO₃-N, DTN, DTP, PO₄-P, 클로로필a	페놀류, 분원성대장균군수, 총대장균군수, pH, DO, BOD, COD, SS, 총질소, 총인, 수온, 전기전도도, NH₃-N, NO₃-N, DTN, DTP, PO₄-P, 클로로필a, TOC 등 43개 항목
측정시기	월1회(연12회)	월4회(연48회)

- 특정수질조사(구조물 주변 수질조사)는 2012년부터 수질예보제와 조류 예보제를 도입
 - 수질예보 조사(주1회 수질모니터링과 주2회 크로로필-a조사)
 - 조류예보 조사(월4회 빈도로 측정하나 유입지천의 경우 총량측정 지점이 설치된 하천은 8일 간격, 그 외 일반 모니터링 지점은 월1회)

<표 3.2.4> 기존 화학(퇴적물) 모니터링 기법 및 추가 개선사항

	기존 모니터링 기법	추가 개선사항
조사형태 및 시행부서	일반 퇴적물 조사(환경부)	특정 퇴적물 조사(국토부)
측정구간	573개 전국하천수질측정망 중 선택적 실시	16개 보 상류 : 월간
분석방법	- 중소규모 하천에 직접 채취 - 현장측정 및 실내 화학분석	- 그랩(Grab)혹은 스넵퍼(snapper)를 이용 - 자체 제작 매뉴얼에 따라 측정 및 분석
조사 분석항목(하천)	시료 채취시 현장의 수질(수심, 수온, 전기전도도, DO, pH, 호소는 투명도 추가), 입도, CODsed, TOC, TN, TP, SRP, 함수율, 완전연소가능량, 금속류(수은 제외), PCBs, PAHs, DDTs, VOCs	- 조사항목은 동일 - 조사방법과 측정시기의 개선 필요
측정시기	저니질내에 함유된 물질이 수질에 악영향을 미친다고 판단되는 시기	- 수질조사 시기와 병행한 동일시기 - 저니질내에 함유된 물질이 수질에 악영향을 미친다고 판단되는 시기

- 특정 퇴적물 조사(구조물 상류부 퇴적물 조사)는 월간단위로 조사
 - 현재 보 상류부 수질에 영향을 주는 가장 큰 인자로 인식(녹조, 큰빗이끼벌래)되어 자료 공개 난항
 - 수질과 퇴적물은 하천생물과도 직접적인 관련성을 가지고 있어 분석 필요(제한적이다라도 자료 제공 필요)

다. 생물 모니터링

<표 3.2.5> 기존 생물 모니터링 기법 및 추가 개선사항

분야	항목		기존 모니터링 기법 (건설교통부, 2002년)	추가 개선사항
식생	식물상	조사 시기	반기별, 분기별	봄, 여름(홍수전, 홍수후), 가을 4회
		조사 공간	사업구간 전체	- 트랜섹트 좌우 각 10m이내 지역과 그 외 지역으로 구분 조사 - 개방수면내 침수, 부엽식물 등 수생식물 포함 - 법적보호종 포함
	하천 단면	위치 선정		- 조사지소당 대표지역 1개 설치 - 보상하류 500m, 1500m
		방형구		하천규모에 따라 5, 10, 20 또는 40m간격

		설치		- 식생과 지형이 바뀌는 곳에 방형구 설치 - 나지, 교란지 등 식생천이 관심 지역 포함
		환경		• 좌표, 표고, 수심, 토성(현장에서 분류표 사용)
		지형 높이 (조사 위치)	• 목측	• 오토레벨기, 광파기 등의 측량기 이용
	식생도	바탕 지도 및 작도 법	• 수치지도, 무료항공사진	• 초소형 무인비행체(Helicam) 촬영 실시(가을) • 주요 식생군락지역을 핸드폰 GPS로 표시 후 GIS작도
		우점종	• 높은 장소에서 목측	• 가능하면 우점종 1종으로 명명 • 우점도가 5:5, 6:4인 경우 우점종-아우점종 ex)물억새-갈대군집, 환삼덩굴-갈대군집
어류	조사시기		• 연4회(분기별1회)	• 봄, 여름(홍수전, 후), 가을(4회)
	조사공간		• 사업구간 전체	• 선정된 보 구간에서 상류 및 하류 2km 이내 • 지류하천 합류부 1km 이내
	조사 도구	투망 및 족대	• 정량채집(기준있음)	• 투망 20회, 족대 60분(하천의 규모 및 미세서식지에 따라 조절 가능)
		정치망	• 기준 없음 (일부 조사를 시행하였음)	• 하천의 규모에 따라 종류 및 방법 선택(정치망 크기, 망목 및 개수 등) • 설치 후 최소 24시간 후 확인
		자망	• 기준 없음(조사하지 않음)	• 하천의 규모에 따라 종류 및 방법 선택(자망 크기, 망목 및 개수 등) • 설치 후 최소 24시간 후 확인
		통발	• 기준 없음(조사하지 않음)	• 하천의 규모에 따라 종류 및 방법 선택(통발 크기, 망목 및 개수 등) • 설치 후 최소 24시간 후 확인
	분석 방법	군집 분석	• 우점도, 종다양도, 풍부도, 균등도	• 기존방법과 동일

		길이 무게 상관 관계	길이-무게 상관관계 및 비대지수	기존방법과 동일
부착 조류	조사시기		계절별(분기별)	봄 (홍수기 전), 여름, 가을(홍수기 후), 겨울 (계절별)
	조사공간		사업구간 전체 중 지점 선정	- 조사대상 하천의 특성을 대표할 수 있는 지점 선정 - 조사 대상 하천에 영향을 줄 수 있는 유입 지천, 유입 지천 전과 유입 후에 지점 선정 - 중, 대하천의 경우, 하천의 특성을 분석할 수 있는 좌안과 우안에 지점을 선정 - 보가 있는 대하천의 경우, 대하천과 연결된 주요 지천 포함 - 보가 있는 대하천 경우 유수의 특성이 있는 지점, 정수(호소)의 특성을 나타내는 지점 선정 - 장기생태모니터링 연구가 가능한 곳을 선정
	조사내용		중,개채수 조사	- 정량적 시료 채집을 통한 출현종, 개체수 및 우점종 분석 - 지천의 유입 전, 후와 지천의 군집을 분석하여 지천의 생태적 영향 분석 - 보가 설치된 대하천의 경우, 유수일 경우 부착조류 시료 채집, 정수(호소)의 특성인 지점은 식물플랑크톤 시료 포함하여 군집 분석 - 각 조사 지점의 군집을 정량적 분석 - 군집의 각 지수 산출 - 필요에 따라 부착조류를 이용하여 수환경 평가
조류	조사시기		계절별(분기별)	봄 1회(춘계 이동시기), 여름 2회(번식기 전후기), 가을 1회(추계 이동시기), 겨울 2회(월동기 전후기) 등 6회
	조사공간		사업구간 전체	- 가능한 한 조사대상 하천구간의 넓은 범위 포함 - 보가 있는 대하천의 경우, 대하천과 연결된 주요 지천 포함 - 조사대상 하천의 특성을 대표할 수 있는 지역 선정 - 장기생태모니터링 연구가 가능한 곳을 선정 - 하천의 상황 및 인근 경관을 고려하여 조류 서식에 중요한 곳 포함 - 하천과 수변 둔치, 인접 삼림지역 및 논경지 포함 - 하천에 축조된 보와 어도 포함 - 하천 내 하중도나 사주의 크기 변화 모니터링

