

하천환경 - 학술적, 사업적 가능성과 비전



우 효 섭 >>>

우리학회 학술부회장
한국건설기술연구원 연구위원
hswoo@kict.re.kr

1. 머리말

하천환경(河川環境, river environment)은 말 그대로 하천의 환경적 기능을 가리킨다. 여기서 하천의 환경적 기능이란 하천의 이수, 치수 기능¹⁾에 대응하여 표현하는 말로서 보통 생물 서식처 기능, 수질 자정 기능, 심미적 기능을 의미한다. 필자가 지난 해 11월 아시아 하천복원 네트워크(ARRN)²⁾ 결성식에 참가했을 때 일본 건설기술연구소(주)(CTI ENG)의 사장이며, 현재 일본토목학회 회장인 아시유미오씨가 언급하기를 자기가 40년 전 친수(親水)라는 용어를 처음 제안하고 앞으로는 이수, 치수만큼 물과 친하게 지내는 것의 중요성이 강조될 것이라고 한 적이 있다고 한다. 사실 친수는 하천환경 기능 중 세 번째 기능인 심미적 기능을 의미하는 것으로서, 생물 서식처 기능이 온전하면 수질자정 기능과 같이 대부분 자연스럽게 수반되는 기능이다.

본 특집 기사에서는 우선 사회 니즈로서 하천환경의 중요성을 강조하고, 하천환경 분야를 학술적인 면

과 사업적인 면으로 나누어 검토하고, 다음에 하천환경의 가능성과 비전을 사업적, 학술적인 면으로 각각 나누어 제시하고, 마지막으로 최근 건교부가 추진하고 있는 하천환경 관련 연구개발 사업인 '이코리버21 연구단'의 사업개요를 소개한다. 부수적으로, 현재 한국건설기술연구원이 구축 중인 실물 생태하천 실험 시설인 '다기능하천실험센터'를 간단히 소개한다.

사실 필자는 과거 10여 년 동안 하천환경 분야를 다양한 매체를 통해 소개하여 왔기 때문에 이 특집에서 다시 하천환경을 말하는 것이 신선미는 조금 떨어질지 모른다. 때문에 과거에 쓴 글과 차별화를 위해 본 글에서는 학술적 의미의 하천환경과 사업적 의미의 하천환경을 구분하여 설명하는데 초점을 맞추고자 한다.

2. 하천환경에 대한 사회적 니즈

2005년에 과기부/키스텝에서 만든 "미래사회 전망과 한국의 과학기술"에 의하면, 앞으로 25년 후 미래사회는 "지속가능한 발전"과 "물" 등 15개 과제가 핵심 화두가 될 것으로 전망하였다. 미래사회의 니즈로 개인 니즈는 "쾌적한 환경"(물, 공기, 자연생태계 등)은 5점 만점에 4.5점을 받아 높은 관심도를 나타냈다. 한편, "미래 국가유망기술분야 선정결과와 후속 조치계획"(국가위, 2005. 8)에서는 향후 10~20

1) 하천의 이수, 치수는 엄밀한 의미에서 하천의 기능은 아님. 이수는 인간 관념에서 하천의 가치이며, 치수는 관리대상이나 보통 편 의상 이수, 치수, 환경을 하천의 세 가지 기능이라 하고 있음.

2) ARRN(Asia River Restoration Network)은 일본이 중심이 되어 한국, 중국 등 아시아 국가, 지역의 하천복원 네트워크 결성을 위해 2006년 11월 일본 동경에서 설립된 조직으로서, 한국은 한국건설기술연구원(우효섭/김창완)이 접촉선이며, 중국은 수리수전과학연구원(IWHR)이 접촉선임.

년 후 도전에 대한 국가차원에서 효과적인 대응이 가능하고 국가발전의 원천이 될 것으로 예상되는 핵심 기술분야 21개를 선정하였는데 그 중 “생태계 보전과 복원 기술”이 포함되었다.

