

수로 폭 확대를 통한 방재기능 강화 및 하천생태계 복원 : 유럽의 하천복원 최신 동향을 중심으로

Flood Protection and River Ecosystem Restoration through River Widening
: Focusing on European River Restoration Cases

권태정 국토연구원 녹색국토·도시연구본부 책임연구원(제1저자)
Kwon Taejung Associate Researcher, Green Territory &
Urban Research Division, Korea Research
Institute for Human Settlements(Primary Author)
(edankwon@krihs.re.kr)

심우배 국토연구원 녹색국토·도시연구본부 책임연구원
Sim Oubae Associate Researcher, Green Territory &
Urban Research Division, Korea Research
Institute for Human Settlements
(obsim@krihs.re.kr)

목 차

I. 서론

II. 유럽연합의 하천복원

1. 주요 배경
2. 유럽 하천복원의 기본 방향

III. 유럽의 강 살리기 사례

1. 오스트리아 리징강
2. 독일 이자르강
3. 스위스 투르강
4. 네덜란드 라인강

IV. 유럽 하천복원 사례의 특징과 수로 폭 확대의 역할

1. 유럽 하천복원 사례의 특징
2. 하천복원에서 수로 폭 확대의 역할

V. 결론 및 시사점

※ 본 논문은 2009년 국토연구원에서 수행한 수시과제의 내용 일부를 보완·재정리한 것임.

I. 서론

2009년 말 현재 유럽의 주요 선진국들은 홍수관련 재해예방과 하천변 환경보존 및 생태계의 복원 등을 주요 목표로 다수의 하천복원¹⁾ 프로젝트를 전개하고 있다. 또한 우리나라도 해마다 심화될 것으로 예상되는 홍수피해에 대비함과 동시에 수질개선과 병행한 하천생태계의 회복, 하천변 친수공간 확보 등을 목표로 다양한 규모의 하천복원 프로젝트가 계획 및 진행 중이다. 하지만 과거 산업화시대 하천정비 방식으로부터의 시행착오를 바탕으로 전문가의 의견수렴을 통하여 추진 중인 유럽국가의 하천복원과 달리 단기간에 동시다발적으로 추진되고 있는 국내의 경우 과거 1970, 1980년대의 하천정비 사업과의 차별성에 있어 의문점이 제기되는 등 다양한 문제점이 지적되고 있다²⁾.

홍수관련 방재기능 강화를 주된 목적으로 유럽을 비롯한 전 세계에서 19세기 후반부터 20세기 중반까지 진행되었던 하천정비 사업에 대한 문제점이 최근 극한 홍수 등 기후변화로 인한 이상 기상현상의 발생 증가와 환경보존에 대한 인식의 전환 등을 계기로 새롭게 제기되고 있다. 네덜란드, 독일, 스위스, 오스트리아 등 유럽 중부 국가의 하천 방재 관련 정부부처는 20세기 초반 주요 하천에 건설된 인공호안 및 인공제방 등 방재시설의 설계용량이 최근 기후변화

로 인하여 급속하게 증가한 홍수 유량과 유속을 감당하기에 역부족인 것으로 인식하고 있으며, 최근 급속하게 증가한 홍수 유량과 유속은 다시 기존 시설의 노후화를 가속화시키는 것으로 판단하고 있다. 또한 인공 방재시설 중심의 하천정비는 제방을 경계로 기존 하천생태계를 단절시켰으며, 제방 제외지 내의 하천생태계는 인공강안 중심의 획일적인 생태환경으로 조성되어 서식종과 개체수의 격감으로 이어진 것으로 밝혀졌다³⁾.

이상과 같은 산업화시대의 하천 정비방식에 따른 문제점 인식을 바탕으로 1980년대 후반 이후 유럽의 국가들은 하천 관리 및 복원에 있어 새로운 방식을 적용하기 시작하였으며, 새로운 방식 중 가장 특징적인 사항은 제방 이전 또는 제외지 내 강안의 이전을 통한 하천 또는 수로 폭의 확대로서, 이는 기존 인공강안 및 직강화된 하천의 자연형 복원과 병행되며 각 하천의 특성에 맞는 다양한 형태로 유럽 하천복원에 적용되고 있다.

해외에서 추진되고 있는 하천복원 사례의 주요 요소를 하천의 특성과 지역여건이 다른 국내 하천복원 프로젝트에 직접 접목시키기에는 많은 무리가 따르는 것이 사실이다. 하지만 산업화시대 하천정비방식의 문제점에서 출발한 유럽의 하천복원 관련 최근 동향과 우수사례의 주요 내용 및 성공요인 등에 대한 구체적이고 체계적인 조사·분석

1) 우효섭·박재로(2000)에 의하면 하천복원이란 그 동안 하천의 이용측면 및 홍수관련 방재기능의 강화를 목적으로 한 하천 재정비 사업으로 인하여 훼손된 하천의 생태 서식지를 되살리기 위한 일련의 행위로 정의되었으나 본 연구에서는 최근 기후변화에 대비한 하천 방재기능 강화 필요성을 반영하여 하천생태계의 회복은 물론 홍수대비 물관리의 개념을 포함하는 일련의 사업으로 하천복원을 간주하였음.

2) 김한태. 2009. “철저한 준비로 하천의 미래를 설계한다: 일본의 하천정비계획 소개”. 물과 미래. 제42권 제1호. 서울 : 수자원학회. p16-22; 서동일. 2009. “우리나라 자연형 하천복원 사업의 문제점”. 첨단환경기술 제17권 제1호. 서울 : 환경관리연구소. pp60-62.

3) Nilsson, C. and M. Svedmark. 2002. “Basic Principles and Ecological Consequences of Changing Water Regimes: Riparian Plant Communities”. *Environmental Management* vol.30. New York : Springer. pp468-480; Pedroli, B., G. de Blust, K. Van Looy, and S. Van Rooij. 2002. “Setting Targets in Strategies for River Restoration”. *Landscape Ecology* vol.17, Suppl.1, Netherlands : Springer. pp5-18; Petts, G. and P. Calow. 1996. *River Restoration*. Blackwell Science Ltd. : Oxford.

정보는 상대적으로 기존 산업화시대 하천정비 방식과의 차별성 측면에서 문제점이 제기되고 있는 국내 하천복원사업의 시행착오를 줄여 향후 사업의 효율적 추진에 많은 도움이 될 것으로 판단된다. 따라서 본 연구는 네덜란드, 독일, 스위스, 오스트리아 등 유럽 국가들의 하천복원 사례에 대한 선행 연구와 관계 공무원 면담, 현장조사를 통하여 하천복원 사업의 추진배경, 주요 내용, 성공요인 등을 심층적으로 조사·분석하여 향후 우리나라 하천복원 사업의 효율적 추진에 기여할 수 있는 시사점과 정책제언을 강구하고자 한다.

이를 위하여 장에서는 주요 유럽국가 하천복원 사업의 지침 역할을 수행하는 하천복원 관련된 유럽연합의 기본정책 방향을 살펴보았다. 제3장의 유럽국가 사례에 대한 분석결과를 바탕으로 제4장에서는 유럽 하천복원 사례의 주요 특징과 그중 주요 내용인 수로 폭 확대를 통한 하천복원 기법의 긍정적 효과를 살펴보았다. 마지막으로 장에서는 유럽 사례를 바탕으로 우리나라 하천복원을 위한 정책적 시사점을 제시하였으며 기후변화에 대한 적극적 대응과 국토 관리의 선진화에 실질적 도움이 되는 한국형 하천복원 모델 정립의 필요성을 강조하고 이를 위한 향후 연구과제 등을 제시하였다.

II. 유럽연합의 하천복원

1. 주요 배경

18세기 후반 유럽의 주요 하천은 급속한 산업화를

이끈 원동력이 되었다. 하천을 따라 성장한 산업지대와 주요 성장거점 도시들은 도시화를 통한 확장을 반복하며 하천변 인구 집중으로 이어졌다. 하지만 하천변 도시화는 유럽 주요 하천 수질의 악화는 물론 홍수 문제의 심각성을 증폭하게 되었다. 따라서 20세기를 전후하여 유럽 각국은 홍수 시 배수를 원활히 한다는 명목하에 대부분의 주요 하천을 인공수로화 하였으며, 이로 인하여 천편일률적이고 삭막한 하천경관이 조성됨과 동시에 하천의 생태계는 물론 하천과 연계된 주변 생태계 또한 파괴·교란하는 결과로 이어졌다⁴⁾.

20세기를 전후하여 농경지 및 도시지역 확보를 위하여 건설된 방재시설과 이로 인한 하천 유역과 하천 간의 물리적 단절은 최근 20세기 후반에 들어서면서 다시금 문제점으로 지적되고 있다. 무엇보다도 도시용지와 농경지 확보를 위하여 건설된 제방은 홍수 시 하천이 물을 머금을 수 있는 절대량을 제방의 제외지로 한정시켰으며, 최근 기후변화에 따라 급증한 침투홍수량을 제한된 하천 저수용량과 노후한 방재시설이 감당하기엔 해마다 힘들어지고 있다. 또한 댐과 인공제방으로 단절된 하천생태계는 하천 주변으로부터의 산업폐수와 생활폐수, 농축산폐수로 인하여 다시금 파괴되어 유럽 하천에 서식하는 생물종의 다양성 악화와 개체수 급감으로 이어졌다⁵⁾.

이와 같은 문제의 심각성을 기반으로 유럽연합이 본격적으로 결성된 해인 1995년에 ‘하천복원 유럽센터(the European Center for River Restoration: ECRR)’가 발족되었으며, 이후

4) Pedrolì, B., G. de Blust, K. Van Looy, and S. Van Rooij. 2002. “Setting Targets in Strategies for River Restoration”. *Landscape Ecology* vol.17, Suppl.1, pp5-18; Petts, G. and P. Calow. 1996. *River Restoration*. Blackwell Science Ltd, Oxford.

5) Nilsson, C., and M. Svedmark. 2002. “Basic Principles and Ecological Consequences of Changing Water Regimes: Riparian Plant Communities”. *Environmental Management* vol.30, pp468-480; Pedrolì, B. et al. 2002. Idem; Petts, G. and P. Calow. 1996. Idem.

ECRR은 유럽 전역의 하천에 대한 지속가능한 복원 및 관리체계를 정립·유도하기 위한 기본 방향 및 주요 지침을 제시하였다.

