

기본연구
2009-19

기본연구
2009-19

충청남도 하천유형별
실태분석 및 복원방안



충청남도 하천유형별 실태분석 및 복원방안

- 하천생태축의 사례하천을 중심으로 -

오혜정 · 조용현 · 김도훈

2009 · 12

충남발전연구원

ISBN : 978-89-6124-107-6 03350



CDI 충남발전연구원
Chungnam Development Institute

www.cdi.re.kr

기본연구 2009-19

충청남도 하천유형별 실태분석 및 복원방안

- 하천생태축의 사례하천을 중심으로 -

오혜정 · 조용현 · 김도훈

발 간 사

하천(河川)은 지표면에 내린 빗물 등이 모여 흐르는 물길로서 그 기능에 따라 이수기능, 치수기능, 환경기능으로 구분할 수 있다. 우리나라는 1960년대 이후 급격한 산업화, 도시화의 진전 및 기능위주의 국토개발로 인해 하천 수량이 감소하고 오염이 심화되며 유역의 하천환경이 계속적으로 악화되어 왔으며, 하천을 이수와 치수 기능 위주로 관리한 결과 예전 자연하천의 모습은 인공적으로 많이 변화하였을 뿐만 아니라 그 안에 서식하는 동식물의 서식 환경에도 영향을 미쳤다. 이처럼 기존의 국내 자연형 하천 정화 및 복원 사업은 친수 및 체육시설 설치를 위한 공간의 개념이 강조되어 인공적인 요소가 상당히 가미되는 형태가 주를 이루어 자연형이라기 보다는 공원형 하천의 조성이 되는 경우도 많아지고, 중소하천 정비에서는 자연형하천 개념이 부분적으로 포함되고는 있으나 아직은 저수호안에 돌붙임, 하천공간의 친수공간으로의 이용 수준에 국한된 상태이다.

최근 경제성장에 따라 환경에 대한 국민들의 의식수준이 꾸준히 향상됨에 따라 근래의 하천정비사업은 이·치수적 관점에 더하여 생태환경을 고려하는 측면이 중요한 실천과제로 부각되고 있다. 선진국의 경우 1980년대부터 훼손된 하천 환경의 보전과 복원이 사회의 주요 현안으로 등장하였고 지금까지 꾸준히 실천되고 있다.

최근 환경부가 추진하고 있는 자연형 하천정화사업의 패러다임 전환(수질 및 수생태 보전에 관한 법률에 근거, 2007.5)은 국제적인 하천복원과 관리의 변화추세를 적극 반영한 것으로 하천의 생태적 건강성을 회복하는데 그 주안점을 두고 있다.

또한, 충청남도에서는 2007년부터 광역생태네트워크 구축계획을 수립 중에 있으며, 생태적 연계성과 주변의 산림생태계와의 Blue-Green network 형성을 위해 필요하다고 판단되는 하천을 선별하여 하천생태축을 설정한 상태이다. 그러나, 기구축된 하천

생태축의 일부 하천구간에서 자연성 저하, 생태계 단절, 수질악화 등 하천관리의 문제점이 노출되었다.

이러한 시점에서 충청남도에 설정된 하천생태축 중 문제가 발견되는 구간이 위치한 하천들 중 유형별(산지형 하천, 평지농촌형 하천, 도시형 하천)로 사례하천 3개를 선정하여 수질유량 측정, 하천자연성 조사 및 평가를 실시하여 그 결과에 대응하는 유형별 하천관리 및 기본적인 복원 전략을 수립한 것은 시기적으로나 내용적으로 매우 돋보이는 연구결과라 할 수 있다.

끝으로 본 연구를 수행하는 과정에서 많은 자문과 협조를 아끼지 않은 관계 전문가와 현황조사에 노력한 관계 공무원에게 깊은 감사의 뜻을 표한다. 무엇보다도 여러 가지 어려운 여건에서도 하천유형별 실태분석 및 복원방안 연구에 최선을 다한 오혜정 책임연구원과 함께 연구한 연구진의 노고에 고마움을 전한다. 모쪼록 충남 하천관리 및 복원방안의 기초자료 활용 등 하천관리 정책 및 광역생태네트워크의 형성에 있어서 많은 이해와 관련시책 및 후속연구에 유익한 기초자료로 활용될 수 있기를 기대한다.

2009년 12월 31일

충남발전연구원장 김용웅

연구요약

1. 연구 배경 및 목적

충청남도에서는 2007년부터 광역생태네트워크 구축계획을 수립 중에 있으며, 생태적 연계성과 주변의 산림생태계와의 Blue-Green network 형성을 위해 필요하다고 판단되는 하천을 선별하여 하천생태축을 설정한 상태이다. 그러나, 기구축된 하천생태축의 일부 하천구간에서 자연성 저하, 생태계 단절, 수질악화 등 하천관리의 문제점이 노출되었다. 따라서, 충청남도 하천생태축 중 문제점이 노출된 구간(복원 우선구간: 하천자연도 평가 4등급 이상)이 위치한 하천들의 관리 및 복원방안을 제시할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 충청남도에 설정된 하천생태축 중 문제가 발견되는 구간이 위치한 하천들 중 유형별(산지형 하천, 평지농촌형 하천, 도시형 하천)로 사례하천 3개를 선정하여 수질·유량 측정, 하천자연성 조사 및 평가를 실시하여 그 결과에 대응하는 유형별 하천관리 및 기본적인 복원 전략을 수립하였다. 이를 통해 하천생태축으로 선정된 기타하천의 관리 및 복원방안을 마련하는데 활용할 수 있고, 하천관리에 관한 정책 수립시 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 하천이 생태계의 구조와 기능을 회복한 하천생태축으로서의 역할을 원활히 수행하고 나아가 산림-연안-하천을 잇는 충남 광역생태네트워크를 형성하는데 기여할 수 있으리라 기대한다.

2. 주요 연구내용

본 연구에서는 충청남도에 설정된 하천생태축 중 문제가 발견되는 구간이 위치한 하천들 중 유형별(산지형 하천, 평지농촌형 하천, 도시형 하천)로 사례하천 3개를 선정하여 유형별 하천관리 및 기본적인 복원 전략을 제시하였다. 이를 위하여 도시형 하천(곡교천), 평지농촌형 하천(청지천), 산지형 하천(용수천)을 연구대상 하천으로 선정하

여 현장답사, 수질유량 측정, 하천자연성 조사 및 평가를 실시하였고, 평가분석한 결과를 토대로 각 하천유형별 하천관리 및 복원방안을 제시하였다. 제시된 방법은 향후 하천생태축으로 선정된 기타하천의 관리 및 복원방안을 마련하는데 활용할 수 있고, 하천관리에 관한 정책 수립시 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단되며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

본 연구에서 하천의 실태분석을 위해 조사한 수질과 하천자연도와의 결과를 비교를 해 본 결과 수질농도와 하천자연도는 하천 전체 대표치간에는 어느 정도 상관성이 있을 수 있다고 판단되나, 구간별로는 상관성이 없는 것으로 나타났다. 따라서 수질개선 방안과 하천자연도 회복방안은 별도로 실시하여 종합하여야 할 것으로 판단되며 각 사례하천별 조사결과를 토대로 한 복원방안을 살펴보면 아래와 같다. 도시형 하천인 곡교천은 수질이 매우 악화되어 있는 상태이므로 무엇보다 수질개선방안이 우선되어야 한다. 곡교천의 수질농도를 살펴보면 천안천 합류전인 상류에서는 BOD₅ 기준 수질농도가 Ib등급의 수질을 나타내고 있지만 천안천 합류 후 곡교천 중류지역의 BOD₅는 6.5mg/L(IV등급)로 급격히 높아졌으며, 와천 합류 후 곡교천 하류지역의 BOD₅는 7.4 mg/L(IV등급)로 수질이 더욱 높아지는데 이는 도심을 통과한 수질오염도가 높은 천안천, 매곡천, 온천천이 합류하기 때문인 것으로 나타났다. 따라서, 곡교천의 수질을 개선하기 위해서는 천안천, 매곡천, 온천천의 수질개선이 우선되어야 한다. 이처럼 천안, 아산 도심하천의 수질개선으로 곡교천과 더불어 삼교호의 수질개선 효과를 기대할 수 있을 것이다. 또한 곡교천은 천안, 아산지역을 통과하면서 일부유역의 경우 인구밀도가 매우 높고, 폐수배출시설이 밀집되어 있으며 무엇보다 향후 개발계획이 다수 수립된 지역이므로 장래오염원에 대한 관리가 필요할 것으로 판단된다. 하천자연도 조사는 총 16개 구간을 나누어 실시하였으며, 이 중 3개 구간은 하천자연도 평가결과 4등급으로 복원이 필요한 것으로 나타났다. 도시형 하천의 모습을 보이고 있는 곡교천은 제내지, 제외지 모두 사람들의 이용으로 인해 교란을 받고 있었다. 특히 제내지는 상가, 주거지 등으로 녹지가 없었으며, 제외지는 주차장, 운동장 등으로 이용되고 있어 주변의 녹지나 산림과의 연결이 단절되는 등 하천이 교란을 받고 있었다. 곡교천의 도시하천 구간은 고수부지를 운동공간으로 이용하고 있으며, 제방상단은 도로, 제내지는 아파트, 상가 등으로 이용하고 있었다. 따라서 제내지는 자투리 공간을 활용한 녹지조성

과 토지 수용을 통한 녹지조성이 필요하며, 제방상단의 도로는 가로녹지를 조성하여 하천의 교란을 최소화 하여야 한다. 제외지는 인공호안과 제방의 인공 구조물을 제거하고 고수부지의 이용을 제한하고 녹지와 강변습지 조성과 나무무더기, 돌무더기 등의 서식처를 조성하며, 정화식물을 식재하여 하천의 기능을 되돌려 주어야 한다. 조성 후에는 사후 관리를 위해서 지속적인 모니터링을 통해 복원효과가 잘 나타나고 있는지 확인하고 복원효과가 미흡한 구간은 요인을 파악한 후 필요한 조치를 취해 복원효과를 높여야 하며, 특히 도시형 하천은 하천주변의 토지수용, 기존 토지이용과의 경합 등 주민들과의 마찰이 우려됨으로 주민설명회를 통해 마찰을 최소화하고 주민들의 이용과 파손이 우려됨으로 도시형 하천에 맞는 세부적인 관리방안이 마련되어야 한다.

평지농촌형 하천인 청지천은 간월호로 직접 유입되는 하천으로 현재 수질이 매우 악화되어 있는 상태로 무엇보다 수질개선이 시급한 실정으로 나타났다. 청지천의 경우 BOD₅를 기준으로 상류지역의 경우 IV등급, 하류지역의 경우 VI등급(10mg/L 초과)의 수질을 보이고 있다. 청지천 유역의 경우 유역면적당 오염원이 밀집해있으며(특히, 3개 하천 중 인구밀도가 가장 높은 것으로 나타났음), 서산공공하수처리시설이 청지천의 제1지류에 직접 방류되고 있었다. 또한 유역의 66%가 농지로 하천변에 위치하고 있었고, 축사 또한 하천변에 위치하는 등 오염원이 직접 하천으로 유입되고 있었다. 따라서 오염원 및 하수처리시설을 분산시키는 방안과 하천의 유량 확보방안이 마련되어야 하며, 하천변에 저류지 및 완충녹지를 설치하는 등의 대책이 필요할 것으로 판단된다. 청지천은 평지농촌형 하천으로 하천주변 즉, 제내지가 주로 농경지로 이루어져 있었다. 하천자연도 조사 및 평가결과를 살펴보면 청지천은 총 5개 조사지점 중 3등급 3개 구간, 4등급 2개 구간으로 조사되었다. 조사 부문별로 보면 수로의 굴곡 유도, 종사주(강변사주, 굴곡부 사주 등)를 유도해 주어야하고 종단면 부문에서는 횡사주의 유도, 흐름의 다양성을 위해 사주, 거석 등의 형성과 보와 낙차공을 철거하거나 어도를 설치해야 한다. 횡단면 부문에서는 정비로 인해 횡단면 유형이 사다리꼴로 단순한 형태이고 폭 다양성이 '경미한' 정도로 나타나고 있어 하천 수로 폭의 다양성을 유도 해주어야 한다. 하상구조 부문에서는 소, 여울 등을 조성하여 주어야 하고 저수로변 구조 부문은 자연호안이 아닌 구간은 자연호안으로 조성하고 외래식물인 환삼덩굴을 제거하고 하천식생의 도입이 필요한 것으로 나타났다. 하천주변 부문은 수변녹지를 조

성하여 동물의 서식처 제공과 하천에 그늘을 제공하고 주변의 교란요인과 오염원으로 부터 완충효과를 얻을 수 있다. 가축사육지역은 축사 지역을 중심으로 하천에 정화식 물을 식재하여 피해를 최소화해야 한다. 또한, 평지농촌형 하천은 농업용수를 확보하기 위한 보가 많이 있어 하천을 다르게 변화시키고 있어 철거하거나 어도의 설치 등이 필요하고 또한 경작지 주변의 녹지는 작물의 수확량에 영향을 주므로 농민들이 녹지 조성을 반대하고 있다. 따라서 대상지역 주민들과의 긴밀한 대화가 필요하고 농경지와 하천 수변녹지와의 거리를 두어 농작물에 영향을 최소화하고 농경지와 수변녹지와의 사이공간은 산책로, 수변공원 등으로 활용하여 사람들의 이용으로 인한 하천의 피해를 줄이고 사람들에게도 여가의 공간을 제공할 수 있을 것이다. 그리고 고수부지를 농경지로 점용하여 사용하고 있는 구간은 농경지를 제거하여 녹지를 조성하거나 강변습지를 조성하여야 한다. 조성 후에는 사후 관리를 위해서 지속적인 모니터링을 통해 복원 효과가 잘 나타나고 있는지 확인하고 복원효과가 미흡한 구간은 요인을 파악한 후 필요한 조치를 취해 복원효과를 높이고 인근 주민들과의 대화를 통해서 불신의 해결이 필요하고 주민들을 관리자로 활용함으로써 경제적인 이익과 자긍심을 같도록 해야 한다.

산지형 하천인 용수천의 경우 BOD₅를 기준으로 상하류 지역 모두 Ib등급의 수질을 보이고 있으며, 일반적으로 농촌, 도시하천 보다는 산림과 인접하거나 연결되어있어 생물다양성과 자연성이 높은 것으로 나타났다. 용수천은 하천자연도 평가를 위해 총 7개 지점을 조사하였고, 그 결과 3등급 5개 구간, 2등급, 4등급이 각 1개 구간씩 조사되었다. 수로발달 부문이 가장 취약한 부문으로 조사되어 강변사주, 굴곡부사주, 수로의 굴곡 등의 유도가 필요하고 하상구조 부문에서 소, 여울, 물웅덩이 등의 조성이 필요한 것으로 나타났다. 산지형 하천은 복원할 부문이 많지 않지만 산림과 하천사이의 구조물, 소규모 주거지, 축사 등을 고려하여 관리하여야 한다. 용수천의 경우 상류지역이 계룡산 국립공원으로 자연성이 높지만 주변에 식당이 많아 산림과의 연결을 제한하고 있어 동물들이 산림과 하천을 자유로이 이동할 수 있도록 유도 펜스나 생태통로를 조성하여 주어야하고 또한 산림과 하천이 인접한 경우 하천과 산림사이에 주거지, 기타 구조물 등이 있어 산림과 하천의 연결성을 제한하고 있어 연결성 확보를 위한 연결녹지를 조성할 필요가 있다. 또한, 보와 여름철 행락객의 이용 등으로 인해 하천의

자연도가 떨어지는 경향이 있으므로 보 제거를 통해 본래의 하천특성을 되찾고 여름철 행락객의 관리 등을 통해 외부압력을 최소화할 필요가 있다. 조성 후에는 사후 관리를 위해서 지속적인 모니터링을 통해 복원효과가 잘 나타나고 있는지 확인하고 복원효과가 미흡한 구간은 요인을 파악한 후 필요한 조치를 취해 복원효과를 높이고 관리방안을 마련하여 복원효과가 유지되도록 해야 한다.

3. 결론 및 정책 제언

본 연구에서는 분석가능한 표본수가 적어 각 평가항목간에 상관관계의 결과를 일반화 하는데는 한계가 있었다. 다만 일반적으로 하천관리에 기준이 되는 BOD₅의 농도와 하천자연도간의 상관성이 비교적 떨어지므로 하천 관리방안을 마련할 경우 하천의 물리적 구조 평가와 수질의 조사결과를 바탕으로 하천평가 기준을 설정하고, 그 기준에 입각하여 하천을 평가하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 따라서 하천의 물리적 구조 평가와 하천 수질 평가 결과를 종합하여 하천을 종합평가하고 하천의 관리 및 복원 방안을 마련하는 것이 타당할 것이다. 또한, 하천의 수생태 건강성 평가(생물학적 지표에 의한 평가)를 추가한다면 생태계의 복원 관점에서 보다 타당한 방안을 마련할 수 있을 것이다.

하천복원은 대상하천의 유역개념에서 접근하여 복원의 우선순위를 결정해야 한다. 또한, 하천연속성의 개념에서 접근하여 가장 자연스러운 하천을 조성하기 위한 방법을 모색하여야 한다. 따라서 하천복원시 하천생태유량의 확보 및 수질개선이 우선시 되어야 한다. 따라서 충남 하천생태축 하천의 복원우선 순위는 하천생태유량 확보와 수질 개선이 시급하며, 자연도가 낮은 유역을 1순위로 하고, 하천자연도 평가를 통해 전체 하천 등급이 3등급 이하인 유역을 차후 순위로 복원해야 한다. 단, 물리적 구조의 복원은 구간별로 등급이 낮은 순으로 우선하여야 한다.

차 례

발간사

제1장 서 론

제1절 연구의 배경 및 목적	1
1. 연구의 배경	1
2. 연구의 목적	6
제2절 연구의 범위 및 방법	6
1. 연구의 범위	6
2. 연구의 방법	8

제2장 관련 이론 및 국내·외 하천관리 및 복원 연구동향

제1절 하천관리 및 복원의 동향 및 개념	10
1. 하천관리 및 복원의 최근 동향	10
1) 하천관리 및 복원 관련 동향	10
2) 하천복원의 여건과 가능성	11
2. 하천복원 관련 개념	13
1) 하천복원의 의미	13
2) 하천복원 사업의 유형	15
3) 하천의 시·공간적 특성	16
4) 하천의 공간적 구조	18
5) 하천의 기능	23
제2절 국내·외 하천관리·복원의 사례 및 시사점	24

1. 국내 하천관리 및 복원의 사례분석	24
1) 서울시 강남구의 양재천 사업	24
2) 오산천 하천환경정비사업	25
3) 소하천정비사업	27
4) 광주천 자연형하천 정화사업	28
5) 자연형 하천관리 및 복원 방안에 관한 연구	30
2. 국외 하천관리 및 복원의 사례분석	31
1) 스위스의 하천재생	31
2) 독일의 하천재자연화	31
3) 일본의 다자연하천조성	32
4) 미국의 하천복원	33
3. 국내·외 하천관리 및 복원사례의 시사점	33
1) 국내·외 사례 비교·분석	33
2) 국내·외 하천관리 및 복원사례의 시사점	36
4. 선행연구와의 차별성	39

제3장 사례하천의 조사 및 평가

제1절 사례하천의 선정	40
1. 선정방법	40
2. 선정결과	43
제2절 사례하천의 물환경 현황	45
1. 유역의 일반특성	45
1) 유역현황	45
2) 행정구역 현황	48
2. 오염원현황	49
1) 인구현황	49
2) 축산현황	52
3) 산업현황	54

4) 토지이용현황	55
3. 환경기초시설 현황	59
제3절 하천자연도 조사 및 평가	60
1. 조사지점 및 시기	60
2. 조사 및 평가방법	61
1) 조사내용 및 방법	61
2) 평가내용 및 방법	65
3. 조사 및 평가결과	69
1) 조사결과	69
2) 평가결과	73
제4절 하천 수질 및 유량조사	85
1. 조사지점 및 시기	85
2. 조사방법	89
1) 유량	89
2) 수질	89
3. 조사결과	90
제5절 수질지표와 하천자연도 지표에 의한 평가결과 비교·분석	93

제4장 하천관리 및 복원방안

제1절 하천생태축 관리를 위한 하천복원의 기본방향	98
1. 목표	98
2. 복원 우선순위	98
3. 기본방향	99
1) 하천 생태유량 확보 및 수질개선	99
2) 물길 연결	99
3) 하천자연도 낮은 구간의 생태하천 복원	100
4) 수변녹지 및 생태벨트 연결	101
제2절 하천유형별 관리 및 복원방안(충남 사례하천의 관리 및 복원방안)	103
1. 유형별 하천특성	103

1) 도시형 하천	103
2) 평지농촌형 하천	103
3) 산지형 하천	104
2. 하천유형별 관리 및 복원방안	105
1) 곡교천 (도시형 하천)	105
2) 청지천 (평지농촌형 하천)	108
3) 용수천 (산지형 하천)	111
3. 유형별 하천복원의 공통 추진방향	112

제5장 결론 및 제언

제1절 요약 및 결론	114
제2절 정책제언	119
제3절 연구의 한계 및 향후 과제	121

참고문헌

부록 1. 하천자연도 조사 야장

부록 2. 하천자연도 평가 조사지 양식

부록 3. 사례하천 수질 및 유량 측정지점 현장사진

부록 4. 선진국 하천복원 사례 사진

표 차례

<표 2-1> 하천 유역과 경관적 특성	17
<표 2-2> 국내·외 사례 비교·분석	34
<표 2-3> 스위스, 독일, 일본의 생태적 하천 복원	37
<표 2-4> 하천관리 및 복원에 있어서의 고려인자	38
<표 3-1> 곡교천 유역의 행정구역별 인구현황	50
<표 3-2> 청지천 유역의 행정구역별 인구현황	50
<표 3-3> 용수천 유역의 행정구역별 인구현황	51
<표 3-4> 사례하천 유역의 행정구역별 축산현황	52
<표 3-5> 곡교천 유역의 행정구역별 토지현황	56
<표 3-6> 청지천 유역의 행정구역별 토지현황	57
<표 3-7> 용수천 유역의 행정구역별 토지현황	58
<표 3-8> 곡교천 유역의 환경기초시설 현황	59
<표 3-9> 청지천 유역의 환경기초시설 현황	60
<표 3-10> 용수천 유역의 환경기초시설 현황	60
<표 3-11> 하천의 물리적 구조 평가항목	66
<표 3-12> 하천의 물리적 구조 평가항목 (계속)	67
<표 3-13> 곡교천 하천자연도 등급	74
<표 3-14> 청지천 하천자연도 등급	78
<표 3-15> 용수천 하천자연도 등급	82
<표 3-16> 조사지점의 유량 및 수질측정 결과	91
<표 3-17> 조사지점의 수질지표 및 하천자연도와의 비교·분석	95
<표 4-1> 도시형 하천의 관리 및 복원방안	106
<표 4-2> 평지농촌형 하천의 관리 및 복원방안	109
<표 4-3> 산지형 하천의 관리 및 복원방안	112

그림차례

[그림 1-1] 광역생태네트워크 연결	5
[그림 1-2] 하천생태축 관리구역 지정	5
[그림 1-3] 연구의 수행체계도	9
[그림 2-1] 하천복원 패러다임의 변화	13
[그림 2-2] 수생태계 건강성 회복을 위한 하천복원	14
[그림 2-3] 하천복원 사업의 유형별 분류	16
[그림 2-4] 공간적 규모에 따른 하천환경 분석	18
[그림 2-5] 하천의 영역구분	19
[그림 2-6] 하천의 종적 구조	20
[그림 2-7] 하천연속체 개념을 이용한 하천 생물군집의 종적 구조	21
[그림 2-8] 하천구간의 횡단구조	22
[그림 2-9] 하천수로의 횡단면	22
[그림 2-10] 하천의 이용적인 측면	23
[그림 2-11] 하천의 자연적인 측면	24
[그림 2-12] 서울시 강남구 양재천 공원화	25
[그림 2-13] 수원시 수원천 복원	25
[그림 2-14] 오산천 하천환경정비 전경	27
[그림 2-15] 양평군 소하천정비사업	27
[그림 2-16] 광주천 자연형하천 정화사업 시범구간 전경	28
[그림 3-1] 충남 하천생태축의 현황	41
[그림 3-2] 충청남도 하천생태축의 유역별 토지이용현황도	41
[그림 3-3] 하천유역별 토지이용 그룹핑 현황	42
[그림 3-4] 연구 대상지역 선정	44
[그림 3-5] 곡교천 유역현황	46

[그림 3-6] 청지천 유역현황	47
[그림 3-7] 용수천 유역현황	48
[그림 3-8] 사례하천 유역의 행정구역 현황도	49
[그림 3-9] 사례하천 유역의 인구밀도 분포도	52
[그림 3-10] 곡교천 유역의 읍·면별 축산현황도	53
[그림 3-11] 청지천 유역의 읍·면별 축산현황도	53
[그림 3-12] 용수천 유역의 읍·면별 축산현황도	54
[그림 3-13] 사례하천 유역의 폐수배출시설 현황도	55
[그림 3-14] 곡교천 유역의 토지현황도	56
[그림 3-15] 청지천 유역의 토지현황도	57
[그림 3-16] 용수천 유역의 토지현황도	58
[그림 3-17] 하천 수변환경 권역 구분 및 조사내용	62
[그림 3-18] 하천자연도 평가 전체 등급 예시 (섬진강)	68
[그림 3-19] 곡교천 하천자연도 조사 현장사진	70
[그림 3-20] 청지천 하천자연도 조사 현장사진	71
[그림 3-21] 용수천 하천자연도 조사 현장사진	72
[그림 3-22] 곡교천 항목별 점수 분포도	75
[그림 3-23] 곡교천 하천자연도	76
[그림 3-24] 청지천 항목별 점수 분포도	79
[그림 3-25] 청지천 하천자연도	80
[그림 3-26] 용수천 항목별 점수 분포도	83
[그림 3-27] 용수천 하천자연도	84
[그림 3-28] 곡교천 측정지점 위치	86
[그림 3-29] 청지천 측정지점 위치	87
[그림 3-30] 용수천 측정지점 위치	88
[그림 3-31] 사례하천 수질현황도	92
[그림 3-32] 곡교천 수질 및 자연도 비교	93
[그림 3-33] 청지천 수질 및 자연도 비교	93
[그림 3-34] 용수천 수질 및 자연도 비교	94

[그림 3-35] 수질농도, 유달부하량과 하천자연도의 상관관계	96
[그림 4-1] 낙차공으로 단절된 하천을 어도의 설치로 연결성 회복	100
[그림 4-2] 거석을 이용한 돌출수제	101
[그림 4-3] 토지매수를 통한 수변생태벨트 조성	101
[그림 4-4] 야생조류 보호방안	102
[그림 4-5] 하부통로형 생태통로	102
[그림 4-6] 상부통로형 생태통로	102

제1장 서론

제1절 연구의 배경 및 목적

1. 연구의 배경

「하천법」에서의 하천의 정의(제2조1항):

“하천(河川)”이라 함은 지표면에 내린 빗물 등이 모여 흐르는 물길로서 공공(公共)의 이해(利害)에 밀접한 관계가 있어 국가하천 또는 지방하천으로 지정된 것을 말하며, 하천구역(河川區域)과 하천시설(河川施設)을 포함하는 것을 말한다.

■ 하천은 그 기능에 따라 이수기능, 치수기능, 환경기능으로 구분할 수 있음

- 이수(利水)기능 : 물을 이용하는 기능으로, 생활, 공업, 농업용수 공급 등 뿐만 아니라, 내륙, 주운, 수력발전, 골재채취나 어업을 이롭게 하는 것까지 포함한다.
- 치수(治水)기능 : 홍수방어를 주목적으로 하는 지역의 안전과 방재기능(홍수조절, 하폐수 배제, 토사소통 등)으로, 하천 주변에 인간이 거주하고 있는 이상 갖추어야 할 기본적인 기능을 말한다.
- 환경(環境)기능 : 동식물서식처 공간, 수질정화작용, 물질의 소비·공급 전환자 역할, 기후조절, 어류와 야생동물의 이동통로, 그린네트워크의 근간 등 자연보전적인 기능과 기타 친수 및 공간기능(수상위락, 수변경관, 정서함양 등)을 말한다.

■ 그간 하천관리의 문제점

- 우리나라는 1960년대 이후 급격한 산업화, 도시화의 진전 및 기능위주의 국토개발로 인해 하천 수량이 감소하고 오염이 심화되며 유역의 하천환경이 계속적으로 악화되어 왔다.
- 하천을 이수과 치수 기능 위주로 관리한 결과 예전 자연하천의 모습은 인공적으로 많이 변화하였을 뿐만 아니라 그 안에 서식하는 동식물의 서식 환경에도 영향을 미쳤다. 이는 생태계에 대한 인식과 보전에 대한 이해 없이 중앙정부 및 광역시·도가 중심이 되어 이수과 치수 목적으로 직강화와 콘크리트 재료를 사용한 제방 건설이 이루어져왔기 때문이다.
- 또한 도시에서 하천은 대부분 하수나 공장폐수 등의 배수로가 되어버렸으며, 하천변의 공간은 주차장이나 도로로 사용되는 경우가 많았다.
- 이처럼 기존의 국내 자연형 하천 정화 및 복원 사업은 친수 및 체육시설 설치를 위한 공간의 개념이 강조되어 인공적인 요소가 상당히 가미되는 형태가 주를 이루어 자연형이라기 보다는 공원형 하천의 조성이 되는 경우도 많아지고, 중소하천 정비에서는 자연형하천 개념이 부분적으로 포함되고는 있으나 아직은 저수호 안에 돌붙임, 하천공간의 친수공간으로의 이용 수준에 국한된 상태이다.
- 특히, 국내 전역의 다양한 지자체에서 최근에 경쟁적으로 시행하고 있는 자연형 하천복원 사업은 실제로는 하천복원의 기본적인 목적과 개념이 무시된 채 획일적인 정비와 치수 및 이용 차원으로 발전되어 지역적 특성을 나타내지 못하고 대부분 비슷한 모습으로 단순화되어 가고 있어 하천의 참모습을 찾아가는데 큰 문제점을 안고 있는 실정이다.

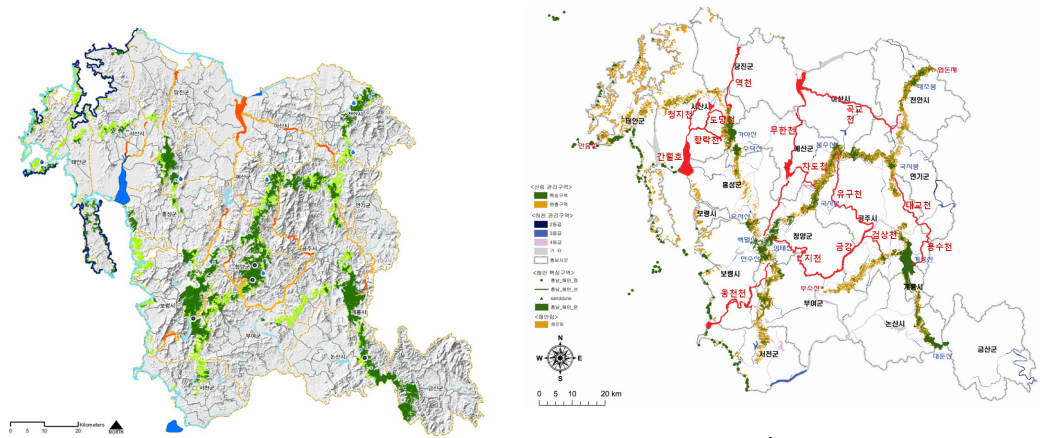
■ 하천관리 패러다임의 변화 및 동향



- 최근 경제성장에 따라 환경에 대한 국민들의 인식수준이 꾸준히 향상됨에 따라 근래의 하천정비사업은 이·치수적 관점에 더하여 생태환경을 고려하는 측면이 중요한 실천과제로 부각되고 있다. 선진국의 경우 1980년대부터 훼손된 하천 환경의 보전과 복원이 사회의 주요 현안으로 등장하였고 지금까지 꾸준히 실천되고 있다.
- 최근 환경부가 추진하고 있는 자연형 하천정화사업의 패러다임 전환(수질 및 수생태 보전에 관한 법률에 근거, 2007.5)은 국제적인 하천복원과 관리의 변화추세를 적극 반영한 것으로 하천의 생태적 건강성을 회복하는데 그 주안점을 두고 있다.
- 하천복원의 진정한 의미는 훼손된 하천 생태계의 기능과 구조를 되살리는 것이며, 이를 위해 하도와 하천 변을 원래의 하천모습에 가깝게 되돌리는 것을 의미한다. 즉 치수 또는 다른 목적의 하천 사업에 의해 훼손된 하천 환경을 복원시키는 것으로서 생태계 회복에 중점을 둔다.
- 이처럼 국가적인 하천관리 개념은 이미 선진국의 방향과 일치하도록 확립되었으며 이를 위한 제도적 기반을 구축하고 있다. 이미 창원시와 하남시 등은 생태하천으로의 복원을 천명하여, 환경부로부터 시범사업지구로 선정되어 재정적 지원을 받고 있는 상황이고, 다른 지자체에서도 생태적인 하천복원사업의 모델을 만들어내기 위해 노력 중에 있다.

■ 충청남도 하천생태축 구축

- 충청남도에서는 2007년부터 광역생태네트워크 구축계획을 수립 중에 있으며, 생태적 연계성과 주변의 산림생태계와의 Blue-Green network 형성을 위해 필요하다고 판단되는 하천을 선별하여 하천생태축을 설정한 상태이다.



자료 : 충청남도, 충청남도 광역생태네트워크 구축연구, 2007~2008자료 : 충청남도, 충청남도 광역생태네트워크 구축연구, 2007~2008
 [그림 1-1] 광역생태네트워크 연결 [그림 1-2] 하천생태축 관리구역 지정

산과 연안의 생태적 연결

- 향락천, 도당천, 청지천을 이용한 간월호와 가야산 연계
- 웅천천을 활용한 부사방조제-만수산 연계
- 역천을 활용한 석문호, 고평저수지 연계
- 무한천을 활용한 삽교호-백월산 연계
- 곡교천을 활용한 삽교호-광덕산 연계

산과 산의 생태적 연결

- 지천을 활용한 금강과 백월산 연계
- 유구천을 활용한 공주시내-봉수산 연계
- 용수천, 대교천을 활용한 계룡산과 국사봉 연계

- 그러나, 기구축된 하천생태축의 일부 하천구간에서 자연성 저하, 생태계 단절, 수질악화 등 하천관리의 문제점이 노출되었다.
- 따라서, 충청남도 하천생태축 중 문제점이 노출된 구간(복원 우선구간:하천자연도 평가 4등급 이상)이 위치한 하천들의 관리 및 복원방안을 제시할 필요가 있다.

2. 연구의 목적

- 본 연구의 목적은 충청남도에 설정된 하천생태축 중 문제가 발견되는 구간이 위치한 하천들 중 유형별(산지형 하천, 평지농촌형 하천, 도시형 하천)로 사례하천 3개를 선정하여 수질·유량 측정, 하천자연성 조사 및 평가를 실시하여 그 결과에 대응하는 유형별 하천관리 및 기본적인 복원 전략을 수립하는 것이다.
- 이를 통해 하천생태축으로 선정된 기타하천의 관리 및 복원방안을 마련하는데 활용할 수 있고, 하천관리에 관한 정책 수립시 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.
- 또한, 하천이 생태계의 구조와 기능을 회복한 하천생태축으로서의 역할을 원활히 수행하고 나아가 산림-연안-하천을 잇는 충남 광역생태네트워크를 형성하는데 기여할 수 있으리라 기대한다.

제2절 연구의 범위 및 방법

1. 연구의 범위

■ 공간적 범위

- 「충청남도 광역생태네트워크 구축을 위한 자연환경조사」에서 선정된 복원 우선 19개 구간(74km) 가운데 하천자연도 평가를 기준으로 4등급 판정을 받은 하천 가운데 도시형 하천(곡교천)·평지농촌형 하천(청지천)·산지형 하천(용수천)의 특성을 나타내는 각 1개 사례하천을 선정하여 연구대상지역으로 하였다.
- 사례하천 선정을 위한 하천유형은 우선 인위적 요인에 의한 하천변형이 심한 도시형 하천과 그 정도가 약한 전원형 하천으로 구분하였고, 전원형 하천은 다시 하천지형학적 특성에 따라 산지형 하천과 평지농촌형 하천으로 재구분하였다.

- 이처럼 사례하천을 구분한 이유는 하천관리의 여건상 비자연적인 특성 측면에서 큰 차이를 보이는 도시와 농촌 두 가지 경우의 하천상황을 구분하여 파악함과 동시에, 자연적 특성이 상이한 산지하천과 평지하천의 경우를 구분하여 살펴보고자 하였기 때문이다.

■ 시간적 범위

- 사례하천의 현장답사, 수질유량 측정, 하천자연성 조사는 2009년 4월부터 2009년 7월에 실시하였으며, 기타 하천관련 행정자료 및 오염원자료는 2008년 말 기준으로 조사하였다.

■ 내용적 범위

- 하천관리와 복원 관련 이론 및 개념을 살펴보고 국내외 하천관리 및 복원사례를 조사하였다. 이를 토대로 시사점을 도출하여 본 연구에 적용하였다.
- 하천생태축 상의 복원우선 하천 중 산지형 하천, 도시형 하천, 평지농촌형 하천을 대표하는 사례하천 3개를 대상으로 선정하여 하천자연성 조사 및 평가, 하천의 유량 및 수질 측정 및 분석을 실시하였다.
- 하천의 생태적 복원을 고려할 때 생물상 조사를 실시하여야 하나 하천 생물상의 조사 및 평가에는 다양한 전문성이 요구될 뿐만 아니라 넓은 공간적 범위를 포함하는 자세한 조사 및 평가에는 시간과 비용상의 어려움이 따른다. 이를 감안하여 생물상의 조사 및 평가는 식물상에 국한하여 조사가 가능한 항목으로 대체하여 간접 측정하는 것으로 하였다.
- 평가분석한 결과를 토대로 각 하천유형별 생태적 건강성 회복을 위한 하천관리 및 복원전략(방안)을 제시하였다.
- 또한, 연구결과를 토대로 한 하천관리 및 복원에 관한 정책제언, 연구의 한계, 향후 과제를 기술하였다.

