

| 사업보고서 | 2013-07-01 |

# 대동강 하천복원 및 유역관리 남북협력방안 연구(4차)

추장민 외

## 연구진

- 연구책임자 추장민 (한국환경정책·평가연구원 연구위원)  
참여연구원 강택구 (한국환경정책·평가연구원 부연구위원)  
노태호 (한국환경정책·평가연구원 연구위원)  
정성운 (한국환경정책·평가연구원 연구위원)  
외부참여자 김철구 (수생태복원사업단 연구관리팀장)  
최동진 (국토환경연구소 소장)

## 자문위원

- 박상현 (한국국방연구원 책임연구원)  
이성진 (한국환경산업기술원 전문위원)  
정준희 (통일부 운영지원과 과장)  
명수정 (한국환경정책·평가연구원 부연구위원)  
전동준 (한국환경정책·평가연구원 연구위원)

© 2013 한국환경정책·평가연구원

---

**발행인** 이병욱

**발행처** 한국환경정책·평가연구원

서울특별시 은평구 진흥로 215 (우편번호) 122-706

전화 02)380-7777 팩스 02)380-7799

<http://www.kei.re.kr>

**인쇄** 2013년 12월 26일

**발행** 2013년 12월 31일

**출판등록** 제17-254호

**ISBN** 978-89-8464-837-1 93530

---

# 서 언

한반도 제5대 하천인 북한의 대동강은 낙후된 하천관리체계와 수자원 개발 및 이용 방식, 토사유입에 따른 하천의 통수기능 저하 등으로 인하여 홍수, 가뭄 등의 자연재해에 취약하여 매년 농경지 및 주거지 침수피해가 반복되고 있습니다. 또 대동강 하류와 보통강 등 주요지류는 오폐수 및 분뇨처리시설, 상수도 시설의 미비로 인한 수질오염이 심각하며 유역주민의 음용수 안전을 위협하고 있는 실정입니다. 이와 같은 북한의 하천 관리 문제는 대동강에만 국한되는 것이 아니라 북한지역의 대부분 하천에서 나타나고 있습니다.

지속가능한 하천관리 문제를 비롯한 북한의 환경문제는 장기적으로 한반도 국토환경 관리 및 환경보전을 위해 남북이 공동으로 노력해야 할 문제입니다. 이에 본 연구원은 지난 2008년부터 북한과 한반도 전체의 환경보전을 위한 실천방안을 마련하는 데 목적을 두고 「남북환경협력기반구축사업」을 통해 관련 연구를 수행해왔습니다. 특히, 세부 연구사업의 하나로써 2010년부터 4년 동안 위성영상과 관련 자료를 이용하여 대동강 유역의 인문자연 환경 및 하천상태에 대한 조사·분석을 통해 대동강 하천복원 및 유역관리 남북협력방안을 마련하기 위한 연구를 수행하였습니다.

이번 4차년도 연구에서는 대동강 상류, 합장강 및 대동강 중·하류의 하천상태를 파악하고, 보통강, 재령강, 곤양강의 하천상태를 분석한 1~3차 연구결과와 종합하여 대동강 하천복원 및 유역관리 남북 협력사업의 기본방향을 제시하고 제방복원, 조림사업, 도시 및 농촌의 기반시설구축 등 사업을 통합하여 각 지역 및 구역별로 종합적인 남북협력방안을 제안하였습니다.

최근 몇 년간 북한의 핵실험, 정권교체 등으로 말미암아 남북관계가 경색되어 본

연구는 대동강의 하천상태 파악, 복원대상지역 선정 및 복원사업을 개발하는 과정에서 현장조사가 수행되지 못한 한계를 갖고 있습니다. 하지만 고해상도 위성영상과 북한과 국내외 자료 등 접근 가능한 자료를 최대한 활용하여 대동강 하천상태에 대한 조사·분석을 수행하였습니다. 본 연구에서 제안한 대동강의 하천복원과 유역관리에 관한 남북협력방안이 향후 남북관계의 개선에 따른 남북협력사업의 개발에 유용한 자료로 활용되기를 기대합니다.

끝으로 본 연구의 책임을 맡아 수행한 본 원의 추장민 박사, 연구진으로 참여한 강택구 박사, 노태호 박사, 정성운 연구원의 노고에 감사의 마음을 표합니다. 그리고 외부에서 연구진으로 참여하신 국토환경연구소 최동진 소장과 수생태복원사업단 김철구 연구관리팀장께도 감사의 마음을 전합니다. 또한 바쁘신 와중에 연구의 질적 향상에 도움을 주신 한국국방연구원 박상현 박사, 한국환경산업기술원 이성진 박사, 통일부 정준희 과장과 본 원의 명수정 박사, 전동준 박사께도 감사드립니다.

2013년 12월

한국환경정책·평가연구원

원장 이 병 욱

## 국문 요약

본 연구는 「남북환경협력기반구축사업」의 세부과제로서 위성영상과 관련 자료를 이용하여 대동강 유역의 인문자연 환경 및 하천상태에 대한 조사·분석을 통해 대동강 하천복원 및 유역관리 남북협력방안을 마련하는 데 목적을 두고 있다. 주지하다시피 북한의 낙후된 하천관리체계, 단기적인 목적의 수자원 개발, 토사유입에 따른 하천의 통수기능 저하 등으로 인하여 제방 등 하천구조물 붕괴, 하천생태계 훼손, 홍수와 가뭄 등 자연재해 빈발 등 문제에 직면해 있다. 북한지역의 하천문제는 단지 북한만의 문제가 아니라 한반도 전체의 지속가능한 하천 이용과 관리 차원에서 남북협력의 주요과제로 대두되고 있다. 이에 대동강을 조사대상 하천으로 선정하고 2010년부터 2013년까지 4년 동안 대동강 본류 및 주요 지류를 대상으로 연구를 수행하였다. 지난 4년간 수행한 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

대동강 평양일원과 보통강 유역 320km<sup>2</sup>(1차), 재령강 유역 684km<sup>2</sup>(2차), 곤양강 및 강남천 유역 650km<sup>2</sup>(3차), 대동강 상류, 합장강 및 중·하류 유역 755km<sup>2</sup>(4차)에 대한 하천실태를 파악하고 하천복원 우선대상지역을 선정하여 제시하였다. 구체적으로 2010년 1차 연구에서는 평양일원 및 보통강 유역을 분석하였으며, 보통강 순안구역 남산동~재경리 구간과 형제산구역의 시정천~하당이동 구간을 하천복원 우선대상지역으로 선정하여 제안하였다. 2011년 2차 연구에서는 재령강 유역을 분석하여 신천군의 척서천 구간과 재령군의 척서천 지류 구간, 안악군의 도령천 지류를 하천복원 우선대상지로 선정하였다. 2012년도 3차 연구에서는 2차 연구와 동일한 기준으로 곤양강의 장산리 인근구간, 양음리~금산리구간, 동산리 구간, 강남천 동쪽지류, 강남천 서쪽지류를 하천복원 우선대상지역으로 선정하였다. 2013년 4차 연구에서는 대동강 상류 및 중·하류를 분석하여 상류의 삼석구역 장수원동~삼산리 구간, 합장강 립원동~마산동 구간, 명오동~룡추일동 구간, 룡추일동~룡추이동 구간, 룡추일동~룡궁일동 구간, 룡성이동~화성동 구간, 대동강 중·하류의 황해남도 은천군 구간을 하천복원 우선대상지로 선정하였다.

또한 대동강 유역의 하천상태에 대한 조사 분석결과를 토대로 유역의 지역 및 구간별 하천복원 및 유역관리 남북협력방안을 개발하여 제안하였다. 이를 위해 국내외 하천복원 동향 및 북한의 대동강 하천복원 남북협력사업 수용성을 분석하였으며, 이를 통해 대동강 하천복원 및 유역관리 남북협력사업의 기본방향을 첫째, 하천이 지난 본래의 자연성을 살려 하천의 기능회복을 우선 고려, 둘째, 도시와 농촌의 국토환경 인프라구축과 연계, 셋째, 도시와 농촌의 생태환경보전에 주안, 넷째, 산림복원사업과 연계 등 4가지로 설정하였다.

마지막으로 1~4차 연구에서 선정된 하천복원 우선대상지역의 하천환경특징을 고려하여 남북협력을 위한 제방복원 우선대상지역과 조림사업 우선대상지역을 각각 선정하였다. 제방복원 우선대상지역에는 보통강 순안구역~재령리 구간, 합장강 전구간, 대동강 상류 노산천 구간, 곤양강 금산리~양금리~장산리, 재령강 신천군 척서천 구간의 5개 구간이 선정되었다. 그리고 조림사업 우선대상지역에는 평양 모란봉구역~대성구역, 마장산기술·중화군~박산골산, 대동강 중·하류 남포~황해남도 안악군, 황해북도 황주군 지역이 선정되었다.

이를 근거로 제방복원, 조림사업, 도시 및 농촌 기반시설구축 등 사업을 통합하여 대동강 유역의 각 지역 및 구역별로 종합적인 남북협력방안을 개발하여 제안하였다.

첫 번째로 보통강과 합장강이 지나는 평양 시가지 지역에는 제방복원 및 수질개선을 위한 상하수도 기반구축사업과 조림사업을 연계한 사업을 제안하였다. 두 번째로 곤양강 및 강남천 유역에는 제방복원 및 조림사업과 농업기반시설 구축사업을 연계한 사업을 제안하였다. 세 번째로 대동강 중·하류 남포지역에서 황해남도 안악군, 황해북도 황주군에 이르는 지역에는 조림 중심의 상하수도 기반시설 구축사업을 제안하였다. 네 번째로 재령강 신천군 척서천 구간은 제방복원사업과 농업기반시설사업을 연계한 사업을 제안하였다.

하천복원 대상지역을 선정하고 복원사업의 내용을 도출하기 위해서는 하천의 종단, 횡단면의 구조를 파악하는 등 현장조사가 반드시 수반되어야 한다. 하지만 북한이 접근 불가능 지역이기 때문에 본 연구에서는 대동강 유역에 대한 문헌자료, 위성영상의 육안판독, RS기법을 통한 토지피복분류, 제외지환경분류에 근거하여 도출하였다.

대동강에 대한 현장 접근성의 제약으로 현장조사가 결여되어 있다는 점이 본 연구의 한계라고 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 지난 4년에 걸쳐 가용한 관련 자료를 최대한 활용하여 대동강 본류 및 주요 지류의 하천상태를 파악하고 관련 자료를 축적함으로써 북한 하천연구에 필요한 기반을 구축하는 성과를 거두었다고 자평해 본다. 그리고 대동강에 대한 사례분석을 통해 본 연구에서 제안한 북한의 하천복원과 유역관리의 남북협력 방향과 사업내용은 향후 남북관계 개선에 따른 남북협력사업을 개발하는 데 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대해 본다.

마지막으로 본 연구경험을 토대로 대동강 외에 북한지역 주요하천에 대한 연구를 지속적으로 수행하여 북한 전역의 하천상태를 파악하고 관리방안을 제안함으로써 하천 분야 남북한 협력방안과 한반도 차원의 하천관리전략 개발에 기여해야 할 것이다.

주제어: 대동강, 하천복원, 유역관리, 남북협력사업



# | 차례 |

<b>제1장 · 서 론</b> .....	1
1. 연구 배경 및 필요성 .....	1
2. 연구방법 .....	4
가. 문헌조사 .....	4
나. 고해상도 인공위성을 활용한 원격탐사 및 GIS분석 .....	4
<b>제2장 · 대동강 유역의 환경실태 조사</b> .....	11
1. 자연환경 .....	11
가. 유역 위치 .....	11
나. 지형 및 지질 .....	12
다. 기후 .....	13
라. 자연재해 .....	14
2. 인문사회 환경 .....	17
가. 인구 .....	17
나. 행정 .....	18
다. 산업경제 .....	26
라. 교통 .....	28
<b>제3장 · 대동강 유역 하천상태 분석 및 하천복원 대상지역 선정</b> .....	30
1. 육안판독 결과 .....	30
가. 하천시설물 .....	30
나. 하천폭 및 제방폭 .....	36
다. 제방유실 추정지 판독 .....	39

라. 하천의 탁도 .....	46
2. 하천주변 토지피복분류 결과 .....	53
가. 대동강 상류 .....	53
나. 합장강 .....	54
다. 대동강 중·하류 .....	55
3. 제외지 하천퇴적환경 분석 결과 .....	56
가. 대동강 상류 .....	56
나. 합장강 .....	57
다. 대동강 중·하류 .....	59
4. 하천복원 우선대상지역 선정 .....	60
가. 제방복구 우선지역 선정 .....	60
나. 하천탁도개선 우선대상지역 선정 .....	62
다. 하천복원 우선대상지역 선정 .....	63
<b>제4장 · 대동강 하천복원 및 유역관리 남북협력방안 .....</b>	<b>67</b>
1. 국내외 하천복원 동향 및 사례 조사 .....	67
가. 국내 하천복원사업 추진 현황 .....	67
나. 국내 하천복원 사례 .....	69
다. 국외 하천복원사업 추진 현황 .....	76
라. 국외 하천복원 사례 .....	77
2. 국내외 사례의 대동강 하천복원 및 유역관리 적용의 시사점 .....	81
3. 대동강 하천복원 및 유역관리 남북협력사업 제안 .....	82
가. 북한 대동강 관련 정책·사업 및 남북협력의 수용성 .....	82
나. 대동강 하천복원 및 유역관리 남북협력사업 기본 방향 .....	86
다. 대동강 하천복원 및 유역관리 남북협력사업 대상지역 선정 .....	87
라. 대동강 하천복원 및 유역관리 남북협력사업 제안 .....	102

제5장 · 요약 및 결론 .....	106
참고 문헌 .....	109
Abstract .....	113

# | 표 차례 |

〈표 1-1〉 1~3차 연구대상지 개요 .....	2
〈표 1-2〉 선정된 영상(대동강 상류; Geoeye) .....	7
〈표 1-3〉 선정된 영상(대동강 합장강; Geoeye) .....	7
〈표 1-4〉 선정된 영상(대동강 중·하류; IKONOS) .....	8
〈표 2-1〉 평양시 평균 기온 및 강수량 .....	13
〈표 2-2〉 남포지방 평균 기온 및 강수량 .....	14
〈표 2-3〉 1992~2011 국제기후위험지수 상위 10개국 .....	15
〈표 2-4〉 2002~2012년 북한 평안남도, 황해남도 기상재해 현황 .....	16
〈표 2-5〉 북한 행정구역별 인구현황 .....	17
〈표 2-6〉 북한의 철도노선 현황 .....	29
〈표 3-1〉 유역별 제방붕괴추정지 .....	61
〈표 3-2〉 하천탁도 변화 추정지 .....	62
〈표 3-3〉 대동강 상류 하천복원 우선대상지역(노산천 구간) 현황 .....	64
〈표 3-4〉 합장강 하천복원 우선대상지역 현황 .....	65
〈표 3-5〉 대동강 중·하류 하천복원 우선대상지역 현황 .....	66
〈표 4-1〉 한강종합개발사업 개요 .....	70
〈표 4-2〉 태화강 하천정화사업 개요 .....	71
〈표 4-3〉 양재천 자연형 하천정비사업 개요 .....	72
〈표 4-4〉 안양천 살리기 사업개요 .....	73
〈표 4-5〉 광지천 생태하천 복원사업 개요 .....	74
〈표 4-6〉 달전천 생태하천 복원사업 개요 .....	75
〈표 4-7〉 이자 강 하천복원 사업개요 .....	78
〈표 4-8〉 이타치 천 복원사업개요 .....	79

〈표 4-9〉 쇼진 천 하천복원사업개요 .....	79
〈표 4-10〉 키시미 강 하천복원사업개요 .....	80
〈표 4-11〉 대동강 계절별 오염상태 변화(1999~2008) .....	83
〈표 4-12〉 대동강오염방지법 주요 내용 .....	84
〈표 4-13〉 대동강 유역 제방복원 우선대상지역 현황 .....	94
〈표 4-14〉 대동강 유역 하천복원 및 유역관리 남북협력사업 대상지역 및 내용 .....	104

## | 그림차례 |

〈그림 1-1〉 1~4차 연구대상지역범위 .....	3
〈그림 1-2〉 연구추진체계 .....	3
〈그림 1-3〉 원격탐사 조사내용 및 분석흐름 .....	5
〈그림 2-1〉 대동강 위치 및 연구대상지역 .....	11
〈그림 2-2〉 평양지역 평균 기온 및 강수량 월별 평년값 변화추이 .....	13
〈그림 2-3〉 남포지역 평균 기온 및 강수량 월별 평년값 변화추이 .....	14
〈그림 2-4〉 대성구역 .....	19
〈그림 2-5〉 삼석구역 .....	20
〈그림 2-6〉 사동구역 .....	20
〈그림 2-7〉 승호구역 .....	21
〈그림 2-8〉 룡성구역 .....	23
〈그림 2-9〉 천리마군 .....	24
〈그림 2-10〉 대안군 .....	24
〈그림 2-11〉 남포시 .....	25
〈그림 2-12〉 서해갑문 .....	25
〈그림 2-13〉 평양·남포 공업지구 .....	27
〈그림 3-1〉 대동강 상류유역 주요 시설물 .....	31
〈그림 3-2〉 합장강 유역 주요 및 기타 시설물 .....	32
〈그림 3-3〉 대동강 중·하류 주요 시설물 (댐/보) .....	33
〈그림 3-4〉 대동강 중·하류 기타 시설물 .....	35
〈그림 3-5〉 대동강 상류 하천 및 제방 폭 .....	36
〈그림 3-6〉 대동강 상류 노산천 하천 및 제방 폭 .....	37
〈그림 3-7〉 합장강 상·중류 하천 및 제방 폭 .....	38

〈그림 3-8〉 합장강 하류 하천 및 제방 폭 .....	38
〈그림 3-9〉 대동강 중·하류 하천 및 제방 폭 .....	39
〈그림 3-10〉 제방유실 등급별 사례지역 .....	40
〈그림 3-11〉 대동강 상류 제방유실 추정지 지도 .....	41
〈그림 3-12〉 대동강 상류 제방유실 추정지역(높음) .....	41
〈그림 3-13〉 합장강 제방유실 추정지 지도 .....	42
〈그림 3-14〉 합장강 제방유실 추정지역(높음) .....	43
〈그림 3-15〉 대동강 중·하류 제방유실 추정지 지도 .....	45
〈그림 3-16〉 대동강 상류 제방유실 추정지역(높음) .....	45
〈그림 3-17〉 대동강 중·하류 개간사업(논밭 조성) 추정 지역 .....	46
〈그림 3-18〉 대동강 상류의 탁도 변화구간 .....	47
〈그림 3-19〉 대동강 상류의 등급별 탁도 변화구간 .....	47
〈그림 3-20〉 대동강 상류의 탁도변화 3등급 지점 .....	48
〈그림 3-21〉 합장강 탁도 변화구간 .....	49
〈그림 3-22〉 합장강 탁도변화 3등급 지점 .....	49
〈그림 3-23〉 합장강 녹조발생 구간 .....	50
〈그림 3-24〉 대동강 중·하류 탁조변화 구간 .....	51
〈그림 3-25〉 대동강 중·하류 등급별 탁도 변화구간 .....	51
〈그림 3-26〉 대동강 중·하류 녹조발생 구간 .....	52
〈그림 3-27〉 대동강 상류의 토지피복분류 결과 .....	53
〈그림 3-28〉 합장강 토지피복분류 결과 .....	54
〈그림 3-29〉 대동강 중·하류 토지피복 분류결과 .....	55
〈그림 3-30〉 대동강 상류 하천퇴적환경(제외지) 분류결과 .....	56
〈그림 3-31〉 대동강 상류 노산천 하천퇴적환경(제외지) 분류결과 .....	57
〈그림 3-32〉 합장강 하천퇴적환경(제외지) 분류결과 .....	58
〈그림 3-33〉 합장강 상류 하천퇴적환경(제외지) 분류결과 .....	58

〈그림 3-34〉 대동강 중·하류 대상지 하천퇴적환경(제외지) 분류 결과	59
〈그림 3-35〉 대동강 중류 하천환경(제외지) 분류 결과 유의구간	60
〈그림 3-36〉 대동강 상류, 합장강 및 대동강 중·하류의 제방유실 추정지	61
〈그림 3-37〉 대동강 상류, 합장강 및 대동강 중·하류의 하천탁도 변화 지점	62
〈그림 3-38〉 대동강 상류 하천복원 우선대상지역	63
〈그림 3-39〉 합장강 하천복원 우선대상지역	64
〈그림 3-40〉 대동강 중·하류 하천복원 우선대상지역	66
〈그림 4-1〉 양재천 하천복원사업	72
〈그림 4-2〉 합장강 정리공사 후 모습(노동신문 2012.10.10일자)	85
〈그림 4-3〉 보통강 정리공사 전후 모습(노동신문 2012.10.21일자)	85
〈그림 4-4〉 1차 연구의 제방유실 추정지 및 제방복원 우선대상지역	88
〈그림 4-5〉 1차 연구의 제방복원사업 대상지역의 제방유실 현황	89
〈그림 4-6〉 2차 연구의 제방유실 추정지 및 제방복원 우선대상지역	89
〈그림 4-7〉 2차 연구대상지 제방복원사업 대상지 제방유실 현황	90
〈그림 4-8〉 3차 연구의 제방유실 추정지 및 제방복원 우선대상지역	90
〈그림 4-9〉 3차 연구대상지 제방복원사업대상지 제방유실 현황	91
〈그림 4-10〉 4차 연구대상지 제방유실 추정지 및 제방복원 우선대상지역	92
〈그림 4-11〉 4차 연구의 제방복원 우선대상지역 제방유실 현황	92
〈그림 4-12〉 제방유실정도 추정기준	93
〈그림 4-13〉 평양 모란봉구역 및 대성구역의 산림황폐화 추정지역/조림사업 우선대상지역	98
〈그림 4-14〉 평양 대성구역의 산림황폐화 추정지역/조림사업 우선대상지역 .....	98
〈그림 4-15〉 곤양강 산림황폐화 추정지역/조림사업 우선대상지역	99
〈그림 4-16〉 재령강 유역 및 대동강 중·하류 산림황폐화 추정지역/	

조림사업 우선대상지역 .....	100
〈그림 4-17〉 재령강 유역 및 대동강 중·하류 산림황폐화 추정지역/ 조림사업 우선대상지역 .....	101
〈그림 4-18〉 대동강 유역 하천복원 및 유역관리 남북협력 대상지역 및 사업내용 .....	103



# | 제1장 · 서론 |


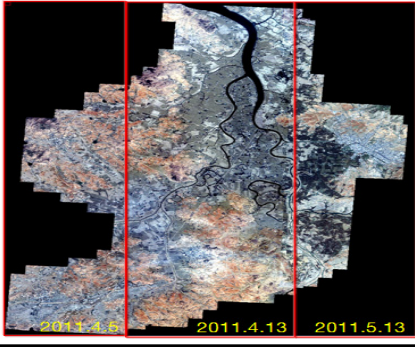
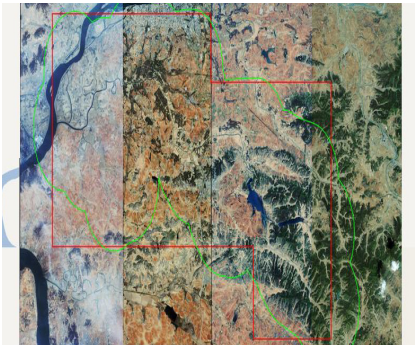
## 1. 연구 배경 및 필요성

대동강은 한반도를 흐르는 제5대 하천에 해당하는 큰 강이다. 하지만 북한의 낙후된 하천관리체계, 단기적인 목적의 수자원 개발, 토사유입에 따른 하천의 통수기능 저하 등으로 인하여 제방 등 하천구조물 붕괴, 하천생태계 훼손, 홍수와 가뭄 등 자연재해 빈발 등 문제에 직면해 있다. 또한 평양시, 남포시의 상수도 시설, 오폐수 및 분뇨처리시설의 낙후 및 미비로 인하여 하천수질과 유역 주민들의 음용수 안전이 위협받고 있다. 대동강의 하천관리 문제는 단지 대동강만이 아니라 북한지역의 대부분 하천에서 나타나고 있으며, 북한이 직면한 국가적인 현안이 되고 있다. 그리고 북한지역의 하천문제는 단지 북한만의 문제가 아니라 한반도 전체의 지속가능한 하천 이용과 관리 차원에서 남북협력의 주요과제로 대두되고 있다.

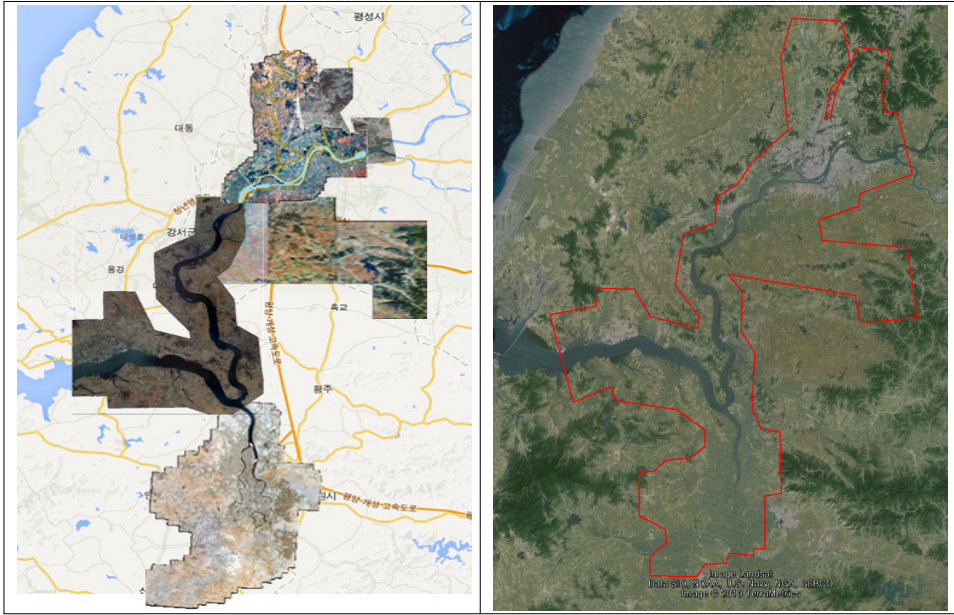
이에, 북한지역이라는 특수성으로 인하여 현장조사 등 자료접근성에 한계가 있으므로 위성영상사진 등 자료를 활용하여 북한지역 하천이 당면한 문제를 파악하고 하천복원 및 유역관리를 위한 남북협력방안을 마련할 필요가 있다. 이러한 필요성에 따라 대동강을 조사대상 하천으로 선정하고 2010년부터 2012년까지 3년 동안 대동강 본류 및 주요지류를 대상으로 연구를 수행하였다. 이를 통해 대동강 평양일원과 보통강 유역 320km<sup>2</sup>(1차), 재령강 유역 684km<sup>2</sup>(2차), 곤양강 및 강남천 유역 650km<sup>2</sup>(3차)에 대한 하천실태를 파악하고 하천복원사업 대상지를 선정한 바 있다.

본 연구의 목적은 1~3차 연구에서 포함되지 않은 대동강 상류의 평양시 동북부 지역, 대동강 중·하류(평양시~남포시) 및 합장강의 하천상태를 분석하고 하천복원 우선대상 지역을 선정하는데 있다. 그리고 올해의 연구결과와 지난 3년 동안의 대동강 본류 및 주요지류에 대한 연구결과를 종합하여 대동강 유역 전체를 대상으로 하천복원 우선대상 지역을 선정하고, 대동강의 하천복원 및 유역관리에 관한 남북협력방안을 제시하고자 한다.

〈표 1-1〉 1~3차 연구대상지 개요

1차	구분	내용
	대상지	평양시내 대동강 수역 일부 및 보통강 수역
	면적	총 320km <sup>2</sup> (대동강 수역 약26km, 보통강 수역 약 37km)
	행정구역	평양시 순안구역, 형제산구역, 만경대구역, 보통강구역, 모란봉구역, 중구역, 대성구역, 서성구역 대동강구역, 동구역, 선교구역 락랑구역, 사동강구역
	촬영일	2010.04.25 2010.04.03(서쪽 일부)
	공간해상도	약 0.5m급 - panchromatic : 0.41m/1.34ft - Multispectral : 1.65m/5.41ft
2차	구분	내용
	대상지	재령강 유역
	면적	총 684km <sup>2</sup>
	행정구역	황해남도 은천군, 안악군, 신천군, 재령군 황해북도 황주군, 사리원시, 은파군
	촬영일	2011.05.13(동부) 2011.04.13(중부) 2011.04.05(서부)
	공간해상도	약 1m급 - panchromatic : 1m - Multispectral : 4m
3차	구분	내용
	대상지	곤양강 및 강남천
	면적	650km <sup>2</sup>
	행정구역	평양시 강남군, 중화군
	촬영일	2011.05.13(02:34 GMT) 2011.05.13(02:33 GMT) 2011.05.13(02:33 GMT) 2011.05.13(02:33 GMT) 2011.04.13(02:41 GMT)
	공간해상도	약 1m급 - panchromatic : 1m - Multispectral : 4m

자료: 추장민 외(2010b); 추장민 외(2011); 강택구 외(2012).



〈그림 1-1〉 1~4차 연구대상지역범위

### 대동강 본류 및 주요 지류 4차 연구대상지 선정과 유역 환경실태조사

- 대상지 선정: 대동강 상류, 합장강, 대동강 중·하류
- 유역 자연 환경, 인문사회환경, 산업경제 등 실태조사 수행

### 4차 연구대상지 위성영상 분석 및 하천복원사업 우선대상지 선정

- 위성영상 육안판독 수행: 하천시설물, 하천폭, 제방상태, 탁도 판독
- 위성영상 RS 기법 적용: 대상지역 토지피복분류, 제외지 환경 분류
- 제방상태, 탁도, 제외지 환경분류, 유역환경실태를 종합 고려하여 하천복원 우선사업 대상지 선정

### 대동강 하천복원 및 유역관리 남북협력방안 도출

국내외 하천복원동향파악 및 시사점 도출

1~4차 연구대상지 제방상태, 토지피복상태 등을 고려하여 하천복원 우선대상지역 선정

### 대동강 하천복원 및 유역관리 남북협력사업 제안

〈그림 1-2〉 연구추진체계

## 2. 연구방법

### 가. 문헌조사

본 연구는 문헌조사를 통해 대동강 상류, 합장강, 대동강 중·하류 등 신규 조사대상 지역의 자연환경, 사회적 환경, 인문환경 등을 고찰하고 북한 하천환경에 대한 데이터베이스를 구축하고자 하였다. 구체적으로 대동강 상류, 합장강, 대동강 중·하류 유역의 환경을 압박요인(Pressure), 현황요인(State), 대응요인(Response)의 P-S-R 모델을 활용·조사하여 데이터베이스를 구축하였다. 먼저 환경에 영향을 주는 압력요인(Pressure)으로 자연환경지표 및 인문사회 환경지표를, 현황요인(State)으로 환경기초 시설 등 환경상태 자료 및 위성영상 분석결과를, 마지막으로 북한의 환경관련정책 및 하천복원사업 등을 대응지표(Response)로 활용·분석하였다.

자연환경지표에는 지리, 지형 및 지질, 기후, 자연재해의 실태를 조사하였으며, 인문사회 환경지표로는 인구, 행정, 산업경제의 현황을 조사하였다. 현황요인으로 활용한 환경상태 자료 및 위성영상자료는 분석을 통해 하천의 제방유실지를 추정하고, 토지피복상태, 제외지환경상태 등을 분류·파악하였다. 대응자료로 대동강 유역 관련법규 및 하천정리사업 등을 정리하여 북한의 대응책에 근거한 남북협력사업의 수용성 정도를 파악하였다.

주요 참고자료로서 조선향토대백과의 평양시 편, 남포시 편, 황해남도 편의 내용을 활용하였다. 또한 북한지역정보넷 홈페이지(www.cybernk.net), 북한환경관련 보고서, 국내외 및 북한 언론의 기사내용, 유관 논문 등 활용가능한 문헌을 참고하여 조사 대상지역에 대한 정보를 파악하고자 하였다.

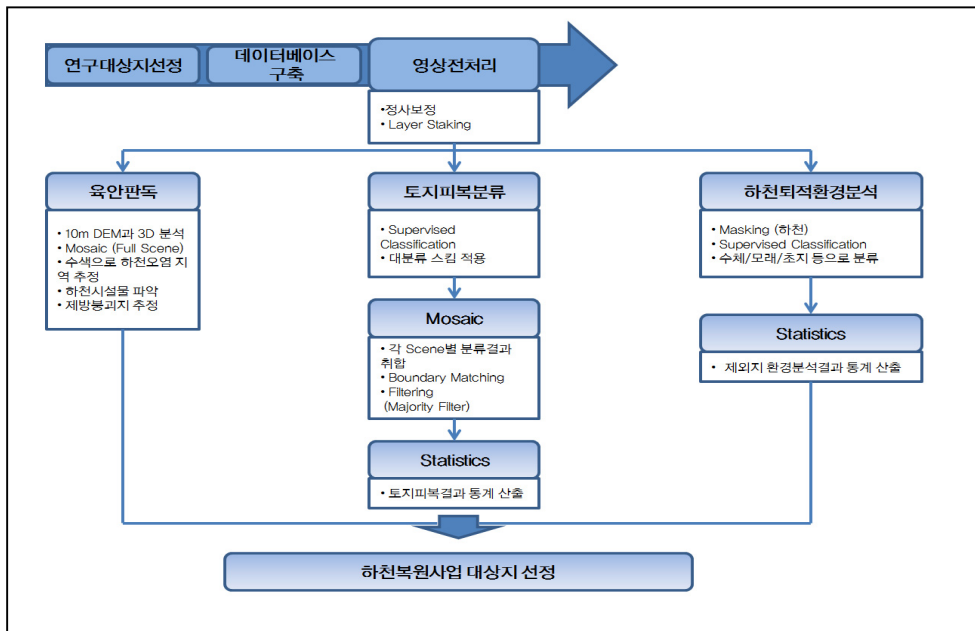
### 나. 고해상도 인공위성을 활용한 원격탐사 및 GIS분석

북한과 같이 접근이 불가능한 지역에 대한 환경정보를 수집하기 위해서 가장 현실적이며 실행가능한 방법이 원격탐사(Remote Sensing)기법이다. 현재 활용가능한 인공위성 영상은 해상도별로 다양하나 본 연구에 부합하는 고해상도 영상을 선정하여 영상의 전처리를 수행하고 육안판독을 통하여 하천 시설물의 유무, 제외지유실추정지를 추출하였다.

이와 함께 유역 일대의 토지피복분류, 하천제외지 환경분류를 통해 최종적으로 하천복원 사업 대상지를 선정하였다.

### 1) 원격탐사 조사내용 및 분석흐름

본 연구에서는 위성영상을 활용하여 크게 ① 육안판독에 의한 하천환경 파악(하천시설물, 탁도, 제방붕괴지), ② 토지피복분류, ③ 하천환경 분류(제외지 퇴적환경 파악)를 수행하고, 마지막으로 ①~③의 결과 등을 종합하여 하천복원사업의 대상지를 선정하였다. 본 연구의 위성영상 분석흐름은 <그림 1-3>과 같다. 아울러 문헌조사를 통해 확보된 정보들을 보충적으로 활용하여 현장 답사의 과정이 추가되지 못한 연구의 한계를 보강하였다.



자료: 강택구 외(2012), p.8.

<그림 1-3> 원격탐사 조사내용 및 분석흐름<sup>1)</sup>

1) 본 연구의 선행연구인 2010년도 보통강 연구와 2011년 재령강 연구, 2012년 곤양강 연구와 동일한 위성영상 분석 방법론을 사용하여 수행하였다.

## 2) 연구대상지의 선정

본 연구에서 새로운 분석대상지로 선정된 대동강 상류, 대동강 중·하류, 합장강 유역은 행정구역상으로 평양시, 평안남도, 황해남도를 아우른다. 앞선 1~3차 연구대상지에서 포함되지 않았던 대동강 유역 가운데 평양시 외곽의 상류지역을 제외하고 모두 포괄하여 대동강 상류의 노산천 구간, 평양에서 남포시를 아우르는 중·하류 구간, 합장강 평양 시내 구간을 분석대상지로 선정하였다. 하천의 중심선을 따라 3.2km의 완충지역(Buffer Zone)을 적용하여 선정한 대상지의 총 면적은 755km<sup>2</sup>이다.


## 3) 위성영상의 선정

북한과 같이 접근이 불가능한 지역에 대한 환경 분석에 있어서는 분석대상지의 위성영상 확보와 분석에 용이한 적절한 종류의 위성영상 선택이 매우 중요하다. 인공위성영상은 인공위성의 종류에 따라서 영상의 공간해상도의 차이가 크며 밴드의 수에 따라 분광정보가 달라 판독할 수 있는 범위에서 차이가 발생하고, 분석의 장단점이 상이하다. 또한 원격탐사 목적에 따라 영상의 촬영시기도 중요한 변수가 된다. 예를 들어 식생 정보를 얻기 위해서는 식생이 활발한 시기인 5~10월 사이에 촬영한 영상을 활용해야 한다. 하지만 7월~9월의 영상은 집중호우 및 태풍의 피해로 인해 특수한 지형적 변화와 같은 일시적 정보를 반영하므로 피하는 것이 좋다.


현재 북한지역을 촬영하는 위성영상은 많지 않다. 미국, 인도, 독일, 프랑스 등에서 촬영한 상업용 인공위성은 북한지역을 자주 촬영하지 않으며, 최근 아리랑 2호 위성에서 촬영한 Kompast-2영상은 활용도가 낮다. 이러한 여건을 종합적으로 고려하여 본 연구에서는 IKONOS와 Geoeye 영상을 선정하였다. IKONOS는 4개의 밴드로 구성된 1M급 해상도를 가진 영상이며, Geoeye 영상은 역시 4개 밴드로 구성된 0.5M급의 해상도를 가지고 있다. 따라서 육안판독에 더욱 적합한 영상은 Geoeye라고 할 수 있다. 하지만 촬영시기의 불일치로 모든 지역에 Geoeye 영상을 활용할 수 없고, 1~3차년도 연구와의 연결성 및 통일성을 고려하여 대동강 상류와 합장강 유역은 Geoeye 영상을, 대동강 중·

하류 유역은 IKONOS영상을 선정하였다.