2. 유럽 하천복원의 기본 방향

ECRR는 하천정비 및 복원에 있어 하천 본연의 기능 회복을 최우선으로 고려하고 이를 위하여 하천의 물리적, 화학적, 생태적 다양성을 증진시킬 것을 권고하고 있다. 하천복원을 ‘하천 본연의 모습으로 되돌리면서 치수와 이수관련 하천의 기능을 원활하게 수행하도록 하는 제반 노력 및 방안’으로 정의⁶⁾하며 유럽 하천의 지속가능한 복합기능 수행을 위한 하천복원 기본방향을 유럽연합의 각 국가들에게 제시하고 있다. ECRR에서 제시하고 있는 기본방향은 크게 ① 하천의 역동성 제고, ② 하천 특성에 순응하는 하천 이용 및 관리, ③ 하천 주변여건 변화에 대한 주의 깊은 고려, ④ 하천의 연결성 강화, ⑤ 주민 설득과 동의를 기반으로 한 하천복원 등으로 구분하여 제시⁷⁾하고 있으며 이를 자세히 살펴보면 다음과 같다.

하천생태계 및 자연 기능 회복은 하천과 하천 유역 간의 다양하고 역동적인 상호작용을 회복함으로써 가능하다는 인식하에 이러한 상호작용을 증진시키는 것을 ‘하천 역동성 제고’ 목표의 기반으로 삼고 있다. 산업화 시대 이전 인간의 인위적 하천관리 이전에는 지표수와 지하수의 상호작용은 물론, 홍수 시 유입수의 배제를 위한 하천과 자연 범람원의 상호작용 등 인간이 예측하기 힘든 다양한 자연적 상호작용을 통하여 하천은 그 기능을 유

지해 왔으며 이는 하천 및 유역 생태계의 기반이 되었다. 하천 역동성 제고는 단기과제로서 강안 지역(Riparian Zone) 생태계를 인위적 하천관리 이전으로 회복하거나 최대한 당시의 상태에 가깝도록 되돌리는 것을 목표로 하고 있으나, 장기적으로는 현재 하천 주변 토지이용 관련 공간구조를 개편하여 하천유역 전반의 생태계 회복을 목표로 하고 있다.

다음으로 ‘하천의 자연 특성에 순응하는 하천 이용 및 관리’는 그 동안 인간의 필요에 따라 하천을 변형시키던 하천 이용·관리 행태를 하천 자체 특성에 대한 이해와 고려를 바탕으로 하는 주변지역 활용으로 전환할 것을 제안하고 있다. 인간의 필요에 의한 하천 변형은 강의 여러 기능 중 한 가지 측면만을 강제하는 특성이 있다. 그 예로 홍수관련 방재 기능이 강조되어 하천을 변형시키는 경우, 하천의 자체 정화 기능은 약화되는 경향이 있다.

이러한 측면에서 하천복원의 두 번째 기본 방향은 방재기능 강화 및 생태계 회복, 친수공간 조성 등 하천복원 사업의 다목적화와 깊은 연관이 있다. ECRR에서는 서로 상반되는 것처럼 보이는 하천복원의 여러 목적을 동시에 달성하기 위해선 하천의 자연 특성을 반영한 회복 및 이에 순응하는 주변지역 활용이 필수적임을 인식하고 있다.

또한 ECRR은 하천복원을 위해서 하천의 변천과정과 관련된 통시적 정보는 물론, 하천관리와 관련된 현재 및 미래 기후정보 등 다양하고 예측이 힘든 관련 정보가 요구됨을 명시하고 어떠한 정보를 기반으로 하천복원의 기본 방향을 설정할지에 대하여 세심한 주의를 기울일 것을 제안하고 있다.

6) “River Restoration Refers to a Large Variety of Measures Aiming at Restoring the Natural State and Functioning of the River and the Riverine Environment”. <http://www.ecrr.org>. [2009.12.21]

7) The European Center for River Restoration(ECRR)(<http://www.ecrr.org>). [2009.12.21]

대부분 하천의 경우 주변 토지이용은 물론 하천 자체의 유로가 수세기에 걸쳐 변하는 등 그 특성이 변해 왔다. 하천의 생태계를 회복함에 있어 그 회복기준을 어느 시대의 어느 상태로 회복시킬 것인가에 대한 고민이 요구되며, 하천 주변 이용 수준에 관한 합의 또한 도출되어야 한다. 기후변화 관련 대비 측면에서도 미래기후 예측의 불확실성을 고려, 탄력적인 하천복원 계획이 수립되어야 함을 강조하고 있다. 하천과 관련된 역사적 정보와 현재 하천 및 주변지역에 대한 정보, 미래기후 변화와 관련된 정보 등 하천과 관련된 모든 제반사항에 대한 주의 깊은 고려 없이는 현실적이며 미래지향적인 하천복원 계획은 물론 주민들로부터의 지지, 사업의 원활한 추진 등을 보장받을 수 없음을 ECRR은 강조하고 있다.

물은 하천유역 환경 내의 여러 유·무기물질과 생물체, 다양한 에너지를 대수층, 하상, 고수부지 및 범람원 등 하천 환경을 구성하고 있는 공간요소 간에 소통시키는 중요한 매개체다. 따라서 하천의 연결성 강화라는 ECRR의 하천복원 기본방향은 댐과 인공강안, 인공제방 등의 건설은 물론 유로변경 및 직강화, 하상준설 등으로 저해된 하천유역 환경 구성요소 간의 연결성을 회복시킴으로써 하천의 생태적 회복을 도모할 것을 권고하고 있다.

ECRR이 제안하고 있는 마지막 하천복원 기본방향은 ‘주민설득과 동의를 기반으로 하는 하천복원’으로 이는 하천복원의 기본방향 설정에 있어 주민들이 생각하고 있는 하천복원 방향을 이해하려는 노력과 과학적 사실을 기반으로 한 생태하천복원 방향을 주민들이 이해할 수 있도록 설득 노력을

병행할 것을 권고하고 있다. 대부분의 하천생태계의 복원과 이를 통한 하천경관 개선은 주민들에게 환영받고 있으나 하천의 기능 개선 및 생태계의 회복, 하천의 자연적 방재기능 강화를 위해선 하천 주변에서의 활발한 토지이용을 제한해야 할 필요가 있으며 이는 때때로 주민들의 거센 반발로 이어지기도 한다.

또한 원시적 형태의 자연 하천경관은 경관만을 강조하여 그 외의 다른 하천의 순기능을 저해하는 공원형 하천 경관에 비하여 주민의 공감을 얻기 힘든 것 또한 사실이다. 따라서 경관은 물론 하천의 기능회복이라는 종합적 하천복원에 대한 주민 설득을 지속함과 동시에 일정 구간에 대해선 주민의 요구와 지역 특성을 고려하여 공원형 하천복원 계획을 수립할 필요도 있으므로 지역여건을 고려한 계획의 수립을 위하여 주민의견을 적극 청취할 것을 ECRR은 강조하고 있다.

이상 ECRR에서 제시한 기본 방향은 ECRR이 결성된 1995년 이후 유럽연합 소속 국가들의 하천복원 및 유역관리에 많은 영향을 미쳤다. 그 예로 1990년대 이전의 유럽 하천복원과 1990년대 이후의 하천복원 특성을 분석한 결과에 따르면 하천복원의 주요 목표가 기존 환경보존에서 이수과 치수의 개념으로 확대되었으며, 복원의 공간적 범위가 기존 복원 사업지 중심에서 하천유역으로까지 확대됨은 물론 하천복원 사업의 참여 주체가 기존의 환경전문가 중심에서 이수 및 치수 관련 전문가는 물론 지역주민으로까지 확대된 것으로 분석되었다⁸⁾.

이렇듯 변화된 유럽의 하천복원 특성은 소규모 도심하천에서 라인강(Rhein River)과 같이 여러 국가를 가로지르는 유럽의 중심 하천까지 다양한

8) Moss, T. and J. Monstadt, 2008, *Restoring Floodplains in Europe : Policy Contexts and Project Experiences*, IWA Publishing : London.

표 1_ 유럽 하천복원 특성의 변화

구분	1990년대 이전 유럽 하천복원 특성	1990년대 이후 유럽 하천복원 특성
목표	환경보존 측면의 단일 목적 하천복원	다목적 하천복원
공간적 범위	단일 사업지 중심	하천유역 포함
시간적 범위	즉각적·임시적 개입	장기 비전 및 전략 중심
참여 주체	환경전문가 중심의 제한적 참여	다양한 관련 전문가 및 지역주민 참여
관련 부처	단일부처 중심	관련부처 간 협력
복원 수단	제한적 도입	다양한 수단의 도입
추진방식	단순	융복합

출처: Moss, T. and J. Monstadt, 2008. *Restoring Floodplains in Europe : Policy Contexts and Project Experiences*, IWA Publishing : London.

규모의 유럽 하천복원 사례에서도 나타나는데, 다음 제3장은 이를 보다 자세히 다루고 있다.

III. 유럽의 강 살리기 사례

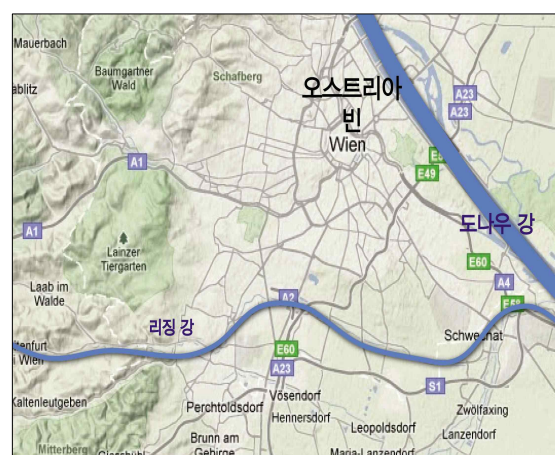
1. 오스트리아 리징강

리징강(Liesing River)은 오스트리아 비엔나 남서부에 위치한 리징지역(Liesing district)을 지나는 총연장 23km의 소규모 도심하천에 해당한다. 니더외스터라이히(Niederösterreich)주의 비너숲(Wienerwald)에서 시작하여 비엔나시를 관통하여 다시 슈베카트(Schwechat) 지역까지 흐르는 리징강의 총집수지역 면적은 약 115km²에 달하며 최근 인공수로의 형태에서 자연형으로 일부(리징강의 중하류)가 복원되었다.