이 결과는 인간은 앞으로 더욱 환경에 관심이 모아 질 것임을 의미하는데, 여기서 환경은 물, 공기와 같은 무기적 자연환경은 물론 생물, 생태 등 유기적 자연환경 요소를 망라한다. 하천은 이수과 치수 기능 이전에 물과 흙 등 무기적 환경 속에 사는 수생, 수변 생물을 포용하는 유기적 생태 서식처라는 점을 인식하면 21세기 사회니즈는 물론 핵심기술 중 하나는 하천에 초점이 맞추어지고 있다는 것을 유추할 수 있다. 사실 하천은 산, 들, 바다와 같이 국토의 중요 구성요소로서 국토환경의 한 축이다. 따라서 하천의 환경적 기능을 보전, 복원하는 것, 그것이 단순한 친수 기능을 증진시키는 것부터 시작하여 과거 이치수 기능 위주의 하천관리 결과로 훼손된 하천환경 기능을 보전, 복원하는 것은 앞으로 더 크게 사회 니즈로 대두될 것이며, 그에 따라 우리가 풀어야 할 핵심기술 분야 중 하나가 될 것이다. 이는 하천환경의 학술적, 사업적 면 모두에서 특별한 의미가 있다. 쉽게 말해서 하천환경은 대학에서 새로운 학문분야

(discipline)로 확립될 것이며, 하천관리자에게는 이수, 치수 이상으로 중요한 관리대상이 될 것이며, 산업계에서는 점차 커지는 사업 분야가 될 것이다.

3. 학술적 의미의 하천환경

사실 ‘하천환경(river environment)’이라는 용어는 구미에서는 그렇게 자주 쓰이는 말은 아닌 듯 하다. 하천환경을 인터넷에서 찾아보면 하천의 수질, 생물 보전, 자연미 등을 의미로서 일부 사용되고 있는 것을 발견할 수 있다³⁾. 앞서 언급했듯이 일본에서는 하천환경은 당초 ‘친수’라는 조금 협의의 의미에서 시작하여 1980년대 말부터는 하천의 수량, 수질, 공간 등의 통합체라는 의미로 쓰고 있다(건설부/건기연, 1993). 국내에서 하천환경이라는 용어가 대학이나 실무에서 본격적으로 쓰이기 시작한 것은 아마 1989년 ‘한일 하천기술협력회’에서 일본 측이 소개한 것이 처음일 것이다(건설부/건기연, 1993). 그 당시 하천환경은 ‘물과 주변 공간으로 이루어진 하천 그 자체로서, 수량, 수질, 공간 등으로 구성 된다’라고 정의하였다. 그러나 이러한 정의는 하천환경을 공

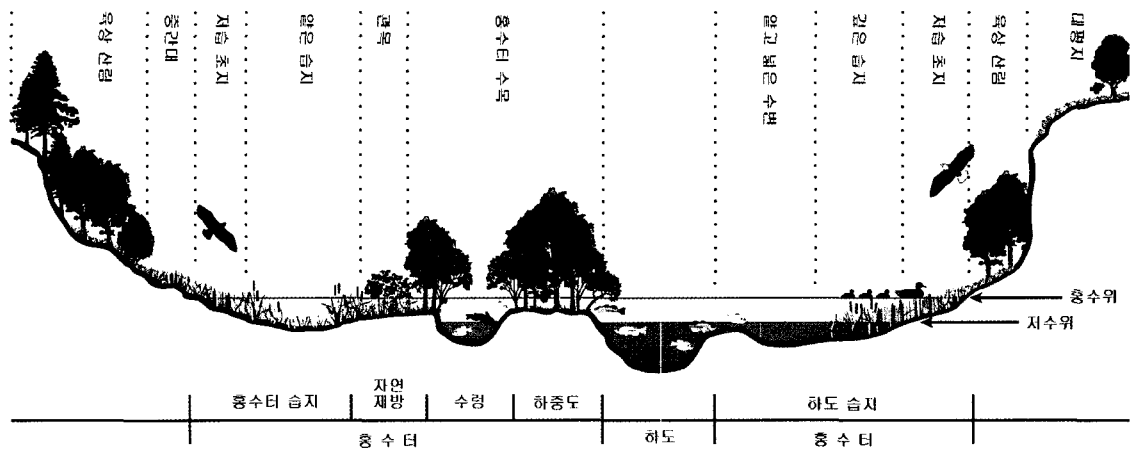


그림 1a. 자연하천의 횡단면(Sparks의 원그림을 번역한 것임)