〈표 1-2〉 선정된 영상(대동강 상류; Geoeye)

구분	내용	
	촬영일	2012.10.14
	공간해상도	약 0.5m급 - panchromatic : 0.41m - Multispectral : 1.62m
분광해상도	Band 1 (Blue) Band 2 (Green) Band 3 (Red) Band 4 (Near Infrared)	
좌표계	UTM WGS 84 52N	
면적	36km <sup>2</sup>	
영상특징	- 2008년 9월 발사 - 관측 폭: 15.2km - 0.5m 급 고해상도 영상으로 육안판독 용이 - 스테레오 촬영이 가능하여 비접근지역 지도제작에 유용	

〈표 1-3〉 선정된 영상(대동강 합장강; Geoeye)

구분	내용	
	촬영일	2011.09.23
	공간해상도	약 0.5m급 - panchromatic : 0.41m - Multispectral : 1.62m
분광해상도	Band 1 (Blue) Band 2 (Green) Band 3 (Red) Band 4 (Near Infrared)	
좌표계	UTM WGS 84 52N	
면적	109km <sup>2</sup>	
영상특징	- 2008년 9월 발사 - 관측 폭: 15.2km - 0.5m 급 고해상도 영상으로 육안판독 용이 - 스테레오 촬영이 가능하여 비접근지역 지도제작에 유용	

〈표 1-4〉 선정된 영상(대동강 중·하류; IKONOS)

구분	내용
촬영일	2011.04.15 2011.04.13 2011.10.22
공간해상도	약 1m급 - panchromatic : 1m - Multispectral : 4m
분광해상도	Band 1 (Blue) Band 2 (Green) Band 3 (Red) Band 4 (Near Infrared)
좌표계	UTM WGS 84 51N
면적	610km <sup>2</sup>
영상특징	- 1999년 9월 발사 - 관측 폭 : 11km - 1m 급 고해상도 영상으로 육안판독 용이

#### 4) 영상의 전처리 및 분석방법

##### 가) 영상의 전처리

IKONOS 영상과 Geoeye 영상은 Blue, Green, Red, NIR(Near Infraed Ray) 총 4개의 밴드로 구성된 영상으로 영상의 판독 및 분류를 위해 대기보정(Layer stack)과 기하보정(정사영상 생성), 그리고 모자이크 영상 생성 등의 전처리를 수행하였다.

##### 나) 육안판독

본 연구에서 선택한 영상은 고해상도이기 때문에 육안판독을 통해 하천의 환경을 파악하기가 상대적으로 용이하다. 이러한 특성을 활용하여 대상지 영역을 모자이크(mosaic) 처리한 영상을 통해 하천시설물을 파악하고, 제방 및 하천의 폭을 측정하였다. 또한 천연색(Natural Color)으로 처리된 영상을 토대로 하천의 수색을 통해 탁도를 추정하였다. 물은 특성상 IKONOS와 Geoeye 영상이 가지고 있는 RGB(Red-Green-Blue)의 세 밴드를 흡수하며 NIR(Near Infrared Ray)밴드에 반사도가 충분히 반영되어 육안으

로 수색을 통한 탁도변화의 판독이 가능하다. 하천시설물의 파악과 탁도의 추정과 함께 하천 주변지역의 제방유실지 또한 육안판독을 통해 추정하였다. 제방이 직접 무너져 있거나, 농경지로부터의 토사유입의 흔적 등을 통해 제방유실의 흔적을 추정하였다. 물론, 육안을 통해 제방 상태를 파악하고 추정하는 방법을 사용하였기 때문에 연구자의 주관이 연구결과에 영향을 미치나, 대상지가 접근불능지역이며 육안판독의 정확성이 상대적으로 높은 고해상도 영상을 자료로 사용했다는 점을 고려해 보았을 때 현실성에서 의의가 있다.

#### 다) 토지피복분류

하천주변의 토지피복 현황을 파악하기 위해 선행연구와 마찬가지로 토지 피복 분류를 수행하였는데, 각각 농경지, 산림, 수역, 초지, 나지, 시가화건조지, 그림자의 7개 항목으로 분류하였다. 고해상도 영상의 특성상 그림자를 분류 항목으로 별도로 분류하였다. 별도로 분류하지 않을 경우 그림자 부분이 대부분 수역으로 분류되어 분류 결과의 정확성을 저하시키기 때문이다.

농경지는 논과 밭 등을, 산림지역은 활엽수림 · 침엽수림 · 혼효림을 모두 포함하여 분류하였으며, 습지는 별도로 분류하지 않고 수역에 포함시켰다. 나지에는 광산이나 하천의 퇴적 등도 포함하여 분류하였으며 감독분류법(최대도우법, Maximum Likelihood Classification, MLC)을 수행하였다.

고해상도 영상은 용량이 커서 대상지 전역에 대한 동일시기 영상을 구하기도 어려울 뿐만 아니라 모자이크한 영상 전체를 분류처리하기에는 소프트웨어나 하드웨어 측면에서 여러 가지 어려움이 있다. 이번 연구에서는 영상을 총 6개의 컴포넌트(대동강 상류지역 1개, 합장강 유역 2개, 대동강 중 · 하류 지역 3개)로 분리하여 각각의 토지피복분류를 수행한 후 분류결과를 모자이크하였다.

#### 라) 제외지 환경현황분류

제방의 하천 쪽인 제외지는 하천의 물이 흐르고 일부 시설물과 농경지가 존재하는

지역이다. 이곳의 환경, 특히 하천의 퇴적 상태를 확인하는 것은 준설사업 및 홍수예방 등에 있어 중요한 요소가 될 수 있다. 이를 위해서 제외지의 하천환경에 대해 분류하고자 먼저 영상을 기준으로 하천제방을 디지털 데이터로 변환(digitizing)하여 하천제방에 대한 주제도를 생성하였다. 작성한 하천제방도를 기준으로 영상을 마스킹(masking)한 후 해당지역에 한해 하천 유로, 모래, 제외지 내 시설물, 제외지 내 농경지, 초지 항목으로 감독분류(최대우도법)하였다. 이 또한 2010년도(보통강 연구)와 2011년도(재령강 연구), 2012년도(곤양강 연구)의 선행연구와 동일한 방법론을 사용하였다. 즉, 전체 마스킹한 제외지 영상을 6개의 컴포넌트로 분리한 후 모자이크 처리하고 토지피복 분류방법과 동일하게 다수 필터(Majority Filter)를 사용하였다.

# | 제2장 · 대동강 유역의 환경실태 조사 |

## 1. 자연환경<sup>2)</sup>

### 가. 유역 위치



자료: 네이버 지식백과 홈페이지. “대동강”.

<http://terms.naver.com/2013,3,1> 에서 저자 재구성

〈그림 2-1〉 대동강 위치 및 연구대상지역

본 연구의 첫 번째 분석대상지(〈그림 2-1〉의 ①)인 대동강 본류 상류 일부와 노산천(魯山川) 구간은 평양시 대성구역과 삼석구역, 사동구역과 승호구역을 지난다. 노산천은 삼석구역 장수원동에서 대동강에 흘러드는 하천으로 길이 11.9km, 유역면적 34.5km<sup>2</sup>, 평균 너비 2.9km이다. 하천의 길이가 짧고 하천경사가 급하여 강물의 침식박작용과 하류에서의 퇴적작용이 활발하고 홍수피해가 잦았다. 북한의 자료에 따르면, 제방 축조 등 하천정리, 1.8km에 달하는 구간에 새로운 수로건설 및 변경 등 하천개수공사 등을 통해 경작지 홍수 피해를 줄였다고 한다.<sup>3)</sup> 두 번째 분석대상지 (〈그림 2-1〉의 ②)는

2) 자연환경에 관련된 내용은 대부분 평화문제연구소(2005a)의 「조선향토대백과 평양시」 편과 평화문제연구소가 운영하고 있는 북한지역정보넷 홈페이지(<http://www.cybernk.net/>)를 참고하여 작성하였다.

평양시 룡성구역, 대성구역을 지나는 합장강 구간으로, 합장강은 평안남도 평성시 청룡산에서 발원하여 평성시와 평양시 룡성구역을 지나 대성구역 림흥동과 청암동 경계에서 대동강에 흘러드는 하천으로 대동강의 제1지류이다. 유역길이는 36.9km이며 면적은 147.0km<sup>2</sup>, 하천망 밀도는 0.57km/km<sup>2</sup>이다. 유량은 1월에 가장 적고 7~8월에 증가하며, 화성천 등 지류들이 합장강으로 흘러든다. 상류와 중류에 평성저수지와 림원(林原)저수지가 건설되어 있으며, 합장강은 주로 유역일대의 농업용수로 이용되고 있다. 세 번째 분석대상지(〈그림 2-1〉의 ③)는 평양시에서 남포시에 이르는 대동강 중·하류 구간으로, 행정구역상 평양시 락랑구역에서부터 평안남도 천리마군, 대안군을 지나 남포시에서 황해로 유입되는 구간까지이며, 황해남도 은천군으로 유입되는 소규모 지류까지 포함하고 있다.

#### 나. 지형 및 지질

대동강 상류 지역은 평지와 낮은 구릉 및 산지로 이뤄져 있다(추장민 외, 2010a). 삼석구역 인근은 대성산이 있으나 오랜 침식작용을 받아 산릉성이 완만한 상태이다. 룡성구역과의 경계를 이루는 청운산도 해발 363m의 낮은 산으로 모양도 대체로 둥글다. 기반암은 시생대 화강편마암이며, 토양은 양토와 모래진흙으로 된 갈색산림토양이다.

합장강 유역은 길쭉한 나뭇가지 모양으로 상류부는 좁고 중류부에서 급격히 넓어진다. 합장강이 지나는 룡성구역의 경우, 북서에서 남동방향으로 해발 430m의 룡골산이 있으며 비교적 날카로운 비대칭 산등을 이루고 있다. 남쪽과 북동쪽 경사면에는 보통강과 합장강의 지류들에 의해 침식작용을 심하게 받아 깊은 골짜기들이 형성되어 있다. 토양은 갈색산림토양이다.

대동강 중·하류 유역 중 남포시는 좁은 산지와 넓은 평야를 가지고 있으며 은천군은 재령평야를 이루고 있다. 은천군의 주요 기반암은 화강편마암이며 화강암, 석회암이 분포하고 있다. 토양은 산림갈색토와 충적토가 주를 이룬다.

3) 북한지역정보넷 홈페이지. “노산천”. <http://www.cybernk.net/> [2013.5.2]

## 다. 기후

북한의 연평균기온 평년값(1981~2010)은 8.5℃이며 최저기온은 3.7℃, 최고기온은 14.1℃이다. 지역별로 보면 남부지역이 북부지역에 비해 기온이 높고, 해안지역이 내륙의 산지나 고온지대보다 기온이 높다. 계절별 평균기온은 봄철 8.2℃, 여름철 21.2℃, 가을철 10.2℃, 겨울철 -5.6℃이며 황해도와 함경남도 남부지역은 모든 계절에서 평균기온이 높게 나타난다.<sup>4)</sup>

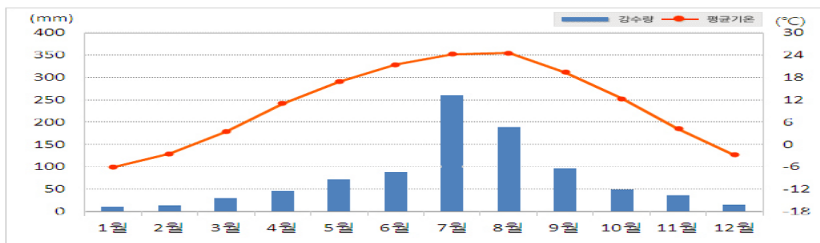
대동강 유역의 평양지역은 온대기후로 연평균기온은 10.6℃이며, 최난월(8월) 평균기온이 24.6℃, 최한월(1월) 평균기온은 -6.0℃로 북한 전역 평균기온보다 따뜻한 기후이다.<sup>5)</sup> 연평균 강수량은 911.3mm로 7~8월에 연평균 강수량의 49.3%가 집중된다. 강수량이 가장 적은 달은 1월로 연 강수량의 1.1%에 불과하다.

〈표 2-1〉 평양시 평균 기온 및 강수량

요소	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
평균기온 (℃)	-6.0	-2.4	3.5	11.1	16.9	21.5	24.3	24.6	19.5	12.4	4.3	-2.7	10.6
강수량 (mm)	10.8	13.5	30.0	46.6	72.9	89.5	260.5	188.8	96.3	50.1	36.8	15.5	911.3

자료: 기상청 홈페이지, “우리나라 기후-북한”.

[http://www.kma.go.kr/weather/climate/average\\_north.jsp?pg=18&do=06&si=2](http://www.kma.go.kr/weather/climate/average_north.jsp?pg=18&do=06&si=2) [2013.5.3]



자료: 기상청 홈페이지, “우리나라 기후-북한”.

[http://www.kma.go.kr/weather/climate/average\\_north.jsp?pg=18&do=06&si=2](http://www.kma.go.kr/weather/climate/average_north.jsp?pg=18&do=06&si=2) [2013.5.3]

〈그림 2-2〉 평양지역 평균 기온 및 강수량 월별 평년값 변화추이

4) 기상청(2013), p.xi 참조.

5) 북한 연평균 최한월(1월) 평균기온은 -7.7℃이며, 최난월(8월) 평균기온은 10.2℃이다(기상청, 2013, p.xi).

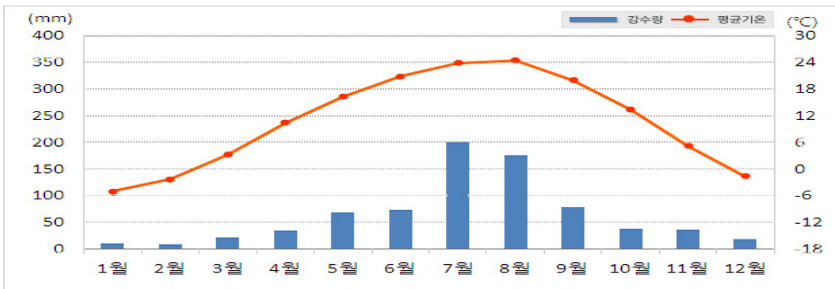
대동강 물이 바다로 유입되는 하류 유역의 남포지역도 평양시와 유사한 기후조건을 보인다. 연평균기온은 10.8℃이며, 최난월(8월) 기온은 24.5℃, 최한월(1월) 기온은 -5.0℃이다. 연평균 강수량은 771.1mm로 연 강수의 48.9%가 7~8월에 집중된다. 강수량이 가장 적은 달은 2월로, 연 강수량의 1.1%를 점하고 있다.

〈표 2-2〉 남포지방 평균 기온 및 강수량

요소	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
평균기온 (℃)	-5.0	-2.2	3.3	10.5	16.3	20.9	23.9	24.5	20.0	13.4	5.3	-1.6	10.8
강수량 (mm)	10.2	9.8	22.4	35.2	69.5	73.6	201.1	176.1	78.9	38.6	36.9	18.8	771.1

자료: 기상청 홈페이지. “우리나라 기후-북한”.

[http://www.kma.go.kr/weather/climate/average\\_north.jsp?pg=18&do=06&si=2](http://www.kma.go.kr/weather/climate/average_north.jsp?pg=18&do=06&si=2) [2013.5.3]



자료: 기상청 홈페이지. “우리나라 기후-북한”.

[http://www.kma.go.kr/weather/climate/average\\_north.jsp?pg=18&do=06&si=2](http://www.kma.go.kr/weather/climate/average_north.jsp?pg=18&do=06&si=2) [2013.5.3]

〈그림 2-3〉 남포지역 평균 기온 및 강수량 월별 평년값 변화추이

### 라. 자연재해

독일 저먼워치(Germen Watch)의 「국제기후위험지수보고서(Global Climate Risk Index(2013)」에 따르면, 북한은 자연재해로 인한 경제손실이 큰 국가 중 하나이다. 지난 1992년부터 2011년까지 전 세계에서 발생한 기상재해와 그 피해를 조사하여 위험지수를 분석한 결과에 따르면, 북한은 약 180여 개 대상국가 가운데 일곱 번째로 높은 위험지수를 나타냈다.

〈표 2-3〉 1992~2011 국제기후위험지수 상위 10개국

The Long-Term Climate Risk Index (CRI): Results (annual averages) in specific indicators in the 10 countries most affected in 1992 to 2011.

CRI 1992-2011 (1991-2010)	Country	CRI Score	Death toll	Deaths per 100,000 inhabitants	Total losses in million US\$PPP	Losses per unit GDP in %	Number of Events
1(3)	Honduras	10.83	329.25	4.96	679	2.84	60
2(2)	Myanmar	11.00	7,137.25	13.79	640	1.41	37
3(4)	Nicaragua	18.50	160.0	2.82	223	1.89	44
4(1)	Bangladesh	20.83	824.4	0.58	1,721	1.18	247
5(5)	Haiti	21.17	301.1	3.43	148	1.08	54
6(6)	Viet Nam	23.67	433.15	0.55	1,741	1.06	214
7(9)	Korea, DPR	36.00	76.65	0.33	3,188	7.64	37
8(8)	Pakistan	30.50	545.9	0.38	2,183	0.73	141
9(55)	Thailand	31.17	160.4	0.26	5,413	1.38	182
10(7)	Dominican Republic	31.33	211.6	2.47	185	0.35	49

자료: Sven Harmeling(2012)

북한의 높은 기후위험지수는 여름철 집중호우와 태풍에 의한 피해의 결과라고 할 수 있다. 북한의 기상재해는 집중호우와 태풍에 의한 피해가 대부분이며, 북한의 심각한 산림훼손 등 여건을 고려하면 집중호우에 의한 피해 가능성이 높은 것으로 보인다(기상청, 2013, p.17). 기상청(2013)이 최근 10년간 재해 현황을 월별로 분석한 결과, 7~8월의 기상재해 발생회수가 19회로 전체의 70% 이상을 차지한다. 지역 별로는 저지대인 황해도가 10회 이상으로 가장 많고, 평안남북도 9회, 함경남북도 6회 순으로 많다. 지난 2013년 7월 평균 강수량이 592mm를 기록하여 평년의 2.5배 이자 1981년 이후 최대치를 기록하여 전국적으로 인명피해와 농경지, 재산피해가 극심한 것으로 나타났다.<sup>6)</sup> 특히 평안남북도와 함경남도에 피해가 집중되었는데<sup>7)</sup> 평안남도는 주택 2천 800여 채가 파손 및 침수되는 피해를 입었다.<sup>8)</sup>

6) 권태진, 임수경(2013), p.1 참조.

7) 경향신문, 2013.8.3. “유엔, 북한 폭우로 33명 사망”.

<http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=100&oid=001&aid=0006409192>

〈표 2-4〉 2002~2012년 북한 평안남도, 황해남도 기상재해 현황

연도	월.일	지역	재해	기상상황 (강수량 단위 mm)
2002	8.5~11	평안남도	집중호우	-
2004	7.24~25	평안남도 황해남도	집중호우	-
2004	9.11~13	황해남도 평안남도	집중호우	• 평안남도 155.0 • 황해도 143.0
2005	6.30~7.2	평안남도 평양	집중호우	• 평양 640
2006	7.12~20	평안남도	집중호우	• 평안남도 양덕 434, 평양 179
	7.14~15	황해도 평안남도	집중호우 태풍(예위니아)	• 평안남도 양덕 395.0, 안주 110
2007	8.15~31	황해도 평안남도	집중호우	• 평양 139.2
	9.17~25	황해남도	태풍(위파)	• 평안남도 평양 332.4 • 황해도 용연 399.6
2008	8.1~3	전국	폭우	-
2009	7.12~18	평안도 황해도	집중호우	• 평양 365 • 황해남도 평강 508, 원산 341.3
2010	7.16~23	황해도	집중호우	• 황해도 개성 441.4
	8.21~29	황해도	집중호우	• 황해도 해주 289.2
2011	6.25~27	평안도 황해도	집중호우 태풍(메아리)	• 황해도 해주 160, 용연 118
	7.26~28	평양	집중호우	• 평양 108.1
	8.7~9	평안남도 황해도	집중호우 태풍(무이파)	• 평안남도 안주 110 • 황해도 해주 102, 용연88
2012	1~2월	전국	한파	• 평양 6년만의 2월 한파(대부분 -20℃ 안팎)
	4~6월	황해도	가뭄	• 1973년 이래 전국 3번째 적은 강수량 기록 • 지점별 기록 • 1위: 평양 7.5, 용연 5.1, 해주 5.7 • 2위: 남포 3.9
	7.18~20	황해도	집중호우	• 황해남도 해주 166
	7.22~24	평안남도	집중호우	• 평안남북도 중심으로 200mm내외 • 천마 한 시간 동안 32mm
	7월 종합	전국	집중호우	• 지점별 최대 강수량 경신 • 평양 480.2
	8.17~20	평안남도	폭우	• 평양시 삼석구역 298mm
	9.17~18	전국	태풍(산바)	• 황해남북도 일부지역에 강풍과 폭우

자료: 기상청(2013), pp.78-84에서 재정리

8) TV조선. 2013.7.23. “북한도 ‘물난리’ 이재민 1만명”.

[http://news.tv.chosun.com/site/data/html\\_dir/2013/07/23/2013072390257.html](http://news.tv.chosun.com/site/data/html_dir/2013/07/23/2013072390257.html)

## 2. 인문사회 환경

### 가. 인구

2008년 UNFPA 발표자료에 따르면, 북한의 전체 인구는 총 2,335만 명으로, 이 중 평양시의 인구는 326만 명, 평안남도의 인구는 405만 명, 황해남도의 인구는 213만 명이다. 평양시와 평안남도는 도시 거주인구 수가 전체 지역 인구의 86%, 64%를 차지하고 있으며, 황해남도의 경우 농촌거주 인구비율이 64%로 농촌에 더 많은 인구가 거주하고 있다(UNFPA, 2008, pp.18-22).

〈표 2-5〉 북한 행정구역별 인구현황

구분	총 인구 수		
	총	도시	농촌
총계	23,349,859	14,155,393	9,194,466
<b>평양</b>	3,255,288	2,823,414	431,874
룡성구역	195,891	195,891	-
삼석구역	62,790	31,755	31,035
<b>평안남도</b>	4,051,696	2,629,943	1,421,753
남포시	366,815	310,864	55,951
대안군	77,219	66,261	10,958
천리마군	139,489	102,436	37,053
<b>평안북도</b>	2,728,662	1,431,936	1,296,726
<b>자강도</b>	1,299,830	828,253	471,577
<b>황해남도</b>	2,310,485	821,954	1,488,531
송화군	44,274	13,936	30,338
<b>황해북도</b>	2,113,672	972,632	1,141,040
<b>강원도</b>	1,477,582	725,611	751,971
<b>함경남도</b>	3,066,013	1,811,074	1,254,939
<b>함경북도</b>	2,327,362	1,645,886	681,476
<b>양강도</b>	719,269	464,690	254,579

주: 2008년 기준  
자료: UNFPA(2008)

이번 연구대상인 대동강 상류 노산천이 지나는 평양시 삼석구역과 함장강이 지나는 룡성구역의 인구수는 각각 6만 명, 20만여 명이며, 삼석구역은 도시 인구수와 농촌 인구수가 비슷하게 분포하고 있고 룡성구역은 인구 전체가 도시지역에 거주하고 있다.

대동강 중·하류가 지나는 평안남도 일대 천리마군, 대안군, 남포시의 인구수는 각각

약 14만 명, 8만 명, 37만 명이며, 세 지역 모두 도시 거주 인구수가 농촌 거주 인구수보다 많다. 한편 대동강 하류, 남포시와 마주하고 있는 황해남도 은천군의 인구 통계에 대한 자료는 공개되지 않았으며 재령강이 시작되는 송화군의 인구수는 약 4만여 명이다.

## 나. 행정<sup>9)</sup>

평양시는 19개의 구역과 4개의 군 그리고 4개의 읍으로 구성되어 있다. 19개의 구역은 대동강구역, 대성구역, 동대원구역, 낙랑구역, 역포구역, 용성구역, 만경대구역, 모란봉구역, 보통강구역, 사동구역, 삼석구역, 서성구역, 선교구역, 순안구역, 승호구역, 은정구역, 중구역, 평천구역, 형제산 구역이었으며, 4개의 군은 강남군, 강동군, 상원군, 중화군이다.<sup>10)</sup>

### 1) 대동강 상류

#### 가) 대성구역

평양시 동북쪽에 위치한 대성구역은 동쪽으로는 삼석구역과 승호구역, 남쪽으로 사동구역, 서쪽으로 모란봉구역, 북쪽으로 룡성구역과 접해 있다. 현재 행정구역은 15동으로 구성되어 있으며,<sup>11)</sup> 인구는 약 12만 명이다.<sup>12)</sup> 이 지역은 2010년도 연구에서 연구대상지역에 포함되어 한 차례 소개된 적이 있다.<sup>13)</sup> 대성구역의 주요 산으로는 고방산, 대성산, 룡남산, 모란봉·주작봉이 있으며, 주요 하천으로는 고산천, 삼신천, 합장강이 있다.

9) 본 항은 평양문제연구소의 「조선향토대백과-1. 평양시」, 「조선향토대백과-2. 남포시, 개성시, 라선시」, 「조선향토대백과-8. 황해남도①」과 북한지역정보넷 홈페이지(<http://www.cybernk.net/>), 인터넷정보 등을 활용하여 정리하였다.

10) 북한지역정보넷 홈페이지. “평양시”. <http://www.cybernk.net/> [2013. 5. 31]

11) 15동: 갑문동, 고산동, 대성동, 룡남동, 룡북동, 룡흥일동, 룡흥이동, 룡흥삼동, 립흥동, 미산일동, 미산이동, 미암동, 안학동, 첨암동, 청호동(평화문제연구소, 2005a, p.86).

12) UNFPA(2008), p.22 참조.

13) 추장민 외(2010b), pp.30-32 참조.



자료: 추장민 외(2010b).

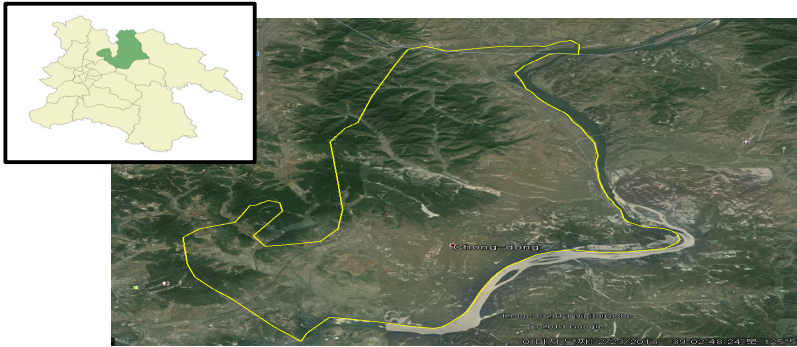
〈그림 2-4〉 대성구역

#### 나) 삼석구역

삼석구역은 평양시 북쪽에 위치한 지역으로, 행정구역상 4개의 동과 7개의 리로 구성되어 있고 인구수는 6만여 명이다. 삼석구역에는 건지산, 광대산, 대성산, 손자산 등이 있으며 장수원저수지와 성문저수지가 있다. 건지산은 룡성구역과의 경계에 있는 산으로, 대성산의 북쪽 가까운 곳에 별도로 위치해 있다. 장수원 저수지는 삼석구역과 룡성구역 경계에 있는 저수지로 면적 0.61km<sup>2</sup>, 둘레 5.1km, 길이 2km, 너비 0.3km이다. 장수원저수지는 장수원천 중류지대의 좁은 골짜기를 막아 만든 저수지로 골짜기를 따라 남서~북동방향으로 좁고 길게 이루어져 있다. 장수원 저수지는 또한 대동강의 물을 끌어올려 저수하고 있으며, 저수지의 집수구역은 대체로 해발 200m 이상인 산지로 되어 있고 주로 관개용수로 이용하고 있다.

주요 교통여건으로 구역의 중앙부를 통과하는 평양~원산 간 1급 도로가 있어 구역 내 교통의 중요한 역할을 하고 있으며, 삼석~은정 간, 삼석~룡성 간 2급도로가 개설되어 있다.

주요 기업체로는 도덕오리공장, 삼석8월풀정제공장, 장수원 협동농장 등이 있다.



자료: Google 지도 홈페이지(<https://maps.google.co.kr/>)에서 저자 재구성  
〈그림 2-5〉 삼석구역

#### 다) 사동구역

평양시 동쪽에 위치한 구역으로 승호구역과 력포구역, 선교구역 및 동대원 구역, 대성 구역과 접해 있다. 행정구역은 13동 6리로 구성되어 있으며, 인구는 약 14만 명이다. 사동구역 또한 2010년도 연구에서 연구대상지역에 포함되어 한 차례 소개된 적이 있다.<sup>14)</sup> 사동구역에서는 대동강과 남강으로 갈라지는데, 대동강 본류인 북강의 남쪽으로 흐르는 강이 남강이다.



자료: 추장민 외(2010b).

〈그림 2-6〉 사동구역

14) 추장민 외(2010b), pp.40-41 참조.

## 라) 승호구역

승호구역은 평양시의 동쪽에 있는 구역으로, 동쪽은 강동군, 서쪽은 대성구역, 사동구역, 남쪽은 상원군, 북쪽은 삼석구역과 접해 있다. 현재 행정구역은 8동 6리로 되어 있다. 승호구역은 북쪽으로는 대동강 본류인 북강이 지나며, 남쪽으로는 남강이 지난다. 북강은 승호구역의 북쪽 북대봉과 묘향산에서 발원하는 대동강 본류이다. 이 구역 남쪽에는 해발 284m의 만달산이 있으며 맨돌산 또는 백과부산이라 부르기도 한다. 남동쪽 사면은 남강기슭까지 경사가 급하고, 구역의 북동쪽에는 해발 499m의 제량산이 있다. 주요 기업체로는 승호리시멘트공장이 있으며, 건설기계화연구소, 건축공학연구소, 승호공업대학, 양어과학연구소 등이 있다.

주요 교통편으로는 평덕선철로가 통과하고 있으며 립석리역, 승호리역, 만달리역, 화천역, 금오역등 5개 역이 설치되어 있다. 도로망으로 평양~흑령~강동 간, 평양~승호~강동 간 2급도로가 있으며 구역의 청사소재지인 립석과 구역 내 각 동리를 연결하는 3급 도로망이 구축되어 있다.



자료: Google 지도 홈페이지(<https://maps.google.co.kr/>)에서 저자 채구성  
**〈그림 2-7〉 승호구역**

## 2) 합장강

합장강은 룡성구역과 대성구역에 걸쳐 흐른다. 대성구역은 앞에서 기술하였기 때문에 본 항에서는 생략한다.

룡성구역은 평양시의 북쪽에 위치하고 있으며, 동쪽으로는 평양시 은정구역과 삼석구역, 남쪽은 평양시 대성구역, 서쪽은 평양시 형제산 구역과 순안구역, 북쪽은 평안남도 평성시와 접해있다. 현재 행정구역은 15동(대천동, 룡궁일동, 룡궁이동, 룡문동, 룡성일동, 룡성이동, 룡추일동, 룡추이동, 립원동, 마산동, 명오동, 어은동, 중이동, 청계동, 화성동)으로 구성되어 있다(2002년 기준).

룡성구역은 룡골산, 립불산, 마산, 자지산이 있으며, 주요 하천 및 저수지로는 노산천, 배산천, 삼석천, 립원저수지, 평성저수지가 있다. 룡골산은 평안시 룡성구역 어은동과 평안남도 평성시 상차동을 경계로 위치해 있으며 해발 430m이다. 룡골산의 능선은 북서에서 남동방향으로 놓여 있으며 비교적 날카로운 비대칭 능선을 이루고 있다. 남쪽과 북동쪽 경사면은 보통강과 합장강의 지류들에 의해 침식식박작용을 심하게 받아 형성된 깊은 골짜기가 형성되어 있다. 토양은 갈색산림토양이며 소나무숲, 소나무와 참나무의 혼성림이 울창하며 싸리나무, 개암나무, 진달래 등이 많이 분포되어 있다. 립원저수지는 1948년에 대동강의 지류인 합장강의 상류를 막아 건설한 관개용 저수지로 면적은 0.84km<sup>2</sup>, 둘레는 7km, 길이는 3km, 너비는 0.3km이다. 강물은 상류지역에서 세 갈래의 줄기로 유입되는데 먼저 평성저수지에서 저수되었다가 립원저수지로 유입된다. 립원저수지는 룡성구역, 대성구역과 평성시 일부 지역의 농경지 약 2,000정보에 관개용수를 공급해주고 있다.

룡성구역의 주요 교통상태를 살펴보면, 평양과 라선을 연결하는 라선철도가 통과한다. 그리고 룡성선철로가 건설되어 있는데 동북리역, 새동역, 중이역 등 3개역이 설치되어 있다. 주요 도로는 평라선과 병행하여 평양~만포 간 1급도로가 지나고 있으며, 룡성~순안 간, 룡성~어은동 간 2급 도로가 개설되어 있다. 시내교통으로는 연못동~룡성 간 무궤도 전차, 룡성~미람 간 버스가 운행하고 있다.

주요 기업체로는 평양온실농장, 룡성고기가공공장 등이 있으며, 교육 및 문화시설은 농업과학연구원, 농업화학연구소, 룡성식료공업대학, 토양학연구소, 평양농업대학 등이 있다.



자료: Google 지도 홈페이지(<https://maps.google.co.kr/>)에서 저자 재구성  
**〈그림 2-8〉 통성구역**

### 3) 대동강 중 · 하류

#### 가) 천리마군

평안남도 남포시의 동북쪽 대동강 유역에 위치한 구역으로 서쪽은 평안남도 강서군, 북쪽은 평안남도 대동군, 동북쪽은 평양시 만경대구역과 접해있고, 동쪽은 대동강을 사이에 두고 평양시 강남군과 마주해 있다. 행정구역은 17동 1리로 구성되어 있다<sup>15)</sup>. 천리마군은 평양과 남포 사이의 대동강 서안에 있는 군으로, 서쪽에 대보산, 봉명산이 있으며, 주요 하천으로는 남쪽에 대동강으로 유입하는 봉상강이 있다. 연평균 기온은 10.6°C이며 1월 평균 기온 -5.3°C, 8월 평균 기온은 24.3°C, 연평균 강수량은 849mm로 강수량이 상대적으로 적은 지역이다.

이 지역은 대동강 하류지역으로 총적평야가 발달해 있는데, 태평~강선~기양 등으로 이어지는 지역은 공업이 발달해 있다. 1983년부터 제철, 제강 등의 공장이 들어서 공업도시로 발전하였으며, 주요 기업체로는 기양단 양수장, 5월18일대형단조공장, 천리마제강 연합기업소 등이 있다. 또한 천리마군은 평양과 남포의 중간지역으로 두 도시의 채소, 과일의 생산과 공급 역할을 하고 있다. 한편, 이 구역에는 평남선 철도와 평양-남포 고속도로가 통과하고 있어 평양과의 근접성이 용이하다.<sup>16)</sup>

15) 위키백과 홈페이지. “천리마군”. <https://wikipedia.org/> [2013.6.3]

16) 다음백과사전 홈페이지. “천리마군”. <http://100.daum.net/> [2013.6.3]

### 나) 대안군

대안군은 평안남도 서남부에 위치한 군으로, 동쪽은 평양시 강남군, 남쪽은 남포시, 서쪽은 평안남도 룡강군, 북쪽은 천리마군과 강서군과 접해 있다. 행정구역은 덕성동, 충성동, 금산동, 옥수동, 대안동, 은덕동, 대정동, 새마을동 등 8동과 오신리, 월매리, 다미리의 3리로 구성되어 있다.

대안군은 변압기, 발전기 등의 전기계통의 공업이 발달해 있으며, 특기할 만한 기업체로는 2006년 중국 기업과 합작으로 건설한 유리정제공장이 있다.



자료: 위키백과 홈페이지. “천리마군”.  
<https://wikipedia.org/> [2013.6.3]

〈그림 2-9〉 천리마군



자료: 위키백과 홈페이지. “대안군”.  
<https://wikipedia.org/> [2013.6.3]

〈그림 2-10〉 대안군

### 다) 남포시<sup>17)</sup>

남포시는 북한의 서부 대동강 하류연안에 있는 항만도시이다. 지리적 위치를 살펴보면 북부는 평안남도 대동군, 증산군, 서부는 오석산을 경계로 하고 있으며 북동부는 평양시 만경대 구역과 맞닿아 있다. 대동강을 사이에 두고 동부는 평양시 락랑구역, 강남군과 황해북도 송림시, 황주군, 남부는 황해남도 은천군과 은률군과 마주보고 있으며, 시의 남서부는 서해에 면해 있다. 면적은 829km<sup>2</sup>로 북한 국토면적의 0.68%를 차지하며 5구역 1군으로 구성되어 있다. 남포시는 대륙성 기후를 가진 도시로서 넓은 평야를 가지고

17) 위키백과 홈페이지. “남포시”. <https://wikipedia.org/> [2013.6.3]

있지만 강수량이 적어 농업에 유리한 환경은 아니다.

남포시의 주요시설은 대동강 하구에 서해갑문이라 불리는 거대한 하구댐을 들 수 있다. 주요 교통으로는 평양~남포 고속도로인 청년영웅도로와 평남선철도가 있으며, 남포항을 중심으로 해상교통망이 구축되어 있다.



자료: 위키백과 홈페이지. “남포시”.  
<https://wikipedia.org/> [2013.6.3]  
**〈그림 2-11〉 남포시**



자료: 위키백과 홈페이지. “서해갑문”.  
<https://wikipedia.org/> [2013.6.3]  
**〈그림 2-12〉 서해갑문**

#### 라) 황해남도 은천군<sup>18)</sup>

은천군은 황해남도 북부에 위치한 지역으로, 북쪽은 대동강 하구-남포시와 마주보고 있고 서쪽은 은률군, 남쪽으로는 안악군과 인접해 있다. 동쪽으로는 재령강을 끼고 황해북도 황주군을 마주보고 있다. 행정구역은 1읍 22리로 구성되어 있으며 동서(은혜리~남해리)간의 길이는 31km, 남북(신창리~양지리)간의 길이는 20km이다. 군 전체 면적은 454.06km<sup>2</sup>로, 황해남도 전체면적의 5.37%를 차지하고 있다.

