

環境과 조화한 砂防事業(I)*

- 일본의 環境保全砂防 -

全槿雨¹⁾ · 江崎次夫²⁾

Research on Environmentally-Sound Erosion Control Works(I)*

-Environment-oriented erosion control works in Japan-

Kun-Woo Chun¹⁾ and Tsugio Ezaki²⁾

要 約

최근의 砂防事業은 防災空間의 확보뿐 만 아니라 周邊環境에 잘 조화되고 生物資源이 풍부한 環境空間의 확보가 강조되고 있다. 일본에서도 이와같은 노력이 1990년대에 들어 활발히 진행되고 있으므로 우리나라의 사방사업의 참고가 될 수 있도록 일본의 親環境的 砂防事業에 대한 자료를 수집, 분석하였다. 구체적인 내용은 합리적인 水邊環境 造成과 親環境型 砂防事業이며, 親環境的인 砂防事業은 砂防댐, 流路工과 護岸工, 魚道 및 水質保全工 등에 대하여 정리하였다.

ABSTRACT

In recent erosion control works, securing not only the disaster prevention space but the environmental space, harmonized with surrounding environment and abundant with biological resources, are emphasized. Inspired of by the fact that efforts to secure such spaces have been being briskly promoted in Japan since the beginning of 1990s', we compile and analyze the Japanese sources about the 「environmentally-sound erosion control works」 to contribute to the erosion control works of our country. Specifically, in this report, we deal with the subjects of 「establishment of the comfortable river environment」 and 「environmentally-sound erosion control works」 which includes 「erosion control dam」, 「water channel works and revetments」, 「fish routes」 and 「water quality conservation works」.

* 이 논문은 農林水產特定研究課題 尖端農業技術開發事業에 의해 진행된 연구과제 「環境生態的 기준에 근거한 多目的 國有山林資源 管理 體系의 開發」의 세부과제인 「都市流域林의 水資源 管理 및 毀損地 防止를 위한 管理 對策」 연구결과의 일부임.

1) 江原大學校 林科大學 林學科: Department of Forestry, College of Forestry, Kangwon National University, Chunchon 200-701, KOREA.

2) 日本, 愛媛大學 農學部 附屬演習林: University Forest, College of Agriculture, Ehime University, Matsuyama, Ehime 790, JAPAN.

Key words: environmentally-sound erosion control works, comfortable river environment, erosion control dam, water channel works and revetments, fish routes, water quality conservation works

1. 緒 論

사방사업은 각종 土砂災害로부터 인간의 생활과 생활공간을 지키기 위해 시도되는 사업으로 환경을 보전하는 동시에 어느 정도의 인공적인 地形改變을 가져오기도 하나, 특히 지금까지는 주로 사방시설의 배치에 의한 防災空間 확보가 중심이 되어 왔기 때문에 유역의 환경 문제를 고려한 사업이 추진되지는 못하였다. 즉 사방사업은 본래 삼림이 갖고 있는 水源涵養機能, 國土保全機能, 休養機能 등의 公益的機能을 발휘시키는 사업이므로 당연히 자연과의 조화를 꾀하고 자연과 위화감없는 공법이 도입되어야 하나 오히려 사방공사에 의해 사방시설 주변의 경관손상, 공사중의 濁水流출 및 소음, 자연과의 접촉기회 상실, 自然度 높은 계류나 산복 생태계에의 악영향을 미치고 있다.

이상을 시·공간적으로 볼 때 방재공간은 수십년 또는 백년동안에 발생하는 토사를 처리할 수 있는 공간이 확보되도록 설정하고 있기 때문에 평시에는 대부분의 구간이 방치되고 있는 실정이다. 따라서 방재공간의 일부구간을 평시에는 생태계가 풍부한 자연환경을 유지하게 하여 지역 주민의 休養空間으로 활용하는 것은 국토이용상 중요한 과제로 대두되고 있으며, 이러한 관점에서 사방사업은 방재기능 뿐 아니라 지역의 자연환경과 조화된 새로운 環境空間을 창조하는 사업이 되어야 한다. 즉 사방시설은 機能性과 景觀性이 보장되도록 시공해야 하며, 機能性은 토사조절, 방재, 인명과 재산보호 등이, 景觀性은 사방시설이 자연환경 속에 있으므로 美觀性, 生態性, 休養性 등이 충분히 발휘될 수 있어야 한다(小橋 澄治, 1994; 丸井 英明·水山 高久, 1994).

일본의 경우 생물의 生息環境을 고려한 사방사업이 본격적으로 시작된 것은 1990년 11월 6일 建設省 河川局에 의한 「多自然型河川 만들기」가 추진된 이후이며(島谷 幸宏 등, 1993), 治山問題檢討會에서는 1991년 5월 「금후의 治山事業의 방향에 대하여」를 보고하는 가운데 「자연환경 등을 배려한 사업의 실시」라는 측면에서 「지역 특유의 경관이나 생태계 등의 자연환경과 내수면 어업 등의 타 산업에 영향을 미치지 않도록 배려해야 하며, 이를 위해 공종, 공법 등에 대한 지침을 작성할 필요」가 있다고 보고하였다(細見 寛·清水 裕; 1992). 또한 1992년도에는 자연환경 보전에 유의한 森林土木工法開發파이럿트事業을 창설하여 공법개발을 추진하고 있으며(岩元 高治, 1993), 특히 1993년도부터는 자연환경이 뛰어난 지역의 삼림이 보다 고도의 국토보전기능이나 자연환경보전기능 등을 발휘할 뿐 아니라 자연경관 및 귀중한 동식물 등을 배려하는 「環境保全總合治山事業」이 5개년에 걸쳐 실시되고 있다. 구체적인 사업내용은 ① 주위의 자연경관과의 조화를 꾀하기 위해 표면의 수경처리나 생태계 등을 배려한 自然環境保全型 治山施設의 설치, ② 치산시설을 주위의 경관에 조화시켜 치산효과의 조기 발휘를 꾀하기 위한 큰 묘목의 식재, ③ 향토수종 등에 의한 황폐삼림 정비 등이다(靜岡縣富士農林事務所治山課, 1993).