오스트리아의 하천복원 및 홍수피해 방지대책은 1959년 제정된 오스트리아 「물관리법⁹⁾」을 근거로 수립되는데, 이 법은 유럽공동체 하천복원 기본 방향에 영향을 받아 건강한 수자원 확보와 하천생

태계 개선, 오염원 최소화 측면이 강조되어 2003년 개정된 바 있다. 개정된 「물관리법」에 따라 기존 모든 하천에 대하여 홍수피해 저감과 관련된 총체적인 개선사업을 실시하고 있으며 리징강 복원 사업 또한 이와 맥락을 같이하고 있다. 리징강 복원 프로젝트의 주요 목표를 살펴보면 첫째, 계속되는 수질악화 방지, 둘째, 하천생태계 및 하천생태

그림 1_ 리징강 위치도



출처: Google Maps.

9) Wasserrechtsgesetz(WRG 1959)

계와 직접적으로 관련된 습지와 육지 생태계의 보호, 셋째, 지속가능한 수자원의 확보, 넷째, 지하수 오염 저감 및 방지, 마지막으로 홍수와 가뭄피해 관련 방재기능의 강화 등을 들 수 있다.

19세기 산업혁명과 제2차 세계대전 이후 급격한 도시화는 리징강 주변지역에 대한 홍수피해 유발과 수질문제를 야기했고 이에 대한 대응책으로서 1947년부터 1969년까지 이어진 리징강 제방에 대한 인공 방벽 건설사업은 기존의 건강했던 리징강 식생 및 생태계를 교란시켰다. 리징강 인공방벽 건설사업 이후 리징강의 가장 큰 문제점은 주변지역으로부터 계속되는 하수 유입으로 인한 하천수질악화와 인공 방벽 건설 이후 빨라진 유속으로 인한 홍수피해의 심화, 하천생태계의 단절·파괴 등이다. 1990년대 후반 이후 환경문제의 대두 등과 함께 리징강을 포함한 주변지역에 대하여 생태적 건강의 중요성과 홍수 피해 경감의 필요성이 다시금 대두되어 약 5.5km에 달하는 1차 리징강 복원사업은 비엔나시의 ‘물관리 부서(Water Management Dept.)’와 ‘하수관리부서(Wastewater Management Dept.)’의 협력으로 진행되었다.

하천복원에 앞서 수질관리의 효율성을 높이기 위해, 처음에는 하수관리부서의 주도로 하천으로 유입되는 공장폐수 등 오염원을 차단하는 인근 산업단지 하수처리시설 정비가 우선적으로 이루어졌다. 이후 물관리부서의 주도로 자연형 하천복원 사업이 진행되었다. 물관리부서의 주요 사업은 수로 폭 확대를 통한 홍수예방 및 방지대책, 자연형 하천복원사업, 하천관리, 하천보호, 지하수 보호 및 관리 등을 포함하며, 하천과 연계된 자연환경 보호를 위한 연계성 확보에 주력하였다.

리징강의 방재기능을 강화함과 동시에 자연형

하천으로 복원하기 위하여 우선, 기존 제방의 범위 내에서 하천 수로의 폭을 최대한 확장하였으며, 기존 인공방벽을 자연형으로 대체하고 콘크리트 하천 바닥을 걷어내었다. 동시에 물고기 서식지를 위한 소규모 못을 설치하였으며, 수중 생태계 종의 다양성 및 산소공급량을 늘리기 위하여 하천에 자연석 단을 설치하였고 확장된 수로 폭 내에서 기존 하천의 형태를 직선형에서 사행형으로 바꾸었다.

이 같은 수로 폭 확장을 통한 자연형으로의 하천 복원은 홍수피해 저감에도 큰 효과가 있었던 것으로 밝혀졌다. 담당 공무원에 따르면 리징강 하천복원사업 이후 과거보다 심각했던 2007년과 2008년 각각의 홍수를 겪으면서 그 피해는 미미하였는데 이는 무엇보다도 수로 확장 및 자연형 복원으로 인한 홍수 시 유속 저감에서 기인한 것으로 판단되었다.

리징강 프로젝트는 새롭게 복원된 하천공간을 매개로 인근 지역 주민들이 강변 어메니티를 적극 활용할 수 있도록 고려하였다. 우선 주변 시설 및 토지이용(슈퍼마켓, 학교, 병원 등) 간의 효과적인 연결을 유도하기 위하여 새로운 보행교를 설치하였고, 10km에 이르는 자전거 및 하이킹 코스를 자연형 제방 위에 조성함과 동시에 선택적으로 필요 지역에 지역 주민들을 위한 물놀이공간을 하천변에 조성하였다. 또한 기존 식생의 고사와 같은 피해를 줄임과 동시에 경관적 매력요소를 잃지 않도록 기존 식생과 유사한 형태로 식재계획을 수립하는 등 총괄적인 사후 프로그램을 진행하였다.

리징강 복원 프로젝트 이후 리징강에 대한 수질 검사 결과, 사업 전 4등급에서 대부분 지역이 2등급 이상으로 개선되었으며, 물고기 개체수와 종다양성 측면이 개선되었고 멸종위기의 식물종¹⁰⁾이 새롭게 발견되었다¹¹⁾. 또한 비엔나시 담당자에 따

10) 예로는 *Nasturtium officinalis*(금련화), *Artemisia austriaca*(쑥 속의 일종), *Tulipa silvestris*(튤립 속의 일종) 등이 있음.

그림 2_리징강 복원 후 전경



▲강변 주요 시설을 연결해주는 새로운 보행교



▲인근 주민을 위하여 확장된 수로에 조성된 자연형 친수공간

르면, 강 주변 주민은 물론 강을 따라 조성된 자전거 도로를 이용하는 자전거 이용자와 조깅을 하는 이용자, 그리고 물놀이를 즐기는 가족단위의 이용자가 눈에 띄게 늘었다고 한다. 반면 제기된 문제점으로는 복원된 강과 주변지역을 연결해주는 대중교통의 부재, 하천 주변지역 주거 밀도가 낮아 복원에 따른 직접적인 수혜자의 수가 제한되어 있다는 점, 실제 하천구간과 인근 도로 및 주택지 사이의 공간이 협소하여 충분한 친수공간의 확보가 미진했다는 점을 들 수 있다.

ECRR에 따르면 리징강 복원 프로젝트는 1970년대 비엔나시의 ‘콘크리트 하상’을 자연하천형으로 복원한 모범사례로 인정받고 있다. 또한 사업추진에 있어 유럽연합의 재정지원에 의해 진행되었기에, 리징강 복원 프로젝트는 도심하천의 생태계 복원 및 증진에만 국한된 사업이라기보다 하천복원 사업을 위한 재원조달을 어떻게 이루어내어가 하는 문제에 대한 좋은 예를 제시해준 사업이라는 평가를 받고 있다. 또한 사업을 진행함에 있어 수차례에 걸친 공공참여 및 의견수렴 과정의 결과 3년 넘는 공사기간 동안 주요 분쟁이 없었다는 점

등은 국내를 비롯한 향후 유사 프로젝트에 많은 시사점을 제공하고 있다.

2. 독일 이자르강

이자르강(Isar River)은 독일 남부 바이에른 지방의 수도인 뮌헨을 관통하는 강으로, 총 연장이 약 289km에 이른다. 이자르강은 최종적으로 도나우강으로 유입되며 이자르강으로 인해 형성되는 집수구역의 총 면적은 약 2,814km²다. 이자르강에 대한 최초 정비사업은 19세기 말에 시행된 하천변 개선공사였으며, 이후 뮌헨 전기 공급을 위한 발전소 건립을 위해 20세기 초 수력발전 사업이 진행되었는데, 이때 수력발전에 대한 사업과 병행하여 홍수시 피해가 예상되는 주변 지역에 대해 인공호안(자연석+시멘트)을 건설하고 당시에는 파격적이었던 홍수 저류용 고수부지와 주변 제방건설을 위주로 하는 하천정비 사업이 함께 진행되었다.

하지만 이러한 초기 노력에도 불구하고 뮌헨시 수자원관리부 공무원에 따르면 독일 홍수피해의 빈도와 피해액은 최근 들어 또다시 점차 늘어나고

11) Ulrike G. 2009.10.14-15. "Living River Liesing: Demonstrative Ecological Reconstruction of a Heavily Modified Waterbody in an Urban Environment". *The European Commission's Conference*, Brussels.

있는 상태¹²⁾다. 또한 20세기 초반에 건설된 홍수 방재 시설(제방)이 점차 늘어나는 홍수 수량으로 인하여 위협을 받고 있다. 예를 들면 19세기 말에 건설된 기존 제방의 높이가 독일의 제방 여유고 확보기준(제방의 높이가 홍수위보다 최소 약 50cm 더 높아야 한다는 규정)에 미흡하게 된 것이다. 따라서 홍수 대비 차원에서 이자르강 전반에 걸친 개선 및 복원사업의 필요성이 대두되었으며 1995년 이후 홍수피해 저감을 위한 새로운 홍수방재대책과 함께 하천의 생태성 회복을 위한 노력이 진행되고 있다.

먼저, 독일의 하천 수질 및 환경개선을 위한 기반이 마련되었는데, 유럽연합의 하천복원 및 관리 지침에 맞춘 독일 하천관련법(「물관리법」 및 「하천관리법」)의 개정이 그것이다. 개정 이후, 하수정화 시설을 확충(다량의 소규모 하수정화시설의 분산 설치)하였고, 생태하천 건설에 주력하였는데, 이러한 노력의 일환으로 뮌헨시는 1995년 가을 ‘이자르강 계획을 위한 조사단(Arbeitsgruppe Isar-Plan)’을 결성하고 이와 협력하여 이자르강 복원사업을 시작하였다. 이자르강 복원을 위한 조

사단은 뮌헨시 수자원관리부를 중심으로 수자원, 교량 및 원예전문가들과 뮌헨시 보건·환경부 공무원 등으로 구성되었으며, 뮌헨공대 수리공학과에서는 이자르강 하천복원 사업에 대해 1:20의 모형 제작 후 수리모형실험을 실시하여 하천복원을 포함한 이자르강 복원사업 이후 하상움직임 및 홍수 시 전반적인 문제점을 검토하였다.