은천군은 대동강 하류로 유입하는 재령강에 의해 퇴적된 재령평야의 일부를 점하고 있다. 서쪽은 구월산맥이 뻗어 있으며, 남쪽은 재령강의 지류인 서강과 구월산맥의 삼봉이 균계를 형성하고 있다. 북쪽의 대동강 연안지역은 간척공사와 함께 호안공사를 통해 농경지를 확장하고 수리를 조절하는 하구호가 구축되어 있다.

18) 민족문화대백과사전 홈페이지. “은천군”. <http://encykorea.aks.ac.kr> [2013.6.3].

주요 기반암은 화강편마암이 주를 이루며 화강암, 석회암이 분포하고 있다. 토질은 산림갈색토와 충적토가 주를 이룬다. 군 면적의 45%는 산림지역으로 소나무, 참나무, 밤나무, 아카시아 등이 자생하고 있다.

## 다. 산업경제

### 1) 공업지구

북한의 공업지구는 대공업지구인 평양·남포, 신의주, 함흥, 청진, 강계 공업지구 5곳과 소공업지구로 해주, 안주, 원산, 김책 등 4곳의 공업지구가 있다. 이 중 평양·남포의 경우 전기, 전자, 기계, 철강, 조선, 의류, 시멘트 등의 산업이 발달해 있다.

평양은 정책적으로 화학공업이나 제철, 제강과 같이 환경오염물질을 다배출하는 업종을 배치하지 않고 방직, 기계공장과 같은 오염배출이 상대적으로 적은 업종과 여성노동력을 활용할 수 있는 업종을 배치해왔다. 또 북한 내에서 노동력이 가장 풍부한 지역이기 때문에 기계공업 등의 배치에 유리한 측면이 존재한다. 이에 따라 평양에는 기계, 연료, 동력, 건재 등의 중공업과 방직, 신발, 식품 등의 경공업이 주로 발달하였다.<sup>19)</sup>

기계공업에는 운수, 전기, 건설, 탄광, 공작, 정밀, 일반 기계공장이 있으며 삼신탄광을 비롯한 대규모 탄광과 160여 개의 중소규모 탄광들이 있다. 건재 공업분야에서는 시멘트 공장 등 약 40여 개의 건설기자재공장이 있으며, 식품가공 및 술, 음료, 담배 생산부분도 활발하다. 경공업 분야는 종합방직공장, 편직공장, 피복공장, 고무공장 등이 분포되어 있다. 이러한 공업기업은 대부분 평천구역과 선교구역 및 서성구역을 중심으로 입지하고 있다. 올해의 연구범위에 해당하는 대성구역, 삼석구역, 승호구역, 사동구역, 룡성구역은 공업단지가 집중 배치된 지역은 아니다. 다만 승호구역에는 시멘트 공장이 입지하고 있다.<sup>20)</sup>

19) KITA 남북경협정보센터 홈페이지. “북한의 공업지구-평양·남포 공업지구”.  
<http://www.kita.net/interkorea2/> [2013. 6. 1]

20) KITA 남북경협정보센터 홈페이지. “북한의 공업지구-평양·남포 공업지구”.  
<http://www.kita.net/interkorea2/> [2013. 6. 1]

평양과 함께 또 하나의 대규모 공업지구인 남포시는 일제 강점기부터 평양의 외항으로서 북한 최대의 무역항이며 북한이 국제항구도시로 개발하고 있는 도시이다. 항구도시로서 물류유통업이 발달하였으며, 농업, 어업 및 제조업도 발달해 있다. 제조업의 경우, 일제 강점기부터 형성된 금속공업업을 기반으로 하여 기계공업이 집중 배치되어 있으며 철강 및 비철금속 소비지인 평양에 인접한 입지여건을 활용하여 관련 산업이 배치되어 있다. 특히, 평양에 배치하기 어려운 대규모 중공업 공장들이 배치되어 있어 북한 내에서 가장 큰 규모의 중공업체들이 집중적으로 들어서 있다. 주요 업종을 살펴보면, 기계제작, 금속, 화학, 건설기자재공업 등을 주축으로 하고 있으며, 제철, 제강, 제련 등 금속공업과 정밀기계, 전기기계, 선박 등 기계공업이 발달하였다. 남포지역의 주요 기업체로는 천리마제강연합기업소(금속공업), 대안중기계연합기업소, 금속트렉터공장, 남포조선소, 대동강전기공장, 대동강통신기계공장 및 남포전극공장(이상 기계공업분야) 등이 있다. 그리고 우리나라와의 합작기업인 평화자동차, 대우그룹이 세운 남포공단<sup>21)</sup>이 있다.



자료: KITA 남북경협정보센터 홈페이지. “북한의 공업지구-평양·남포 공업지구”.  
<http://www.kita.net/interkorea2/> [2013. 6. 1]

〈그림 2-13〉 평양·남포 공업지구

21) KITA 남북경협정보센터 홈페이지. “북한의 공업지구-평양·남포 공업지구”.  
<http://www.kita.net/interkorea2/> [2013. 6. 1]

## 2) 농업 및 축산업

올해 연구범위에 속해 있는 지역 가운데 농업이 가장 발달한 지역은 황해북도 은천군 지역이다. 특히, 대동강 하류의 충적평야와 서해갭문의 관개수리 시설 등 농업에 유리한 여건을 가지고 있어 북한에서 중요한 벼농사 지역 중 하나이다. 은천군의 경작지는 논 50%, 밭 41%, 과수원 8%의 비율로 구성되어 있으며, 쌀이 전체 농산물의 60%를 차지하며 옥수수과 담배, 목화, 박하 등도 재배되고 있다.<sup>22)</sup>

룡성구역은 산지가 많은 지역으로, 근교농업이 발달해 있다. 특히 축산업이 활발하며 양계, 낙농을 전문으로 하는 농장이 많아 평양시의 축산기지, 부식물공급기지로서의 역할을 하고 있으며 식료품가공업이 발달해 있다.<sup>23)</sup>

## 라. 교통

북한의 교통기반시설은 심각하게 낙후된 상태에 있다. 철도 노반이 취약하고 시설 노후로 운행속도가 평균 시속 30km를 넘지 못하는 실정이다(이상준, 2012, p.33) 가장 빠른 구간인 평양~신의주 구간(평의선)도 평균 시속이 60km에 불과하며 산악지형인 평양~해산진 구간은 평균시속이 22km에 불과하다(추장민 외, 2010b, p.55).

평양시와 남포시, 평안남도 일대 및 황해남도를 지나는 철도노선은 평라선, 평의선, 평남선, 평부선, 황해청년, 평덕선 등이 있다. 황해청년선을 제외하고는 모두 평양을 경유한다. 황해청년선은 황해남도 사리원과 해주를 잇는 철도노선이다.

주요 도로로는 평양과 남포를 잇는 평양~남포고속도로가 구축되어 있다. 청년영웅도로라고도 불리고 있으며, 콘크리트로 건설된 4차선 도로로서 길이는 53km에 달한다. 이 고속도로는 평양시 보통강구역과 만경대구역을 지나 천리마군과 강서군을 경유하여 남포시(구 와우도 구역)까지 이어져 있다. 특히, 대동강을 따라 건설되어 남포~평양 관광도로로도 이용되고 있으며 유사시에는 비행기가 이착륙할 수 있는 비상활주로도

22) 민족문화대백과사전 홈페이지. “은천군”. <http://encykorea.aks.ac.kr> [2013.6.3].

23) 다음백과사전 홈페이지. “룡성구역”. <http://100.daum.net/> [2013.6.3].

건설되어 있다.<sup>24)</sup> 이 밖에 대동강 하류의 황해남도 은천군 지역에는 은천을 중심으로 해주와 남포를 연결하는 도로가 구축되어 있고, 평양, 남포, 송림 사이에 수상교통로가 설치되어 있다.<sup>25)</sup>

〈표 2-6〉 북한의 철도노선 현황

번호	노선명	기종점	연장 (km)	유형	번호	노선명	기종점	연장 (km)	유형
1	평라선	평양간리~나진	777	단선전철화	16	평북	정수~청수	116	단선
2	청년이천선	평산~세포	124	단선	17	함북선	화령~나진	338	단선
3	평의선	평양~신의주	225	전철화	18	황해청년	사리원~해주항	85	단선
4	백두산(해산)	갈주~해산	134	전철화	19	웅진선	해주~도원	42	단선
5	강계선	강계~왕립	70	단선	20	배천선	장방~은빛	60	단선
6	만포선	순천~만포국경	290	단선	21	경원선	용담~평강	130	단선
7	운봉선	만포~운봉	48	단선	22	신흥선	함흥~부전호반	92	단선전철
8	사장선	사리원~장연	12	단선	23	북청선	북청~상리	62	단선
9	평남선	평양~평남운천	86	단선	24	단풍선	단천~허천	73	단선
10	청년팔원선	구장~팔원	89	단선	25	백무백암선	백암~무산	150	협궤
11	무산선	고무산~무산	175	복선전철	26	함경선	청진~회령	111	단선
12	평부선	평양~개성	166	일부복선전철	27	염주~덕현선	염주~덕현	76	단선
13	조양탄광선	개천~조양탄광	19	단선	28	평덕선	평양~구장	180	단선
14	금강청년선	안변~구읍	96	단선	29	운산선	북산현~운산	45	단선
15	개천선	산안주~개천	28	단선	30	기타지선	-	1964	협궤전선
						합계		5,863	

자료: 이상준(2012).

24) 민족문화대백과사전 홈페이지. “평양남포고속도로”. <http://encykorea.aks.ac.kr/Contents/> [2013.6.11]

25) 북한지역정보넷 홈페이지. “황해남도 은천군 교통”. <http://www.cybernk.net> [2013.6.11]

# | 제3장 · 대동강 유역 하천상태 분석 및 하천복원 대상지역 선정 |

## 1. 육안판독 결과

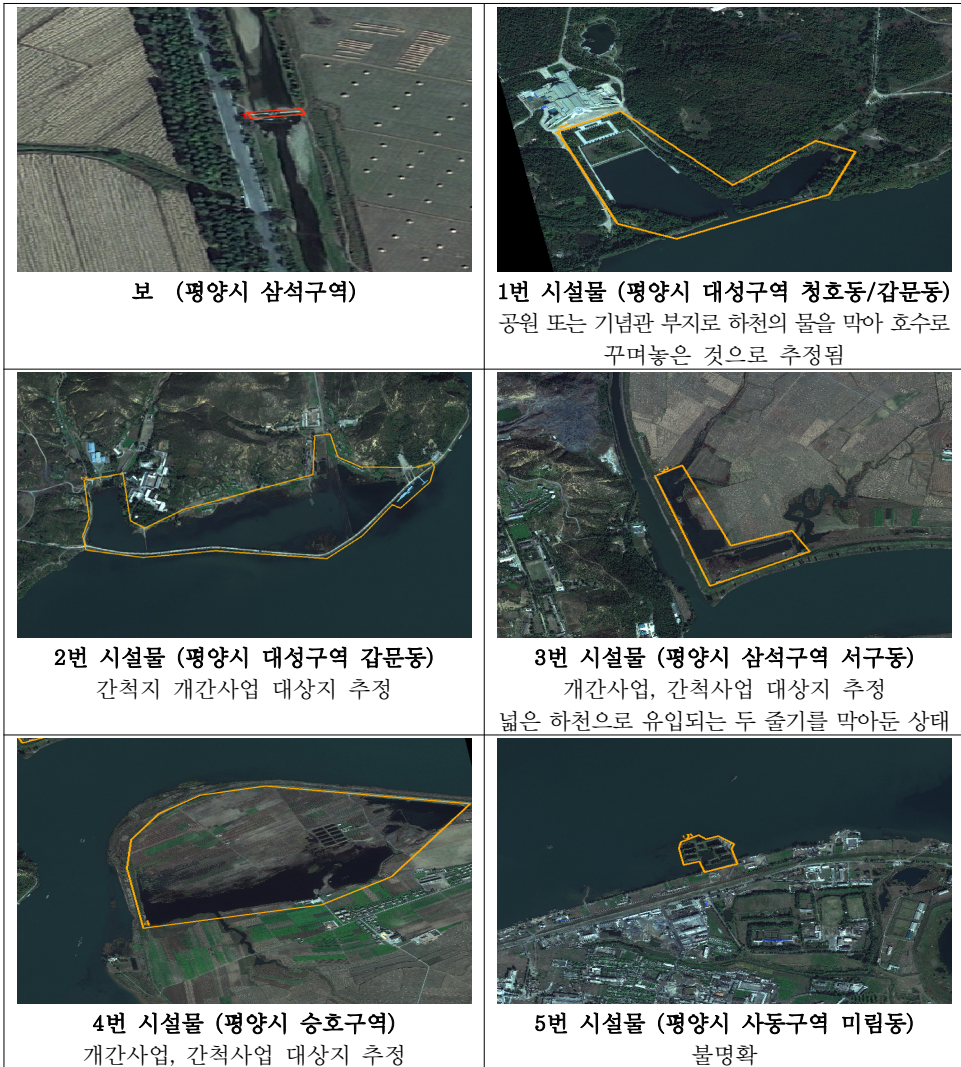
### 가. 하천시설물

#### 1) 대동강 상류

대동강 상류 대상지역의 위성사진을 육안으로 판독한 결과 1개의 보와 5개의 시설물이 발견되었다. 보는 삼석구역을 지나는 노산천에 설치되어 있으며, 5개의 시설물은 대성구역 2개와 삼석구역, 승호구역, 사동구역에 각각 1개씩 분포되어 있다.

1개의 보는 평양시 삼석구역과 룡성구역 경계에 있는 장수원저수지로 이어지는 노산천에 설치되어 있다. 위성영상에서 확인할 수 있듯이 보가 설치된 주변 지역은 주로 농경지로 이용되고 있으며, 다수의 보는 주변 농경지역의 관개용수 공급을 위해 대동강으로 저수되는 물의 유량을 조절하는 것을 목적으로 설치된 것으로 추정된다.

사동구역을 제외한 4개의 시설물은 간척지 개간사업을 목적으로 설치된 시설물로 추정되며 물을 막고 간척지를 말리는 과정 중인 것으로 보인다. 1번 시설물의 경우, 행정구역상 대성구역 청호동 부근에 속하며, 공원이나 기념관 부지로 추정되는 곳에 호수를 꾸미기 위해 하천 물을 막아 놓은 시설물로 추정된다. 2번~4번 시설물은 행정구역상 각각 대성구역 갑문동, 삼석구역, 승호구역에 위치하고 있으며, 물길이 지나는 자리를 건조시켜 농지로 활용하기 위한 간척지 개간사업을 목적으로 설치된 시설물로 추정된다. 5번 시설물은 일정한 범위 내에 제방을 쌓아 11개의 저수공간을 꾸려놓고 있으나 육안판독으로는 시설물 용도를 파악하기가 쉽지 않다.

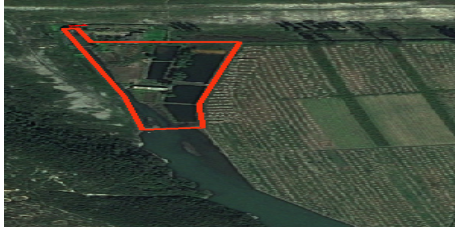


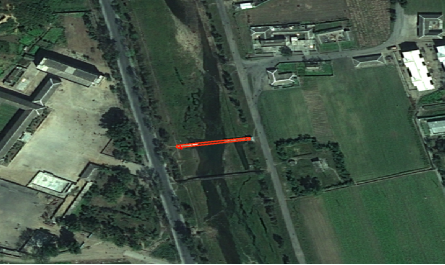





〈그림 3-1〉 대동강 상류유역 주요 시설물

## 2) 합장강

합장강 유역의 위성영상을 육안으로 판독한 결과 1개의 댐과 5개의 보, 그리고 1개의 시설물이 발견되었다. 1개의 댐은 합장강 상류를 막아 건설한 관개용 저수지인 림원저수지 아래에 설치되어 있다. 5개의 보는 룡성구역에 집중 분포되어 있는데, 그 가운데

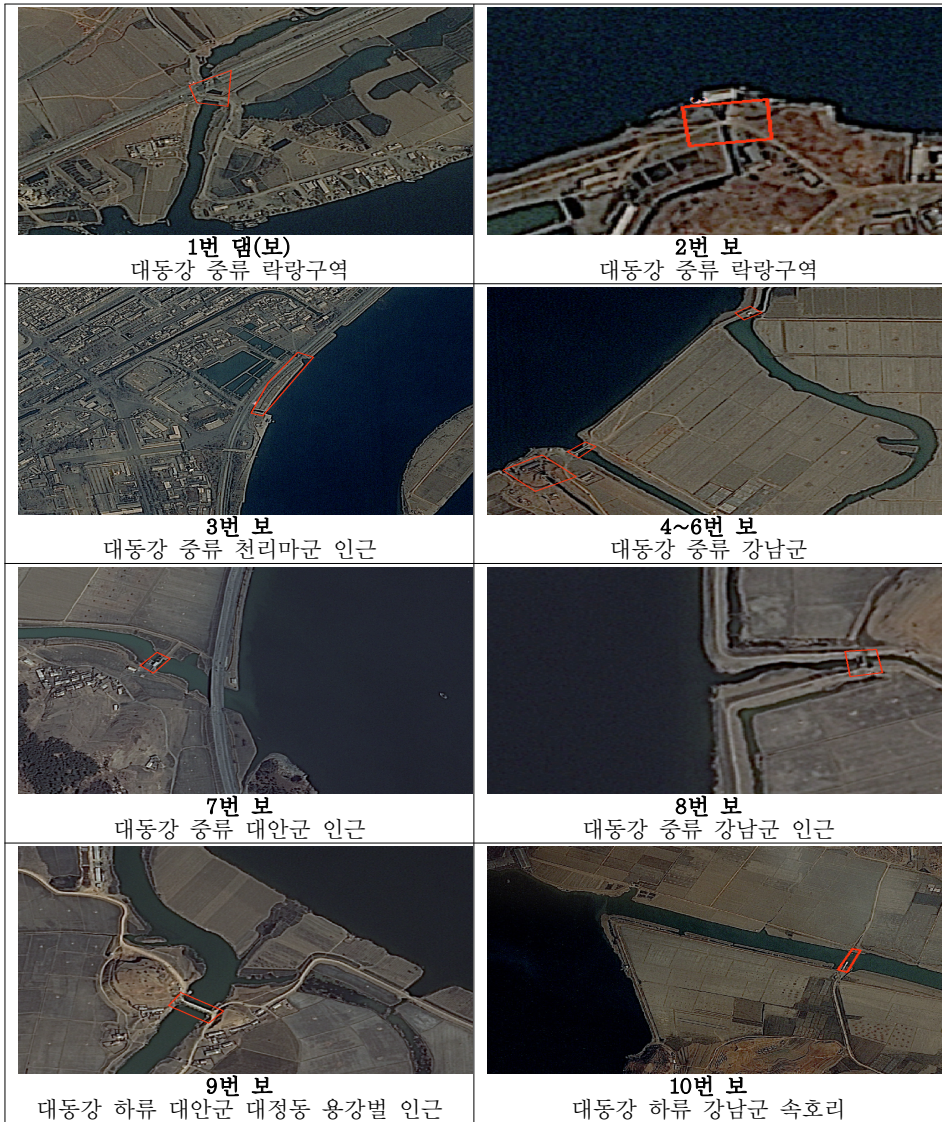
보 1개는 합장강이 대동강 상류와 합해지는 대성구역에 설치되어 있다. 그 밖의 시설물은 룡성구역 서쪽에 설치되어 있으며 농경지에 물을 대기 위한 저수시설로 파악된다.

	
<p>(담) 룡성구역 림원저수지</p>	<p>(보) 룡성구역</p>
	
<p>(보) 룡성구역</p>	<p>(보) 룡성구역</p>
	
<p>(보) 대성구역</p>	<p>(보) 룡성구역</p>
	
<p>기타시설물1 위치: 룡성구역</p>	

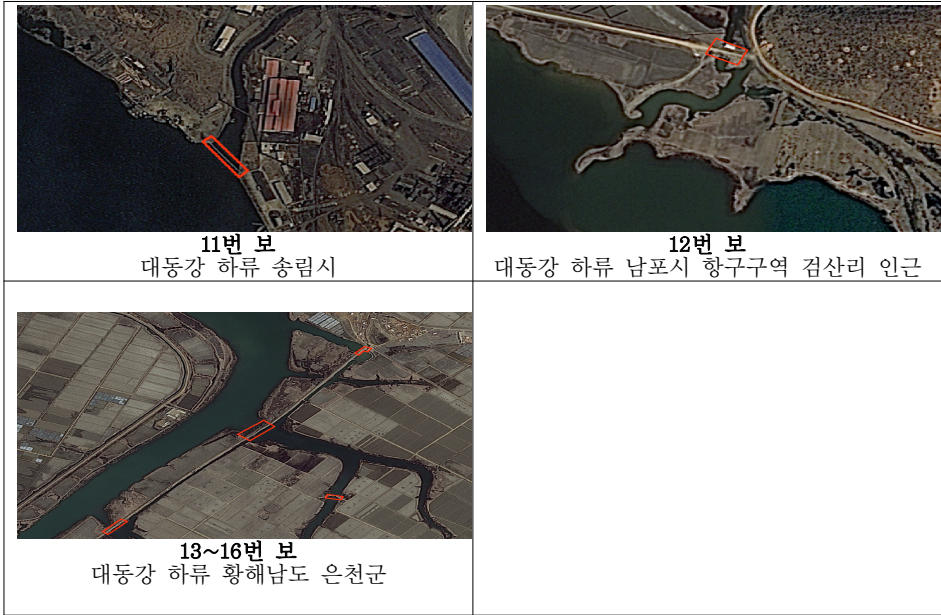
〈그림 3-2〉 합장강 유역 주요 및 기타 시설물

### 3) 대동강 중 · 하류

대동강 중 · 하류의 위성사진을 육안으로 판독한 결과 16개 댐/보와 8개의 시설물이 발견되었다. 16개의 댐/보는 대동강 중 · 하류가 흐르는 전 지역에 분포되어 있다.

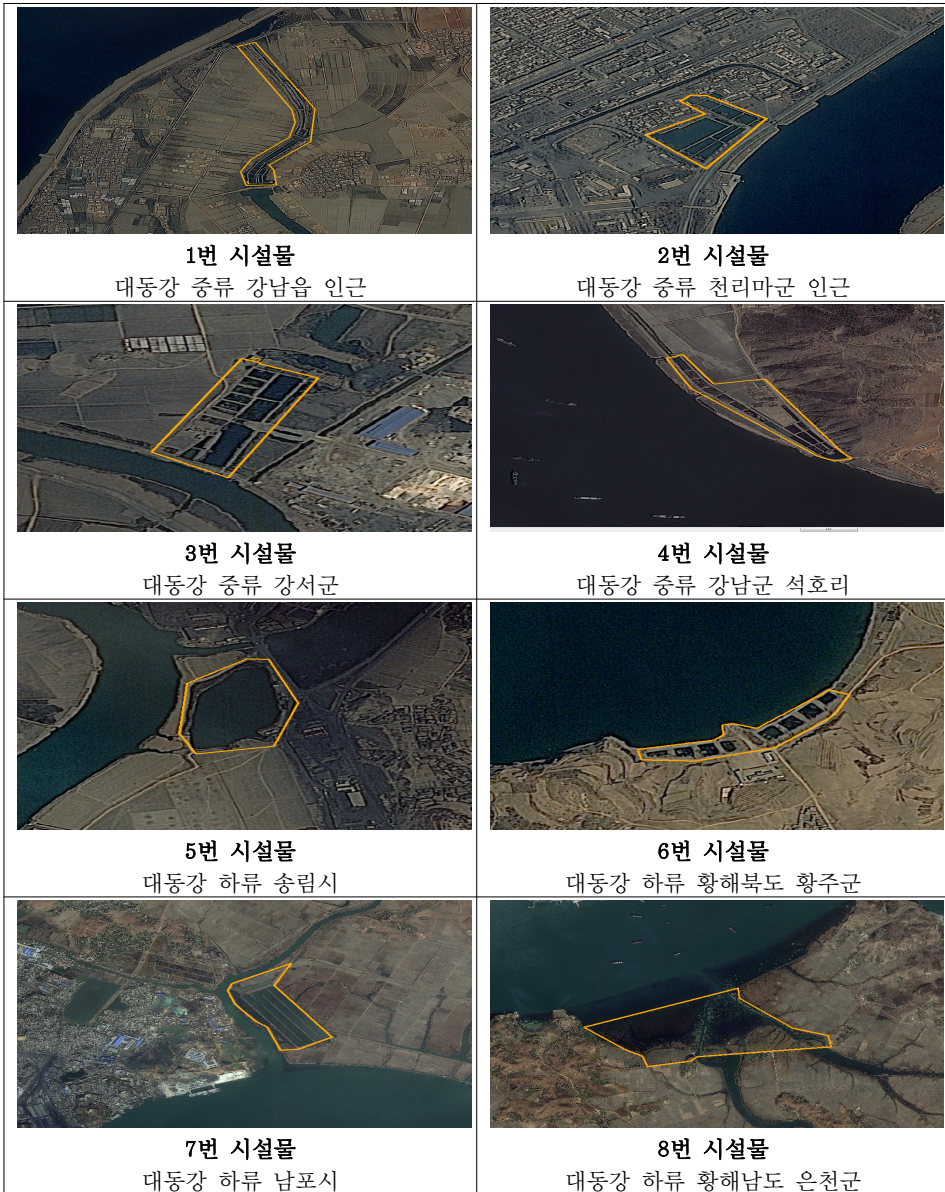


〈그림 3-3〉 대동강 중 · 하류 주요 시설물 (댐/보)



〈그림 3-3〉 대동강 중·하류 주요 시설물 (댐/보) (계속)

기타 시설물은 평안남도 강남읍, 강서군, 천리마군, 강남군, 송림시, 남포시와 황해북도 황주군, 황해남도 은포군에서 각각 1개씩 발견되었다. 시설물의 대부분(〈그림 3-4〉의 1번, 4번~8번)은 하천이 지나는 길의 물을 막아 농경지로 활용하기 위해 설치된 것으로 추정되었다. 8번 시설물은 대동강 하류 황해남도 은천군에서 발견된 것으로 간척공사와 호안공사를 통해 농경지 확장과 수리소절을 위해 설치한 하구호로 보인다. 2번과 3번 시설물의 경우, 농경지 활용의 목적일 가능성을 배제할 수 없으나 저수공간을 마련하기 위한 시설물로 추정된다.

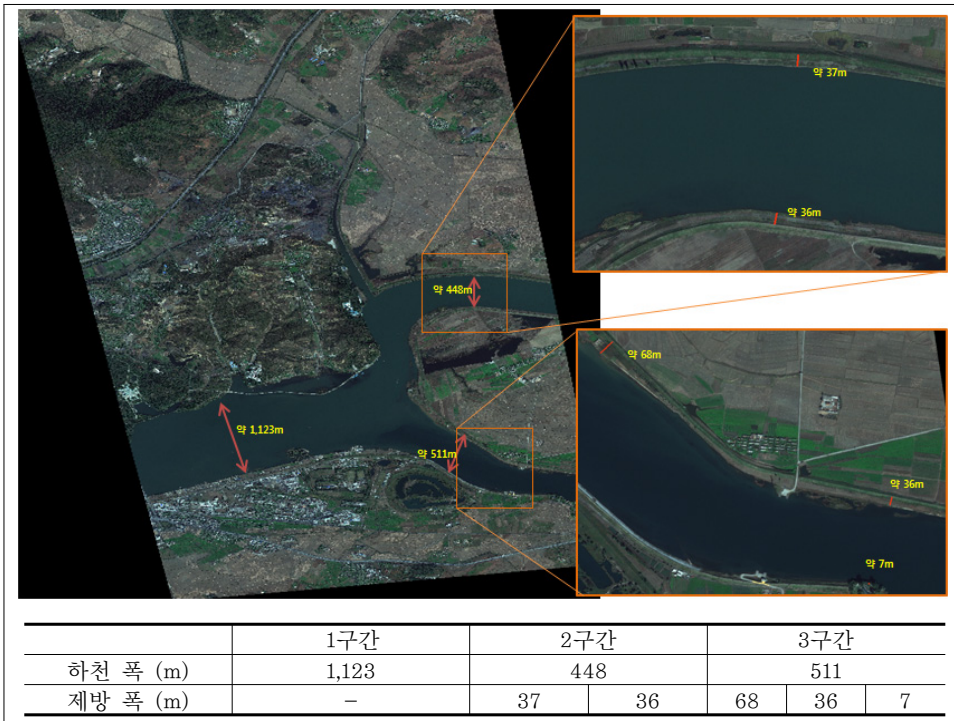


〈그림 3-4〉 대동강 중·하류 기타 시설물

나. 하천폭 및 제방폭

1) 대동강 상류

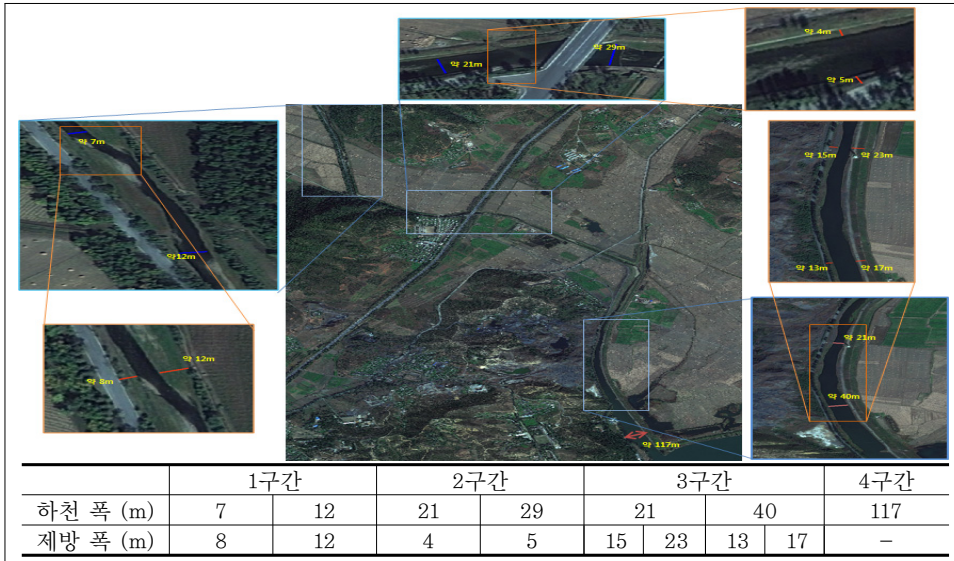
대동강 상류와 노산천의 하천 폭 및 제방 폭 등을 조사한 결과, 대동강 상류의 하천 폭은 평균 987m, 최대 1,123m로 나타났다. 대동강 상류가 갈라지는 두 줄기 중 삼석구역의 줄기는 약 448m, 사동구역의 줄기는 약 511m 정도로 추정됐다. 상류지역 두 줄기의 제방의 폭은 약 37m(삼석구역), 36m~68m(사동구역)이다.



〈그림 3-5〉 대동강 상류 하천 및 제방 폭

장수원저수지에서 대동강까지 이어지는 노산천의 하천 폭은 상류에서부터 약 7m, 12m, 21m 정도로 파악되었다. 노산천에서 대동강 지류로 합류되는 중간 지점의 하천 폭은 대동강에 가까워질수록 21m, 40m, 117m로 넓어지고 있다. 노산천에서 대동강에

이르는 구간의 제방의 폭은 구간별로 차이가 난다. 하천의 폭이 좁은 노산천 상류는 제방의 폭도 4~12m로 좁은 편이며 대동강 지류와 합류되는 중간 지점의 제방 폭은 13m~23m로 상류의 제방 폭보다 다소 넓다.

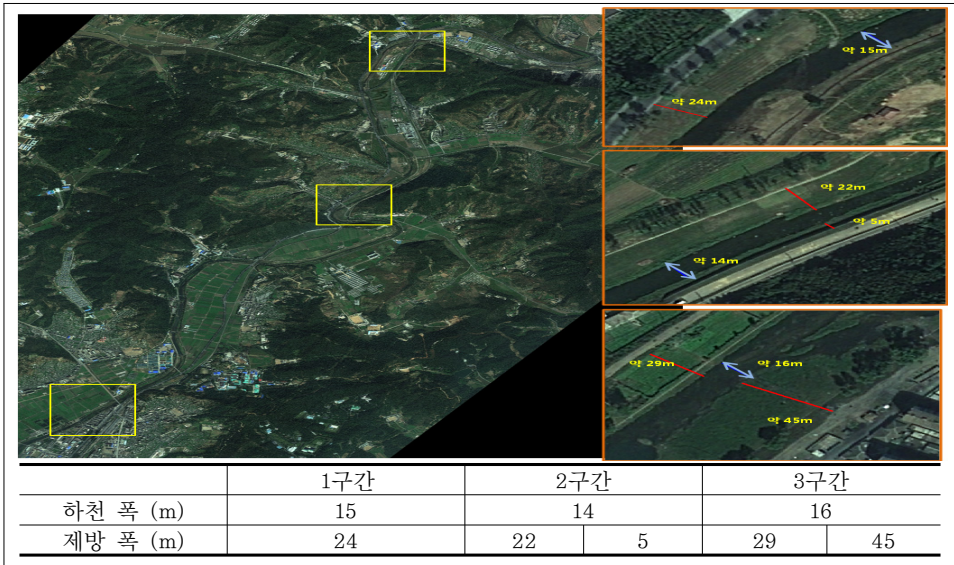


〈그림 3-6〉 대동강 상류 노산천 하천 및 제방 폭

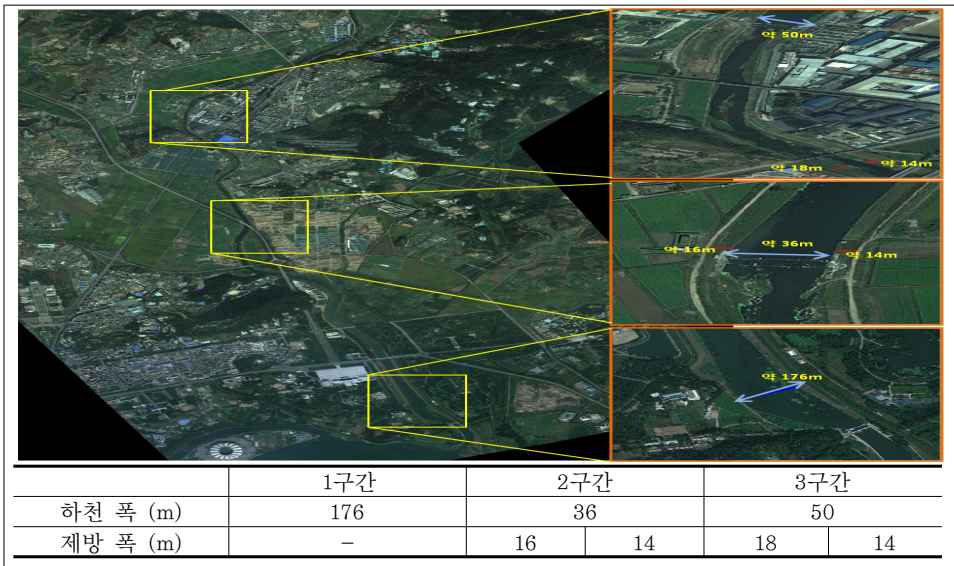
## 2) 합장강

합장강의 하천 폭 및 제방에 대한 폭 등을 조사한 결과, 합장강 하천 폭은 평균 36m, 최대 176m, 최소 11m로 하천의 폭이 다소 좁다.

합장강 상·중류와 하류로 구분하여 분석하면, 합장강 상·중류는 하천의 좌안과 우안의 제방 폭이 균등하지 않다. 상류와 중류의 좌안 제방은 각각 24m와 22m인 반면, 중류의 우안 제방은 5m에 불과하다. 합장강 하류는 대동강과 만나는 구간에서 하천 폭이 넓어지며, 상류의 하천 폭에 비해 다소 넓다. 제방의 폭은 14~18m 정도로 비교적 균등하다.



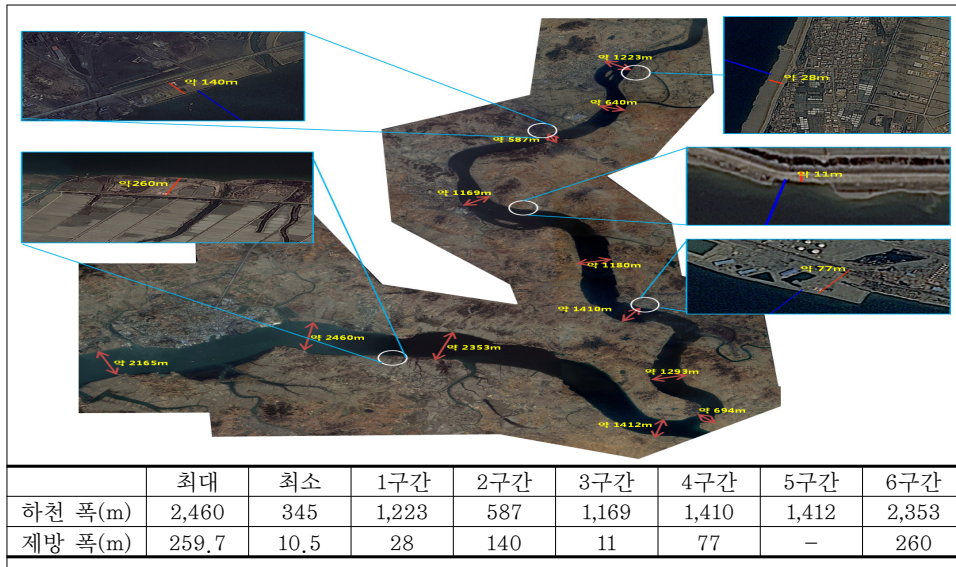
〈그림 3-7〉 합장강 상·중류 하천 및 제방 폭



〈그림 3-8〉 합장강 하류 하천 및 제방 폭

### 3) 대동강 중·하류

대동강 중·하류의 하천 폭 및 제방 폭을 조사한 결과, 하천 폭은 최대 2,460m, 최소 345m, 평균 1,144m로 나타났다. 여기에는 중·하류에서 갈래로 뻗어 나가는 중소하천의 폭은 포함시키지 않았다. 하천의 종류에서 하류로 내려올수록 하천 폭이 넓어지며 남포시 부근의 하천 폭이 가장 넓다. 제방의 폭은 최대 259m, 최소 11m로 평균 65m이며, 역시 작은 하천의 제방 폭은 포함하지 않았다. 비교적 하천 제방이 반듯하게 정리되어 있음을 아래 <그림 3-9>에서 확인할 수 있다.