3) <http://www.curemriver.org/>

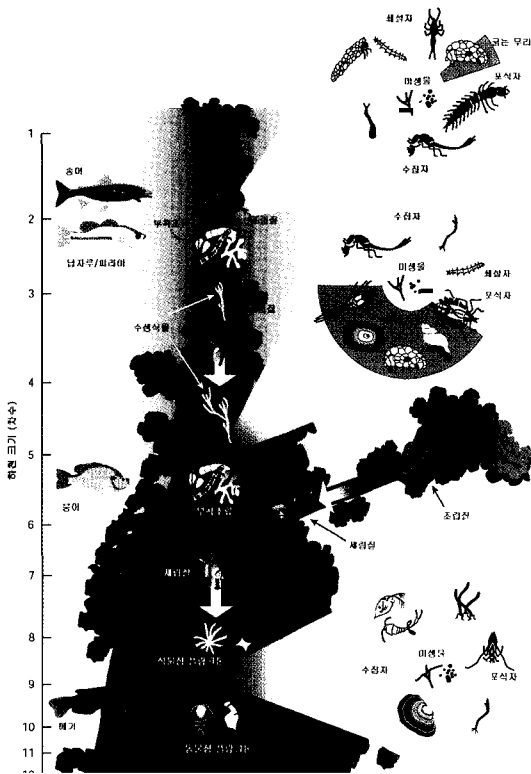


그림 1b. 자연하천 종단면 (Vannote 등의 그림을 번역한 것임)

학적 관점에서만 본 것으로 잘못하면 하천환경 관리는 곧 '하천의 적정한 수량을 확보하고, 수질을 보전하고, 하천공간을 깨끗하게 가꾼다' 라고 오해할 수가 있다⁴⁾. 그러나 하천환경은 그림 1a, 1b에서 볼 수 있듯이 가로로든 세로로든 하천을 무대로 하는 무수한 생물들의 삶의 터전인 것이다. 하천 바닥에 사는 크고 작은 무척추동물(조개, 벌레 등), 물고기, 반딧불, 개구리, 뱀, 들쥐, 깃버들, 갈대 등 많은 동식물의 서식처인 것이다. 나아가 하천바닥의 진흙, 모래, 자갈 등과 물가 풀, 나무 등 수변 식생 사이를 물이 흐르면서 물 속의 오염물은 침전, 흡착, 산화되어 정화된다. 인간 입장에서는 하천은 귀중한 자연환경의 일부로서

구태여 우리 선조들의 친수 성향을 거론하지 않아도 물가에 있으면서, 흐르는 물과 주변 풍경을 보면서 즐기는 것이다(우효섭 등, 2000). 정리하면, 하천환경은 하천 서식처, 수질 자정, 심미 등 세 가지 기능을 포괄적으로 의미하는 것으로서, 이 중 기본적으로 하천 생태시스템의 기능을 통해 수질이 스스로 정화되고 그러한 자연성을 인간이 즐기는 것이다.

그렇다면 학술적 의미의 하천환경은 무엇이 될까? 하천환경의 주요 구성 요소를 하천의 생태시스템, 수질자정, 심미 등으로 제시하였으므로 이러한 분야를 학술적으로 접근하는 기존 학문 분야는 하천수리학, 하천공학, 생태학, 생물학, 수질공학, 경관학, 조경학 등을 포함하여 1990년대 시작한 생태공학 정도일 것이다. 그러나 생태공학(Ecological Engineering)은 그 이름과 달리 탄생 시부터 주로 자연 하천과 습지의 수질정화기능을 공학적으로 응용하는데 초점을 맞추고 있기 때문에⁵⁾ 하천환경의 제 요소를 망라하는 학문 분야로 보기 어렵다. 따라서 하천환경을 학술적으로 접근하기 위해서는 새로운 학문 분야가 필요하며, 아니면 적어도 기존 학문 분야의 융복합적 접근이 필요하다. 여기서 '생태수리학' 과 '생태하천공학' 라는 새로운 학문 분야가 등장하게 된다.