2. 연구의 방법

■ 문헌 및 자료조사

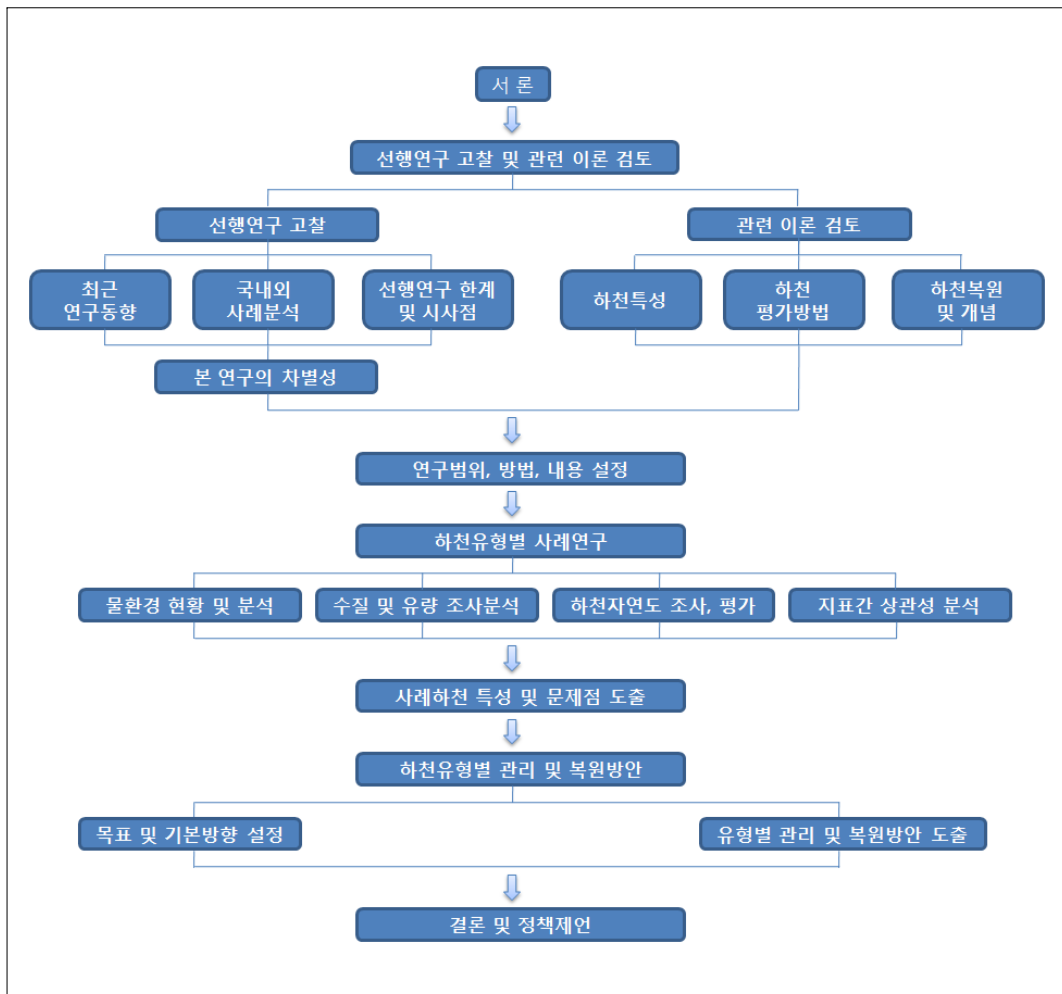
- 국내외 선행연구사례, 유역의 개황, 하천의 현황, 기초 수질오염원 현황, 하천환경관련 관리실태 등의 조사를 위하여 정부 및 충청도에서 출간된 통계, 하천관리 관련 논문 및 연구보고서, 관련 법률 등 각종 관련 자료를 이용하였다.

■ 현장조사 및 분석

- 하천생태축의 기초자료를 토대로 공동연구진과 현장을 방문하여 대표적인 연구대상하천을 선정하였다.
- 하천자연성 평가, 유량수질조사 등 현장조사를 실시하고 분석하였다.
 - 수로의 발달, 종단면·횡단면, 하상구조, 저수로변 구조, 하천주변 식생 등을 중심으로 자연성을 조사하여 평가하였다.
 - 수질 및 유량측정은 저수기 및 갈수기를 중심으로 현장실측 및 분석(4월~5월)을 실시하였고, 환경부 수질측정망 자료를 이용하여 함께 분석하였다.

■ 하천관리 및 복원방안 마련

- 조사한 자료를 토대로 문제점 도출, 국내외 하천복원사례 및 선행연구 고찰, 워크숍 개최(전문가, 공무원, 연구진 등) 등을 통하여 하천의 관리 및 복원방안을 제시하였다.



[그림 1-3] 연구의 수행체계도

제2장 관련이론 및 국내·외 하천관리 및 복원 연구동향

제1절 하천관리 및 복원의 동향 및 개념

1. 하천관리 및 복원의 최근 동향

1) 하천관리 및 복원 관련 동향¹⁾

■ 선진국의 경우 '80년대부터 하천의 환경기능을 중요시하는 자연형 하천정비 방식을 도입하고 유역통합관리체계로 전환

- 독일은 '76년 연방자연보호법 제정을 계기로 유역통합 차원의 본격적인 자연형 하천정비를 추진하였고, 하천의 완벽한 복원이 불가능하다는 점에서 최대한 자연 상태에 근접될 수 있는 「근(近)자연형 하천공법」 개발하고 시행하였다.
- 라인강 복원을 위하여 상하류 국가가 참여하는 라인강보존 위원회(ICRP)²⁾는 수질개선, 생태회복, 홍수관리를 위한 라인강 활동프로그램을 시행하고 있다.
- 미국은 '90년 초반부터 치수위주에서 하천복원으로 전환하기 위한 학술연구가 본격화되고, 유역관리체계 도입 등이 반영된 ' 맑은 물 실천계획 '을 97년에 수립하고 시행하였다.
- 하천 복원을 위한 연구와 실행사업을 추진하기 위한 공동그룹³⁾을 구성하여 「하천복원 기

1) 본 내용은 환경부(2006)의 "하천의 수생태 건강성 회복전략, 환경부 수질보전국 보도자료" 내용물 수정·인용

2) ICRP; International Commission for the Protection of the Rhine Against Pollution

3) 공동그룹 ; Federal Interagency Stream Corridor Restoration Working Group

술지침서」 발행, 하천수계 복원방식에서 유역접근방식을 시행하고 있다.

- 영국은 '80년대부터 생태계보전, 친수기능 증진, 경관개선 등을 중시하는 하천 정비사업을 추진하였으며, '96년 환경청으로 통합되면서 하천복원사업이 활성화되었다.
- EU의 생태복원 프로그램(the EU-LIFE project) 지원으로 스케른강, 콜강('95-96)에 대한 시범사업 결과를 토대로 '99년에 하천복원 기술지침서를 발행하였다.
- 기존 하천 수변조사(River Corridor Survey)를 생태적 측면의 하천서식처 조사(River Habitat Survey)로 전환하였다.

■ 우리나라도 '90년대 중반부터 아치수 위주의 하천정비사업을 자연형 하천정화 사업, 생태하천만들기사업(환경부), 친환경 하천정비사업, 테마형 도시생태하천 조성사업(국토해양부) 등으로 전환하여 추진

- 환경부는 '87년부터 오염된 하천을 대상으로 수질개선을 위하여 퇴적물 준설, 정화시설 설치 등 오염하천정화사업을 추진하였고 '96년부터 수질개선과 생태복원에 주안점의 자연형 하천정화 사업을 수립·시행하고 있으며, 2006년부터 2015년까지 생태하천만들기 10개년 계획을 수립하고 그에 따라 복원사업을 추진 할 예정에 있다.
- 국토해양부는 '98년 오산천에 대한 친환경적 하천정비 시범사업을 실시하고 이후 경안천·경천 등 7개 하천으로 확대·시행하고 있다. 2011년까지 12,000억원을 투자하여 27개 하천 50개 지구 도시하천 환경개선계획이 추진 예정이다.

2) 하천복원 사업의 여건과 가능성

■ 이수, 치수 중심의 하천정비사업을 추진한 결과 하천 본연의 모습이 상실되어 완전한 복원 불가

- 홍수시 소통용이, 침수방지 등을 위한 양안에 축조된 제방 둑마루에 도심지 교통

난 해소 목적의 도로가 건설이 되고, 유하능력 증대를 위한 하천직강화로 하천 주변 토지이용이 변화되고 있다. 국토해양부의 하천정비사업이 하천 직강화, 양안 제방축조, 저수로·고수부지 설치 등에 치중되어 인위적 환경의 하천이 조성되었다. 또한 다목적 댐, 하구둑 등은 해당 지역의 생태계를 소멸시키거나 댐 건너편 지역간, 하천과 바다간 생태적 연계성 차단, 안개·염해 등 새로운 환경문제를 야기한다.

■ **친수기능 위주의 하천의 생태공원화에서 실질적인 생태복원을 통한 수생태계의 건강성 확보를 위한 정책 전환이 불가피함**

- 자전거 도로·체육시설 등 인공시설과 어류·철새 등 야생동식물의 증가로 인한 생태공원·생태학습장 등 제한적인 생태복원이 공존하는 친수공간으로서의 의미를 부여한다. 이에 직강화된 하천 제방과 고수부지의 콘크리트를 철거하고 자연형 둔치, 천변습지, 여울·소 등 생물서식지 및 친수공간을 조성한다.

■ **치수종합계획, 생태복원계획 등이 유역단위의 토지이용계획, 산림자원관리계획 등과 연계되지 못하고 단편적으로 추진**

- 하천복원사업이 하천구역(제방 안쪽) 내에 국한 되어 빗물이 하천으로 유입된 이후에 대한 치수, 생태복원 등의 대책 마련에 중점을 두고 시행하는 것이 아니라, 유역 내 도시지역의 생태면적 확대, 녹지의 산림형질 변경 억제, 수변 생태벨트 조성 등 수원함량기능 향상을 위한 원천적인 대책이 필요하다.

■ **하천별 특성을 충분히 고려한 목표설정보다는 공사 중심의 사업을 추진함에 따라 대부분의 하천에 대한 유사한 공법이 적용되는 결과가 야기**

- 사전조사에서부터 실시설계까지의 소요기간이 매우 짧아 하천별 차별화된 목표 설정, 계획수립 등이 어려운 실정이다.

■ **하천의 일정 구간을 대상으로 선(線)개념 차원의 소극적인 생태복원에서 면(面)**

개념 즉, 유역통합 차원의 적극적이고 종합적인 수생태계 복원사업으로 개념 전환이 필요

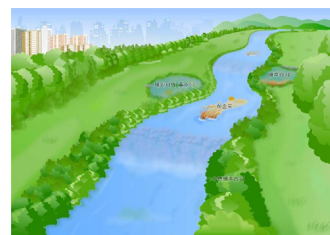
- 횡적 네트워크 : 하천의 물길 - 수변구역 - 유역생태계 (생물종간 이동 측면 고려)
- 종적 네트워크 : 실개천 - 본류 - 하류 - 연안생태계 (서식공간 이동 측면)



직강화된 정비하천



현재 자연형 하천정화



하천의 재자연화

자료 : 환경부, 2006, 자연형 하천정화사업 연찬회 발표자료

[그림 2-1] 하천복원 패러다임의 변화

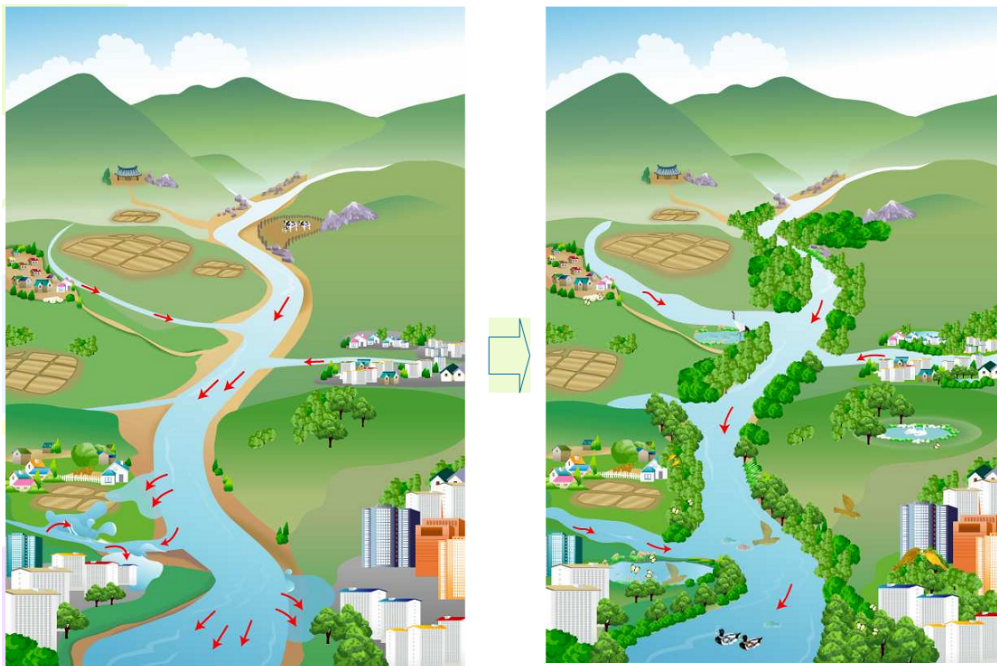
2. 하천복원 관련 개념

1) 하천복원의 의미

- 하천⁴⁾복원(河川 復元)이란 치수나 기타 다른 목적의 하천 사업이나 불량한 유역 관리에 의해 훼손된 하천의 생물 서식처, 자정, 경관과 친수성 등 환경적 기능을 되살리기 위해 하도와 하천변을 원 자연 상태에 가깝게 되돌리는 것이다. 하천복원은 하천 생태계의 구조와 기능을 이해하고 그 생태계를 만드는 물리적, 화학적, 생물적 과정을 이해하는 것이 중요하다.

4) 하천법 제2조 1항. “하천”이라 함은 지표면에 내린 빗물 등이 모여 흐르는 물길로서 공공의 이해에 밀접한 관계가 있어 제7조제2항 및 제3항에 따라 국가하천 또는 지방하천으로 지정된 것을 말하며, 하천구역과 하천시설을 포함한다.

- 하천의 친수성과 오염정화 기능은 이러한 생태계의 복원을 통해 얻어진다. 하천 복원은 하천에 교란을 주는 활동이나 자연적인 회복을 막는 활동 등을 가능하면 억제하는 것으로 부터 시작한다. 여기서 특히 하천에 지속적으로 작용하는 교란 활동을 제거하거나 저감시키는 활동을 '교정(remediation)'이라 한다. 하천복원의 다음 단계는 교란으로부터 훼손된 하천을 적극적으로 복원하는 것이다. 여기서 하천복원의 대상은 기본적으로 하도를 포함한 홍수터, 강터, 제방 등이다.
- 그러나 완전한 의미의 하천복원은 경관생태적으로 하천과 연속한 주변 회랑과 같은 수변을 포함한다. 따라서 넓은 의미의 하천복원은 수변복원(水邊復元, stream corridor restoration)이다. 하천복원에서 우선적으로 검토되어야 할 사항은 하천에 교란을 주는 요인을 찾아내어 그러한 교란 요인을 제거하거나 억제 시킴으로써 더 이상의 교란이 계속되지 않게 하거나 경감시키는 것이다.



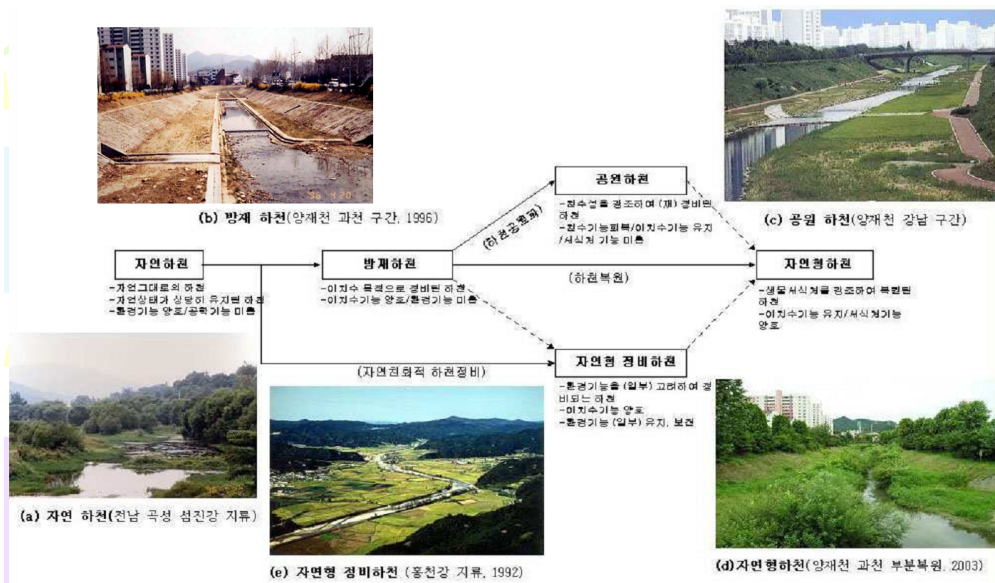
자료 : 환경부, 2006, 자연형 하천정화사업 연찬회 발표자료

[그림 2-2] 수생태계 건강성 회복을 위한 하천복원

2) 하천복원 사업의 유형

- 국내 하천복원 사업의 시대적 변천 과정을 보면 1960년대 도시화와 산업화 이후 [그림 2-3](a)와 같은 자연 상태의 하천들이 치수 목적으로 대부분 정비되었다. 이러한 하천 정비는 주로 하천재해 방지 목적으로 이루어진 것으로 ‘방재하천’ 또는 토목공학적 기능 위주의 정비로서 ‘토목하천’이라 할 수 있다. [그림 2-3](b) 등은 방재 하천의 예가 될 것이다.
- 반면에 하천환경정비사업이나 오염하천정화사업 등은 대부분 하천의 저수로에 돌 붙임하고 고수부지에 초목 식재, 산책로/자전거길 설치, 체육시설/주차장 설치 등 일종의 하천 공원화 사업이다. 이러한 사업들은 기존에 치수 위주로 정비된 하천의 친수성을 높이고 하천오염 문제를 부분적으로 해소시키기 위한 것들이다. 따라서 이러한 사업에 의해 조성된 하천은 ‘공원하천’ 또는 ‘조경하천’이라 부를 수 있을 것이다. [그림 2-3](c)는 공원 하천의 한 예가 될 것이다.
- 그러나 하천의 환경기능 중에서 가장 기본적인 것은 생태 서식처 기능이며, 따라서 바람직한 하천환경개선사업은 하천 서식처의 보전, 복원에 초점을 맞추어야 한다. 하천환경개선사업의 진정한 목표는 하천을 공원화 하거나 놀이장으로 만드는 것이 아니라 다시 자연화 시키는, 자연에 가깝게 되돌리는 것이다. 이러한 사업을 통해 자연에 가깝게 되살아난 하천은 ‘자연형 하천’, 또는 ‘생태 하천’이라 할 수 있다. [그림 2-3](d)는 완전하지 않지만 자연형 하천의 한 예가 될 것이다.
- 여기서 하천 생태 서식처의 복원에 초점을 맞춘 하천복원사업의 중요성이 대두된다. 하천 복원 또는 넓은 의미로 수변 복원(stream corridor restoration)이란 치수나 다른 목적의 하천 사업이나 불량한 유역 관리에 의해 훼손된 하천의 생물 서식처를 되살리기 위해 하도와 하천 변을 원래의 자연하천에 가깝게 되돌리는 것이다. 하천 복원은 하천에 교란을 주는 원인을 제거하거나 저감시키는 소극적인 활동부터 교란으로 훼손된 하천을 적극적으로 복원하는 활동 모두를 포함한다. 여기서 하천 복원의 대상은 하도를 포함한 홍수터, 강터, 제방 등을 포함

한 수변이다.



자료 : 환경부, 2002, 하천복원 가이드라인

[그림 2-3] 하천복원 사업의 유형별 분류

3) 하천의 시·공간적 특성








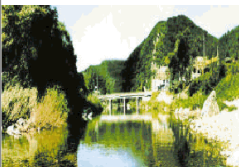
■ 하천은 시·공간적 규모와 범위에 따라 다양한 환경특성의 차이가 나타나고, 하천회랑 경관은 생태계의 상이한 공간적 규모를 보여줌

- 생태계의 기능들은 강우에 의한 물질순환, 하천에 작용하는 에너지, 그리고 다양한 유기물질의 이동을 수반한다. 또한 하천 내 물질의 이동은 하천생태계의 외부 환경에 의해 큰 영향을 받는다. 하천에서 변화하는 시간적 규모는 몇 분 규모에서 수천년에 이르기까지 다양한 시간 길이로 나타난다. 하천은 항시 변화하는 속성을 지니고 있으므로 하천복원계획 시에는 시간적인 척도 역시 중요하게 검토되어야 한다. 따라서 하천의 의도적 변화를 도모하는 복원계획에서는 공간적 규모와 함께 시간적 척도를 면밀하게 고려해야 한다.

- 하천유역은 매우 넓은 범위의 공간규모에서 나타나며 하천유역과 하천경관은 공

간적 규모의 범위에서 다소 중복되지만 상이한 환경적 진행과정에 의해 구분된다. 하천경관은 배수구역의 일관된 유형이 끝나는 곳까지 계속되는 경관지표에 따라 일차적으로 정의되는 반면, 하천유역은 배수구역의 분리에 근거를 두고 있다. 따라서 하천에서 일어나는 생태적 진행과정은 하천유역의 배수구역에 따른 물의 이동과 현황에 연관되어 있다.

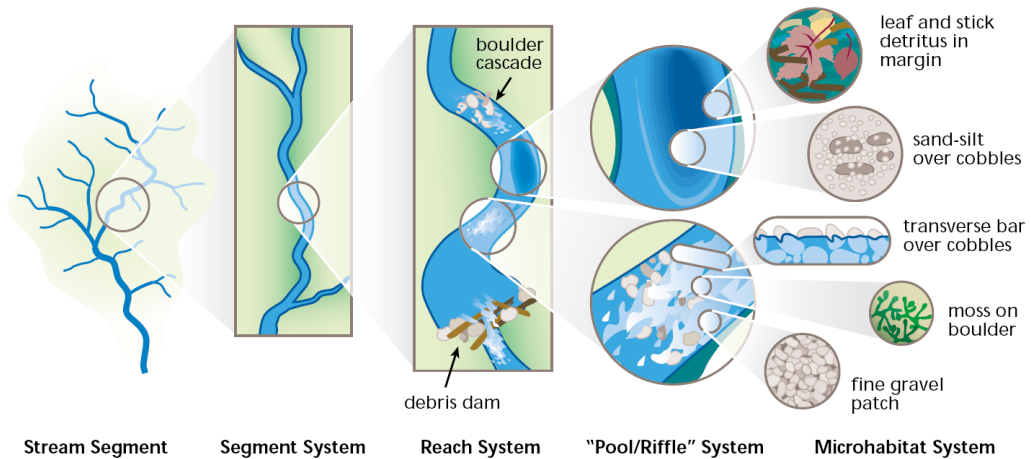
〈표 2-1〉 하천 유역과 경관적 특성

하천	하천유역	경관특성		
		상류	중류	하류
양재천				
	유역도	과천구간	우면구간	학여울 구간
사기막천				
	유역도	논문리마을 구간	석바탕 구간	수입교 구간

■ 하천복원계획 수립 시 광범위한 유역분지의 환경에서부터 소유역, 하도, 미세서식처 등 하천의 공간적 규모에 따라 하천수변 조사가 이루어져야 함

- 하천복원계획 시에는 하천의 사공간 규모에 따른 체계적인 분류와 각 하천의 생태적, 물리적 공간특성을 반영한 체계적 접근방식을 취해야 한다. 기존의 하천 관리는 유역 내 범람원에 대한 홍수조절을 주목적으로 하였기 때문에 다양한 하천환경정보에 대한 광범위한 조사가 부족하였으며 하천의 생태적 환경에 영향을 미치는 미세한 생물서식환경에 대한 관심이 미흡했다.
- 하천유역은 여러 개의 하천회랑과 그 안의 하천부분(segment)으로 형성되며, 하천부분은

1개 이상의 하천구간(reach)을 포함하고 있다. 하천의 경관 규모는 더 큰 지역적 규모에 포함되며 각 규모별 위계에 따라 고유한 하천환경 특성을 나타내게 된다.



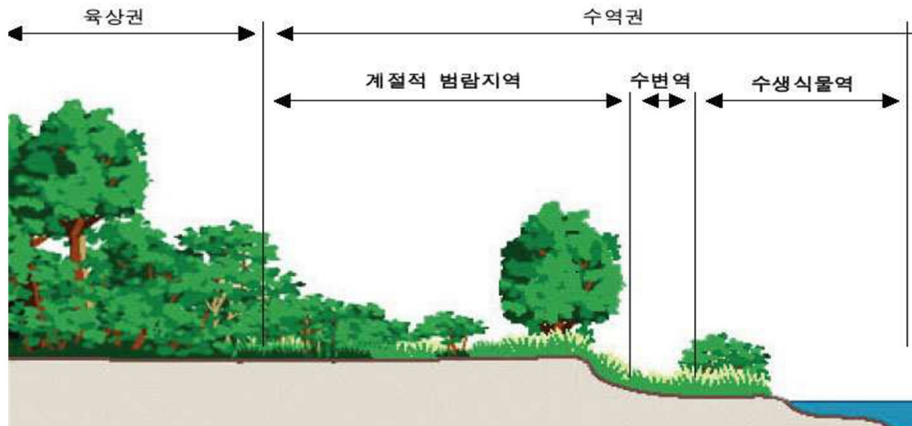
자료 : USDA, 1998, Stream Corridor Restoration

[그림 2-4] 공간적 규모에 따른 하천환경 분석

4) 하천의 공간적 구조

■ 하천은 육상권과 수역권으로 구분

- 육상권의 경우 주민들의 이동과 공간 활용의 측면에서 이용되고 수역권의 경우 이수, 친수의 기능을 중심으로 공간에 따라서 친수의 역할을 담당하고 있다.

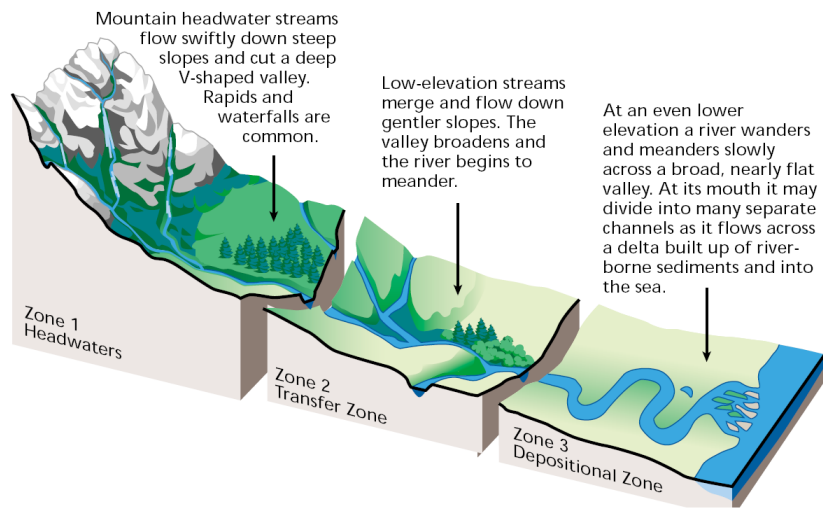


자료 : 한국건설기술연구원, 2001, 하천가이드라인

[그림 2-5] 하천의 영역구분

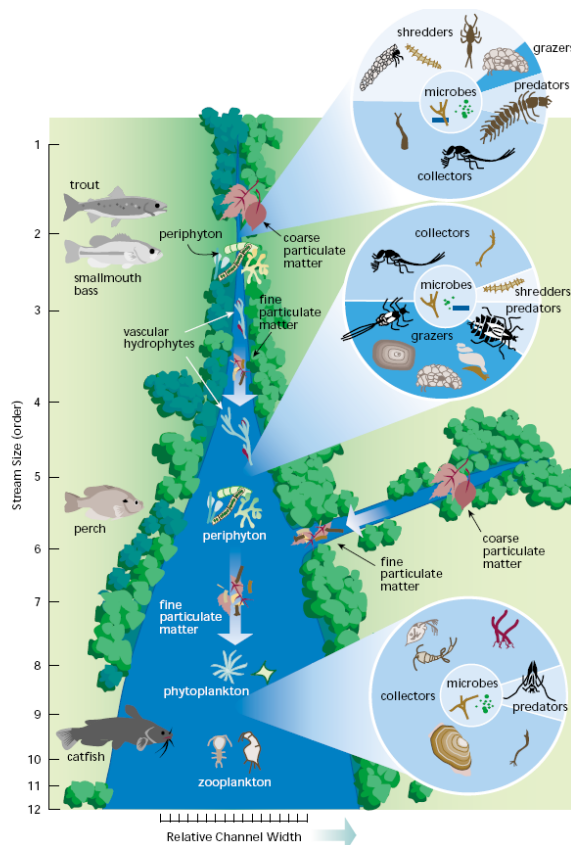
■ 하천의 종적 구조

- 하류로 갈수록 배수면적과 유량이 증가함으로 인하여 수로 폭과 수심이 증가하며, 이와 관련된 구조적인 변화가 수로, 홍수터 및 수변에서도 발생하여 침식 및 퇴적 과정에도 변화가 일어난다. 제1구역인 원류(Headwater)는 보통 경사가 가장 급하다. 유역 사면으로부터 침식된 유사(流砂, sediment)가 하류로 이동한다. 제2구역은 운반구역(Transfer zone)으로서 침식된 물질들의 일부를 받아들인다. 이 구역의 대체적인 특성으로서 홍수터가 넓고, 수로가 사행하는 형태를 띤다. 제3구역은 하천경사가 평탄해지며, 퇴적이 주로 일어나는 구역(Depositional Zone)이다. 또한 [그림 2-7]은 하천의 종적 구조에 따른 생문군집 현황을 설명한다.



자료 : USDA, 1998, Stream Corridor Restoration

[그림 2-6] 하천의 종적 구조(Three longitudinal profile zone)

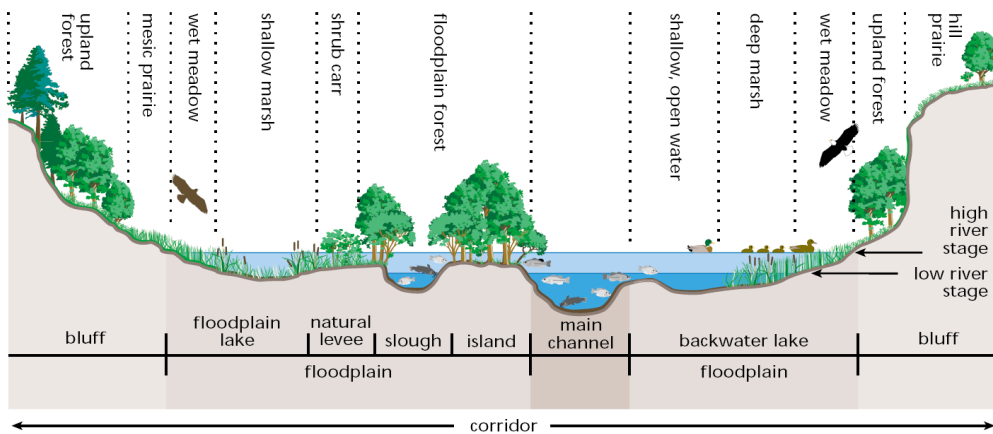


자료 : USDA, 1998, Stream Corridor Restoration

[그림 2-7] 하천연속체 개념을 이용한 하천 생물군집의 종적 구조
(The River Continuum Concept)

■ 하천의 횡적 구조

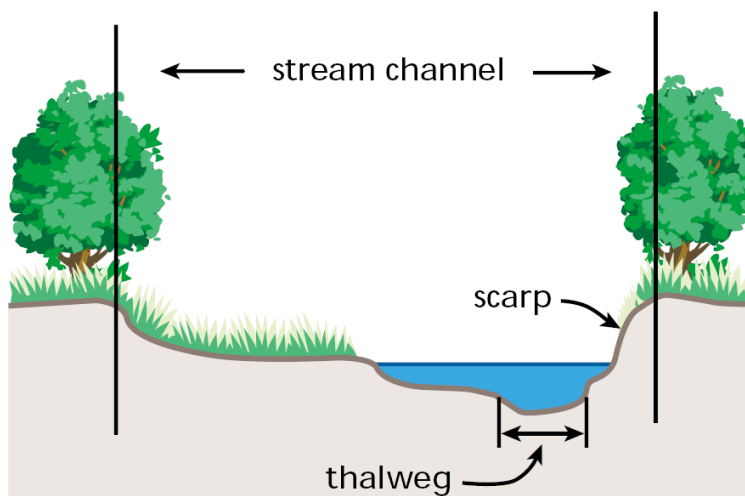
- 대부분의 하천 횡단면은 하도, 홍수터 및 천이고지 등 세 가지 요소로 구성되어 있다. 하도(stream channel)는 연중 적어도 얼마간의 기간 동안은 물이 흐르는 부분이다. 하도의 한쪽 또는 양쪽 측면에 위치하는 홍수터(floodplain)는 시시때때로 홍수에 범람되는 변동성이 매우 큰 지역이다. 천이고지(upland fringe)는 홍수터의 한쪽 또는 양쪽에 위치하는 대지의 한 부분으로서, 홍수터와 주변 경관을 연결하는 천이구역의 역할을 한다.



자료 : Sparks, Bioscience, vol 45, p170

[그림 2-8] 하천구간의 횡단구조(A cross section of a river corridor)

- 하도는 물과 물이 운송하는 유사에 의하여 형성 · 유지되고 변화된다. 하도의 형상은 대개 굴곡이 있고 대략 포물선형에 가깝지만, 가변성이 매우 크다. [그림 2-9]는 전형적인 하도의 횡단면을 보여주고 있다. 급경사진 강터는 '급한 강터 (scarp)'이라 하고, 최심부는 유심선(thalweg)이라 일컫는다.

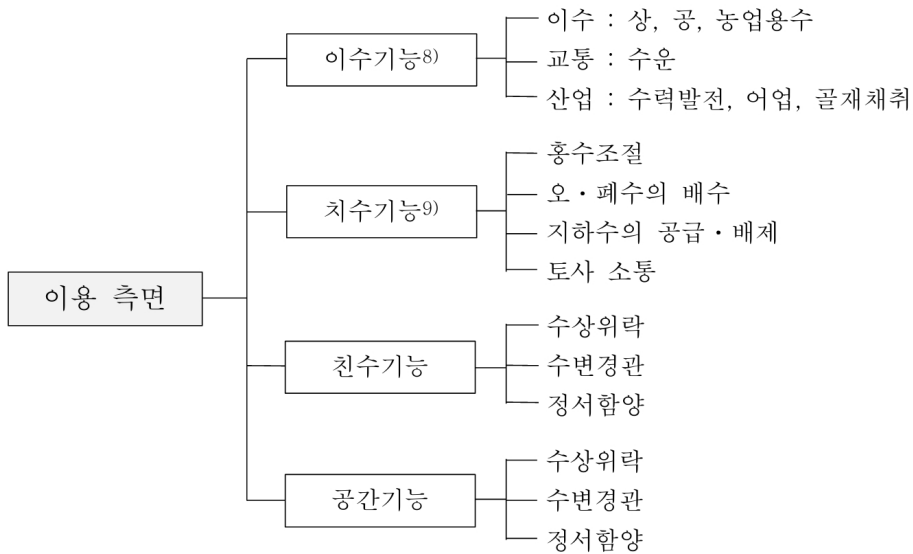


자료 : USDA, 1998, Stream Corridor Restoration

[그림 2-9] 하천수로의 횡단면(Cross Section of stream channel)

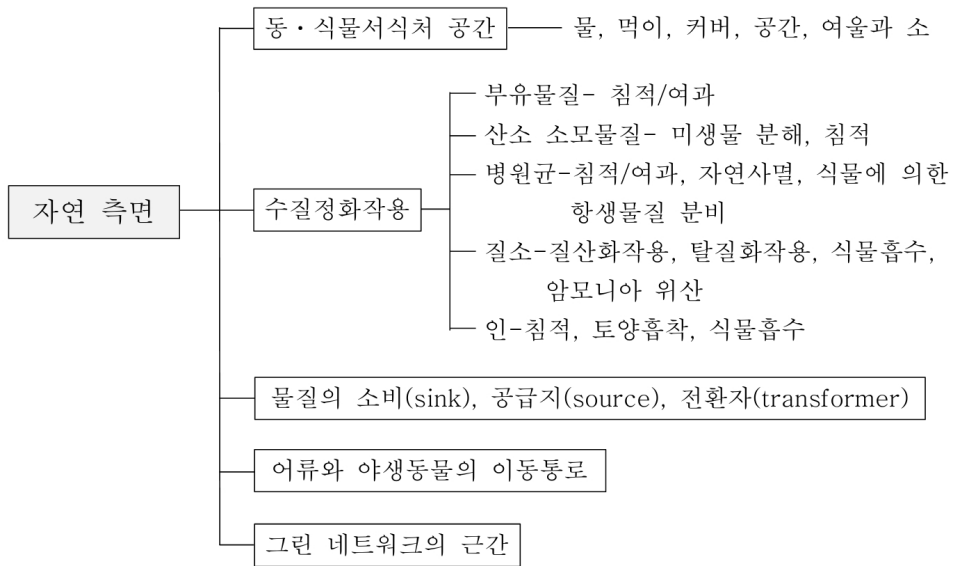
5) 하천의 기능

- 이용적 측면은 하천을 기반으로 건설된 도시를 지원하는 자원으로서의 기능을 의미한다. 기존의 상·공·농업용수로의 이용을 위한 이수기능과 홍수조절을 위한 치수기능을 중심으로 도시의 자연환경에 대한 관심이 모아지면서 수상과 수변의 환경을 이용하는 친수기능과 공간기능이 중요한 하천의 기능으로 부각되었다.



[그림 2-10] 하천의 이용적 측면

- 자연적 측면은 하천으로 인해 형성된 생태계를 통해 인간을 포함한 동식물이 살아가는 기본적인 터전의 기능을 하게 되는 것을 말한다. 인간을 포함한 동·식물의 서식처 기능, 환경의 중요 구성 요소인 물의 재환을 위한 수질정화기능, 환경에너지의 흐름을 운용하는 소비, 공급, 전환의 기능, 야생동물의 이동통로기능, 육상권(도심)의 녹지를 연결시켜주는 그린 네트워크 기능이 있다.



[그림 2-11] 하천의 자연적인 측면

제2절 국내·외 하천관리·복원의 사례 및 시사점

1. 국내 하천관리 및 복원 사례분석

1) 서울시 강남구의 양재천 사업

■ 1995년 최초의 자연형 하천복원계획인 양재천은 하천 본래의 기능을 최대한 유지하면서 친수공간을 도모한 자연형 도시하천만들기 사업

- 양재천 사업은 강남구를 관류하는 지방 2급 하천의 약 4km구간을 대대적으로 정비하여 주민들의 휴식 및 운동의 장을 제공하였다. [그림 2-12]는 양재천 공원화 사업의 사진으로 도시하천을 조경하천으로 꾸며 시민들의 호응을 받은 사례가 되었다.

- 이 사업의 영향은 유사한 조건을 가진 지자체에 널리 퍼져 서울시의 우의천, 수원시 수원천 등 지금까지 지방의 하천환경개선사업의 선례가 되었다. 이러한 사업의 일차적인 목적은 하천의 친수성을 재창조하는 것으로, 하천의 환경기능 중에서 공간, 경관, 친수성 기능을 강조한 것이다.
- 기존의 하천종합개발사업은 중대하천을 대상으로 단순히 고수부지의 친수성을 강조하였지만, 양재천의 경우는 중소 하천을 대상으로 고수부지는 물론 하도와 수중의 자연성을 강조했다.