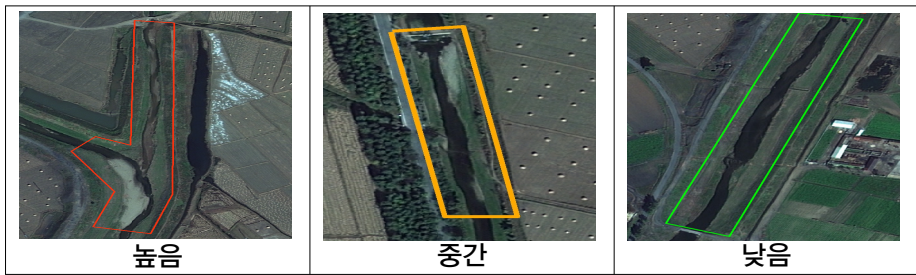
<그림 3-9> 대동강 중·하류 하천 및 제방 폭

#### 다. 제방유실 추정지 판독

육안판독으로 하천 제방의 유실정도를 높음, 중간, 낮음의 세 등급으로 분류하여 제방 유실 추정지를 파악하였다.

제방유실정도의 높음, 중간, 낮음의 기준은 2012년도 연구와 동일하게 적용하였다. 비교적 제방의 형태가 반듯하게 남아 있지만 특정 지점에서 제방 바깥쪽으로 제방이

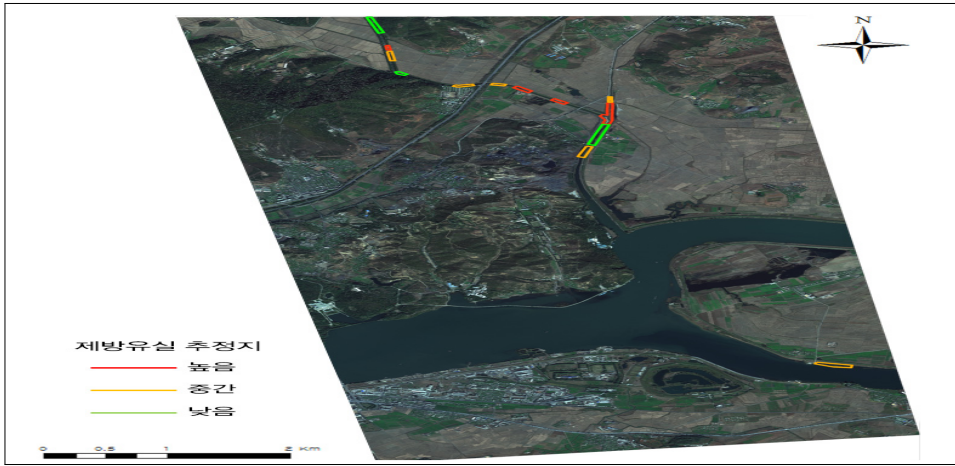
유실되어 있는 상태는 ‘낮음’으로 분류하였다. 다음으로 전반적인 제방의 형태가 하천을 따라 고르지 않으며 제방 곳곳이 유실되어 토사가 유입되어 있음이 육안으로 쉽게 판독되는 상태는 ‘중간’으로 하였다. 마지막으로 제방선 자체가 불분명하고 제방의 형태가 남아 있지 않으며 그로 인해 수역과 토지의 경계가 명확하지 않은 상태는 ‘높음’으로 구분하였다.



〈그림 3-10〉 제방유실 등급별 사례지역

### 1) 대동강 상류

대동강 상류는 제방상태가 비교적 양호하고 제방유실 정도가 낮은 것으로 나타났다. 특히 대동강 상류의 큰 줄기 연안의 제방상태를 육안으로 볼 때 유실추정지역은 승호구역 단 한 곳에 불과하였다. 다만, 하천의 폭이 좁게 흐르는 노산천 구간에서 다수의 유실추정 지역이 발견되었다. 그 중에서도 대성산 아래 장수원동의 농경지 부근, 삼산리의 농경지 부근에서 제방유실 정도가 높은 것으로 나타났다.



〈그림 3-11〉 대동강 상류 제방유실 추정지 지도

장수원동의 제방유실 추정지역은 제방유실로 토사가 다량 퇴적된 것을 확인할 수 있다. 하천 주변은 대부분이 농경지로, 하천 우안의 제방이 육안판독 시 다소 낮은 것으로 판단되어 집중호우로 인한 농경지 피해가 예상된다. 삼석구역 삼산리 인근 제방유실 추정지역은 제방유실로 인해 수역과 토지의 경계가 불분명하다. 삼산리 지역의 또 다른 제방유실 추정지역은 하천의 폭이 좁은 데다 제방유실이 심각하다.

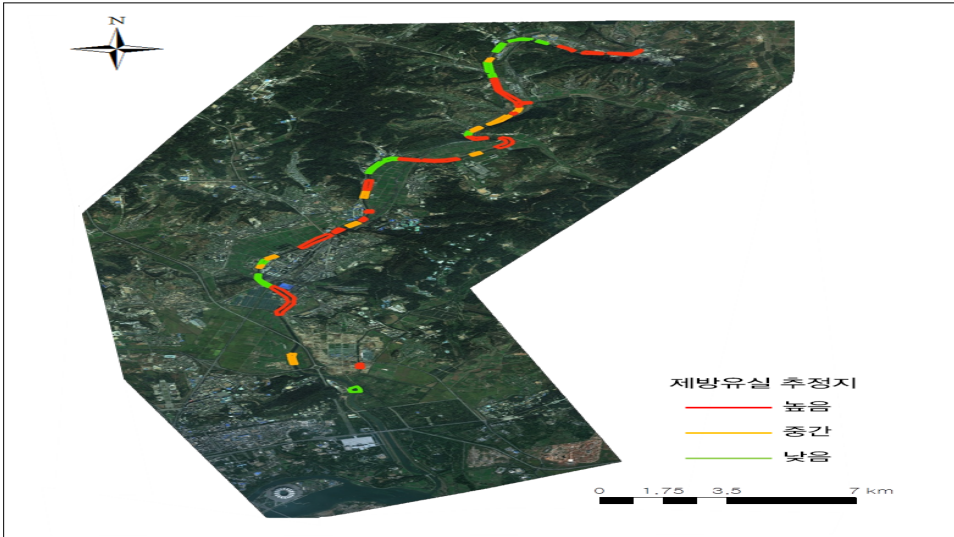
대동강 상류의 제방유실 추정지역을 살펴본 결과, 하천을 따라 농경지가 분포되어 있고 제방유실 추정지역도 주로 농경지 인근으로 나타나고 있다.



〈그림 3-12〉 대동강 상류 제방유실 추정지역(높음)

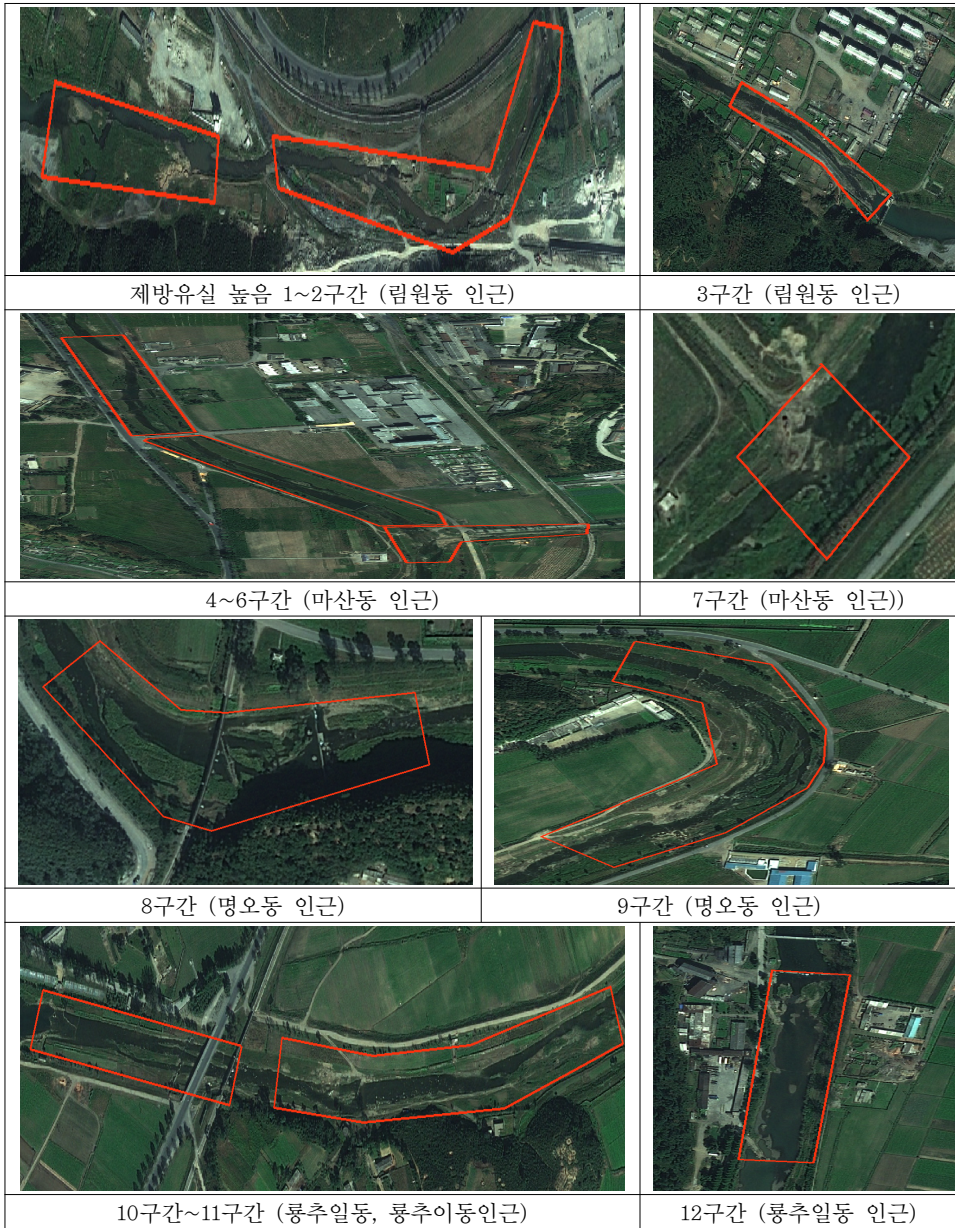
## 2) 합장강

합장강은 하천 전체에 걸쳐 전반적으로 제방상태가 양호하지 못하다. 아래 <그림 3-13>과 같이 합장강 전 구간에서 제방유실이 나타나고 있다. 합장강 주변은 농경지가 대부분이며 일부 구간에서 산업단지가 발견된다. 합장강은 전반적으로 제방상태가 부실하여 홍수발생 시 인근 농경지와 산업단지의 피해가 클 것으로 예상된다. 실제로 매년 장마철마다 합장강에서는 하천범람이 반복되어 북한에서도 시급한 정비대상 하천으로 관리하고 있다. 북한의 주요 신문 보도내용에 따르면, 지난 2012년부터 합장강에 대한 정리공사가 추진 중에 있다고 한다(노태호 편, 2012, pp.31-36).

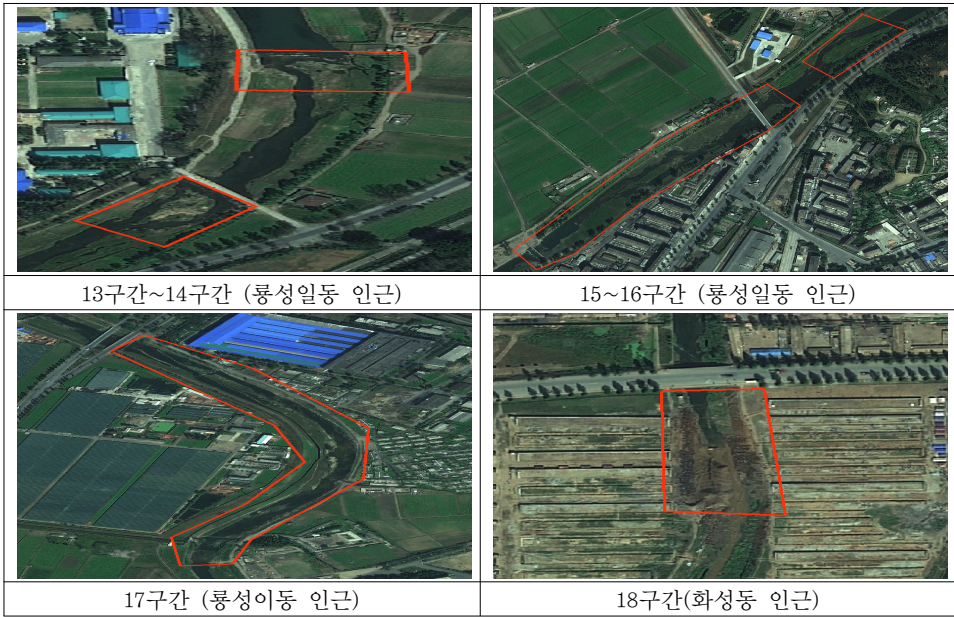


<그림 3-13> 합장강 제방유실 추정지 지도

합장강 제방유실 추정지 중에서 제방유실 상태가 ‘높음’으로 추정되는 구간은 토사유입이 심각하여 하천의 모습을 제대로 알아볼 수 없는 구간이 상당히 많다. <그림 3-14>와 같이 총 18개 구간에서 그러한 모습을 확인할 수 있다.



〈그림 3-14〉 합장강 제방유실 추정지역(높음)

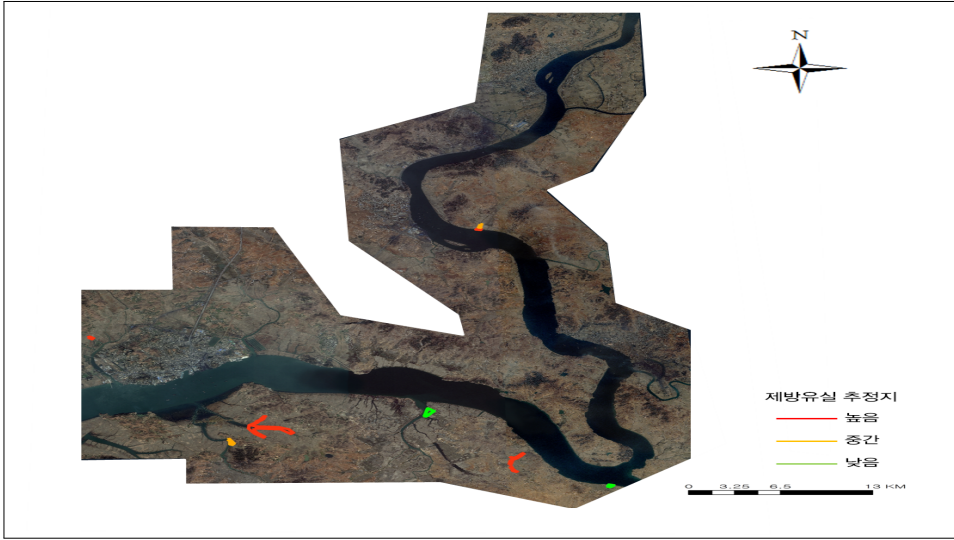


〈그림 3-14〉 합장강 제방유실 추정지역(높음) (계속)

### 3) 대동강 중·하류

대동강 중·하류의 제방상태는 대동강 상류와 합장강 유역에 비해 상당히 양호한 상태이다. 제방유실 상태를 육안으로 판독한 결과, 제방유실 정도가 높은 것으로 추정되는 구간이 4곳, 중간 정도인 구간이 2곳, 유실정도가 낮은 것으로 추정되는 구간이 2곳으로 총 8곳에서 제방유실이 발견되었다.

제방유실 정도가 높은 것으로 추정된 4곳 중 1곳은 강남군 벽지도리 부근으로, 제방유실로 인한 하천의 토사유입이 발견되었다. 두 번째 구간은 남포시 인근으로, 대동강 하천줄기가 인근 농경지까지 이어진 구간 중 일부 구간에서 제방유실 추정지와 일부 토사유입이 발견되었다. 세 번째 구간은 황해남도 은천군 대화동으로 뻗어있는 작은 하천줄기에서 제방유실이 발견되었다. 제2구간과 마찬가지로 농경지에 농업용수를 공급하기 위해 만든 물길로 추정된다. 마지막 네 번째 구간은 황해남도 은천군 복두리 인근으로, 농경지 인근의 구간에서 제방유실이 발견되었다.



〈그림 3-15〉 대동강 중·하류 제방유실 추정지 지도



〈그림 3-16〉 대동강 상류 제방유실 추정지역(높음)

제방유실 추정지 외에도 대동강 중·하류 유역에서는 하천의 물을 건조시키는 개간사업 대상지로 추정되는 지역이 다수 발견되었다. 주로 대동강 하류의 남포시 인근과 황해남도 은포군 인근에 집중되어 있다. 주변지역이 모두 농경지임을 감안할 때, 논밭 조성을 위해 물을 건조시키는 작업이 진행 중인 것으로 추정된다.



〈그림 3-17〉 대동강 중·하류 개간사업(논밭 조성) 추정 지역

#### 라. 하천의 탁도

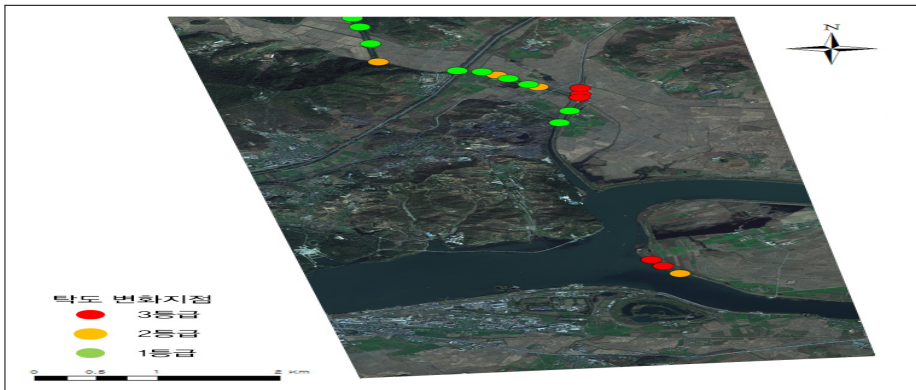
위성영상을 이용한 하천수질파악 기법은 여러 가지가 있다. 예를 들면 Landsat-TAM 위성영상은 Thermal 밴드에 연산식 적용을 통해 수온확인과 부유물질 및 클로로필 등의 농도 파악이 가능하다. 하지만 본 연구에서 활용한 Geoeye와 IKONOS의 위성영상은 수온 등의 파악이 불가능하고 현장조사 자료의 취득도 불가능하여 영상분석기법만으로 수질을 파악하기 쉽지 않다(추장민 외, 2010b, p.94).

이에 본 연구에서는 지난 1~3차 연구에서와 마찬가지로 전 구간의 하천 탁도를 육안으로 확인하여 탁도가 변화하는 구간을 등급화하고 그 원인을 추정하였다. 탁도의 등급은 높음, 중간, 낮음의 3등급으로 분류하였으며 낮음일수록 탁도가 양호함을 나타낸다. 단, 분석자료와 분석기법의 한계로 탁도의 등급이 높다고 해서 수질이 오염되었다고 단정할

수 없기 때문에 탁도의 변화원인을 추정하여 오염가능성을 판단하였다.

### 1) 대동강 상류

대동강 상류에서 탁도변화가 나타난 구간은 제방유실 지역과 비슷하게 나타나고 있다. 주로 노산천 구간에서 탁도 변화가 나타나고 있으며, 탁도 변화 등급화에 따라 1등급 구간 7곳, 2등급 구간 3곳, 3등급 구간 3곳으로 각각 확인되었다.



〈그림 3-18〉 대동강 상류의 탁도 변화구간



〈그림 3-19〉 대동강 상류의 등급별 탁도 변화구간

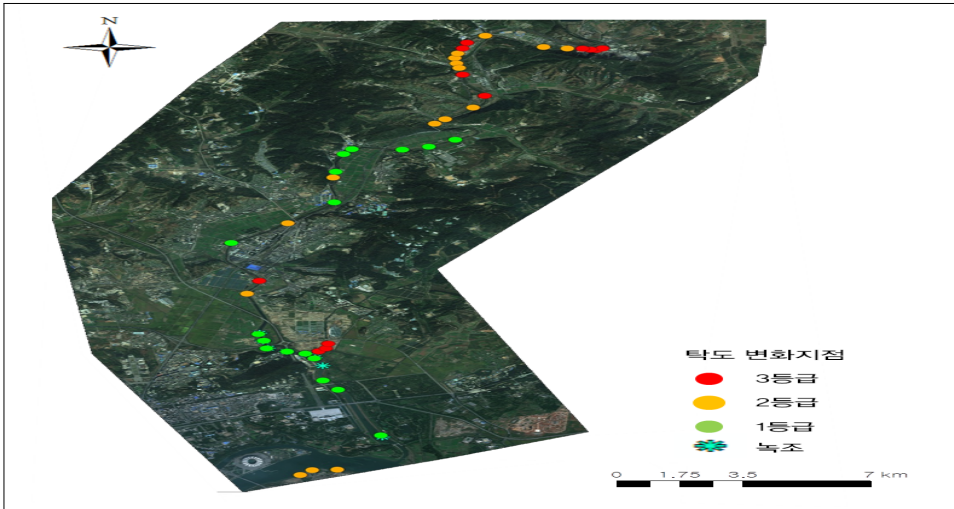
〈그림 3-20〉에서 탁도 변화가 뚜렷하게 나타난 구간(3등급)에 해당하는 지점 1은 대동강 상류지역 제방유실 추정지역에서도 확인된 지역이다. 삼석구역 삼산리 인근 지역으로 제방유실로 토사가 유입되어 탁도가 변한 것으로 추정되며, 하천의 폭이 좁고 적은 유량도 탁도에 영향을 미친 것으로 보인다. 탁도변화 지점 2의 경우, 대동강 상류 승호구역으로 농경지 인근에서 탁도변화가 확인되었다. 이 구간의 탁도변화 원인은 농경지로부터의 토사유입 또는 수심이 낮아지면서 강바닥에 퇴적된 토사가 탁도에 영향을 미친 것으로 판단된다.

	
<p style="text-align: center;"><b>지점 1</b> <b>노산천에서 갈라지는 작은 하천</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>삼석구역 내 노산천과 대동강이 만나는 지점에서 북동쪽으로 뻗어나가는 작은 하천</li> <li>하천의 폭이 좁고 유량이 적으며 토사 유입으로 탁도에 영향 추정</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>지점 2</b> <b>승호구역 농경지 주변</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>농경지로부터의 오염물질 또는 토사 유입 추정</li> <li>수심이 낮아지면서 강바닥에 퇴적된 토사가 탁도에 영향을 미친 것으로 보임</li> </ul>

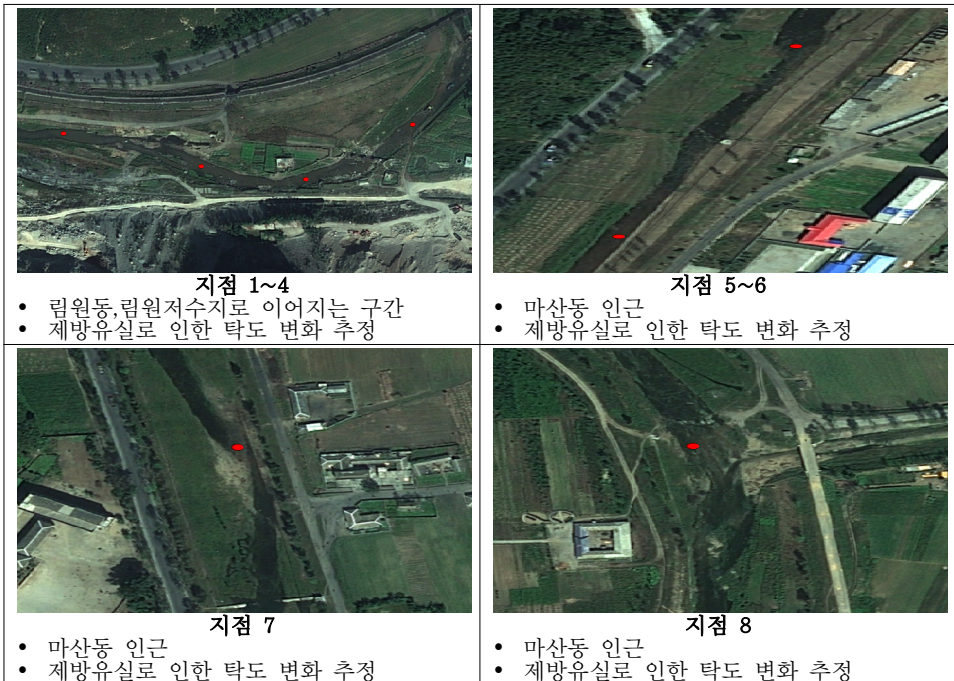
〈그림 3-20〉 대동강 상류의 탁도변화 3등급 지점

## 2) 합장강

앞에서 합장강의 제방상태에 대한 분석에서 제방상태가 비교적 양호하지 못하고 적지 않은 곳에서 제방유실 추정지를 확인하였다. 합장강의 탁도를 육안으로 판독한 결과는 앞에서의 제방이 유실된 것으로 추정되는 구간에서 탁도변화가 발견되었다. 대동강 상류와 마찬가지로 탁도변화에 따라 1~3등급을 구분한 결과, 립원저수지 부근, 화성동 부근의 하천구간에서 가장 심한 3등급에 해당하는 탁도변화가 나타났다.



〈그림 3-21〉 합장강 탁도 변화구간

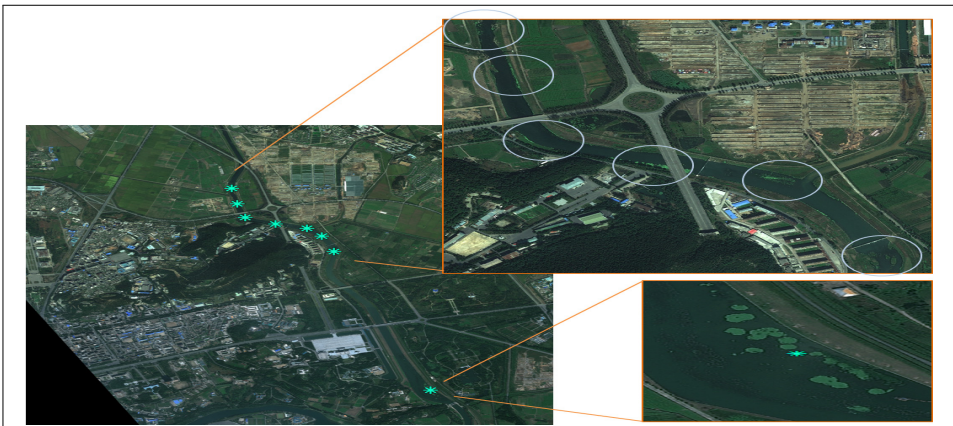


〈그림 3-22〉 합장강 탁도변화 3등급 지점



〈그림 3-22〉 합장강 탁도변화 3등급 지점 (계속)

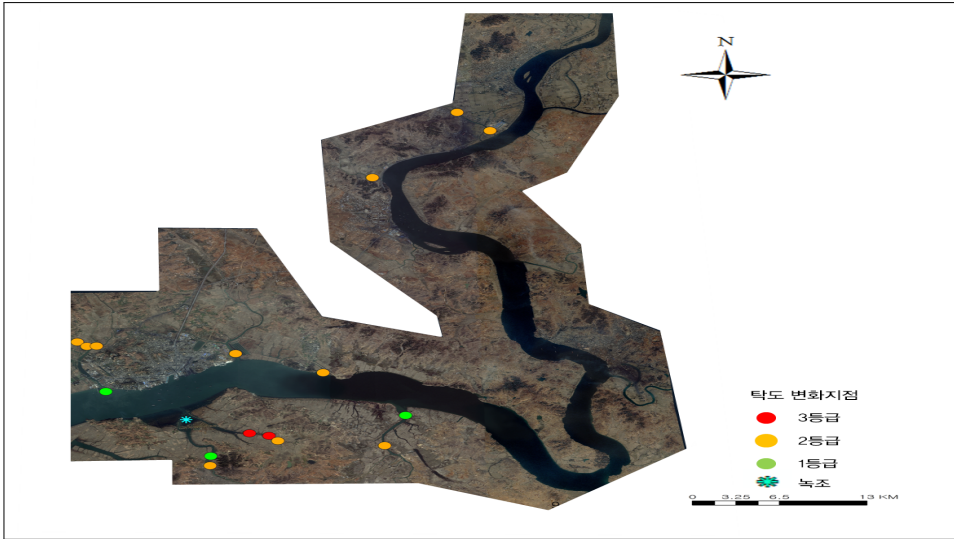
주목할 만한 점은 대동강 상류와 만나는 룡성구역 시가지 부근에서 녹조현상이 나타나고 있다는 점이다. 영상이 9월이라는 점을 미루어 계절적 요인에 의해 녹조가 나타났다고 추정할 수도 있으나, 산업단지와 시가지 부근이라는 점을 고려할 때 오염물질 유입 가능성도 배제할 수 없다.



〈그림 3-23〉 합장강 녹조발생 구간

### 3) 대동강 중 · 하류

대동강 중 · 하류는 구간별 탁도의 변화가 큰 지역이 많지 않다. 탁도 변화지점을 등급화한 결과에서도, 탁도 3등급에 해당하는 구간은 2곳에 불과하며 2등급에 해당하는 구간이 10곳, 1등급에 해당하는 구간이 3곳이다.



〈그림 3-24〉 대동강 중 · 하류 탁도변화 구간

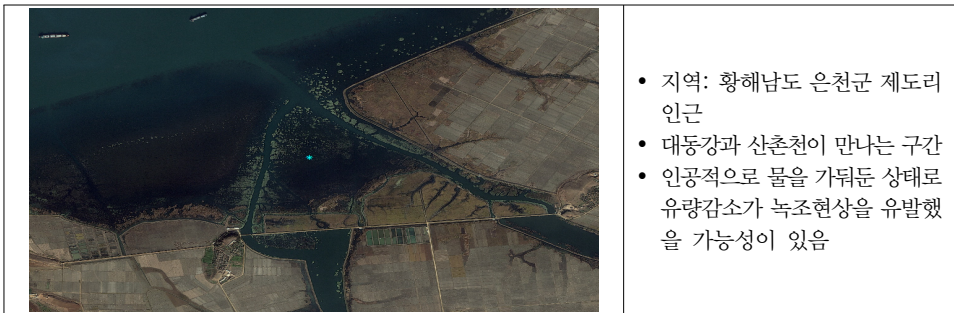


〈그림 3-25〉 대동강 중 · 하류 등급별 탁도 변화구간

등급별 탁도변화 구간을 보면, 1등급으로 분류된 구간은 황해남도 은천군에 위치한

청천(淸川)이 시작되는 부근으로, 큰 개울 수준의 청천은 은천군에 위치한 운봉저수지와 만나는 맑은 개울이다.<sup>26)</sup> 1등급 구간의 주변지역은 주로 농경지로 활용되고 있다. 2등급으로 분류된 구간은 황해남도 은천군의 산천천의 일부 구간이다. 오른쪽으로 고남산이 위치하고 있어 하천의 폭이 급격히 좁아지는 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 구간은 하천의 폭이 급격히 좁아짐에 따라 유량이 감소하여 탁도 변화에 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 또 이 구간의 상류에서 ‘중간’ 수준의 제방유실이 확인되었는데, 제방유실로 인해 주변 농경지 또는 나대지에서 토사가 유입되어 탁도가 변화했을 가능성 또한 배제할 수 없다. 3등급으로 분류된 구간 역시 황해남도 은천군 제도리 부근이다. 주변지역이 농경지이고 제방상태가 양호하지 못하여 제방유실지에서 유입된 토사가 탁도에 영향을 미치고 있는 것으로 보인다.

합장강 유역과 마찬가지로 대동강 중·하류 유역에서도 녹조현상이 발견되고 있는데, 녹조가 발견된 구간은 산천천 옆으로 흐르는 작은 하천줄기의 한 구간이다. 이 지역의 녹조 발생은 물을 가두기 위해 설치된 시설물로 인한 유량과 유속 감소에서 기인한 것으로 추정된다.



〈그림 3-26〉 대동강 중·하류 녹조발생 구간

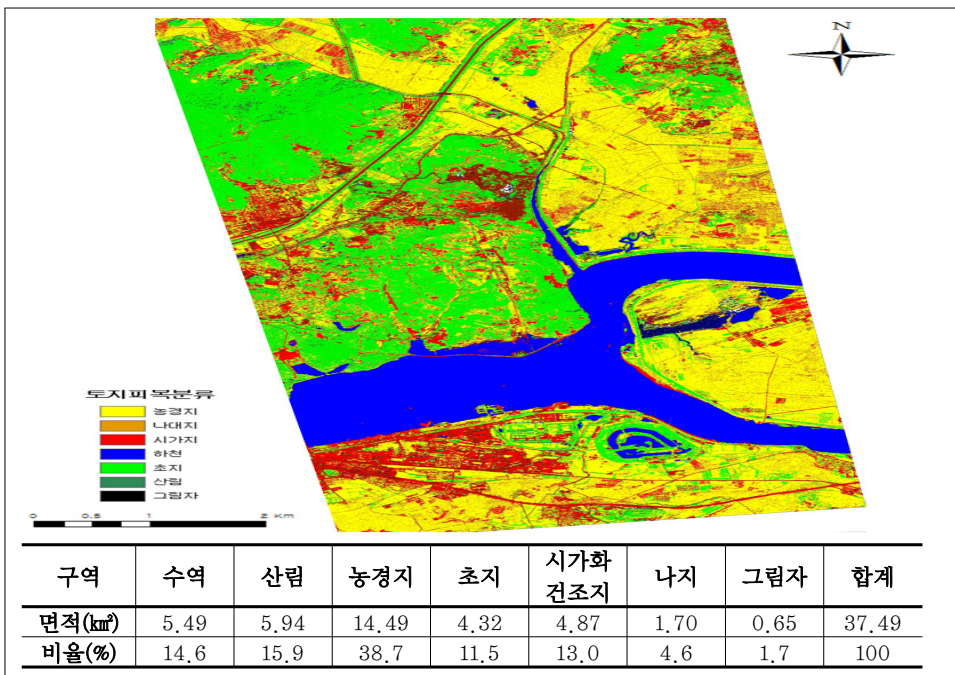
26) 청천(淸川): 황해남도 은천군 은천읍 동남쪽에 있는 맑은 개울(북한지역정보넷 홈페이지, “청천” <http://www.cybernk.net/> [2013.8.12])

## 2. 하천주변 토지피복분류 결과

하천 주변의 토지피복분류는 하천(수역), 산림, 나대지, 농경지, 초지, 시가지, 그림자의 7개 항목으로 분류하였다. 본 연구에서는 대동강 상류, 합장강, 대동강 중·하류 하천주변에 대해 각각 토지피복분류를 수행하였다.

### 가. 대동강 상류

대동강 상류 및 노산천 주변의 토지피복상태를 분류한 결과, 노산천 상류에 산림과 농경지가 주로 분포되어 있으며 대동강으로 합류되는 중류 지역의 왼쪽으로는 산림이, 오른쪽에는 농경지가 집중 분포되어 있다. 대동강 상류의 대성구역은 산림, 승호구역과 삼석구역에는 농경지, 그리고 사동구역에는 시가지가 주로 분포되어 있다.

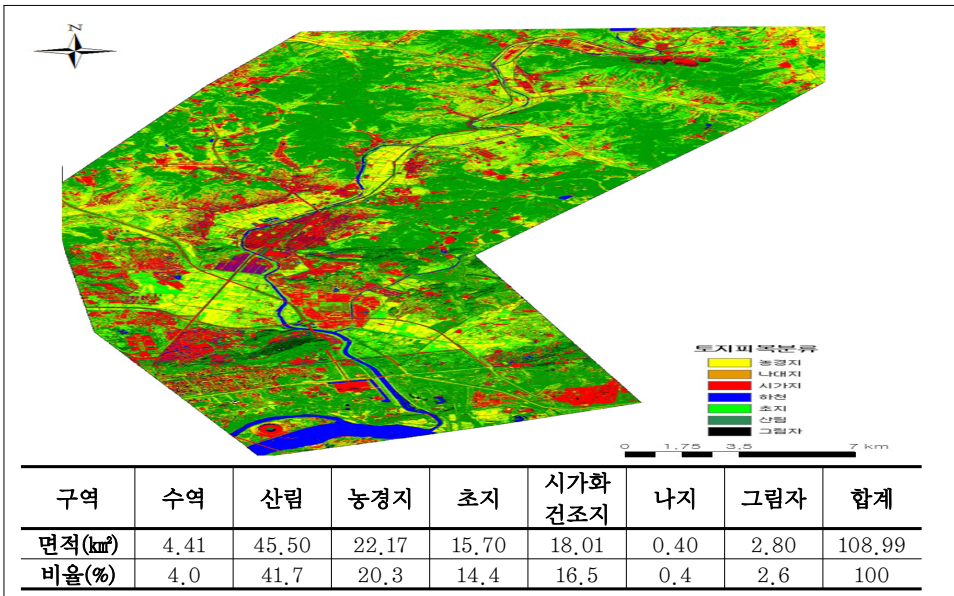


〈그림 3-27〉 대동강 상류의 토지피복분류 결과

전체 분포면적을 살펴보면 농경지의 비율이 38.7%로 가장 높았으며, 산림이 16%, 초지가 12%로 나타났다. 산림과 초지의 분포면적 비율이 높은 까닭은 분류범위 서쪽에 위치한 대성구역과 삼석구역 사이에 대성산, 그리고 대성구역에 고방산이 위치해 있기 때문으로 해석된다. 시가지 건조지는 전체 분류면적에서 13%에 해당하며 대성구역 동쪽, 사동구역 북쪽 일부지역에 집중되어 있다.