이자르강 복원사업 이전의 문제점을 살펴보면, 홍수관련 방재기능의 약화 이외에도 20세기 초 강변정비 사업 이후 매력적이지 못한 단순한 하천 경관 조성과 하천 서식종의 다양성 약화, 개체수 급감을 들 수 있다. 특히 하천생태계의 약화는 하천의 생태적 연계를 방해하는 다수의 수중턱과 하천과 강변생태계를 가로막는 홍수저류용 고수부지, 빨라진 유속으로 인한 상류지역의 하상 자갈면 및 물고기 서식·산란처 손실 등의 원인에서 기인한 것으로 판단되었다. 이와 같은 문제점 인식을 바탕으로 이자르강 복원사업은 뮌헨시 남쪽 경계부에서 시 중심부에 해당하는 독일박물관(Deutschem Museum)까지 약 8km의 구역이 그 대상으로 진행되었는데 이는 하천회복 사업의 효과측면에서 주

그림 3_ 이자르강 복원 전·후 전경



▲ 인공호안과 넓은 고수부지 중심의 복원사업이 예정된 복원 전 이자르강



▲ 복원사업이 완료되어 수로 폭이 확대되고 자연형으로 복원된 이자르강 전경

12) 1983년, 1988년, 1993년, 1995년에 라인강에서, 그리고 도나우강에서 1988년, 1999년에, 오테강에서 1997년에, 최근 2000년대 이후로는 엘베강에서 5년 동안 매년 큰 홍수가 났음. 특히 라인강의 홍수는 1970년대를 기점으로 눈에 띄게 증가하고 있음.

변 경관 활용 및 여가지역 활용에 용이하다는 판단에서 기인하였다. 또한 이 구역은 과거 20세기 초 홍수대비 사업이 진행되었던 구역 중에서 시민이 용 빈도가 높은 지역이면서 이자르강 강안에서 홍수대비 인공제방까지 고수부지가 넓어 다양한 하천복원 기법의 적용이 가능하였던 구간에 해당한다. 복원사업의 주요 목표¹³⁾를 살펴보면, 첫째, 홍수피해 예방대책 개선, 둘째, 이자르강의 자연친화적 복원, 셋째, 시민이용객 편의를 위한 이자르강 주변 친수공간 조성·개선 등이다.

이자르강 복원사업은 홍수대비는 물론 자연친

그림 4 _ 하천 수중턱(Schwelle) 평탄화 작업 전·후



▲ 기존 하천 수중턱의 모습



▲ 자연석을 이용한 경사형 낙차공

화적 하천복원을 주요 목표로 설정했음에도 불구하고 사업 초기 환경단체 및 하천공학자, 일부 시민의 반대에 직면하였다. 환경단체들은 대단위 토목사업에 따른 기존 생태계의 교란에 대한 우려를 표명한 반면, 하천공학자들은 기존 방법에 비하여 지나치게 강조된 생태성 추구가 실질적 홍수대비 안전성에 미흡할 수 있다는 점을 우려하였다. 뮌헨 시민들 또한 9년에 걸친 장기 사업에 대한 우려를 표명하였다.

이와 같은 반대의 목소리에 대하여 뮌헨시는 적극 대응하며 설득의 노력을 전개하였다. 대표적인 예로 자생식물의 중요성을 강조하는 환경단체의 의견을 반영하여 기존의 중요 식생을 타지역으로 옮겼다가 사업 후 다시 가져와서 심는 방법을 도입하였으며, 홍수방재대책에 대한 과학적인 안정성 검증을 위해 뮌헨 공대의 수리모형실험 및 전문가 세미나 등을 실시하였다. 또한 사업 초기부터 시민 참여 유도과 설득을 위하여 다수의 공개토론회를 개최하였고 이자르강 사업의 당위성을 소개하는 팸플릿을 제작하고 배포하였다. 이와 같은 방법은 큰 효과를 거두어 이자르강 복원사업은 시간이 흐름에 따라 환경단체 및 학계, 그리고 시민들에게까지 큰 호응을 얻을 수 있었으며, 사업 후 만족도 평가에서도 높은 수준으로 이어지게 된 직접적 원인¹⁴⁾으로 작용하였다.

이자르강은 홍수대비 방재기능 강화 및 생태기능 회복, 친수공간 조성이라는 목표 아래, 다양한 개선 및 복원기법을 사용하여 자연형 하천으로 재탄생되고 있다. 이자르강 개선 및 복원 사업의 가장 큰 특징 중의 하나는 기존의 직선형 하천형태를

13) 이미 이자르강의 수질 상태는 해수욕으로 이용 가능할 정도로 양호하였음. 그래서 이자르강의 복원사업은 생태적 안정성을 높이는 것이었기 때문에 사업비중이 적어 궁극적인 사업목적에 포함되지 않았음.

14) 이자르강 설계를 담당했던 뮌헨시 수공학 및 토목담당자 Peter Schaller(피터 샬러) 씨의 말을 인용하였음.

곡선 형태로 바꾸고 고수부지를 완경사로 절토하여 수로공간을 확보함으로써 유속을 저감하고 홍수위를 낮추었다는 점이며, 이는 홍수피해 경감은 물론 주변 하천관리 시설 및 발전시설을 안정적으로 운영하는 데도 유리하게 작용하였다. 고수부지 절토를 통한 방재기능의 강화, 수생태계를 위한 인공강안 복원과 어류 서식지 조성은 기존의 단조로운 하천변 경관을 개선하는 데 많은 도움이 되어 다양한 형태의 친수공간을 조성하는 측면에서도 많은 도움이 되었다. 이는 하천복원의 여러 다른 목표를 달성하는 데 있어 자연형 하천복원이 유일한 대안이 될 수 있음을 보여주고 있다.

이자르강 복원사업 전반에 걸쳐 적용된 또 다른 복원기법의 주요 특징을 보다 자세히 살펴보면 크게 세 가지를 들 수 있다. 첫 번째 기법인 하천 수중턱(schwelle) 평탄화 사업의 경우 200m당 하나씩 구성되어 있던 하천 수중턱(낙차공)을 철거하고 자연석을 활용한 경사형 낙차공으로 대체하였다. 기존의 하천 수중턱은 이자르강의 유속을 효과적으로 줄이는 데 도움을 주었으나 대표 수생물인 후첸¹⁵⁾이 산란을 위해 상류로 거슬러 올라가는 것을 방해하는 단점이 지적되어 기존의 턱을 허물고 자연석을 완만하게 쌓는 공법을 채택하였다. 두 번째 기법인 제방보강의 경우, 이자르강의 방재기능을 강화한다는 측면에서 기존 제방 높이를 단순히 높이는 것에 초점을 둔 것이 아니라 제방폭을 넓혀 보강하였으며 확대된 제방을 산책로는 물론 자전거 도로로까지 활용할 수 있도록 고려하였다. 또한 인공호안 복원사업은 20세기 초 강안에 토사유실 방지를 위하여 설치된 인공호안을 자연형으로 복원하는 작업으로 이자르강 복원사업 전 단계에 걸쳐 진행되었다. 기존의 식생을 보호하고 인공적 공

법을 배제하기 위해 기존 인공호안을 제거한 토양 위에 자연석을 쌓고, 그 위에 기존 식생을 덮는 방식을 채택하였다.

3. 스위스 투르강

투르강(Thur River) 정비 및 복원 사업은 스위스의 홍수방재 및 생태하천 복원과 관련된 대표적 사업으로 약 30년간 단계적으로 발전되어 왔다. 투르강은 스위스의 북동쪽에 위치하고 있으며 장크트 갈렌(St. Gallen), 투르가우(Thurgau)와 취리히(Zuerich)를 관통하는 125km의 강으로 총 456개의 지천이 연결되거나 관통하고 있으며 총유역의 면적이 약 1,695km²에 달한다. 투르강은 지형적으로 바다와 연결되어 있지 않으며 폭우 시 빗물을 쉽게 배수하지 못하는 단점을 지니고 있어 홍수피해에 크게 노출되어 왔다. 19세기 이전까지는 투르강 유역이 도시화 또는 개발되지 않아 홍수에 대한 문제점이 인식되지 못하다가 산업혁명 이후 투르강 인근지역으로의 도시화가 진행되면서 투르강 유역에서의 홍수피해가 점점 가시화되기 시작하였다.

19세기 중·후반(1849년, 1852년, 1876년) 대규모 홍수피해 이후 1874년부터 20년간(1895년 완성) 스위스 정부는 홍수 시 유입수의 빠른 배제가 투르강 유역에 위치한 도시지역의 안전을 담보할 수 있다는 인식하에 대규모 투르강 정비사업을 실시하였다. 19세기 후반에 시작된 정비사업 기간 동안 인공호안 및 인공제방이 건설됨과 동시에 하천이 직강화되었다. 하지만 20세기 중반에 들어서면서 이때 건설된 인공 방재시설이 노후화되면서 1965년과 1977년, 1978년에 대규모 홍수피해가 발생하였으며, 특히 1978년 투르강 유역의 프라우엔펠더 알멘트

15) 도나우강에서 주로 서식하는 연어의 일종.

(Frauenfelder Allmend) 지역에 일어난 홍수피해로 새로운 투르강 홍수대책 마련이 본격화되었다. 1979년 스위스 환경부는 TRP79로 명명된 프로젝트를 통하여 1983년 이후 약 10년간 투르강 유역은 물론 주변지역에 대하여 홍수피해 저감을 위한 충분한 하천공간 및 저류공간 확보, 수질개선 및 수자원의 자연친화적 운영 등을 목표로 투르강에 대한 정비사업을 실시하였다. 지금의 투르강 복원 프로젝트는 TRP79(1차 정비사업)의 후속사업에 해당하며, 1990년대 말 이후 본격화되었다.