[그림 2-12] 서울시 강남구 양재천 공원화



[그림 2-13] 수원시 수원천 복원

2) 오산천 하천환경정비사업

■ 국내 최초로 국토해양부가 주관한 생태 서식처 회복을 의도한 하천환경개선 사업

- 오산천 자연형 하천정비 시범사업은 2단계로 나뉘어 추진되어 2006년 말 마무리된 사업이다. 1단계 사업은 1998년 6월부터 2000년 12월까지 기흥저수지에서 경기도 화성시 동탄면 영천면 치동천 합류지점에 이르는 1.8km 구간을 대상으로 이루어졌다. 2001년 10월부터 2006년 12월까지 수행된 2단계 사업의 대상구간은 치동천 합류지점~평택시 서탄면 금암리 진위천 합류부의 13.5km 구간이다.
- 오산천은 1998-2000년에 1차 완료된 사업으로, 안성천의 지류인 오산천 3km 구간에 대해 하천 환경의 재정비를 꾀한 것이다. 이 사업에 의해 새로이 꾸며진

하천 구간을 보여준다. 이 사업의 목적은 서울시 강남구의 양재천과 달리 하천의 환경 기능 중 생태서식처의 회복을 위한 것으로서, 따라서 조정 위주의 하천 사업이 아닌 하천의 자연성 회복에 초점을 맞추었다.

- 오산천 자연형 하천정비 시범사업은 일부 구간이나마 과거의 하도를 복원하고자 시도한 최초의 사례로서 의미를 갖는다. 또한 사각방틀공, 삼각방틀공 등 자연친화적 호안공법의 적용과 수변림 조성 등 생물 서식처 및 생태기반 조성에도 진일보한 것으로 평가할 수 있다. 건설교통부에 따르면, 조류종수는 사업 시행 전 25종에서 시행 후 43종으로 늘어났으며, 개체수 역시 466개체에서 시행 후 2,064개체로 괄목할만한 증가추세를 보이고 있다. 어류 역시 사업 시행 전 12종에서 시행 후 15종으로 늘어나 생물 서식지로서의 기능이 완만하게 회복되고 있는 것으로 보인다.
- 하지만 오산천 자연형 하천정비 시범사업은 오수처리시설 등 오염원을 차단하는 시설에 대한 사업이 병행되지 않아 수질개선 효과는 여전히 미흡한 것으로 나타나고 있다. 2006년 오산천의 수질은 BOD₅(생물학적 산소요구량) 기준으로 상류가 3급수, 하류가 4급수 수준을 보이고 있으며, 고매천(용인), 치동천·실리천·장지천(화성), 궂동천·가장천(오산) 등 6개 지천을 통해 유입되는 공장폐수에 대한 대책이 거의 전무한 상태다. 또한 상류 기흥저수지로부터 간헐적으로 유입되는 녹조류에 의한 오염도 앞으로 풀어야할 시급한 과제로 볼 수 있다.
- 이와 같은 문제점은 오산천 유역 전체를 대상으로 하는 종합적인 하천환경 관리 계획이 수립되지 않은 상태에서 오산천 자연형 하천정비 시범사업이 본류의 하도 중심으로 추진되었기 때문에 발생하는 것으로 볼 수 있다. 또한 환경부, 국토해양부, 농림부, 화성시, 오산시, 평택시로 오산천 유역의 관리 주체가 나뉘어져 있어 종합적인 관리가 불가능한 현실을 반영하는 것이기도 하다.



[그림 2-14] 오산천 하천환경정비 전경

3) 소하천정비사업

■ 자연형 소하천 정비사업으로 인해 시멘트 블럭에 따른 자연 훼손을 막고, 자연 친화적 공법인 호안 공법을 적용. 제방내 초화류가 활착되도록 하여, 민물어류의 서식환경을 만듦

- 소하천정비법에 의해 추진되는 소하천정비사업은 대상 하천이 대부분 지리적으로 주민들과 밀접한 관계가 있으므로 하천환경을 적극 고려하는 것이 중요하다. 정부에서는 2000년 이후 전국적으로 하천환경을 고려한 소하천정비 시범사업을 추진하고 있다. [그림 2-15]는 소하천정비사업의 일환으로 수변을 다양하게 꾸민 하천을 보여준다.



[그림 2-15] 양평군 소하천정비사업

4) 광주천 자연형하천 정화사업

■ 수변공원과 생태계가 복원된 자연형 하천으로 복원하고자 하는 사업

- 광주천 자연형하천 정화사업은 2004년 12월부터 2009년 12월까지 사업비 600억원(국비 127억원, 지방비 428억원)을 들여 동구 용연동 제2수원지에서 서구 유덕동 영산강합류지점(광주하수처리장)까지 19.15km 구간(광주천 18.2km, 증심사천 0.95km)을 수변공원과 생태계가 복원된 자연형 하천으로 복원하고자 하는 사업이다. 양유교에서 중앙대교에 이르는 1.3km의 시범구간 공사는 2005년 6월 착공되어 2006년 3월 마무리되었다([그림 2-16]).
- 정화사업 대상구간은 3개 구간으로 나뉘어 사업이 추진된다. 맑은 물이 흐르고 옛 정취가 깃든 ‘자연속의 하천’이라는 주제가 부여된 제2유원지에서 원지교에 이르는 상류부 7.5km 구간에는 물억새습지, 무등폭포 등을 조성하는 것으로 계획되었다.
- 원지교에서 광천2교까지의 중류부 6.0km 구간에는 시민의 여가와 삶의 흔적을 담은 ‘문화속의 하천’이라는 주제로 그린갤러리·친수테라스·음악분수·모임테라스·서석대폭포 등 다양한 친수시설이 설치되었거나 설치될 예정이다. 하류부에 속하는 광천2교에서 영산강 합류부까지의 5.8km 구간에는 인간과 자연이 공생하는 ‘생태속의 하천’이라는 주제로 생태습지·자연학습장·자전거도로 등이 조성된다.



[그림 2-16] 광주천 자연형하천 정화사업 시범구간 전경

- 광주천의 평균 수심은 현재의 10cm에서 20~40cm를 유지하도록 되어있다. 유지용수는 광주하수처리장 고도처리수를 송수관로를 통해 끌어올려 교동교 직상류에서 3만톤/일, 증심사천 숙실마을 입구에서 2만톤/일, 증심사천과 광주천 합류부에서 5만톤/일 등 하루 10만톤 가량을 흘려보낼 예정이다. 또한 4개의 건천화 구간 1.77km의 유량 손실을 막기 위해 연직차수벽이 설치된다.
- 시범구간 공사가 마무리되면서 민간단체, 전문가, 언론 등에 의해 광주천 자연형하천 정화사업이 자연성을 상실하고 인공하천으로 조성되고 있다는 비판이 제기되어 왔다. 환경영향평가 협의기관인 영산강유역환경청에서는 시범구간에 당초 사업계획에 없던 생활체육시설 및 위락시설물, 수변무대, 수변광장, 수중분수 등 과도한 인공시설을 도입해 최종협의 의견을 이행하지 않았다는 이유로 시정조치를 내리기도 했다.
- 환경영향평가 논란은 광주시가 영산강유역환경청의 요구를 수용함으로써 일단락된 것으로 보인다. 광주시가 설계 내용을 변경하라는 영산강유역청의 요구를 수용하기로 하고 이행계획서를 제출했기 때문이다. 이행계획서에는 체육시설 설치계획을 철회하고, 수변무대와 수변광장은 투스콘 대신 생태호환블럭을 사용하는 등 친환경적인 측면을 보완하는 내용이 담겼다. 또 산책로는 폭 2.5~3m에서 1.5m로, 자전거도로는 2.5~3.5m에서 2m로 축소하기로 했다.
- 하지만 광주환경운동연합 등 민간단체에서는 광주천 자연형하천 정화사업이 단기간의 전시성 사업으로 진행되고 있다며, 민간단체와 관련 전문가들이 참여하는 시범사업에 대한 종합평가를 요구하고 있다. 또한 사업의 추진주체를 건설국에서 환경녹지국으로 이관해야 한다는 점과 광주천 지류에 대한 종합적인 실태조사 후 중장기적인 하천복원 마스터플랜 수립이 선행되어야 한다는 점을 지적하고 있다.

5) 자연형 하천관리 및 복원 방안에 관한 연구

■ 국내 여건에 맞는 자연형 하천공법의 개발에 대한 연구를 통해 자연형 하천 계획과 공법에 대한 연구가 본격적으로 시작

- 국내에서는 1980년대 말부터 하천 전문가들 사이에 하천 환경의 보전과 개선이 필요성에 대한 공감대가 형성되기 시작하였다. 국내 자연형 하천공법의 기초라 할 수 있는 “하천환경 기초공사”가 1991년부터 1996년까지 국토해양부와 건설기술연구원에서 수행되었고, 한국건설기술연구원에서 1996년부터 환경부 G-7과 제로서 “국내여건에 맞는 자연형 하천공법의 개발”을 연구하는 등 1990년대 들어 자연형 하천 계획과 공법에 대한 연구가 본격적으로 시작되었다. 1990년대 중반에는 하천복원 측면에서 생태, 조경 전문가들에 의해 자연생태에 가까운 하천구간을 대상으로 하천 생태계 구조와 기능에 대한 지속적인 연구도 병행되었다.

■ 하천정비기본계획이 수립된 하천을 대상으로 하천환경특성 분석을 통해 우선사업 대상구역 선정

- “국가하천 도시구간 하천환경정비 기본조사(2004, 건설교통부)”는 국가하천 중 시급 도시구간을 관류하는 하천구간에 대하여 하천환경정비사업 기본계획을 수립하기 위한 조사보고서이다. 이 조사에서는 전체 국가 하천구간 중 하천정비 기본계획이 수립된 시급 이상의 도시를 관류하는 총 47개 하천 1,417.75km를 대상으로 현지조사를 통해 수변환경을 조사하고 33개 “하천환경정비 우선사업 대상구간”을 선정했다.

2. 국외 하천관리 및 복원의 사례분석⁵⁾

1) 스위스의 하천재생(Wiederbelebung)

- 스위스에서는 1983년에 하천관리 주안점이 종래의 수질관리에서 하천의 생태적 복원으로 크게 전환되었다. 취리히주 치수 및 하천토목국(Amt für Gewässerschutz und Wasserbau, Canton Zurich)에 따르면, 자연형 하천복원의 실시 과정은 우선적으로 정비가 필요한 구간에 대해서 부분적으로 자연형 하천복원을 실시하고 있으며, 도시 내에서는 과도한 토지매입 비용 때문에 자연형 하천복원이 곤란하여 주로 교외지역에 시도되고 있다고 한다.
- 보다 풍부한 자연을 형성하기 위해 자연형 하천복원 공법선정에 있어서 우선순위를 정하고 있는데, 생물재료(식물)에 의한 공법, 혼합재료(식물과 나무 또는 석재의 병용)에 의한 공법, 견고한 재료(목재, 석재, 콘크리트)에 의한 공법 등의 순이다.
- 하천 홍수류가 격하고, 하안의 침식 강도가 큰 경우에는 우선 순위가 낮은 공법도 선정되고 있으나, 동시에 자연형 낙차공 등을 이용하여 홍수류를 완화시키고, 우선 순위가 높은 공법이 선정될 수 있게 하는 노력도 행해지고 있다.

2) 독일의 하천재자연화(Renaturierung der Gewässer)

- 독일은 1960년대부터 심각해진 자연 훼손에 대한 반성으로 1976년에 연방자연보호법을 제정하기에 이르렀고, 이 법을 근거로 하여 하천의 생태적 복원운동이 본격화되었다. 주요한 하천 복원 조치로서는 하도 직선화 배제 및 자연형태 복원, 자연재료의 활용, 저수로 선형의 자연적 변화 조성, 고수부지 등의 재자연화 등을 들 수 있다.

5) 조용현(1997) “생태적 복원을 위한 중소하천 자연도 평가방법 개발”, 서울대 논문을 수정·인용

- 특히 독일의 하천 복원 활동은 주민 참여에 의한 운동으로 전개되고 있으며, Rheinland-Pfalz주의 푸른 운동(Aktion Blau)은 그 대표적 운동이다. 독일은 하천의 재자연화를 실현하기 위한 구체적인 공법으로서 근자연 하천공법(Naturnahen Wasserbaus)을 개발하여 모든 하천공사에 활용하고 있다.
- 근자연형 하천공법의 내용은 첫째, 하천의 직선화를 배제하고, 하천의 자연적(동적) 형태를 최대한 고려하며, 둘째 도시내의 중소하천의 자연복원사업이 중심적인, 그리고 종합적인 자연복원사업이 되도록 추진하며, 셋째 충분한 자료조사로 장래 하상변화를 예측하여 자연적 하상이 복원되도록 하고, 넷째 하천정비에 가급적 자연재를 사용하며, 다섯째 하안의 수제선(수역과 육역의 경계선)의 자연적 변화를 최대한 배려하고, 여섯째 수변공간의 보전 및 이용에 관한 합리적 계획을 도출하는 것 등을 포함하고 있다.

3) 일본의 다자연하천조성(多自然型 川づくり)

- 일본은 다자연형 하천공법이라는 명칭으로 외국의 복원기법들을 수정·보완하는 연구개발을 활발하게 진행하고 있는데, 중앙정부에서 통일적인 복원 방법을 하달하는 형식이 아니라 각 지방자치단체의 독창적이고 다양한 시험적 노력을 권장하고 있다.
- 일본의 다자연형 하천 건설을 위한 설계 원칙을 살펴보면, 첫째로 풍부한 생태계의 보전과 창출을 위해서는 생물에 있어서 다양성이 풍부한 환경조건 창출과 생물의 생존역인 수면이나 녹지를 확대할 것을 주장하였다. 둘째, 아름다운 풍경의 형성을 위해서는 강다운 강의 부활, 세련된 디자인을 갖는 풍경 조성, 소극적이고 밝고 화려한 풍경 조성, 싫증나지 않는 밀고 당김이 좋은 풍경의 조성을 제시하였다.

4) 미국의 하천복원(Stream Corridor Restoration)

- 미국에서는 1980년대 말부터 연방정부와 주정부 하천관련기관들을 중심으로 각기 자연형 하천계획과 공법에 관한 지침서를 만들어 이용하다가, 1998년 말에는 이러한 기관들이 공동으로 참여하여 하천복원에 관한 종합적인 지침서를 발간하였다.
- 미국의 USDA에서는 “수변복원 - 원리, 과정, 실무(Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practice; USDA, 1998)” 수변복원 가이드라인을 작성하였는데 이것은 그 지역의 시민 단체나 NGO 등이 주체가 되고 정부는 일부 재정과 기술 지원을 한다는 점이 특별하다. 1998년 말에는 15개의 연방 정부 물토지 관련 기관들이 공동으로 참여하는 ‘수변 복원(stream corridor restoration) - 원리, 과정, 실무’ 라는 하천 복원에 관한 종합적인 지침을 만들었다.
- 이 가이드라인에서 제시한 수변복원의 기본적인 순서와 절차는 담당조직의 구성/ 문제와 기회의 확인/ 사업의 목표와 목적 설정/ 대안의 설정과 평가/ 설계와 시공/ 모니터링과 평가, 적응 등의 과정을 거친다. 그러나 이 자료는 기본적으로 손상이 된 하천의 복원 설계보다는 손상이 안된 하천의 구조와 기능 이해에 더 중점을 두고 있으며, 특히 하천 수문, 수리, 형태 등에 관한 수치 해석의 소개가 미흡하다.⁶⁾

3. 국내·외 하천관리 및 복원 사례의 시사점

1) 국내·외 사례 비교·분석

- 현재 국내에서는 하천환경을 구성하는 기초 생태자료의 장기적인 수집 및 분석

6) 우효섭(2000) “미국의 수변복원 가이드라인의 이해”, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 명지대학교

이 부족한 상태에서 일부 하천에 자연형 하천복원 방안이 실험적으로 적용되어 생태학적 복원을 꾀하고 있는 상태이다. 그동안 하천정비기본계획을 토대로 하천을 정비하여왔기 때문에 하천의 환경을 고려하지 못하고 이수·치수 중심의 획일적인 하천정비가 추진되어 왔다. 때문에 구간을 구분하여 하천환경특성을 분석한 연구는 아직까지 많지 않으며, 하천의 다양한 환경항목에 대한 구분과 고려방법에 대한 구체적인 연구도 많지 않다. 하천복원이 활발한 외국의 사례는 다양하게 소개되어 있으므로 비교분석을 통하여 복원과정에서의 시행착오는 줄일 수 있을 것이다. 국내·외 사례에 대한 분석을 요약하면 <표 2-2>와 같다.⁷⁾

<표 2-2> 국내·외 사례 비교·분석

구 분	국내 사례	국외 사례
조성목적	· 친환경적 보전의 시범사업	· 생태계 복원, 환경정화, 개발악영향의 저감 등 다목적 사업, 실험사업
연구, 계획	· 단편적, 일시적 조사연구 · 물리적 조성계획 중시	· 형성과정과 맥락을 중시하는 시공간적 연구와 계획
생태기반/ 주요시설	· 사업지구 단위의 완결성, · 서식처 보다 생물종 중시, 편의시설과다 · 분절된 서식처	· 주변지역과의 맥락 중시, 생태적 기반 중시, 편의시설보다 생태해설 시설
연구/ 기술수준	· 5-6년부터 시행, 시행착오를 겪고 있는 초보단계	· 15-20년전부터 지속적으로 시행, 학술적 기초연구와 응용적 실험사업의 연계, 모니터링을 통한 보완 관리
참여/ 지원그룹	· 단일 사업주체일 경우가 많음	· 다양한 관련단체, 이익집단의 참여, 기관/단체의 행정·재정적 지원

- 지금까지 진행된 대부분의 하천관리는 아치수 관리를 위해 환경기능의 희생을 가져왔다. 즉, 산업화와 도시화가 본격적으로 이루어진 이후로 하천의 관리는 치수기능과 경제성만을 위한 획일적이고 인공적인 하천정비에 초점이 맞추어져 왔다. 그 결과 현재 전국의 하천 대부분이 콘크리트로 덮여 있고, 직강화가 이루어져 인공화 되어 있는 상태이다. 이러한 변화는 올바른 방향임은 분명하나, 바로

7) 서울특별시(2002) “한강생태계 조사연구 생태적 하천복원 사례집”

이러한 포괄적인 관점 때문에 기존의 하천정비와 자연형 하천 복원 사업들은 새롭기는 하나 과거의 하천정비와 같이 획일화된 방향으로 진행되고 있는 문제점이 있다. 그 결과 하천의 규모, 위치, 서식하는 생물상 등 하천의 특성과 관계없이 동일한 모습으로 재정비되어가고 있다. 하천의 본래 기능 및 특성에 맞는 특수성을 고려한 복원방안에 대한 고민이 필요하다.

- 환경보전과 복원, 그리고 친수성 차원에서 하천복원 사업들이 처음으로 구체화된 곳은 유럽의 국가들이다. 1970년대부터 이른바 ‘근자연형 하천공법(Naturnahe Wasserbau)’ 이용하여 치수나 이수사업 등 새로운 하천 사업을 계획하거나 과거 인공적으로 정비된 하천의 복원 사업을 시작하였다.⁸⁾ 미국에서는 1990년대 들어와 지방정부의 하천관련 기관들을 중심으로 하천복원 사업이 시작되었다.
- 유럽의 복원사례는 홍수터를 자연에 가까운 원래의 형태로 되돌리는 홍수터 복원에 초점을 맞추고 있다. 국내에서 천변저류지에 대한 관심이 고조되는 시점임을 고려하면 유럽의 사례는 국내에 많은 시사점을 준다고 할 수 있다. 국내의 하천환경정비시 유럽의 사례가 주는 주요 시사점은 다음과 같다.
 - 유럽의 경우 홍수터 보전 및 복원에 대한 공감대가 넓게 형성되어 있어 대규모 복원사업이 가능하나 국내에서는 그 공감대 형성이 초기 단계임을 감안할 필요가 있다.
 - 하도 내 공법 위주의 복원보다는 홍수터 복원이 환경보전 측면과 치수적 측면에서 보다 효과적이며 토지확보가 실질적으로 중요한 문제이다.
 - 하천환경보전사업을 위해서는 주민, 환경단체와의 상호협력이 필요하다.
 - 유럽 하천의 경우 유황변동이 적고 하안부에 수림이 번성하는 것은 유럽하천의 대표적인 풍경으로 국내와 같은 유황변동이 큰 하천에서는 나타나지 않는 특징으로 유럽의 하천정비기술을 도입 할 때에는 주의하여야 한다.
- 미국의 수변복원 가이드라인⁹⁾은 우선 그 나라 하천의 자연적, 사회적 특성이 우리와는 상당히 다르기 때문에 참고로 쓸 수는 있어도 직접 이용하기는 어렵다.

8) 근자연형 하천공법의 개념은 1980년대 일본으로 도입되어 다자연형(多自然形)하천 공법이라는 이름으로 개량되었음

9) USDA(1998) "Stream Corridor Restoration – Principles, Processes, and Practices", Federal Interagency Stream Corridor Restoration Working Group

더욱이 하천복원에서 수지 모형의 응용에 대해 소개가 미흡하고 특히 치수 검토가 없다는 근본적인 한계가 있다. 그 밖의 다른 나라에서 개발된 가이드라인들도 국내의 경우 토지 이용의 제한이 있다는 점에서 역시 한계가 있다. 그럼에도 불구하고 이러한 가이드라인들은 자연형 하천 계획, 설계, 공법 등이나 하천 복원의 개념 정립과 체계적인 사업 관리, 적용 기술 등에 대해서 유용한 참고가 될 것이다.¹⁰⁾

- 우리나라는 현재 치수 위주로 정비된 하천에 자연성을 회복시키기 위해서 많은 연구와 실행을 하고 있다. 그러나 독일, 스위스 및 일본 등은 이미 오래 전부터 실시해 오면서 실행에 대한 검증도 거친 상태이지만 우리나라는 자연형 하천으로 복원하는 초기단계에 머물러 있는 실정이다. 따라서 외국의 자연형 하천 모델을 국내에 직접 적용하는 데는 문제가 발생할 것으로 예상되기 때문에 시행착오를 최소화하기 위해서는 여러 가지 방법이 수행되어야 할 것이다.

2) 국내·외 하천관리 및 복원 사례의 시사점

■ 하천의 생태적 복원수단으로서 자연형 하천공법

- 국외 하천의 생태적 복원사례에서 살펴본 것처럼 최근 들어 인공적이고 획일적인 하천환경정비로 인한 문제점들을 개선하기 위해 하천환경보전이라는 새로운 시각과 그에 상응하는 하천의 생태적 복원운동과 복원기법이 대두되고 있다. <표 2-3>의 분석결과와 같이 스위스의 재생(Wiederbelebung)과 생물공학적 공법(Ingenieurbilogische Bauweisen), 독일의 하천의 재자연화(Renaturierung der Gewässer)와 근자연형 하천공법(Naturnahen Wasserbaus), 일본의 다자연형 하천 가꾸기와 다자연형 하천공법 등으로 비록 명칭은 다르지만, 이미 하천 복원으로 큰 전환이 이루어진 상태이며 하천 개수 및 정비 공사 시에는 하천의 생태적 복원을 고려하여 반드시 자연형 하천공법을 적용하도록 하고 있다.

10) 경기개발연구원(2008) “하천의 자연도 및 생태건강성 평가를 통한 경기도 하천복원 전략”

〈표 2-3〉 스위스, 독일, 일본의 생태적 하천 복원

국가	하천정비의 방향	목 표	공법 명칭	공사 주요 내용	특 징
스위스	재생 (Wieder-belebung)	자연스러운 경관 조성	생물공학적인 공법 (Ingenieur- biologische Bauweisen)	· 식생호안공 · 돌출수제로 홍수류 완화 · 거석 경사수로 활용 · 복개천의 개수로화 · 제외지 및 주변 녹화 · 유로의 사행화	복원 조치를 거의 느끼지 못함
독일	재자연화 (Renaturierung)	생물다양성 환경조건 창출 풍부한 생태계 부활/ 창출 수변식수로 시민 활용 도시민의 휴식공간 제공	근자연 하천공법 (Naturnahen Wasserbaus)	· 식생호안공 · 돌출수제로 홍수류 완화 · 거석 경사수로 활용 · 제외지 및 주변 녹화 · 유로의 사행화	복원 조치를 거의 느끼지 못함
일본	다자연형 하천가꾸기 (多自然型 川づくり)	아름다운 풍경의 형성 풍부한 생태계 보전/ 창출	다자연형 하천공법 (多自然型河川 工法)	· 습지 조성, 유로의 사행화 · 호안 다공질화, 법면 녹화 · 물고기 소상 장애 제거 · 얕은 만/물웅덩이 조성 · 다양한 유속 조성 · 여울/소 구조의 형성	복원 조치를 강하게 느낌

자료 : 서울특별시, 2002, 한강생태계 조사연구 - 생태적 하천복원 사례집(발췌정리)

- 하천의 생태적 복원 사업의 내용으로 언급되고 있는 내용은 다양하지만 몇 가지로 정리해 볼 수 있다. 특이한 점은 어느 경우에도 하천복원과 하천공원화는 엄연히 공간적으로 분리되어 있다는 것이다. 즉, 하천 내에서는 하천복원, 하천주변에서는 공원을 껴하고 있다(조용현, 1997).

■ 하천관리 및 복원에 있어서의 고려 인자

- 지금까지 살펴본 하천관리 및 복원에 대한 외국사례의 분석을 통하여 생태적 하천관리 및 복원에 있어서 고려해야할 인자들을 종합해보면 아래의 〈표 2-4〉와 같다. 이들 고려인자들 중에서 국내의 하천관리 및 수변복원에서 고려되는 인자

들을 체크해 봄으로써, 차후 바람직한 복원을 위해 추가로 고려해야할 인자들을 도출할 수 있다.

〈표 2-4〉 하천관리 및 복원에 있어서의 고려인자

고 려 항 목		국외사례 고찰을 통해 도출된 주요 고려인자
하천 주변환경 인자	유역특성	· 기후 환경, 입지환경, 지표수 및 지하수의 저류/함양/공급
	인접 토지이용	· 도심지, 주택단지, 농지, 산림 및 미개척지
	주변 구조	· 인공시설물, 제방도로, 고수부지 주차장, 나지, 하천 복개, 하천변 수림
하천 구조 관련 인자	수로 발달	· 하천 형태, 저수로의 사행정도, 수로의 발달, 굴곡, 소 및 여울의 분포, 수제, 측방침식, 종사주, 하천 내 구조물(댐, 보, 교각), 만곡부
	수로 종단면	· 하상 경사, 횡 구조물, 횡사주, 흐름 특성, 역류 및 정체
	수로 횡단면	· 수로의 폭, 횡단면 유형, 하천상부 구조물, 하천의 깊이
	하상 구조	· 하상 구조, 저질 유형, 저질의 다양성, 하상공, 하천 유사량, 세굴 및 퇴적, 준설
	저수로변 구조	· 제방 및 호안 특성, 호안 재료, 호안공, 수변 유형, 수변 토지이용, 저수로변 식생
수리/ 수문 관련 인자		· 수위, 유속, 유량, 흐름의 형태, 홍수 및 저수의 시간적 분포
수질 및 오염원 관련 인자		· 수온, 수질, 저니질, 점오염원, 비점오염원, 오염 부하량, 영양염의 순환
생태계 인자	식생 환경	· 수생식물상, 수변 식생분포, Biomass의 생산량, 수변 토양, 토양 수분
	동물상	· 부착조류, 저서동물, 육상곤충, 어패류, 소동물, 조류 서식환경, 산란/생육/대피 장소, 생물간의 상호작용(경쟁, 포식, 질병, 기생), 목표 생물종 및 서식환경 설정
	생태계 교란인자	· 자연적 교란(자연 재해), 인공적 교란(점교란원, 비점교란원, 외래종도입 등)
사회/문화적 인자		· 문화사적지, 수변 녹지경관, 친수시설 및 하천 이용실태
기타 고려인자		· 하천 및 수자원 관련 법령/제도, 지역 주민들의 관심 유도, 기술적 지원을 위한 전문가 자문기구, 사업 수행을 위한 행정기관의 의지

■ 하천복원 운동으로 추진

- 이미 선진국의 하천복원 사례에서 살펴보았듯이 앞으로의 하천관리는 더 이상 특정 기능만이 강조되는, 특정 전문가만의 고유영역이 아니라, 치수, 이수, 환경 기능이 함께 추구되고 특히 인간과 자연이 함께 공생하기 위한 복합적인 환경관리로서 취급되어야 할 것이다. 특히 인간만을 위한 그리고 당대의 이용에 국한된

한시적 자원으로서가 아니라 지속적으로 보호·복원되고 후손들에게 상속되어야 할 귀중한 자원이라는 인식에서 출발해야 할 것이다.

- 그런 의미에서 하천의 건강한 복원을 위해서 특정 전문가 집단에 의한, 그리고 특정 사업에 국한된 단기적 대책이 마련되기에 앞서서, 현 시점에서는 다양한 전문분야의 다양한 이해관계자가 참여하는 장기적이고 종합적인 대책으로서 ‘하천보호운동’으로의 전환이 강조되어야 할 것이다.

4. 선행연구와의 차별성

- 현재 국내에서는 하천환경을 구성하는 기초 유역 및 생태 등 자료의 장기적인 수집 및 분석이 부족한 상태에서 일부 하천에 자연형 하천복원 방안이 실험적으로 적용되어 생태학적 복원을 꾀하고 있는 상태이다. 그동안 하천정비기본계획을 토대로 하천을 정비하여왔기 때문에 하천의 환경을 고려하지 못하고 이수·치수 중심의 획일적인 하천정비가 추진되어 왔다. 때문에 구간을 구분하여 하천환경특성을 분석한 연구는 아직까지 많지 않으며, 하천의 다양한 환경항목에 대한 구분과 고려방법에 대한 구체적인 연구도 많지 않은 실정이다. 특히, 충청남도를 대상으로 하천자연도 및 수질유량 등 하천 고유의 특성을 다각적으로 고려한 하천관리 및 복원 관련 사례연구 및 정책적 연구물 역시 거의 없다.
- 반면, 본 연구에서는 하천을 유형화하고 각 유형별 특성을 고려하여 하천의 물리적, 자연적, 화학적 특성을 현장조사분석하고 평가하여 충청남도 하천유형별 특성에 맞는 하천관리에 대한 기본적인 전략 및 향후 복원방안을 정책적으로 제시하고자 하였다. 또한, 이미 국가적으로 추진하고 있는 하천관리의 개념과 전략, 그리고 복원의 방향을 충청남도에서 이해하는 차원을 넘어서 타 지자체에 수범되는 하천관리와 복원의 방향을 설정코자 하였다. 또한, 공간적 개념인 횡적, 종적 물길살리기 개념(stream corridor restoration)을 도입하여 하천생태축 하천관리의 기반을 마련코자 하였다.

제3장 사례하천의 조사 및 평가

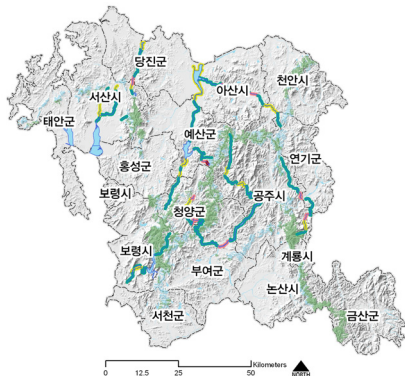
제1절 사례하천의 선정

1. 선정방법

⇒ 하천자연도 평가를 기준으로 4등급 판정을 받은 하천 가운데 도시형 하천 · 평지농촌형 하천 · 산지형 하천을 대표하는 하천을 사례하천으로 선정

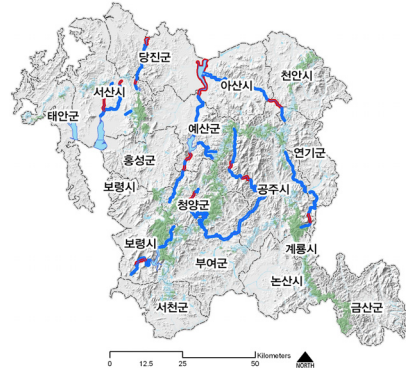
- 연구의 대상지는 「충청남도 광역생태네트워크 구축을 위한 자연환경조사」에서 선정된 복원 우선 19개 구간(74km) 가운데 충청남도 전체 하천의 특성을 잘 나타내고, 하천 유역별 토지이용현황자료 분석을 통해서 도시형 하천 · 평지농촌형 하천 · 산지형 하천의 특성을 잘 나타내는 하천을 선정하였다. 하천평가의 목적이 하천의 생태적 복원이므로, 우선적으로 하천복원이 고려 될 수 있는 지역범위 내에서 하천자연도 평가를 기준으로 4~5등급 판정을 받은 복원우선 구간을 포함한 하천을 선정하였다.

■ 충남 광역생태네트워크 형성을 위해 설정된 하천생태축의 하천을 1차 대상으로 고찰



a. 하천 자연도

■:1등급, ■:2등급, ■:3등급,
■:4등급



b. 하천복원 우선 구간

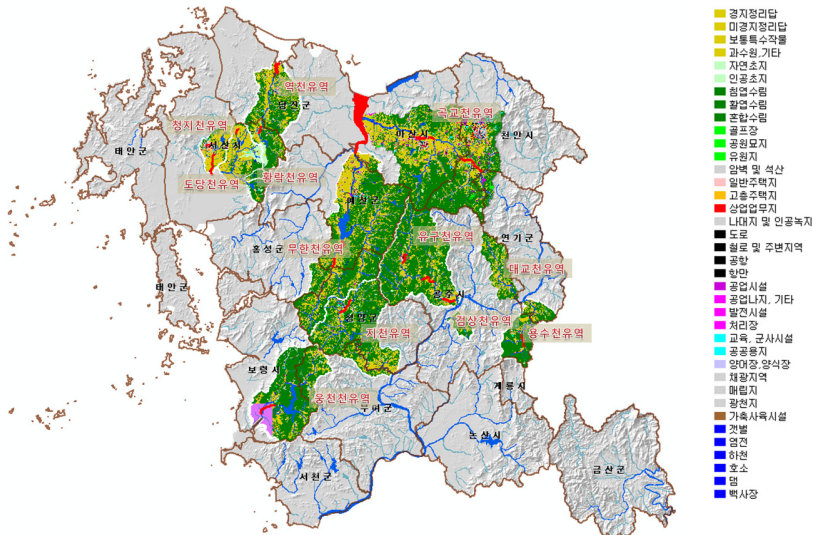
■:복원 우선구간, ■:양호구간

자료 : 충청남도, 충청남도 광역생태네트워크 구축연구, 2007~2008

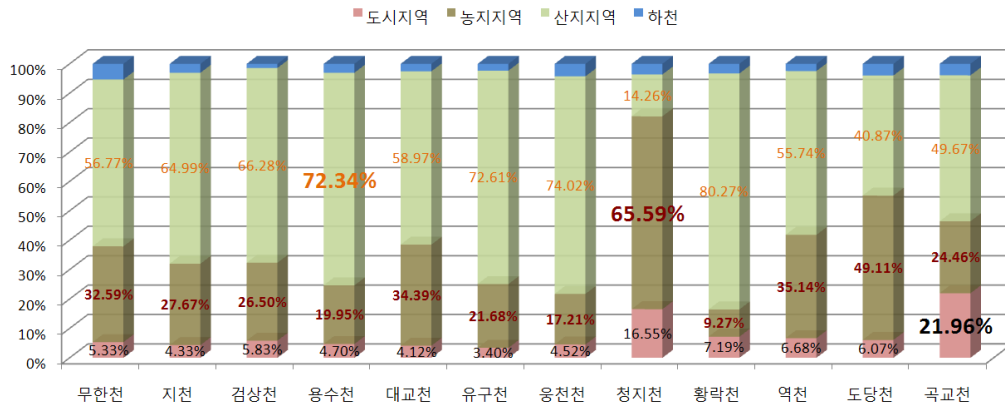
[그림 3-1] 충남 하천생태축의 현황

■ 하천생태축의 하천유역을 대상으로 토지이용현황을 살펴보고 그 특성을 분석

- 충남 하천생태축의 하천유역을 대상으로 다음과 같이 토지이용 특성을 분석하고 그 결과를 토대로 도시지역, 농지지역, 산지지역, 하천으로 그룹핑하여 그 특성을 살펴보았다.



[그림 3-2] 충청남도 하천생태축의 유역별 토지이용현황도



[그림 3-3] 하천유역별 토지이용 그룹핑 현황

■ 현지조사 후 사례하천 선정이 적절한지 검증 후 확정

- 하천유역 특성분석 후 선정된 사례하천을 공동연구진과 현지조사 후 적정여부를 검증하고 대상지역으로 확정하였다.

■ 사례하천 선정을 위한 하천유형화는 도시형 하천, 산지형 하천, 평지농촌형 하천으로 분류

- 사례하천 선정을 위한 하천유형화에서는 우선 인간에 의한 하천변형이 심한 **도시형 하천**과 그 정도가 약한 **전원하천**으로 구분하였고, 전원하천은 다시 하천지형학적 특성에 따라 **산지형 하천**과 **평지농촌형 하천**으로 재 구분하였다. 이처럼 사례하천을 구분한 이유는 하천관리의 여건상 비자연적인 특성 측면에서 큰 차이를 보이는 도시와 농촌 두 가지 경우의 하천상황을 구분하여 파악함과 동시에, 자연적 특성이 상이한 산지하천과 평지하천의 경우를 구분하여 살펴보고자 하였던 때문이다.¹¹⁾

2. 선정결과

■ 하천 주변부의 특성 및 유역내 토지이용현황에 따라서 도시형 하천(곡교천) · 평지농촌형 하천(청지천) · 산지형 하천(용수천)을 선정

- 도시형 하천은 하천주변의 도시화 정도가 나타나고, 하천 정비 내용이 다양하게 나타나는 곡교천을 선정했다.
- 하류지역은 하천폭이 넓고 고수부지를 농경지로 이용하고 있다. 중류지역으로 가면서 산림과 연결되는 부분이 있고 하중주, 사주, 버드나무 군락 등이 나타나며, 아산시 구간의 고수부지에 주차장 운동시설 등이 있고, 제방상단에는 도로가 지나고 있다. 아산시를 벗어나면 자연성이 양호해지지만, 천안시 풍세면에서는 도시하천의 문제점을 보여주고 있다.

11) 조용현(1997) “생태적 복원을 위한 중소하천 자연도 평가방법 개발”, 서울대

- 평지농촌형 하천은 공장폐수 등으로 지나치게 오염되거나 유역환경 개발 압력이 큰 하천을 피하고, 유역 토지이용의 대부분이 농경지로 구성되었을 뿐 아니라, 하천정비의 특성이 국내 농촌하천의 전형적인 모습을 보여주는 청지천을 선택하였다.
- 주로 하천주변이 농경지이며, 산림은 상류지역 일부를 제외하고는 없는 것으로 조사되었고, 하천주변의 녹지가 많이 부족한 것으로 나타났다.
- 산지형 하천은 보편적인 산지하천 특성을 반영하고, 주변에 산림지역이 인접하고 있는 용수천을 선정했다
- 하류지역은 주로 하천주변이 농경지로 나타난다. 종류로 가면서 주변에 산림이 인접하며, 상류에서는 계룡산 국립공원까지 올라가는 하천이다.