나. 합장강

림원저수지부터 대동강에 이르는 합장강의 주변은 룡골산, 립불산, 형제산, 청운산 등이 둘러싸고 있다. 이러한 이유로 합장강 유역의 전체 토지피복분류 결과를 보면 산림이 42%에 달한다. 농경지는 하천 인근과 평양 시내에 근접할수록 분포면적이 넓다. 전체 면적에서 농경지의 비율은 20.3%이다. 룡성구역은 시가지가 밀집되어 있으며, 형제산 구역과 맞닿은 곳에 시가지가 많이 분포되어 있다. 전체면적에서 시가지의 비율은 17%이다.

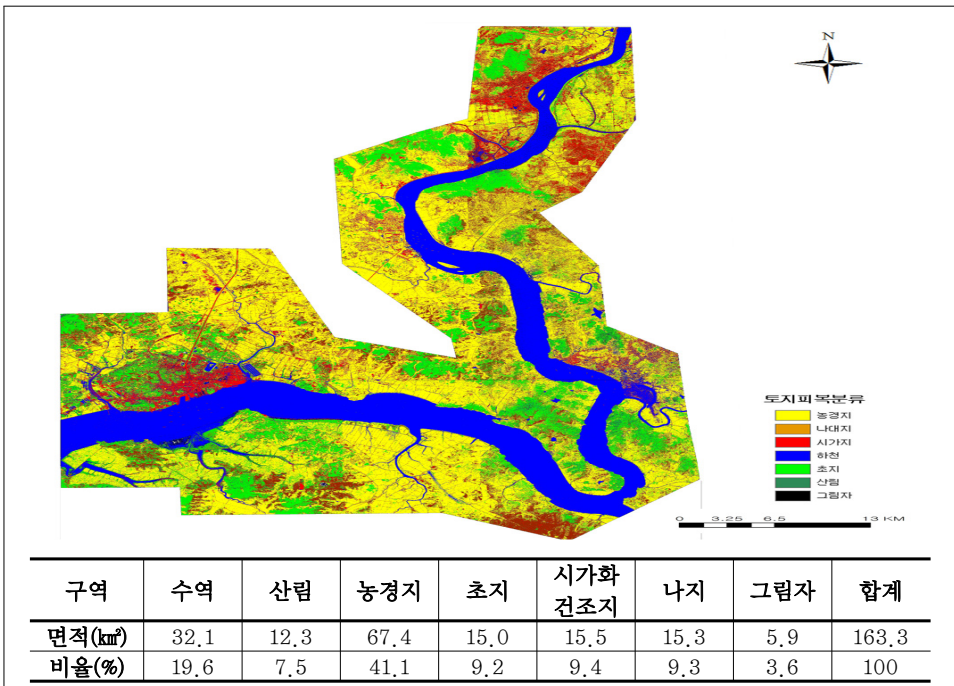


〈그림 3-28〉 합장강 토지피복분류 결과

### 다. 대동강 중 · 하류

대동강 중 · 하류의 토지피복 상태는 전반적으로 농경지가 많고 평양시 락랑구역과 강남군, 그리고 평안남도 남포시 일부지역에 시가지가 집중되어 있다.

유형별 분포면적의 비율을 살펴보면, 농경지가 41.1%, 수역이 19.6%, 시가지와 건조지가 9.4%이며 나지와 초지의 비율이 각각 9.3%, 9.2%로 나타났다. 산림의 비중은 7.5%로, 대동강 상류와 합장강에 비해 산림의 비중이 다소 낮다.



〈그림 3-29〉 대동강 중 · 하류 토지피복 분류결과

그런데 이 지역은 포괄하는 범위가 넓어 행정구역별로 토지피복의 특징이 다르게 나타나고 있다. 평양시 락랑구역에는 시가지의 분포면적이 넓은 반면에 력포와 중화군에는 농경지의 비율이 높으며, 강남군은 농경지와 산지가 주로 분포하고 있다. 또한 대동강 하류의 평안남도 남포시는 시가지가 집중되어 있고, 황해남도 송림시는 시가지 면적이

넓은데 비해 은포군은 농경지, 산지와 나지의 면적이 넓은 편이다.

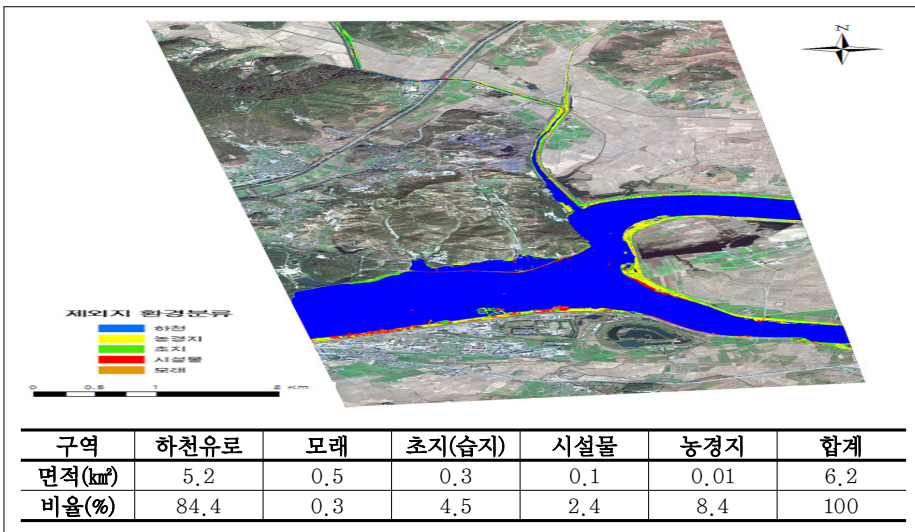
시가지가 집중되어 있는 남포시의 경우, 시가지 사이에서 초지와 나지가 발견되었다. 영상에서 확인한 바에 따르면, 이 지역은 메모리얼파크와 공동묘지가 조성된 지역으로 초지와 나지의 분포 면적이 넓은 것으로 나타났다.

### 3. 제외지 하천퇴적환경 분석 결과

제외지의 하천퇴적환경은 하천유로(수체), 농경지, 초지, 시설물, 모래(토사)의 5개 항목으로 나누어 분류하였다.

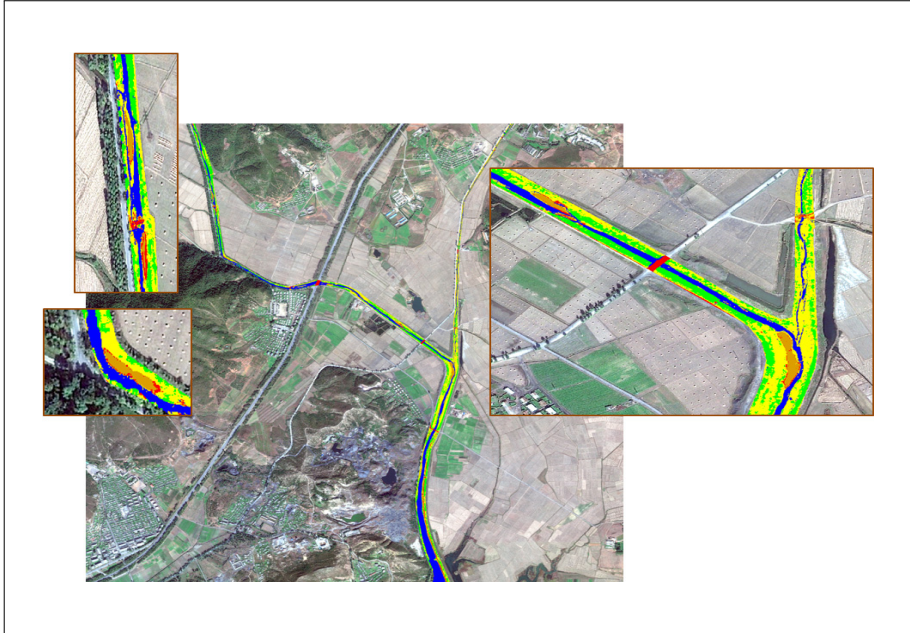
#### 가. 대동강 상류

대동강 상류의 하천퇴적환경에서 제외지는 전체 대상지 면적 37.5km<sup>2</sup>의 약 16.5%를 점했다. 제외지 하천환경을 분류한 결과, 하천유로(수체)가 5.2km<sup>2</sup>로 84%를 점했으며, 농경지 8.4%, 초지 4.5%, 시설물 2.4%, 모래(토사)가 0.3%로 나타났다.



〈그림 3-30〉 대동강 상류 하천퇴적환경(제외지) 분류결과

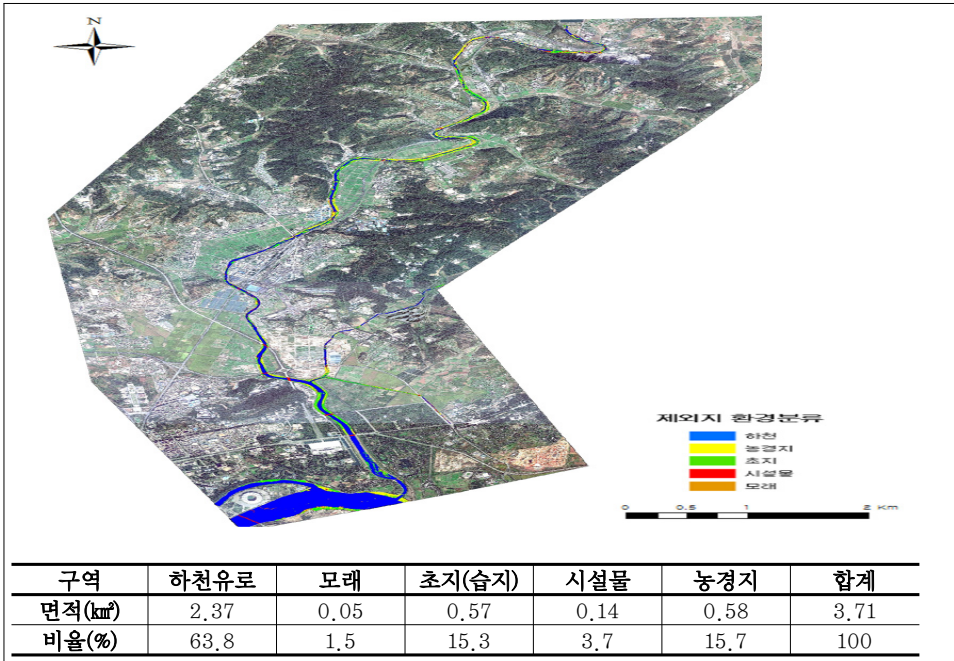
그런데 대동강 상류지역의 분류에서는 모래 분포가 거의 나타나지 않아 제방정비가 비교적 잘 이루어져 있는 것으로 보인다. 반면, 노산천에는 토사가 집중적으로 분포되어 있으며, 상류로 갈수록 토사 퇴적지가 많이 형성된 것을 알 수 있다.



〈그림 3-31〉 대동강 상류 노산천 하천퇴적환경(제외지) 분류결과

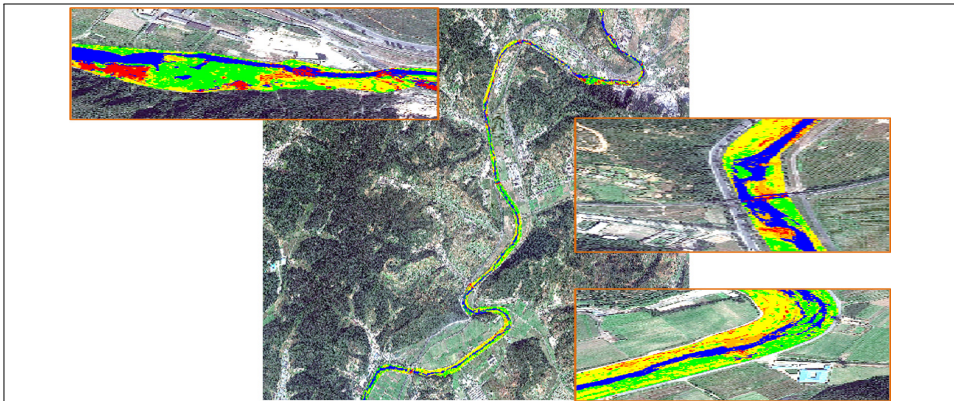
#### 나. 합장강

합장강의 하천퇴적환경에서 제외지는 전체 대상면적 109km<sup>2</sup>의 약 3.4%를 차지한다. 제외지 하천환경을 분류한 결과, 하천유로(수체)가 2.4km<sup>2</sup>로 64%를 점했으며 농경지 15.7%, 초지 15.3%, 시설물 3.7%, 모래(토사)가 1.5%로 나타났다.



〈그림 3-32〉 합장강 하천퇴적환경(제외지) 분류결과

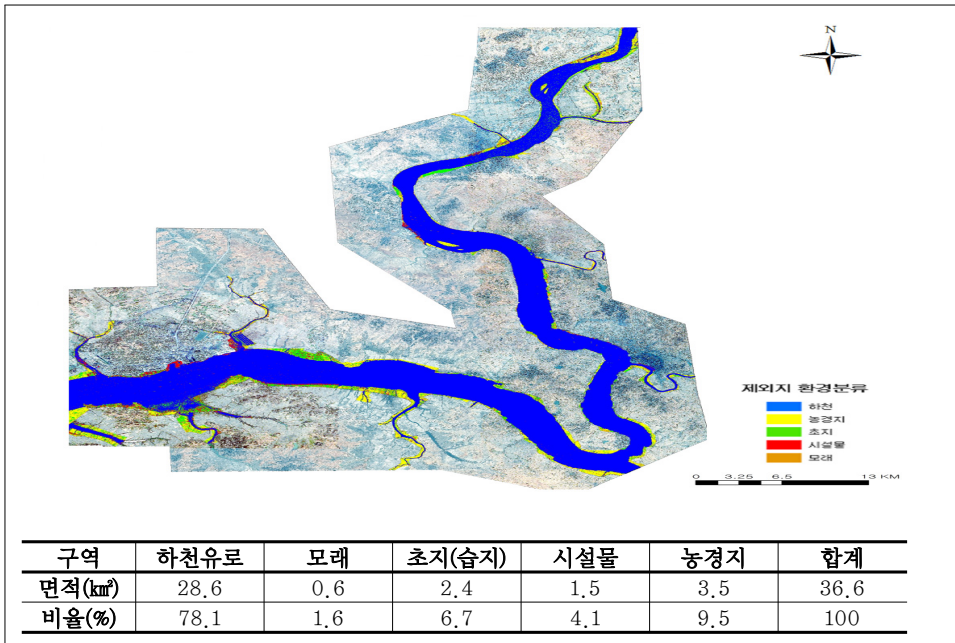
〈그림 3-33〉과 같이 하천의 폭이 상당히 좁은 립원저수지부터 합장강 중류까지의 구간에서 토사가 퇴적된 구간을 쉽게 발견할 수 있다. 합장강 중류에서부터 대동강에 이르는 합장강 하류에서는 토사퇴적 구간이 상대적으로 적다.



〈그림 3-33〉 합장강 상류 하천퇴적환경(제외지) 분류결과

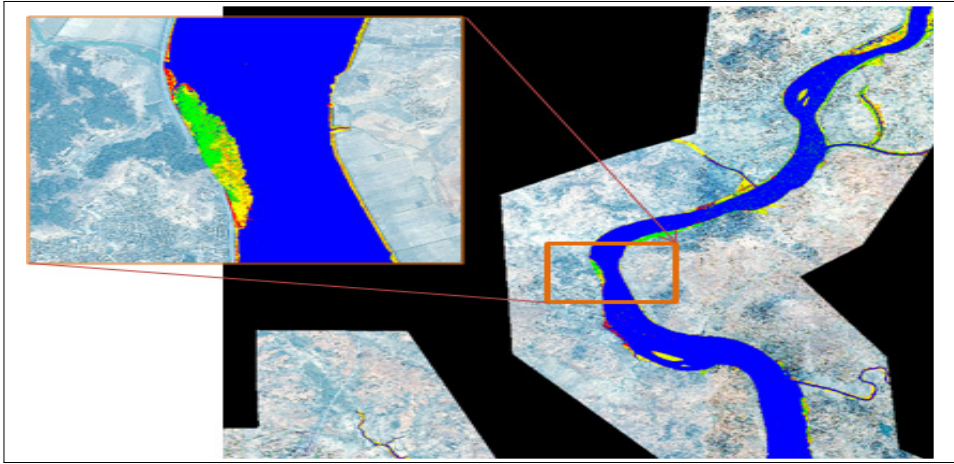
#### 다. 대동강 중·하류

대동강 중·하류의 하천퇴적환경에서 제외지는 전체 대상지 면적 163km<sup>2</sup>의 약 22.4%를 차지한다. 제외지 하천환경을 분류한 결과, 하천유로(수체)가 28km<sup>2</sup>로 78.1%를 점했으며, 농경지 9.5%, 초지 6.7%, 시설물 4.1%, 모래(토사)가 1.6%로 나타났다.



〈그림 3-34〉 대동강 중·하류 대상지 하천퇴적환경(제외지) 분류 결과

대동강 중·하류에서는 토사가 퇴적된 구간이 거의 발견되지 않았다. 유의할 만한 지역은 〈그림 3-35〉의 평양-남포 고속도로 터널구간(대안군 인근)으로, 제방선이 다른 곳에 비해 반듯하지 않은 모습을 보이고 있다.



〈그림 3-35〉 대동강 중류 하천환경(제외지) 분류 결과 유의구간

#### 4. 하천복원 우선대상지역 선정

인공위성영상을 활용하여 대동강 상류, 합장강, 대동강 중·하류에 대한 제방유실 상태, 탁도, 토지피복분류 및 제외지환경 분류 등을 분석하였다. 이러한 분석결과에 근거하여 각 대상지역별로 제방복구 우선지역과 하천탁도개선 우선지역을 선정하고자 한다.

##### 가. 제방복구 우선지역 선정

대동강 상류에서는 제방유실 정도에 따라 높음 4곳, 중간 6곳, 낮음 3곳으로 확인되었다. 승호구역과 대동강 상류와 맞닿아 있는 노산천 유역에서 제방유실 추정지역이 확인되었으며 제방유실상태가 심각한 지역은 노산천에 집중되어 있다. 즉, 노산천 유역에서 제방유실상태가 ‘높음’으로 추정된 4개 지역은 삼석구역 장수원동 인근에 1곳, 삼석구역 삼산리 인근에 3곳이 분포되어 있다.

합장강에서는 제방유실 정도에 따라 높음 18곳, 중간 11곳, 낮음 10곳으로 확인되었다. 전반적으로 제방상태가 양호하지 못하며 제방유실 추정지는 합장강 상·중류에 밀집되어 있다. 즉, 룡성구역 립원동, 마산동, 명오동, 룡추일동, 룡추이동의 인근 지역에서

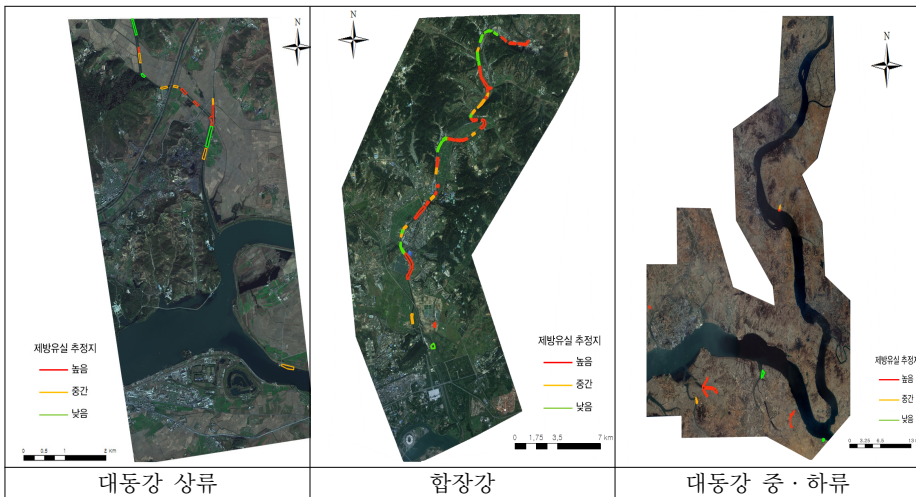
제방유실 정도가 ‘높음’으로 분석된 추정지가 다수 발견되었다.

대동강 중·하류에서는 제방유실 정도에 따라 높음 4곳, 중간 2곳, 낮음 2곳으로 총 8곳에서 제방유실지가 있는 것으로 추정되었다. 제방유실 정도가 높은 지점은 모두 황해남도 은천군에 밀집되어 있다.

〈표 3-1〉 유역별 제방붕괴추정지

대상지역	면적	높음	중간	낮음
		●	●	●
대동강 상류	36km <sup>2</sup>	4	6	3
합장강	109km <sup>2</sup>	18	11	10
대동강 중·하류	610km <sup>2</sup>	4	2	2

아래 〈그림 3-36〉에서 알 수 있듯이 대동강 상류 노산천의 평양시 삼석구역, 합장강, 그리고 대동강 중·하류의 황해남도 은천군의 제방유실 정도가 ‘높음’ 지역에 대한 제방 복구사업이 시급한 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 올해의 연구대상지역 가운데 이들 지역을 제방복구 우선대상지역으로 선정하고자 한다.



〈그림 3-36〉 대동강 상류, 합장강 및 대동강 중·하류의 제방유실 추정지

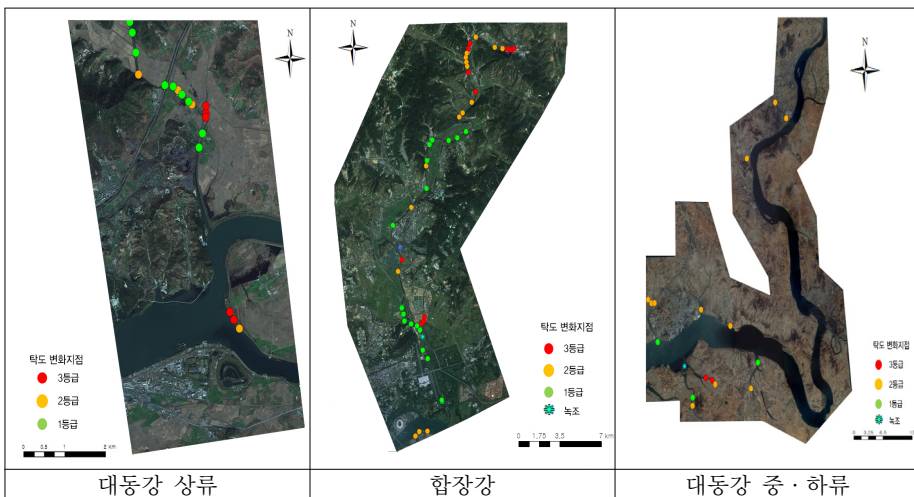
나. 하천탁도개선 우선대상지역 선정

앞에서 육안판독을 통해 탁도변화의 정도가 심한 지역(3등급)을 분석한 바 있다. 분석 결과, 대동강 상류는 노산천 유역의 총 7곳, 합장강은 전 구간에 걸쳐 11곳, 대동강 중·하류는 2곳 등 모두 19곳이 3등급으로 나타났다. 이러한 분석결과를 토대로 이들 19곳을 하천탁도개선 우선대상지역으로 선정하고자 한다.

〈표 3-2〉 하천탁도 변화 추정지

대상지역	면적	3등급	2등급	1등급	녹조
대동강 상류	36km <sup>2</sup>	7	3	3	-
합장강	109km <sup>2</sup>	11	16	17	8
대동강 중·하류	610km <sup>2</sup>	2	10	3	1

그런데 하천 탁도가 3등급으로 판단되는 지역은 공통적으로 농경지 인근의 제방유실 추정지역과 동일한 지역으로 나타나고 있다. 이로부터 제방유실로 인한 농경지 토사유입이 하천탁도에 영향을 미치고 있는 것으로 추정된다.

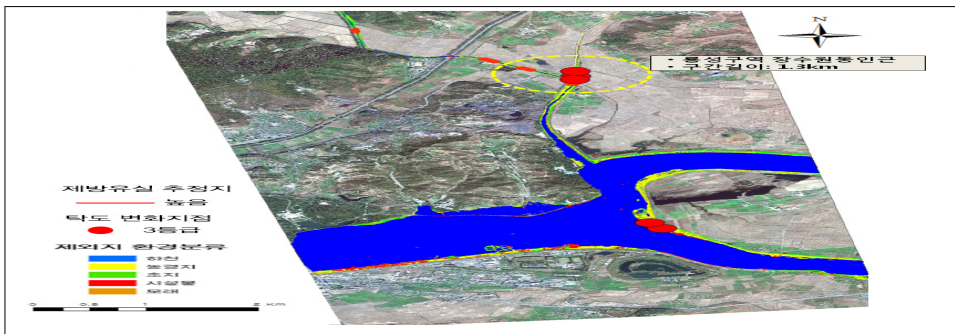


〈그림 3-37〉 대동강 상류, 합장강 및 대동강 중·하류의 하천탁도 변화 지점

#### 다. 하천복원 우선대상지역 선정

앞에서 분석한 제방유실 추정지 등급, 탁도 등급, 제외지에 대한 하천환경 분류결과, 그리고 시가화건조지 및 주거밀집지역과의 거리 등을 고려하여 하천복원이 필요한 우선대상지역을 각각 선정하였다. 단, 탁도의 경우 육안으로 판단한 탁도변화가 반드시 수질 오염으로 의한 것이라 단정할 수 없기 때문에 하천복원 우선대상지선정에 있어 참고사항으로 활용하였다.

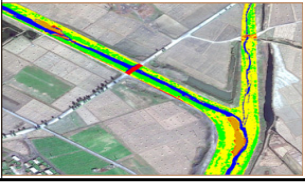
먼저 대동강 상류에서는 제방유실 상태가 심각한 것으로 추정되는 지역과 탁도 3등급의 구간이 공통적으로 나타난 삼석구역 장수원동~삼산리 구간을 하천복원 우선대상지역으로 선정하였다. 또한 이 구간은 제외지환경분류에서 하천유로의 비율이 낮고 농경지 및 모래의 비율이 높은 것으로 나타나 제방복원, 하상정비 등 하천 복원사업이 시급한 지역이라고 할 수 있다. 본래 노산천은 하천의 길이가 짧고 하천경사가 급해 해마다 이 지역에서 홍수피해가 반복되었다. 북한에서도 홍수 방지를 위해 1.8km에 달하는 구간에 새로운 수로를 건설하여 강줄기를 돌리는 하천개수공사를 수행한 바 있다<sup>27)</sup>. 하지만 2012년 위성영상에서도 여전히 제방유실이 확인되었고 주변 농경지로부터 토사유입이 계속되고 있는 것으로 추정된다. 따라서 이 지역은 제방복구 등 하천복원 사업이 필요한 구간으로 판단된다. 복원 구간의 길이는 대략 1.3km로 비교적 짧다.



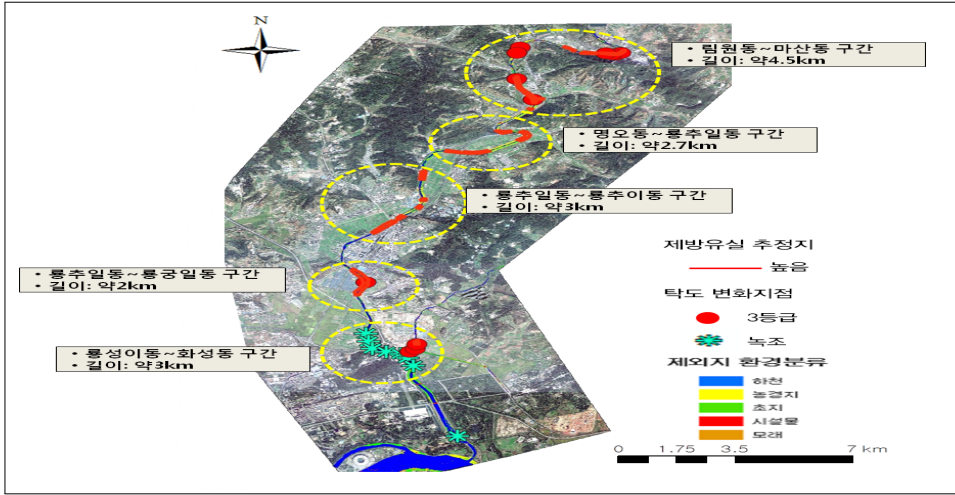
〈그림 3-38〉 대동강 상류 하천복원 우선대상지역

27) 북한지역정보넷 홈페이지. “노산천”. <http://www.cybernk.net/> [2013.5.2]

〈표 3-3〉 대동강 상류 하천복원 우선대상지역(노산천 구간) 현황


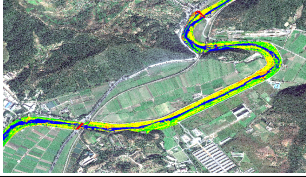
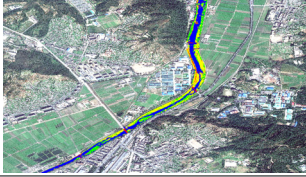
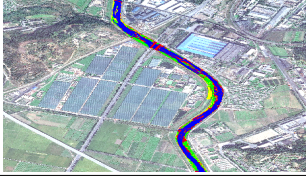
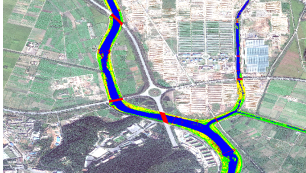
대상지역	구간 길이	제방유실 정도	탁도변화 등급	제외지 퇴적환경	시가지 근접도
룡성구역 장수원동 노산천과 작은 지류 합류지점	1.3km	높음	3등급		○

합장강은 전 유역에서 제방유실 추정지가 발견되었다. 따라서 하천복원 우선대상지역의 범위도 넓게 선정하였다. 합장강 하천복원 대상지역은 총 5개 구간으로 립원동~마산동 약 4.5km구간, 명오동~룡추일동 약 2.7km 구간, 룡추일동~룡추이동 약3km 구간, 룡추일동~룡궁일동 약 2km구간, 룡성이동~화성동 약 3km구간이다.

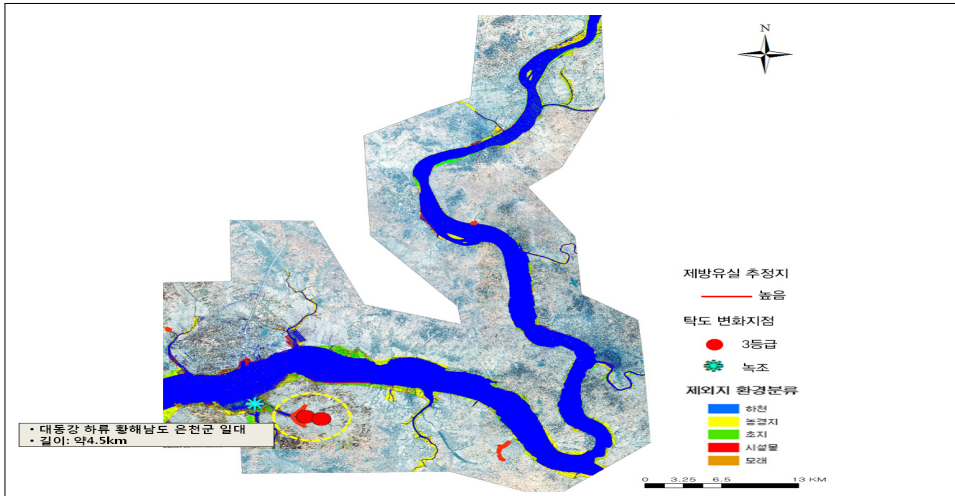


〈그림 3-39〉 합장강 하천복원 우선대상지역

〈표 3-4〉 합장강 하천복원 우선대상지역 현황

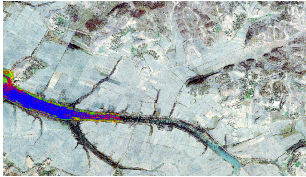
대상지역	구간 길이	제방유실 정도	탁도변화 등급	제외지 퇴적환경	시가지 근접도
림원동~마산동 구간	4.5km	높음	3등급		X
명오동~룡추일동 구간	2.7km	높음	1등급		X
룡추일동~룡추이동 구간	3km	높음	1~2등급		O
룡추일동~룡궁일동	2km	높음	3등급		O
룡성이동~화성동 구간	3km	중간~낮음	3등급, 녹조		O

대동강 중·하류는 황해남도 은천군에 있는 작은 지류의 약 4.5km에 대한 제방복구 등 하천복원이 필요하다. 그런데 농경지로 조성한 하구역을 포함하면 대상지역 범위는 더욱 넓어질 수 있다. 그리고 이 지역의 하천복원은 서해갑문 건설 이후 정체된 물의 흐름으로 크게 악화된 수질개선도 함께 고려해야 한다(최동진, 2013).



〈그림 3-40〉 대동강 중·하류 하천복원 우선대상지역

〈표 3-5〉 대동강 중·하류 하천복원 우선대상지역 현황

대상지역	구간 길이	제방유실 정도	탁도변화 등급	제외지 퇴적환경	시가지 근접도
황해남도 은천군 일대	4,5km	높음	3등급		X

# Ⅰ 제4장 · 대동강 하천복원 및 유역관리

## 남북협력방안 Ⅰ

2010년부터 2013년까지 4년 동안 대동강 본류 및 주요 지류의 하천제방상태, 하천의 탁도, 제외지하천환경 및 주변지역의 토지피복현황 등 하천상태에 대한 분석을 통해 연구대상 하천유역별 하천복원 우선대상지역을 선정한 바 있다. 이러한 1~4차년도 연구를 종합하여 올해에는 대동강 유역 전체를 대상으로 하천복원 우선대상지역을 선정하고, 이와 관련한 남북협력방안을 마련할 필요가 있다. 이에, 본 장에서는 국내외 하천복원의 사례조사를 통해 최근의 하천복원에 관한 국제적인 추세를 분석하고, 북한의 자연환경과 인문사회 여건 및 하천복원의 정책수요를 고려하여 대동강 유역의 하천복원과 유역관리를 위한 남북협력방안을 개발하여 제시하고자 한다.

### 1. 국내외 하천복원 동향 및 사례 조사

#### 가. 국내 하천복원사업 추진 현황<sup>28)</sup>

우리나라 하천환경개선사업은 1990년대 말부터 본격화되었다. 이 시기 하천환경개선 사업은 홍수를 막기 위한 하천정비와 친수공간 조성 등에 역점을 두고 진행되어 하천 하도의 직강화, 고수부지 위락공간화, 제방의 콘크리트 타설 등 경제성과 편리성을 추구하였다. 하지만 이와 같은 하천정비가 오히려 생물서식환경을 파괴하고 수질오염에 부정적 영향을 초래하자 2000년대에 들어서면서 자연형 하천복원사업으로 하천정비의 방향을 전환하였다. 자연형 하천이란 “하천이 지닌 본래의 자연성을 최대한 살릴 수 있도록 조성된 하천”을 가리키는 것으로<sup>29)</sup> 이·치수, 수질오염방지뿐만 아니라 하천의 생태적 회복 및 인간과 자연이 어우러지는 자연스러운 하천을 만들어 나가는 것이 자연형 하천정

28) 이 부분은 본 연구의 외부참여자인 국토환경연구소의 최동진 소장이 집필하였다. 최동진(2013) 참조.

29) 환경부 수질보전국(2003), p.2 참조.

비사업의 목적이다.

우리나라 하천복원사업은 정부부처별로 그 추진방향이 대동소이하다. 먼저 환경부는 오염하천정화사업으로 출발하였다. 1997년부터 수질개선을 목적으로 하상정비 및 퇴적오니 준설 위주의 오염하천 정화사업을 추진해오던 환경부는 1990년대 후반~2000년대에 하천자정능력 회복 및 생태계 복원에 중점을 둔 자연형 하천정화사업으로 전환하였다.<sup>30)</sup> 2005년 <물관리기본계획>에 ‘자연형 하천 복원을 위한 수생태 건강성 회복’ 등의 추진정책이 포함되었으며, 2015년까지 인공적으로 훼손된 전국 하천의 25%를 자연형 하천으로 복원한다는 계획을 가지고 있다. 이와 함께 하천구역 내의 특정구간만을 고려하는 하천복원에서 유역개념의 통합적 하천관리 방향으로 추진되고 있다. 유역단위 전체에 대한 조사와 그에 기초한 계획을 수립하는 통합개념의 하천복원으로 확대하고 있는 추세이다. 이 밖에 하천 상류에서 하류까지, 본류로 유입되는 지천 및 그 지천으로 유입되는 실개천까지 통합적인 연계성을 고려하고, 하천구역 내뿐만 아니라 하천주변을 생태공간으로 확대하여 수변완충녹지, 생태공원, 생태습지 등을 조성하고 있다.

국토교통부(당시 건설교통부)는 1996년 자연친화적 하천관리지침을 마련하고 하천설계기준을 개정하였으며 자연친화적 공법 적용의 의무화를 주요 내용으로 하는 하천법을 개정(2004)하면서 ‘자연친화적 하천정비사업’을 추진하고 있다. 자연친화적 하천정비사업은 콘크리트 호안을 잔디, 토석, 나무 등 자연형 재료로 교체하고 여울, 소, 습지 등을 조성하여 생태계 및 수질을 개선하며 동시에 녹지와 산책로 등 여가공간을 조성함으로써 인간과 자연이 조화를 이루는 하천을 조성하는 것을 주요 내용으로 한다.<sup>31)</sup> 이후 2004년부터는 ‘치수사업 개선방안’ 마련과 함께 생태 습지형 홍수저류지 등 친환경적인 치수방식이 도입되었다.