4. 생태수리학과 생태하천공학

생태수리학은 지구물리적 수리학과 생물 또는 생태시스템을 결합한 다학제 연구 분야로서, 수생 생태시스템의 물리적, 화학적, 생태적 과정을 통합하는 샘플링과 모델링 기술이라 정의할 수 있다. 구체적으로, 생태수리학은 수생모델 개발, 검증과 타당성 확인 연구, 다학제간 평가 틀, 하천복원과 모니터링 전략, GIS/원격탐사/의사결정지원 시스템 등을 이용한

4) 사실 필자도 1990년대 초부터 하천환경 관련 연구를 하면서 상당 기간은 일본식 하천환경 정의에 집착하여 하천환경관리를 유지유량 확보, 수질개선, 고수부지 정비 등 공학적 시각에서 크게 벗어나지 못했다.

5) http://en.wikipedia.org/wiki/Ecological_engineering

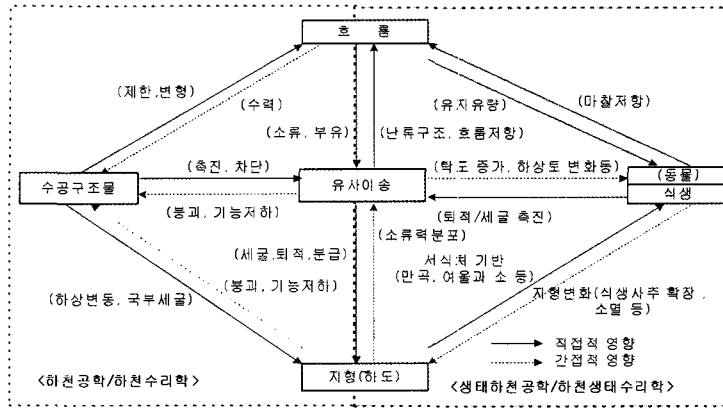


그림 2. 하천 흐름과 서식처와의 상호 작용(Tsujimoto⁶⁾의 원 그림 수정)

다학제간 통합적 평가 방법론의 응용 등에 초점을 맞추고 있다(우효섭, 2006a). 생태수리학과 전통적인 (하천)수리학과와의 차이는 위의 그림 2로 설명된다. 이 그림에 대한 설명은 필자의 2006년 학회지 기술기사에 상세히 나타나 있다. 반면에 생태하천공학은 응용 생태공학의 한 분야로서, 하천을 대상으로 하는 생태공학이라 할 수 있다. 다시 말하면, 수생 생태학의 지식을 하천공학 분야에 응용하기 위한 공학적 방법을 다루는 분야로서, 생태수리학에 기반을 둔 하천공학이라 할 수 있다. 여기서 하천 수리, 수문/수자원시스템, 시설 등 하천공학의 주요 요소 중에서 수리 면만 강조하면 그림 2는 또한 생태하천공학과 전통적인 하천공학과와의 비교를 보여줄 수 있다.

5. 사업적, 관리적 측면의 하천환경

하천환경을 사업적으로 또는 관리 차원에서 접근하면 “국내 하천사업의 진화와 전망”(우효섭, 2004)에 요약되어 있다. 그림 3과 같이 1950년대 이전 자연 상태의 하천은 하천재해 방지 차원에서 정비되어 ‘방재 하천’이 되고, 이러한 추세는 지금까지 계속되고 있다. 1950년대부터는 하천복개 등 도시하천의 부

지를 타용도로 점용하는 ‘점용하천’의 유형이 시작되어 1990년대까지 계속되었다. 1990년대 중반 들어 방재 하천은 하천의 친수 기능을 강조한 ‘공원 하천’으로 꾸며지고 있다. 비슷한 시기인 1990년대 후반에 국책연구사업에서 국내 최초로 ‘자연형 하천’을 시험적으로 제시하였다. 공원하천과 자연형 하천의 기본적인 차이는 전자가 친수성을 강조한 나머지 오히려 하천의 생태 서식처의 보전·복원을 저해시킬 수 있는 반면에, 후자는 서식처 복원을 통해 생물이 살게 되면 친수성과 수질 자정은 따라서 회복된다는 것이다. 결국 방재 하천이든 공원 하천이든 진정한 하천환경의 개선을 위해서는 하천의 생태 서식처의 보전, 복원이 전제되어야 한다. 따라서 방재 하천은 물론 공원 하천도 궁극적으로 자연형 하천이 되어야 할 것이다. 다만 도시하천의 구간별 특성을 고려하여 여건상 하천복원이 불가능하거나, 지역 주민들의 친수성 욕구가 절대적인 경우 공원하천과 자연형 하천은 한 하천에서 공존할 수 있을 것이다. 또한 공원 하천과 자연형 하천은 서로 완전히 구분되기보다는 시공간적 연속 스펙트럼 상에서 물리적, 생물적으로 큰 단속 없이 이어질 수 있을 것이다.