[그림 3-4] 연구 대상지역 선정

제2절 사례하천의 물환경 현황

1. 유역의 일반특성

1) 유역현황

■ 곡교천 (도시형 하천)

- 곡교천은 유역면적 총 563.5km²로 삽교호수계(약 33%를 차지)에 해당하며 국가 하천 구간은 충남 아산시 온양동에서 아산시 인주면까지이며, 지방하천 구간은 충남 천안시 광덕면에서 충남 아산시 온양동까지이다. 하천연장은 충남 천안시 광덕면을 기점으로 삽교호 합류전까지 총 49.18km에 이른다.
- 수원은 천안시, 연기군 및 공주시의 경계인 국사봉(EL. 402.7m)에서 발원하여 산비협곡 사이를 북서류 또는 북동류를 반복하다 천안시 풍세면 용정리에서 좌안측으로 유입하는 풍서천과 합류하면서 유하를 전환하여 흐르면서 수계의 지천들과 합류하고 아산시 인주면과 선장면 신문리 경계지점에서 보류인 삽교천 우안측으로 유입한다.

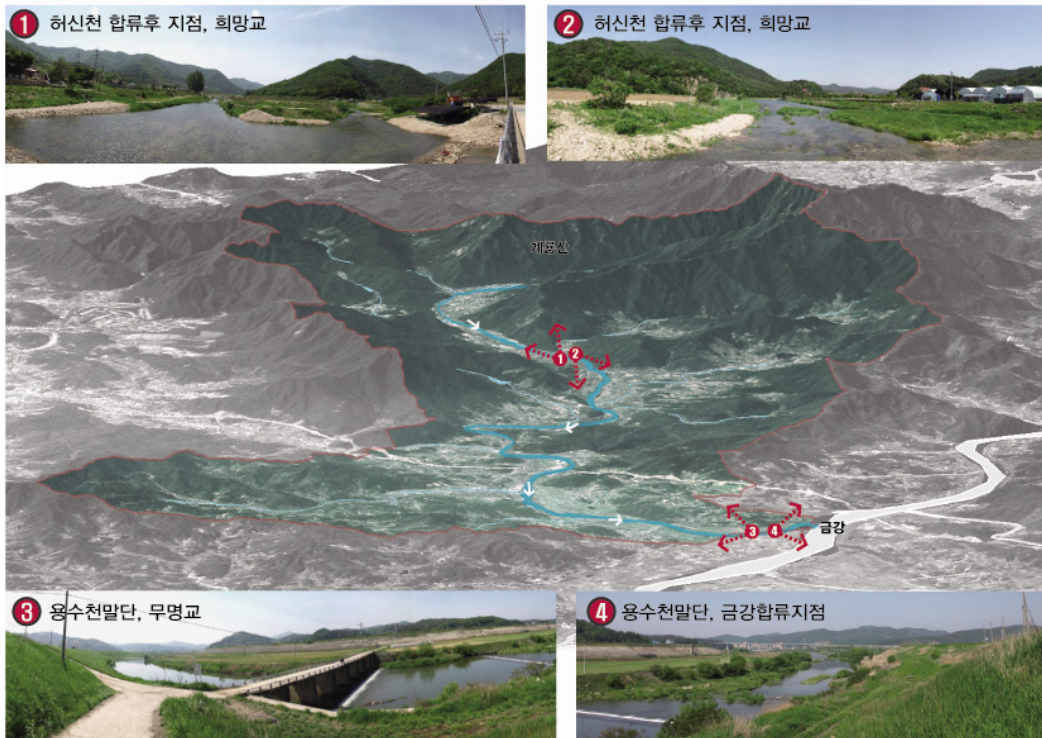


[그림 3-5] 곡교천 유역현황

■ 청지천 (평지농촌형 하천)

- 평지농촌형 하천 유형인 청지천 유역은 충청남도 서산시 및 음암면 일부를 포함하고 있는 지방하천으로서, 우리나라 중북부인 동경 126°25′~127°31′, 북위 36°44′~36°49′ 사이에 위치하며 동으로는 둔당천 유역과 접하고 있고, 북으로는 대호지에, 남으로는 도당천 유역과 접하고 있다. 유역면적은 42.23km²이고 유로연장은 11.0km이며 유역분수령은 북으로는 성왕산(EL252.0m), 동으로는 소탐산(EL109.6m), 서로는 명림산(EL127.1m)와 연결되어 있다.
- 수원은 모가울고개(EL113.2m)에서 발원하여 약 3.0km 남류하여 잠홍저수지로 유입한다. 이후 남서류하면서 우안측에서 잠홍천이 유입되고 1.0km 유하하여 우안측 석림천과 합류한 후 계속 남류하여 대교천을 만나서 서산A지구 배수간선으로 유입하여 간월호에 이른다.

- 수원은 공주군 반포면 계룡산 쌀개봉 은선폭포에서 발원하여 동류하다가 계봉리 계봉초교 앞에서 사기소천과 합류하여 북으로 우회한 후 국도 32번도로를 따라 계속 북류한다. 이후 용수천 지류인 사봉천, 하화천과 합류하여 흐르다가 공암교를 지나면서 봉곡천 및 송곡천과 합류하면서 유향을 동으로 크게 우회한 다음 심한 사행을 이루며 북류하다가 국곡교 부근에서 안산천과 합류하고 다시 금천 및 내동천과 합류하여 서측으로 우회하면서 금강본류로 유입하는 준용하천이다. 용수천은 하류지역은 주로 하천주변이 농경지로 나타나지만, 중류로 가면서 주변에 산림이 인접하며, 상류에서는 계룡산 국립공원까지 이르는 하천이다.

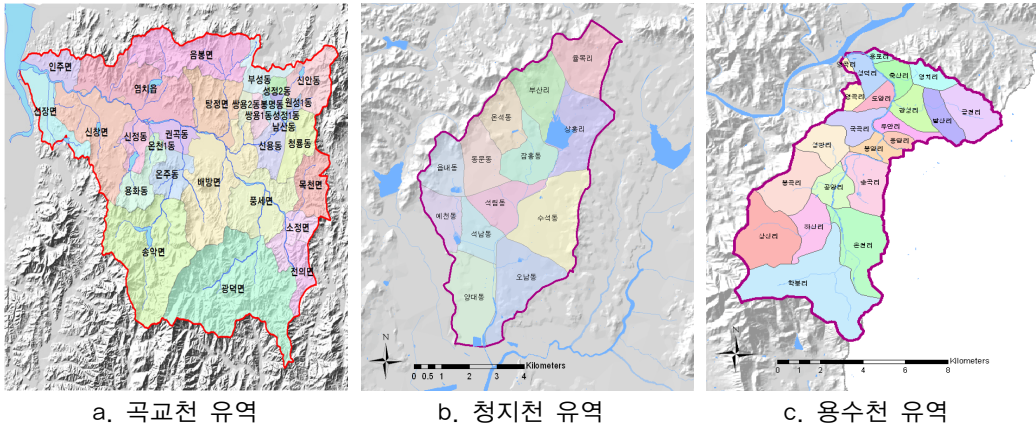


[그림 3-7] 용수천 유역현황

2) 행정구역 현황

- 곡교천 유역은 천안시, 아산시, 연기군에 걸쳐있으며 총 16동, 2읍, 11면이 속하

며, 청지천 유역의 행정구역은 서산시 10동 1면에 걸쳐 분포하고 있다. 또한, 용수천 유역은 공주시, 연기군의 2면에 걸쳐 분포하고 있다.



[그림 3-8] 사례하천 유역의 행정구역 현황도

2. 오염원 현황

- 하천의 물이 오염되는 것은 외부로부터 오염물질이 유입되기 때문이며, 오염물질이 하천에 배출되는 장소를 오염원이라 한다. 이 중 하천에 커다란 영향을 미치는 인구, 축산, 산업, 토지 중심으로 현황을 살펴보았다.

1) 인구현황

- 사례하천 유역 3개의 사군별 및 읍면별 인구현황을 살펴보면 다음과 같다.

■ 곡교천 (도시형 하천)

- 곡교천 유역은 총 614,676명의 인구가 거주하고 있으며, 사군별 인구를 살펴보면 천안시가 전체 유역인구의 67%인 413,422명이 거주하고 있으며, 그 다음으로 아산시 197,254명(32%), 연기군 4,000명(1%) 순으로 나타났다(<표 3-1>). 인구밀도는 천안시 쌍용동이 가장 높은 지역으로 나타났다(<표 3-1>, [그림 3-9]).

〈표 3-1〉 곡교천 유역의 행정구역별 인구현황

	시·군	인구 (명)	면적 (km ²)	인구밀도 (명/km ²)
1	천안시	413,422	209.7	1,971
2	아산시	197,254	330.8	596
3	연기군	4,000	23.0	174
전체		614,676	563.5	1,091

자료 : 천안시·아산시·연기군, 2008, 행정자료(전국오염원 조사)

■ 청지천 (평지농촌형 하천)

- 청지천 유역은 총 70,608명의 인구가 거주하고 있으며, 읍면동별 인구를 살펴 보면 동문동이 전체 유역인구의 31%인 21,646명이 거주하고 있으며, 그 다음으로 서산시 읍내동 17,130명(24%), 서산시 석림동 10,347명(15%), 서산시 석남동 6,920명(10%), 서산시 예천동 4,113명(6%) 순으로 나타났다(〈표 3-2〉). 인구밀도는 동문동이 7,264명/km²으로 인구밀도가 가장 높은 지역으로 나타났다(〈표 3-2〉, [그림 3-9]).

〈표 3-2〉 청지천 유역의 행정구역별 인구현황

	시·군	읍·면	동·리	인구 (명)	면적 (km ²)	인구밀도 (명/km ²)
1	서산시	—	동문동	21,646	2.98	7,264
2	서산시	—	석남동	6,920	2.15	3,219
3	서산시	—	석림동	10,347	2.59	3,995
4	서산시	—	수석동	2,543	6.04	421
5	서산시	—	양대동	1,387	4.56	304
6	서산시	—	예천동	4,113	2.08	1,977
7	서산시	—	오남동	1,018	4.86	209
8	서산시	—	온석동	561	2.75	204
9	서산시	—	읍내동	17,130	2.58	6,640
10	서산시	—	잠흥동	723	2.89	250
11	서산시	음암면	부산리	2,879	3.38	852
12	서산시	음암면	상흥리	841	4.57	184
13	서산시	음암면	울목리	500	3.84	130
전체				70,608	45.33	1,558

자료 : 서산시, 2008, 행정자료(전국오염원 조사)

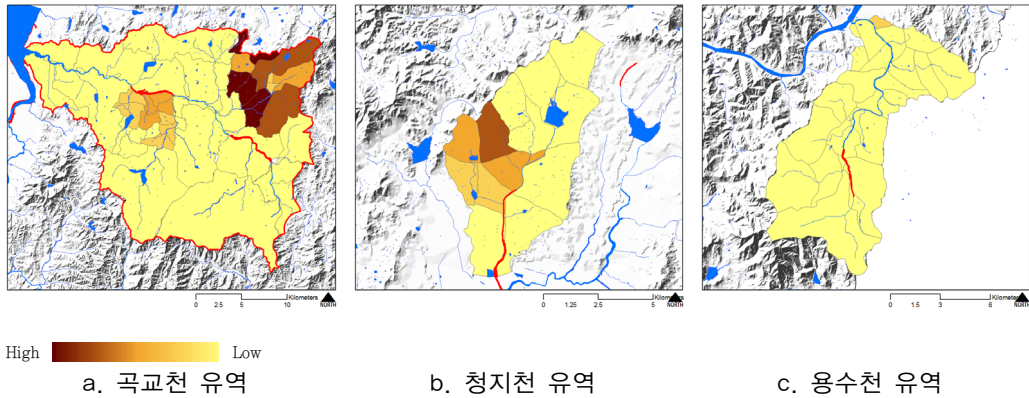
■ 용수천(산지형 하천)

- 용수천 유역의 경우는 연기군 용포리가 전체 유역인구의 38%인 4,529명이 거주하고 있으며, 공주시 학봉리 1,056명(9%), 공주시 공암리 852명(7%), 공주시 봉곡리 867명(7%), 공주시 송곡리 690명(6%) 순으로 나타났다(<표 3-3>). 인구밀도는 연기군 용포리 1,887명/km², 공주시 공암리 473명/km², 공주시 봉곡리 269명/km², 연기군 도암리 205명/km²으로 용수천 유역내에서는 연기군 금남면 용포리가 가장 높은 지역으로 나타났다(<표 3-3>, [그림 3-9]).

〈표 3-3〉 용수천 유역의 행정구역별 인구현황

	시·군	읍·면	동·리	인구 (명)	면적 (km ²)	인구밀도 (명/km ²)
1	공주시	반포면	공암리	852	1.80	473
2	공주시	반포면	국곡리	237	3.28	72
3	공주시	반포면	봉곡리	867	3.22	269
4	공주시	반포면	봉암리	91	2.10	43
5	공주시	반포면	상신리	325	8.25	39
6	공주시	반포면	성강리	191	3.69	52
7	공주시	반포면	송곡리	690	5.47	126
8	공주시	반포면	온천리	384	8.12	47
9	공주시	반포면	하신리	272	4.06	67
10	공주시	반포면	학봉리	1,056	15.89	66
11	연기군	금남면	감성리	303	3.10	98
12	연기군	금남면	금천리	278	5.94	47
13	연기군	금남면	도암리	326	1.59	205
14	연기군	금남면	두만리	253	2.02	125
15	연기군	금남면	발산리	224	2.94	76
16	연기군	금남면	성덕리	286	2.32	123
17	연기군	금남면	영곡리	338	3.23	105
18	연기군	금남면	영치리	88	2.83	31
19	연기군	금남면	용담리	233	1.09	214
20	연기군	금남면	용포리	2,529	1.34	1,887
21	연기군	금남면	축산리	208	2.19	95
전체				10,031	84.56	119

자료 : 공주시·연기군, 2008, 행정자료(전국오염원 조사)



[그림 3-9] 사례하천 유역의 인구밀도 분포도

2) 축산현황

- 사례하천인 3개의 하천유역별 사군별 및 읍면별 축산현황을 살펴보면 다음과 같다.

〈표 3-4〉 사례하천 유역의 행정구역별 축산현황

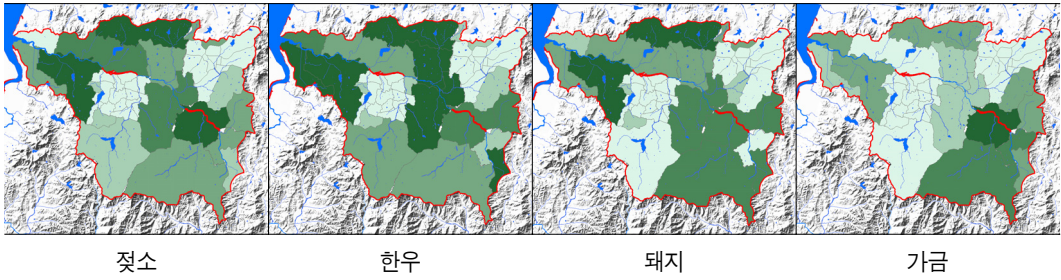
[단위 : 마리]

유역	시·군	젓소	한우	돼지	가금
곡교천 유역	천안시	3,178	1,886	44,869	1,634,586
	아산시	9,210	11,683	129,476	1,647,828
	연기군	219	211	2,645	253,343
청지천 유역	서산시	869	2,114	3,562	110,982
용수천 유역	공주시	12	179	3,397	889
	연기군	148	592	2,140	1,230

자료 : 천안시·아산시·서산시·공주시·연기군, 2008, 행정자료(전국오염원 조사)

■ 곡교천 (도시형 하천)

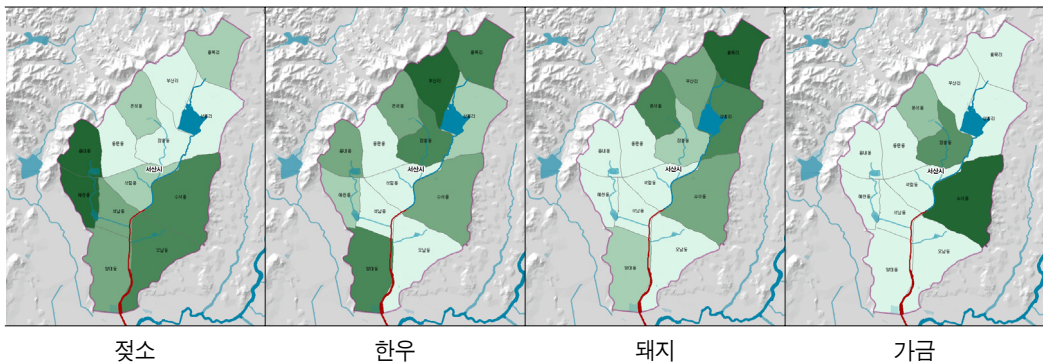
- 곡교천 유역의 읍면별 축산현황을 살펴볼 때, 비교적 오염원 원단위가 큰 젓소, 한우, 돼지의 경우 아산시 음봉면, 신창면이 사육두수가 많은 것으로 나타났으며, 특히 돼지와 가금의 사육두수가 많은 것으로 나타났다.



[그림 3-10] 곡교천 유역의 읍·면별 축산현황도

■ 청지천 (평지농촌형 하천)

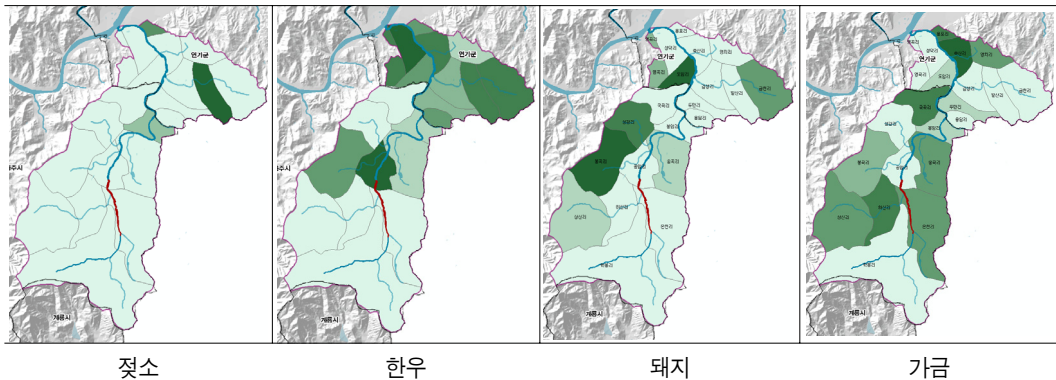
- 청지천 유역의 읍·면별 축산현황을 살펴볼 때, 비교적 오염원 원단위가 큰 젓소, 한우, 돼지의 경우 서산시 읍목리, 부산리, 상흥리, 오석동, 수석동이 사육두수가 많은 것으로 나타났으며, 특히 돼지의 사육두수가 많은 것으로 나타났다.



[그림 3-11] 청지천 유역의 읍·면별 축산현황도

■ 용수천(산지형 하천)

- 용수천 유역의 읍·면별 축산현황을 살펴볼 때, 비교적 오염원 원단위가 큰 젓소, 한우, 돼지의 경우 공주시 봉곡리, 연기군 도암리, 공주시 성강리, 연기군 금천리 사육두수가 많은 것으로 나타났으며, 특히 돼지의 사육두수가 많은 것으로 나타났다.



[그림 3-12] 용수천 유역의 읍·면별 축산현황도

3) 산업현황

■ 곡교천 (도시형 하천)

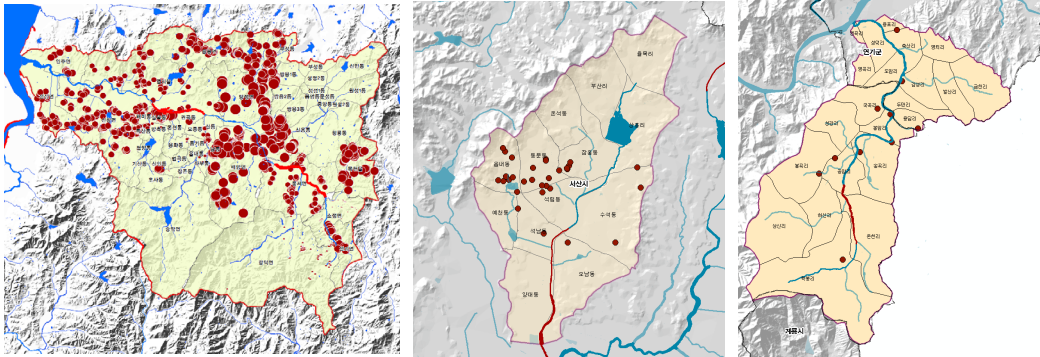
- 곡교천 유역내 폐수배출업소는 총 464개소로 1종 5개소, 2종 3개소, 3종 10개소, 4종 33개소, 5종 413개소로 조사되었으며, 2008년 방류량은 총 76,291m³/일로 천안시가 5.7%, 아산시가 94.3%를 배출하는 것으로 조사되었다.

■ 청지천 (평지농촌형 하천)

- 청지천 유역내 폐수배출업소는 총 30개소로 4종 1개소, 5종 29개소로 조사되었으며, 2008년 방류량은 총 186m³/일로 서산시 수석동이 76m³/일로 약 41%를 배출하는 것으로 조사되었다.

■ 용수천 (산지형 하천)

- 용수천 유역내 폐수배출업소는 총 10개소로 모두 5종시설로 조사되었으며, 2008년 방류량은 총 81m³/일로 공주시가 97.5%, 연기군이 2.5%를 배출하는 것으로 조사되었다.



a. 곡교천 구역

b. 청지천 구역

c. 용수천 구역

[그림 3-13] 사례하천 구역의 폐수배출시설 현황도

4) 토지이용현황

- 사례하천 구역 3개의 토지이용현황 및 토지지목현황을 살펴보면 다음과 같다.

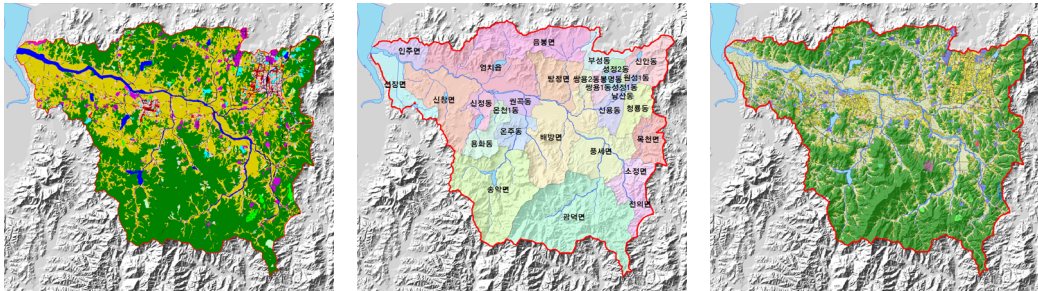
■ 곡교천 (도시형 하천)

- 곡교천 구역의 전체 면적은 563.5km²로 천안시는 209.7km²로 전체 구역의 약 37.2%를 차지하며, 아산시는 330.8km²로 약 58.7%, 연기군은 23.0km²로 약 4.1%를 차지하는 것으로 조사되었다.
- 지목별 현황을 보면 ‘답’은 전체의 약 30.7%, ‘임야’는 약 20.2%, ‘대지’는 약 18.3%, ‘전’은 약 16.6%, ‘기타’는 14.2% 순으로 조사되었다. 특히, 곡교천 구역의 경우는 계속해서 대지면적이 증가하는 경향을 보이고 있었다.

〈표 3-5〉 곡교천 유역의 행정구역별 토지현황

	시·군	유역내 면적	
		면적 (km ²)	점유율(%)
1	천안시	209.7	37.2
2	아산시	330.8	58.7
3	연기군	23.0	4.1
전체		563.5	100.0

자료 : 천안시·아산시·연기군, 2008, 행정자료(전국오염원 조사)



a. 곡교천 토지이용현황

b. 곡교천 행정구역현황

c. 곡교천 지목현황

[그림 3-14] 곡교천 유역의 토지현황도

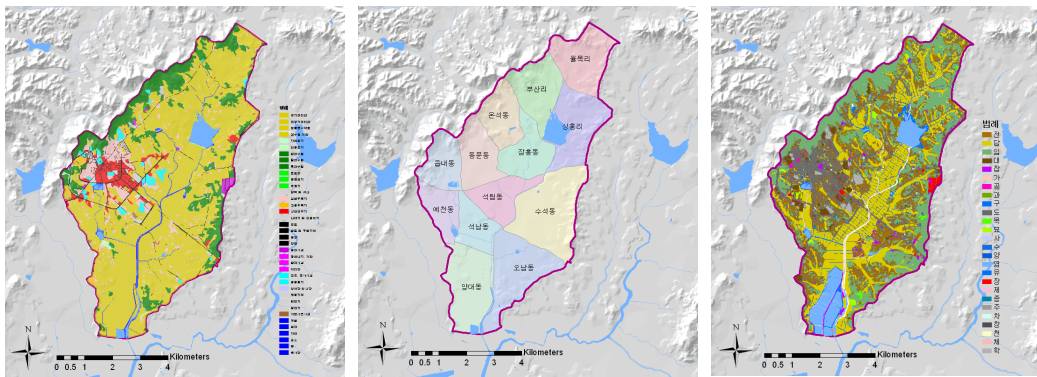
■ 청지천 (평지농촌형 하천)

- 청지천 유역의 전체 면적은 45.3km²로 동지역이 33.5km²로 전체 유역의 약 74.0%를 차지하며, 면지역은 11.8km²로 약 26.0%를 차지하는 것으로 조사되었다.

〈표 3-6〉 청지천 유역의 행정구역별 토지현황

	시·군	읍·면	동·리	유역내 면적	
				면적 (km ²)	점유율(%)
1	서산시	—	동문동	2.98	6.6
2	서산시	—	석남동	2.15	4.7
3	서산시	—	석림동	2.59	5.7
4	서산시	—	수석동	6.04	13.3
5	서산시	—	양대동	4.56	10.1
6	서산시	—	예천동	2.08	4.6
7	서산시	—	오남동	4.86	10.7
8	서산시	—	온석동	2.75	6.1
9	서산시	—	읍내동	2.58	5.7
10	서산시	—	잠흥동	2.89	6.4
11	서산시	음암면	부산리	3.38	7.5
12	서산시	음암면	상흥리	4.57	10.1
13	서산시	음암면	율목리	3.84	8.5
전체				45.33	100.0

자료 : 서산시, 2008, 행정자료(전국오염원 조사)



a. 청지천 토지이용현황

b. 청지천 행정구역현황

c. 청지천 지목현황

[그림 3-15] 청지천 유역의 토지현황도

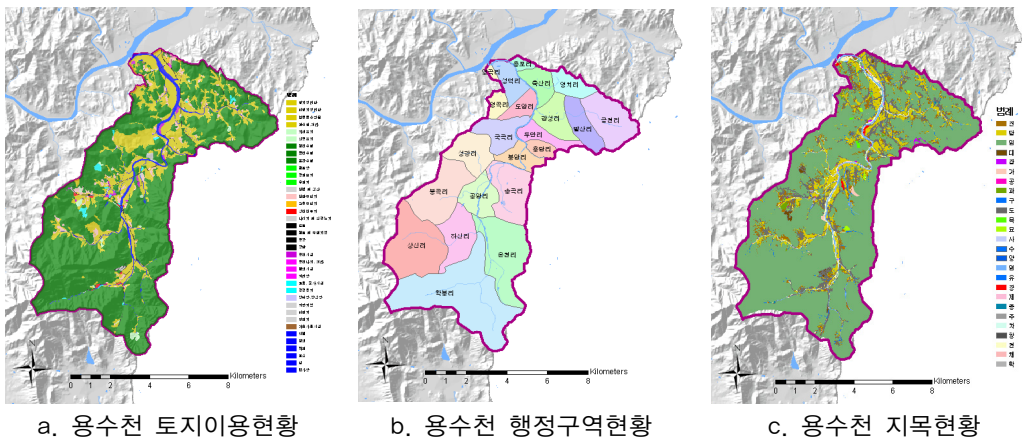
■ 용수천 (산지형 하천)

- 용수천 유역의 전체 면적은 45.3km²로 동지역이 33.5km²로 전체 유역의 약 74.0%를 차지하며, 면지역은 11.8km²로 약 26.0%를 차지하는 것으로 조사되었다.

〈표 3-7〉 용수천 유역의 행정구역별 토지현황

	시·군	읍·면	동·리	유역내 면적	
				면적 (km ²)	점유율(%)
1	공주시	반포면	공암리	1,80	2.1
2	공주시	반포면	국곡리	3,28	3.9
3	공주시	반포면	봉곡리	3,22	3.8
4	공주시	반포면	봉암리	2,10	2.5
5	공주시	반포면	상신리	8,25	9.8
6	공주시	반포면	성강리	3,69	4.4
7	공주시	반포면	송곡리	5,47	6.5
8	공주시	반포면	온천리	8,12	9.6
9	공주시	반포면	하신리	4,06	4.8
10	공주시	반포면	학봉리	15,89	18.8
11	연기군	금남면	감성리	3,10	3.7
12	연기군	금남면	금천리	5,94	7.0
13	연기군	금남면	도암리	1,59	1.9
14	연기군	금남면	두만리	2,02	2.4
15	연기군	금남면	발산리	2,94	3.5
16	연기군	금남면	성덕리	2,32	2.7
17	연기군	금남면	영곡리	3,23	3.8
18	연기군	금남면	영치리	2,83	3.4
19	연기군	금남면	용담리	1,09	1.3
20	연기군	금남면	용포리	1,34	1.6
21	연기군	금남면	축산리	2,19	2.6
전체				84,56	100.0

자료 : 공주시·연기군, 2008, 행정자료(전국오염원 조사)



a. 용수천 토지이용현황

b. 용수천 행정구역현황

c. 용수천 지목현황

[그림 3-16] 용수천 유역의 토지현황도

3. 환경기초시설 현황

■ 곡교천 (도시형 하천)

- 곡교천 유역내 환경기초시설은 공공하수처리시설 2개소, 분뇨처리시설 2개소, 축산농공산업단지 폐수처리시설 5개소, 소규모 공공하수처리시설이 3개소로 총 12개소가 위치하고 있다. 사군별 환경기초시설 현황을 살펴보면 천안시는 천안공공하수처리시설 외 2개소, 아산시는 아산공공하수처리시설 외 7개소, 연기군은 소정산업단지폐수종말처리시설 1개소가 2009년 현재 운영 중에 있다.

〈표 3-8〉 곡교천 유역의 환경기초시설 현황

	사군	읍·면	동·리	시설명	시설용량 (㎥/일)
1	천안시	-	신용동	천안분뇨처리시설	310
2		-	신용동	천안공공하수처리시설	150,000
3		-	쌍용3동	천안제3산업단지폐수종말처리시설	47,000
4	아산시	-	실옥동	아산공공하수처리시설	63,000
5		-	득산동	아산득산농공단지폐수종말처리시설	350
6		송악면	동화리	동화 소규모 공공하수처리시설	50
7		탕정면	명암리	아산테크노단지폐수종말처리시설	165,000
8		음봉면	월랑리	음봉월랑 소규모 공공하수처리시설	50
9		음봉면	동암리	동암 소규모 공공하수처리시설	46
10		신창면	수장리	아산가축분뇨공공처리시설	150
11		신창면	수장리	아산분뇨처리시설	200
12	연기군	전의면	유천리	소정산업단지폐수종말처리시설	1,050

자료 : 천안시·아산시·연기군, 2008, 행정자료(전국오염원 조사)

■ 청지천 (평지농촌형 하천)

- 청지천 유역내 환경기초시설은 공공하수처리시설 1개소, 분뇨처리시설 1개소가 위치하고 있는 것으로 나타났다.

〈표 3-9〉 청지천 유역의 환경기초시설 현황

	시·군	읍·면	동·리	시설명	시설용량 ($\text{m}^3/\text{일}$)
1	서산시	-	양대동	서산공공하수처리시설	35,603
2		-	양대동	서산분뇨처리시설	150

자료 : 서산시, 2008, 행정자료(전국오염원 조사)

■ 용수천 (산지형 하천)

- 용수천 유역내 환경기초시설은 공주시에 공공하수처리시설 2개소가 위치하고 있는 것으로 나타났다.

〈표 3-10〉 용수천 유역의 환경기초시설 현황

	시·군	읍·면	동·리	시설명	시설용량 ($\text{m}^3/\text{일}$)
1	공주시	반포면	송곡리	공암공공하수처리시설	1,800
2		반포면	온천리	동학사공공하수처리시설	1,800

자료 : 공주시·연기군, 2008, 행정자료(전국오염원 조사)

제3절 하천자연도 조사 및 평가

1. 조사지점 및 시기

■ 곡교천 (도시형 하천)

- 도심형 하천의 사례하천으로 선정한 곡교천은 국가하천과 지방하천 구간으로 나누어지고, 금강권역 삼교호수계에 해당하며 곡교천의 하천자연도 평가는 총 49 km 구간에 대해서 2009년 4월 ~ 7월에 총 16개 지점을 조사하였다.

■ 청지천 (평지농촌형 하천)

- 평지농촌형 하천으로 선정한 청지천은 지방2급 하천으로 금강권역 금강서해수계에 해당하며 충남 서산시 음암면에서 발원하여 충남 서산시 장동으로 흘러가 도당천과 합류하여 서해로 흘러 들어가는 하천이다. 청지천의 하천자연도 평가는 총 11km 구간에 대해서 총 5개 지점을 조사하였고, 조사는 2009년 4월 ~ 7월에 실시하였다.

■ 용수천 (산지형 하천)

- 산지형 하천으로 선정한 용수천은 지방하천으로 금강수계에 해당하며 충남 공주시 반포면(계룡산 국립공원)에서 발원하여 충남 연기군 금남면으로 유하한 다음 금강과 합류하는 하천이다. 용수천의 하천자연도 평가는 총 21km 구간에 대해서 2009년 4월 ~ 7월에 총 6개 지점의 조사를 실시하였다.

2. 조사 및 평가방법

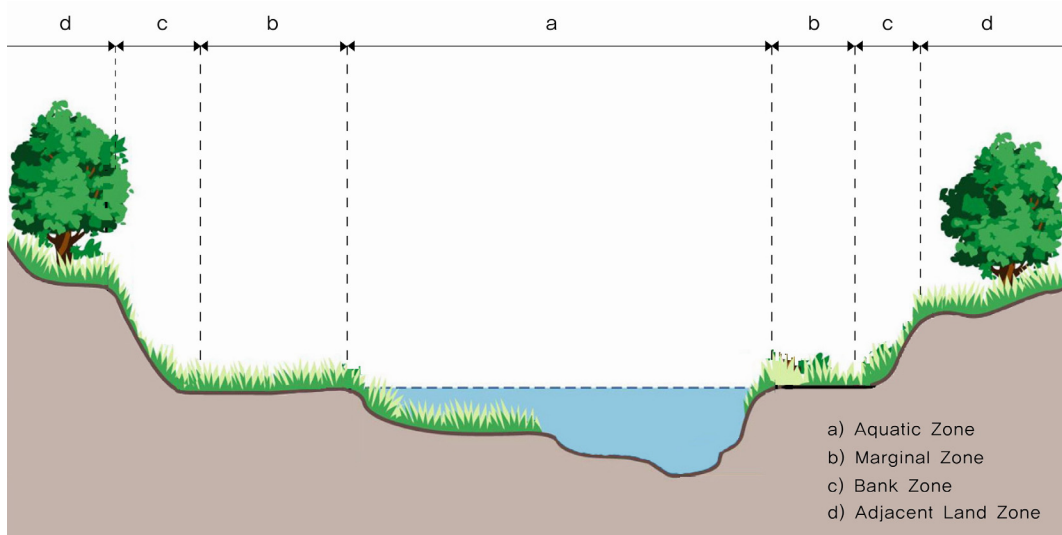
1) 조사내용 및 방법

■ 현장조사 개요

- 하천자연도 평가 및 하천복원방안 마련의 보조자료로서 사용할 목적으로 조사구간별로 조사구간을 대표하는 지점에서 현장조사를 통해 목측 가능한 다양한 항목을 하천환경 조사표에 따라 조사하였다(조용현, 1997).
- 조사내용
 - 일반사항 : 하천명, 행정구역, 조사구간, 하천크기, 하천현황, 조사자, 조사일 기상 등
 - 횡단부위별 특성: 재료, 식생, 제원, 경관

◦ 하천의 자연환경조사를 위한 야장양식

- 관리범위 내 하천 수변환경조사를 위한 야장에는 하천명, 지점번호, 수역관수제관제방권의 폭과 하상재질, 저수호안의 재질 및 식생단면도 등을 포함하고 있다.



(a) 수역권(aquatic zone) : 흐름형태, 하상변화, 하도 특성, 식생유형 조사

(b) 수제권(marginal zone) : 하도 특성, 식생유형 조사, 토지이용 등 조사

(c) 제방권(bank zone) : 지형, 식생유형 등 조사

(d) 하천주변권(adjacent land zone) : 지형, 식생유형, 토지이용 등 조사

[그림 3-17] 하천 수변환경 권역 구분 및 조사내용

■ 야장기입 세부내용

① 구간 개요

◦ 하천명

- 법정 하천명을 기재하되, 국가/지방1급/지방2급 하천 여부를 괄호안에 부기하였다.(예: 금천(지방1급) ≠ 금천(지방2급))

◦ 행정구역

- 조사구간 또는 조사지점이 속한 행정구역을 기입하였다.

- 조사구간

- 제3자가 조사구간을 방문시 조사구간을 재확인할 수 있도록 주요 식별 지형지물 또는 교량명칭 등을 표기하였다.

- 하천크기

- 하폭은 제외지의 폭으로서 수로측 제방사면이 시작되는 지점에서 반대편 제방의 수로측 제방사면 최상단 지점까지의 폭을 측정하여 기입하였다.
- 저수로폭은 좌우 저수호안 사이의 폭을 지칭하며, 유량이 부족하여 수면이 저수로폭을 채우지 못한 채 흐르는 경우 추가로 수면폭을 측정하여 부기하였다.(예: 저수로폭 10m(수면폭 2m))
- 수심은 수로 중앙부 평균수심을 측정하여 기입하였다.

- 하천현황

- 하천의 현재 상태를 가급적 자세히 상술하였다.

- 조사자

- 조사에 참여한 인력 전원의 성명을 모두 기입하였다.

- 조사일시 및 기상현황

- 조사 일시를 기입하고, 조사당시의 기상현황을 약술하였다.

- Key Map

- 조사구간 또는 지점에 대한 이해를 돕도록 위치 안내도를 삽입하였다.

② 하천횡단 부위별 특성

- 재료 분포

- 제방상단, 제방사면, 고수부지, 저수호안, 저수로 등 하천횡단 부위별로 지반표면의 주재료(흙, 점토, 미사, 모래, 자갈, 호박돌, 목재, 돌망태, 게비온, 메쌓기 석축, 콘크리트 블록, 찰쌓기 석축, 콘크리트 등)를 표기하되, 하천횡단부위 자체가 존재하지 않는 경우에는 ‘-’ 표기를 하였다.