하천정비사업의 활성화와 함께 관련 연구도 활발히 진행되고 있다. 대표적으로 자연과 함께하는 하천복원 기술을 개발하는 연구단 ‘이코리버21’, 환경부 생태하천 만들기 이행과제 하나로 출범한 ‘수생태복원사업단’, 자연과 인간이 공존하는 생태하천 조성기술

30) 강형식(2012), p.87 참조.

31) 국토교통부(2013), pp.234-235 참조

개발사업과 건전한 도시 물순환인프라 저영향개발(LID) 및 구축·운영 기술을 연구하는 한국건설기술평가원 등이 관련 연구사업을 추진 중에 있다.

#### 나. 국내 하천복원 사례<sup>32)</sup>

국내 하천복원의 대표적인 사례는 우리나라의 대표 하천 한강과 수질오염개선의 성과가 뚜렷한 태화강, 우리나라 첫 번째 자연형 하천복원사업인 양재천 복원사업과 안양천 살리기 사업 등이 대표적이다. 한강은 우리나라 하천정비사업 초기의 사업형태로 하천정비의 목적보다는 종합적인 도시개발사업으로 추진되었다. 태화강은 수질오염개선에 역점을 둔 복원사례이며 양재천과 안양천은 자연형하천정비사업의 대표적인 사례이다.

##### 1) 하천정비사업 초기 사례-한강

한강의 개발사업은 서울의 도심을 통과하는 대하천이라는 특성으로 인해 특정한 하천 관리 사업이 아니라 종합적인 도시개발사업과 연계하여 추진되었고, 두 차례의 큰 개발사업이 시행되었다. 첫 번째 개발사업(1968~1970)은 택지개발과 홍수방지에 역점을 두고 추진되었다. 하지만 급속한 산업화로 인한 수질오염이 악화되고 1차 개발사업에서 한강의 접근성 및 친수성이 제한됨에 따라 수질오염대책과 시민공원 조성 등에 주안을 둔 2차 개발사업(1982~1986)이 추진되었다.<sup>33)</sup>

32) 한강과 태화강 사례는 본 연구의 외부참여자인 국토환경연구소 최동진 소장이 집필하였다. 최동진(2013) 참조.

33) 서울특별시사편찬위원회(2001), pp.334-364 참조.

〈표 4-1〉 한강종합개발사업 개요

구분	내용
사업목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>1차1968-1970: 제방구축을 통한 택지개발</li> <li>2차1982-1986: 하도정비계획+시민공원계획+강변도로확장 등 종합적 하천개발</li> <li>치수, 물이용, 친수공간확보, 생태공원조성</li> </ul>
하천관리방향	<ul style="list-style-type: none"> <li>한강르네상스 -&gt; 한강 재자연화</li> </ul>
하천 연장 및 면적	<ul style="list-style-type: none"> <li>연장: 514km</li> <li>면적: 26,266 km<sup>2</sup> (북한포함 34,473 km<sup>2</sup>)</li> </ul>
유역특성	<ul style="list-style-type: none"> <li>하천 평균경사 0.031</li> <li>평균유출량 670 m<sup>3</sup>/s</li> <li>전체인구의 40%이상 거주</li> <li>2,300만 인구에 물공급</li> <li>연간 유출량 160억m<sup>3</sup> (국가 전체 유출량의 22%)</li> <li>연간 강수량: 1,296mm</li> <li>최근 연도별 강수량 편차 심해짐(양평 2011년 2,218mm, 2012년 1,222mm)</li> <li>수질: BOD 1.4mg/L(2013년 팔당댐)</li> </ul>
사업추진방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>1차: 택지조성, 여의도~마포~영등포 구간 교량가설</li> <li>2차: 수질오염 관리 대책으로 분류하수관로사업, 하수처리장 설치사업, 저수로 정비 및 시민공원 조성사업</li> </ul>

자료: 최동진(2013)

## 2) 태화강 복원사업

태화강은 울산 도심지를 관통하는 하천으로, 1960년대 이후 현대중공업과 현대자동차 등 대기업과 중화학공업단지가 들어서면서 급격한 산업화가 진행되었다. 이 과정에서 공장과 가정에서 배출되는 오폐수가 여과과정을 거치지 않고 그대로 태화강으로 흘러들면서 죽음의 강으로 불릴 만큼 수질이 심각하게 오염되었다. 이에, 2000년 1월 태화강의 수질개선과 친수공간 확보를 위한 태화강 오염하천정화사업이 시작되었다. 울산시는 태화강으로 유입되는 생활오폐수를 근원적으로 차단하기 위해 2005년까지 약 4만 7천여 개의 가정오수관을 설치해 언양 방어진하수처리장으로 연결하였고, 769개의 상류지역 축산폐수 저장시설을 설치하였다. 강바닥에 쌓여있는 오폐물 제거를 위한 준설사업과 하도 정비공사를 추진하여 시멘트제방을 제거하고 준설과정에서 나온 골재를 활용한 섬유돌 망태와 수생식물매트를 설치해 친환경적인 수변공간을 조성하였다. 이와 함께 친수공간

확보를 위해 태화강변 89,319m<sup>2</sup>에 달하는 규모의 십리대숲을 복원하고 이 주변 전체를 생태공원으로 조성하였다. 이와 같은 노력으로 수질개선은 물론 조류서식처, 어류 서식처 등이 조성되어 1급수에서만 서식하는 연어와 은어 등 각종 어류가 늘어나고 조류도 급증하여 생명의 강으로 되살아났다.

〈표 4-2〉 태화강 하천정화사업 개요

구분	내용
사업목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 오염하천정화</li> </ul>
하천연장 및 면적	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연장: 47.54km</li> <li>• 면적: 643.96km<sup>2</sup></li> </ul>
유역특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도심하천</li> <li>• 울산광역시 울주군 백운산 탐골샘에서 발원, 울산도심지를 관통하여 동해로 유입</li> <li>• 공장과 가정에서 배출되는 오폐수가 여과장치없이 유입되면서 수질오염 심각, 폐수로 전락</li> </ul>
사업추진방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 하도정비공사: 시멘트제방 제거 및 섬유풀망태와 수생식물매트를 설치하여 환경친화적인 수변조성</li> <li>• 하수처리장시설과 상류지역 축산폐수저장시설 등 설치</li> <li>• 224km의 하수관로 매설 및 정비사업 추진</li> <li>• 친수공간확보               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 태화강변 89,319m<sup>2</sup> 규모의 십리대숲 복원, 생태공원 조성</li> <li>- 삼호지구에 철새서식지 보전 및 생태학습장 조성</li> </ul> </li> </ul>

자료: 최동진(2013)

### 3) 양재천 자연형 하천정비사업

양재천의 자연형 하천정비사업은 하천직강화 개발로 파괴된 하천생태계를 재생시키고, 수질정화기능 제고 및 치수기능을 유지하며 자연과 인공이 조화되는 도시경관 연출을 목적으로 추진되었다. 1995년 학여울 구간을 대상으로 사업이 시작되었으며, 2005년 탄천 구간을 끝으로 마무리되었다. 양재천에 적용된 대표적인 자연형 하천정비공법은 저수호안공법, 고수부지 및 제방녹화공법, 천변습지 조성공법 등이다. 저수호안공사와 함께 하상의 경사와 흐름을 고려한 자갈여울과 소가 반복적으로 설치되었는데, 여울과 소는 다양한 물의 흐름과 하상재료를 제공함으로써 수서생물의 생존에 유익한 공간을 제공한다. 천변습지는 생물서식처 복원을 위해 양재천과 탄천 합류부에 조성되었는데,

하천 습지 생태계를 복원함으로써 생태공원 및 생태학습장으로서의 역할을 하고 있다(최정권, 2006, pp.22-32).

〈표 4-3〉 양재천 자연형 하천정비사업 개요

구분	내용
사업목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자연형 하천 정비</li> <li>• 하천생태계의 재생</li> <li>• 수질정화기능 제고 및 치수기능 유지</li> <li>• 자연과 인공이 조화되는 도시경관 연출</li> </ul>
구간 및 면적	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연장: 15.6km(강남구간 3.8km)</li> <li>• 면적: 57.95km<sup>2</sup></li> </ul>
유역특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도심하천(강남구 인구: 522,198명, 서울시 인구의 5.4% 거주)</li> <li>• 하천의 직강화, 콘크리트, 복개 등의 하천정비로 하천생태 파괴</li> </ul>
사업추진방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 저수보호안공사</li> <li>• 여울과 소의 조성: 양재천 직강구간을 대상으로 저수보호안공사와 동시에 진행. 본래 하상의 경사와 흐름을 고려한 자갈여울과 소를 반복적으로 조성</li> <li>• 친변습지조성: 생물서식처 복원을 위해 양재천과 탄천 합류부에 친변습지 조성</li> </ul> <p>* 친변습지: 수문과 토지, 동식물을 포함하는 복합생태계로, 물의 흐름과 고임이라는 현상을 통해 다양한 생물이 서식할 수 있는 물을 담고 있는 땅으로 생산과 소비의 균형을 갖춘 하나의 생태계. 물의 흐름을 조절하고 물을 저장하며 오염물질을 정화하고 수생 및 육상 동식물에 서식처를 제공.</p>
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내 첫 친환경 하천정비사업</li> </ul>

주: 강남구 거주인구수는 2010년 기준

자료: 국가통계포털 홈페이지(www.kosis.kr); 최정권(2006), p.21.



〈사진 1〉 양재천 강남구간



〈사진 2〉 친수공간

자료: KEITI(2012), p.71.

〈그림 4-1〉 양재천 하천복원사업

#### 4) 안양천 살리기 사업

안양천은 1960년대 이후 급속한 산업화와 도시화로 인해 생활과 산업부문으로부터의 오폐수가 다량 유입되면서 수질이 오염되었다. 또한 그 시기 관행적으로 추진되던 하천 직강화 등의 관리방식은 생태계 파괴와 수질오염을 더욱 악화시켰다. 1999년 이후 하천의 중요성이 부각되면서 안양천 살리기 사업의 필요성이 제기되었고, ‘버들치가 돌아오는 건강한 안양천’, ‘홍수·가뭄 걱정 없는 안전한 안양천’, ‘시민이 가까이 찾는 즐거운 안양천’을 과제로 한 정비 사업이 개시되었다. 안양천은 왕곡천, 오전천, 학의천 등 8개 수계로 이루어진 하천으로, 안양천 살리기 사업은 수계별로 사업내용을 다르게 하고 있다. 그 중에서도 수암천은 하천 구간별로 생태계보전지구, 자연경관지구, 근린친수지구, 도심친수지구 등 4개 유형으로 구분하여 재생계획을 수립하고 있다(이성옥, 2010, pp.30-35).

〈표 4-4〉 안양천 살리기 사업개요

구분	내용
사업목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>안양천의 수질개선, 하천유지보수, 하천생태계 확보, 치수 안정화, 공간정비 등 자연형 하천 조성</li> </ul>
구간 및 면적	<ul style="list-style-type: none"> <li>유로연장: 32.50km, 면적: 286km<sup>2</sup></li> <li>한강 좌완으로 유입하는 제1지류.</li> <li>한반도 중서부에 위치(1개 특별시, 7개 시 11개 구를 포함)</li> <li>사업대상하천: 안양천, 왕곡천, 오전천, 학의천, 청계천</li> </ul>
유역특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>지방2급 하천</li> <li>1960년대 안양천을 중심으로 산업화와 도시화가 진행되면서 수질이 오염되었고 1980년대에는 생태계 교란과 수질오염상태가 심각해짐</li> </ul>
사업추진방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>학의천(지방2급 하천): 시범구간에 대해 저수로 선형에 따라 6개 저수지에 호안공법 적용, 여울, 하중도 조성을 통해 하상 미지형발달 유도, 좌안고수부지에 천변습지 조성</li> <li>수암천: 삼덕제지공장 부지 공원화, 국내 최초 환경사 제방으로 홍수범람 안정화, 자전거 도로를 겸한 산책로 조성, 여울과 소를 복원하여 생태계 다양성 확보(생태계보전지구, 자연경관지구, 근린친수지구, 도심친수지구 등 4개 유형으로 구분하여 재생계획 수립)</li> <li>삼성천: 삼성천 정비 및 예술공원과 조화를 이루게 함, 자전거 길을 겸한 산책로 정비, 다단계 여울을 만들어 생태계복원, 오수와 우수 배출관 정비 및 재이용수 관로 매설</li> </ul>
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>수질개선, 수량확보, 생태계 복원에 성과 나타남</li> </ul>

자료: 이성옥(2010).

### 5) 광지천 생태하천 복원사업

광지천은 전라북도 남원시를 관류하는 요천의 제1지류로, 계곡을 따라 남쪽으로 유하하면서 농경지를 관류한 후 본류인 요천으로 유입되는 하천이다. 주변 대부분 지역이 경작지로 이용되고 있으며, 토지 이용구성비를 보면 농경지 26.6%, 임야 55.7%로 대표적인 농촌하천이다(박병수, 2010, pp.1-2).

광지천 생태하천 복원사업은 1987년 오염하천정화사업으로 시작된 후 2004년 자연형 하천정화사업으로 사업명이 변경되었다. 주변 농경지로부터의 오염물질 유입으로 수질 오염과 생태계 교란이 심한 편으로, 사업은 하도정비와 호안의 자연석 쌓기, 어도설치, 수생식물 등을 이용한 조경사업이 추진되어 수질정화와 친수공간 조성에 중점을 두고 있다(박병수, 2010, pp.1-8).

〈표 4-5〉 광지천 생태하천 복원사업 개요

구분	내용
사업목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>하천생태계의 건강성 회복</li> </ul>
구간 및 면적	<ul style="list-style-type: none"> <li>연장 11.00km</li> <li>면적 21.44km<sup>2</sup></li> </ul>
유역특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>전라북도 남원시를 관류하는 요천의 제1지류</li> <li>계곡을 따라 남쪽으로 유하하면서 농경지를 관류, 본류의 요천으로 유입. 대부분 지역은 경작지로 이용, 생태계 교란이 심한 편</li> <li>주거 인구수: 18,383인(인구밀도 858인/km<sup>2</sup>)</li> </ul>
사업추진방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>하도정비계획: 자연석, 식생복원매트, 저수호안 여울형 수질정화시설 설치 및 수질정화 초화류 등을 식재하여 시민들에 휴식 공간 제공, 수질개선</li> <li>호안의 자연석 쌓기: 인근 주거지 및 상류지역에서 유입되는 생활하수 등으로 하천수의 오염이 우려되는 구간에 대해 저수호안 조성</li> <li>저수호안 식생복원매트 공법</li> <li>어도설치: 여울형 수질정화시설설치, 어류이동에 용이하고 수질개선과 갈수기에 답수효과 기능을 갖는 여울형 어도 설치</li> <li>징검다리: 농경지 이용 등 하천 내 수변휴식공간 또는 친수공간으로 인해 이용자의 집중이 예상되는 8개 지역에 설치, 징검다리 돌에 구멍을 뚫어 미생물을 접촉해 수질정화 기능 접목</li> <li>수생식물 등 조경계획: 야생초본류 식재를 이용한 야생초지 조성, 경관 개선</li> </ul>
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>1987년 오염하천정화사업에서 2004년 자연형하천정화사업으로 사업명 변경</li> </ul>

자료: 박병수(2010).

## 6) 달전천 생태하천 복원사업

달전천은 경기도 가평군 가평읍 두밀리에서 발원하여 북한강 본류에 유입되는 하천이다. 하천의 우안으로 농경지가 분포되어 있어 광지천과 함께 농촌 하천 복원사업 사례로 볼 수 있다. 달전천의 생태하천복원사업은 아직 계획단계에 있으나, 농촌하천을 대상으로 계획된 생태하천복원사업의 내용을 살펴보기 위해 사례의 하나로 포함하였다. 달전천은 하천 구간별로 사업 내용을 다르게 하고 있다. 하천은 구간별로 도시하천, 전원하천, 자연하천으로 유형화되었으며,<sup>34)</sup> 유형에 따라 친수공간 조성, 생태하천복원, 홍수위 조절, 생태습지 및 저류지<sup>35)</sup> 조성 등의 내용을 담고 있다(김성환, 2013, pp.27-28).

〈표 4-6〉 달전천 생태하천 복원사업 개요

구분	내용
사업목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생태적으로 건전한 하천환경 조성</li> <li>• 치수, 이수, 환경, 역사, 문화 등 종합적인 측면이 조화롭게 어우러질 수 있도록 사업주제, 목표, 방향을 설정하여 세부 구간별 사업 추진(스토리텔링)</li> </ul>
구간 및 면적	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사업구간연장: 11.2km</li> </ul>
유역특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가평읍 두밀리 삼일부락에서 발원하여 두밀천과 합류하여 동류하다 북한강 본류에 유입</li> <li>• 북한강에 유입되는 하구는 비교적 경사가 완만하고 우안으로 농경지가 자리잡고 있으며 북한강 합류지역에는 자라섬 위치</li> </ul>
사업추진방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A지구(도시하천, 자연문화구간): 국토종주 자전거 도로 및 자라섬캠핑장과 연계한 친수공간 조성</li> <li>• B지구(전원하천, 생태복원구간): 생태하천 개선 및 종횡적 단절 구간 개선으로 하천복원, 기본설계 홍수위 여유고 부족 구간은 완경사지 조성으로 여유고 확보</li> <li>• C지구(전원하천, 자연문화구간): 하상침식 구간 완경사지 조성 및 친수공간활용</li> <li>• D지구(전원하천, 생태복원구간): 생태하천 개선 및 종횡적 단절구간 개선으로 하천복원, 폐천부지는 제방 완경사지 조성 및 생태습지, 저류지로 활용</li> <li>• E지구(자연하천, 생태보전구간): 만곡부 형태 자연하천으로 자연상태 및 생태계 유지(개발지양), 폐천부지는 제방 완경사지 조성</li> </ul>

34) 도시하천구간: 지역주민생활이 중심이 되는 도시주변

전원하천구간: 유역을 대상으로 전답을 이용한 지역주민의 활동영역이 전개되는 구역

자연하천구간: 급류계곡 및 산지 등 자연상태가 그대로 유지되는 구역

35) 저류지: 거대한 지하 빗물 저장소, 홍수피해 저감시설로 사용됨. 저류지는 집중호우 시 하천의 수위가 기준 이상으로 올라가면 그 이상의 물은 설치된 수로를 따라 저류지로 가게 됨. 저류지에서 저장된 물은 흠바닥을 통해 조금씩 지하수로 스며들게 되고, 지하수에 물 공급 가능.

〈표 4-6〉 달전천 생태하천 복원사업 개요 (계속)

구분	내용
사업추진방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>• F지구(전원하천, 생태복원구간): D지구와 내용 동일</li> <li>• G지구(자연하천, 생태보전구간): 자연하천으로 자연상태 및 생태계유지, 상류부 지류 점오염원으로 인한 하천오염 개선, 양안 로드킬 방지 및 하천으로 생태이동 통로 확보</li> </ul>
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 계획단계에 있는 미시행 사업</li> </ul>

자료: 김성환(2013).

#### 다. 국외 하천복원사업 추진 현황<sup>36)</sup>

우리나라 하천복원의 선진적 모범사례로 활용되고 있는 유럽 지역에서는 이미 1970년대부터 이른바 ‘근자연형 하천공법(Naturenaher Wasserbau)’이라 하여 기존의 콘크리트, 금속 등 전통적인 토목재료 대신 갯버들이나 풀과 같은 살아있는 생물자료, 거석, 통나무 등의 자연재료를 이용하여 자연 하천의 형태에 가깝게 만드는 자연친화형 하천복원 또는 회복사업이 시작되었다.<sup>37)</sup> 그중에서도 독일어권 국가들에서 자연친화적 하천사업이 가장 먼저 구체화되었다. 독일은 1970년대부터 경제성장에서 비롯된 환경파괴의 심각성이 두드러지면서 환경보존에 대한 인식이 높아졌다. 이를 기점으로 기존의 토목적 하천정비가 가져온 악영향을 인식하기 시작하였으며 하천생태를 위한 효과적인 방법 모색의 필요성이 제기되었다. 이와 함께 인간의 휴식요구도 증대하여 자연형 하천조성에 대한 여러 평가방법들이 개발되기 시작하였다. 이후 1995~2000년대에 하천 스스로의 역동성을 유도하기 위한 구체적인 설계기법들이 소개되었고 하천생물, 특히 어류를 고려한 하천의 연속성 회복이 주요 과제로 등장하였다. 2000년에 수립된 「EU 물관리기본지침」을 보면, 강, 호수, 지하수, 바닷물 그리고 그 주변의 토지뿐만 아니라 그 안에 사는 동식물의 세계, 하천고유의 자연스러운 형태와 물길과 수질까지도 인간이 모두 지켜야 하는 존재로 규정하고 있어 유럽에서 추진하고 있는 자연형 하천복원사업의 성격을 알 수 있다. 이 지침의 목표는 유럽에 있는 모든 강, 호수, 바다를 자연에 최대한 근접하고

36) 이 부분은 본 연구의 외부참여자인 수생태복원사업단의 김철구 연구관리팀장이 집필하였다. 김철구 (2013) 참조.

37) Schiechl, H. M. and Stern, R(1997) 참조.

생태적으로 건강한 상태로 되돌리는 것이다.

아시아 국가들 중 가장 먼저 하천살리기를 시작한 일본의 경우, 1990년대 초반부터 하천 생태계를 고려한 복원사업이 추진되었다. 기존의 치수와 이수만을 목적으로 했던 일본의 하천법이 1997년 환경을 동시에 고려하도록 개정되면서 사람과 환경이 공존하는 ‘다자연형 하천만들기’ 사업이 본격 추진되었다.

## 라. 국외 하천복원 사례<sup>38)</sup>

### 1) 독일 이자 강<sup>39)</sup>

오스트리아 티롤(Tirol)의 해발 1,160m에서 발원하여 독일의 도시 바드톨쯔(Bad Toelz), 뮌헨(Muenchen), 후라이징(Freising), 모오스브룩(Moorsburg) 등의 지역을 거쳐 도나우 강으로 유입되는 이자(Isar) 강은 자갈과 돌이 많은 하천이다. 유역 연장은 295km, 유역면적은 8,370km<sup>2</sup>이다.

이자 강은 1900~1950년대 수력발전과 홍수방어를 위해 댐과 보 건설 등 토목적인 하천정비가 추진되었는데, 이는 결과적으로 이자 강 수질오염의 요인이 되었다.<sup>40)</sup> 이에 따라 이자 강의 수질오염 개선과 홍수기 안전방안이 요구되기 시작하였고 1960년대에 들어 생물의 피해를 최소화하는 뮌헨 시 5단계 이자 강 계획이 수립되었다. 이자 강 복원의 가장 중요한 목적은 이자 강의 생태성 회복 및 도시홍수 방어였으며, 그 다음으로 시민을 위한 친수공간 마련이었다. 이자 강 복원사업은 ‘이자 강을 위한 새 생명’이라는 주제아래 추진되었으며, 이는 모든 하천에 적용 가능한 획일적인 복원사업이 아닌 이자 강만을 위한 복원사업계획이 수립되었다는 데 의의가 있다. 이자 강 복원사업은 홍수방어능력 제고를 위한 제방의 여유고를 확보하고 하천구역의 특성에 따라 하안을 구축하는 방식으로 추진되었으며, 하안은 구역에 따라 기존의 저수로공법을 유지하거나 50cm의

38) 이 부분은 본 연구의 외부참여자인 수생태복원사업단 김철구 연구관리팀장이 집필하였다. 김철구(2013) 참조.

39) 이자 강 사례는 김혜주(2010)를 참조하여 앞의 김철구가 집필하였다.

40) 1900년과 1930년 사이에 뮌헨 시 구간에 이자-운하발전기라는 3개의 수력발전소(총 28개소가 건설되었다(김혜주, 2010, pp.93-96).

자갈 덮기 실시 또는 기존의 하안선 뒤 20~30m 뒤에 공법을 적용하여 하안발달 유도 등을 실시하였다. 또한 하상침식방지를 위해 설치되었던 하상보를 철거하여 물고기 및 유사 이동을 가능하게 하면서 하천의 연속성을 회복하고자하였다. 마지막으로 제방보수와 수질개선을 위한 하수처리시설 정비 등이 사업내용에 포함되었다.

〈표 4-7〉 이자 강 하천복원 사업개요

구분	내용
사업목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>인위적 이용성에 의해 훼손된 이자 강의 생태성 회복 및 도시홍수 방어</li> <li>도시민을 위한 친수성 도모</li> </ul>
구간 및 면적	<ul style="list-style-type: none"> <li>유로연장 295km(독일구간: 263km), 면적 8,370km<sup>2</sup></li> </ul>
유역특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>수력발전의 이용성과 홍수방어를 위한 토목적인 하천정비로 인하여 수질, 수온 수심 변화</li> <li>수력발전소 운행을 위한 수심확보를 위해 인공수로 개설. 이로 인해 수량부족 사태 빈번히 발생, 물부족에 따른 생태성 훼손</li> </ul>
사업추진방식	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>홍수방어능력 향상 : 제방의 여유고 확보(1m)</b></li> <li>하천구역에 따른 하안 구축 (구역별 상이한 공법 적용)</li> <li>하상보를 철거하여 하천 연속성 회복</li> <li>치수안정성을 위한 제방보수</li> <li>수질개선: 낙후된 하수처리시설 정비</li> </ul>

자료: 김철구(2013)

## 2) 일본 이타치 천 복원사업

일본의 요코하마 시에 위치하고 있는 이타치 천은 총 6.17km의 2급 하천이다. 도시하천으로서 직강화된 수로와 평평한 하상의 이타치 천에 대한 복원사업은 1982년 시작되었다. 복원사업 초창기에는 홍수방어대책으로 주로 설계되었으나 2000년대에 들어 생태식처 복원이라는 종합적 사업으로 전환하였다. 구체적으로 시행된 사업 내용은 거석과 식생, 소와 여울의 조화로운 배치, 인근 하수처리장의 고도처리수를 이용하여 유지용수 공급, 하천의 높낮이를 이용한 어로 정비, 사람의 이동수단과 유속 조절의 목적으로 거석 징검다리 설치, 하천바닥을 굽은 흙으로 친환경적 둔덕 조성 등이다. 이와 함께 콘크리트 호안 대신 나무제방과 갈대숲 조성으로 생태계 복원에 중점을 두었다. 이러한 복원사업을 통해 이타치 천의 어류가 사업 이전에 비해 크게 증가하였으며 수질도 향상된 것으로 보고되고 있다.

〈표 4-8〉 이타치 천 복원사업개요

구분	내용
사업목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>초기에는 하천의 홍수방어대책으로 추진되다 2000년대 생태학적 완성도 향상(자연친화적 하천정비)이 주요 목적이 됨</li> </ul>
구간 및 면적	<ul style="list-style-type: none"> <li>6.17km(2급 하천)</li> </ul>
유역특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시하천</li> <li>직강화된 수로와 하상을 가진 하천으로 여가활동을 위한 가치는 없었음</li> </ul>
사업추진방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>거석과 식생, 소와 여울 조화롭게 배치</li> <li>인근 하수처리장의 고도처리수를 이용하여 유지용수 공급</li> <li>하천의 높낮이를 이용한 물의 낙차를 통해 물고기가 역류할 수 있는 어로 정비</li> <li>거석 징검다리로 사람들의 이동 및 물의 유속 조정</li> <li>하천바닥을 20~30cm 정도 긁어낸 흙으로 양측 둔덕을 쌓아 친환경적 조성</li> <li>콘크리트 호안 대신 나무제방과 갈대숲 조성 등</li> </ul>
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>복원사업을 통해 이타치 천의 어류가 사업 이전에 비해 증가했고 수질도 향상한 것으로 보고됨</li> </ul>

자료: 김철구(2013)

### 3) 일본 쇼진 천 복원사업

쇼진 천은 일본 삿포로 시 이시모리 천의 수계로, 유역연장 14.2km, 유역면적 15.5km<sup>2</sup>의 1급 하천이다. 쇼진 천은 급속한 도시화로 인해 삼면이 콘크리트로 둘러싸인 배수로로 조성되었다. 1992년부터 쇼진 천 자연형 하천 만들기를 위한 복원계획이 수립되었으며, 약 3년간 3.5km의 구간을 복원하였다.

〈표 4-9〉 쇼진 천 하천복원사업개요

구분	내용
사업목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>다자연형 하천 만들기 복원사업</li> </ul>
구간 및 면적	<ul style="list-style-type: none"> <li>북해도 삿포로 시 이시모리 천 수계</li> <li>유역면적 15.5km<sup>2</sup>, 유로연장 14.2km</li> </ul>
유역특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>양쪽 호안이 콘크리트 블록으로 둘러싸인 형태에서 시민들의 요구에 따라 자연형하천으로 복원</li> </ul>
사업추진방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>여울과 소 조성</li> <li>펜스와 콘크리트옹벽 철거하고 완경사로 복원함으로써 사람의 접근을 용이하게 함</li> </ul>

자료: 김철구(2013)

4) 미국 키시미 강 복원사업<sup>41)</sup>

미국 플로리다 주 중남부 저습지를 지나 오키초비 호로 유입되는 키시미 강은 유로연장 216km, 면적 7,800km<sup>2</sup>의 강으로 우리나라 임진강과 비슷하다. 키시미 강은 수심이 얇고 경사가 완만하여 매년 강이 범람하였다. 이에 플로리다 주는 1950~1970년간 홍수를 막기 위한 치수사업, 이른바 ‘중앙 및 남부 플로리다 홍수조절사업’을 추진하여 플로리다 지역에 2,300km의 수로와 제방을 건설하였다. 하지만 홍수예방의 성과는 거둔 반면, 인공수로건설로 79.51km<sup>2</sup>의 습지가 사라지고 습지에 서식하던 동물 개체군이 급격히 감소하는 등 생태계 파괴를 야기했다. 또한 습지가 사라진 자리에 목장과 농장이 들어서면서 오키초비 호로 축산폐수 등이 유입되어 수질오염을 심화시켰다. 이에 1971년 치수사업이 완료되자마자 주 법인 키시미 강 복원법(1974)이 제정되었고 2000년에는 연방정부 수자원개발법에 키시미 강의 복원사업이 법제화되면서 키시미 강 복원사업이 시작되었다. 키시미 강 복원사업의 내용에는 갑문철폐와 홍수터 저습지 복원 등이 포함되었다.

〈표 4-10〉 키시미 강 하천복원사업개요

구분	내용
사업목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>에버글레이즈 종합복원계획</li> <li>홍수조절을 위해 추진된 치수사업을 통해 하천직강화를 위한 수로를 건설하였고, 이로 인해 생태계가 파괴됨. 이를 다시 복원하기 위한 습지종합복원사업이 추진됨</li> <li>과거의 물순환 상황 재현 및 강과 홍수터의 연속성 부활</li> </ul>
구간 및 면적	<ul style="list-style-type: none"> <li>미국 플로리다 주 중남부 광활한 저습지를 북에서 남으로 흘러 오키초비호로 들어가는 강</li> <li>유로연장: 216km, 유역면적: 7,800km<sup>2</sup></li> </ul>
유역특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>수심이 얇고 경사가 완만하여 매년 강이 범람함. 다양한 습지가 존재하여 풍부한 생태계를 이룸</li> </ul>
사업추진방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>갑문을 철폐하고 12km의 수로를 다시 흙으로 메워 24km의 새로운 강과 44km<sup>2</sup>의 저습지 복원</li> <li>상류유역-키시미 수원 재생사업, 하류유역-키시미 강 복원사업</li> <li>복원사업의 내용                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 인공적으로 직강화한 수로의 1/3을 메워 옛 물길 되살리기</li> <li>- 제방을 철폐하고 수량조절시설 개선, <b>홍수방어 및 기간시설물 개선</b></li> </ul> </li> </ul>
기타(효과)	<ul style="list-style-type: none"> <li>복원된 구간에서 서식하는 철새, 무척추동물, 물고기 군집 증가</li> </ul>

자료: 김철구(2013)

41) 키시미 강 사례는 우효섭(2010)을 참조하여 앞의 김철구가 집필하였다.

## 2. 국내외 사례의 대동강 하천복원 및 유역관리 적용의 시사점

대동강은 한반도 제5대 강으로 유역의 연장과 면적, 그리고 도시를 관통한다는 점에서 남한의 한강과 유사하며(추장민 외, 2010b, p.1), 대동강의 하천정비 과정도 전형적인 토목공사로 출발한 한강의 모습과 닮아 있다. 북한은 1961년 수립된 ‘대동강종합개발계획’에 따라 관개 및 농업용수 확보와 내륙수로 개발을 목적으로 대대적인 대동강개발사업을 추진하였다(김철구, 2013). 1986년에는 매년 반복되는 대동강 하류지역의 홍수문제와 서해로부터 유입된 바닷물로 인한 농경지 피해를 해결하고자 대동강 하구 남포시에 서해갑문을 설치하였고 대동강 1000리 수로, 대동강 운하건설 등이 함께 추진되었다. 하지만 서해갑문의 건설은 농경지 피해와 홍수방지에는 상당한 성과를 거두었으나, 결과적으로 정상적인 물의 순환이 차단됨에 따라 수질오염을 초래하였다(최동진, 2013). 또한 이와 같은 개수사업에도 불구하고 홍수기 대동강과 보통강의 범람으로 평양시내의 침수피해가 여전히 발생하고 있다. 이러한 피해는 우리나라뿐만 아니라 토목공사 위주의 치수사업에 치중했던 유럽과 미국 등 많은 나라들이 이미 겪었던 시행착오가 대동강에서도 반복되고 있음을 보여준다(김철구, 2013). 따라서 대동강 유역에 대한 하천복원은 기존의 방식에서 전환하여 국제적 추세에 조응한 새로운 방식을 적용해야 할 것이다.

하천복원의 국제적 흐름은 치수와 이수 위주의 하천관리에서 하천의 자연적인 정화기능 및 생태계 회복 등을 고려한 친환경적인 하천관리로 옮겨가고 있는 추세이다. 유럽 국가의 경우 초창기의 짧은 구간의 하천 경관을 개선하고 친수기능을 높이는 방식에서 탈피하여 하천 전체시스템의 기능을 회복하고 하천의 자연적 복원능력을 배양하는 방향으로 나아가고 있으며, 국내하천복원사업도 획일적인 하천직강화 및 친수공간 확보 위주의 정비사업에서 양재천, 안양천 복원사업의 성과에 힘입어 점차 자연형 하천정비사업으로 하천관리방향을 전환하고 있다.

따라서 대동강 하천복원에 있어서도 무엇보다도 인위적인 하상정리, 저수로 직강화, 체육시설 등의 친수공간 조성 위주의 방식에서 벗어나 하천이 가지는 수질정화기능, 친수기능, 생태적 공간기능 등 하천 본래의 기능을 살리는 방향, 즉 자연형 하천정비방식

으로 전환할 필요가 있다. 다음으로 모든 유역에 대한 획일적인 복원사업이 아닌 유역별로 해당지역이 가진 지형적, 생태학적, 그리고 관광·문화 등의 자연인문환경을 고려하여 추진해야 한다. 대동강은 평안남도 대흥군에서부터 평양시를 거쳐 남포직할시까지 흐르며 평안남도 79.8%, 황해북도 63.6%, 황해남도 29.3%, 평양시 전체가 유역범위에 속하고, 620개의 크고 작은 지류를 가지고 있다. 하천유역의 범위가 포괄적이고 많은 지류를 가지고 있는 만큼 구간별로 하천유역이 가지는 지형적, 생태학적 특징과 주변 인문사회 환경이 다양하다. 마지막으로 도시하천과 농촌하천을 구분하여 도시하천은 상하수도 시설 구축 및 정비와 연계한 사업, 농촌하천은 관개시설 구축 및 정비 등을 복합적으로 고려한 복원사업이 필요하다. 국내의 경험에서도 농촌하천은 농업용수확보를 위한 보 설치로 자정능력이 저하된 경우가 적지 않다.<sup>42)</sup> 따라서 농촌하천의 복원사업은 자연의 자정능력을 최대한 이용한 정화기법 적용이 필요하며 관개시설 정비와 농경지 및 축산시설, 소규모 마을 등에서 배출되는 오·폐수 처리방안이 함께 마련되어야 할 것이다.

### 3. 대동강 하천복원 및 유역관리 남북협력사업 제안

#### 가. 북한 대동강 관련 정책·사업 및 남북협력의 수용성

대동강의 수질상태, 대동강 홍수범람으로 인한 막대한 자연재해, 이에 대응하여 북한 당국이 각종 사업을 추진하고 있는 현실에 비추어 볼 때, 대동강 하천복원 및 유역관리는 북한이 당면한 국가적 과제가 아닐 수 없다. 이러한 북한의 대동강 하천복원 및 유역관리에 대한 정책적 수요를 고려하면 이와 관련한 남북협력사업에 대한 북한의 수용가능성은 높은 편이라 할 수 있다.

대동강 유역의 하천복원 및 유역관리를 위한 남북협력사업을 개발하여 제안하기 위해서는 먼저 북한의 자연환경 및 인문사회 여건을 파악할 필요가 있다.

대동강은 높은 인구분포, 기업 및 시설 집중 분포 등으로 인해 수질오염이 심각하다. 또한 계절과 지형적 요인에 따라 수질상태의 큰 차이를 보인다. 대동강 상류에 비해

42) 환경부 수질보전국(2003), p.12 참조.

하류의 수질오염이 심각하고, 봄철에 수질상태가 특히 좋지 못하다. 아래 <표 4-11>은 UNEP가 2012년에 발표한 대동강 하류의 계절별 오염상태를 나타낸 것으로, 대동강 수위가 낮아지는 봄철에 오염물질의 농도가 높게 나타나고 있다. 지난 1999년 대비 2008년의 오염상태를 보면, 전체적으로 COD, CL(염소), 대장균은 1999년 대비 농도 및 수가 증가하였으며, NH<sub>4</sub>-N의 농도는 소폭 감소하였다. 전반적으로 대장균군은 기준을 훨씬 초과하는 등 지난 1999년에 비해 수질상태가 크게 개선되지는 않은 것으로 보인다.