	조사내용		• 종, 개체수 조사	• 하천 및 인근 삼림지역에서 번식하는 조류 및 집단 번식지 유무 • 하천 경관(수면, 둔치, 하중도, 사주, 어도 등)에 따른 조류상 변화 및 이용도 • 조사 하천의 생태적 기능(휴식지, 취식지, 피난처 등) • 보가 설치된 대하천의 경우 맹금류의 유무 및 서식 현황 • 보가 설치된 대하천의 경우 대하천과 연결된 지천에서 도요, 물떼새류의 번식여부와 서식 현황 • 조류서식환경에 위협을 줄 수 있는 요인
저서성 대형 무척추 동물	조사시기		• 연4회(분기별1회)	• 봄 (홍수기 전), 여름, 가을(홍수기 후), 겨울 (계절별)
	조사공간		• 선정된 보 구간 상류 및 하류(수변부, 전이대, 중심부)	• 선정된 보 구간에서 상류 및 하류 500m, 1500m (수변부, 전이대, 중심부의 5개 지점) • 지류하천 합류부 1 km 내외 (수변부, 중심부)
	도구	유수역 (지류)		• Suber net(30×30cm, 망목 1.0mm)으로 정량채집
	정수역 (수변부)		• Dredge net (폭:40cm, 망목: 1.0mm)로 2회 정량채집	
	정수역 (전이대, 중심부)		• Ponar grab(20x20cm)를 사용하여, 3회 정량채집	
	분석	생물상	• 상류, 하류, 지류 저서 무척추동물의 생물종 및 개체수 분석	• 조사시기별 저서무척추 생물상 및 개체수 비교분석 • 조사지점별 생물상 변화분석
	우점종	조사 지점별 우점도 및 점유율	• 기존방법과 동일	
	군집분석	우점도, 다양도, 풍부도, 균등도	• 기존방법과 동일	
양서 파충류	조사시기		• 계절별(봄, 여름, 가을) 3회	• 봄, 여름(홍수전, 후), 가을 : 4회

	조사공간	사업구간 전체	- 선정된 보 구간에서 상류 및 하류 2 km 이내 제외지 내 또는 주변 정수 습지 - 지류하천 합류부 1 km 이내 제외지 내 또는 주변 정수 습지 - 주변(제내지) 논습지
	조사내용 (분석자료)	중,개채수 조사	균집분석(우점도, 종다양도, 균등도, 풍부도)
포유류	조사시기	여름을 포함한 년 2계절 (동절기 적설기간 권장)	- 년 3회이상 필요 4~5월(봄) 번식기 1회 필수 6~10월중 1회 - 지리적 여건에 따라 동절기 적설 후 1회 조사 또는 적설이 불가한 지역은 하절기 강우직후 1회 권장
	조사공간	사업구간 전체	- 조사대상 하천의 특성을 대표할 수 있는 지역 선정 - 사주, 하천암반지역 등 흔적관찰이 용이한 지역 선정 - 급격한 변화 없이 장기적인 생태모니터링 연구가 가능한 곳을 선정 - 하천 좌·우 500m 이내 권역의 주요 산림공간 분포 조사 - 대상 산림지역의 주요 출현종 조사 - 주요 교량하부지역은 중점조사지역에 포함 - 익수목(박쥐류)의 서식흔적과 대부분의 포유동물 흔적관찰 용이 - 제외지에서 관찰 가능한 종 중점조사(ex ; 수달, 멧밭쥐 등) - 보가 있는 대하천의 경우, 대하천과 연결된 주요 지천 합류부 포함
	조사내용	출현종 조사	- 제내지에서 장기간 농업 등에 종사하는 현지인의 탐문조사내용 첨부 - 포유류에 의한 농작물의 피해 등과 출현 증감 추세 등 파악 - 야생화된 개, 고양이 등의 출현정도와 기타 사육 중, 외래종의 출현현황 파악 - 포유류서식환경에 위협을 줄 수 있는 요인 - 하천과 연결된 도로지역 등의 Road-Kill 현황 등 - 하천을 중심으로 멸종위기종(수달, 삿)의 주요 흔적 분포지역 파악(GPS+도면 기록) - 소형포유동물(설치류)의 생포트랩은 년 1회 이상 설치 후 출현종 확인

제3절 모니터링 매뉴얼(안) 작성

1. 일반사항
2. 모니터링 개요
 - 가. 중대하천 모니터링의 필요성
 - 나. 모니터링 매뉴얼의 목적
 - 다. 모니터링 매뉴얼의 구성
 - 라. 하천복원사업의 모니터링
 - 마. 모니터링 계획의 원칙
 - 바. 모니터링 시행
3. 모니터링 항목과 조사방법
 - 가. 물리 모니터링
 - 나. 화학 모니터링
 - 다. 생물 모니터링
4. 모니터링에 의한 검토 평가
 - 가. 사업의 목적과 목표에 따른 평가
 - 나. 사업의 적합성 및 기법의 검토 평가
 - 다. 모니터링을 통한 적응관리
5. 모니터링 DB 구축 방안(안)
 - 가. 목적
 - 나. 하천환경정보에 관한 기본방침
 - 다. 하천환경정보 네트워크구성안
 - 라. 하천환경 데이터베이스의 표준구성
 - 마. 하천환경 모니터링 DB구축 방안(안)

제4절 하천복원 교육프로그램 제작 방안 수립

4.1 일반사항

- 중소하천 복원사업 교육프로그램 : 환경부 시행계획 및 관련 학회 중심 운영되고 있으나 현재 도입기 단계임
- 중대하천 복원사업 교육프로그램 : 사회적 요구 증대, 주관기관인 국토교통부 중심 개발 필요

(1) 하천복원 교육프로그램의 필요성

- 기존 하천환경사업 또는 복원사업 수행 경험, 문제점 보완, 신규사업 대응, 선진화 기법이 요구되고 있는 시점
- 하천복원 전주기에 대한 전문지식이 필요하며 이에 대한 맞춤형 복원 교육이 필요
- 현재 제안되고 있는 다른 교육프로그램만으로는 부족한 실정이며 이를 극복하기 위해서는 국내/외 여건에 대한 충분한 이해 필요
- 수요자 중심의 하천복원 통합교육 매뉴얼 개발로 체계적 복원교육 시스템 구축

(2) 하천복원 교육프로그램에 대한 수요조사

- 하천복원 교육프로그램의 필요성에 대한 수요조사
- 하천복원 교육프로그램의 수요자, 실무자 교육 필요사항 확인
- 하천복원 교육프로그램의 콘텐츠 구성 및 활성화 방안 조사

(3) 하천교육 교육프로그램의 목적

- 하천복원 목적의 계획수립, 시공, 사전 및 사후 모니터링, 평가, 그리고 적응관리 기술 보급 향상
- 하천복원의 다학제적 연계교육을 통한 하천복원 전문가 양성으로 실무, 시공, 계획, 사업화 등 다방면에 걸쳐 있는 분야별 이해관계 증대로 원활한 사업 추진 기대

4.2 교육프로그램 관련 국내외 사례조사

(1) 국내

가. 생태복원전문가 직무능력향상교육 (복원생태학회)