1980년대 제1차 투르강 정비사업(TRP79 프로젝트) 이후 발생한 홍수는 계산된 방재계획에서 크게 벗어나지 않아 큰 홍수 피해를 면할 수 있었고, 생태성과 경관은 과거에 비해 비약적인 발전을 이루었으며, 강어귀의 새로운 식물 및 동물의 출현 등으로 이어졌다. 이와 같은 긍정적 효과가 제2차 복원 및 정비사업을 계속할 수 있었던 원동력으로 작용하였으나 한편으로는 몇 가지 해결해야 할 문제점을 드러냈다. 우선 제1차 투르강 정비사업 이후 투르강 하상의 침식이 증가하여 기존의 제방을 위협하게 되었다. 특히 최근 기후변화로 인하여 홍수 시 강우강도가 높아졌고, 여름철에 빙하가 녹으면서 발생한 홍수피해가 지구온난화의 영향으로 겨울에도 발생하게 되었으며, 전반적으로 유량·유속이 증가하여 100년 빈도¹⁶⁾의 기존 제방의 여유고가 부족하게 되었다.

관계 공무원에 따르면 투르강의 하상침식은 연간 약 1만 2천m²에 달하는 것으로 알려졌으며, 빠른 유속으로 인한 하상침식은 하천의 수위와 주변 지하수 수위를 낮춰 지하수를 식수로 사용하고 있

는 스위스에는 안정적인 용수공급 측면에서 큰 문제가 되었다. 또한 투르강 3곳의 주요 홍수 방어벽에 대한 시급한 개·보수의 필요성이 대두되었으며, 하천의 생태적 회복 측면에서 직선형 하천형태의 문제점이 부각되었다. 마지막으로 인공호안과 넓은 고수부지로 인한 하천 수생태계와 하천변 식생 간의 단절 또한 제1차 투르강 정비사업 이후의 문제점으로 제기되었다. 제1차 정비사업 이후 나타난 문제점을 바탕으로 지난 2001년 투르강 유역 해당 지방정부 및 중앙정부 담당자들은 ‘트루켄셉 2002’라 명명된 프로젝트를 제안하였으며 현재 관련 사업이 진행되고 있다. ‘투르강-인간, 자연 그리고 경관의 미래’라는 슬로건¹⁷⁾ 아래 투르강과 연관된 5개 주에서는 제1차 투르강 정비사업 이후 노출된 문제점들에 대한 대책 마련을 위해 통합적인 관리가 진행될 수 있도록 협력하고 있다.

1990년대 말 이후 제2차 투르강 정비사업의 목표는 크게 홍수방지, 생태성 회복, 하천 이용에 대한 체계적 관리 등 세 가지로 나누어지며 세부내용은 다음과 같다. 우선, 홍수방지 측면에서 지역 주민 및 자산 보호, 역사경관 보호를 위하여 홍수관리의 필요성을 강조하였고 주된 실천 방안으로 강폭 확대를 통한 홍수방지대책을 표명하였다. 투르강의 생태적 복원을 위해서 하천의 역동성 회복, 하천 내 어류서식공간 개선, 수생태계와 강변지역 생태계 간의 연계성 강화, 투르강 강변에 대한 생태 어메니티 공간 조성, 지하수 수량 및 수질 확보가 강조되었다. 투르강의 체계적 이용측면에서는 하천유역 이용에 관한 광범위한 선계획의 수립, 지하수 이용 제한 및 상수도 관리, 공무원과 전문가 사이의 협력체

16) 통계적으로 100년에 한 번 홍수가 일어날 수치로서 스위스에서는 대부분의 경우 홍수방재를 위해 이 지표를 사용함.

17) Ziele für den Wasserbau, 2001, *Die Thur : Ein Fluss mit Zukunft für Mensch, Natur und Landschaft*, Frauenfeld : Kanton Thurgau.

그림 5_ 제2차 투르강 정비사업 이후 전경



▲자연형 하천복원을 통해 조성된 생태서식지와 친수공간



▲투르강 정비에 따른 하천 주변 생태계의 회복

계 구축 등을 세부 목표로 정하고 있다.

정비사업 목표관련 세부 내용을 종합해 보면 투르강 복원 사업의 궁극적인 목적은 우선적으로 기존의 직선형 하천 형태를 자연형 사행하천으로 바꾸면서 넓은 고수부지를 절토하여 하천의 수로공간을 확보하는 데 있다고 할 수 있다. 이러한 목표 아래 제2차 투르강 정비사업은 각 지역별 특성에 따라 9개 구역으로 나뉘어 사업이 진행되고 있으며 이러한 각 구역에 따라 차별화된 복원 및 개선 전략을 수립하였다. 각 구간별 사업은 약 30~40년을 단위로 세분화되어 전체적으로는 2070년에 제2차 투르강 정비사업이 마무리될 전망이다.

9개 지역으로 세분화된 투르강에 적용된 정비사업에 적용된 주요 기법은 앞서 언급된 고수부지 절토를 통한 수로공간 확보, 인공호안의 자연형 복원 및 하상형태 다양화 등 세 가지를 들 수 있다. 우선 고수부지 절토를 통해 주요 수로 폭을 확대하면서 수공간을 확보하였고, 이와 병행하여 직강화된 하천을 사행하천으로 바꾸었다. 이로 인해 빠른 유속이 저감되었고 홍수 시 통수단면이 늘어남에 따라 홍수위가 저하되었다. 고수부지 절토를 통한 수로공간 확보는 새로운 친수공간을 확보함과 동시에 기존의 넓은 고수부지와 인공호안으로 단절된 강 주변 생태계를 연결해주는 긍정적 효과를 유

그림 6_ 투르강 수공간 확보사업 전(위), 후(아래)의 전경 (Schaffhaeuli 지역)



자료: Thur River Restoration Project's Website (<http://www.thur.tg.ch/>)

발하였다. 인공호안을 자연형 호안으로 복원해 수생물서식처를 제공하였고, 수계를 설치하여 호안을 보호하였다. 하상형태 다양화 사업의 경우, 기존의 단순한 하상형태를 굴곡이 있는 자연형으로 회복시키는 사업으로 어종의 개체수 및 다양성 증

가에 많은 도움이 되었다.

강변 가용지 확보와 빠른 배수를 통한 홍수피해 저감을 주요 목적으로 한 19세기 후반 투르강 정비는 생태계 파괴와 단조로운 경관 조성 등의 부작용을 나타내었다. 또한 19세기에 건설된 기존 제방의 노후와 기후변화에 따른 홍수 시 유량의 급격한 증가는 투르강 전반에 걸친 복원 및 정비사업의 필요성을 증대시켰다. 이러한 배경에서 1990년대 후반 시작된 제2차 투르강 정비사업은 홍수 조절능력의 향상과 생태계 복원이라는 두 가지 목표를 동시에 달성하기 위해서 하천의 고수부지를 절토하여 수로 폭을 확대하고 이와 병행하여 사행하천으로 조성함으로써 홍수위를 낮추고 유속을 저감하였다. 결과적으로 하천복원을 통해 지속적인 하상침식이 중단되었으며 자연스럽게 강 내부의 퇴적이 생기기 시작했으며 주변지역의 지하수위가 더 이상 저하되지 않고 유지되고 있다.

투르강의 경우 제방 안의 고수부지가 대부분 사유지여서 강폭 확대를 주요 수단으로 하는 제2차 투르강 정비·복원사업의 가장 큰 걸림돌로 작용하였다. 이를 해결하기 위하여 제방 내 사유지에 대한 직접 현금보상은 물론 제방 밖의 국유지를 활용, 대토보상 개념의 보상이 동시에 이뤄졌다. 또한 투르강 인근 주민의 협조와 동의를 이끌어 내기 위하여 프로젝트 초기에 주민과 환경단체 등 주요 관계자와 투르강의 미래상을 공유하였다. 지역주민과의 협력은 물론 투르강이 관통하는 모든 지방정부 간의 협력 또한 프로젝트 성공의 필수조건임을 인식하고 지방정부 간 협력을 약속하는 매니페스토

(Manifesto)를 제작하여 모든 지방정부가 공유하였으며, 이것을 바탕으로 주요 하천복원 관련 주요 지침을 만들었다. 2009년 8월 현재 각 지방정부 관련 공무원들은 서로의 프로젝트에 대한 경험과 문제점을 공유함은 물론 상호협력을 위하여 정기적 모임을 가지고 있다.

4. 네덜란드 라인강

네덜란드 안헴(Arnhem)시는 라인강(Rhein River) 하류에 위치하며 라인강 본류와 에이셀강(IJssel River)이 분기하는 지역에 해당한다. 이 지역의 홍수 방재 노력은 다른 네덜란드 지역과 마찬가지로 바다와 하천 주변의 네덜란드 영토를 확보해 나가기 위해 취해졌던 일련의 행동들이 본격화되기 시작한 200년 전으로 거슬러 올라간다.

최근 들어 홍수방재 시설의 노후와 갈수록 강도가 심해지는 홍수피해¹⁸⁾에 대비하기 위해 라인강을 비롯한 주요 하천에 대하여 본격적인 재정비 사업이 네덜란드 전역에 걸쳐 실시되고 있다. 최근 네덜란드의 라인강 재정비 사업은 기존 제방의 높이 보강이라는 차원을 넘어 개발 등 도시화로 인해

그림 7_ 네덜란드 안헴시 위치도



출처: Google Maps.

18) 1993년과 1995년의 기록적 홍수피해로 인해 안헴시 일대 20만 명 이상의 지역주민이 대피한 바 있음.

그림 8_ 안험시 일대 라인강 복원·정비사업 개념도



주: 1. 신규제방 제내지(기존 주책 이전 부지 조성), 2. 누출수를 대비한 배수로(seepage ditch), 3. 예전 라인강 제방, 4. 기존(현재) 제방, 5. 신규 제방, 6. 홍수 시 배수로, 7. 유량조절 위어, 8. 극한홍수를 대비한 비상 강변저류지, 9. 배수펌프장

자료: Directorate General for Public Works and Water Management, 2007. *River Expansion Hondsbroeksche Pleij Newsletter*. Den Haag : VW. p6.

하천 수공간 잠식으로 좁아진 하천공간을 ‘Room for the River’라는 기본 정비원칙 아래서 확대하는 것을 주요 목표로 하고 있다.