◦ 식생 분포

- 제방상단, 제방사면, 고수부지, 저수호안, 저수로 등 하천횡단 부위별로 목본과 초본을 구분하여 주요 출현하는 식물 종의 목록을 표기하고, 우점종은 한 번 더 표기하였다.
- 하천횡단부위 자체가 존재하지 않는 경우에는 반드시 ‘-’ 표기를 하며, 식물 종이 없는 경우 ‘X’ 로 표기하였다.

◦ 경관

- 제방상단, 제방사면, 고수부지, 저수호안, 저수로 등 하천횡단 부위별로 좌우안을 구분하여 최소 1매의 사진을 촬영하는 것을 원칙으로 하였다.
- 사진촬영방향은 가급적 상류방향을 향하여 촬영하였다.

③ 하천 단면도 및 횡단 현황사진

◦ 하천 단면도

- 하천 제원 간이측량 결과를 토대로 현장에서 개략 하천단면도를 작성하고, 조사 후 실내에서 하천 단면도를 정리하여 제작, 삽입하였다.
- 하천단면도 표기범위는 제방과 제내지 일부(최소30m)를 포함하도록 하였다.

◦ 횡단 현황사진

- 하천의 전체적인 횡단 현황을 손쉽게 파악할 수 있도록 현장에서 파노라믹 사진을 촬영하여 삽입하였다.

■ 하천환경 현장조사 결과 정리

- 하천환경조사표는 실내에서 야장의 정서, 사진작업, CAD 도면제작 및 삽입 과정을 통하여 정리하였다(부록1 참조).

2) 평가내용 및 방법

■ 평가방법

- 하천의 물리적 구조의 평가는 수로의 발달, 종단면, 횡단면, 하상구조, 저수로변 구조, 하천주변 등을 그 내용으로 하며, 평가방법은 다음과 같다(조용현 1997, “우리나라 중소하천 코리도의 자연성 평가기법 연구”, 한국조경학회지 25(2):73-81).
 - 평가목적 : 하천 구간별 하천복원 방향 설정
 - 평가근거 : 하천자연환경조사 자료 + 평가지에 의한 현장조사
 - 평가척도 : 1등급(자연스러운)~5등급(극심하게 훼손된)
 - 평가내용 : 물리적 환경 중심의 생물서식조건 = 하천생태계의 구조 질
 - 평가항목 : 수로의 발달, 종단면, 횡단면, 하상구조, 저수로변 구조, 하천주변(총 6 항목)
 - 평가단위 : 조사구간
 - 평가결과 표현 : 평가도면([그림 3-18] 참조)
 - 관련자료 : 수계망, 수치지형도, 토지피복도(이상 1:25,000), 수치도로망도(국가교통 DB), 농업진흥구역도, 생태경관보전지역도, 습지보호지역도, 동식물 분포도, 야생동식물보호구역도, 수치표고모델(DEM), 용도지역지구도

〈표 3-11〉 하천의 물리적 구조 평가항목

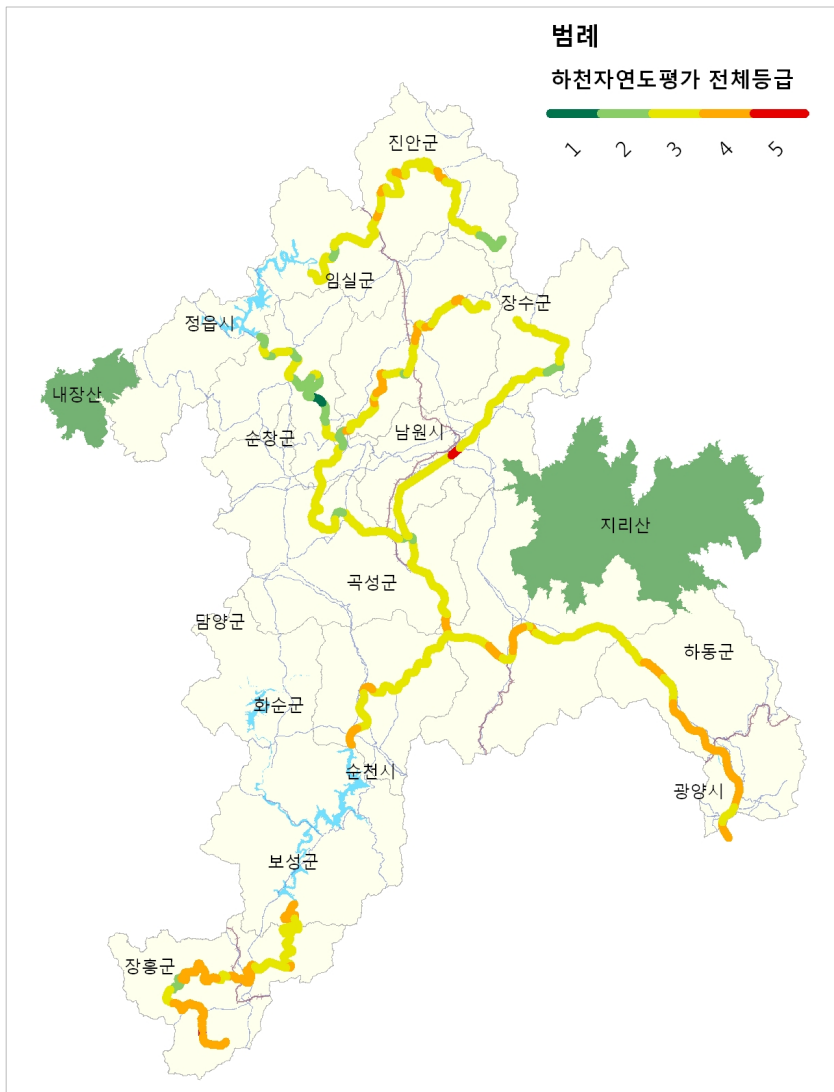
부문	항목	평가내용	점수	평가기준	등급식별 견본제시
수로의 발달	수로의 굴곡	저수로 사행 정도	1	사행하는	도형, 사진
			2	강하게 휜	"
			3	가볍게 휜	"
			4	약하게 휜	"
			5	직선의	"
	측방 침식	수류의 수로변 침식의 빈도와 강도	1	강하고, 빈번한	사진
			2	강하고, 드문	"
			3	약하고, 빈번한	"
			4	약하고, 드문	"
			5	없음	
	중사주	퇴적에 의한 종방향 사주 발달 정도, 사주 종류 수	1	3 중 이상	사진
			2	3 중	
			3	2 중	
			4	1 중	
			5	없음	
	특수한 수로 구조	자연적으로 형성된 특이하고 희귀한 수로 내 구조	1	3 중 이상	사진
			2	3 중	
			3	2 중	
			4	1 중	
			5	없음	
중단면	횡 구조물	어류 이동을 방해하는 인공구조물의 방해 정도	1	횡구조물이 없음	사진
			2	우회로 있는 낙하, 울통불통한 경사수로	"
			3	어도를 가진 낙하	"
			4	평평한 경사수로, 0.3 ~ 0.4m 낙하	"
			5	0.7m 이상 낙하	"
	횡 사주	물 흐름의 다양성을 유발하는 자연적인 하천 횡단 사주	1	3 회 이상	사진
			2	3 회	
			3	2 회	
			4	1 회	
			5	없음	
	흐름의 다양성	종방향과 횡방향의 물 흐름의 다양성	1	매우 큰	도형, 사진
			2	큰	"
			3	적당한	"
			4	경미한	"
			5	없음	
횡단면	횡단면 유형	하천 전체 횡단면 형상의 변경 정도	1	자연단면	사진
			2	자연단면에 가까운	"
			3	변화 없는, 오래된	"
			4	사다리꼴 규칙측면	"
			5	직사각형 규칙측면	"
	제방 재료	고수제방 호안 재료의 인공화 정도	1	인공 제방이 없음	사진
			2	흙 제방	"
			3	버드나무, 목책, 자연석 인공제방	"
			4	투수성 비자연소재 인공제방	"
			5	불투수 콘크리트 제방	"
	폭 다양성	저수로 수제선 폭 다양성	1	매우 큰	도형, 사진
			2	큰	"
			3	적당한	"
			4	경미한	"
			5	없음	

〈표 3-12〉 하천의 물리적 구조 평가항목 (계속)

부문	항목	평가내용	점수	평가기준	등급식별 견본제시
	하천 상부 구조물	교량 등 하천상부구조물의 국지적 횡단면 변경 정도	1	하천상부구조물이 없는	사진
			2	수류가 좁아지지 않는, 강변이 차단되지 않는	"
			3	수류가 좁아지는	"
			4	강변이 차단되는	"
			5	수류가 좁아지고 차단되는	"
	하천 깊이*	하상에서 제방까지 깊이	생략	하천 폭과 연동하여 깊이가 깊을수록 큰 점수	
하 상 구 조	저질 다양성	하상저질의 다양성	1	매우 큰	도형, 사진
			2	큰	"
			3	적당한	"
			4	경미한	"
			5	없는	"
	특수한 하상 구조	자연 발생하는 특수한 지형들의 출현 종류 수	1	3종 이상	사진
			2	3종	"
			3	12종	"
			4	1 종	"
			5	없는	"
저 수 로 변 구 조	저수로변 식생	저수로변 식생 유무와 식물군락의 유형	1	자연조건에 의해 없는	사진
			2	갈대, 달뿌리풀 순군락	"
			3	초지, 저관목	"
			4	침식에 의해 없는	"
			5	차단공 때문에 없는	"
	호안공	저수로 호안공의 종류 및 인공화 정도	1	거석 + 식생호안	사진
			2	목책공	"
			3	사석 혹은 석축 호안	"
			4	콘크리트 옹벽, 포장	"
			5	호안공이 없음	"
	특수한 저수로변 구조	저수로변에 수류에 의해 자연적으로 형성된 특수한 구조	1	3 종 이상	사진
			2	3 종	"
			3	2 종	"
			4	1 종	"
			5	없음	"
	저수로변 종방향 배열	미지형과 식생에 의한 저수로변 종방향 배열 다양성	1	매우 큰	도형, 사진
			2	큰	"
			3	적당한	"
			4	경미한	"
			5	없는	"
하 천 주 변	인접 토지 이용	지배적인 토지이용의 인공화 정도	1	자연상태의 숲 10% 이상	사진
			2	자연 초지, 저목림 10% 이상, 과수원 10 ~ 50%	"
			3	과수원 50% 이상, 경작지 10 ~ 50%	"
			4	경작지 50% 이상, 밀집이용시설 10 ~ 50%	"
			5	시가지, 주거지 등 밀집이용시설 50%이상	"
	하천변 대상 수림	하천변 대상 수림의 차폐율	1	완전한, 90% 이상	사진
			2	경미하게 다공성, 70 ~ 90%	"
			3	다공성, 30 ~ 70%	"
			4	과도하게 없는, 10 ~ 30%	"
			5	없는, 10% 미만	"
	자연스럽지 않은 주변 구조	자연스러운 저수로변 혹은 하천변에 어울리지 않는 시설 혹은 경관	1	인공시설물이 없는	사진
			2	인공시설물	"
			3	소로, 하천과 조화되지 않는 인공시설	"
			4	제방도로, 고수부지 주차장, 나지	"
			5	복개된, 쓰레기 퇴적물	"

■ 평가결과 표기방법

- 하천자연도 평가지 기입사항을 Microsoft Excell 파일에 입력하여, GIS DB의 속성정보로 연동시키고, 기초 통계를 작성하였다.
- 최종 하천자연도 평가결과의 표현 예시는 [그림 3-18]과 같고, 사례하천의 평가 역시 아래와 같이 평가결과를 표현하였다.



[그림 3-18] 하천자연도 평가 전체 등급 예시 (섬진강)

3. 조사 및 평가결과

1) 조사결과

■ 곡교천 (도시형 하천)

- 곡교천의 하폭은 하류지역의 경우 594m에서 상류지역은 66.5m까지 하폭이 다양하게 나타났다. 수로는 전체적으로 사행을 하고 있었다. 하류지역은 고수부지가 발달하였고, 좌·우안 고수부지에 경작지가 있으며, 하천폭이 매우 넓다. 중류로 올라 갈수록 산림과 연결되는 부분이 있고 저수로변과 하중주에 버드나무 군락, 갈대, 고마리, 환삼덩굴, 사주, 소, 여울 등이 나타나고 있었다. 하지만 아산시와 인접하는 구간은 도시화가 이루어져 고수부지에 주차장, 운동시설 등이 있었고, 제방상단에는 도로가 조성되어 자연성이 파괴되어 있었다. 또한 아산시를 벗어나면서 자연성이 양호해지는 경향을 나타내다가 천안시의 도심지역 하천인 천안천이 합류하면서 곡교천은 전형적인 도시하천의 문제점을 보여주고 있었다. 그러나 상류지역은 일부구간에서 산림과 연결되며, 주변에 농경지가 많이 분포하였다.



[그림 3-19] 곡교천 하천자연도 조사 현장사진

■ 청지천 (평지농촌형 하천)

- 청지천의 하폭은 상류조사구간의 경우 21.5m에서 하류구간 63.5m까지 넓어지는 하천이다. 전형적인 농촌하천으로 하천주변에 농경지가 위치하고 있으며, 산림은 상류지역 일부를 제외하고는 없는 것으로 조사되었다. 또한, 조사구간 모두 호안, 제외지, 제방사면이 정비가 끝난 상태로 직선화된 일정한 하천형태를 보여주고 있었다. 제외지의 식생은 부분별로 저수로에는 줄, 저수호안에는 고마리, 갈대 등이 나타나며, 고수부지는 갈대, 환삼덩굴, 소리쟁이, 개망초 등이 나타났고 교목으로는 버드나무, 뽕나무 등이 많은 것으로 조사되었다. 하류지역에 보가 있

었으며, 일부구간에 산책로가 조성되어 있었다. 전반적으로 하천주변에 녹지가 많이 부족한 상태였다.

	
상단의 산책로	거석식생호안
	
하천주변 농경지	상단의 콘크리트 농로

[그림 3-20] 청지천 하천자연도 조사 현장사진

■ 용수천 (산지형 하천)

- 용수천은 계룡산국립공원에서 발원하는 하천으로 주변에 특히 산림이 많이 분포하고 있었다. 하천폭은 하류지역 257m에서 상류지역 19.5m 까지 나타났다. 주로 식생은 줄, 갈대, 고마리, 가중나무, 환삼덩굴, 달맞이꽃, 버드나무 등이 나타났다. 상류지역은 산림과도 연결되지만 주변에 식당들이 많이 들어서 있어서 하수, 쓰레기 등의 문제가 발생하고 있었으며, 하류지역은 주변에 농경지가 많은 편으로 나타났다.

	
하천주변 농경지	고수부지, 사주 발달
	
주변의 산림	하천주변 식당

[그림 3-21] 용수천 하천자연도 조사 현장사진

2) 평가결과

■ 곡교천 (도시형 하천)

- 곡교천은 총 16개 지점을 조사하였고 지수평균 3.1점으로 3등급으로 나타났다. 하천자연도 1, 5등급 지점은 없었으며, 2등급 3개 지점(18.8%), 3등급 10개 지점(62.5%), 4등급 3개 지점(18.8%)으로 조사되었다.
- 수로발달 항목에서는 지수평균 3.4점으로 3등급이며, 수로발달 전체등급은 1등급 2개 지점(12.5%), 2등급 2개 지점(12.5%), 3등급 3개 지점(18.8%), 4등급 6개 지점(37.5%), 5등급 3개 지점(18.8%)로 조사되었다. 수로굴곡은 구간별로 2점 '강하게 휜', 4점 '약하게 휜'이 6개씩으로 나타났으며, 측방침식은 4점이 가장 많았고 종시주는 4점이 8개로 가장 많았고 특수한 수로구조는 3점 7개, 5점이 6개 조사되었다. 수로발달 항목은 구간별로 차이가 많은 것으로 나타났다.
- 종단면 항목에서는 지수평균 2.8점으로 3등급으로 조사되었다. 종단면 전체등급은 1등급 1개 지점(6.3%), 2등급 2개 지점(12.5%), 3등급 11개 지점(68.8%), 4등급 2개 지점(12.5%), 5등급은 없는 것으로 조사되었다. 횡구조물은 13개 구간에서 없는 것으로 조사되었고 보가 있는 곳은 1개로 조사되었다. 횡사주가 낮게 나타나고 있고 흐름의 다양성은 3점과 4점이 5개 구간씩 나타나고 있다.
- 횡단면 항목의 지수평균은 2.8점으로 3등급이며, 횡단면 전체등급은 1, 4, 5등급은 없으며, 2등급 5개 지점(31.3%), 3등급 11개 지점(68.8%)로 조사되었다. 횡단면 유형은 4점으로 규칙적인 사다리꼴로 나타났으며, 제방재료는 주로 '흙'이며, 폭의 다양성은 '적당한', '경미한'이 가장 많이 나타났고 하천 상부구조물로는 다리가 있는 것으로 조사되었다.
- 하상구조 항목의 지수평균은 3.5점으로 4등급이다. 하상구조 전체등급은 1등급은 없으며, 2등급 1개 지점(6.3%), 3등급 3개 지점(18.8%), 4등급 11개 지점(68.8%), 5등급 1개 지점(6.3%)로 조사되었다. 특히 저질이 4점으로 '경미한' 정도로 조사되었고 특수한 하상구조는 3점, 4점이 가장 많아 여울, 소 등이 부족

한 것으로 조사되었다.

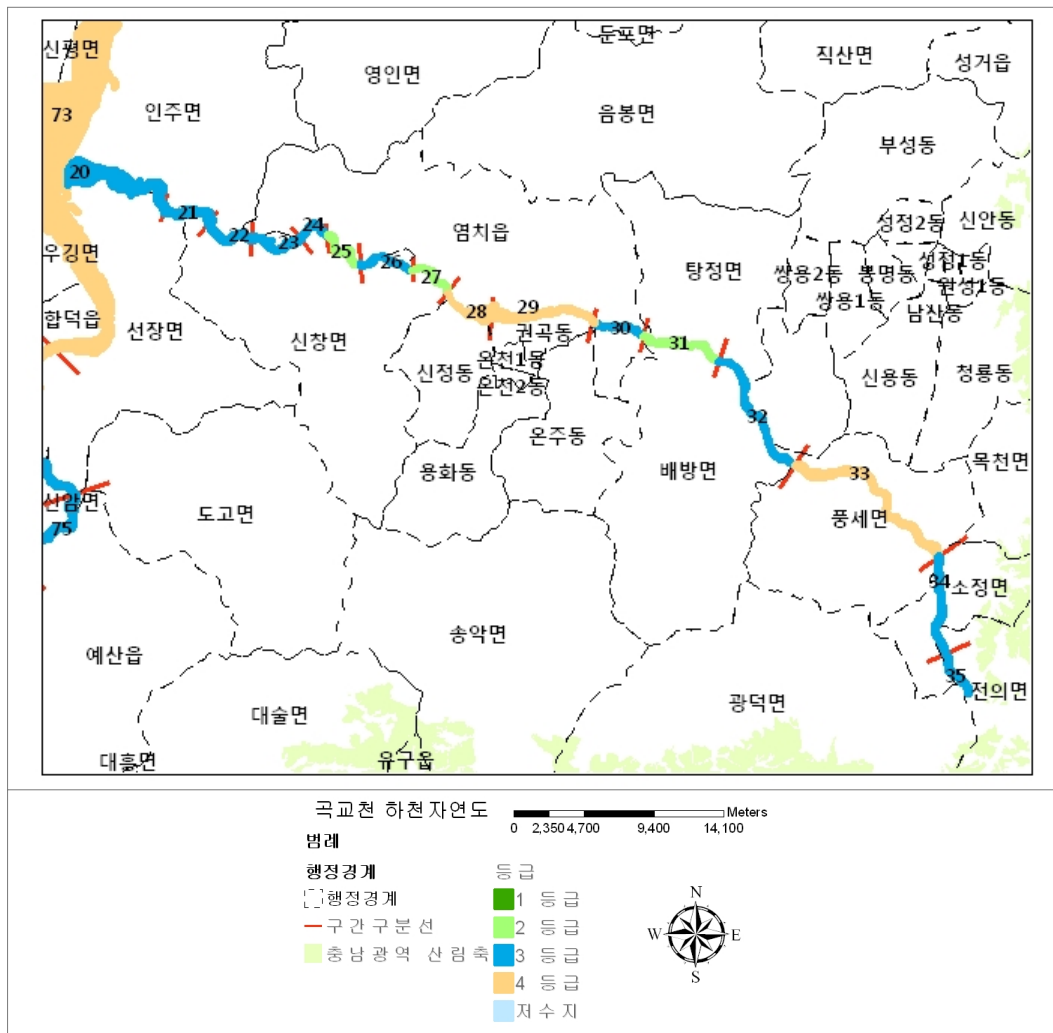
- 저수로변구조 항목의 지수평균은 3.3점으로 3등급이며, 저수로변구조 전체등급은 1, 2등급은 없으며, 3등급 12개 지점(75%), 4등급 2개 지점(12.5%), 5등급 2개 지점(12.5%)로 조사되었다. 주로 모래, 잔자갈, 조약돌 등이 많이 나타났으며, 독특한 저수로변 구조가 부족한 것으로 조사되었다.
- 하천주변 항목의 지수평균은 3.0점으로 3등급이다. 하천주변의 전체등급은 1등급은 없으며, 2등급은 7개 지점(43.8%), 3등급 3개 지점(18.8%), 4등급 5개 지점(31.3%), 5등급 1개 지점(6.3%)로 조사되었다. 인접 토지이용은 주로 농경지였고 자연스럽지 않은 주변구조가 ‘없는’ 경우가 9개 구간으로 많았지만 도로인 경우도 5개 구간이나 조사되었다.

〈표 3-13〉 곡교천 하천자연도 등급

구분	수로발달		종단면		횡단면		하상구조		저수로변구조		하천주변		총괄등급	
	개수	%	개수	%	개수	%	개수	%	개수	%	개수	%	개수	%
1등급	2	12.5	1	6.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2등급	2	12.5	2	12.5	5	31.3	1	6.3	—	—	7	43.8	3	18.8
3등급	3	18.8	11	68.8	11	68.8	3	18.8	12	75	3	18.8	10	62.5
4등급	6	37.5	2	12.5	—	—	11	68.8	2	12.5	5	31.3	3	18.8
5등급	3	18.8	—	—	—	—	1	6.3	2	12.5	1	6.3	—	—



[그림 3-22] 곡교천 항목별 점수 분포도



[그림 3-23] 곡교천 하천자연도

■ 청지천 (평지농촌형 하천)

- 청지천은 총 5개 지점을 조사하였고 지수평균 3.3점으로 3등급이며, 하천자연도 전체등급의 분포는 3등급 3개 지점(60%), 4등급 2개 지점(40%), 1, 2, 5 등급은 조사되지 않았다.
- 수로발달 항목에서는 지수평균 4.5점으로 5등급이며, 수로발달 전체등급은 1, 2, 3 등급은 없는 것으로 조사되었고 4등급 1개 지점(20%), 5등급 4개 지점(80%)로 조사되었다. 모든 항목이 취약한 것으로 조사되었으며, 특히 하천의 모든 구간이 정비가 되어있기 때문에 사주, 하중주, 측방침식 등을 찾아보기 힘들었다.
- 종단면 항목에서는 지수평균 3.6점으로 4등급으로 조사되었다. 종단면 전체등급의 분포는 1등급은 없으며, 2등급 1개(20%), 3등급 1개(20%), 4등급 1개(20%), 5등급 2개 지점으로 조사되었다. 5등급이 2개 구간이나 나타난 것은 하천의 정비로 인해 횡사주가 아주 적으며, 흐름의 다양성 또한 적었기 때문이다. 조사지점 중 보가 있는 곳은 15번 구간이며, 어도가 있는 보는 14번 구간이다.
- 횡단면 항목의 지수평균은 3.1점으로 3등급이며, 횡단면 전체등급은 모든 지점에서 3등급(100%)로 조사되었다. 횡단면 유형은 모두 사다리꼴이며, 제방재료로는 흙과 자연석 제방이 많았다. 그러나 정비로 인해 하천 폭의 다양성은 ‘경미한’ 정도로 나타났다.
- 하상구조 항목의 지수평균은 3.0점으로 3등급이다. 하상구조 전체등급은 1, 3등급은 없으며, 2등급 2개 지점(60%), 4등급 1개 지점(20%), 5등급 1개 지점(20%)으로 조사되었다. 하상구조 또한 정비로 인해 여울, 소, 잔잔한 물웅덩이 등이 많이 부족했다.
- 저수로변구조 항목의 지수평균은 3.1점으로 3등급이며, 저수로변구조 전체등급은 1등급 1개 지점(20%), 2등급은 없으며, 3등급은 2개 지점(40%), 4등급 1개 지점(20%), 5등급 1개 지점(20%)으로 조사되었다. 저수로변 식생은 갈대, 고마리, 환삼덩굴 등 혼재되어 나타나며, 하천정비로 인해 호안이 인공호안으로 조성된 구간이 많았다. 독특한 저수로변구조는 찾아볼 수 없었다.

- 하천주변 항목의 지수평균은 2.6점으로 2등급이다. 하천주변의 전체등급은 1, 4, 5 등급은 없으며, 2등급 1개 지점(20%), 3등급 4개 지점(80%)로 조사되었다. 하천주변이 거의 농경지가 분포하고 있어 주변에 구조물이 거의 없다.

〈표 3-14〉 청지천 하천자연도 등급

구분	수로발달		종단면		횡단면		하상구조		저수로변구조		하천주변		총괄등급	
	개수	%	개수	%	개수	%	개수	%	개수	%	개수	%	개수	%
1등급	-	-	-	-	-	-	-	-	1	20	-	-	-	-
2등급	-	-	1	20	-	-	3	60	-	-	1	20	-	-
3등급	-	-	1	20	5	100	-	-	2	40	4	80	3	60
4등급	1	20	1	20	-	-	1	20	1	20	-	-	2	40
5등급	4	80	2	40	-	-	1	20	1	20	-	-	-	-



[그림 3-24] 청지천 항목별 점수 분포도



[그림 3-25] 청지천 하천자연도

■ 용수천 (산지형 하천)

- 용수천은 총 7개 지점을 조사하였다. 지수평균 3.1점으로 3등급이며, 전체등급 1등급은 없으며, 2등급 1개 지점(14.3%), 3등급 5개 지점(14.3%), 4등급 1개 지점(14.3%), 5등급은 없는 것으로 조사되었다. 수로발달 항목이 가장 등급이 낮으며, 종단면, 횡단면, 하상구조, 저수로변구조, 하천주변은 주로 2~3등급으로 조사되었다.
- 수로발달 항목에서는 지수평균 4점으로 4등급이며, 수로발달 전체등급은 1, 2등급은 없으며, 3등급 1개 지점(14.3%), 4등급 3개 지점(42.9%), 5등급 3개 지점(42.9%)으로 조사되었다. 모든 항목에서 거의 4~5점으로 취약한 것으로 조사되었다.
- 종단면 항목에서는 지수평균 2.8점으로 3등급으로 조사되었다. 종단면 전체등급은 1, 4등급은 없으며, 2등급 4개 지점(57.1%), 3등급 2개 지점(28.6%), 5등급 1개 지점(14.3%)로 조사되었다. 횡구조물은 7개 조사지점 중 1개 구간에서 조사되었고 횡사주는 주로 3점으로 나타났지만 부족한 것으로 나타났다.
- 횡단면 항목의(표 3 참조) 지수평균은 2.8점으로 3등급이며, 횡단면 전체등급은 1, 5등급은 없으며, 2등급 2개 지점(28.6%), 3등급 4개 지점(57.1%), 4등급 1개 지점(14.3%)로 조사되었다. 횡단면 유형은 모두 사다리꼴이며, 제방재료는 2개 구간을 제외하고는 모두 흙제방이었다. 폭의 다양성은 2~4점으로 다양하게 나타나고 있다.
- 하상구조 항목의 지수평균은 3.1점으로 3등급이다. 하상구조 전체등급은 1, 5등급은 없으며, 2등급 2개 지점(28.6%), 3등급 2개 지점(28.6%), 4등급 3개 지점(42.9%)로 조사되었다. 저질이 주로 3점으로 모래, 잔자갈, 조약돌 등이 나타나며, '적당한' 정도이다. 특수한 하상구조는 4점이 가장 많아 부족한 것으로 조사되었다.
- 저수로변구조 항목의 지수평균은 3.1점으로 3등급이며, 저수로변구조 전체등급은 1등급, 2등급, 4등급, 5등급은 없으며, 3등급 7개 지점(100%)로 조사되었다. 저

수로변의 식생은 주로 초지, 저관목으로 갈대, 줄, 고마리 등이 나타났다. 호안 공은 모두 자연호안이며, 독특한 저수로변 구조는 모두 없고 저수로변 종방향배열은 주로 3점으로 조사되었다.

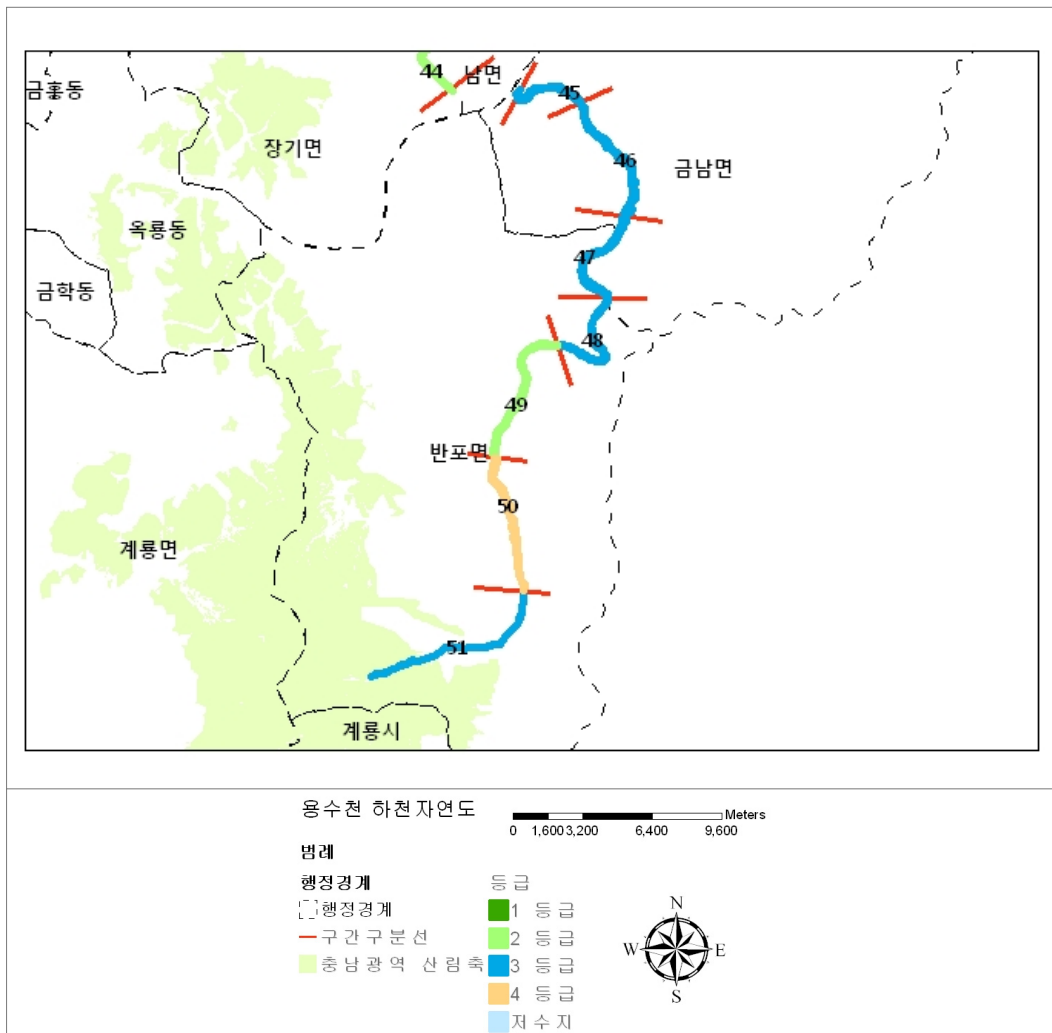
- 하천주변 항목의 지수평균은 2.9점으로 3등급이다. 하천주변의 전체등급에서 1, 5등급은 없으며, 2등급 2개 지점(28.6%), 3등급 4개 지점(57.1%), 4등급 1개 지점(14.3%)로 조사되었다. 인접토지이용은 주로 농경지와 도시지역이었으며, 자연스럽지 않은 주변구조로는 도로, 인공구조물 등이 있다.

〈표 3-15〉 용수천 하천자연도 등급

구분	수로발달		종단면		횡단면		하상구조		저수로변구조		하천주변		총괄등급	
	개수	%	개수	%	개수	%	개수	%	개수	%	개수	%	개수	%
1등급	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2등급	-	-	4	57.1	2	28.6	2	28.6	-	-	2	28.6	1	14.3
3등급	1	14.3	2	28.6	4	57.1	2	28.6	7	100	4	57.1	5	71.4
4등급	3	42.9	-	-	1	14.3	3	42.9	-	-	1	14.3	1	14.3
5등급	3	42.9	1	14.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



[그림 3-26] 용수천 항목별 점수 분포도



[그림 3-27] 용수천 하천자연도

제4절 하천 수질 및 유량조사

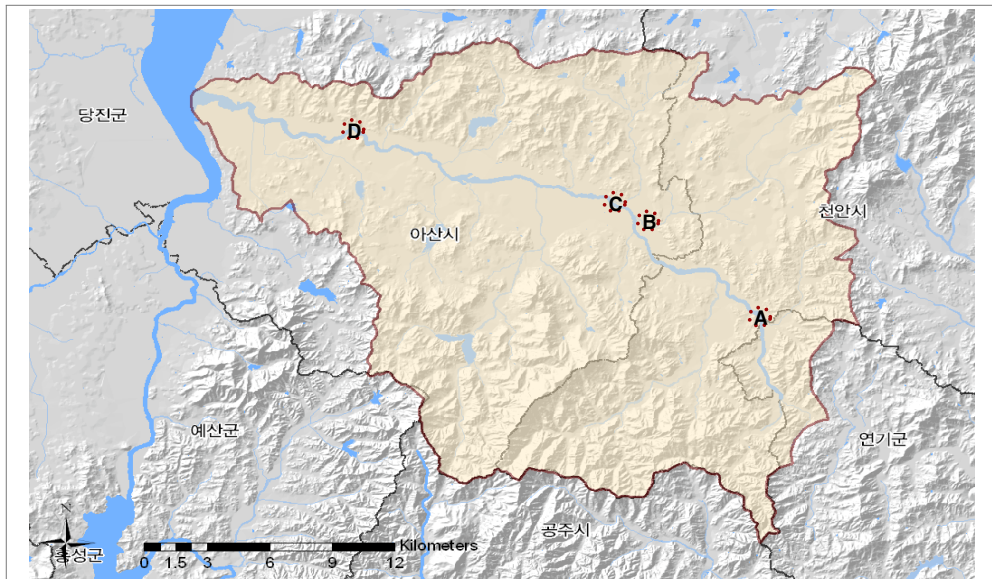
1. 조사지점 및 시기

■ 조사지점

- 사례하천의 수질 및 유량조사지점은 하천의 유형별 특성분석 및 하천자연도과의 상관관계를 고찰하기 위하여 하천의 유형별 특성을 나타낼 수 있는 지역, 자연도 등급이 낮은 지역을 감안하여 상류와 하류 지점을 선정하여 조사하였다. 단, 곡교천의 경우는 하천의 유역면적이 넓고, 하천연장이 길어 도시의 특성을 보다 면밀히 분석하기 위하여 천안천 유입 전과 후 총 2개 지점을 추가로 조사하였다.
- 각 사례하천별 조사지점명 및 조사지점의 세부위치, 조사지점의 특징 등은 [그림 3-28]~[그림 3-30]에 나타내었다.

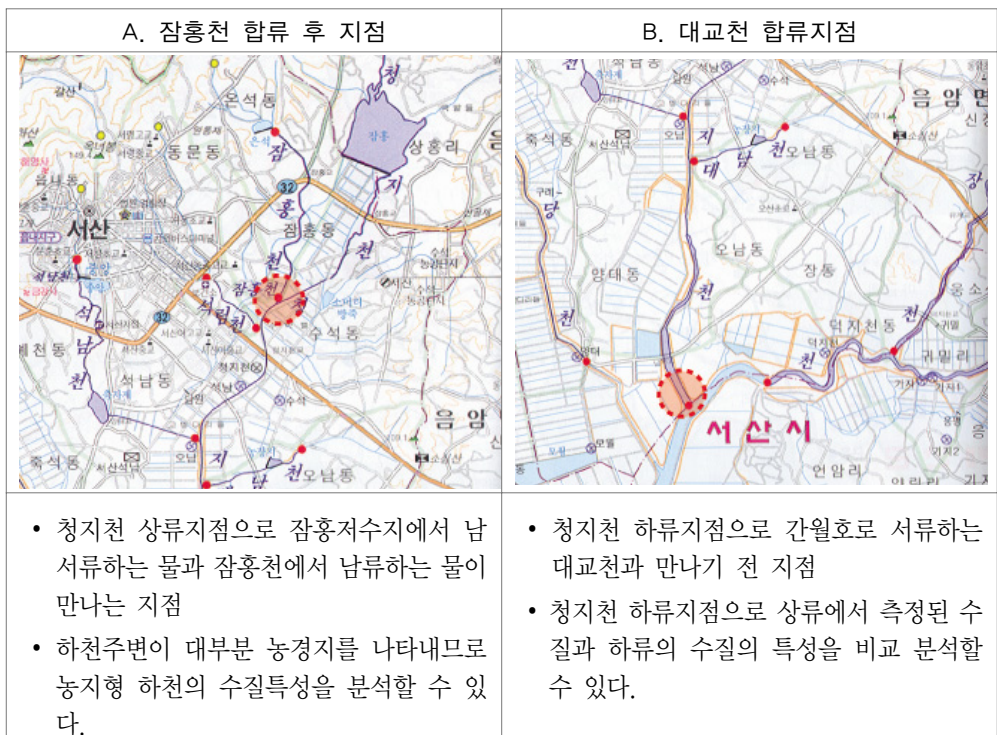
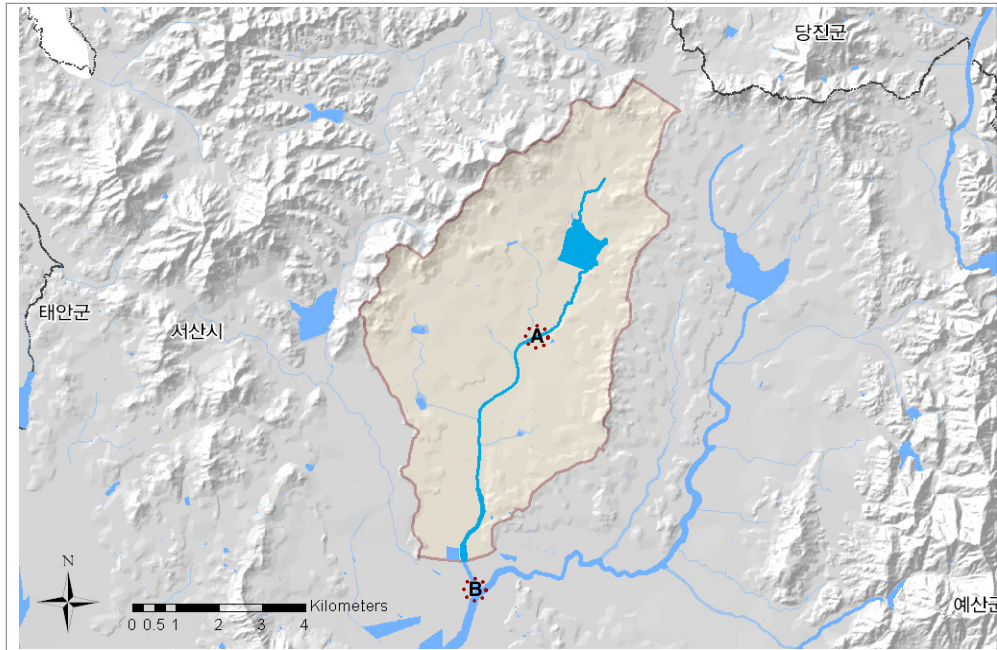
■ 조사시기 및 항목

- 사례하천의 수질 및 유량조사는 2009년 4월~6월(2009.4.29, 2009.5.20, 2009.6.25) 총 3회 실시하였으며, 실측조사한 총 3회 자료를 같은 시기의 환경부 수질측정망 자료와 충남수질총량관리센터 모니터링 자료를 비교하여 검토하였다.
- 조사항목은 유량, 수온, pH, DO, BOD₅, COD_{Mn}, TN, TP, SS이며, 유량 및 수온, pH, DO, 전기전도도 등은 현장에서 직접 측정하였다.