- 개요 : 고용노동부의 전략분야 인력양성사업의 일환으로 생태복원분야 전문가 양성

프로그램 시행

- 교육대상 : 생태복원 연관 분야에서 근무하는 재직자(고용보험료를 납부하는 현직 재직자)
- 교육비 : 무료
- 교육기간 : 4시간 이론교육 후 1일 8시간 실습교육
- 교육프로그램

	교과목명	교육 내용	교육 시간
1일	하천의 이해	하천복원의 정책 및 방향	2
		하천환경복원의 실태	2
2일	하천 복원 계획 및 설계	하천지형, 수리 수문	1
		하천계획 및 설계 기법	3
3일		하천 경관 계획과 설계	2
		생태 및 시설물 설계	2
4일	서식지 조성기법	서식지 조성 시 고려사항 및 조성방안	2
		양서류, 파충류의 서식지 복원 및 관리	2
5일		어류, 패류, 갑각류의 서식지 복원 및 관리	2
		하천 하구 보전, 복원 방안	2
6일	하천복원공법	하천수질공법 적용공법 등 하천수질 개선 정화 기술 실무	2
	비오톱	비오톱 맵핑 이론 및 실습	2
7일	분야별 복원효과 평가	곤충의 서식지 복원 및 보전	2
		하천 건강성 평가	2
8일	모니터링 평가	하천복원 사례별 모니터링 평가	1.5
		모니터링과 순응관리	1.5
	현장 실무	현업에서의 문제점 해결	1
9일	현장 실습	교육내용을 바탕으로 현장실습 (오산천, 황구지천, 경안천)	8

나. 환경부

- 수생태복원사업단(Eco Water)의 공공기반기술부분으로 교육프로그램 개발
- 2008. 8부터 수생태 복원에 관한 교육 및 홍보프로그램 개발에 착수하였으며 2014. 5 과제 종료와 더불어 관련 매뉴얼 개발 예정
 - 연구내용
 - ① 초·중고 대상 교육과정 및 수생태복원사업연구결과의 활용
 - ② 학교교육을 위한 수생태 복원교육프로그램 개발

③ 시민 및 전문가를 위한 수생태복원 교육프로그램 및 교재개발

- 활용계획

- ① 창의 체험학습 등에 청소년 교육프로그램으로 활용
- ② 생물자원 및 생태계 보전에 대한 국민 인식 제고

◦ 생태하천 복원 기술지침서(2011)

- 환경부 주도사업인 생태하천 복원사업 수행에 따른 올라른 사업시행 유도를 위한 지원목적으로 제작
- 하천환경부분만 다루고 있으며 복원 기법 및 공법에 대해 다루고 있으나 하천의 이수, 친수 기능부분에 대한 상호고려가 미흡



다. 국토해양부

◦ 자연과 함께하는 하천복원기술개발연구단(Eco River21)의 2006~2011까지의 연구성과를 정리한 메뉴얼 제시

- 하천복원 전반에 대한 내용을 다루고 있으나 전문가와 준 전문가수준으로 작성
- 다년간의 연구성과를 집대성하는 형태로 작성되어 분야별 구성은 바람직하나 기술적 요소에 대해서는 별도의 참고자료 활용 요구
- 각 분야에 대한 기본이론에 대한 사전학습이 필요



(2) 국외

가. 호주

- River Restoration and Management in Australia
 - 대학생 및 대학원생 대상 방학기간, 대학원생 등 복원교육프로그램 개발에 대한 계획수립을 위한 안내서
- River Restoration Framework
 - 사업실행 및 계획수립을 위한 Framework 방법론 제시
 - 본원 단계별 과정과 그에 따른 방법 설명
 - 하천 복원의 기본적 이해와 용어 설명으로 구성

나. 영국

- The Manual of River Restoration Techniques
 - 실제 복원사례하천 소개와 설계 및 시공방법 설명
 - 복원하천 계획, 시공 등의 전문참고 자료로 활용

다. 미국

- Stream Corridor Restoration
 - 하천 공간 전체 복원에 대한 설명
 - 복원기본 이론부터 사업실행까지 전반에 걸쳐 다루고 있음

- Stream Habitat Restoration Guidelines
 - 하천 서식 공간 복원을 중심으로 설명
 - 복원설계, 시공, 계획, 모니터일 전반에 걸쳐 다루고 있음
 - 특히 공법에 대한 구체적 설명을 포함함

4.3 교육프로그램 제작 방향 및 콘텐츠 제안

(1) 수요조사 및 설문

- 수요 조사 및 설문 대상 : 관련학회 및 협회 관계자
- 설문기간 : 2013. 12 ~ 2014. 2
- 설문방법 : 온, 오프라인
- 응답자 수 : 60명
- 설문항목

하천복원 교육프로그램 개발과 활용에 따른 설문조사

안녕하십니까?

먼저 우리나라 국토 및 하천환경 개선을 통한 국민의 삶의 질 향상과 사회생활복지 증진에 노력하시는 여러분께 감사드립니다. 한국건설기술연구원(KICT)에서는 국토교통과학기술진흥원의 건설교통기술촉진사업의 일환으로 "중대하천 대상 하천환경 유지관리 모니터링 매뉴얼 및 교육프로그램 개발" 연구를 수행하고 있습니다. 본 연구를 효율적으로 수행하고자 관련 전문가 및 관계자를 대상으로 하천환경 모니터링 및 복원교육 프로그램 개발에 대한 의견을 조사하고자 합니다. 응답하신 결과는 교육프로그램 개발에 소중한 자료로 사용하도록 하겠습니다. 아울러 본 조사에 응답해주신 내용은 연구 목적 외에 사용되지 않을 것임을 알려드립니다. 전문가 및 관계자 분들의 적극적인 참여를 부탁드립니다. 감사합니다.

2014. 2.

한국건설기술연구원 하천해안연구실 연구진 일동

A. 설문자 인적사항

소속기관 분류

- () 공무원 (중앙, 지방자치단체 등)
- () 설계 및 시공 회사
- () 공사 등 공기업
- () 대학 등 교육기관
- () 출연연 등 연구기관

B. 귀하의 하천 관리 및 하천환경 관련 분야 재직기간은 얼마나 되십니까? *

- () 5년 미만
- () 5년 이상 10년 미만
- () 10년 이상 20년 미만
- () 20년 이상

1. 하천복원 교육프로그램의 필요성

1) 귀하는 최근 5년간 하천복원이나 하천환경과 관련한 업무나 연구를 수행한 경험이 있으십니까?

자문활동을 포함한 경험

- | | | | | |
|-------|------|------|-------|-------|
| (1 | 2 | 3 | 4 | 5) |
| 전혀 없음 | 1~2회 | 3~5회 | 5회~7회 | 7회 이상 |

2) 현재 국내에서는 하천복원과 관련하여 국토부의 고향의강 살리기사업, 환경부의 생태하천복원사업, 안전행정부의 소하천살리기사업 등 다양한 형태의 하천복원사업이 진행되고 있습니다. 이에 귀하는 하천복원과 관련한 교육프로그램이 필요하다고 판단하십니까?

- | | | | | |
|-------------|---------|------|------|----------|
| (1 | 2 | 3 | 4 | 5) |
| 전혀 필요하지 않다. | 필요치 않다. | 보통이다 | 필요하다 | 매우 필요하다. |

2-1) 귀하가 교육프로그램이 필요하지 않다면 그 이유는 무엇입니까?