하천의 수공간 확보 방안은 기존 제방을 제내지 쪽으로 이전하는 방법을 비롯하여 방수로 건설, 하상 준설, 고수부지 준설 및 절토, 고수부지 내 새로운 물길 조성, 제내지에 강변저류지 조성 등 다양한 방법을 포함한다. 이와 같은 ‘Room for the River’ 접근방식을 이용한 안험시 일대 라인강과 에이셜강이 분기하는 지역에 대한 정비사업(Hondsbroeksche Pleij)은 라인강이 관통하고 있는 북서유럽 국가가 공동 기획하고 추진 중인 SDF(Sustainable Development of Floodplains)의 12개 선도사업으로 선정되었으며 2000년대 중반에 착수되어 2010년 중반 완공을 목표로 추진되고 있다.

안험시 라인강 정비사업(Hondsbroeksche Pleij)은 크게 라인강 홍수방재 및 조절 능력의 강

화를 통한 안전성 확보와 라인강의 역사·생태적 복원을 통한 경관의 질 향상이라는 두 가지 주요 목표 아래서 SDF 선도사업으로 추진하고 있다. SDF 프로젝트는 북서유럽 국가 간의 협력을 통하여 현재 알려진 자연친화적이고 지속가능한 다양한 홍수조절 방식을 지역 하천 특성에 맞게 적용함으로써 향후 가중될 것으로 예상되는 홍수피해에 대하여 지속적으로 대처하기 위한 사업이다. 특히 독일과 네덜란드에 위치한 라인강 본류 하류지역에 12개 선도사업 지역을 선정하고 재정적 지원을 제공함과 동시에 선도사업의 원활한 추진을 도모하기 위한 선도사업 주체 간 협력의 장을 마련하였는데 이때 협력의 장을 통하여 소개된 주요 지속가능한 홍수조절 기법을 살펴보면, 기존 제방의 외곽 이전(dike relocation), 홍수 저류지 조성(retention polder), 방수로 건설(side channels), 고수부지 준설을 통한 수로 폭 확장(Lowering of floodplain area) 등이 있다.

그림 9_안험시 일대 주요 사업 전경



▲신규제방 건설 모습



▲완공 직전의 유량조절 위어(Weir) 모습

SDF의 12개 선도 사업지구 중의 하나로 선정된 안험시 일대 라인강 정비사업(Hondsbroeksche Pleij)은 네덜란드 하천 정비의 기본 개념인 ‘Room for the River’와 결합되어 2000년대 중반 이후 크게 두 단계로 나눠 추진되었다.

2006년 말 안험시 일대 라인강 정비사업을 위한 기본계획이 수립 완료되었고 이후 제1단계 사업 기간인 2007년 5월부터 2008년 말까지 신규 제방의 1단계구간 건설, 유량조절 위어(Weir) 건설을 위한 임시 제방, 배수펌프장 등의 건설이 완료되었다. 2009년 초부터 2010년 중반까지 제2단계 사업을 통하여 홍수 시 라인강 본류로의 유입량을 낮추고 에이셜강으로의 자연스런 유입을 돕기 위하여 기존 제방을 낮추는 공사는 물론, 신규 제방의 2단계구간 건설, 기존 제방과 새로운 제방 사이의 주

택 및 사업체를 이전하는 사업 등을 실시하고 있다.

주요 사업내용을 보다 자세히 살펴보면, 우선 제방 이전(Dike Relocation)의 경우 기존 제방을 대체할 2.6km 길이의 신규 제방을 제내지에 건설하는 것으로 기존 제방선보다 150~250m 후퇴하여 건설하고 있다. 현재 제방의 높이는 다소 낮추고 유량조절 위어를 설치하여 라인강 본류의 유량조절을 꺾었다. 라인강과 에이셜강의 분기점 부근에 건설되는 유량조절 위어는 홍수 시 라인강 상류에서 내려오는 유량을 라인강과 에이셜강으로 적절히 분산시키는 역할을 수행한다. 전체 위어의 폭은 160m에 달하며, 5m 폭을 지닌 30개의 개별 출구(opening)로 구성되어 있고, 각 출구는 4m의 높이로 구성되어 있으며 1m × 5m 규격을 지닌 4개의 패널로 구성되어 열어놓는 출구수와 각 출구의 패널의 수를 달리함으로써 에이셜강으로의 방류량을 결정한다.

유출수 배수펌프장 건설사업은 홍수 시 지하수위 증가에 따른 주변지역 침수방지를 목적으로 한다. 이때 배수펌프를 디자인함에 있어 시설 자체의 디자인(공모를 통하여 선정)은 물론 주변지역에 대한 경관적 배려를 통하여 방재관련 시설을 공공예술품으로 승격시킴으로써 주변 지역 활성화를 꾀하고 있다.

네덜란드 정부는 최근 기후변화를 대비한 새로운 방재기준을 만족시키기 위해서 새로운 수공간 확보 없이는 홍수 시 유량과 유속이 증가되어 홍수 피해를 경감하기 어렵다고 인식하고 있다. 네덜란드는 극한홍수에 대비하기 위해 ‘Room for the River’라는 하천정비 기본지침을 수립하여 모든 하천 정비에 적용하고 있다.

현재 추진 중인 안험시 인근 라인강 정비사업 역시 이러한 정부의 기본 방침을 최대한 수용하고 있다. 또한 하천정비와 관련하여 하천 및 주변 생

태계의 건전성 회복을 강조하는 유럽 전체의 흐름에 발맞춰 기존 농경지 일변도였던 하천 주변 이용을 홍수 저류지 및 방수로 기능을 겸비한 생태공원으로 조성함으로써 홍수피해에 대비함과 동시에 하천의 생태적 건전성을 회복하고자 노력하고 있다. 지금까지 홍수관련 방재시설의 기준은

1,500m³/sec였으나 향후 1,600~1,800m³/sec으로 높아질 것으로 전망되는데, 안헴시는 2010년 중반 라인강에 건설되고 유량조절 위어가 완공되면 이 기준을 충분히 만족시킬 수 있을 것이라 기대하고 있다.

표 2_ 유럽 하천복원 사례 비교

구분	오스트리아 리징강	독일 이자르강	스위스 투르강	네덜란드 라인강
주요 배경	<ul style="list-style-type: none"> 20세기 중반 하천 정비 사업으로 인한 하천생태계 파괴 하천변 산업단지 입지로 인한 수질 악화 기후변화에 따른 기존 방재 시설 개선의 필요성 대두 	<ul style="list-style-type: none"> 기후변화에 따른 방재시설 설계기준 강화의 필요성 대두 과거 하천정비 사업으로 인한 단조로운 수변 경관 형성 및 하천생태계 악화 	<ul style="list-style-type: none"> 하천 직강화 및 인공 강안으로 인한 유속 증가로 하상 침식 가속화 기후변화에 따른 전반적 유량 및 유속 증가 하상 침식에 따른 하천생태계 파괴 및 하천 주변 지하수위 저하 	<ul style="list-style-type: none"> 홍수방재시설의 노후와 강도가 심해지는 홍수피해에 대한 대비 필요성 대두 자연친화적 하천관리라는 유럽공동체 하천복원 기본 방향 반영
주요 목표	<ul style="list-style-type: none"> 방재기능 강화 수질악화 방지 하천생태계 회복 등 	<ul style="list-style-type: none"> 홍수피해 예방대책 개선 자연친화적 하천복원 수변 친수공간 조성·개선 	<ul style="list-style-type: none"> 홍수 방지 및 생태성 회복 하천 이용에 대한 광역적, 체계적 관리 수립 	<ul style="list-style-type: none"> 홍수방재·조절 능력 강화 역사·생태적 복원을 통한 경관의 질 향상
사업 기간	<ul style="list-style-type: none"> 약 3년 (2002년 10월~2006년 1월) 	<ul style="list-style-type: none"> 약 10년 (2000년 초반~2010년 가을 완공 예정) 	<ul style="list-style-type: none"> 약 70년 (2001~2070년 완공 예정) 	<ul style="list-style-type: none"> 약 4년 (2007~2010년)
대상지 규모	<ul style="list-style-type: none"> 소하천 약 5.5km 구간 	<ul style="list-style-type: none"> 중하천 약 8km 구간 	<ul style="list-style-type: none"> 중하천 약 180km 구간 	<ul style="list-style-type: none"> 대하천 약 3km 구간
주요 적용 기법	<ul style="list-style-type: none"> 오페수 분리를 위한 하수처리시설 정비 기존 제방 내에서의 수로 폭 확대 하천형태의 곡선화 인공방벽 철거 후 자연형 복원 소규모 못(물고기 서식지) 및 자연석 단 설치 	<ul style="list-style-type: none"> 기존 직선형 하천 형태의 곡선화 및 제방 보강 고수부지를 활용한 수로 폭 확대 수생태계 복원을 위한 인공 강안 복원 및 어류 서식지 조성 수중턱 철거 후 경사형 낙차공 조성 	<ul style="list-style-type: none"> 고수부지를 활용한 수로 폭 확대 직강 하천의 곡선화 인공호안의 자연형 복원 하상 형태의 다양화 기존 제방 보강 투르강변 생태 어메니티 공간 조성 	<ul style="list-style-type: none"> 기존 제방의 외곽 이전 극한 홍수에 대비한 홍수 저류지 역할을 겸하는 생태공원 조성 고수부지 준설을 통한 수로 폭 확장 유량조절 위어 건설 누출수를 대비한 배수로 및 배수펌프장 건설
사업 효과	<ul style="list-style-type: none"> 통수면 확대와 유속 저감을 통한 홍수피해 경감 수질개선(4등급→2등급) 하천 서식 생물종 개체수 및 다양성 개선(비버 출현) 하천 이용 주민 증가 	<ul style="list-style-type: none"> 통수면 확대와 유속 저감을 통한 홍수피해 경감 하천 자연정화 능력 개선을 통한 수질 개선 자연형 친수공간 조성에 따른 시민 만족도 증가 	<ul style="list-style-type: none"> 유속 저감에 따른 홍수피해 경감 및 하상 침식 중지 서식 어종의 개체수 및 다양성 제고 하천생태계와 하천 주변 생태계의 연계성 증진 	<ul style="list-style-type: none"> 극한 홍수에 대비한 하천 방재기능 강화 라인강 하류지역을 위한 총괄적 유량 조절체계 확립 생태적 건전성 회복
특이 사항 및 주요 시사점	<ul style="list-style-type: none"> 하수관리부서와 물관리부서의 협력을 통한 사업 추진 EU의 재정 지원 유도 	<ul style="list-style-type: none"> 사전 수리모형 실험을 통한 방재기능 개선 검증 사업 초기단계부터 관련 부처 및 하천 전문가, 시민의 적극 참여 	<ul style="list-style-type: none"> 제외지 내 사유지 매입을 통한 수로폭 확대 투르강이 관통하는 모든 지방정부 간의 긴밀한 협력 장기간에 걸친 단계별 사업 추진 	<ul style="list-style-type: none"> 기존 제방의 이전을 통한 적극적 하천폭 확장 다양한 수공간 확보기법의 복합 적용

IV. 유럽 하천복원 사례의 특징과 수로 폭 확대의 역할

1. 유럽 하천복원 사례의 특징

본 연구에서 소개된 다양한 규모의 유럽 하천복원 사례는 홍수피해 저감과 하천 본연의 생태계 회복이라는 과거에는 상호 양립할 수 없을 것 같았던 두 개의 목표를 동시에 추구하고 있다. 20세기 초반 하천의 방재기능 강화를 목적으로 추진된 하천 정비 사업의 문제점에 대한 인식을 기반으로 20세기 후반 및 2000년대 초반에 걸쳐 진행되고 있는 유럽의 하천복원 사업은 하천 본연의 특성 및 기능에 대한 이해를 바탕으로 추진 중이다.