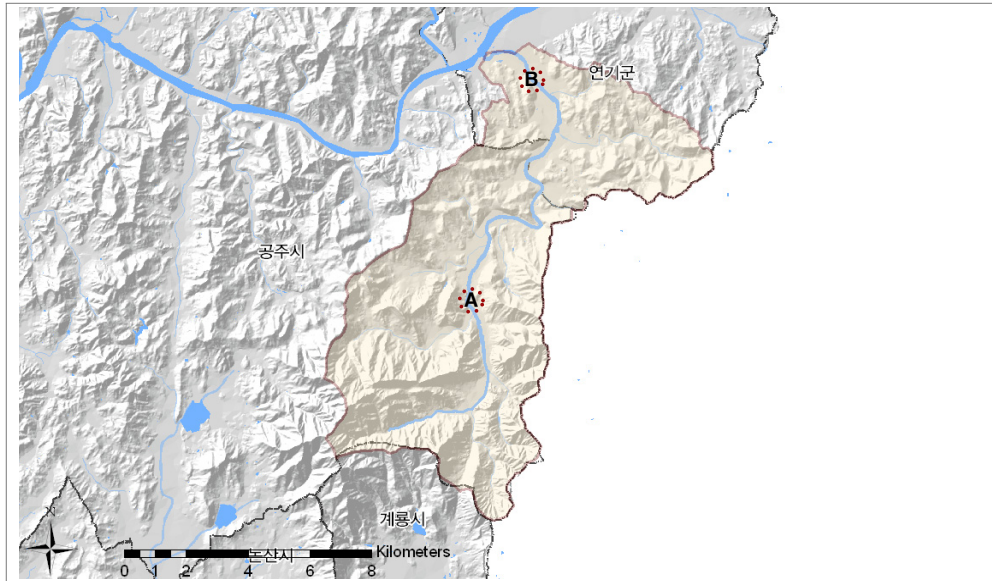


<p>D. 와천 합류 후 지점</p>	<p>C. 천안천 합류 후 지점</p>
<ul style="list-style-type: none"> • 곡교천 하류지점으로 삼교호 유입되기 전 지점 	<ul style="list-style-type: none"> • 천안천과 곡교천 합류 후 지점
<p>B. 천안천 하류지점</p>	<p>A. 풍서천 합류 전 지점</p>
<ul style="list-style-type: none"> • 천안시가를 관통하는 천안천의 하류지점 	<ul style="list-style-type: none"> • 곡교천 상류지점으로 논산-천안고속도로 인접 지점

[그림 3-28] 곡교천 측정지점 위치



[그림 3-29] 청지천 측정지점 위치



[그림 3-30] 용수천 측정지점 위치

2. 조사방법

1) 유량

- 유량조사시 세부지점은 교각 등 위치가 분명한 지점을 우선적으로 선정하였으며, 오염물질의 거동 분석, 유량수질의 상관성 분석 등을위하여 수질분석지점과 유속측정지점은 동일한 지점에서 동일시간대에 측정하였다.
- 하천의 유속측정은 유황(流況)이 일정하고 하상의 상태가 고른 지점을 선정한 후 물이 흐르는 방향과 직각이 되도록 하천의 양끝을 줄자로 고정하고 유폭이 5m 이상인 경우는 1m 등간격으로 나누어 각 간격의 중앙지점을 측정점으로 정하고, 유폭이 5m 미만인 경우는 유속특성과 하천여건을 고려하여 보다 더 작은 간격으로 나누어 중앙지점을 측정점으로 선정하였다.
- 또한, 나누어진 각 소구간마다 수심이 0.4m 미만일 때는 수면으로부터 전 수심의 60% 지점의 유속을 측정하고, 소구간의 수심이 0.4m 이상일 때는 수면으로부터 전 수심의 20%인 점과 80%인 점에서 각각 최소 1분 동안 평균유속 값을 측정하여 두 지점의 유속을 평균하여 산정하였다.
- 유속은 연속측정이 가능한 유속계를 이용하여 측정하였으며, 측정된 소구간별 유속 결과를 이용하여 ‘수질오염공정시험방법’의 유속-면적법으로 유량을 산정하였다.

$$Q = q_1 + q_2 + \dots + q_n$$

Q : 하천유량(m³/sec)

q_n : 소구간 유량(소구간별 유수 단면적 m² × 평균유속 m/sec)

2) 수질

- 본류와 지류가 합류하는 경우에는 합류 이후 충분히 혼합된 지점에서 채수하는

등 하천수 시료는 유속측정 지점 또는 목적 시료의 성질을 대표할 수 있는 위치에서 용기에 시료를 채우기 전에 시료로 3회 이상 세척 후 채수하였다.

- 하천의 단면에서 수심이 가장 깊은 수면의 지점과 그 지점을 중심으로 하여 좌우로 수면폭을 2등분한 각각의 지점의 수면으로부터 수심 2m 미만일 때에는 수심의 $\frac{1}{3}$ 에서, 수심이 2m 이상일 때에는 수심의 $\frac{1}{3}$ 및 $\frac{2}{3}$ 에서 각각 동일비율로 채수하였다.
- 시료의 채취, 운반, 보존, 분석은 환경부의 ‘수질오염공정시험방법’을 따라 진행하였다.

3. 조사결과

- 도시형 하천인 곡교천 본류 및 천안천의 수질측정 결과 곡교천 상류지역의 평균 BOD_5 는 1.5mg/L로 I b등급의 수질을 나타내고 있지만, 천안천 합류 후 곡교천 중류지역의 BOD_5 는 6.5mg/L(IV등급)로 급격히 높아졌다. 또한 와천 합류 후 곡교천 하류지역의 BOD_5 는 7.4mg/L(IV등급)로 수질이 더욱 높아지는데 이는 도심을 통과한 오염도가 큰 천안천 및 온천천이 합류하기 때문인 것으로 나타났다. 따라서 천안, 아산 도심하천의 수질개선 대책이 무엇보다 필요하며 도심하천의 수질개선으로 곡교천과 더불어 삼교호의 수질개선 효과를 기대할 수 있을 것이다.
- 평지농촌형 하천인 청지천의 경우 BOD_5 를 기준으로 상류지역의 경우 IV등급, 하류지역의 경우 VI등급(10mg/L 초과)의 수질을 보이고 있다. 이는 청지천 유역의 경우 유역면적당 오염원이 밀집해있으며(3개 하천 중 인구밀도가 가장 높은 것으로 나타났음), 하천유량 대비 오염원의 유입이 크기 때문으로 판단된다. 청지천은 간월호로 직접 유입되는 하천이므로 무엇보다 수질개선이 시급히 필요한 하천으로 나타났다.
- 산지형 하천인 용수천의 경우 BOD_5 를 기준으로 상하류 지역 모두 I b등급의 수

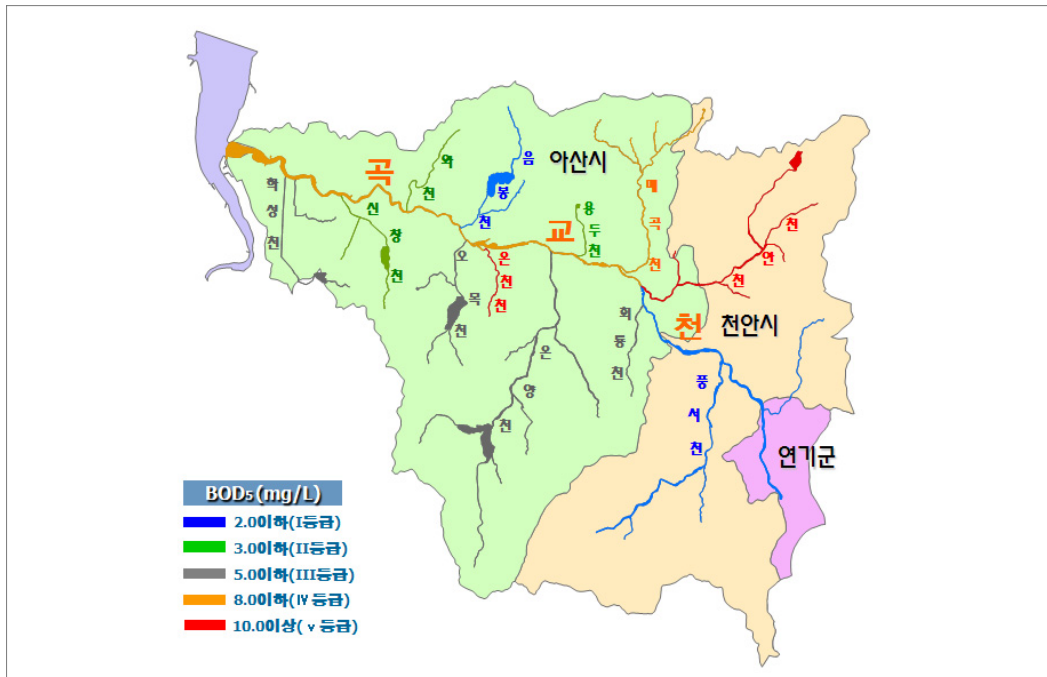
질을 보이고 있으며, 비교적 수질 측면에서는 커다란 문제점이 없는 것으로 나타났다.

- 각 사례하천별 조사지점에 대한 유량 및 수질 측정결과는 <표 3-16>과 같다.

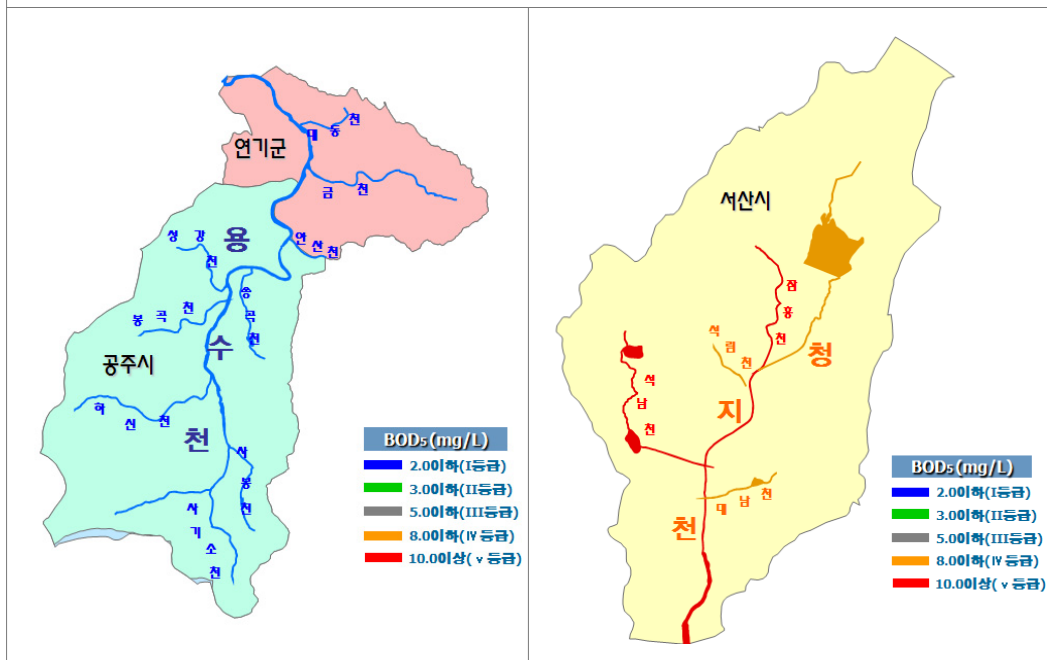
<표 3-16> 조사지점의 유량 및 수질측정 결과

분석지점		유량 (m ³ /s)	DO (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)	SS (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
청 지 천	A지점 (잠흥천 합류 후, 상류)	0.178	5.7	6.0	16.0	49.7	5.070	0.136
	B지점 (대교천 합류, 하류)	0.250	7.6	15.1	20.0	28.5	19.956	1.354
용 수 천	A지점 (하신천 합류 후, 상류)	0.095	9.2	1.5	4.2	13.0	1.957	0.025
	B지점 (금강 합류 전, 하류)	0.254	9.0	1.2	4.0	7.6	2.334	0.023
곡 교 천	A지점 (풍서천 합류 전, 상류)	0.363	10.9	1.5	4.3	7.0	1.848	0.042
	B지점 (천안천 하류)	2.799	8.3	9.1	12.5	37.2	12.468	1.200
	C지점 (천안천 합류 후, 중류)	3.874	8.0	6.5	8.3	18.8	11.219	0.678
	D지점 (와천 합류 후, 하류)	-	8.4	7.4	12.1	33.6	6.285	0.645

주) 2009년 4월~6월 총 3회~6회 측정결과의 평균값임



a. 곡교천 수질현황도



b. 용수천 수질현황도

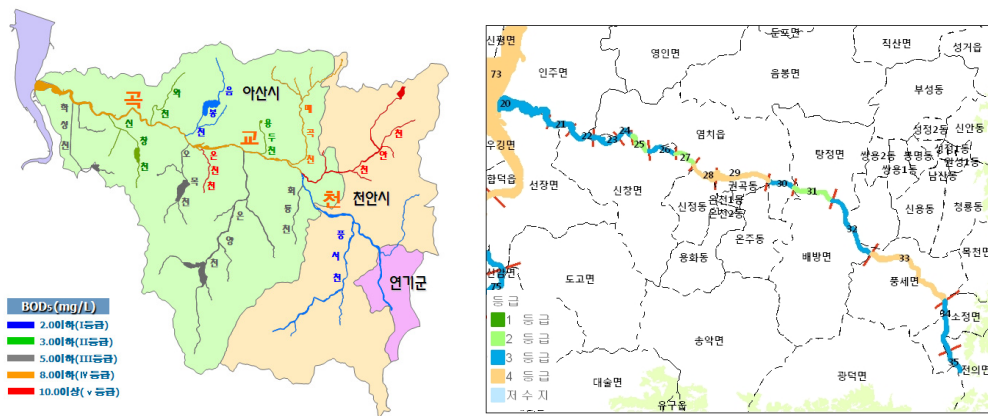
c. 청지천 수질현황도

[그림 3-31] 사례하천 수질현황도

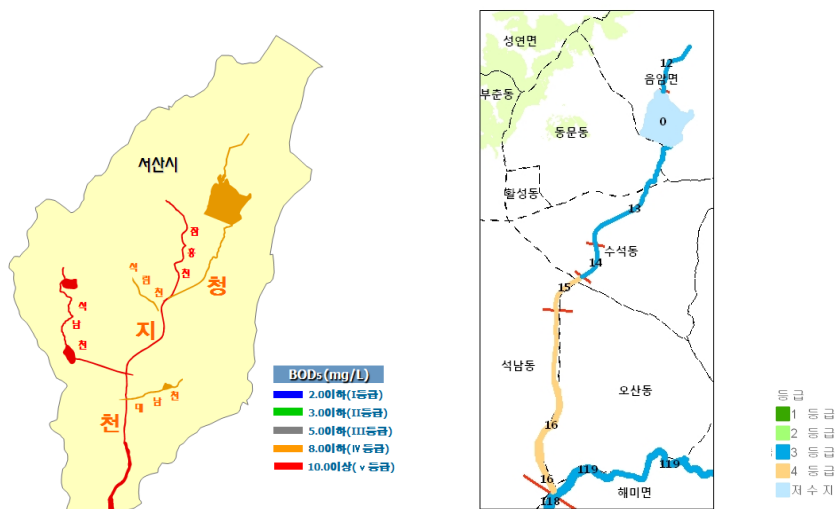
제5절 수질 지표와 하천자연도 지표에 의한 평가결과 비교·분석

1. 사례하천의 수질과 하천자연도 비교

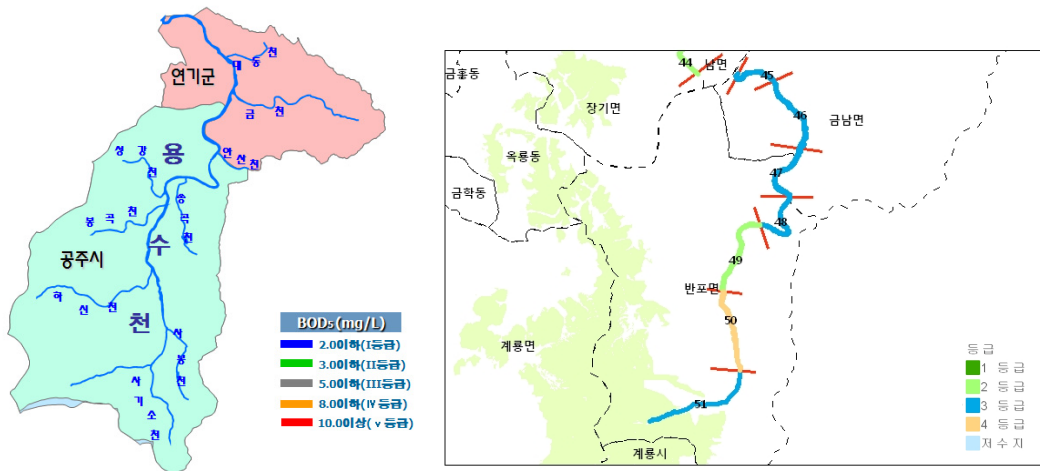
- 본 연구에서 하천의 실태분석을 위해 조사한 수질과 하천자연도와의 결과를 비교를 해 본 결과 자연도 조사의 모든 구간에서 정확히 수질과의 관계를 살펴볼 수는 없었지만 수질과 자연성은 반드시 구간별로 일치하지 않는 것으로 나타났다.



[그림 3-32] 곡교천 수질 및 자연도 비교



[그림 3-33] 청지천 수질 및 자연도 비교



[그림 3-34] 용수천 수질 및 자연도 비교

- 하천 전체를 비교하여 보면 곡교천은 BOD₅ 기준 평균 수질이 IV등급, 청지천은 V등급, 용수천은 I 등급을 나타내고 있다. 이에 하천자연도는 곡교천과 청지천의 경우 4등급 구간이 더 큰 것으로 나타났고, 용수천은 더 작은 것으로 나타났다. 따라서 전체하천을 개략적으로 평가할 때 수질과 하천자연도간에는 어느 정도 상관성이 있는 것으로 판단된다.
- 그러나 상하류간 변화 경향을 비교해보면 청지천의 경우는 하천자연도와 수질이 동일한 변화경향을 보였지만 곡교천의 경우 하천자연도는 상하류간의 변화경향이 없는데 반해서 수질은 변화경향(하류로 갈수록 나빠지는)이 있고, 용수천의 경우도 하천자연도는 변화경향이 큰 것으로 나타난데 반해서 수질은 변화경향이 없는 것으로 나타났다. 지점별로 비교해 보면 곡교천의 경우 상류로부터 수질측정 4개 지점의 하천자연도가 3443등급으로 변이를 보이는데 반해서 수질은 일관되게 악화되는 경향을 보였다. 용수천의 경우도 상류로부터 수질측정 2개 지점의 하천자연도가 각각 33등급으로 변이를 보이지 않는데 반해 수질은 좋아지는 경향을 보였다.
- 이를 종합해 볼 때 수질과 하천자연도는 하천 전체 대표치간에는 상관성이 있을 수 있다고 판단되나, 구간별로는 상관성이 없을 것으로 추론된다.

〈표 3-17〉 조사지점의 수질지표 및 하천자연도와의 비교·분석

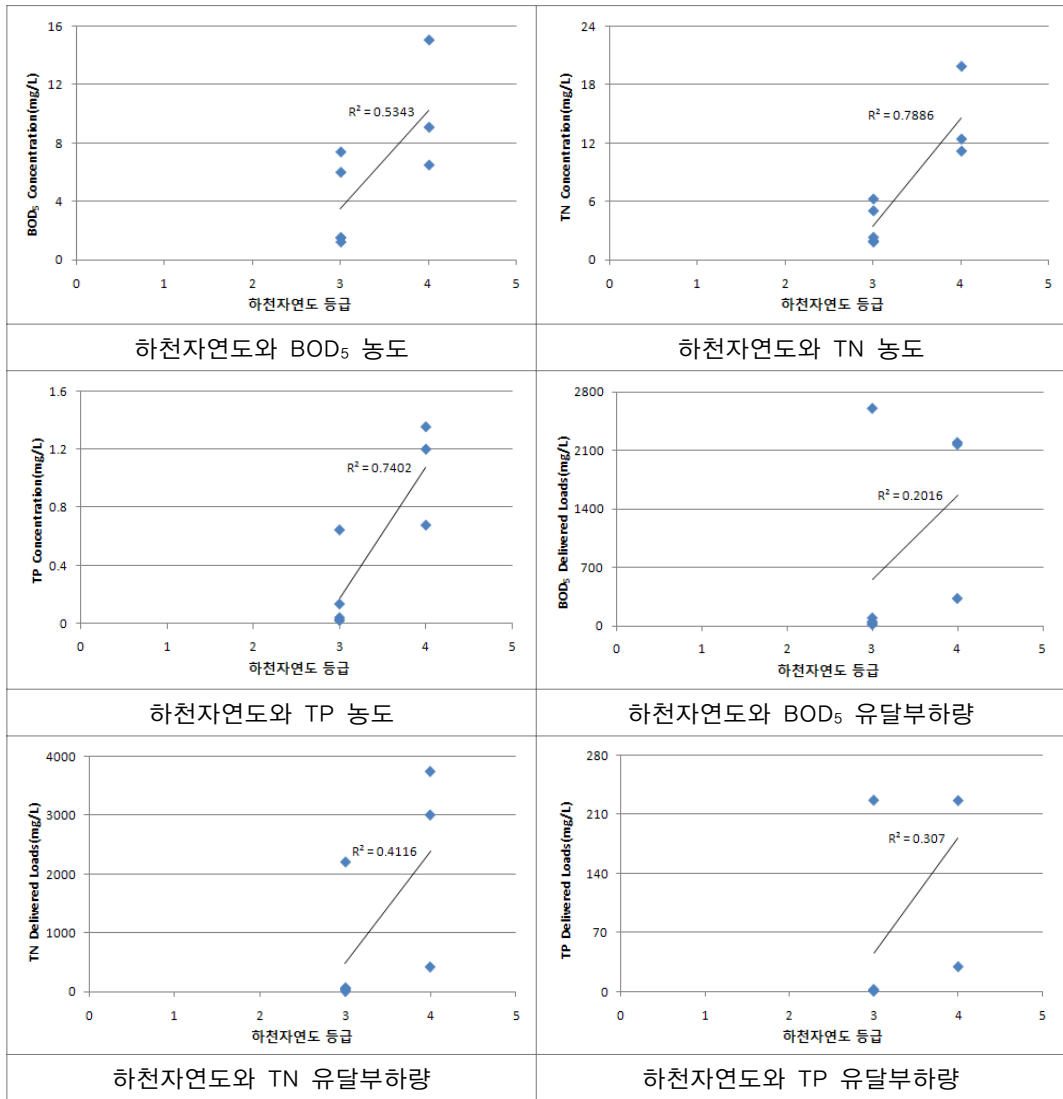
지점		유량 (m ³ /s)	BOD ₅ (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)	BOD ₅ 유달 부하량 (kg/일)	TN 유달 부하량 (kg/일)	TP 유달 부하량 (kg/일)	하천자연도 등급
곡교천	A지점(상류)	0.363	1.5	1,848	0.042	47.0	58.0	1.3	3등급
	B지점(천안천 하류)	2.799	9.1	12,468	1,200	2,200.7	3,015.2	290.2	4등급
	C지점(중류)	3.874	6.5	11,219	0.678	2,175.6	3,755.2	226.9	4등급
	D지점(하류)	4.081 ¹⁾	7.4	6,285	0.645	2,609.2	2,216.1	227.4	3등급
청지천	A지점(상류)	0.178	6.0	5,070	0.136	92.3	78.0	2.1	3등급
	B지점(하류)	0.250	15.1	19,956	1,354	326.2	431.0	29.2	4등급
용수천	A지점(상류)	0.095	1.5	1,957	0.025	12.3	16.1	0.2	3등급
	B지점(하류)	0.254	1.2	2,334	0.023	26.3	51.2	0.5	3등급

비고 : 1. 수질측정 결과는 2009년 4월~6월 총 3~6회 측정결과 및 관련자료의 평균값임

2. 하천자연도 등급은 수질측정지점 상류부의 등급을 평균하여 산정

주1) 곡교천 하류의 유량은 와천합류 후 지점의 유량과 신창천, 학성천의 유량을 합하여 임의로 산정

- 보다 면밀히 하천자연도와 BOD₅ 농도, TN 농도, TP 농도, BOD₅ 유달부하량, TN 유달부하량, TP 유달부하량과의 각각의 상관관계를 살펴보면 유달부하량과 하천자연도의 상관관계는 낮은 것으로 나타났고 비교적 수질농도와 하천자연도와의 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 특히 TN 농도와 TP 농도가 상관관계가 가장 높은 것으로 나타났으며 회귀식의 결정계수(R²)가 각각 0.7402, 0.7885로 신뢰할 만한 수준인 것으로 나타났다([그림 3-35]). 따라서 하천 주변에 농경지, 축사, 도시지역이 위치하여 영양염류가 많이 배출되는 유역의 경우 하천의 물리적인 구조(식생, 호안, 제방 등)에 영향을 줄 수 있는 것으로 추정할 수 있다.



[그림 3-35] 수질농도, 유달부하량과 하천자연도의 상관관계

- 그러나 본 연구에서는 분석가능한 표본수가 적어 상관관계의 결과를 일반화 하는데는 한계가 있다. 다만 일반적으로 하천관리에 기준이 되는 BOD₅의 농도와 하천자연도간의 상관성이 비교적 떨어지므로 하천 관리방안을 마련할 경우 하천의 물리적 구조 평가와 수질의 조사결과를 바탕으로 하천평가 기준을 설정하고, 그 기준에 입각하여 하천을 평가하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 따라서 하

천의 물리적 구조 평가와 하천 수질 평가 결과를 종합하여 하천을 종합평가하고 하천의 관리 및 복원방안을 마련하는 것이 타당할 것이다. 또한, 하천의 수생태 건강성 평가(생물학적 지표에 의한 평가)를 추가한다면 생태계의 복원 관점에서 보다 타당한 방안을 마련할 수 있을 것이다.

제4장 하천관리 및 복원방안

제1절 하천생태축 관리를 위한 하천복원의 기본방향

1. 목표

■ 하천생태축의 재생

- 올바른 하천복원의 방향은 하천다운 하천을 만드는 것으로 하천생태계의 기본개념에 충실하여 생태하천으로 거듭나는 것을 말한다. 본 연구에서는 하천복원 및 관리를 통해 충청남도 하천생태축의 재생 및 산림, 연안축의 코리더로서의 역할을 다할 수 있도록 함에 그 목표가 있다.

2. 복원 우선순위

■ 우선순위 선정을 통한 하천복원

- 하천복원은 대상하천의 유역개념에서 접근하여 복원의 우선순위를 결정해야 한다. 또한, 하천연속성의 개념에서 접근하여 가장 자연스러운 하천을 조성하기 위한 방법을 모색하여야 한다.

■ 하천 생태유량 확보 및 수질개선의 우선 및 병행

- 하천복원의 순위는 하천생태유량의 확보 및 수질개선이 우선시 되어야 한다. 따라서 충남 하천생태축 하천의 복원우선 순위는 하천생태유량 확보와 수질개선이

시급하며, 자연도가 낮은 유역을 1순위로 하고, 하천자연도 평가를 통해 전체 하천 등급이 3등급 이하인 유역을 차후 순위로 복원한다. 단, 물리적 구조의 복원은 구간별로 등급이 낮은 순으로 우선하여야 한다.

3. 기본방향

1) 하천 생태유량 확보 및 수질개선

- 하천이 생태적으로 건전해지기 위해서는 무엇보다 하천의 생태유량 확보와 수질 개선이 우선되어야 한다. 따라서 이를 위해 하천생태축으로 설정된 관리하천의 유량 및 수질의 모니터링이 이루어져야 하고, 이를 통해 수질악화 원인을 파악하고 합리적인 대책을 마련하여야 한다. 이때 유역의 환경용량을 산정하고, 관리수질을 설정하여 지속적인 관리 및 모니터링이 병행되어야 할 것이다.

2) 물길 연결

■ 물고기 이동 장애요인의 제거 및 개선

- 기능이 다한 콘크리트 보의 철거를 추진하고 보의 신규 설치를 제한(하천법 제33조)한다.
 - 물의 흐름을 가로막는 보 등 하천횡단 구조물은 이 · 치수와의 연관성을 고려하여 철거 추진 및 기존 취수보는 생태습지로 전환하여 추진하는 것이 바람직하다.
- 회유성 어류를 위한 자연친화적 어도의 설치를 확대하고 시범사업을 실시해야 한다.
 - 어도는 대상 지점과 목표 어류를 고려하여 다양한 형태로 설계하여야 한다.
 - 어류가 이동하는 지역에 자연이나 인간이 설치한 통나무, 더미, 댐, 보 및 암거 등의 구조물이 있는 하천에 어도를 설치한다.
 - 어도가 다른 수중 생물상과 하천 수변기능에 악영향을 주지 않도록 하천 생태계를 주기적으로 평가하고 관리하여야 한다.



[그림 4-1] 낙차공으로 단절된 하천을 어도의 설치로 연결성 회복

3) 하천자연도가 낮은 구간의 생태하천 복원

■ 콘크리트 구조물 등 하천에 가해진 인공적 훼손 요인 제거

- 콘크리트 구조물은 홍수 시 유속 증가, 동식물의 이동 단절 및 비탈면의 훼손을 초래하므로 철거하여야 한다.

■ 하도와 충적층으로 이루어진 생태하천으로 원형 복원

- 충남 하천에서 돌출수제 및 자연형 호안 조성 시범사업을 실시할 수 있다.
 - 수제는 다양한 공극구조를 갖는 재질을 활용하여 제방하부 보호기능을 겸해야 하고 호안은 최대한 인위적 간섭을 배제하고 획일화를 피하며 다양한 공법을 조합해야 한다.
- 충남 하천에서 여울과 소 구조의 재생 시범사업을 할 수 있다.
 - 징검 여울과 수제 등을 설치하여 수심확보 및 어류서식처의 복원을 해야한다.
- 도시구간 실개천 살리기 시범사업 및 하상 내 다양한 사주 형성 유도 등을 할 수 있다.

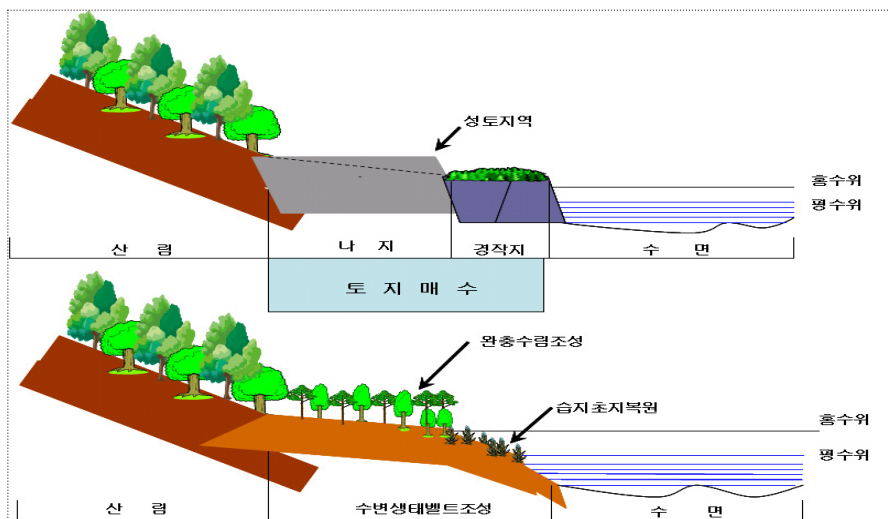


[그림 4-2] 거석을 이용한 돌출수제

4) 수변녹지 및 생태벨트 연결

■ 종적 서식지 연결성의 회복(하천 내 및 주변의 생태벨트 조성)

- 고수부지의 농경지 및 고수부지 주차장 등 하천과 어울리지 않는 토지이용시설을 제거하고 자연화하여야 한다. 이에 계획 대상지내 제방 상단에 연결녹지를 조성하는 종적 생태 네트워크의 연결 시범사업을, 호안에 하천식생 벨트를 조성하는 종적 생태 네트워크의 연결 시범사업 등을 실시하며, 수변 토지의 전략적 매수 및 수변생태구역을 조성하여야 한다.

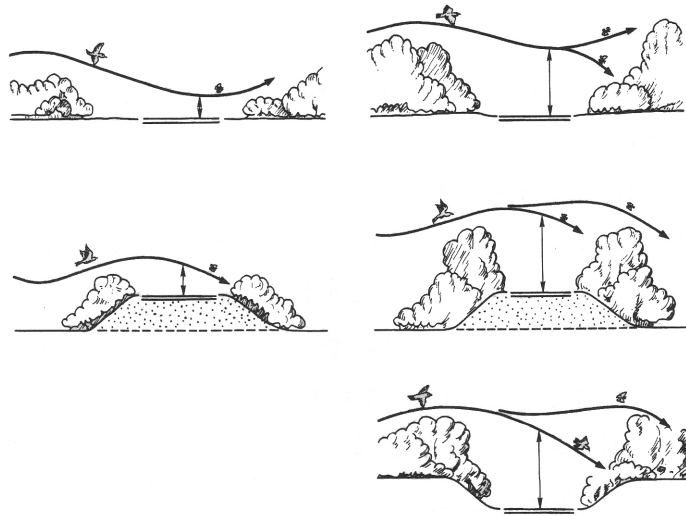


자료 : 생태하천 만들기 10년계획, 환경부, 2007

[그림 4-3] 토지매수를 통한 수변생태벨트 조성

■ 횡적 서식지 연결성의 회복

- 횡적 서식지 연결성의 회복을 위해 하천변 도로의 가로수를 밀식하여 조류의 로드킬을 저감하는 시범사업, 적극적인 수법을 사용하여 충남 하천의 수체에서 하천인접 주요녹지까지 연결녹지 조성으로 하천 생태네트워크의 횡적 연결 시범사업, 하천과 하천주변의 가치 있는 생물서식처 사이의 생물이동을 가능하게 하는 유형별 생물이동통로 조성 시범사업 등을 실시하여야 한다.



자료 : 자연환경복원의 기술, 이창석외3 역, 1999

[그림 4-4] 야생조류 보호방안



[그림 4-5] 하부통로형 생태통로



[그림 4-6] 상부통로형 생태통로

제2절 하천유형별 관리 및 복원방안

1. 유형별 하천특성

1) 도시형 하천

- 도시형 하천은 하천과 하천주변이 사람들의 개발로 인해 정비된 상태로 생물다양성이 매우 낮고 직선화되었으며, 특히 호안과 제방이 콘크리트화 되어있는 경우가 많다. 또한 하천주변은 상가, 주거지 등이 있어서 주변의 녹지나 산림과의 연결을 단절시키고 있다. 도시형 하천은 하천주변의 토지수용, 기존 토지이용과의 경합, 주민과의 대화 등 현실적인 어려움이 많으며, 다른 산지형, 평지농촌형 하천에 비해 오염원이 밀집되어 있고 배출부하량이 크기 때문에 수질오염도 역시 더욱 심각하다.



도시형 하천 (곡교천 전경)

2) 평지농촌형 하천

- 평지농촌형 하천은 주로 논농사, 밭농사, 시설경작지, 가축사육 등이 우세한 지역으로 농업활동으로 인해 오염을 받고 있는 지역이며, 하천주변으로 녹지가 없어 하천이 개방되어있고 그늘이 부족하다. 또한 농사로 인한 살충제, 비료, 제초

제 등의 피해가 있으며, 가축사육으로 인해 오염원이 하천으로 직접 유입되어 큰 피해를 받을 수 있다.



평지농촌형 하천 (청지천 전경)

3) 산지형 하천

- 산지형 하천은 도시형 하천, 평지농촌형 하천 보다는 수질이 깨끗하고, 산림이 인접해있거나 연결되어 있어 동물들의 서식처와 휴식처를 제공하고 있어 생물다양성이 높으며, 산림으로 인해 주변의 교란요인이나 오염원을 차단하거나 완충작용을 하는 등의 역할을 하고 있다. 하지만 산림하천도 산불, 벌목 등으로 훼손될 경우가 있으며, 산림과 하천이 인접하고 있을 경우 하천과 산림사이에 농경지, 주거지, 축사 등으로 인해 제한요소가 됨으로 연결성을 확보하기 위한 대책이 필요하다.