위에 1, 2 선택시 답변해주세요.

- () 기존 설계기준 또는 지침서 내용으로도 충분하다.
- () 실제 현장에 적용하는데 많은 도움이 되지 않을 것 같다.
- () 학생 및 실무자 교육에 활용도가 낮을 것 같다.
- () 하천환경 및 하천복원 관련 사업이 점차 축소될 것 같다.
- () 기타

2-2) 귀하가 교육프로그램이 필요하다면 어떤 교육대상으로 개발되어야 한다고 생각하십니까? 질문2)에서 3(보통)이상 선택시 답변해주세요. (복수가능)

- () 공무원(중앙, 지자체 등)
- () 시공 및 설계사 실무자
- () 대학생 및 대학원생 (청소년 포함)
- () 하천복원 관련 직간접 이해 당사자
- () 기타

3) 귀하가 생각하시기에 하천복원 교육의 필요성이 결여된다면 다음 중 어떤 이유인가요?

- () 하천복원에 대한 자료(해설 포함) 부족으로 실무적용 및 교육이 불가능하다
- () 아직은 하천복원 기술과 기법의 완성도가 미흡하여 추가적인 기술개발이 필요하다
- () 하천복원(자연친화적 하천정비 포함) 시장의 미성숙으로 아직 수요가 없을 것이다
- () 하천복원 교육보다는 하천행정 등 제도적 개선 등이 필요하다
- () 기타:

2. 하천복원교육 프로그램의 내용

4) 하천복원 교육프로그램이 제작된다면 어떠한 형태로 제작되어야 활용도를 제고할 수 있다고 보십니까? (복수선택가능)

- ☐ 프리젠테이션 자료
- ☐ 교육프로그램 핸드북
- ☐ 동영상, 사진 등 멀티미디어 자료
- ☐ 온라인 교육
- ☐ 온라인+오프라인 혼합교육
- ☐ 기타:

5) 귀하는 하천복원 교육프로그램이 활성화를 위해 어떠한 방법이 적절할 것으로 판단되니까?

- ☐ 워크숍 수료증(관련 학회)
- ☐ 하천복원사업 전문가인증(관련 협회)
- ☐ 조사자, 설계자 등 면허제도
- ☐ 공무원 등 대상 교육(관련 부처)
- ☐ 기타:

6) 교육프로그램이 개발된다면 적절한 교육이수 시간 및 방법은 어떻게 생각하십니까?

- ☐ 1일, 8시간(전일실내교육)
- ☐ 2일, 8시간(실내)+8시간(실외, 현장)
- ☐ 3일, 8시간(실내)+4시간(실내), 4시간(실습)+8시간(현장)
- ☐ 기타:

7) 현재 하천복원 교육프로그램에서 다뤄야 할 필요한 사항에 대해 선택해 주시기 바랍니다.

(2개 이상 선택해주세요)

- ☐ 하천복원사업 일반(기본 이론, 표준 절차와 사업계획, 사례 등)
- ☐ 하천수리, 지형 및 생태학
- ☐ 하천조사와 평가(하천지형, 수리수문 등 물리 구조, 생물 조사 및 평가, 수질 관리 등)
- ☐ 하천복원 계획 및 설계기법(하도계획, 구조물 및 서식처 등)
- ☐ 시공 및 복원공법 실무적용
- ☐ 사후 관리 및 모니터링 기법
- ☐ 기타:

8) 7번 설문에서 선택하신 가장 큰 이유는 무엇인가요?

(서술형)

3. 향후 하천복원교육 프로그램 참여 및 활용 의지

9) 귀하는 차후 교육프로그램이 개발된다면 적극 활용할 의향이 있으십니까?

(1 2 3 4 5)
매우 그렇지 않다 보통이다. 매우 그렇다
1,매우 그렇지 않다,에서 5,매우 그렇다,까지의 범위에서 값을 선택합니다.

10) 교육프로그램 개발과 관련하여 기타의견이 있으시면 작성해 주시기 바랍니다.

(서술형)

11) 설문에 응답하여 주셔서 감사드립니다. 본 연구와 관련하여 전문가 분들의 자문 등을 추가로 진행하고자 합니다. 참여의사가 있으시면 이메일 주소를 남겨주세요.

◦ 설문결과



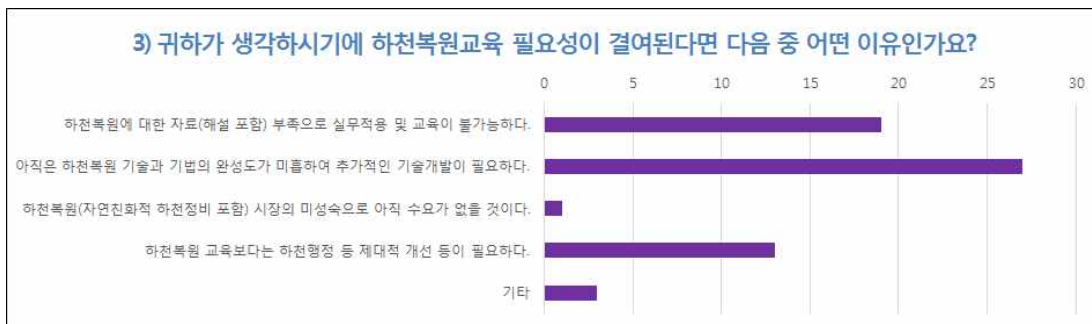
- 설문응답자의 인적사항은 공무원(7 %), 설계 및 시공회사(36 %), 공사 및 공기업(7 %), 대학(22 %), 연구원(27%)로 고른 응답자 소속을 보임
- 재직기간은 10년 이상 관련 업무를 수행한 응답자가 65%로 전문성이 있음



- 설문응답자의 90 %가 1회 이상 하천복원 또는 하천환경과 관련된 업무를 경험에 있는 그룹으로 판단됨
- 설문응답자의 93 %가 복원 교육프로그램이 필요하다고 판단하고 있음



- 설문응답자 중 복원교육이 필요하지 않은 이유로 현재까지 내용으로 충분하다와 실무적용성에 대한 의혹에 대한 의견이 있었음

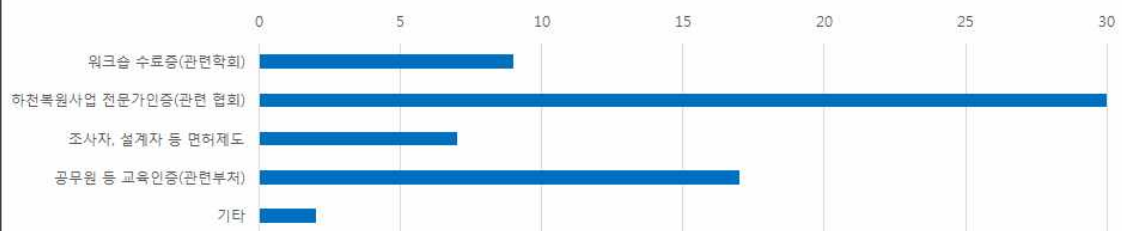


- 하천복원교육의 필요성이 결여된다는 설문에는 추가적인 기술개발이 필요하다는 자료부족으로 인한 교육의 질을 우려하는 것으로 나타남
- 그 외 하천관리에 따른 행정적 보완과 수요에 대한 불확실성에 대한 의견이 있었음

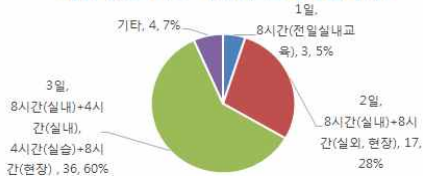
4) 하천복원 교육프로그램이 제작된다면 어떠한 형태로 제작되어야 활용도를 제고할 수 있을까요?