이들 사업에 공통적으로 나타나는 특징을 정리해 보면 첫째, 기존의 콘크리트 하상과 방벽을 제거하고 친환경 호안을 설치함과 동시에 다양한 생태공간을 조성·확보하여 하천 및 주변 생태계 서식종의 다양성을 강화하였다. 둘째, 홍수대비 하천의 방재기능을 강화하기 위하여 홍수 유량의 빠른 배제를 원칙으로 하는 기존 하천정비 방식에서 벗어나 고수부지 절토나 기존 제방의 이전 등 다양한 수로 및 하천 폭 확장을 통하여 홍수 시 하천이 물을 머금을 수 있는 수공간을 확보하였다. 수공간 확보에 따른 효과와 더불어 기존에 직강화되어 있던 하천을 자연형인 사행으로 복원시켜 얻은 홍수 시 유속감소 효과는 하천관련 시설의 안정적 운영은 물론 홍수피해 저감에도 많은 긍정적 효과를 가져왔다.

셋째, 강 중심의 하천복원을 진행하고 있다. 강변의 토지이용 등을 고려하여 구역별 차별적인 복

원 및 활용계획을 수립하고 있다. 강과 강변에는 친수시설을 과도하게 설치하지 않고 있으며, 도심 구간의 친수구간도 강의 자연환경과 강변의 토지 이용 등 장소성을 고려하여 차별적으로, 다양한 테마의 디자인을 접목시켜 조성하고 있다.

넷째, 다양한 의견 수렴과 공감대 형성을 통해 효율적으로 사업을 추진하고 있으며, 일부 성과에 만족하지 않고 새로운 목표를 세워 장기적으로 추진하고 있다. 강의 생태환경 복원이 지역경제의 지속성을 이끈다는 인식의 확산을 위하여 노력함과 동시에 확산된 인식을 바탕으로 지역공동체의 자발적 참여를 유도하고 있다. 주민, 환경단체, 전문가 등 다양한 이해관계자의 의견을 수렴하고 이에 적극 대응하며, 수렴된 의견을 반영함으로써 사업 추진의 공감대를 형성하여 갈등을 최소화하면서 사업을 성공적으로 진행하고 있다. 이러한 사업추진은 단편적으로 끝나는 것이 아니라 단계별로 추진하여, 단계별 하천회복 사업이 완료되면 사업성과를 평가하고 문제점을 찾아내며, 이를 개선하기 위한 새로운 목표를 설정하여 후속 복원사업의 발판으로 마련하고 있는 것이다.

2. 하천복원에서 수로 폭 확대의 역할

이상 도출된 유럽 하천복원 사례의 여러 특징 중 가장 눈에 띄는 것은 하천 본연의 특성 및 기능에 대한 이해를 바탕으로 한 자연형으로의 하천복원이라 할 것이다. 특히 하천 및 수로 폭 확대를 통한 수공간 확보 및 사행하천으로의 복원은 하천의 방재기능 강화는 물론 하천생태계 복원에도 지대한 긍정적 영향을 미치고 있는 것으로 분석되어¹⁹⁾ 유

19) Rohde, S., F. Kienast, and M. Bürgi, 2004, "Assessing the Restoration Success of River Widening: A Landscape Approach", *Environmental Management* vol.34, no.4, New York : Springer, pp574-589; Nakano, D. and F. Nakamura, 2007, "The Significance of Meandering Channel Morphology on the Diversity and Abundance of Macroinvertebrates in a Lowland in

럽 하천복원사업의 다목적화를 가능하게 한 대표적인 하천복원 기법으로 인식되고 있다.

수공간 확보와 사행형으로의 하천 형태 변경은 유속을 감소시켜 수중 및 수변 서식종을 위한 안정적인 서식지를 제공함과 동시에 하천의 만곡부를 형성하는 등 직강하천에 비하여 훨씬 다양한 수공간을 창출, 이는 다양한 서식종의 출현으로 이어지는 것으로 분석되었다. 수로 폭 확대, 특히 고수부지 절토를 통한 수로 폭 확대는 또 다른 측면에서 하천 생태계의 회복을 돕고 있다. 그 동안 인공제방 및 인공강안과 더불어 넓은 면적의 하천변 고수부지는 하천생태계 및 하천 주변 생태계와 단절을 초래하였다. 고수부지를 활용한 수로 폭 확대를 통하여 강안과 주변 생태계 사이의 물리적 거리가 감소함으로써 두 생태계 간의 연계성이 제고된 것이다.

이 밖에도 고수부지를 활용한 수로 폭 확대는 친수공간 조성 측면에도 많은 기여를 하는 것으로 유럽 하천복원을 담당한 관계공무원의 면담을 통하여 밝혀졌다. 기존의 넓은 고수부지는 친수공간의 가장 중요한 환경요소인 수변으로의 접근성을 저해하여 지역주민이 적극적으로 하천변 친수공간을 이용하는 데 장애요인으로 작용하였다. 인공강안의 자연형 복원과 사행으로의 유로변경을 통하여 기존의 단조로운 수변 공간이 개선된 효과와 더불어 수로 폭 확대로 인한 수변으로의 심리적·물리적 거리의 단축은 수변의 인위적 치장 및 친수목적의 과도한 시설물이 없이도 지역주민 및 관광객을 수변으로 끌어들이는 역할을 훌륭하게 수행하고 있다.

V. 결론 및 시사점

우리나라에서 자연형 하천복원 사업은 1990년대 후반 양재천 복원사업을 시작으로 추진되었다. 1995년 양재천의 학여울 구간을 시작으로 2000년까지 계속된 양재천 복원사업은 2003년 시작된 청계천 복원사업으로 이어졌으며, 이후 국내 하천에 대한 정비 및 복원사업이 본격화되었다. 환경부에 따르면 2008년과 2009년 두 해 동안 국비와 지방비를 포함한 4,571억 원을 투입, 다양한 규모의 전국 하천에 대하여 생태하천 복원사업이 진행되고 있다.

하지만 우리나라 하천복원 사업의 출발점으로 인식되고 있는 양재천, 그리고 하천복원을 전국에 확대시킨 청계천 복원 사업 모두 수질개선을 포함한 진정한 의미의 하천복원보다는 공원화 사업 또는 하천환경 개선 사업에 머무르고 있다는 평가가 지배적이며²⁰⁾, 최근의 자연형 하천복원 사업이 하천의 방재기능에 미치는 영향 또한 수리모형 실험을 통해서나 경험적으로라도 검증이 미진한 상태다.

이러한 상황에서 “물고기가 뛰놀고 아이들이 먹감을 수 있는 생태적으로 건강하고 안전한 물환경 조성”을 목표로 2006년 이후 환경부의 적극적 재정지원을 통하여 지방자치단체가 진행 중인 자연형 하천복원 사업 또한 국내에 널리 알려진 양재천, 청계천, 안양천 하천복원 사례 등에 적용된 복원 기법²¹⁾을 제한적으로 답습·적용하는 것에 머무르고 있는 실정이다. 이러한 시점에서 본 연구는 유럽의 최근 하천복원 동향과 다양한 규모의 하천복원 사례를 조사·분석·소개함으로써 현재 국내에

Japan”. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* vol.18, no.5, Hoboken : Wiley, pp780-798.

20) 서동일, 2009. “우리나라 자연형 하천복원 사업의 문제점”. *첨단환경기술 제17권 제1호*. 서울 : 환경관리연구소, pp60-62; 권은미 외, 2005. “양재천 유역의 배수구역별 오염원 분포현황과 하천수질에 미치는 영향”. *대한환경공학회 2005 춘계학술대회 초록집*. 서울 : 대한환경공학회, pp1143-1145.

21) 콘크리트 호안 철거 후 생태블록 대체, 웅덩이와 여울 조성, 저류지 내 야생 초지 조성, 자연형 저수로 호안 조성, 접촉산화시설 설치 등(김창현, 2005).

서 추진 중인 하천복원 사업을 위한 시사점과 아이디어를 제공한다는 점에서 큰 의의가 있다. 유럽사례를 통하여 도출된 시사점을 정리해 보면 다음과 같다.

우선 국내 하천복원 사업은 하천의 생태계를 회복함과 동시에 기후변화에 따라 심각해질 것으로 예상되는 극한홍수에 대비한 방재기능 강화를 동시에 고려해야 할 것이다. 국내의 경우 하천의 방재기능 강화를 위한 하천 통수면의 확대를 위하여 하상준설에 크게 의존하고 있는 것이 현실이다. 하지만 하상 준설이 기존 하천생태계에 미치는 부정적인 영향을 고려하여 하천의 여건이 허락하는 경우 수로 폭 확대를 통한 통수면 확보를 고려해 볼 수 있을 것이다. 기존 국내 하천복원 사업의 경우 강변저류지 조성, 저수로 준설 등 수공간 확보계획이 포함되어 있으나, 이에 더하여 하천 주변에 보존의 가치가 덜한 넓은 인공 고수부지가 존재하는 경우 유럽사례와 같이 고수부지를 활용한 수공간 확보로 홍수방지와 생태계 복원에 기여하는 방안을 모색해 볼 수 있을 것이다. 기존 고수부지를 활용한 수로 폭 확대는 홍수 시 통수면 확대는 물론 유속 감소에 도움이 되어 통수피해 저감에 크게 기여할 것으로 예상되며 기존에 넓은 고수부지로 인하여 단절되었던 하천과 하천유역 간의 생태적 연계성을 개선하는 데 많은 도움이 될 것으로 기대된다. 또한 인공호안의 자연형 복원과 병행한 수로 폭 확대를 통하여 제방에 보다 가깝게 창출되는 다양한 수변공간은 접근성이 좋은 친수공간으로서의 매력도 또한 제고될 수 있을 것이다.