이와 같은 하천사업의 진화단계를 하천공학 측면에서 고찰하면, 자연하천은 그대로가 생태하천이고, 방

6) Tsujimoto, T., “Fluvial processes in streams with vegetation”, J. of Hydraulic Research, IAHR, vol. 37.



그림 3. 하천사업의 진화단계 (우효섭, 2004)

재하천과 점용하천은 전통적인 하천공학의 대상이었다. 공원하천은 하천의 환경 기능 중에서 주로 친수에 초점을 맞춘 것으로 생태하천공학의 범주에 든다고 보다는 조경성이 강한 하천공학의 범주라 할 수 있을 것이다. 방재하천/점용하천 또는 초보적인 공원하천을 자연형 하천, 또는 생태하천으로 되돌리는 하천복원은 생태하천공학의 대표적인 대상이 될 것이다.

6. 하천환경의 가능성과 비전

하천환경의 가능성은 적어도 관리와 사업 측면에서는 이미 1990년대 중후반 환경부/건기연의 양재천 자연형 하천 시범사업, 건교부의 오산천 하천환경정비 시범사업, 서울시 강남구청의 양재천 시범사업 등으로 입증되었다. 특히 강남구 양재천 사업은 초등학교 교과서에까지 소개될 정도로 많은 시민들의 관심을 유발하였으며, 이로 인한 양재천 인접 지역의 부동산 가치 상승은 주지의 사실이다. 환경부에서도 1987년부터 오염하천정화사업을 추진하였으며,

2000년 들어 자연형 하천 조성을 병행하여 자연형 하천정화사업으로 확대추진하고 있다. 이 사업은 연간 약 1,000억원 규모로 특히 도시하천에 초점을 맞추고 있다. 행정자치부의 소방방재청도 소하천정비사업에서 자연형 하천을 표방하고 추진하고 있다.

하천환경의 사업적 측면에서 가장 규모가 큰 것은 건설교통부의 하천환경정비사업과 도시생태하천조성사업이다. 이 사업들은 향후 10년간 약 1조원 이상을 투자하여 도시 및 전월 하천을 대상으로 자연형 하천, 생태하천을 조성하는 사업이다.

이와 같은 정부 부처단위 사업 이외에도 지자체에서 개별적으로 시행하는 하천환경 관련 사업은 단편적, 개별적이거나 하천환경의 기능을 다시 살리려는 노력을 하고 있다.

결론적으로, 앞으로 하천환경 관련 사업은 하천사업의 핵심을 이룰 것이다. 특히 유역종합치수계획에서 천변저류지의 조성이 강조되면서 일반 하천사업에서 하천환경 기능을 고려하는 것은 보편적으로 될 것이다. 필자가 다른 기고에서 강조하였듯이(우효섭, 2006b) “환경 기능의 보전·복원과 이상기후에 대응

할 치수 기능의 확대라는 두 마리 토끼를 같이 잡아야 한다”라고 생각한다.

그러나 하천환경의 학술적 측면은 아직 사회 니즈를 뒷받침 못하고 있다. 이는 하천환경 자체가 관리적, 사업적 특성이 강하기 때문이지만 동시에 학술기관에서 이에 대해 충분히 대응하는 자세를 보이지 못하였기 때문으로 보인다. 하천환경 기능을 보전, 복원하기 위해서는 학술적으로 생태수리학, 생태하천공학이 뒷받침해주어야 하는데 사업 추진과 이론적 뒷받침은 적어도 10년 이상 격차가 나는 것으로 보인다. 필자가 1999년에 이미 “環境水理學에 눈을 돌립시다”라는 글에서(우효섭, 1999) 환경수리학 중의 생태수리학을 강조하였지만 아직 생태수리학 분야가 대학에서 거론되고 있지 않다. 2000년 들어 필자와 몇 전문가들이 국제학회에서 하천복원 분야의 특별세션 등을 만들어 국제적 교류를 하여왔지만 ‘국제 생태수리학회 심포지엄’⁷⁾ 등 이 분야 전문학회에 참가하여 능동적으로 논문을 발표하는 경우는 아직 별로 없다. 하천환경의 학술적 의의는 생태 서식처, 수질자정,