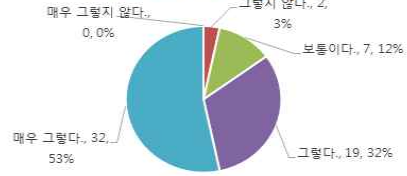
5) 귀하는 하천복원 교육프로그램이 활성화를 위해 어떠한 방법이 적절할 것으로 판단되십니까?



6) 교육프로그램이 개발된다면 적절한 교육이수 시간 및 방법은 어떻게 생각하십니까?



9) 귀하는 차후 교육프로그램이 개발된다면 적극 활용할 의향이 있으십니까?



7) 현재 하천복원 교육프로그램에서 다뤄야 할 필요한 사항에 대해 선택해 주시기 바랍니다.



8) 7번 설문 중 귀하가 선택하신 가장 큰 이유는 무엇인가요?



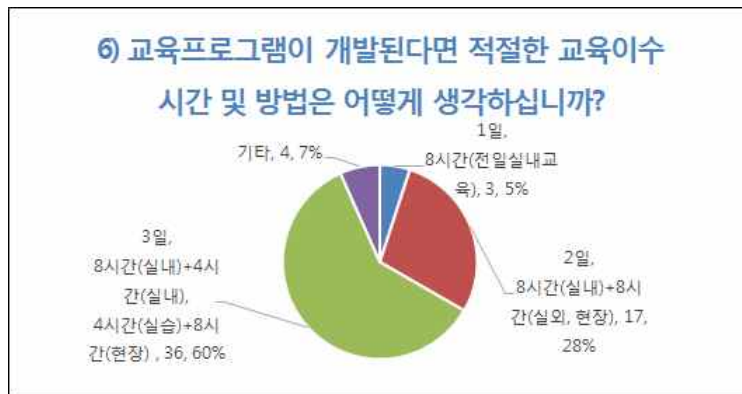
(2) 제작방향

◦ 교육대상



- 교육대상의 경우 공무원, 시공 및 설계 실무자, 하천복원 관련 직간접이해 당사자가 교육이 필요하다고 나타남

◦ 교육프로그램의 형태와 시간



- 교육프로그램의 형태는 핸드북과 멀티미디어 자료를 선호
- 교육은 온라인 교육보다 온오프라인 혼합교육을 선호
- 교육프로그램은 3일 실내외 교육 및 실습위주로 구성하는 것을 선호

(2) 콘텐츠 제안

가. 프로그램의 구성안

- 교육프로그램의 구성은 하천복원관련 전 분야를 다뤄야 할 필요가 있는 것으로 나타남



나. 교육프로그램의 구성 내용(안)

1. 하천수리학
 - 가. 하천의 특성
 - 나. 하천수리학
 - 다. 유사수리학
 - 라. 하천의 교란 및 반응
2. 하천지형학
 - 가. 하천의 규모
 - 나. 사주의 거동과 변화
 - 다. 하도 지형변화
 - 라. 하도 식생과 지형 변화
3. 하천환경
 - 가. 하천 생태계의 구조

나. 하천 생태계 교란 실례
다. 하천의 서식처와 서식처 복원
라. 하천서식처 유지유량
4. 수문기상학
가. 수문기상과 하천복원
나. 수문해석
다. 기후변화와 하천복원
5. 하천수리해석 기법
가. 수치모의
나. 수리실험 및 모형실험
다. 하천복원을 위한 하천수리해석 기법 연구 및 응용사례
라. 유사수리 해석
6. 하천복원 계획 및 설계
가. 하천복원의 계획 수립
나. 하천복원의 접근방안
다. 하천복원 모델의 선정
라. 하천복원 마스터플랜의 수립
마. 하천복원의 설계
바. 설계의 개요 및 기본방향
사. 설계기법
아. 하천복원공법
자. 하도 및 수변 생물서식처 조성공법
차. 호안공법
카. 수질 개선공법
7. 하천 조사 및 모니터링
가. 하천 모니터링의 개요
나. 물리 모니터링
다. 화학 모니터링
라. 생물 모니터링

4.4 교육프로그램 활용방안

(1) 타 기관 및 단체 교육/인증 프로그램 검토

가. 방재분야특수전문교육

- 개요 : 방재분야에 종사하는 기술인에 대하여 전문성 및 기술능력 향상을 위한 전

문가 양성 교육

◦ 관계법령

- 자연재해대책법 제65조(공무원 및 기술인 등의 교육) : 재해관련 기술인을 고용한 자는 대통령이 정하는 바에 따라 소방방재청장이 실시하는 교육을 받아야 함
- 동법 시행령 제58조(방재전문교육과정) : 전문교육이 필요한 분야에 근무하는 자(재해관련 업종에 종사하는 기술인 등)에 대하여 특수전문교육과정을 별도로 운영하거나 외부 전문기관 및 단체에 위탁하여 교육 실시
- 방재전문인력 교육운영 규정(훈령) : 특수 전문교육과정 개설, 운영하기 위한 위탁교육기관 지정 등

◦ 교육목적

- 각종 재해예방제도에 대한 종합적인 이해 : 재해예방제도에 대한 종합적인 이해 없이 단순 구조적인 문제만을 검토, 방재계획의 질을 떨어뜨리는 문제유발, 구조적/비구조적 문제를 포괄하는 종합적·시스템적 접근에 의한 각종 재해예방계획 수립
- 독립된 전문분야로서 방재업무 및 전문가 육성 : 토목공학을 전공한 기술인이 방재업무를 수행하는 현실적인 문제를 감안, 방재분야에 대한 전문지식 재교육 필요, 관련분야와 연계하여 방재분야가 독립된 전문영역으로서 역할과 기능을 수행할 수 있도록 전문가 육성 필요

◦ 도입배경



- 자연재해대책법 개정으로 사전재해영향성 검토, 풍수해저감종합계획, 비상대처 계획(EAP)수립, 재해복구사업평가, 우수유출저감 대책수립 등 새로운 재해예방제도 도입(05.1.27)
- 동 제도를 이해하고 추진할 수 있는 방재전문인력 양성을 위한 자연재해대책

법시행령 제58조 규정에 의거 방재분야 특수전문교육과정 위탁교육기관 지정 (06'8.8)

- 자연재해대책법 개정, 사전재해영향성검토 협의 등 방재안전대책 업무를 대행할 수 있는 제도가 도입됨에 따라 동 교육과정의 전문인력 활동(07'1.3)
- 교육과정 : 온라인교육과 오프라인교육의 혼합교육을 통한 교육효과 극대화



- 교육프로그램

구분	교육과정	교과목	수료기준	비고
기본과정	온라인교육	* 재난관리론 * 자연재해법규	* 진도 : 80%이상 수강 * 평가 : 과제평가(개인과제)	
전문과정	오프라인교육	* 풍수해 EAP * 풍수해저감종합계획 * 사전재해영향성검토 * 재해복구사업평가	* 출석 : 80%이상 출석 * 평가 : 과제평가(조별 과제 제출, 발표)	