둘째, 국내의 경우 본격적인 하천복원의 초기 단계인 만큼 현재 사업의 단기효과에 연연하지 말고

초기 사업의 객관적인 성과를 바탕으로 장기적인 새로운 목표를 세워 하천복원을 지속적으로 추진해야 할 것이다. 이를 위해선 현재 사업이 완료된 국내 초기 하천복원 사업이 계획 단계에 설정하였던 목적에 부합하고 있는지 여부에 대한 모니터링 및 평가 시스템이 확립되어야 할 것이다. 스위스의 경우 학계 및 관련부처가 함께 하천복원 사업에 대한 평가 시스템을 구축하고 투르강 복원사업을 평가하였으며 평가를 통하여 도출된 결과²²⁾는 70년 장기사업의 지속적 추진을 위한 밑거름이 되고 있다.

마지막으로 우리나라의 하천복원 또한 장소성을 고려하여 구역별로 차별화된 복원 목표 및 관리 방안을 마련해야 할 것이다. 국내 하천을 하천의 특성과 생태환경, 하천유역 토지이용 및 인구 등을 고려하여 더욱 세분화함으로써 하천의 특성을 기반으로 보전과 복원, 친수가 조화된 다기능 생태하천복원이 가능할 것이다.

우리나라의 강우 특성과 하천의 생태적 특성을 살린 한국형 하천복원 모델 정립이 어느 때보다 요구되는 시점이다. 본 연구는 수로 폭 확대기법을 적용한 성공적인 유럽 하천복원 사례를 소개함으로써 우리나라 하천복원의 시행 주체가 벤치마킹할 수 있는 복원사례 축적에 기여하였길 바란다. 성공사례의 지속적인 축적은 향후 한국형 하천복원 모델 정립에 도움이 될 수 있을 것이다. 하지만 본 연구의 실질적 기여는 향후 후속 연구가 본 연구에서 소개된 수로 폭 확대를 통한 하천복원 기법을 수리모형 등을 통하여 국내 하천 및 강우 특성에 부합하는지 여부를 과학적으로 검증함으로써 가능할 것으로 판단된다.

22) 투르강 하천복원 사업의 중간 평가결과 ‘자연하천에 가까운 수생 생태계의 개체수 및 다양성 확보’와 ‘하천 형태 및 유체학적 다양성 확보’ 측면에서 다소 미진한 것으로 판명되어 향후 투르강 복원사업에서 보다 중점적으로 추진되어야 할 것으로 판명되었음(Woolsey et al. 2007).

참고문헌

- 권은미 외. 2005. “양재천 유역의 배수구역별 오염원 분포현황과 하천수질에 미치는 영향”. 대한환경공학회 2005 춘계학술대회 초록집. 서울 : 대한환경공학회. pp1143-1145.
- 김창현. 2005. “하천복원을 위한 친환경적 하천 정비에 관한 연구”. 단국대학교 석사학위논문.
- 김한태. 2009. “철저한 준비로 하천의 미래를 설계한다 : 일본의 하천정비계획 소개”. 물과 미래 제42권 제1호. 서울 : 한국수자원학회. pp16-22.
- 서동일. 2009. “우리나라 자연형 하천복원 사업의 문제점”. 첨단환경기술 제17권 제1호. 서울 : 환경관리연구소. pp60-62.
- 우효섭 · 박재로. 2000. “하천복원의 이해와 국내의 사례”. 한국수자원학회지 제33권 제6호. 서울 : 한국수자원학회. p15-28.
- Binder, W. and R. Hoelscher-Obermaier. 2003. “Die Wildflusslandschaft Isar: The Wild River Landscape of the Isar”. *Garten + Landschaft Magazine* Issue Dec. Munich : Callwey. pp16-19.
- Directorate General for Public Works and Water Management, 2007. *River Expansion Hondsbroeksche Pleij Newsletter*. Den Haag : VW.
- Ministry of Transport, Public Works and Water Management, 2006. Brochure: Spatial Planning Key Decision ‘Room for the River’.
- Moss, T. and J. Monstadt, 2008. *Restoring Floodplains in Europe : Policy Contexts and Project Experiences*. IWA Publishing : London.
- Nakano, D. and F. Nakamura, 2007. “The Significance of Meandering Channel Morphology on the Diversity and Abundance of Macroinvertebrates in a Lowland in Japan”. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* vol.18, no.5. Hoboken : Wiley. pp780-798.
- Nilsson, C., and M. Svedmark, 2002. “Basic Principles and Ecological Consequences of Changing Water Regimes: Riparian Plant Communities”. *Environmental Management* vol.30. New York : Springer. pp468-480.
- Pedroli, B., G. de Blust, K. Van Looy, and S. Van Rooij. 2002. “Setting Targets in Strategies for River Restoration”. *Landscape Ecology* vol.17, Suppl.1. Netherlands : Springer. pp5-18.
- Petts, G. and P. Calow, 1996. *River Restoration*, Oxford : Blackwell Science Ltd.
- Rohde, S., F. Kienast, and M. Bürgi. 2004. “Assessing the Restoration Success of River Widening: A Landscape Approach”. *Environmental Management* vol.34, no.4. New York : Springer. pp574-589.
- Swiss Agency for the Environment, Forests, and Landscape(SAEFL). 2003. *Guiding Principles for Swiss Watercourses: Promoting Sustainable Watercourse Management*. Bern : SAEFL.
- Ulrike G. 2009.10.14-15. “Living River Liesing: Demonstrative Ecological Reconstruction of a Heavily Modified Waterbody in an Urban Environment”. *The European Commission's Conference*. Brussels.
- Woolsey, S. et al. 2007. “A strategy to Assess River Restoration Success”. *Freshwater Biology* vol.52. Hoboken : Wiley. pp752-769.
- Ziele für den Wasserbau, 2001. *Die Thur: Ein Fluss mit Zukunft für Mensch, Natur und Landschaft*. Frauenfeld : Kanton Thurgau.
- The European Center for River Restoration(ECRR)(<http://www.ecrr.org>). [2009.12.21]
- Hondsbroeksche Pleij Project's(www.hondsbroekschepleij.nl). [2009.11.20]
- Netherlands' SDF(www.sdfproject.nl). [2009.11.21]
- Thur River Restoration Project's(www.thur.tg.ch). [2009.12.11]

- 논문 접수일: 2010. 1.20
- 심사 시작일: 2010. 1.22
- 심사 완료일: 2010. 3. 8

ABSTRACT

Flood Protection and River Ecosystem Restoration through River Widening: Focusing on European River Restoration Cases

Keywords: River Restoration, River Widening, Flood Protection,
User-friendly Waterfront Creation, River Ecosystem Recovery

The main purpose of this study is to explore successful river restoration cases in Europe; and then, to find their practice and policy implications for the establishment of a Korean river restoration model. Many of European countries are working on river restoration projects with different scales. One appealing restoration approach in European cases is “river widening” that proved to be effective in flood protection, user-friendly waterfront creation, and also river ecosystem recovery. River widening through the embankment reduction increase the volume of the flow section and reduce the speed of the flow. The river widening also help overcome the ecological gap between river and its adjacent area and increase people's accessibility to the river. Finally, successful European cases address that long term vision, varying restoration strategies in consideration of different local circumstances, and strong partnership and participation are necessary for the successful outcomes. By introducing European river restoration cases in detail, hopefully, this project is expected to lay a foundation for overcoming the problems of past river restoration or retrofit projects in Korea, which problems are mainly due to a standardized approach without consideration of local circumstances and river ecosystem. When further scientific, empirical studies that test various river restoration measures including this study's river widening follows, this study is expected to help develop a Korean river restoration model. And, the model will contribute to making Korean rivers safer, more ecologically sound, and also more aesthetically unique.

수로 폭 확대를 통한 방재기능 강화 및 하천생태계 복원 : 유럽의 하천복원 최신 동향을 중심으로

주제어: 하천복원, 수로 폭 확대, 수공간 확보, 홍수피해 저감, 친수공간 조성, 생태회복

본 연구의 목적은 유럽 국가들의 하천복원 사례를 발굴하여 추진배경, 사업내용, 성공요인 등을 조사·분석함으로써 국내 하천복원 사업의 효율적 추진에 반영할 수 있는 시사점과 정책제안을 강구하는 것이다. 스위스와 네덜란드, 독일, 오스트리아 등 유럽 주요 국가들의 하천복원은 하천의 생태적 복원은 물론 기존의 고수부지 등을 활용하여 수공간을 확보함으로써 홍수피해 저감과 친수공간의 확보, 하천의 생태회복이라는 다양한 목표를 성공적으로 달성하고 있다. 특히 기존 고수부지를 활용한 수로 폭 확대는 홍수 시 통수면 확대는 물론 유속 감소에 도움이 되어 통수피해 저감에 크게 기여한 것으로 나타났으며 넓은 고수부지로 인한 하천과 주변지역과의 생태적 단절과 친수공간 활용관련 접근성 또한 개선시켰다. 하천 주변지역의 토지이용을 적극 고려한 하천 구역별 차별적인 하천복원기법 적용과 장기간에 걸친 다양한 의견수렴, 하천복원 관련 지역주민들과의 공감대 형성, 복원 사업평가 시스템 확립 또한 유럽 강 살리기 사업의 성공적 추진에 밑거름이 되고 있다. 본 연구는 유럽 하천복원의 아이디어 및 시사점 제공 등을 통하여 한국형 하천복원 모델 정립을 위한 기반을 제공하였다. 하지만 본 연구는 국내 하천 및 강우 특성을 고려한 유럽 하천복원 기법의 과학적 검증은 주제로 하는 향후 연구를 필요로 하는 바다.