심미 중에서 서식처 생태시스템과 주변 물, 흙과의 물리적, 화학적 상호 작용을 ‘모형화’ 하는 것과 이를 실험, 시험 등을 통해 검증하는 것이다.

7. 이코리버 21 연구단 사업

‘이코리버21연구단’ 사업은 건설교통부와 건설교통기술평가원이 관리하는 건설핵심기술연구개발사업의 일환으로 한국건설기술연구원과 많은 대학, 기업에서 공동으로 추진하는 연구사업으로서 ‘자연과 함께하는 하천복원기술개발’을 목표로 한다. 이 연구단의 단장은 필자가 맡고 있으며 2006년 10월부터 시작하여 2011년 7월까지 5년 가까이 지속될 것이다. 이 사업의 예산은 국고 약 199억원, 기업출연금 37억원 계 236억원이며, 참가인원은 매년 약 250명 규모가 된다.

이 연구사업은 하천복원 기술개발이 목표이고, 그 대상은 하도는 물론 현 고수부지와 과거 홍수터까지

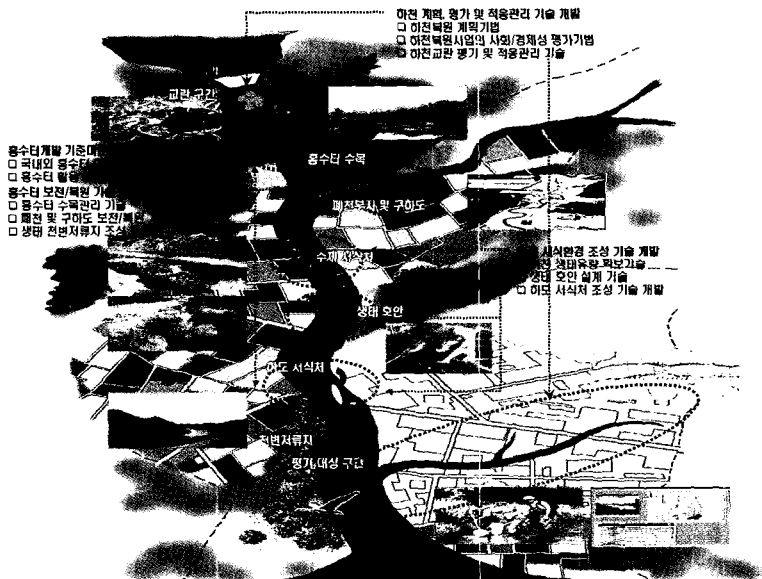


그림 4. 이코리버21 연구단의 사업 개요도 (우효섭, 2006c)

7) 1994년 노르웨이 트론하임에서 처음 열렸으며, 2007년 2월에 제6차 대회가 뉴질랜드 크라이스트처치가 열림.