- 과정별 교육기간

- 기본과정(온라인 교육)

과정	교육방법	학습분량	수료기준	비고
기본과정	온라인교육	41차시 (27시간)	* 진도 : 80%이상 * 평가 : 개인과제평가	복습학습기간 : 교육수료 후 1년

- 전문과정(오프라인 교육)

구분	1일 교육시간	1주 교육시간	총 교육시간	소요기간	비고
주간반	10:00~18:00 (7시간)	주 5일(월~금) 1주간 35시간	109시간	3주	
야간반	18:00~22:00 (4시간)	주 4일(화~금) 1주간 16시간	109시간	7주	

◦ 교육기대효과

분야별	주요내용
1. 사전재해영향성 검토협의 (법 제4조)	- 관계기관의 장은 자연재해에 영향을 미치는 행정계획을 수립·확정하거나 개발사업의 허가 등을 하고자 할 경우 - 협의대상 : 국토·지역계획 및 도시의 개발, 산업 및 유통단지 조성, 에너지개발, 교통시설의 건설, 하천의 이용 및 개발, 수자원 및 해양개발, 산지개발 및 골재채취, 관광단지개발 및 체육시설 등
2. 풍수해저감 종합계획의 수립 (법 제16조)	- 시장·군수·구청장은 5년마다 시·군·구 풍수해저감종합계획수립 - 시·도지사는 시·군·구종합계획을 기초로 시·도 풍수해저감 종합계획을 수립
3. 재해복구사업의 분석평가 (법 제57조)	지방자치단체장은 300억원 이상의 재해복구사업을 시행한 경우 사업의 효과성·경제성 등을 분석·평가
4.비상대처계획의 수립 (법 제 37조)	- 태풍, 지진, 해일 등 자연현상으로부터 대규모 인명, 재산피해가 우려되는 댐, 다중이용시설 또는 해안지역 등 대하여 ※ 관리주체는 피해경감을 위한 비상대처계획(EAP) 수립 - 주민·유관기관 등에 대한 비상연락체계, 비상시 응급활동요령, 비상상황 해석 및 홍수의 전파양상, 해일피해 예상지도, 경보체계, 비상대체계획, 이재민 수용계획, 유관기관 및 단체 공동대응계획 등을 포함 작성
5. 그 밖에 대통령이 정하는 업무	그 밖에 대통령이 정하는 방재안전대책에 관한 업무

나. 생태복원전문가 직무능력향상교육 (복원생태학회)

- 개요 : 고용노동부의 전략분야 인력양성사업의 일환으로 생태복원분야 전문가 양성 프로그램 시행
- 교육대상 : 생태복원 연관 분야에서 근무하는 재직자(고용보험료를 납부하는 현직 재직자)
- 교육비 : 무료
- 교육기간 : 4시간 이론교육 후 1일 8시간 실습교육
- 교육프로그램

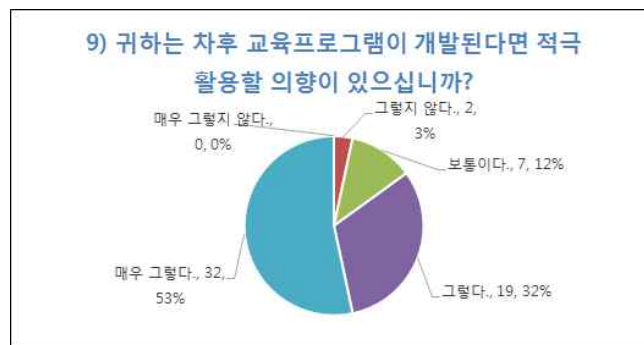
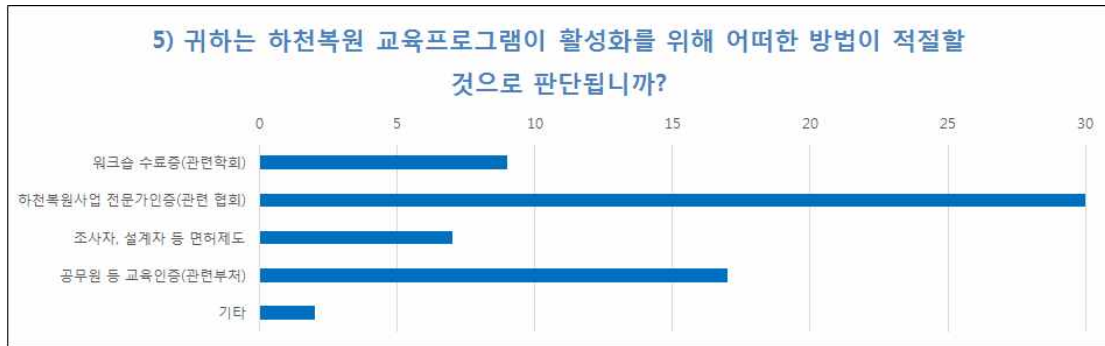
	교과목명	교육 내용	교육 시간
1일	하천의 이해	하천복원의 정책 및 방향	2
		하천환경복원의 실태	2
2일	하천 복원 계획 및 설계	하천지형, 수리 수문	1
		하천계획 및 설계 기법	3
3일		하천 경관 계획과 설계	2
		생태 및 시설물 설계	2
4일	서식지 조성기법	서식지 조성 시 고려사항 및 조성방안	2
		양서류, 파충류의 서식지 복원 및 관리	2
5일		어류, 패류, 갑각류의 서식지 복원 및 관리	2
		하천 하구 보전, 복원 방안	2
6일	하천복원공법	하천수질공법 적용공법 등 하천수질 개선 정화 기술 실무	2
	비오톱	비오톱 맵핑 이론 및 실습	2
7일	분야별 복원효과 평가	곤충의 서식지 복원 및 보전	2
		하천 건강성 평가	2
8일	모니터링 평가	하천복원 사례별 모니터링 평가	1.5
		모니터링과 순응관리	1.5
	현장 실무	현업에서의 문제점 해결	1
9일	현장 실습	교육내용을 바탕으로 현장실습 (오산천, 황구지천, 경안천)	8

다. 환경복원기사 (한국산업인력관리공단)

- 개요 : 자연생태계를 체계적으로 관리하고 환경오염과 자연생태계 파괴로 인한 피해를 최소화하며, 훼손된 생태계를 환경 친화적으로 복원하고, 생태계 위해성을 평가할 수 있는 인력을 양성할 목적으로 제정
- 연혁 : 2004년 자연생태복원기사 신설
- 수행직무 : 자연생태관련법, 관련제도 및 환경 생태계 분야의 전문지식을 가지고 생태계에 미치는 교란요인을 예측 · 분석된 자료를 종합적으로 평가하고 생태복원 작업의 작성 등의 업무를 수행
- 시험과목
 - 필기 : 환경생태학개론, 환경계획학, 생태복원공학, 경관생태학, 자연환경관계법규
 - 실기 : 환경생태실무
- 검정방법
 - 필기 : 객관식 4지 택일, 과목당 20문항(과목당 30분)
 - 실기 : 복합형(필답형+작업형)으로 5시간
- 합격기준 : 필기와 실기 각각 100점 만점에 60점 이상