<표 4-11> 대동강 계절별 오염상태 변화(1999~2008)

지표	봄		여름		가을		겨울		평균		기준
	1999	2008	1999	2008	1999	2008	1999	2008	1999	2008	
COD (mg/l)	2.14	2.82	1.33	2.11	0.78	1.56	0.73	2.10	1.25	2.15	3.00
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	0.27	0.30	0.87	0.20	0.08	0.20	0.20	0.19	0.35	0.22	0.3↓
CL (mg/l)	7.20	8.60	8.40	16.33	8.40	13,553	10.0 0	7.49	8.70	11.49	30↓
Coliform (no./l)	31,666	33,743	4,847	63,234	2,300	25,780	68,500	12,000	96,828	33,689	10,000↓

자료: UNEP(2012)

대동강 수질오염문제에 대응하여 북한은 2005년 2월에 「대동강오염방지법」을 제정하였으며, 같은 해 7월 최고인민회의 상임위원회에서 보완하여 개정하였다. 「대동강오염방지법」은 대동강 수질과 생태환경을 보존 및 개선하는 데 이바지할 것을 목적으로 하고 있다. 구체적인 규정을 살펴보면, 대동강 상류에서부터 서해갑문까지의 본류와 지류, 그 유역을 대동강오염방지구역으로 설정하고 상시적인 모니터링, 오폐수의 배출규제, 대동강 유역의 원림화 등을 시행하도록 규정하고 있다.<sup>43)</sup>

43) 통일부 북한자료 센터. 2005. 「조선민주주의인민공화국 대동강오염방지법」.  
<http://unibook.unikorea.go.kr/MA/> [2013.9.1]

〈표 4-12〉 대동강오염방지법 주요 내용

구분	내용
제1조(대동강오염방지법의 사명)	대동강오염방지법은 대동강의 보호관리에서 제도와 질서를 엄격히 세워 대동강의 수질과 생태환경을 보존, 개선하는데 이바지한다.
제3조(대동강오염방지구역의 설정)	대동강오염방지구역에는 대동강상류로부터 서해감문까지의 본류와 지류, 그 류역이 속한다.
제6조(공업버림물의 정화)	기관, 기업소, 단체는 정화시설을 갖추고 대동강으로 내보내려는 공업버림물을 정상적으로 정화하여야 한다.
제7조(생활오수의 정화)	도시경영기관과 지방정권기관, 해당 기관은 하수도시설을 보수정비하고 오수정화장을 꾸리며 생활오수를 국가환경보호기준에 맞게 정화하여야 한다.
제10조(버림물처리시설의 설치)	항, 부두, 감문을 관리하는 기관, 기업소, 단체는 배의 버림물받이시설과 처리장, 정화장을 갖추어야 한다.
제20조(대동강류역의 원림화)	국토환경보호기관과 도시경영기관, 지방정권기관, 해당 기관, 기업소, 단체는 대동강류역에 잔디와 타래꽃, 떨기나무를 비롯한 수종이 좋은 나무를 심어 모래와 흙 또는 오물이 대동강으로 흘러들지 않도록 하여야 한다.
제22조(대동강의 수질조사)	중앙국토환경보호지도기관은 대동강의 수질감시체계를 세우고 수질상태를 정상적으로 조사장악하며 그 자료를 해당기관에 통보하여야 한다.
제23조(설비, 자재, 로력 자금의 보장)	국가계획기관과 로동행정기관, 재정은행기관, 해당 기관은 대동강의 오염방지에 필요한 설비, 자재와 로력, 자금을 제때에 보장하여야 한다.

자료: 통일부 북한자료 센터, 2010. 「조선민주주의인민공화국 대동강오염방지법」  
[http://unibook.unikorea.go.kr/MA/\[2013.9.1\]](http://unibook.unikorea.go.kr/MA/[2013.9.1])

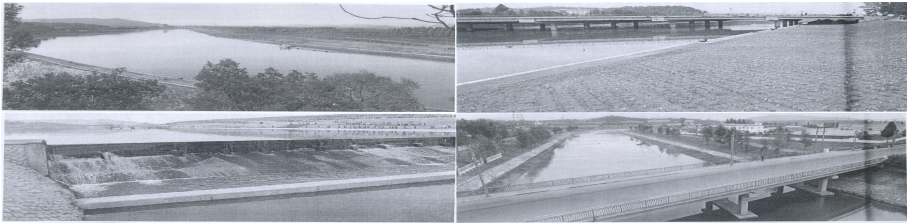
이러한 법률 제정과 함께 북한은 대동강의 주요 지류에 대한 하천정리사업도 진행하고 있다. 평양시의 시내를 흐르는 보통강과 합장강은 여름철에 반복되는 평양시 홍수피해의 주범으로 북한 당국은 해방 이후 보통강 개보수공사를 계속했으며, 지난 2012년에는 김정은의 지시로 보통강 55.2km, 합장강 36.9km에 대한 하천정비공사가 추진되었다.<sup>44)</sup> 주로 감탕퍼내기(준설작업), 수문 및 옹벽 구축, 다리 보수, 저지대정리, 그리고 하천유역의 원림화 등 사업이 시행된 결과 아래의 〈그림 4-3〉와 〈그림 4-4〉의 모습으로 변모하였다(노태호 편, 2012, pp.31-36).

그런데 주목할 점은 최근의 합장강과 보통강 하천정리공사는 평양시내의 홍수방지 목적뿐만 아니라 이른바 김정은의 ‘평양꾸미기’ 목적에 의해서 유역 내 공원조성, 잔디심

44) 연합뉴스. 2012.10.22. “평양을 홍수서 구하자 - 북, 하천준설 구슬땀”.  
<http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=100&oid=001&aid=0005872372>.

기 등이 함께 추진되고 있다는 점이다(노태호 편, 2012. p.235). 김정은은 지난 2012년에 평양을 수림화된 도시, 녹음이 우거진 공원속의 도시로 만들어야 한다고 밝힌 바 있듯이 원림분야에 지대한 관심을 보이고 있는 것으로 알려져 있다.<sup>45)</sup>

위와 같이 대동강 관련 법규를 제정하고 홍수방지사업 등 관련 사업을 대대적으로 추진하는 것에서 확인되듯이 북한 당국도 대동강의 하천복원 및 효율적인 관리의 필요성을 인식하고 있다고 볼 수 있다.



자료: 노태호 편(2012), p.31.

〈그림 4-2〉 합장강 정리공사 후 모습(노동신문 2012.10.10일자)



(a) 보통강 정리공사 전

(b) 보통강 정리공사 후

자료: 노태호 편(2012), p.36.

〈그림 4-3〉 보통강 정리공사 전후 모습(노동신문 2012.10.21일자)

45) 2012년 7월 11일자 민주조선 기사에서 김정은이 “공원과 유원지들을 본보기가 될 수 있게 꾸리고 녹지를 더 많이 조성하며 수종이 좋은 나무들과 아름다운 꽃들을 많이 심어 수도 평양을 수림화된 도시, 녹음이 우거진 공원속의 도시로 만들어야 합니다”라고 전하고 있다(노태호 편, 2012, p.78).

한편, 국제기구를 통한 대동강 하천관리 사업에 대해서도 북한은 적극적인 태도를 보이고 있다. 북한이 참여하여 발간된 UNEP/UNDP의 「2003북한환경상태보고서」에서 UNEP는 북한환경상태개선을 위한 16개 시범사업 중 하나로 ‘대동강통합수질오염모니터링시스템구축사업’을 제안한 바 있다.<sup>46)</sup> 또한 2008년 남북한 및 UNEP이 모나코회의에서 우선 추진키로 합의한 4개 시범사업에 ‘대동강통합수자원관리’가 포함되어 세부계획이 수립되기도 하였다. 비록 세부계획은 이행되지 않고 중단된 상태이지만 이 사업에 북한의 의견이 반영되었다는 점에서 대동강 하천관리에 대한 북한의 수요를 반증하고 있다. 이밖에도 국제기구인 PEMSEA에서도 ‘북한 대동강통합관리 연구프로젝트(Study on Coastal Area & Taedong River Basin Integrated Management in DPRK)’를 수행한 바 있다(추장민, 2010a, p.20). 이를 통해 북한 참여자에 대한 능력배양(Capacity Building) 사업이 수행되었으며 국제사회와 북한 모두 대동강 하천관리에 대한 관심을 갖고 있음을 보여주는 사례로 해석된다.

#### 나. 대동강 하천복원 및 유역관리 남북협력사업 기본 방향

대동강 유역 하천복원 남북협력사업의 기본 방향은 크게 대동강 하천기능회복, 도시와 농촌 환경인프라 구축 및 정비, 도시와 농촌하천 생태환경보전, 산림복원과 연계추진이다.

먼저, 하천이 지닌 본래의 자연성을 최대한 살리는 것을 기본 원칙으로 하여 제방복원과 하상정비 등을 통해 하천으로서의 대동강의 기능회복을 우선적으로 고려한 사업을 추진하여야 한다. 즉, 하천복원사업의 목적을 하천의 생태적 구조와 기능회복을 우선적으로 고려하면서 홍수방지 등 이수과 치수가 조화를 이루는 방향에서 사업이 추진될 필요가 있다.

둘째, 도시와 농촌의 국토환경의 인프라구축과 연계한 사업이 추진되어야 한다. 도시 지역 하천은 안전하고 깨끗한 음용수를 공급할 수 있는 상수도 시설과 시가지에서 배출되는 오염물질의 하천오염을 방지하기 위한 하수처리시설의 구축도 함께 추진되어야 한다.

46) UNEP(2004) 참조.

농촌지역 하천은 홍수, 가뭄 등 자연재해 방재뿐만 아니라 농업용수 활용을 위한 관개시설 구축사업도 함께 추진되어야 한다.

셋째, 도시와 농촌하천의 생태환경보전에 주안을 둔 사업이 필요하다. 인간의 편의를 위한 하천만이 아닌 인간과 자연이 어우러지는 하천이자 다양한 생물의 서식처로서의 하천을 만들기 위하여 하천의 생태환경보전을 위한 사업을 추진할 필요가 있다.

넷째, 산림복원과 연계하여 추진한다. 북한의 잦은 홍수 피해 및 하천기능 저하의 주요 원인 중의 하나가 바로 산림황폐화이다. 산림황폐화로 인한 토사 등 오염물질의 다량 유입으로 하천의 부유물질을 증가시키고 생물서식처를 황폐화시키는 등 하천의 생태환경문제를 야기한다. 그리고 북한의 황폐화된 산림으로 인한 가뭄, 홍수, 산사태의 빈발은 농경지의 생산성 저하 등 2차 피해를 유발하고 있다. 따라서 대동강 유역의 하천 복원사업은 조림사업을 연계하여 함께 추진할 필요가 있다.

#### 다. 대동강 하천복원 및 유역관리 남북협력사업 대상지역 선정

지난 1~3차 연구에서 유역별 육안관독, 토지피복분류, 제외지환경 분류 등의 작업을 통해 최종적으로 제방유실지역, 탁도, 제외지환경 등에 근거하여 제방복원 등 분야별로 하천복원 우선대상지역을 선정한 바 있다. 본 연구에서는 올해의 연구결과를 포함한 4년 동안의 분석결과를 종합하여 제방복원을 중심으로 대동강 하천복원 우선대상지역을 선정하여 남북협력 대상지역으로 제안하고자 한다. 즉, 1~4차 연구에서 선정한 하천복원 우선대상지역 가운데 제방유실지역, 토지피복분류, 제외지환경, 그리고 사회경제적 여건(거주 인구수, 시설물, 시가지인접여부) 및 집중호우 발생건수 등을 고려하여 제방복원 우선대상지역을 선정하였다.<sup>47)</sup>

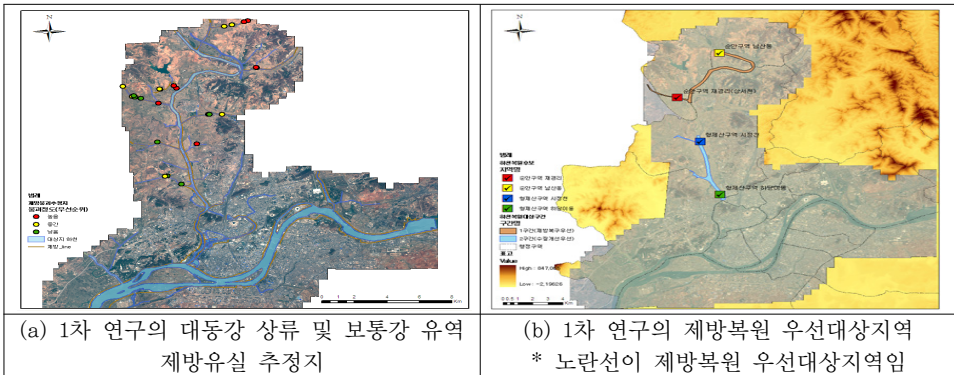
이와 함께 산림황폐화 문제는 북한이 당면한 국가적 과제이자 대동강 하천기능을 저하시키고 자연재해의 원인이 되고 있다. 따라서 대동강 하천복원 및 유역관리의 근원적인

47) 하천의 탁도 변화는 선정의 고려 요소에서 제외하였다. 그 이유는 본 연구에서 사용한 위성영상은 수운을 파악할 수 없는 한계로 인하여 하천 탁도가 반드시 수질오염도를 반영한다고 보기가 어렵기 때문이다. 이에 따라 1~4차 연구에서 유역별로 선정된 하천복원 우선대상지역 가운데 하천의 탁도 변화를 근거로 제안된 지역은 제외하였다.

문제를 해결하기 위하여 산림복원과 연계한 대동강 하천복원 및 유역관리 방안으로서 조림사업 우선대상지역을 선정하여 남북협력 대상지역으로 제안하고자 한다.

1) 제방복원사업대상지

1~4차 연구에서 선정된 제방복원 우선대상지역을 요약하면 다음과 같다. 먼저 1차년도 연구대상지역인 대동강 상류 및 보통강 유역의 인공영상 육안판독 결과 <그림 4-4(a)>와 같이 제방유실 추정지역이 확인되었다. 제방붕괴 추정지가 다수 발견된 순안구역의 남산동에서부터 재경리 상서천에 이르는 구간(그림4-4(b))이 제방복원 우선대상지역으로 선정되었다.



<그림 4-4> 1차 연구의 제방유실 추정지 및 제방복원 우선대상지역

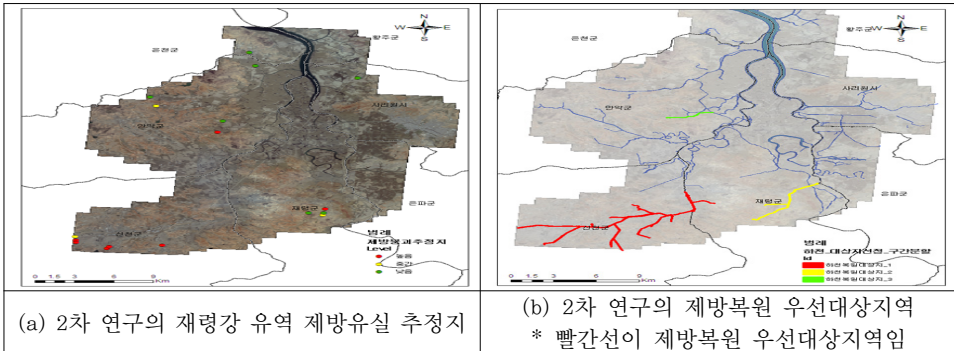
이 지역의 제방유실상태는 <그림 4-5>와 같이, 제방선 자체가 불분명하고 제방의 형태가 남아있지 않으며 수역과 토지의 경계가 명확하지 않다. 이 구간은 본류인 보통강 구간과 세류에 제방붕괴 추정지가 밀집되어 있으며 특히 재경리 상서천은 제방붕괴 추정지의 밀도 및 붕괴 정도가 높다(추장민 외, 2010b). 1차년도 연구에서 이 지역은 경사가 거의 없고 비교적 평탄한 지역이지만 하천의 폭이 좁고 제방정비가 제대로 이루어져 있지 않아 토사의 지속적인 유입 가능성을 제기한 바 있다(추장민 외, 2010b). 이 구간의 제방복원 우선대상지역 하천길이는 보통강 구역 9.96km, 상서천 구역 3.26km로 총

13.22km이며, 면적은 2.31km<sup>2</sup>이다.<sup>48)</sup>



〈그림 4-5〉 1차 연구의 제방복원사업 대상지역의 제방유실 현황

2차년도 연구대상지역인 재령강의 위상영상 육안판독 결과, 제방유실 추정지는 〈그림 4-6(a)〉와 같이 나타났으며, 주로 재령강 하류인 신천군의 척서천 구간에 제방붕괴 추정 등급이 높게 나타난 구간이 밀집되어 있다. 이에 신천군 척서천 구간이 제방복원 우선대상지역으로 선정되었다(추장민 외, 2011).



〈그림 4-6〉 2차 연구의 제방유실 추정지 및 제방복원 우선대상지역

이 지역의 제방상태는 〈그림 4-7〉과 같이 전체적으로 제방의 형태가 하천을 따라 고르지 않은 상태이며 곳곳에 토사가 유입되어 있다. 이 지역은 평지의 농촌지역으로 토지피복분류 결과 농경지, 초지 및 나지의 비율이 높게 나타났다. 또한 하천의 폭이

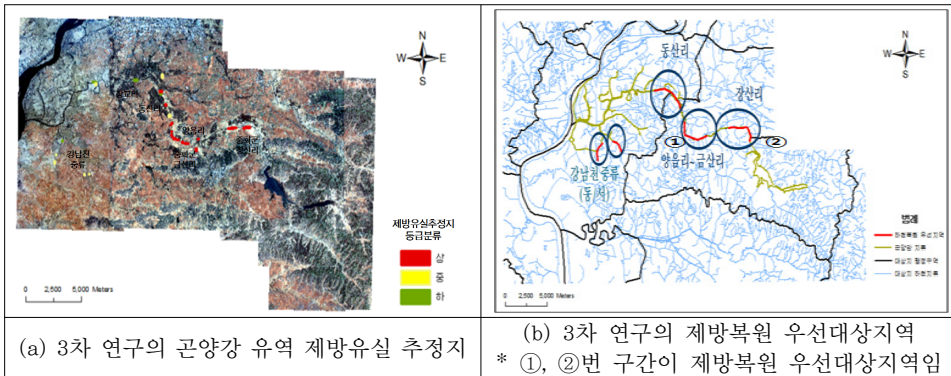
48) 구간의 길이와 면적 측정은 구글어스를 이용하였으며, 면적은 제방선을 기준으로 제외지의 면적만 계산하였다. 이러한 기준은 2~4차 연구에서도 동일하게 적용되었다.

좁고 제방정비가 제대로 이루어지지 않아 토사의 지속적인 유입이 예상된다. 또한 주거지 및 시가지와도 인접해 있기 때문에 수질오염 문제도 있을 것으로 추정된다. 이 구간의 제방복원 우선대상지역 하천길이는 32.11km이며, 면적은 1.2km<sup>2</sup>이다.



〈그림 4-7〉 2차 연구대상지 제방복원사업 대상지 제방유실 현황

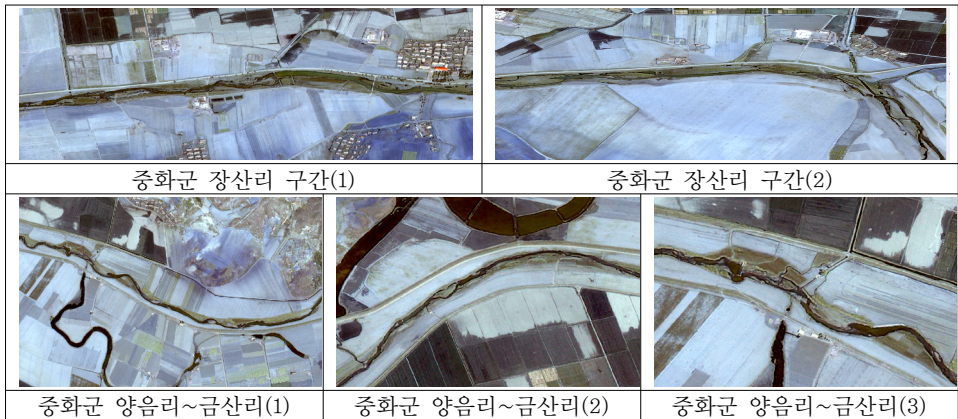
3차년도 연구대상지역인 곤양강 유역의 위성영상 육안판독 결과, 〈그림4-8(a)〉와 같이 제방유실 추정지가 주로 동산리, 양음리~금산리, 장산리 구간에 밀집되어 있다. 그 중에서도 제방복원 우선대상지역은 〈그림4-8(b)〉와 같이 양음리~금산리 구간, 장산리 구간이 선정되었다.<sup>49)</sup>



〈그림 4-8〉 3차 연구의 제방유실 추정지 및 제방복원 우선대상지역

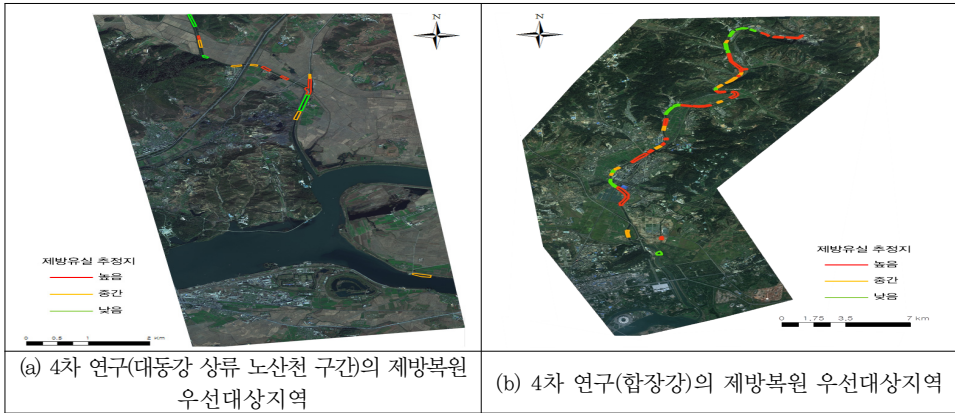
49) 2012년도 연구에서는 하천의 탁도, 제방유실정도, 제외지 퇴적환경, 시가지근접도, 하천시설물유무에 따라 5구간의 하천복원대상지를 선정할 바 있다. 그 중에서도 중화군 동산리 일대, 중화군 양음리와 금산리 일대, 중화군 장산리 일대의 제방유실상태가 '상'으로 나타났으며, 탁도를 고려하였을 때 중화군 양음리~금산리 일대, 장산리 일대가 제방복원 우선사업대상지로 선정되었다(강택구 외, 2012, pp.55-60).

근양강의 장산리 구간은 제외지에 대한 피복분류 결과, 모래와 시설물의 비율은 높은 반면 하천의 비율은 6.37%에 불과해 수량이 부족한 것으로 파악되었다. 또한 육안판독 결과 하천의 폭이 좁고 제방선자체가 육안으로 판독하기 어려울 만큼 불분명하고 토사유입 분포 면적도 넓게 나타났다. 양음리~금산리 구간의 제방유실 상태도 이와 유사하다. 이 구간의 제방복원 우선대상지역 하천길이는 장산리 구간 3.52km, 양음리~금산리 구간 3.51km로 총 7.03km이며, 면적은 장산리 구간 0.54km<sup>2</sup>, 양음리~금산리 구간 1.23km<sup>2</sup>로 총 1.77km<sup>2</sup>이다.



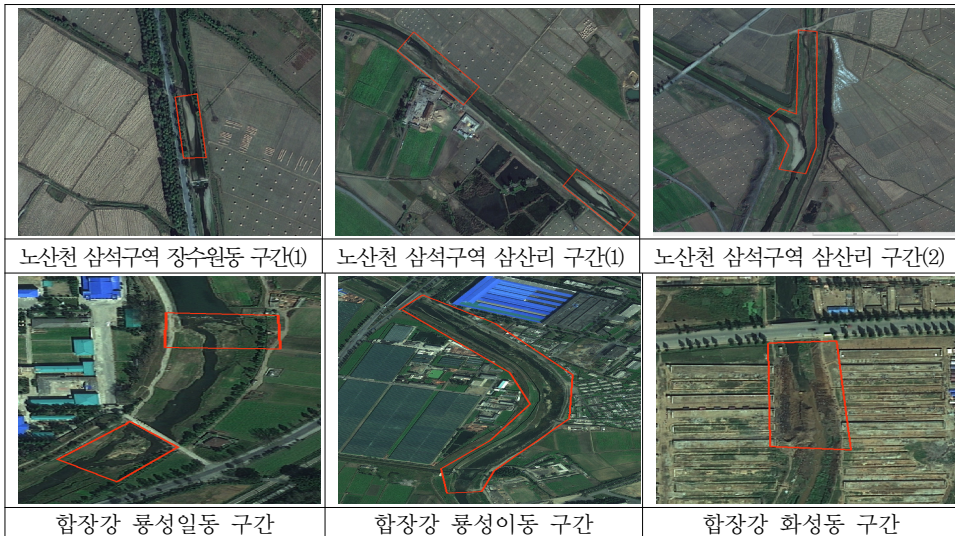
〈그림 4-9〉 3차 연구대상지 제방복원사업대상지 제방유실 현황

대동강 상류, 합장강, 대동강 중·하류를 검토한 이번 4차년도 연구에서도 지역별 제방유실 추정지를 확인하였다(본 보고서의 제3장 참고). 대동강 상류는 노산천 구간에 제방유실 추정지가 밀집되어 있으며, 합장강 유역은 전 구간에서 제방유실추정지가 확인되었다. 대동강 중·하류 유역은 제방유실 추정지가 상대적으로 적게 나타났으며 유실정도도 높지 않은 것으로 파악되었다. 이에 따라 제방복원 우선대상지역은 〈그림 4-10(a)(b)〉와 같이 대동강 상류 노산천 구간, 합장강 전 구간이 선정되었다. 이 구간의 제방복원 우선대상지역 하천길이는 대동강 상류 노산천 구간 5.12km, 0.21km<sup>2</sup>와 합장강 전 구간 길이 21.43km, 면적 1.61km<sup>2</sup>이다.



〈그림 4-10〉 4차 연구대상지 제방유실 추정지 및 제방복원 우선대상지역

노산천구간과 합장강 유역의 제방유실상태는 〈그림 4-11〉에서와 같이 제방선 자체가 육안으로 관측하기 어려울 만큼 불분명하고 제방의 형태가 남아있지 않으며 수역과 토지의 경계가 불명확하다.



〈그림 4-11〉 4차 연구의 제방복원 우선대상지역 제방유실 현황

위와 같이 1~4차 연구에서는 제방유실정도에 근거하여 유역별 제방복원 우선대상지역을 선정하였다. 그런데 앞에서 선정된 우선대상지역은 해당 유역에서는 제방유실상태가 심각하지만 다른 유역의 제방유실 지역과 비교하여 상대적으로 덜 심각한 지역일 수 있다. 따라서 유역별로 선정된 대상지역의 제방유실상태를 상호 비교하여 대동강 유역 전체차원에서 우선대상지역을 선정할 필요가 있다. 또한 우선대상지역 선정에 있어서 제방유실정도만이 아니라 해당지역의 사회경제적 상태, 집중호우 등 자연재해를 초래하는 기후여건 등 관련 요소를 종합적으로 고려할 필요가 있다.

제방복원의 시급성, 중요성, 효과성 등 측면을 고려하여 제방유실상태, 제외지환경, 사회경제적 여건(인구수, 시가지 근접도), 시설물 설치여부, 집중호우 발생횟수 등 6가지 요소를 우선대상지역 선정기준으로 삼았다. 위의 요소 가운데 제방유실 상태는 아래의 <그림 4-12>의 기준에 따라 등급화하여 적용하였다. 이러한 6가지 요소를 고려하여 대동강 유역 전체차원에서 제방복원 우선대상지역으로 5개 지역을 선정하였다. 5개 지역의 각 요소별 현황은 <표 4-13>과 같다.



<제방유실정도 높음>



<제방유실정도 중간>





<제방유실정도 낮음>

- 제방형태가 불명확하고 토사 유출의 영향 면적이 넓음
- 제방형태가 고르지 않고 곳곳에 토사유입이 발견
- 제방의 형태가 전반적으로 반듯하나 특정지점에서 유실

<그림 4-12> 제방유실정도 추정기준

〈표 4-13〉 대동강 유역 제방복원 우선대상지역 현황

지역	길이 면적	제방 유실 정도	제외지 퇴적환경	인구수 <sup>1)</sup>	시가지 근접도 <sup>2)</sup>	사물 유무	집중 호우 <sup>3)</sup>
1. 보통강 순안구역~재령리	13.2km 2.3km <sup>2</sup>	높음		91,791 (순안구역)	○	○	20건
2. 재령강 신천군 척서천 구간	32.1km 1.2km <sup>2</sup>	높음		141,407 (신천읍)	△	○	13건 <sup>4)</sup>
3. 곤양강 중화군 양음리~장산리	7.03km 1.77km <sup>2</sup>	높음	양음리~금산리 모래비 율 55.2% 장산리 구간 모래비율 2.64% <sup>5)</sup>	77,367 (중화군)	X	○	20건
4. 합장강 전구간 (대동강 합류부근 제외)	21.4km 1.61km <sup>2</sup>	높음		195,891 (용성구역)	○	○	20건
5. 대동강 상류 노산천 구간	5.1km 0.21km <sup>2</sup>	중간		62,790 (삼척구역)	△	○	20건

주: 1) 대상구간이 속한 행정구역의 인구수(자료: UNEPA, 2008)

2) ○: 시가지와 근접함. △: 일부에 한해 시가지에 근접함. X: 시가지와 떨어져 있음

3) 집중호우 발생횟수는 지난 10년(2003~2012년)간의 누적발생일수이며 보통강, 곤양강, 합장강, 대동강상류지역의 누적발생일수는 평양 관측소의 결과자료를, 재령강 누적발생일수는 사리원시 관측소의 결과자료를 활용함(기상청, 2013)

4) 재령강의 집중호우 발생횟수는 13건으로, 평양시의 발생횟수보다 적지만, 집중호우 피해 건수는 북한지역에서 가장 많음(기상청, 2013)

5) 곤양강 중화군 양음리~장산리 구간의 제외지퇴적 환경은 위성영상의 가독성이 낮아 수치로 표시함  
자료: UNEPA(2008); 기상청(2013).

대동강 유역 제방복원 우선대상지역의 사회경제적 여건, 시설물 설치여부, 집중호우 발생횟수 등에 관한 구체적인 현황은 아래와 같다. 먼저 보통강의 순안구역~재경리 구간은 제방유실구간이 밀집되어 있으며 유실정도도 높다. 평양시 인구의 약 2.8%인 91,791명이 거주하고 있는 순안구역은 평양시 북서쪽에 위치하고 있으며 시가지에 인접하고 있는 지역으로 농업이 발달되어 있다. 순안구역에서 생산되는 순안사과는 러시아와 일본으로 수출될 만큼 품질이 우수한 것으로 알려져 있다<sup>50)</sup>.

평양시의 구역별 집중호우 발생횟수를 알 수 있는 자료는 없다. 다만, 기상청이 세계기상기구(WMO)에서 제공하는 북한 27개 지점의 기상관측자료를 이용하여 분석·집계한 자료에 따르면, 2003년부터 2012년까지 지난 10년 간 평양시에서는 20건의 집중호우가 발생하였다(기상청, 2013). 이를 근거로 지난 10년 간 순안구역의 집중호우 발생횟수도 20회로 추정하였다. 각종 언론보도에 따르면 이러한 집중호우로 인하여 평양시는 평안남도, 황해도와 함께 북한에서 거의 매년 홍수피해가 반복되고 있는 지역이다. 보통강은 지난 2007년 8월 집중호우로 인해 강물이 범람하여 주변지역이 침수하는 등 홍수피해가 발생한 적이 있다.

2012년에 북한은 홍수방지를 위한 보통강에 대한 하천정리사업을 진행하였다.<sup>51)</sup> 하지만 하천의 생태적 회복과 자연성 기능을 복원하는 국제적인 하천복원 추세와는 다르게 주로 준설작업, 옹벽 쌓기, 공원조성 등 전통적인 하천정비방식으로 사업이 진행되었다(노태호 편, 2012, pp.35-36). 이러한 보통강의 하천정비방식은 홍수방지에는 일정한 효과를 발휘할 것으로 예상된다. 하지만 국내외 하천복원의 역사에서 확인되듯이 하천직강화, 콘크리트 제방구축 등 전통적인 하천정비 사업은 보통강의 하천 수질 및 생태계에 부정적인 영향을 미칠 가능성이 있다. 따라서 이 구간의 제방복원 사업은 홍수피해 방지와 하천의 수질 및 생태환경 보전을 동시에 고려한 자연형 하천조성사업 방식을 적용하여 추진할 필요가 있다.

50) 위키백과 홈페이지. “순안구역”. <https://wikipedia.org/> [2013.10.12].

51) 연합뉴스, 2012.10.22. “평양을 홍수서 구하자 - 북, 하천준설 구슬땀”.

<http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=100&oid=001&aid=0005872372>

두 번째로 재령강의 신천군 척서천구간도 제방유실구간이 밀집되어 있으며 유실정도도 높은 편이다. 하천의 제외지분류에서 하천유로에 비해 구간 전반에 걸쳐 모래 분포가 발견되었는데, 이는 다량의 토사유입에 의한 것으로 추정된다. 황해남도 인구의 6.12%인 141,407명이 거주하는 신천군은 전통적인 농업지대로서 농경지 비율이 높고 평야가 발달하여 황해남도의 곡창지대에 속해 있다. 이 구간의 일부 구간만 주거지 및 시가지와 인접해 있다.

재령강이 위치해 있는 황해남도는 북한에서 홍수피해가 빈번한 지역에 속하는데 사리원시의 경우 지난 2003년부터 2013년까지 10년 간 집중호우 발생횟수가 13건에 달하였다(기상청, 2013, pp.17-18). 또한 황해남도는 집중호우의 빈발로 인한 홍수피해가 큰 지역으로 앞의 동일한 기간 동안에 10회 이상의 홍수피해가 발생하는 등 북한에서 홍수피해를 가장 많이 입고 있는 지역이다(기상청, 2013, pp.17-18). 특히, 신천군은 2010년 태풍 곤파스로 인해 1,000여 정보의 논밭이 침수되는 피해가 발생하였다(기상청, 2013, p.45).

세 번째로 곤양강의 중화군 양음리~금산리~장산리 구간은 제방유실구간이 밀집되어 있으며 유실정도도 높다. 그리고 하천 제외지분류에서 양음리~금산리 구간은 모래비율이 55.2%에 달하는 등 제방유실구간에 다량의 토사가 유입된 것으로 추정된다. 평양시 인구의 2.3%인 77,367명이 거주하고 있는 중화군은 곤양강의 충적평야로서 농경지의 비율이 높고 농업 위주의 산업구조를 갖고 있다. 주요 농산물은 벼, 옥수수, 팥, 녹두, 배추, 시금치 등 채소류와 사과, 배, 복숭아 등이 주종을 이룬다(강택구 외, 2012, p.61).

이 구간은 다른 4 개의 지역에 비해 시가지 근접도가 상대적으로 낮고 주거지의 밀집도 또한 높지 않다. 중화군도 평양시에 속하기 때문에 이 구간의 집중호우 발생횟수 역시 평양시 집중호우 발생횟수와 동일하게 20회로 추정하였다. 그런데 최근의 북한의 홍수 피해에 관한 국내의 언론매체의 보도내용과 기상청(2013)의 자료에 따르면 보통강 구간이나 재령강 구간과는 다르게 곤양강의 홍수피해와 관련된 자료는 거의 발견되지 않고 있다.

네 번째로 합장강은 전 구간(대동강 합류지점 제외)에 걸쳐 제방유실지역이 산재해

있으며 유실정도도 전반적으로 높다. 합장강이 관류하는 룡성구역에는 평양 인구의 약 6%인 195,891명이 거주하고 있다. 합장강은 유역별로 사회경제적 여건이 상이하어 합장강 상류는 시가지와 연접해 있으며, 중류는 농경지와 인접해 있다. 그리고 하류의 우안은 시가지, 좌안은 농경지와 각각 인접해 있다. 또한 하천 전 구간에서 댐, 보의 시설물이 다수 확인되었다.

합장강 유역의 집중호우 발생횟수는 앞에서 기술한 내용과 마찬가지로 2003년부터 2012년까지의 평양시의 집중호우 발생횟수를 적용하여 20회로 추정하였다. 합장강은 2012년에 북한에서 첫 번째로 홍수방지를 위한 하천정비사업이 진행된 하천이다. 하지만 보통강과 마찬가지로 하천의 수질 및 생태환경이 고려되지 않고 준설, 수문 및 옹벽 보수 등의 사업 위주로 진행되었다.

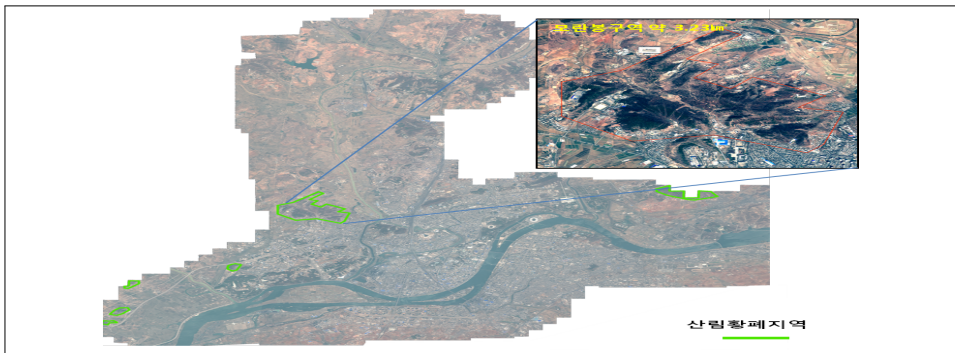
마지막으로 대동강 상류 노산천 구간은 제방유실지역이 밀집되어 있으나, 제방유실 정도는 다른 지역에 비해 상대적으로 낮다. 하지만 이 구간에서도 토사의 유입량이 많은 것으로 추정되며 제방선이 불명확하여 제방복원이 필요한 구간이다. 노산천은 행정구역상 평양시 삼석구역에 속하며, 삼석구역의 거주인구 수는 62,790명으로 평양 전체 인구의 1.9%를 점하고 있다. 삼석구역의 집중호우 발생횟수도 앞에서 기술한 내용과 마찬가지로 2003년부터 2012년까지의 평양시의 집중호우 발생횟수를 적용하여 20회로 추정하였다. 기상청(2013)의 자료에 따르면 2009년 7월과 2012년 7월과 8월에 집중호우로 인한 농경지 유실 등의 홍수피해가 발생하였다(기상청, 2013, pp.78-84).