산지형 하천 (용수천 전경)

2. 하천유형별 관리 및 복원방안

1) 곡교천 (도시형 하천)

- 도시형 하천인 곡교천은 수질이 매우 악화되어 있는 상태이고 하천이 삼교호로 유입되기 때문에 삼교호의 수질과도 직결된다고 할 수 있다. 따라서 곡교천의 관리 및 복원을 위해서는 무엇보다 수질개선방안이 우선되어야 한다.
- 곡교천은 천안천 합류전인 상류에서는 BOD₅ 기준 수질농도가 I b등급의 수질을 나타내고 있지만 천안천 합류 후 곡교천 중류지역의 BOD₅는 6.5mg/L(IV등급)로 급격히 높아졌다. 또한 와천 합류 후 곡교천 하류지역의 BOD₅는 7.4mg/L(IV등급)로 수질이 더욱 높아지는데 이는 도심을 통과한 수질오염도가 큰 천안천, 매곡천, 온천천이 합류하기 때문인 것으로 나타났다. 따라서, 곡교천의 수질을 개선하기 위해서는 천안천, 매곡천, 온천천의 수질개선이 우선되어야 한다. 이처럼 천안, 아산 도심하천의 수질개선으로 곡교천과 더불어 삼교호의 수질개선 효과를 기대할 수 있을 것이다. 또한 곡교천은 천안, 아산지역을 통과하면서 일부유역의 경우 인구밀도가 매우 높고, 폐수배출시설이 밀집되어 있으며 무엇보다 향후 개발계획이 다수 수립된 지역이므로 장래오염원에 대한 관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 하천자연도 조사는 총 16개 구간을 나누어 실시하였으며, 이 중 3개 구간은 하천자연도 평가결과 4등급으로 복원이 필요한 것으로 나타났다. 도시형 하천의 모습을 보이고 있는 곡교천은 제내지, 제외지 모두 사람들의 이용으로 인해 교란을 받고 있었다. 특히 제내지는 상가, 주거지 등으로 녹지가 없었으며, 제외지는 주차장, 운동장 등으로 이용되고 있어 주변의 녹지나 산림과의 연결이 단절되는 등 하천이 교란을 받고 있었다. 곡교천의 도시하천 구간은 고수부지를 운동공간으로 이용하고 있으며, 제방상단은 도로, 제내지는 아파트, 상가 등으로 이용하고 있었다. 따라서 제내지는 자투리 공간을 활용한 녹지조성과 토지 수용을 통한 녹지조성이 필요하며, 제방상단의 도로는 가로녹지를 조성하여 하천의 교란을 최소화 하여야 한다. 제외지는 인공호안과 제방의 인공 구조물을 제거하고 고수부

지의 이용을 제한하고 녹지와 강변습지 조성과 나무무더기, 돌무더기 등의 서식처를 조성하며, 정화식물을 식재하여 하천의 기능을 되돌려 주어야 한다.

- 조성 후에는 사후 관리를 위해서 지속적인 모니터링을 통해 복원효과가 잘 나타나고 있는지 확인하고 복원효과가 미흡한 구간은 요인을 파악한 후 필요한 조치를 취해 복원효과를 높여야 하며, 특히 도시형 하천은 하천주변의 토지수용, 기존 토지이용과의 경합 등 주민들과의 마찰이 우려됨으로 주민설명회를 통해 마찰을 최소화하고 주민들의 이용과 파손이 우려됨으로 도시형 하천에 맞는 세부적인 관리방안이 마련되어야 한다.

〈표 4-1〉 도시형 하천의 관리 및 복원방안

관리 및 복원방안	세부사항
유역의 환경용량 설정 및 수질개선	도시지역은 오염원이 밀집되어 있고 개발의 압력이 매우 큰 지역으로 환경용량 및 관리목표를 설정한 후 그에 따른 수질개선이 우선되어야 한다.
토지수용과 자투리 공간을 활용한 녹지조성	도시지역은 하천변 토지확보에 어려움이 있다. 따라서 토지수용이 가능한 곳은 토지 확보를 하여 녹지조성이 필요하며, 자투리 공간을 효율적으로 활용하여 녹지를 조성하는 것이 필요하다. 또한 주변의 아파트단지와 연계하여 녹지를 활용하는 것도 좋은 방법이될 수 있다.
제외지의 인공 구조물 제거	도시지역의 제외지는 대부분 사람들의 이용으로 인해 교란이 심각하다. 특히 고수부지의 경우 주차장, 운동공간(축구장, 산책로 등)으로의 이용이 많음으로 이것을 제내지로 옮기고 습지나 녹지를 조성하여야 한다. 그리고 제방과 호안의 안전성 검토를 하여 인공구조물이 불필요한 구간은 자연상태로 돌려놓거나 식생호안으로 조성하여야 한다.
보 및 낙차공 등의 물길 차단 구조물의 제거	보나 낙차공은 물길을 단절하여 어류의 이동을 막고, 하천을 변화시키며, 수질을 악화시키는 요인으로 필요성 검토를 통해 제거하거나 어도를 설치하여야 한다.
도로의 공간을 활용한 가로녹지 조성	도시의 하천은 제방상단을 따라서 도로를 조성하는 경우가 많다. 도로는 제거하기에 어려움이 있음으로 도로의 갓길이나 제내지, 제외지의 제방사면을 활용하여 녹지를 조성해 주어야 한다. 또한 로드킬의 감소와 동물들의 이동을 원활히 하기 위한 생태통로 의 조성도 필요하다.
모니터링과 관리방안 수립	모니터링을 통하여 복원효과를 검증하고 관리방안을 수립하여 복원효과를 유지하고 인근 주민들과의 대화를 통해 주민들의 불편사항 또한 해결해야 한다.



고수부지와 호안의 자연화



제내지 녹지조성



도로의 가로녹화



생태통로의 조성

2) 청지천 (평지농촌형 하천)

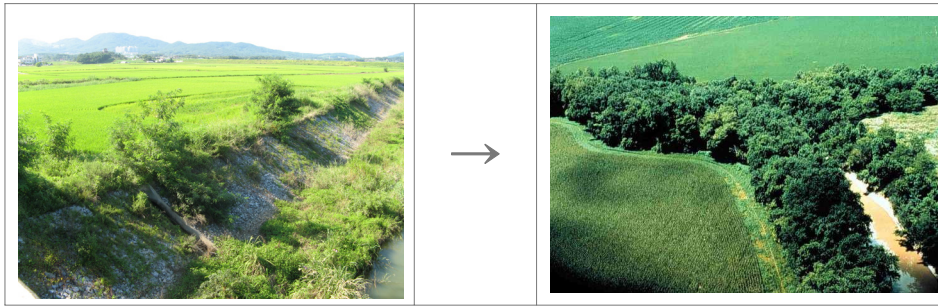
- 평지농촌형 하천인 청지천은 간월호로 직접 유입되는 하천으로 현재 수질이 매우 악화되어 있는 상태로 무엇보다 수질개선이 시급한 실정으로 나타났다.
- 청지천의 경우 BOD₅를 기준으로 상류지역의 경우 IV등급, 하류지역의 경우 VI등급(10mg/L 초과)의 수질을 보이고 있다. 청지천 유역의 경우 유역면적당 오염원이 밀집해있으며(특히, 3개 하천 중 인구밀도가 가장 높은 것으로 나타났음), 서산공공하수처리시설이 청지천의 제1지류에 직접 방류되고 있었다. 또한 유역의 66%가 농지로 하천변에 위치하고 있었고, 축사 또한 하천변에 위치하는 등 오염원이 직접 하천으로 유입되고 있었다. 따라서 오염원 및 하수처리시설을 분산시키는 방안과 하천의 유량 확보방안이 마련되어야 하며, 하천변에 저류지 및 완충녹지를 설치하는 등의 대책이 필요할 것으로 판단된다.
- 청지천은 평지농촌형 하천으로 하천주변 즉, 제내지가 주로 농경지로 이루어져 있었다. 하천자연도 조사 및 평가결과를 살펴보면 청지천은 총 5개 조사지점 중 3등급 3개 구간, 4등급 2개 구간으로 조사되었다. 조사 부문별로 보면 수로의 굴곡 유도, 종사주(강변사주, 굴곡부 사주 등)를 유도해 주어야하고 횡단면 부문에서는 횡사주의 유도, 흐름의 다양성을 위해 사주, 거석 등의 형성과 보와 낙차공을 철거하거나 어도를 설치해야 한다. 횡단면 부문에서는 정비로 인해 횡단면 유형이 사다리꼴로 단순한 형태이고 폭 다양성이 ‘경미한’ 정도로 나타나고 있어 하천 수로 폭의 다양성을 유도해주어야 한다. 하상구조 부문에서는 소, 여울 등을 조성하여 주어야 하고 저수로변 구조 부문은 자연호안이 아닌 구간은 자연호안으로 조성하고 외래식물인 환삼덩굴을 제거하고 하천식생의 도입이 필요한 것으로 나타났다. 하천주변 부문은 수변녹지를 조성하여 동물의 서식처 제공과 하천에 그늘을 제공하고 주변의 교란요인과 오염원으로부터 완충효과를 얻을 수 있다. 가축사육지역은 축사 지역을 중심으로 하천에 정화식물을 식재하여 피해를 최소화해야 한다.
- 평지농촌형 하천은 농업용수를 확보하기 위한 보가 많이 있어 하천을 다르게 변화시키고 있어 철거하거나 어도의 설치 등이 필요하고 또한 경작지 주변의 녹지

는 작물의 수확량에 영향을 주므로 농민들이 녹지 조성을 반대하고 있다. 따라서 대상지역 주민들과의 긴밀한 대화가 필요하고 농경지와 하천 수변녹지와의 거리를 두어 농작물에 영향을 최소화하고 농경지와 수변녹지와의 사이공간은 산책로, 수변공원 등으로 활용하여 사람들의 이용으로 인한 하천의 피해를 줄이고 사람들에게도 여가의 공간을 제공할 수 있을 것이다. 그리고 고수부지를 농경지로 점용하여 사용하고 있는 구간은 농경지를 제거하여 녹지를 조성하거나 강변습지를 조성하여야 한다.

- 조성 후에는 사후 관리를 위해서 지속적인 모니터링을 통해 복원효과가 잘 나타나고 있는지 확인하고 복원효과가 미흡한 구간은 요인을 파악한 후 필요한 조치를 취해 복원효과를 높이고 인근 주민들과의 대화를 통해서 불신의 해결이 필요하고 주민들을 관리자로 활용함으로써 경제적인 이익과 자긍심을 갖도록 해야 한다.

〈표 4-2〉 평지농촌형 하천의 관리 및 복원방안

관리 및 복원방안	세부사항
하천생태유량 확보 및 수질개선	농촌지역은 하천수를 농업용수로 이용하기 때문에 저수기 및 갈수기에 하천의 유량이 매우 적어지는 특성을 나타낸다. 따라서 무엇보다 하천의 생태유량 확보가 우선되어야 하고, 축사 및 농악 등의 원인으로 인한 오염물질을 제거하기 위해 저류지의 설치 및 수변공간의 조성 등이 필요하다.
수변녹지의 조성	제외지의 농경지에서 사용하는 비료, 살충제, 제초제의 사용으로 인한 피해 최소화과 생물다양성 증진을 위해 수변녹지를 조성한다.
제외지의 인공구조물의 제거	제외지의 구조물 즉, 콘크리트제방, 콘크리트호안 등을 안전성 검토를 통해 불필요한 구간은 제거하여 자연성을 높이기 위한 녹지의 조성과 하천식생의 식재가 필요하다.
보 및 낙차공 등의 물길 차단 구조물의 제거	보나 낙차공은 물길을 단절하여 어류의 이동을 막고, 하천을 변화시키며, 수질을 악화시키는 요인으로 필요성 검토를 통해 제거하거나 어도를 설치하여야 한다.
다양한 사주의 유도	평지 농촌형 하천은 물의 흐름과 농업용수 확보를 위하여 하천이 정비되어 직선화되거나 평탄화 되어있어 어류나 식물의 서식처가 거의 없다. 따라서 종사주, 횡사주, 하중주 등의 사주를 유도하여 생물다양성을 높여야 한다.
모니터링과 관리방안 수립	모니터링을 통한 복원효과를 검증하고 관리방안을 수립하여 복원효과를 유지하도록 한다.



수변 녹지의 조성



고수부지 및 제외지 사면 녹화



사주의 유도



어도의 조성

3) 용수천 (산지형 하천)

- 산지형 하천인 용수천의 경우 BOD₅를 기준으로 상하류 지역 모두 Ⅰb등급의 수질을 보이고 있으며, 비교적 수질 측면에서는 커다란 문제점이 없는 것으로 나타났다.
- 산지형 하천은 일반적으로 농촌, 도시하천 보다는 산림과 인접하거나 연결되어 있어 생물다양성과 자연성이 높다. 용수천은 하천자연도 평가를 위해 총 7개 지점을 조사하였고 그 결과 3등급 5개 구간, 2등급, 4등급이 각 1개 구간씩 조사되었다. 수로발달 부문이 가장 취약한 부문으로 조사되어 강변사주, 굴곡부사주, 수로의 굴곡 등의 유도가 필요하고 하상구조 부문에서 소, 여울, 물웅덩이 등의 조성이 필요한 것으로 나타났다. 산지형 하천은 복원할 부문이 많지 않지만 산림과 하천사이의 구조물, 소규모 주거지, 축사 등을 고려하여 관리하여야 한다.
- 용수천의 경우 상류지역이 계룡산 국립공원으로 자연성이 높지만 주변에 식당이 많아 산림과의 연결을 제한하고 있어 동물들이 산림과 하천을 자유로이 이동할 수 있도록 유도 펜스나 생태통로를 조성하여 주어야하고 또한 산림과 하천이 인접한 경우 하천과 산림사이에 주거지, 기타 구조물 등이 있어 산림과 하천의 연결성을 제한하고 있어 연결성 확보를 위한 연결녹지를 조성할 필요가 있다. 또한, 보와 여름철 행락객의 이용 등으로 인해 하천의 자연도가 떨어지는 경향이 있으므로 보 제거를 통해 본래의 하천특성을 되찾고 여름철 행락객의 관리 등을 통해 외부압력을 최소화할 필요가 있다.
- 조성 후에는 사후 관리를 위해서 지속적인 모니터링을 통해 복원효과가 잘 나타나고 있는지 확인하고 복원효과가 미흡한 구간은 요인을 파악한 후 필요한 조치를 취해 복원효과를 높이고 관리방안을 마련하여 복원효과가 유지되도록 해야 한다.

〈표 4-3〉 산지형 하천의 관리 및 복원방안

관리 및 복원방향	세부사항
산림과 하천의 연결성 확보를 위한 연결 녹지 확보	산림과 하천사이에는 많지는 않지만 주거지나 인공 구조물이 있거나 농경지가 있다. 때문에 산림과 하천의 연결성확보를 위한 연결녹지 조성과 연결녹지를 조성하기 어려운 지역은 동물들의 안전한 이동과 민가의 유해동물 피해를 줄이기 위한 유도웁스 조성이 필요하다.
점오염원에 대한 저감방안 확보	산림지역의 하천에서의 점오염원은 음식점, 축사 등의 오염원 배출이 있을 수 있음으로 하천주변으로 정화식물과 완충녹지를 조성하여 하천으로 오염원의 유입을 최소화 하여야 한다.
인공구조물로 인한 콘크리트 웅벽의 녹화	하천 제방상단에 식당이나 펜션 등 건축물이 들어서면서 토양침식을 방지하기 위한 콘크리트 웅벽이 만들어진다. 이 같은 웅벽은 미관상 좋지 않고 동물들의 이동을 단절하고 있어 녹화를 하거나 제거가 필요하다.
모니터링과 관리방안 수립	모니터링을 통한 복원효과를 검증하고 관리방안을 수립하여 복원효과를 유지하도록 한다.

3. 유형별 하천복원의 공통 추진방향

■ 세 가지 유형의 하천은 하천주변의 토지이용에 따라서 복원해야 할 항목이 차이는 있지만 공통적으로 복원되어야할 항목들은 다음과 같음

- 첫째, 자연성 회복에 앞서 하천의 생태유량확보 및 수질개선이 우선되어야 한다. 따라서 유형별 특성에 맞는 수질개선 방안이 필요하다.
- 둘째, 하천정비로 인한 하천의 직강화, 호안과 제외지 제방 재료로서 인공재료를 사용한 것이다. 이것은 정비로 인해서 유형에 상관없이 나타나고 있어 인공호안의 철거, 식생호안공 적용 등의 대안이 필요하다
- 셋째, 보로 인한 물길 차단이다. 보가 설치되면서 하천의 형태도 변화되고 어류의 이동 차단, 수질의 악화 등 다양한 문제점이 나타나고 있어 보를 철거하거나 어도의 조성 등의 대책이 필요하다.

- 넷째, 수변녹지의 조성이다. 수변녹지는 하천을 외부의 교란요인으로부터 완충작용을 할 수 있는 역할을 하고 있고, 동물의 서식처 제공, 먹이 제공, 사람들에게 휴식 등을 제공하며 그린네트워크로서 다른 산림이나 습지 등을 연결하는 중요한 역할을 하고 있다.
- 다섯째, 사주의 조성이다. 사주는 하천에서 서식처와 산란 등의 중요한 역할을 하고 있다. 하지만 대부분이 정비로 인해 사주가 사라지고 있어 다양한 횡사주, 강변사주, 굴곡부사주 등을 유도하여 건강한 하천으로 유도해 주어야 한다.
- 여섯째, 고수부지 운동장 또는 농경지 점용 등 하천과 어울리지 않는 하천내 토지이용의 제거 및 자연화가 필요하다.
- 일곱째, 지속적인 관리와 모니터링이 필요하다. 조성 후에는 모니터링을 통해 복원효과를 검증하고 미흡한 부분은 개선해야하며, 조성한 것을 유지하기 위한 관리대책도 필요하다.
- 마지막으로 주민들과의 대화를 통해서 복원으로 인한 주민의 피해를 줄이기 위해 설명회 및 교육, 홍보 등 주민참여형 복원을 해야한다.

제5장 결론 및 제언

제1절 요약 및 결론

본 연구에서는 충청남도에 설정된 하천생태축 중 문제가 발견되는 구간이 위치한 하천들 중 유형별(산지형 하천, 평지농촌형 하천, 도시형 하천)로 사례하천 3개를 선정하여 유형별 하천관리 및 기본적인 복원 전략을 제시하였다. 이를 위하여 도시형 하천(곡교천), 평지농촌형 하천(청지천), 산지형 하천(용수천)을 연구대상 하천으로 선정하여 현장답사, 수질유량 측정, 하천자연성 조사 및 평가를 실시하였고, 평가분석한 결과를 토대로 각 하천유형별 하천관리 및 복원방안을 제시하였다. 제시된 방법은 향후 하천생태축으로 선정된 기타하천의 관리 및 복원방안을 마련하는데 활용할 수 있고, 하천관리에 관한 정책 수립시 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단되며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 사례하천으로 도시형 하천은 하천주변의 도시화 정도가 나타나고, 하천정비 내용이 다양하게 나타나는 곡교천을 선정했고, 평지농촌형 하천은 유역 토지이용의 대부분이 농경지로 구성되었을 뿐 아니라, 하천정비의 특성이 국내 농촌하천의 전형적인 모습을 보여주는 청지천을 선택하였으며, 산지형 하천은 보편적인 산지하천 특성을 반영하고, 주변에 산림지역이 인접하고 있는 용수천을 선정하여 조사를 실시하였다
- 본 연구에서 하천의 실태분석을 위해 조사한 수질과 하천자연도와의 결과를 비교를 해 본 결과 수질농도와 하천자연도는 하천 전체 대표치간에는 어느 정도 상관성이 있을 수 있다고 판단되나, 구간별로는 상관성이 없는 것으로 나타났다. 따라서 수질개선방안과 하천자연도 회복방안은 별도로 실시하여 종합하여야 할

것으로 판단된다.

- 각 사례하천별 조사결과를 토대로 한 복원방안을 살펴보면 아래와 같다.

■ 도시형하천 (곡교천)

- 도시형 하천인 곡교천은 수질이 매우 악화되어 있는 상태이므로 무엇보다 수질 개선방안이 우선되어야 한다. 곡교천의 수질농도를 살펴보면 천안천 합류전인 상류에서는 BOD₅ 기준 수질농도가 I b등급의 수질을 나타내고 있지만 천안천 합류 후 곡교천 중류지역의 BOD₅는 6.5mg/L(IV등급)로 급격히 높아졌으며, 와천 합류 후 곡교천 하류지역의 BOD₅는 7.4mg/L(IV등급)로 수질이 더욱 높아지는데 이는 도심을 통과한 수질오염도가 높은 천안천, 매곡천, 온천천이 합류하기 때문인 것으로 나타났다. 따라서, 곡교천의 수질을 개선하기 위해서는 천안천, 매곡천, 온천천의 수질개선이 우선되어야 한다. 이처럼 천안, 아산 도심하천의 수질개선으로 곡교천과 더불어 삼교호의 수질개선 효과를 기대할 수 있을 것이다. 또한 곡교천은 천안, 아산지역을 통과하면서 일부구역의 경우 인구밀도가 매우 높고, 폐수배출시설이 밀집되어 있으며 무엇보다 향후 개발계획이 다수 수립된 지역이므로 장래오염원에 대한 관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 하천자연도 조사는 총 16개 구간을 나누어 실시하였으며, 이 중 3개 구간은 하천자연도 평가결과 4등급으로 복원이 필요한 것으로 나타났다. 도시형 하천의 모습을 보이고 있는 곡교천은 제내지, 제외지 모두 사람들의 이용으로 인해 교란을 받고 있었다. 특히 제내지는 상가, 주거지 등으로 녹지가 없었으며, 제외지는 주차장, 운동장 등으로 이용되고 있어 주변의 녹지나 산림과의 연결이 단절되는 등 하천이 교란을 받고 있었다. 곡교천의 도시하천 구간은 고수부지를 운동공간으로 이용하고 있으며, 제방상단은 도로, 제내지는 아파트, 상가 등으로 이용하고 있었다. 따라서 제내지는 자투리 공간을 활용한 녹지조성과 토지 수용을 통한 녹지조성이 필요하며, 제방상단의 도로는 가로녹지를 조성하여 하천의 교란을 최소화 하여야 한다. 제외지는 인공호안과 제방의 인공 구조물을 제거하고 고수부지의 이용을 제한하고 녹지와 강변습지 조성과 나무무더기, 돌무더기 등의 서식

처를 조성하며, 정화식물을 식재하여 하천의 기능을 되돌려 주어야 한다.

- 조성 후에는 사후 관리를 위해서 지속적인 모니터링을 통해 복원효과가 잘 나타나고 있는지 확인하고 복원효과가 미흡한 구간은 요인을 파악한 후 필요한 조치를 취해 복원효과를 높여야 하며, 특히 도시형 하천은 하천주변의 토지수용, 기존 토지이용과의 경합 등 주민들과의 마찰이 우려됨으로 주민설명회를 통해 마찰을 최소화하고 주민들의 이용과 파손이 우려됨으로 도시형 하천에 맞는 세부적인 관리방안이 마련되어야 한다.

■ 평지농촌형하천 (청지천)

- 평지농촌형 하천인 청지천은 간월호로 직접 유입되는 하천으로 현재 수질이 매우 악화되어 있는 상태로 무엇보다 수질개선이 시급한 실정으로 나타났다. 청지천의 경우 BOD₅를 기준으로 상류지역의 경우 IV등급, 하류지역의 경우 VI등급(10mg/L 초과)의 수질을 보이고 있다. 청지천 유역의 경우 유역면적당 오염원이 밀집해있으며(특히, 3개 하천 중 인구밀도가 가장 높은 것으로 나타났음), 서산 공공하수처리시설이 청지천의 제1지류에 직접 방류되고 있었다. 또한 유역의 66%가 농지로 하천변에 위치하고 있었고, 축사 또한 하천변에 위치하는 등 오염원이 직접 하천으로 유입되고 있었다. 따라서 오염원 및 하수처리시설을 분산시키는 방안과 하천의 유량 확보방안이 마련되어야 하며, 하천변에 저류지 및 완충녹지를 설치하는 등의 대책이 필요할 것으로 판단된다.
- 청지천은 평지농촌형 하천으로 하천주변 즉, 제내지가 주로 농경지로 이루어져 있었다. 하천자연도 조사 및 평가결과를 살펴보면 청지천은 총 5개 조사지점 중 3등급 3개 구간, 4등급 2개 구간으로 조사되었다. 조사 부문별로 보면 수로의 굴곡 유도, 종사주(강변사주, 굴곡부 사주 등)를 유도해 주어야하고 종단면 부문에서는 횡사주의 유도, 흐름의 다양성을 위해 사주, 거석 등의 형성과 보와 낙차공을 철거하거나 어도를 설치해야 한다. 횡단면 부문에서는 정비로 인해 횡단면 유형이 사다리꼴로 단순한 형태이고 폭 다양성이 ‘경미한’ 정도로 나타나고 있어 하천 수로 폭의 다양성을 유도해주어야 한다. 하상구조 부문에서는 소, 여

을 등을 조성하여 주어야 하고 저수로변 구조 부문은 자연호안이 아닌 구간은 자연호안으로 조성하고 외래식물인 환삼덩굴을 제거하고 하천식생의 도입이 필요한 것으로 나타났다. 하천주변 부문은 수변녹지를 조성하여 동물의 서식처 제공과 하천에 그늘을 제공하고 주변의 교란요인과 오염원으로부터 완충효과를 얻을 수 있다. 가축사육지역은 축사 지역을 중심으로 하천에 정화식물을 식재하여 피해를 최소화해야 한다.

- 또한, 평지농촌형 하천은 농업용수를 확보하기 위한 보가 많이 있어 하천을 다르게 변화시키고 있어 철거하거나 어도의 설치 등이 필요하고 또한 경작지 주변의 녹지는 작물의 수확량에 영향을 주므로 농민들이 녹지 조성을 반대하고 있다. 따라서 대상지역 주민들과의 긴밀한 대화가 필요하고 농경지와 하천 수변녹지와의 거리를 두어 농작물에 영향을 최소화하고 농경지와 수변녹지와의 사이공간은 산책로, 수변공원 등으로 활용하여 사람들의 이용으로 인한 하천의 피해를 줄이고 사람들에게도 여가의 공간을 제공할 수 있을 것이다. 그리고 고수부지를 농경지로 점용하여 사용하고 있는 구간은 농경지를 제거하여 녹지를 조성하거나 강변습지를 조성하여야 한다.
- 조성 후에는 사후 관리를 위해서 지속적인 모니터링을 통해 복원효과가 잘 나타나고 있는지 확인하고 복원효과가 미흡한 구간은 요인을 파악한 후 필요한 조치를 취해 복원효과를 높이고 인근 주민들과의 대화를 통해서 불신의 해결이 필요하고 주민들을 관리자로 활용함으로써 경제적인 이익과 자긍심을 같도록 해야 한다.

■ 산지형하천 (용수천)

- 산지형 하천인 용수천의 경우 BOD₅를 기준으로 상·하류 지역 모두 I b등급의 수질을 보이고 있으며, 일반적으로 농촌, 도시하천 보다는 산림과 인접하거나 연결되어있어 생물다양성과 자연성이 높은 것으로 나타났다. 용수천은 하천자연도 평가를 위해 총 7개 지점을 조사하였고, 그 결과 3등급 5개 구간, 2등급, 4등급이 각 1개 구간씩 조사되었다. 수로발달 부문이 가장 취약한 부문으로 조사되어 강

변사주, 굴곡부사주, 수로의 굴곡 등의 유도가 필요하고 하상구조 부문에서 소, 여울, 물웅덩이 등의 조성이 필요한 것으로 나타났다. 산지형 하천은 복원할 부문이 많지 않지만 산림과 하천사이의 구조물, 소규모 주거지, 축사 등을 고려하여 관리하여야 한다.

- 용수천의 경우 상류지역이 계룡산 국립공원으로 자연성이 높지만 주변에 식당이 많아 산림과의 연결을 제한하고 있어 동물들이 산림과 하천을 자유로이 이동할 수 있도록 유도 펜스나 생태통로를 조성하여 주어야하고 또한 산림과 하천이 인접한 경우 하천과 산림사이에 주거지, 기타 구조물 등이 있어 산림과 하천의 연결성을 제한하고 있어 연결성 확보를 위한 연결녹지를 조성할 필요가 있다. 또한, 보와 여름철 행락객의 이용 등으로 인해 하천의 자연도가 떨어지는 경향이 있으므로 보 제거를 통해 본래의 하천특성을 되찾고 여름철 행락객의 관리 등을 통해 외부압력을 최소화할 필요가 있다.
- 조성 후에는 사후 관리를 위해서 지속적인 모니터링을 통해 복원효과가 잘 나타나고 있는지 확인하고 복원효과가 미흡한 구간은 요인을 파악한 후 필요한 조치를 취해 복원효과를 높이고 관리방안을 마련하여 복원효과가 유지되도록 해야 한다.

제2절 정책제언

■ 하천관리 및 복원의 정책방향

- 효율적인 하천환경 관리를 위해서는 단순한 수질기준에 의한 평가, 단순한 자연도 평가가 아닌 물환경에 영향을 미치는 복합적인 요인들이 우선적으로 평가 및 분석되어 이를 토대로 보다 과학적이고 합리적인 관리 대책이 수립되어야 한다.
 - 즉, 개발과 관련한 주변지역의 훼손, 수변공간의 조성, 하천정비에 따른 하상 및 단면 변화, 하천으로 유입하는 오염원 차단시설, 수생태 현황, 다양한 화학물질의 유입 등 하천환경에 영향을 줄 수 있는 다양한 요소가 복합적으로 반영되어 하천환경이 평가되어야 하며, 이를 토대로 하천환경 관리계획 또는 정책이 수립되어야 할 필요성이 있다.
- 본 연구에서는 분석가능한 표본수가 적어 각 평가항목간에 상관관계의 결과를 일반화 하는데는 한계가 있었다. 다만 일반적으로 하천관리에 기준이 되는 BOD₅의 농도와 하천자연도간의 상관성이 비교적 떨어지므로 하천 관리방안을 마련할 경우 하천의 물리적 구조 평가와 수질의 조사결과를 바탕으로 하천평가 기준을 설정하고, 그 기준에 입각하여 하천을 평가하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 따라서 하천의 물리적 구조 평가와 하천 수질 평가 결과를 종합하여 하천을 종합평가하고 하천의 관리 및 복원방안을 마련하는 것이 타당할 것이다. 또한, 하천의 수생태 건강성 평가(생물학적 지표에 의한 평가)를 추가한다면 생태계의 복원 관점에서 보다 타당한 방안을 마련할 수 있을 것이다.
- 하천복원은 대상하천의 유역개념에서 접근하여 복원의 우선순위를 결정해야 한다. 또한, 하천연속성의 개념에서 접근하여 가장 자연스러운 하천을 조성하기 위

한 방법을 모색하여야 한다. 따라서 하천복원시 하천생태유량의 확보 및 수질 개선이 우선시 되어야 한다. 따라서 충남 하천생태축 하천의 복원우선 순위는 하천 생태유량 확보와 수질 개선이 시급하며, 자연도가 낮은 유역을 1순위로 하고, 하천자연도 평가를 통해 전체 하천 등급이 3등급 이하인 유역을 차후 순위로 복원해야 한다. 단, 물리적 구조의 복원은 구간별로 등급이 낮은 순으로 우선하여야 한다.

- 각 유형별 관리 및 복원방안을 살펴보면 도시형 하천의 경우는 오염원이 밀집되어 있고 개발의 압력이 매우 큰 지역으로 환경용량 및 관리목표를 설정한 후 그에 따른 수질 개선이 우선되어야 한다. 또한, 도시지역은 하천변 토지확보에 어려움이 있으므로 토지수용이 가능한 곳은 토지를 확보하여 녹지를 조성할 필요가 있으며, 자투리 공간을 효율적으로 활용하여 녹지를 조성하는 것이 필요하다. 또한 주변의 아파트단지와 연계하여 녹지를 활용하는 것도 좋은 방법이 될 수 있다. 무엇보다 도시지역의 제외지는 대부분 사람들의 이용으로 인해 교란이 심각하다. 특히 고수부지의 경우 주차장, 운동공간(축구장, 산책로 등)으로의 이용이 많으므로 이것을 제내지로 옮기고 습지나 녹지를 조성하여야 한다. 그리고 제방과 호안의 안전성 검토를 하여 인공구조물이 불필요한 구간은 자연 상태로 돌려놓거나 식생호안으로 조성하여야 한다. 도시의 하천은 제방상단을 따라서 도로를 조성하는 경우가 많다. 도로는 제거하기에 어려움이 있으므로 도로의 갯길이나 제내지, 제외지의 제방사면을 활용하여 녹지를 조성해 주어야 한다. 또한 로드킬의 감소와 동물들의 이동을 원활히 하기 위한 생태통로의 조성도 필요하다. 또한 하천내 보나 낙차공은 물길을 단절하여 어류의 이동을 막고, 하천을 변화시키며, 수질을 악화시키는 요인으로 필요성 검토를 통해 제거하거나 어도를 설치하여야 한다.
- 평지농촌형 하천의 경우는 하천수를 농업용수로 이용하기 때문에 저수기 및 갈수기에 하천의 유량이 매우 적어지는 특성을 나타내므로 무엇보다 하천의 생태유량 확보가 우선되어야 하고, 축사 및 농약 등의 원인으로 인한 오염물질을 제거하기 위해 저류지의 설치 및 수변공간의 조성 등이 필요하다. 또한, 제외지의

구조물 즉, 콘크리트제방, 콘크리트호안 등을 안전성 검토를 통해 불필요한 구간은 제거하여 자연성을 높이기 위한 녹지의 조성과 하천식생의 식재가 필요하다. 특히, 평지농촌형 하천은 물의 흐름과 농업용수 확보를 위하여 하천이 정비되어 직선화되거나 평탄화 되어있어 어류나 식물의 서식처가 거의 없다. 따라서 종사주, 횡사주, 하중주 등의 사주를 유도하여 생물다양성을 높여야 한다.

- 산지형 하천의 경우는 비교적 생물다양성이 풍부한 하천이다. 그럼에도 산림과 하천사이에는 많지는 않지만 주거지나 인공 구조물, 식당, 농경지 등이 있다. 때문에 산림과 하천의 연결성확보를 위한 연결녹지 조성과 연결녹지를 조성하기 어려운 지역은 동물들의 안전한 이동과 민가의 유해동물 피해를 줄이기 위한 유도웁스의 조성이 필요하다. 또한, 하천 제방상단에 식당이나 펜션 등 건축물이 들어서면서 토양침식을 방지하기 위한 콘크리트 옹벽이 만들어지는데 이 같은 옹벽은 미관상 좋지 않고 동물들의 이동을 단절하고 있어 녹화를 하거나 제거가 필요하다.

제3절 연구의 한계 및 향후 과제

- 본 연구에서는 사례하천을 3개를 조사하여 분석하였으므로 분석가능한 표본수가 적어 지표들간의 상관관계의 결과를 일반화하는데는 한계가 있다. 또한, 하천의 수생태 건강성 평가(생물학적 지표에 의한 평가)가 배제된 상태에서 연구를 진행하였기 때문에 이를 통한 생태계의 복원방안을 마련하는 것을 향후 과제로 남는다.
- 또한, 본 연구에서는 참조하천(모델하천)에 대한 연구가 배제되었으므로 향후 참조하천에 대한 연구를 이용한 복원전략이 수립되어야 할 것으로 판단된다. 하천의 복원은 단순한 다른 성공적인 복원하천의 복사로는 성공적인 복원을 담보하기 어려우므로 비교적 양호한 자연형상을 유지하고 있는 참조하천을 이용하여 복원 목표, 계획 및 설계의 구체화 과정을 거치는 것이 필요할 것으로 판단된다.

따라서 하천 복원 및 관리를 위해서는 하천 원형에 대한 조사 분석이 우선되어야 할 것이며, 비교적 양호한 참조하천의 선정 및 특별관리 정책도 필요할 것으로 판단된다.

- 또한, 향후 수생태 건강성 평가(부착조류, 저서성 대형무척추동물, 어류 등 조사)를 통해 생물학적 지표와 수질지표와의 상관성, 생물학적 지표와 물리적 구조와의 상관성 분석을 통해 하천복원을 위해 보다 효과적인 지표항목을 도출하는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

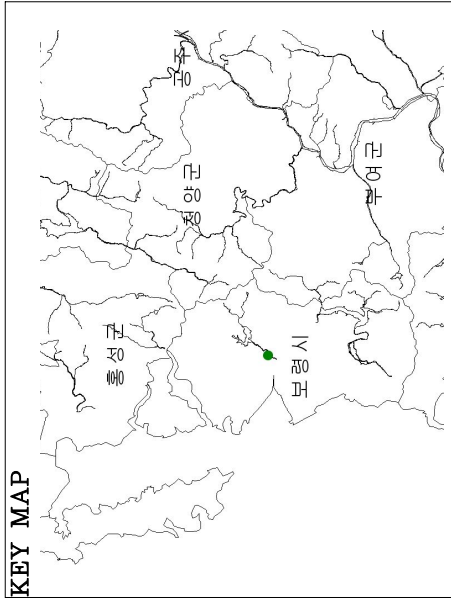
- 강원발전연구원, 2008, 강원도 하천의 유역특성 분석.
- 건설교통부, 2002, 자연친화적 하천관리지침.
- 건설교통부, 2001, 자연친화적 하천정비기법개발 보고서.
- 건설교통부, 2004, 국가하천 도시구간 하천환경정비 기본조사.
- 경기개발연구원, 2008, 하천의 자연도 및 생태건강성 평가를 통한 경기도 하천 복원 전략.
- 국토해양부, 2009, 하천법.
- 국토연구원, 2004, 자연형하천정비를 위한 하천환경특성 분석 연구.
- 김동찬, 박익수, 1999. 생태환경복원을 위한 하천자연도 평가기준에 관한 연구. 한국정원학회지.
- 김석규, 김철, 정장면, 2005. 하천정비 전후의 하천자연도 평가. 한국수자원학회 학술대회지.
- 서울특별시, 2002, 한강생태계 조사연구, 생태적 하천복원 사례집.
- 우효섭, 2000, 미국의 수변복원 가이드라인의 이해, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 명지대.
- 조용현, 1997. 생태적 복원을 위한 중소하천 자연도 평가방법 개발. 서울대학교 공학박사학위논문.
- 충청남도, 2008, 충청남도 광역생태네트워크 구축을 위한 연구(최종보고서).
- 하천복원연구회, 2006, 하천복원 사례집, 청문각.
- 환경부, 2006, 자연형 하천정화사업 연찬회 발표자료.

- 환경부, 2006, 하천복원 가이드라인.
- 환경부, 건교부, 소방방재청. 2005. 친환경적 하천관리를 위한 관계부처 합동연찬회 발표자료.
- 환경부, 2007. 수생태 건강성 회복을 위한 하천복원 모델과 기준, 조사계획 수립연구 최종보고서.
- 환경부, 1997, 국내여건에 맞는 자연형 하천공법의 개발.
- 한국건설기술연구원, 2001, 하천가이드라인.
- 한국건설기술연구원, 2001, 자연 친화적 하천정비기법 개발 보고서.
- 한국건설기술연구원, 2002 국내 여건에 맞는 자연형 하천 공법의 개발: 사람과 생물이 어우러지는 자연환경의 보전, 복원, 창조기술의 개발.
- USDA, 1998, Stream Corridor Restoration - Principles, Processes, and Practices, Federal Interagency Stream Corridor Restoration Working Group
- EU, 2002, Urban River Basin Enhancement Methods
- all, J. 1982. Stream Classification Guidelines for Wisconsin. Wisconsin Department of Natural Researchs Technical Bulletin, Madison, Wisconsin.
- Berger, H. 1993. Ecological restoration and nonindigenous plant species: A review. Restoration Ecology.
- Duff, D.A., F.A. Mangum, and R. Maw (editors). 1989. Fisheries Survey Handbook.
- U.S. Department of Agriculture-Forest Service, intermountain Region, Ogden, Utah.
- Dunham, D. and A. Collotzi. 1975. The Transect Method of Stream Survey. U.S.
- Department of Agriculture-Forest Service, intermountain Region, Ogden, Utah.