(2) 활용방안

- 교육프로그램의 활성화를 위해 관련협회의 전문가 인증, 공무원 직무능력교육, 관련학회의 워크숍을 활용한 수료 순으로 선호
- 이에 국토교통부 관련 협회인 하천협회의 인증사업을 통한 교육프로그램으로 개발하는 것이 타당할 것으로 판단됨
- 필요성 결여에 대한 의견으로 하천관리에 따른 행정적 보완과 수요에 대한 불확실성에 대한 의견이 있어 하천관리기관인 국토교통부의 적극적인 의지와 법적 근거수립이 필요함
- 또한 교육프로그램을 적극 활용하겠다는 수요는 85 %이상이며 많은 활용이 기대됨



제4장 하천환경 DB 구축 방안(안)

제1절 모니터링 DB 구축 목적

- 정상성을 갖는 수문자료와 달리 하천환경정보의 시공간 다양한 변화와 대응
- 국토환경 보전과 개선에서 중요한 자연 자원의 관리
- 방대한 자료의 축적과 시공간 변화의 체계적 관리
- 과거와 향후 하천환경사업의 효율적 계획과 시행
- 하천의 3대 기능 보전과 관리 체계 필요
- 하천환경사업 모니터링의 과학적, 객관적, 제도적 보장

제2절 하천환경 데이터의 정의

- 하천환경 데이터는 하천기본 데이터 중 하나로 다음 조건에 해당
 - 정기 하천환경조사 데이터, 수질 및 생태환경 조사, 사업 모니터링 조사 등
 - 국토교통부 각 사업별 하천환경조사 등 정비된 정보 데이터
 - 그 외의 기관(환경부, 자치체 등)이 소유한 정보를 포함한 데이터 포함
- ⇒ 어패류, 저서 생물, 식물, 조류, 양서류·파충류·포유류, 육상곤충류, 그리고 생물종 목록, 하천조사, 하천공간이용실태 조사 데이터 등

제3절 하천환경정보의 기본 방침

- 관리 측면 : 하천환경 데이터의 통일성 확보, 하천환경 데이터의 저장, 보관, 유지 관리의 확보
- 이용 측면 : 하천환경 데이터의 신속 정확 지속적 편리성 향상

제4절 하천환경정보 네트워크

- 하천환경정보 네트워크
- 하천환경정보 네트워크 구축 방침
- 하천환경정보 네트워크 구성
- 하천환경정보 네트워크 정비

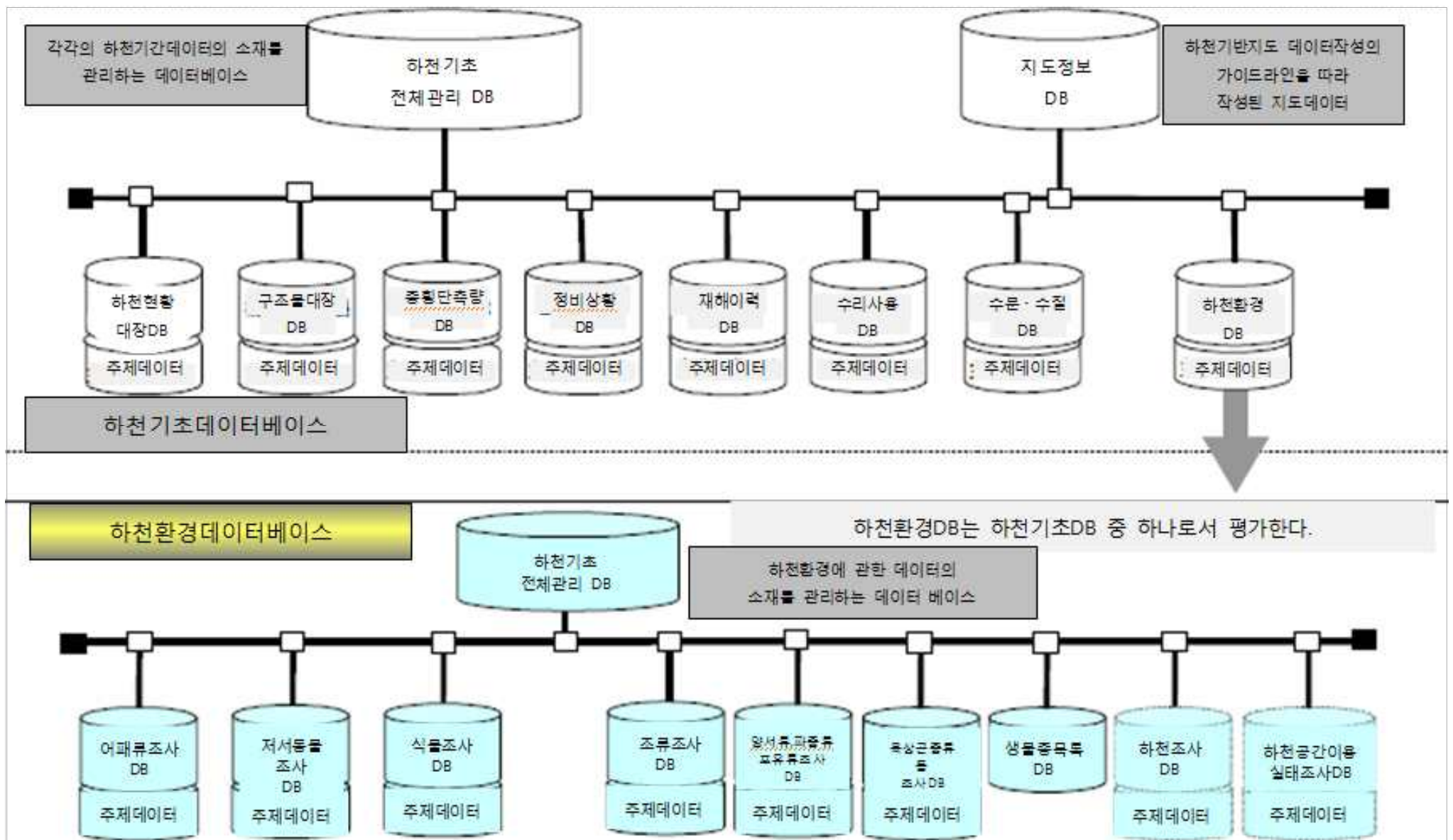
- 하천환경 데이터베이스 그룹 관리

제5절 하천환경 데이터베이스 표준 구성

- 하천환경 데이터베이스 항목
- 하천환경 데이터베이스 관리 시스템 구성
 - ① 항목 데이터 처리기능
 - ② 지도 처리 기능

제6절 하천환경 모니터링 DB 구축 방안(안)

- 하천환경조사의 정례화(중대하천 중심의 법과 제도화)
- 하천생물조사 DB 구축 사례(일본, 표 참조)
- 모니터링 DB 구축 방안(안)
 - ① 기본 자료 : 정기 하천환경조사, 사업 모니터링 조사 등
 - ② 시스템 입력 정보 자료 (중점 자료) : DB 표준 구성
 - ③ 시스템 구성 자료 : 별도 하천환경조사 또는 유역조사의 확장 (전체 자료)
 - ④ 기타 자료