## 2) 조림사업 우선대상지역

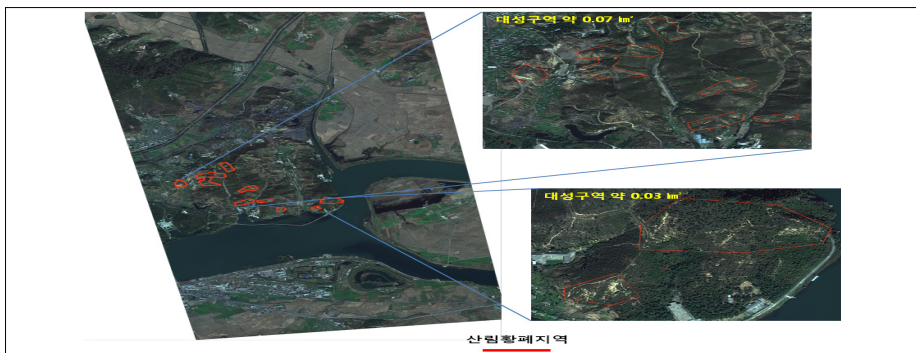
위성영상에 대한 토지피복분류와 육안판독을 통해 평양 시가지 인근(1차 연구지역, 4차 연구지역), 재령강 하류(2차 연구지역), 곤양강(3차 연구지역), 대동강 중·하류(4차 연구지역)의 산림황폐지역을 조사하였다.

평양의 시가지 인근 지역에서는 <그림 4-13>, <그림 4-14>와 같이 만경대구역과 대성구역에서 황폐화된 것으로 추정되는 산지가 발견되었다.<sup>52)</sup> 대성구역에서는 고방산

기슭 일부와 주거지와 인접한 산기슭의 황폐화된 모습을 확인되었다. 만경대구역에서도 시가지와 인접한 곳에서 산림황폐화 지역이 다수 발견되었다. 그리고 평양 시가지 인근의 그 외 지역에서도 상당부분의 산지가 농경지로 개간된 것으로 추정되었다. 이러한 분석결과에 근거하여 보통강과 대동강 본류의 상류는 만경대구역과 대성구역의 산림황폐화 추정지역을 조림사업의 우선대상지역으로 선정하였다.



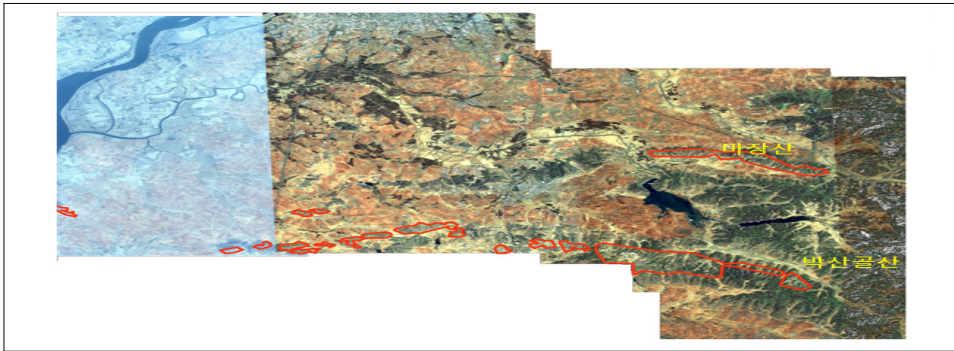
〈그림 4-13〉 평양 모란봉구역 및 대성구역의 산림황폐화 추정지역/조림사업 우선대상지역



〈그림 4-14〉 평양 대성구역의 산림황폐화 추정지역/조림사업 우선대상지역

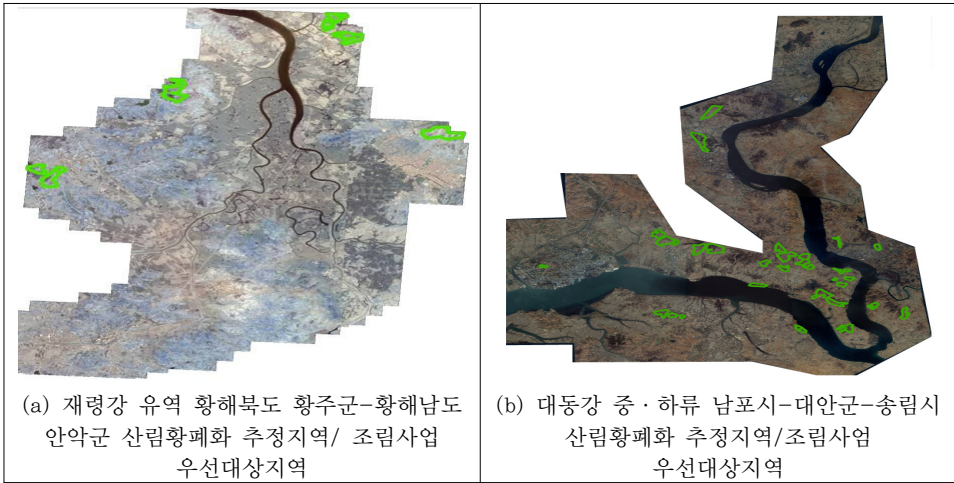
52) 국립산림과학원에 따르면 평양지역의 산림황폐화가 상당부분 진행되었으며, 북한 산림의 약 32%(234만 ha)가 헐벗은 산지라고 추산하고 있다. 이데일리, 2013.10.22, “황폐화된 北평양의 산림 2005 vs 2010”. <http://www.edaily.co.kr/news/NewsRead.edy?SCD=JF21&newsid=01584246602975544&CD=A00602&OutLnkChk=Y>

곤양강 유역의 산림황폐화 추정지역은 중화군에 밀집되어 있다. 중화군은 저산성 산지와 구릉성산지 및 구릉성 벌로 구성되어 있는데, 동쪽지역은 다소 높은 지대인 반면 서부 말단부분은 200~300m의 저산성 산지가 대부분이다. 마장산 산림황폐화 지역(5.03km<sup>2</sup>)과 중화군 남쪽의 박산골산까지 광범위하게 산재해 있는 산림황폐화 지역(17.26km<sup>2</sup>)으로 구분된다. 이러한 분석결과를 토대로 마장산과 중화군 남쪽의 산림황폐화 추정지역을 조림사업의 우선대상지역으로 선정하였다.



〈그림 4-15〉 곤양강 산림황폐화 추정지역/조림사업 우선대상지역

재령강 유역 및 대동강 중·하류에서도 〈그림 4-16〉과 같이 산림황폐화 추정지역이 광범위하게 존재하는 것으로 나타났다. 먼저 재령강 하류인 황해남도 안악군 지역, 황해북도 황주군에서 산림황폐화 추정지역이 발견되었다. 황주군의 산림황폐지역(그림 4-16[a])은 농경지와 바로 접하고 있기 때문에 집중호우 시 토사유실로 인한 농경지피해의 위험성이 있는 지역이다. 또한 하천에 인접해 있어 토사유입으로 인한 하천기능저하와 수질오염을 초래할 잠재적 가능성이 있다. 안악군 금강리의 산림황폐화 추정지역(그림 4-16[a])은 구릉성 산지로 산림피복상태가 심각하게 훼손된 것으로 보인다. 이러한 분석결과에 근거하여 재령강 유역은 황해남도 안악군과 황해북도 황주군의 산림황폐화 추정지역을 조림사업의 우선대상지역으로 선정하였다.

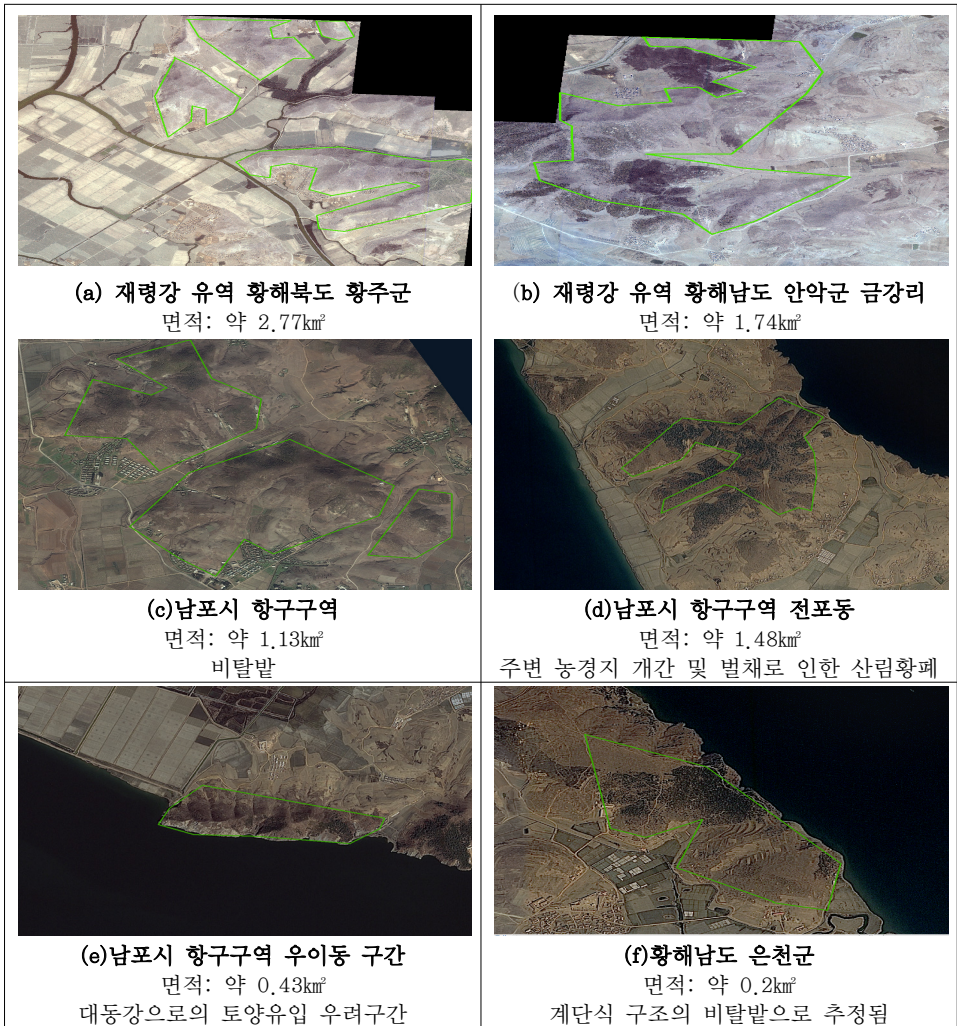


〈그림 4-16〉 재령강 유역 및 대동강 중·하류 산림황폐화 추정지역/조림사업 우선대상지역

대동강 중·하류의 남포시와 대안군, 송림시, 황해남도 안악군에서 산림이 황폐화된 것으로 추정된 지역은 산지와 구릉지를 개간하여 농경지로 사용하고 있는 비탈밭 또는 다락밭으로 판단된다(그림4-17[c~f] 참조). 북한은 식량부족 문제 해결을 위해 1970년대 이후 경사진 지역에 수로를 만들고 기계화가 가능하도록 다락밭 조성사업을 실시하였다. 또 1990년대에는 식량난이 가중되면서 경사도 35° 이상까지의 비탈밭 개간사업이 실시되었다. 하지만 다락밭과 비탈밭은 경사도가 급하고 고도가 높아지면서 토양침식과 지력약화로 인한 농경지 유실, 산림훼손 등의 문제가 나타나고 있다(이민부, 2004 p.50). 위성영상을 분석한 결과, 남포시, 대안군, 황해남도 안악군에 이러한 유형의 산림황폐화 추정지역이 집중되어 있다. 다락밭과 비탈밭은 집중호우로 인한 홍수발생 시에 산사태에 취약하다는 점에서 조림사업이 시급히 추진될 필요가 있다. 이러한 분석결과를 토대로 대동강 중·하류에서는 남포시, 대안군, 송림시 및 황해남도 안악군에서 농경지 개간 또는 무분별한 벌채로 인해 초래된 산림황폐화 추정지역을 조림사업의 우선대상지역으로 선정하였다.

그런데 대동강 중·하류의 산림황폐화 추정지역은 대동강과 인접해 있어 토사유입으

로 인한 하천기능저하와 수질오염을 방지하기 위한 하천복원사업과 조림사업을 함께 추진할 필요가 있다. 특히 대동강 중·하류 구간은 서해감문 설치 이후 수질오염의 심각성이 점차 증대되고 있기 때문에 제방복원, 하상정비, 수질오염방지 및 조림을 통합하여 종합적인 하천복원 및 유역관리 사업을 추진할 필요가 있는 것으로 사료된다.

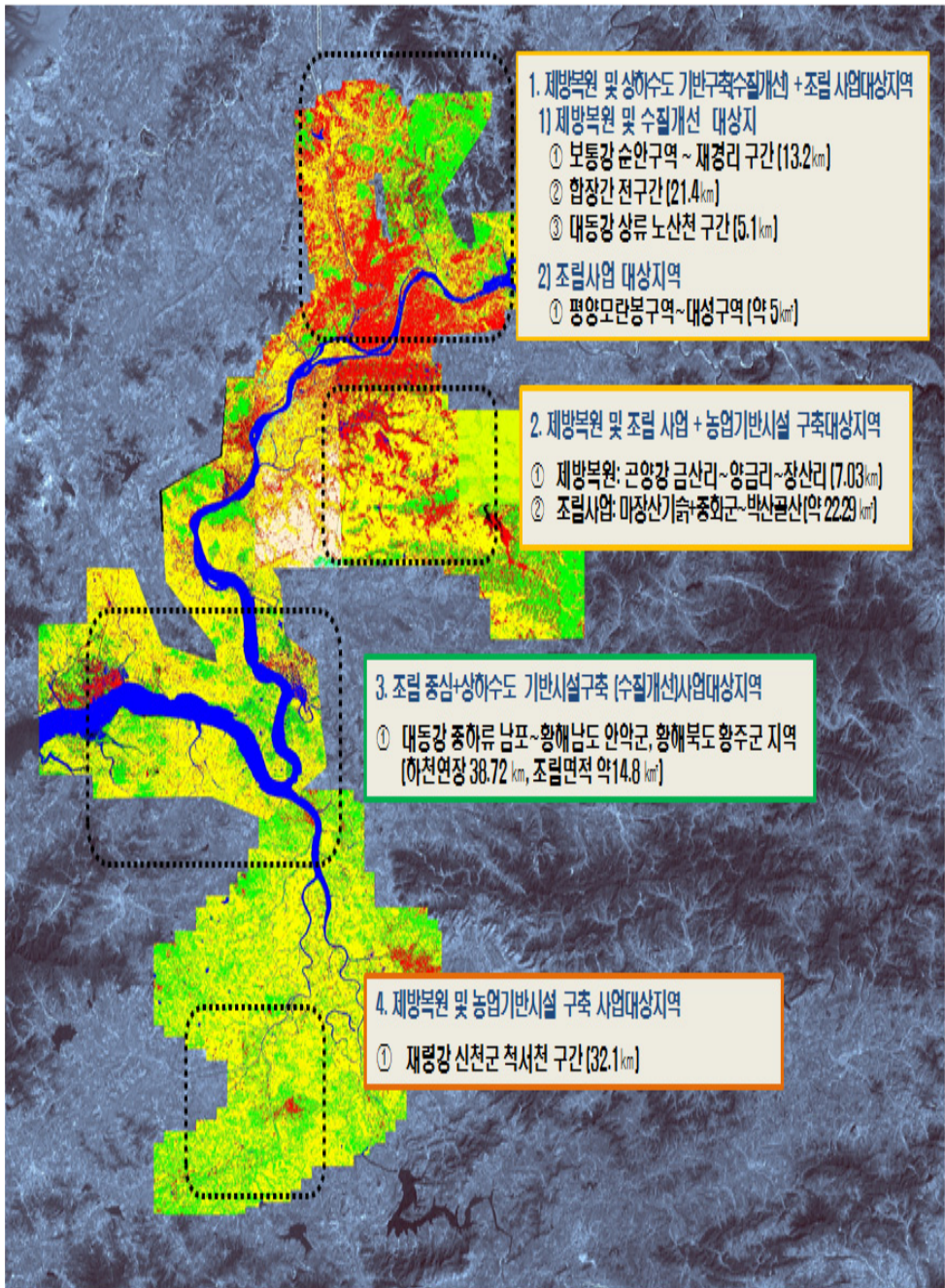


〈그림 4-17〉 재령강 유역 및 대동강 중·하류 산림황폐화 추정지역/조림사업 우선대상지역

### 라. 대동강 하천복원 및 유역관리 남북협력사업 제안

1~4차 연구를 종합하여 대동강 유역의 제방복원 우선대상지역과 조림사업 우선대상 지역을 선정하였다. 평양 시가지를 지나는 보통강, 합장강, 노산천 구간과 곤양강 중화군 구간, 재령강 척서천 구간 등에서 제방유실 상태가 심각한 것으로 확인되었다. 특히, 위성영상에 대한 육안판독과 하천제외지를 분류한 결과 대동강의 본류는 제방 등 하천정비 상태가 비교적 양호한 반면, 주요 지류의 제방은 훼손된 구간이 적지 않은 것으로 나타났다. 또한, 평양 시가지를 비롯해 남포시, 황해남북도 등지에서 산림황폐화 추정지역이 광범위하게 발견되었다.

평양시, 평안남도, 황해도는 북한의 대표적인 홍수피해가 발생하고 있는 지역으로 홍수피해를 방지하고 하천의 본래기능을 회복하기 위한 제방복원과 조림사업을 포함하여 종합적인 하천복원 및 유역관리 사업이 시급한 실정이다. 제방복원과 조림사업 우선대상지역의 선정결과에 근거하여 지역 및 구간별로 대동강 유역 하천복원 및 유역관리를 위한 종합적인 남북협력사업을 제안하고자 한다. 구체적인 사업내용은 <그림 4-18>과 같다.



〈그림 4-18〉 대동강 유역 하천복원 및 유역관리 남북협력 대상지역 및 사업내용

먼저 보통강, 합장강이 지나는 평양 시가지 지역에서는 보통강 순안구역~재경리 구간과 합장강 전 구간, 그리고 대동강 상류 노산천 구간을 대상으로 제방복원 및 상하수도 기반구축사업과 평양 모란봉구역~대성구역의 약 5km<sup>2</sup>를 대상으로 한 조림사업을 연계한 사업추진을 제안한다. 두 번째 지역은 곤양강 및 강남천 유역으로 곤양강 금산리~양금리~장산리 7.03km를 대상으로 제방복원사업과 중화군~박산골산, 마장산기슭 약 22.29km<sup>2</sup>에 대한 조림사업을 제안한다. 중화군은 북한의 대표적인 농업지역으로 관개시설 등 농업기반시설 구축사업도 함께 고려되어야 할 것이다. 세 번째 지역은 산림황폐화 추정 지역이 다수 발견된 대동강 중·하류의 남포시에서 황해남도 안악군, 황해북도 황주군에 이르는 지역이다. 이들 지역에는 조림사업을 중심의 상하수도 기반시설구축사업이 필요하다. 특히 서해갑문의 건설로 악화되고 있는 대동강 수질을 개선하기 위한 수질개선사업이 함께 추진될 필요가 있다. 네 번째 지역은 제방유실지역이 밀집된 재령강 신천군 척서천 구간으로, 제방복원 및 농업기반시설 구축사업을 제안한다. 특히 농업이 주요 산업인 신천군에 대해서는 관개시설정비 등 농업기반시설 구축사업이 추진될 필요가 있다.

〈표 4-14〉 대동강 유역 하천복원 및 유역관리 남북협력사업 대상지역 및 내용

지역	사업내용	대상구간	길이 및 면적
1. 대동강 상류 (평양시가지)	제방복원 및 상하수도 기반구축(수질개선)	보통강 순안구역~재경리	13.2km
		합장강 전구간(대동강 합류부근 제외)	21.4km
		대동강상류 노산천 구간	5.1km
	조림사업	평양 모란봉구역~대성구역	5km <sup>2</sup>
2. 곤양강 및 강남천	제방복원 및 농업기반시설구축	곤양강 중화군 양음리~장산리	7.03km
		조림사업	마장산기슭 및 중화군~박산골산 구간
3. 대동강중·하류	조림사업 및 상하수도기반시설구축	남포시~황해남도 은악군~황해북도 황주군	14.8km <sup>2</sup>
4. 재령강 유역	제방복원 및 농업기반시설구축	재령간 척서천 구간	32.1km

자료: 저자 작성

제방복원사업 대상구간 가운데 합장강은 평양 시가지를 흐르는 도시하천이다. 따라서

거주 인구수, 시가지 근접도 및 시설물 설치현황, 집중호우 발생횟수 등의 하천상태 및 기상여건을 종합적으로 고려하여 제방복원 사업과 오폐수처리를 위한 하수처리시설 및 안전하고 깨끗한 음용수의 안정공급을 위한 상수도시설의 구축 사업이 함께 추진될 필요가 있다.

그런데 합장강은 유역일대의 공업용수로 이용되고 있으며, 립원저수지 부근에 산업단지 및 주거지가 밀집되어 있다. 국내외 하천복원사례를 살펴보면 도심 하천인 안양천, 양재천과 유사한 하천특성을 지니고 있다. 따라서 합장강 하천복원 및 유역관리 사업은 하천의 자연적 수질정화 및 생태환경을 고려한 자연형 하천복원방식을 적용하여 콘크리트 호안은 저수호안공법으로 대체하고, 천변습지나 저류지 등을 조성하여 집중호우 발생시 홍수를 수용하고 피해를 방지할 수 있는 친환경적 생태공간을 조성할 필요가 있다.

합장강을 제외한 5개 구간(보통강 순안구역~재경리 구간, 곤양강 구간, 재령강 구간, 대동강 중·하류 구간, 노산천 구간)은 농촌형 하천이다.<sup>53)</sup> 따라서 하천복원 및 유역관리 사업은 농업기반시설의 구축사업과 통합하여 추진될 필요가 있으며, 수해방지를 위한 저류지 조성 및 제방여유고 확보 등의 사업도 필요하다. 보통강 순안구역의 경우, 맞은편 공업지대인 형제산 구역으로부터 유입되는 오염물질로 인한 수질오염 문제를 고려하여 오폐수처리시설 설치 등 수질오염 개선사업과 연계하여 추진되어야 할 것이다. 마지막으로 대동강 상류 노산천 구간과 곤양강 장산리 구간은 주변지역에 축산업이 발달해 있다. 따라서 제방복원 사업과 함께 축산폐수로 인한 오염을 방지하기 위한 축산폐수 처리시설 설치사업도 추진될 필요가 있다.

53) 보통강 순안구역은 주변 대부분이 농경지 및 초지, 산림으로 구성된 농촌형 하천 구간으로 볼 수 있다(추장민 외, 2010b, p.106)

## Ⅰ 제5장 · 요약 및 결론 Ⅰ

본 연구는 「남북환경협력기반구축사업」의 세부과제로서 위성영상과 관련 자료를 이용하여 대동강 유역의 인문자연 환경 및 하천상태에 대한 조사·분석을 통해 대동강 하천복원 및 유역관리 남북협력방안을 마련하는 데 목적을 두고 있다. 주지하다시피 북한의 낙후된 하천관리체계, 단기적인 목적의 수자원 개발, 토사유입에 따른 하천의 통수기능 저하 등으로 인하여 제방 등 하천구조물 붕괴, 하천생태계 훼손, 홍수와 가뭄 등 자연재해 빈발 등 문제에 직면해 있다. 북한지역의 하천문제는 단지 북한만의 문제가 아니라 한반도 전체의 지속가능한 하천 이용과 관리 차원에서 남북협력의 주요과제로 대두되고 있다. 이에 대동강을 조사대상 하천으로 선정하고 2010년부터 2013년까지 4년 동안 대동강 본류 및 주요 지류를 대상으로 연구를 수행하였다. 지난 4년간 수행한 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

대동강 평양일원과 보통강 유역 320km<sup>2</sup>(1차), 재령강 유역 684km<sup>2</sup>(2차), 곤양강 및 강남천 유역 650km<sup>2</sup>(3차), 대동강 상류, 합장강 및 중·하류 유역 755km<sup>2</sup>(4차)에 대한 하천실태를 파악하고 하천복원 우선대상지역을 선정하여 제시하였다. 구체적으로 2010년 1차 연구에서는 평양일원 및 보통강 유역을 분석하였으며, 보통강 순안구역 남산동~재경리 구간과 형제산구역의 시정천~하당이동 구간을 하천복원 우선대상지역으로 선정하여 제안하였다. 2011년 2차 연구에서는 재령강 유역을 분석하여 신천군의 척서천 구간과 재령군의 척서천 지류 구간, 안악군의 도령천 지류를 하천복원 우선대상지로 선정하였다. 2012년도 3차 연구에서는 2차 연구와 동일한 기준으로 곤양강의 장산리 인근구간, 양음리~금산리구간, 동산리 구간, 강남천 동쪽지류, 강남천 서쪽지류를 하천복원 우선대상지역으로 선정하였다. 2013년 4차 연구에서는 대동강 상류 및 중·하류를 분석하여 상류의 삼석구역 장수원동~삼산리 구간, 합장강 립원동~마산동 구간, 명오동~룡추일동 구간, 룡추일동~룡추이동 구간, 룡추일동~룡궁일동 구간, 룡성이동~화성동 구간, 대동강 중·하류의 황해남도 은천군 구간을 하천복원 우선대상지로 선정하였다.

또한 대동강 유역의 하천상태에 대한 조사 분석결과를 토대로 유역의 지역 및 구간별 하천복원 및 유역관리 남북협력방안을 개발하여 제안하였다. 이를 위해 국내외 하천복원 동향 및 북한의 대동강 하천복원 남북협력사업 수용성을 분석하였으며, 이를 통해 대동강 하천복원 및 유역관리 남북협력사업의 기본방향을 첫째, 하천이 지난 본래의 자연성을 살려 하천의 기능회복을 우선 고려, 둘째, 도시와 농촌의 국토환경 인프라구축과 연계, 셋째, 도시와 농촌의 생태환경보전에 주안, 넷째, 산림복원사업과 연계 등 4가지로 설정하였다.

마지막으로 1~4차 연구에서 선정된 하천복원 우선대상지역의 하천환경특징을 고려하여 남북협력을 위한 제방복원 우선대상지역과 조림사업 우선대상지역을 각각 선정하였다. 제방복원 우선대상지역에는 보통강 순안구역~재령리 구간, 합장강 전구간, 대동강 상류 노산천 구간, 곤양강 금산리~양금리~장산리, 재령강 신천군 척서천 구간의 5개 구간이 선정되었다. 그리고 조림사업 우선대상지역에는 평양 모란봉구역~대성구역, 마장산기술·중화군~박산골산, 대동강 중·하류 남포~황해남도 안악군, 황해북도 황주군 지역이 선정되었다.

이를 근거로 제방복원, 조림사업, 도시 및 농촌 기반시설구축 등 사업을 통합하여 대동강 유역의 각 지역 및 구역별로 종합적인 남북협력방안을 개발하여 제안하였다.

첫 번째로 보통강과 합장강이 지나가는 평양 시가지 지역에는 제방복원 및 수질개선을 위한 상하수도 기반구축사업과 조림사업을 연계한 사업을 제안하였다. 두 번째로 곤양강 및 강남천 유역에는 제방복원 및 조림사업과 농업기반시설 구축사업을 연계한 사업을 제안하였다. 세 번째로 대동강 중·하류 남포지역에서 황해남도 안악군, 황해북도 황주군에 이르는 지역에는 조림 중심의 상하수도 기반시설 구축사업을 제안하였다. 네 번째로 재령강 신천군 척서천 구간은 제방복원사업과 농업기반시설사업을 연계한 사업을 제안하였다.

하천복원 대상지역을 선정하고 복원사업의 내용을 도출하기 위해서는 하천의 종단, 횡단면의 구조를 파악하는 등 현장조사가 반드시 수반되어야 한다. 하지만 북한이 접근 불가능 지역이기 때문에 본 연구에서는 대동강 유역에 대한 문헌자료, 위성영상의 육안판독, RS기법을 통한 토지피복분류, 제외지환경분류에 근거하여 도출하였다.

대동강에 대한 현장 접근성의 제약으로 현장조사가 결여되어 있다는 점이 본 연구의 한계라고 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 지난 4년에 걸쳐 가용한 관련 자료를 최대한 활용하여 대동강 본류 및 주요 지류의 하천상태를 파악하고 관련 자료를 축적함으로써 북한 하천연구에 필요한 기반을 구축하는 성과를 거두었다고 자평해 본다. 그리고 대동강에 대한 사례분석을 통해 본 연구에서 제안한 북한의 하천복원과 유역관리의 남북협력 방향과 사업내용은 향후 남북관계 개선에 따른 남북협력사업을 개발하는 데 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대해 본다.

마지막으로 본 연구경험을 토대로 대동강 외에 북한지역 주요하천에 대한 연구를 지속적으로 수행하여 북한 전역의 하천상태를 파악하고 관리방안을 제안함으로써 하천분야 남북한 협력방안과 한반도 차원의 하천관리전략 개발에 기여해야 할 것이다.

## | 참고 문헌 |

〈국문 자료〉

- 강택구 외. 2012. 「하천복원 및 유역관리 남북협력방안 연구」. pp.8-68.
- 강형식. 2012. 「기후변화를 고려한 지류하천 관리 및 수생태복원방향」.p.87.
- 국토교통부, 2013, 「물과 미래」. pp.234-235.
- 권태진, 임수경. 2013. “2013년 7월 북한의 수태 상황과 경제적 피해”. 「KREI농정포커스」 제67호.
- 기상청. 2013. 「한눈에 보는 북한의 기상재해」. pp.1-84.
- 김성환. 2013. 「달전천 생태하천 복원사업 기본계획」.
- 김철구. 2013. 「해외하천복원사례」.
- 김혜주. 2010. “독일뮌헨의 이자 강(Isar)살리기사업”. 「하천과 문화」6(3):92-103.
- 노태호 편. 2012. 「KEI 북한환경동향 2012년」. pp.31-36.
- 박병수. 2010. “광지천 유역 생태하천 복원사업”. 「하천과 문화」6(3):26-27.
- 서울특별시사편찬위원회. 2001. 「한강의 어제와 오늘」. pp.334-364.
- 우효섭. 2010. “키시미 강 복원-옛것이 새롭다”. 「하천과 문화」6(1):82-89.
- 이민부 외. 2004. “QuickBird 영상을 이용한 서해안 구릉지개간의 특징과 지표침식에 관한 연구”. 「대한지리학회 2005년 춘계학술대회」. pp.50-52.
- 이상준 외. 2012. 「북한의 인프라 개발을 위한 국제사회 협력프로그램 추진방안」. p.38.
- 이성욱. 2010. 「하천복원사업에서 적응관리의 실행 및 평가」.
- 최동진. 2013. 「국내하천복원 현황 및 주요 사례」.
- 최정권. 2006.2.1. “양재천 자연형 하천정비공법의 적용과 관리” . 「양재천 자연형 하천복원 10년 자연형하천복원학술심포지엄」. 강남구민회관. pp.21-39.
- 추장민 외. 2010a. 「남북환경협력기반구축사업」.
- \_\_\_\_\_. 2010b. 「남북환경협력기반구축사업 부록」. pp.5-109.
- \_\_\_\_\_. 2011. 「대동강 주요지류(재령강 일대) 하천환경실태분석 및 하천복원사업 개발」.
- 평화문제연구소. 2005a. 「조선향토대백과 - 1. 평양시」.
- \_\_\_\_\_. 2005b. 「조선향토대백과 - 2. 남포시, 개성시, 라선시」. pp.22-230.
- \_\_\_\_\_. 2005c. 「조선향토대백과 - 8. 황해남도①」. pp.50-60.

환경부 수질보전국. 2003. 「2004자연형하천정화사업 추진지침(오염하천정화사업)」. p.12.  
KEITI. 2012. 「알제리 환경개선 마스터 플랜 수립사업 최종보고서」. p.71.

<영문 자료>

Schiechtl, H. M. and Stern, R, 1997. *Water Bioengineering Techniques: for watercourse, Bank and Shoreline Protection*. Blackwell Science,  
Sven Harmeling. 2012. *Global Climate Risk Index 2013*. Germanwatch. p.6.  
UNEP. 2004. *State of the Environment DPR Korea*.  
\_\_\_\_\_. 2012. *DPR korea Environment and Climate Change Outlook*.  
UNFPA. 2008. *Census of population DPR Korea*. pp.18-22.

<온라인 자료>

국가통계포털 홈페이지. [www.kosis.kr](http://www.kosis.kr) [2013.8.16].

경향신문, 2013. 8. 3. “유엔, 북한 폭우로 33명 사망”.

<http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=100&oid=001&aid=0006409192>.

기상청 홈페이지. “우리나라 기후-북한”.

[http://www.kma.go.kr/weather/climate/average\\_north.jsp?pg=18&do=06&si=2](http://www.kma.go.kr/weather/climate/average_north.jsp?pg=18&do=06&si=2)  
[2013.5.3].

네이버 지식백과 홈페이지. “대동강”. <http://terms.naver.com/> [2013.3.1].

다음백과사전 홈페이지. “룡성구역”. <http://100.daum.net/> [2013.6.3].

\_\_\_\_\_. “천리마군”. <http://100.daum.net/> [2013.6.3].

민족문화대백과사전 홈페이지. “은천군”. <http://encykorea.aks.ac.kr> [2013.6.3].

\_\_\_\_\_. “평양남포고속도로”. <http://encykorea.aks.ac.kr/Contents/> [2013.6.11].

북한지역정보넷 홈페이지. “노산천”. <http://www.cybernk.net/> [2013.5.2].

\_\_\_\_\_. “평양시”. <http://www.cybernk.net/> [2013.5.31].

\_\_\_\_\_. “청천”. <http://www.cybernk.net/> [2013.8.12].

\_\_\_\_\_. “황해남도 은천군 교통”. <http://www.cybernk.net> [2013.6.11].

- 연합뉴스. 2012.10.22. “평양을 홍수서 구하자 - 북, 하천준설 구슬땀”.  
<http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=100&oid=001&aid=0005872372>.
- 위키백과 홈페이지. “남포시”. <https://wikipedia.org/> [2013.6.3].
- \_\_\_\_\_. “대안군”. <https://wikipedia.org/> [2013.6.3].
- \_\_\_\_\_. “서해갑문”. <https://wikipedia.org/> [2013.6.3].
- \_\_\_\_\_. “순안구역”. <https://wikipedia.org/> [2013.10.12].
- \_\_\_\_\_. “천리마군”. <https://wikipedia.org/> [2013.6.3].
- 이데일리. 2013.10.22. “황폐화된 北평양의 산림 2005 vs 2010”.  
<http://www.edaily.co.kr/news/NewsRead.edy?SCD=JF21&newsid=01584246602975544&DCD=A00602&OutLnkChk=Y>.
- 통일부 북한자료 센터. 2005. 「조선민주주의인민공화국 대동강오염방지법」.  
<http://unibook.unikorea.go.kr/MA/> [2013.9.1].
- Google 지도 홈페이지. <https://maps.google.co.kr/>
- KITA 남북경협정보센터 홈페이지. “북한의 공업지구-평양·남포 공업지구”.  
<http://www.kita.net/interkorea2/> [2013. 6. 1].
- TV조선. 2013.7.23. “북한도 ‘물난리’ 이재민 1만명”.  
[http://news.tv.chosun.com/site/data/html\\_dir/2013/07/23/2013072390257.html](http://news.tv.chosun.com/site/data/html_dir/2013/07/23/2013072390257.html)



# Abstract

## **Inter Korea Cooperative Measures for Dae-Dong River Restoration and River Basin Management**

This study is a sub-project of "Establishment of Foundation for Inter-Korea Environment Cooperation", started since 2010. This project was initiated to establish Inter Korea cooperative measures for Dae-Dong River restoration and River Basin Management through utilizing high resolution satellite images.

In the first year, Pyeong-yang city and Bo-tong river basin were analyzed and three priority locations for river restoration cooperative projects were selected.

In the second year, Jae-ryeong River was analyzed and three specific area for river restoration cooperative projects were suggested. In the third year, Gonyang River was analyzed and five specific area for river restoration cooperative projects were selected.

The research method to select priority places for river restoration is, first, to conduct a literature review to create a database. Second, RS and GIS analysis was conducted to select devastated section of the river for land cover classification etc. through utilizing high-resolution satellite images.

This year, as the forth year of the project, the upstream of Dae-dong river, Hap-jang river, which is one of the tributaries of the Dae-dong river, and the middle-down stream of Dae-dong river were analyzed. The purpose of the study is to analyze the environmental condition of Dae-dong river through utilizing high resolution satellite images, select and prioritizes locations of the

river and river-basin which need to be restored. Furthermore, the study aims to establish Inter Korea cooperative measures for Dea-dong River restoration and river basin management.

This study proposes directions of Inter Korea cooperation for Dae-Dong River restoration based on the international trend of river restoration projects and the acceptance of cooperation projects in North Korea. The directions for the inter korea cooperation are: 1) considering river restoration based on a Close-to Nature River Improvement Process, 2) promoting in conjunction with establishment of environmental infrastructure in urban and rural area, 3) focusing on ecological preservation in urban and rural area, 4) promoting in conjunction with forest restoration project. Finally, eight specific locations were selected as a river restoration and forest restoration area based on river environment of the selected priority area from past research (2010~2013). The study also proposes specific areas for river bank revetments and forestation projects based on the outcomes of the study.

Keyword : Inter-Korea Environment Cooperation, Dea-dong River, River Restoration and River Basin Management, Forest Restoration