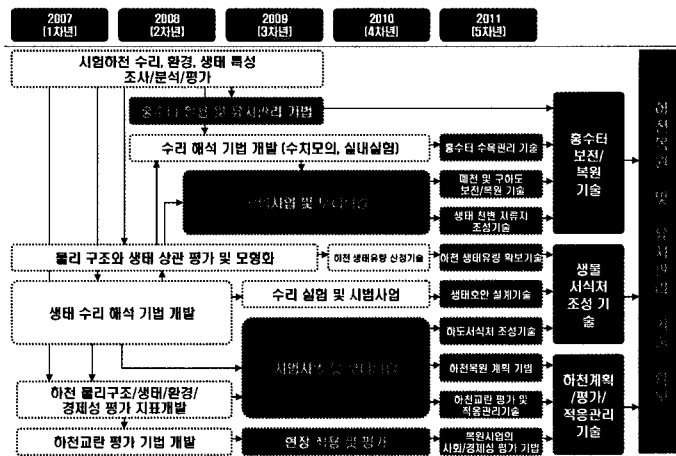


그림 5. 이코리버21 연구단 기술지도

망라하므로 진정한 의미의 수변복원 기술개발을 목표로 한다. 이 사업의 3대 기술개발 목표는 1) 홍수터 보전/복원 기술개발, 2) 생물서식환경 조성기술개발, 3) 하천계획·평가 및 적응관리 기술개발 등이다. 그림 4는 이러한 3대 기술개발 목표를 하천유역에 모식도로 표시한 것이다. 이 연구단에는 4개의 세부과제와 그 아래 총 11개의 세부과제가 구성되어 있으며, 그림 5는 이 사업에서 개발될 요소기술의 상관성을 시간 축에 표시한 것이다.

이 연구사업의 궁극적으로 1) 하천복원사업을 단계적, 지속적, 효율적으로 시행하기 위한 지침 및 가이드라인으로 활용하고, 2) 최종 성과물로서 “국가 통합 하천복원 매뉴얼”과 “하천설계기준 개선(안)”을 제시하여 국가와 지자체 등 하천관련 사업 등에 하천유역의 유기적 시스템에 맞는 하천복원사업 시행에 활용하고, 3) 하천복원사업 시행을 위한 조사, 계획, 설계, 시공, 적응관리 기술의 체계화, 표준화, 적용성 향상 등이 개선된 기술 지침으로 활용하는 것이다.

이 연구사업이 성공적으로 완료되면 연구사업 본연의 목표 달성은 물론 앞서 언급한 학술적 의미의 하천환경 분야 연구가 본격적으로 이루어질 수 있을 것이다.

8. 다기능 하천실험센터 구축

학술연구의 기본은 실험, 시험을 통한 검증이다. 하천환경의 학술적 연구에서도 가장 중요한 것 중 하나는 하천생태시스템을 어떻게 실험하여 검증할 수 있는가이다. 무생물인 하천 흐름과 지형은 이른바 축척 모형실험을 통해 재현할 수 있다. 수질실험도 가능하다. 그러나 살아있는 생물과 주변 환경과의 생태적 기능은 원형 그 자체로서만 실험과 시험이 가능하다. 이런 점에서 하천생태시스템 실험은 실험 크기의 중소하천을 실험실에 실제 만들어 외부 요인을 최대한 배제한 상태에서 이루어진다. 이러한 실험시스템은 이미 1990년대에 일본 나고야시 토목연구소의 자연공생실험센터에서 구축되어 가동되고 있다.

한국건설기술연구원에서도 위와 같은 실험 크기의 하천환경 관련 실험을 위해 경북 안동시 낙동강 변 약 65,000평 규모에 ‘다기능하천실험센터’를 건설하고 있다. ‘한국형’이라는 이름이 붙은 이 실험장은 일본의 그 것과 달리 환경 기능은 물론 대규모 치수실험도 할 수 있도록 설계되고 있다. 그림 6은 이 실험센터의 조감도이며, 그림에는 각 시설의 용도가 적시되어 있다. 이 실험장의 핵심적인 시설은 3개의 실험