<그림 4.2.1> 네트워크 구성 이미지와 표준화 구조

●:「하천명 하천환경조사」에서 출력한 항목 ◎:「하천명 하천환경조사」에서 집계하여 출력한 항목

- 118 -

제5장 연구개발성과 활용방안

가. 기술정책에의 활용

- ① 대규모 하천(환경)사업으로 영향을 받는 중대하천(주요 지류하천)과 유사한 규모 중대하천에서 사전 하천환경조사, 환경영향평가법의 사후환경조사, 하천복원 사업후 모니터링과 검토 평가에 직접 활용
- ② 하천기본계획 수립시 **생물 분야 하천환경조사**와 하천환경사업의 사업 전중후 모니터링 매뉴얼로 활용

나. 사회, 사업, 산업, 하천관리에의 활용

- ① 국가 하천(환경)사업 시행과 하천(환경, 복원)기술 전주기적 완성 및 선진화, 국민의 삶의 질 개선
- ② 모니터링을 통한 국내 하천환경공법의 적합성 검토증과 선진화, 해외 진출
- ③ 하천환경사업 목적과 목표 달성 여부 확인, 적용 공법 진단과 개량
- ④ 중대하천 적용 모니터링 기법 개발과 평가, 개량 대책 모색
- ⑤ 4대강 사업 이후 하상 변동, 하천생태환경, 수환경 등의 변화, 추이 분석
 - ※ 중대하천 구간의 지류 생물 이동 서식 환경 보완 대책 등
- ⑥ 중대하천 사회기반시설 및 하천 시설물의 안정화
 - ※ 중하상 안정화 대책, 하천횡단 사회기반시설 및 하천시설물 안전관리 대책, 기타 하천관리 대책 모색
- ⑦ 하천복원 및 모니터링 교육 프로그램 개발과 활용으로 후진양성, 기술 배양

참고문헌

- 건설교통부 (1976). 만경강 하천정비기본계획.
- 건설교통부(2002). 자연친화적 하천관리지침, 건설교통부.
- 건설교통부(2006). 자연친화적 하천정비기법 개발 : 수변 조사 및 모니터링 매뉴얼, 건설교통부.
- 건설교통부 서울지방국토관리청 (2006). 오산천 하천환경정비사업 전면책임감리 모니터링 보고서, 건설교통부.
- 건설교통부 서울지방국토관리청 (2007). 생태하천조성사업 평가방법, 평가매뉴얼, 건설교통부.
- 국립환경과학원, 한국환경정책평가연구원, 강원대학교, 건국대학교(2006). 물환경종합평가방법 개발 조사연구(Ⅲ) 최종보고서: 수질평가 방법 및 평가지표 개발, 국립환경과학원, pp. 161-222.
- 국립환경과학원, 한국환경정책 평가연구원, 건국대학교(2006). 물환경종합평가방법 개발 조사연구(Ⅲ) 최종보고서: 수생태 건강성조사 및 평가체계 연구, 국립환경과학원, pp. 116-170.
- 국토교통과학기술진흥원/한국건설기술연구원 (2013). 중대하천 대상 하천환경 유지관리 모니터링 매뉴얼 및 교육프로그램 개발-1차년도 연구개발 주요내용, 국토해양부/국토교통과학기술진흥원 연구사업
- 국토해양부(2009), 자연친화적 하천관리에 관한 통합지침, 정부간행물발간등록번호 11-1611000-000982-01, 국토해양부 하천계획과.
- 국토해양부, 한국건설교통기술평가원(2011) 홍수터 보전/복원 기술 최종보고서. 건설기술혁신사업, pp. 475-495.
- 국토해양부, 한국건설교통기술평가원(2011). 하천복원 통합매뉴얼
- 국토해양부, 한국건설교통기술평가원(2009) 홍수터 보전/복원 기술 연차보고서. 건설기술혁신사업, pp. 239-287.
- 배선헌 (2007). “1910년대 지형도를 이용한 근대화 이후의 도시 변화 분석.” 한국지리정보학회지, 한국지리정보학회, 제10권, 제3호, pp. 93-103.
- 한국수자원학회 (2009). 하천설계기준·해설 : 제12장 하천환경조사, pp. 114-161.
- 한국건설기술연구원 (2011). 하천복원 통합매뉴얼 : 제7장 모니터링 및 적응관리-자연과 함께 하는 하천복원기술개발, 국토해양부/한국건설교통기술평가원 연구사업
- 환경부(2001) 내륙습지의 유형별 평가기법 및 관리방안에 관한 연구. pp. 31-36.
- 환경부, 한국환경공단(2011). 생태하천 복원 기술지침서

- FISRWG(2002). Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices – Chapter 6: Implementing, Monitoring, Evaluating, and Adapting, By the Federal Interagency Stream Restoration Working Group(FISRWG). ISBN-0-934213-59-3 http://www.usda.gov/stream_restoration
- Freeman, C., G. Liska, et al. (1995). "The use of fluorogenic substrates for measuring enzyme activity in peatlands." *Plant and Soil*, Vol. 175, No. 1, pp. 147-152.
- Hoppe, H. G. (1993). "Use of fluorogenic model substrates for extracellular enzyme activity (EEA) measurement of bacteria." *Handbook of methods in aquatic microbial ecology*, pp. 423-431.
- Kang, H. and C. Freeman (2009). "Soil Enzyme Analysis for Leaf Litter Decomposition in Global Wetlands." *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Vol. 40, pp. 21-22.
- Kondolf, G. M. and E. R. Micheli. (1995). "Evaluating stream restoration projects." *Environmental Management*, Vol. 19, pp. 1-15.
- Nelson, J. S. (2006). *Fishes of the World* 4th edition. Hoboken, N.J., John Wiley & Sons.
- River Restoration Center(2007), River Restoration Monitoring Working Group, Summary of meeting held on 12th December 2007, River Restoration Center, United Kingdom
- Seitzinger, S. P., L. P. Nielsen, et al. (1993). "Denitrification measurements in aquatic sediments: a comparison of three methods." *Biogeochemistry*, Vol. 23, No. 3, pp. 147-167.
- Tiedje, J. M., S. Simkins, et al. (1989). "Perspectives on measurement of denitrification in the field including recommended protocols for acetylene based methods." *Plant and Soil*, Vol. 115, No. 2, pp. 261-284.
- Washington Department of Transportation(2002), White Paper-Freshwater Gravel Mining and Dredging Issues, Washington Department of Fish and Wildlife, Washington, USA.
- Blacklow, W. M., Bell, G., Davies, P., Jasper, R. and Pen, L. (2001). *River Restoration and Management in Australia : A National Framework for Vocational Education and Training and Graduate Studies*, Centre of Excellence in National Resource Management, Publication 01/01.
- J. D. Koehn, G. J. Brierley, B. L. Cant and A. M. Lucas (2001). *River Restoration Framework*, Land & Water Australia.

River Restoration Center(2002). The Manual of River Restoration Techniques, updated 2013.

The Federal Interagency Stream Restoration Working Group(FISRWG) (2002), Stream Corridor Restoration; Principles, Processes and Practices, USDA-National Resources Conservation Service.

Washington State Aquatic Habitat Guidelines Program (2004). Stream Habitat Restoration Guidelines, Department of Ecology, Fish & Wildlife Washington State, U.S . of Fish & Wildlife Service.

수생태복원사업단 <http://www.ecowater.re.kr/>

복원생태학회 <http://www.serk.or.kr/>

한국방재협회 <http://www.kodipa.or.kr/>

한국산업인력관리공단 Q-Net <http://www.q-net.or.kr/>

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.