부록 1. 야장정리 예시

〈표 1〉

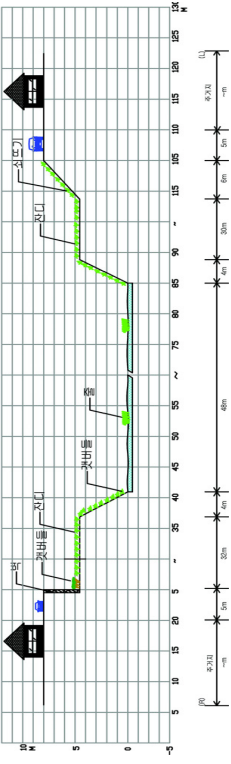

하천명	대천천 3-(60)-④			
행정구역	충청남도 보령시 죽정동			
조사구간	대천천 하류	경도	위도	
하천크기	하폭	129m	저수로폭	48m 수심 0.4m
하천현황	* 4등급			
형단 생태벨트 연결 기회요인 조사자	주거지와 도로로 인해 연결이 단절됨. 조용현, 김상혁, 정은하, 정지윤			
조사일시	2007 년 7 월 14 일	기상현황 맑음		



	(R)				(L)			
	제내지	제내지 사면	제방 상단	제방사면 (상부/하부)	고수 부지	저수 호안	저수로	제내지
재료	콘크리트	.	스크립텐스 보도용자로	콘크리트	점토	콘크리트블럭	저간, 점토	콘크리트
토지이용	주거지 건물	.	도로	옹벽	.	.	.	주거지 건물
주요 인강 간섭	.	.	.	.	.	.	.	.
목본 우점종	.	.	.	갯버들	.	아까시나무	갯버들	.
식생	.	.	.	.	잔디	환삼덩굴, 고마리	에기부들, 고마리	.
초본 우점종	.	.	.	.	잔디	개망초 금계국	개망초 소루쟁이 줄 물억새, 말, 개구리밥	환삼덩굴 개망초 쇠뜨기
출현종	.	.	.	.	.	.	.	.
야생동물	.	.	.	.	.	.	.	.
이동 기회 및 제한요인	.	.	.	.	.	.	.	.

〈표 2〉 앞 표에 계속

	(R)			저수로	(L)		
	제내지, 제내지 사면	제방상단, 제방사면	고수부지, 저수호안		고수부지, 저수호안	제방상단, 제방사면	제내지, 제내지 사면
부위별 경관현황							

단면도	
전경사진	

부록 2. 하천자연도 평가 조사지

[그림 1] 하천자연도 평가 조사지 (앞면)

하천자연도 평가지

하천명: <u>목련2 058</u>		지점명: <u>대평교</u>	
GPS	번호: <u>KB01</u>		
	경도		
	위도		
날짜: <u>8/24</u>			
날씨:			
조사자:			

하천유형	1~5m	5~10m	10~20m	20m 이상
협곡하천				
사행계곡하천				
제방 없는 고수부지하천 일반				
제방 있는 고수부지하천 일반				
제방 없는 평지하천				
제방 있는 평지하천				

1.1 수로의 굴곡

사행하는		1
강하게 휜		2
가볍게 휜		3
약하게 휜		4
직선의		5

1.2 측방 하식

강하고, 빈번한	1
강하고, 드문	2
약하고, 빈번한	3
약하고, 드문	4
없음	5

1.3 종 사주

> 3	1
3	2
2	3
1	4
없음	5

1.4 특수한 수로구조

> 3	1
3	2
2	3
1	4
없음	5

1. 수로발달

1.1	
1.2	
1.3	
1.4	
Σ	
M	
등급	

2.1 형 구조물

형 구조물이 없는	1
우회로를 가진 낙하	2
일부 경사수로를 가진 낙하	2
울퉁불퉁한 경사수로	2
어도를 가진 낙하	3
평평한 경사수로	4
0.3~0.7M 낙하	4
0.7M 이상 낙하	5

2.2 형 사주

> 3	1
3	2
2	3
1	4
없음	5

2.3 흐름의 다양성

매우 큰	1
큰	2
적당한	3
경미한	4
없음	5

2. 중단면

2.1	
2.2	
2.3	
Σ	
M	
등급	

3.1 횡단면 유형

자연 단면	1
자연 단면에 가까운 변화 없는 오래된 단면	2
규칙측면 사다리꼴	3
규칙측면, 직사각형의	4
	5

3.2 제방 재료

L	R
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5

3.3 폭다양성

매우 큰	1
큰	2
적당한	3
경미한	4
없음	5

3.4 하천 상부 구조물

하천 상부구조물 없음	1
수류를 좁게 하지 않고, 강변을 차단하지 않음	2
수류를 좁게함	3
강변을 차단함	4
불투수 인공제방	5

3. 횡단면

3.1	
3.2	
3.3	
3.4	
Σ	
M	
등급	

4.1 하상 저질 유형

노출암, 거석	
거석, 호박돌	
조약돌, 호박돌	
잔자갈, 조약돌	
모래와 잔자갈	
모래	
점토, 진창	

4.2 저질 다양성

매우큰	1
큰	2
적당한	3
경미한	4
없음	5

4.3 특수한 하상구조

> 3	1
3	2
2	3
1	4
0	5

4. 하상구조

4.1	
4.2	
Σ	
M	

[그림 2] 하천자연도 평가 조사지 (뒷면)

5.1 저수로변 식생

	L	R
자연 조건에 의해 없는	1	1
갈대, 달뿌리풀 순군락	2	2
초지, 저관목	3	3
침식에 의해 없는	4	4
차단공 때문에 없는	5	5

5.2 호안공

	L		R	
	> 50%	10~50%	> 30%	10~50%
거석+석생호안	2	2	2	2
목책공	3	3	3	3
사석 혹은 석축호안	4	4	4	4
콘크리트 옹벽, 포장	5	5	5	5
호안공이 없음				

5.3 특수한 저수로변 구조

	L	R
>3	1	1
3	2	2
2	3	3
1	4	4
없음	5	5

수류의 오리나무 선회
충돌상태에 있는 나무
수목 지하부 세굴
도복 수목
죽은 잔가지 집적
강변돌기
안정적인 강변 단계

5.4 저수로변 종방향 배열

	L	R
매우 큰	1	1
큰	2	2
적당한	3	3
경미한	4	4
없는	5	5

5. 저수로변구조

5.1	
5.2	
5.3	
5.4	
Σ	
M	
등급	

6.1 인접 토지이용

	L		R	
	> 50%	10~50%	> 50%	10~50%
자연상태의 숲	1	1	1	1
자연 초지 혹은 저목림	2	2	2	2
목초지, 파수원 등	3	3	3	3
논, 밭 등 경작지	4	4	4	4
시가지, 주거지 등 밀집 이용시설	5	5	5	5

6.2 하천변 대상 수림

	L	R
완전한, >90%	1	1
경미하게 다공성, 70~90%	2	2
다공성, 30~70%	3	3
과도하게 없는, 10~30%	4	4
없는, <10%	5	5

6.3 자연스럽지 않은 주변 구조

	L	R
인공시설물이 없음	1	1
인공시설물	2	2
소로, 하천과 조화되지 않은 인공시설	3	3
차도	4	4
복개된, 쓰레기 퇴적물	5	5

6. 하천주변

6.1	
6.2	
6.3	
Σ	
M	
등급	

총괄	지수 평균	자연도 등급 평가	조정	결과
1. 수로의 발달				
2. 종단면				
3. 횡단면				
4. 하상 구조				
5. 저수로변 구조				
6. 하천 주변				
Σ				
총체적 상태				

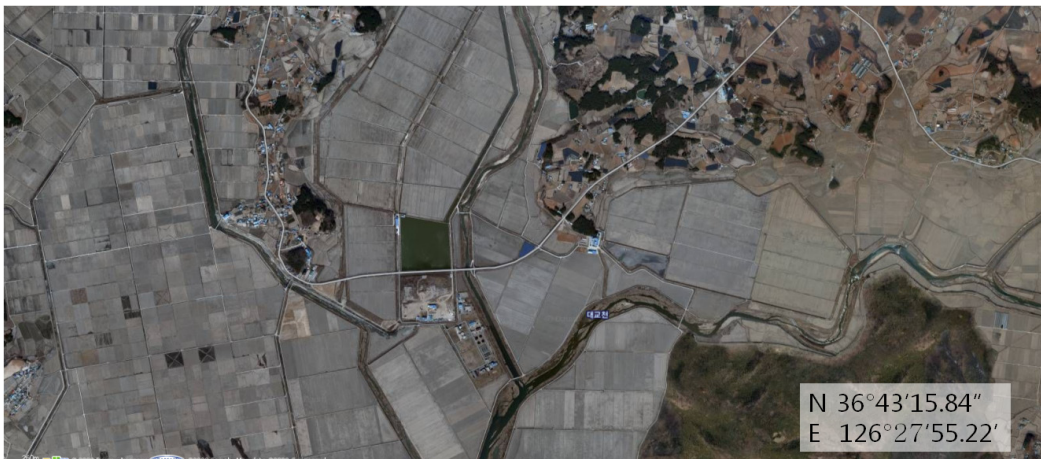
자연도 등급	I	II	III	IV	V
지수 범위	1 - 1.8	1.9 - 2.6	2.7 - 3.4	3.5 - 4.2	4.3 - 5

부록 3. 사례하천 수질 및 유량측정지점 현장사진

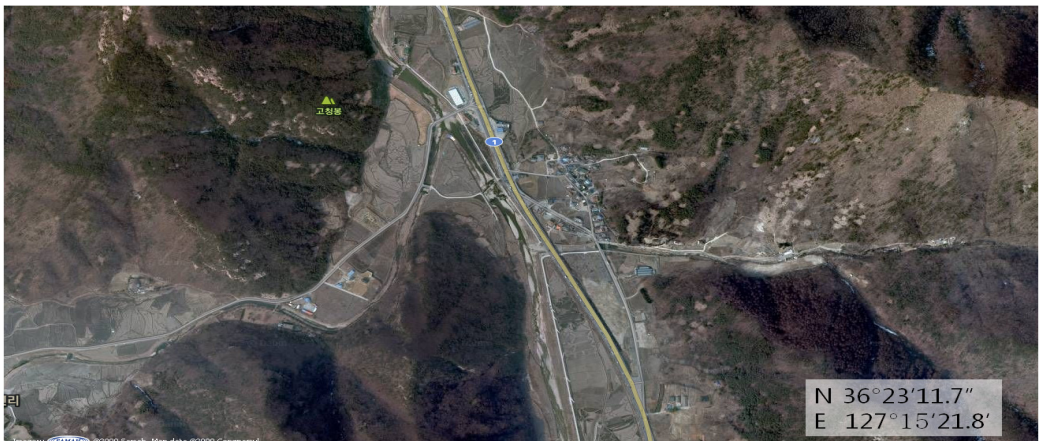
[청지천 상류]



[청지천 하류]



[용수천 상류]



[용수천 하류]



[곡교천 상류]



[곡교천 중류, 천안천 합류부]



[곡교천 하류]

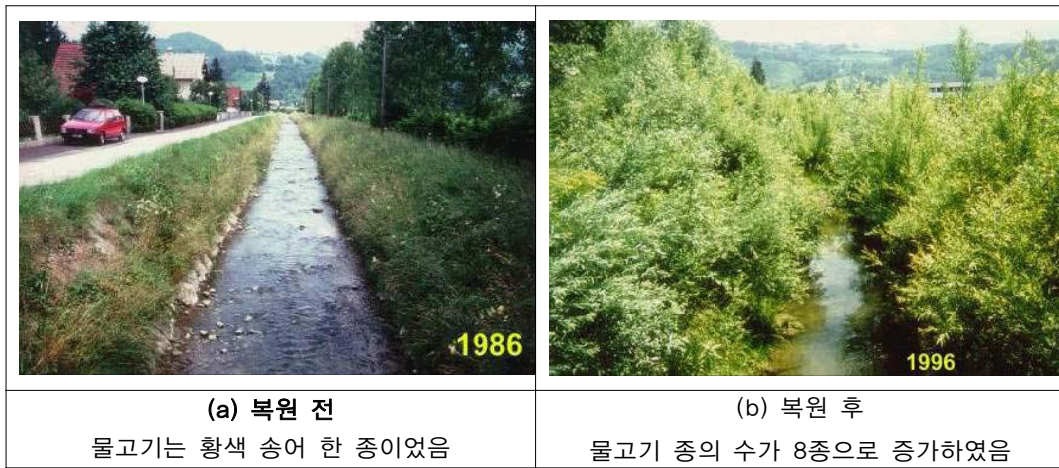


부록 4. 선진국 하천복원 사례 사진¹²⁾

1. 오스트리아 잘스부르크시의 Alterbach강 복원사례

- 잘스부르크는 알프스 산맥 북쪽 기슭에 있는 오스트리아 한 도시로 이 도시에는 소하천인 Alterbach강이 시내를 관류하고 있으며, 이 하천은 1940년대 나찌 시대에 하천의 아치수 기능을 위해 정비되었다.
- 그러나 1980년대 후반 들어 지역 주민들의 하천 복원에 대한 욕구를 만족시켜주기 위해 시는 치수기능 유지와 생태 서식처의 개선을 목표로 하천복원 사업을 시작하였다.사업 후 생물과 무생물 하천복원 사업을 시작하였다.
- 사업 후 생물과 무생물 특성을 고려한 학제간 모니터링 결과에 의하면, 복원 사업이 생물 서식처 가용성을 증가시킨 것으로 나타났다. 이 사업에 의해 100년 빈도의 홍수에 견디어냄과 동시에 자연에 가까운 서식처 조건이 달성된 것으로 나타났다.
- 이 하천은 구체적인 복원대책은 ① 하천의 만곡을 살리기 위해 가능한 주변 토지 구입, ② 종단 변화와 하폭의 변화, ③ 얇은 구역을 만들기 위해 하폭의 확대, ④ 수심 변화의 조성, ⑤ 깊게 놓인 안전공을 이용한 하도 형태의 자동 조절, ⑥ 초기 식생과 물가 그늘의 조성, ⑦ 강택의 변화(급함과 완만함), ⑧ 하상의 변화(교란요소의 조성), ⑨ 하수의 경감, ⑩ 위락 기능, 자전거, 출구 등의 조성 등이다.
- [그림 1]과 같이 Alterbach 강 복원 사업은 자연에 가까운 하천 형태의 조성으로 생태계 기능을 회복하고 동시에 친수성을 증진시켰다는 점에서 긍정적으로 평가되고 있다. 비록 하천 변 도로, 자전거 도로, 건물 기타 기존의 시설에 의해 완전한 하천 복원이되지 못하였지만 자연형 하천공법의 적용으로 서식처 가용성과 수중 유기체는 분명히 개선된 것으로 나타났다. 동시에 통수농도 유지되고 있다. 그러나 완전한 의미의 하천복원을 위해서는 장차 하천 부근의 토지를 수용하여 하천에 편입시키는 노력이 필요하다.

12) 2006. “하천복원사례집” 내용을 요약 및 재정리함.



[그림 1] Alterbach 강의 하천복원

2. 스위스 취리히 주 Haselbach, Sihl강, Toss강

- Haselbach는 버드나무 등을 이용하여 물길을 사행화 시키면서 정비가 시작되었다. 살아있는 버드나무를 직접 저수로에 사용하는 방법과 살아있는 나뭇가지를 죽은 나무 뒤에 심는 방식으로 저수로의 수면과 접촉하는 부분에 적용했다. 결과 유수의 체류시간이 향상되고 강가에 그늘형성 수초의 번성으로 수온 상승 억제 등 수중생물과 육상 생물의 서식지가 확보되었다.



[그림 2] 취리히 Haselbch의 하천복원

- Sihl강은 석재를 사용한 공법이 특징적이다. 홍수피해가 큰 강 주변 시설물들을 보호하기 위해 석재로 여러 개의 수제를 만들어 튼튼한 호안을 조성했다. 결과

수제 배후는 완류부가 돼 하안이 보호됐으며 물고기의 은신처 및 생물들의 서식지로 이용되었다. 수제는 자연경관과 잘 어울려 조화를 이루고 있다. Sihl강은 석재를 사용한 공법이 특징적이다. 홍수피해가 큰 강 주변 시설물들을 보호하기 위해 석재로 여러 개의 수제를 만들어 튼튼한 호안을 조성했다. 결과 수제 배후는 완류부가 돼 하안이 보호됐으며 물고기의 은신처 및 생물들의 서식지로 이용되었다. 수제는 자연경관과 잘 어울려 조화를 이루고 있다.



[그림 3] 취리히 Sihl강의 하천복원

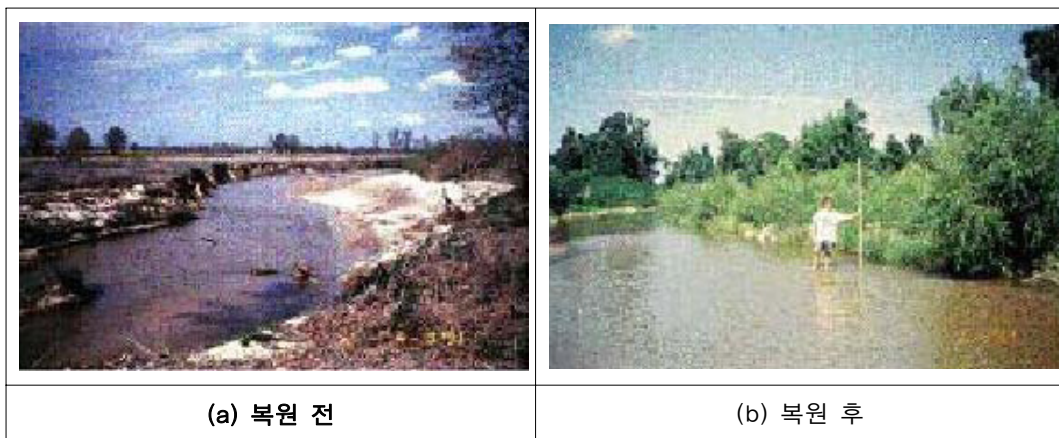
- 취리히의 Toss강의 “Reuss”는 석재나 콘크리트 활용 호안공법을 적용하여 석재나 콘크리트를 이용하여 견고한 호안 조성하고, 하천 인근에 인공유수지를 만들어 하천의 수위를 간접적으로 상시 측정하며, 홍수시에는 유수지로 사용하도록 하였다. 이공법은 홍수류가 강한 하천의 특성을 고려하는 공법으로, 조성결과, 하천의 통수 및 친수기능을 상호 보완하여 보호되고 있다.



[그림 4] 취리히 Toss강의 Reuss 하천복원

3. 미국 Hotophia Creek

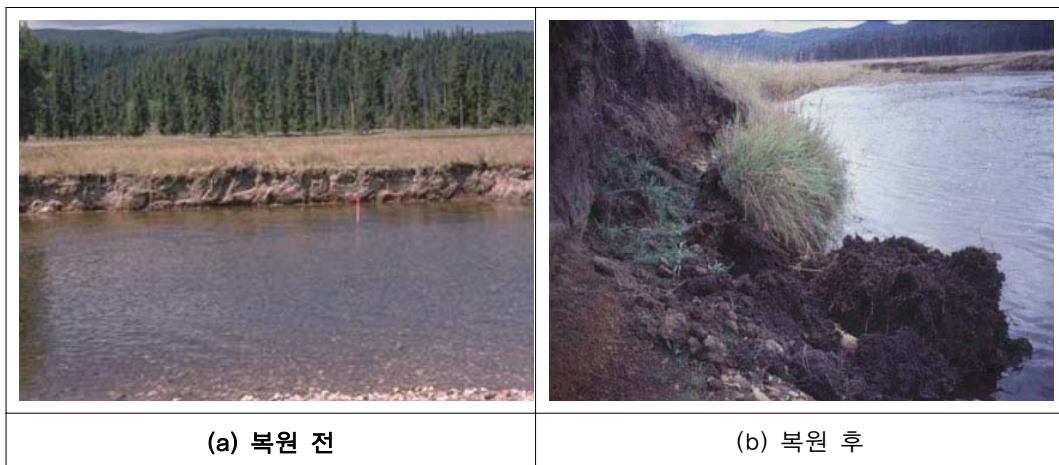
- 미국 미시시피천 북부에 있는 Hotophia Creek에 대해 1991~1993년 사이에 하천을 복원 하였다. 하천복원 설계의 기본개념은 하천 경사를 바꾸거나 만곡도를 늘리는 대형 토목사업 지양이며 기존의 수제를 활용·연장하여 여울과 소를 조성하되, 흐름 방향과 반대방향으로 교대로 경사지게 설치하는 것이다. 수제의 연장에 의한 맞은 편 강터의 불안정을 막기 위해 강터 밑에 사석 호안시공을 하고 호안 주위와 사주에 토종 버드나무를 삼목하였다.
- 모니터링 결과 종의 수와 물고기의 평균길이는 약 50% 증가 하였고, 채집된 물고기의 수는 3배 증가 하였다. 세굴공의 깊이는 32 cm에서 84 cm로 증가하였고, 버드나무 싹은 1년 이내 강바닥에서 높이 2 cm정도까지 자라고, 물가는 진한 숲으로 변화하였다. 홍수에 의한 하천변화는 없었으며 강터 밑 사석과 버드나무는 강터 침식에 잘 저항하고 있었다.



[그림 5] Hotophia Creek의 하천복원

4. 미국 레드강

- 레드강(Red River)은 미국 Idaho 주 중부를 흐르는 South Fork Clearwater River의 지천이며 회유성 어류의 중요한 산지이다. 하천변은 저습지이며 이 저습지를 흐르는 하천의 길이는 7.1 km이다. 이 복원사업의 비용을 지원하는 (Bonneville Power Administration, BPA)는 아이다호 토양·수자원 보호지구 (Idaho Soil and Water Conservation District, ISWCD) 및 아이다호주의 여러 관련기관과 함께 복원사업을 1994년 시작하였다.
- 복원사업은 멸종위기 동식물보호법(Endangered Species Act)에 의해 왕연어의 이동통로 확보 차원에서 시작하였다. ISWCD는 1995~1996년 장기 하천복원 계획을 수립하였다.



[그림 6] 하도절개 및 수심하폭비의 증가 & 제방붕괴로 인한 유사량의 증가

- 레드강은 직강화하면서 발생된 폐천을 다시 하천으로 복원하는 것이 주된 내용이다.
- 과거 직강화에 의해 발생된 폐천의 하상이 복원당시 하상보다 높기 때문에 굴착을 하였다. 복원된 폐천으로 물길을 돌리기 위하여 임시 물막이 댐을 만들고 기존 하천에 제방을 축조하였다. 제방의 강도를 높이기 위하여 통나무와 사석을 제

체내에 묻어 보강하였다. 제체는 야자섬유를 3단 피복하여 축조되었다. 야자섬유 망 표면에 초본류 및 묘목을 식재하였다. 물길을 복원된 폐천으로 돌림으로써 새로이 형성된 폐천에는 초본종자를 파종하여 육상역 서식처를 조성하였다.

- 또한, 제방붕괴가 발생하는 만곡부앞 비탈기슭에는 biolog 호안을 설치하고 야자섬유를N포설하였으며 안쪽에 사초류를 파종하여 수변식생을 유도하였다. 유속이 빠른 곳에는 추가로 나무뿌리 밀등을 설치하였고 하상정사를 완화시키기 위하여 사석을 이용하여 낙차공을 설치하였다.
- 제방침식을 방지하기 위하여 제방에 버드나무를 삼목하였는데, 특히 만곡부 바깥쪽은 전단력이 강하게 작용하기 때문에 직선구간이나 만곡부 안쪽보다 조밀하게 식재하였다. 생태 서식처 증진을 위하여 식물 특성에 맞도록 식재 위치를 선정하였다. 육상역 서식처 환경개선을 위하여 소형 굴착기를 이용하여 버드나무를 식재하였다.
- 복원사업 후 모니터링한 결과 하천은 1936년의 상황과 유사하게 복원되었다. 하천의 길이는 2.6km에서 4.1km로 증가하였고, 경사는 0.0025에서 0.0015로 감소하였으며, 사행도는 1.7에서 2.7로 증가하였다. 홍수터의 범람 깊이도 상당히 증가하였는데 이에 따라 담수시간도 증대되었다. 웅덩이의 개수도 14개에서 22개로 증가하였으며, 평균 웅덩이의 수심도 0.3m에서 0.5m로 증가하였다.



물길 전환공사를 위한 물막이



댐물길 전환공사 완료



야자섬유 3단 피복



야자섬유 피복 완료



biolog 호안 및 야자섬유 포설



야자섬유 위에 식생이 활착된 모습



조성된 나무뿌리 밀둥과 야자섬유망 피복



하상경사 조절을 위한 사석낙차공

[그림 7] 미국 레드강 복원사례

5. 미국의 콜강

- 콜강 복원사업은 예전에 준설된 전원하천과 홍수터 2km 구간을 자연적인 하도 평면형 및 단면형, 홍수조절 및 생물다양성 관점에서 복원하고, 현재의 복원 및 최적관리 기법들을 시범적으로 보여주는 것이다.
- 복원사업의 내용으로는 ①제분소를 위한 흐름전환, ②이전의 과거 유로를 따르는 하도복원, ③상당한 하상경사의 조절, ④하도폭 축소, ⑤구하도의 흔적을 이용하여 조성된 하도습지 등의 내용을 포함하는 직강화된 하천선형의 사행 조성, ⑥홍수량 및 홍수터 저류량 증대, ⑦현존하는 초지의 겨울범람을 증가킨 지하수위 상승, ⑧유사와 영양분 재순환을 위한 홍수터 범람과 스스로 유지할 수 있는 하도 규모 등과 같은 자연적으로 유지가능한 과정들의 재생, ⑨농경지 배수로 출구에 수질정화 특성이 있는 갈대밭 서식처 조성 등이다.



[그림 8] 콜강의 사행복원 구간 [좌(상류구간), 우(하류구간)]



[그림 9] 콜강의 갈대밭 복원[좌(시공중), 우(2년경과)]

6. 일본 수키타천

- 수가타천(姿川)의 치수안전도 확보를 위하여 1951년부터 개수공사를 진행하고 있었으나, 일본에서 유행처럼 행해지고 있던 다자연형 하천 만들기에 관심을 가지고 1992년도에 「다자연형 하천 만들기 연구회」를 발족하고 1994년도에는 가이드라인을 작성하는 등 적극적으로 다자연형 하천공법에 몰입하여, 개수공사에 다자연형 하천공법이 도입된 것은 1995년이였다. 다자연형 하천 만들기를 행함에 따라 지금까지 행해졌던 통상적인 공법보다도 공사비가 3할 이상 절약되었고, 공사실시(콘크리트 등의 재료 제조시의 배출량도 포함)때의 CO₂ 배출량은 1/7로 감소되었다.
- 기존의 설계나 공법이 완전히 다른 다자연형 하천 만들기 작업은 많은 시행착오를 거치면서 전원적 풍경을 자연과 조화를 이루는 하천으로 탈바꿈하면서 어린이들을 위한 박물관 시설과 자연학습의 장을 갖춘 하천으로 다시 태어났다.
- 다자연형 하천 만들기가 실시된 사기노다니(鷺の谷)공구는 토치기현 어린이 종합 과학관에 인접하여 있다. 이 구간에서는 사행부에 솟컷트가 행해져 구하천은 하천공원으로 이용하도록 하였다. 종래의 하천폭은 약 15m 였지만, 이번 공사를 통하여 53m로 확장되었고 하상은 약 2m 낮아졌다.

- 또한 종래 공법에서는 저수로의 깊이가 2m, 폭이 35.8m, 고수부폭이 5m의 복단면 하도였지만, 다자연형 하천 만들기에서는 저수로 폭 29m, 법구배가 3할(좌안)과 5할(우안)인 단단면 하도로 만들었다. 기존에는 블록을 이용하여 호안을 조성하였었지만 이번에는 계획고수위 이하의 공법은 저수로에만 돌망태공법(철근망태에 직경 30cm 정도의 돌을 접착제로 고정한 것을 매입한 것)을 시행하였으며, 제방은 잔디를 깔아 처리하였다.
- 저수로 수제부는 식생을 회복하기 위해서 식생물이 설치되어 있다. 돌망태는 저수로부의 침식방지와 돌에 의하여 물의 흐름을 약화시켜 돌사이에 토사의 퇴적을 촉진시키는 효과를 겨냥한 것이다.
- 저수로 법선은 사주가 형성되었을 때, 그의 이동이 억제되도록 저수로를 흐르는 중심선의 꺾이는 각도는 30도로 하였고, 사행파장을 약 120m에 설정하고 있다(지금까지의 연구에서는 꺾이는 각도가 20도 이상이 될 때 사주의 이동이 정지하는 것으로 알려져 있다). 또한 수리적으로 볼 때 수가타천에서는 사주가 충분히 발달되지 않을 것으로 예측된다.
- 저수로는 물을 사행시키는 것 이외에도 2개소를 움푹 파여지게 하여(웅덩이의 조성) 정체되는 구간을 형성하고 있다. 수제부의 식생은 개수전에 있던 갈대류를 중심으로 재생을 계획하고 있다.

	
<p>수가타천의 시험구간</p>	<p>수가타천의 상류 종래 적용 기법</p>
	
<p>수가타천의 상류 종래 적용 기법</p>	

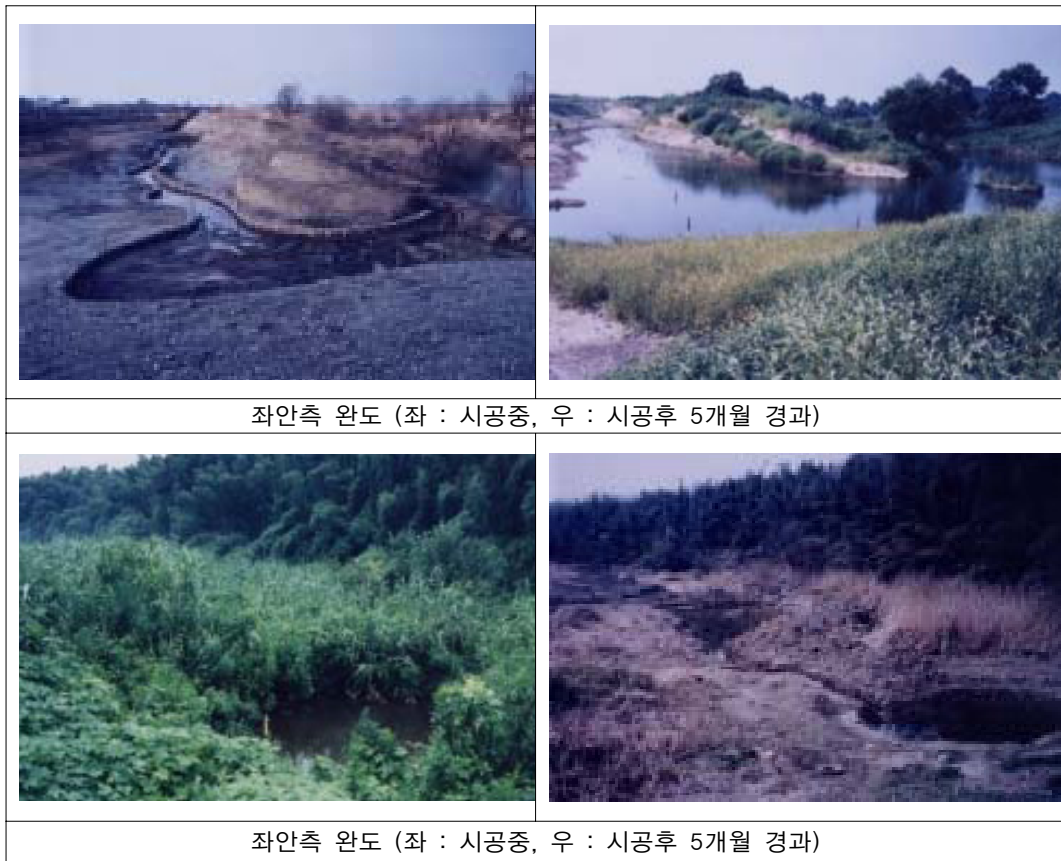
[그림 10] 수가타천의 상류 종래 적용 기법

7. 일본 아라천의 비오톱 조성

- 아라천 비오톱(Biotop; 생물서식처)는 하구에서 약 57km 상류지점에 위치하고 있으며, 넓은 고수부지와 구하도를 이용하여 아라천의 좌안측에 12ha, 우안측에 18ha 규모로 조성되었다. 제방을 끼고 있는 기타모토 자연관찰공원과 접한 좌안에는 고수부지상에 만든 완도못 및 늪습자약간 높은 둔덕·웅덩이·자갈밭·건조 초지 등이 있다. 우안은 대부분 건조 초지이고 구하도를 이용하여 개구리들을 위한 계단형상의 못, 완도, 족제비 등을 위한 U자형 도랑과 큰 조약돌로 조성한 둔덕부 등이 있다. 사람들은 울타리 안으로 들어갈 수 없도록 하였고, 중간에는 자전

거가 들어갈 수 없도록 도랑(깊이 1.5m, 폭 3m)을 만들었다.

- 건설성 관동지방건설국 아라천상류 공사사무소에서는 하천을 복원함에 있어서 ①인접한 기타모토 자연관찰공원과 연계하여 일체화된 비오톱의 창출, ②자갈밭, 초자못 및 늪완도 등 여러가지 공간을 정비하여 다양한 생물의 서식공간 창출, ③아라천의 구하도를 활용한 수변생태공간 정비 등에 역점을 두었다. 이를 위하여 수로는 직강화를 피하였고 폭과 높이에 변화를 주어 수심의 변화에 따라 다양한 생물들이 서식할 수 있는 환경을 만들었다. 완도는 물총새가 휴식할 수 있도록 햇대를 세우고 물고기가 산란할 수 있는 식물들이 자라나기 쉽도록 수제부를 완만하게 하였다. 구하도에는 원래부터 있던 양호한 자연환경이 그대로 남도록 하였다. 소동물들이 천적으로부터 피신할 수 있는 장소로서 요철지도 만들었다. 아울러 사람과 자전거 등이 들어올 수 없도록 돌로 담장을 설치하였고, 돌을 쌓은 곳의 공극에는 뱀과 도마뱀 등이 서식하도록 하였다.
- 아라천 비오톱의 특징은 ①규모가 매우 크다(제방에 연접해 있는 사이타마현립 기타모토 자연관찰공원을 포함하여 50ha가 넘는다). ②다른 비오톱과의 연계를 도모하고 있다. ③사이타마현 전체 비오톱 네트워크계획 중 가장 중요한 위치에 있다. ④송골매와 여우 등 육식 상위포식자를 대상으로 하고 있다. ⑤자연보호에 관계하는 시민단체와 연계하면서 계획을 진행시키고 있다.
- 이전에는 기타모토시 이시토유쿠 지구(현재의 기타모토 자연관찰공원부근)의 잡목림에 매의 일종인 송골매가 서식하고 있었으나, 최근에는 개발에 따른 잡목림의 감소가 원인이 되어 그 모습을 볼 수가 없다. 아라천 주변의 평야지대에서 생태계 피라미드의 정점에 있는 송골매가 존재한다면 생태학적으로 볼 때 매우 양호한 환경이라 할 수 있다. 송골매의 서식을 위해서는 최소 50ha 이상의 자연지가 필요하다고 하며, 아라천에 연한 기타모토 자연관찰공원과 아라천 하천부지(아라천 비오톱)를 연계한 50ha이상의 대형 비오톱을 조성하였다.
- 아라천 비오톱공원은 본천과 구하도 사이에 펼쳐진 농경지로 활용되었던 고수부지를 못과 늪, 자갈밭, 초지, 완도 등 다양한 공간으로 변화시켜 생태계가 풍부한 수변공간으로 재생시켰다.



[그림 11] 일본 아라천 복원 사례

8. 독일 구텐바흐강 사행에 의한 하천복원

- 구텐바흐강은 기존의 토목적 하천 정비방식에 의거 하안과 하상이 콘크리트로 보호되어있고, 하도는 직강화 되어있었다. 그런데 산림으로 이루어진 구텐바흐강의 유역 내에 신주거지가 계획되면서 주거지를 관통하는 구텐바흐강 주변 산림 환경과 주거환경이 서로 조화를 이루게 하면서, 한편으로는 하천의 생태적 기능을 회복시키기 위해 추진된 사업이다.
- 도면에서 보는 것처럼 기존의 하도는 직강화 되어있었는데, 3개 단지의 신축 주거지를 중심으로 하천이 사행하여 돌아 흐르도록 계획하였다. 하천의 홍수계획은 50년 빈도 15m³/s로 하천의 횡단은 기존의 획일적인 표준단면을 지양하고

횡단폭은 7-23 m로 하여 좁은 곳은 단단면으로, 폭이 넓은 곳은 복단면으로 횡단면을 구성하였다. 또한 평수위의 저수로는 불규칙한 사행을 계획하였다. 저수로 바닥폭은 1.2-1.5 m으로 하였다.

- 호안공법으로는 자연석과 정수식물을 이용한 공법과 버드나무썰단을 이용하였다. 호안과 인접한 주거지는 3 m높이의 콘크리트옹벽을 세우고, 옹벽 아래에는 좁은 고수부지를 만들어 식생서식이 가능하게 만들었다. 그리고 하천을 통과하여야 하는 모든 도로와 보도는 다리를 놓아 짧은 구간이나마 복개를 피하도록 하였다.
- 공사구간의 고수부지에는 작은 연못을 조성하여 어린이들에게 놀이공간을 제공할 수 있도록 하였다. 연못의 물은 작은 수로를 통하여 하천의 물이 흘러들도록 하고 넘치는 물은 다시 하천으로 흘러가도록 하였다.
- 종단계획은 옛 지적도를 근거로 7.7-16.6% 경사가 이루어지게 하였는데 기존의 하도보다 조성된 하도의 길이가 늘어나게 되어 전체적으로 경사는 좀더 완만하게 되었다. 식재용 수목으로 홍수터에는 주로 관목성 버드나무와 오리나무를 이용하여 침식을 방지하였고, 식재방식은 한쪽의 하안에 식재를 한 경우 다른 한쪽의 호안은 식재를 하지 않아 그늘과 햇빛이 조성구간 내에 골고루 분포되도록 하였다. 또한 평수위선의 호안에는 불규칙한 식재방식으로 정수식물류와 다년생 속근류를 식재하고 그 외의 면적에는 지역에 적절한 초본류를 파종하였다.
- 시공은 1986년 가을에 실시하여 식재는 1988년에 완료하였다. 시공이 불완전한 곳은 풍수 후 재시공을 실시하였다.

■ 집 필 자 ■

연구책임 : 오혜정 책임연구원 충남발전연구원 환경생태연구부

공동연구 : 조용현 교수 공주대학교 조경학과
김도훈 석사과정 서울대학교 환경대학원

연구자문 : 신항식 교수 KAIST 건설 및 환경공학과
서동조 교수 서울디지털대학교 컴퓨터공학부

기본연구 2009-19 · 충청남도 하천유형별 실태분석 및 복원방안

글쓴이 · 오혜정, 조용현, 김도훈 / 발행자 · 김용웅 / 발행처 · 충남발전연구원

인쇄 · 2009년 12월 31일 / 발행 · 2009년 12월 31일

주소 · 충청남도 공주시 금홍동 101 (314-140)

전화 · 041-840-1204(직통) 041-840-1114(대표) / 팩스 · 041-840-1129

ISBN · 978-89-6124-107-6 03350

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

©2009. 충남발전연구원

- 이 책에 실린 내용은 출처를 명기하면 자유로이 인용할 수 있습니다.
무단전재하거나 복사, 유통시키면 법에 저촉됩니다.
- 이 연구는 본 연구원의 공식 견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.