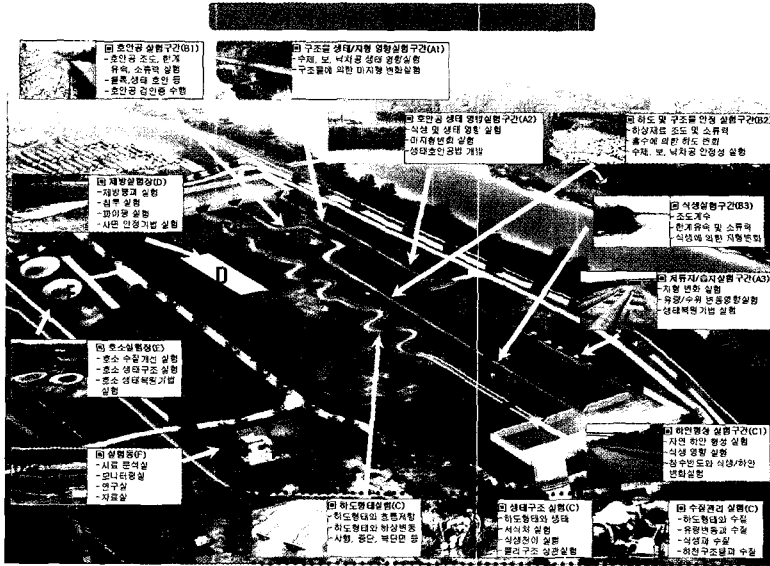


그림 6. 다기능하천실험센터 조감도

수로로서, 각각 정비하천, 자연하천, 자연형 하천을 대표한다. 길이는 500m 이상이며 폭은 2~20m, 유량은 1~16m³/s로서 사실상 증소하천 규모이다. 2009년에 이 실험장이 완공되어 정상 가동되면 국내 생태수리학, 생태하천공학 분야 연구에 큰 획을 긋는 계기가 될 것이다.

9. 맺는 말

하천환경은 이제 하천관리자는 물론 산학연 모두에게 익숙한 말이 되었다. 하천환경은 그 구성 요소의 특성상 자연환경과 수환경의 보전, 복원은 물론 심미, 친수, 문화 측면에서 귀중한 국토환경이 되었다. 국토환경의 보전, 복원은 21세기 화두이다.

하천환경의 사업적 특성은 하천사업의 진화단계에서 잘 나타나 있다. 점용하천은 물론 방재하천이든 나아가 80~90년대 만들어진 공원하천 수준의 하천은 이제 다시 태어나야 한다. 다시 태어나는 것, 즉 하천복원은 앞으로 하천사업의 꽃이 될 것이다. 이는

치수사업의 확대와 더불어 하도에 국한되지 않고 주변 홍수터를 포함한 수변으로 확대될 것이다.

그러나 하천환경의 학술적 입지는 아직 걸음마 단계이다. 그 특성상 다학제간 연구가 요구되는 것이 국내 학문 풍토에 장애가 되는 면도 있다. 앞으로 국가연구개발사업과 정부지원 실물 생태하천 실험장 등을 통한 학문적 진전이 기대된다. 이러한 정부 투자는 특히 젊은 공학도들이 하천환경 분야에 관심을 가지고 연구하는 지원책이 되어야 할 것이다.

마지막으로, 현재 하천 실무에서 하천환경사업 대상 하천에 거석이나 효용성이 의심스러운 식생블록 등 고가의 재료를 투입하여 친수성을 높이고 부수적으로 생태성을 고려하는 관행은 지양되어야 할 것이다. 하천복원은 결국 하천의 자기복원력에 최대한 의존하고 꼭 필요한 부분만 인위적인 조치를 하는 것이 최상일 것이다. 그러기 위해서는 다양한 상태에서 하천의 자기조정력을 예측하고 나아가 흐름, 유사, 지형, 생물, 인공구조물 등의 상호작용을 이해하는 것이 기본이다. 이는 곧 생태수리학, 생태하천공학의 학술적 노력의 중요성을 의미한다.

● **참고문헌**

- 과학기술부/키스텝 (2005), 미래사회 전망과 한국의 과학기술
- 국가과학기술위원회 (2005), 미래 국가유망기술 선정결과와 후속 조치계획
- 건설부/진기연 (1993), 하천환경관리연구 및 회의성과 요약집, 1993년도 하천환경관리기법개발 연구조사 별책부록
- 우효섭 (1999), “환경수리학에 눈을 돌립시다”, 한국수자원학회지
- 우효섭, 김성태, 김광일 (2000), “하천치수와 하천환경 관리 - 상층에서 조화로”, 한국수자원학회지 기술기사
- 우효섭 (2004), “국내 하천사업의 진화와 전망 - 하천환경 기능의 적극적인 고려”, 한국수자원학회 학술발표회 특별강연
- 우효섭 (2006a), “생태수리학: 수공학자와 기술자들의 또 다른 임무”, 한국수자원학회지
- 우효섭(2006b), “다시 하천의 세 가지 기능을 생각하다”, 하천과 문화, 한국하천협회지 권두언
- 우효섭 (2006c), 이코리버21 연구단 제1차 워크숍 단장 발표자료(미 발간) ●