따라서 본 연구는 日本에서 추진되고 있는 親環境型 砂防事業을 참고로 지금까지 우리나라에서 시도되고 있는 각종 사방사업의 문제점을 해결하고 앞으로 시도되어야 할 친환경형 사방사업의 기초자료를 제공하기 위해 진행된 것으로 구체적인 내용은 합리적인 水邊環境 조

성과 親環境型 砂防事業이며, 親環境的인 사방사업은 사방댐, 流路工과 護岸工, 魚道 및 水質保全工 등으로 구분하여 분석하였다.

2. 합리적인 水邊環境 造成

2.1. 水邊環境 및 河川 生態系의 特徵

수변환경은 유역환경의 기본이 되는 요소로 生態系·人文系 및 社會系 전반에 걸쳐 깊이 관여하며, 그 중 방재면에서의 구성요소는 ① 水域(集水域, 集水面積, 지형·지질, 토지조건, 강우조건 및 유출기구), ② 流量(홍수·갈수·正常流量), ③ 수질(자연·인위적 汚濁源, 지표류 및 지하수질) 및 ④ 하천시설(護岸·水制·사방댐·다목적댐) 등으로 구분되므로 방재대책을 수립하기 위해서는 이에 대응한 대비책을 마련해야 한다. 또한 수변환경에 크게 관여하는 하천의 環境機能에는 ① 수변에서 생육하는 다양한 동식물이 만들어 내는 生態系 保持機能, ② 수목과 물, 砂洲가 만들어 내는 自然景觀機能, ③ 河道 擴大가 가져오는 오픈 스페이스기능, ④ 水質淨化機能 및 ⑤ 氣候緩和機能 등이 포함된다(芦田 和男: 1994).

따라서 일본의 경우 하천에 대한 기대는 크게 ① 안전한 하천, ② 깨끗한 물을 충분히 공급할 수 있는 하천, ③ 풍부한 樹林과 깨끗한 물에 의해 창조되는 아름다운 경관이 있는 하천, ④ 親水空間이나 레크리에이션 장소를 제공하는 하천, ⑤ 생태계가 풍부한 하천, ⑥ 물을 중심으로 발전해 온 문화를 계승 발전시키는 것 등으로 구분되고 있으나, 이들 사이에는 각 항목간의 모순, 다양한 지역주민의 요구 및 시공자의 가치관 차이 등이 있으므로 실현방법과 검토사항이 지역에 따라 달라져야 할 것이다.

한편 하천 생태계의 構造要因은 生物生息空間, 連續性, 流況과 土砂移動 및 水質 등으로 구분할 수 있으나(島谷 幸宏 등, 1994) 이들

요인은 상호 독립적인 것이 아니라 각 인자간에 밀접한 관련성을 갖고 있으므로 수변환경 조성에는 이들 요인을 충분히 배려한 사업이 진행되어야 할 것이다. 여기서 ① 생물생식공간은 생물이 採餌, 產卵, 휴식 등의 생활을 하는데 필요한 공간을 의미하며, 水域(流路, 河床), 遷移域(河岸, 崖地) 및 陸域(초지, 樹林地, 나지)으로 구분된다. ② 연속성은 多自然型 河川造成 대상하천에 있어서 이동하는 生物種을 파악하고 이동을 저해하는 낙차나 지류와의 단차가 없게 함은 물론 계획 평면형이 주변 환경 조건과 단절되지 않도록 해야 한다. ③ 流況과 토사이동은 하도의 평면형이나 종횡단에 있어 생물생식공간을 형성하는데 중요한 요인이므로 改修區間에서는 이를 고려해야 하며, 특히 홍수시의 토사이동에 대해서는 특정장소의 생물생식공간 유지뿐 만 아니라 전체 개수구간을 종합적으로 고려하여 보전할 필요가 있다. ④ 수질 특히 溶存酸素는 어류나 수생곤충의 생식 가능성을 결정하는 중요한 요인이며, 營養 鹽類量은 하도내 식생의 생육조건을 좌우하므로 개수구간에 대한 수질을 파악하여 목표를 제한하는 요인이 있는가를 사전에 검토해야 한다.

2.2. 水邊環境의 整備

이상과 같이 多自然型 河川을 조성하기 위해서는 우선 하천정비계획을 입안하는 과정에서 생물의 생식공간을 확보하는 것이 무엇보다 중요하며, 親水性이나 경관, 하천에 생식하는 底生動物이나 어류, 하천을 둘러싼 식생 등을 배려하되 自然素材를 사용한 공법이 도입되어야 한다. 따라서 사방사업의 주요 대상지의 하나인 산지급류 소하천의 사방사업은 그림 1과 같은 내용을 충분히 배려하되 하천의 개성존중, 자연과의 공생, 하천의 위기관리 및 지구환경변화에의 대응 등이 고려된 사업이어야 할 것이다.

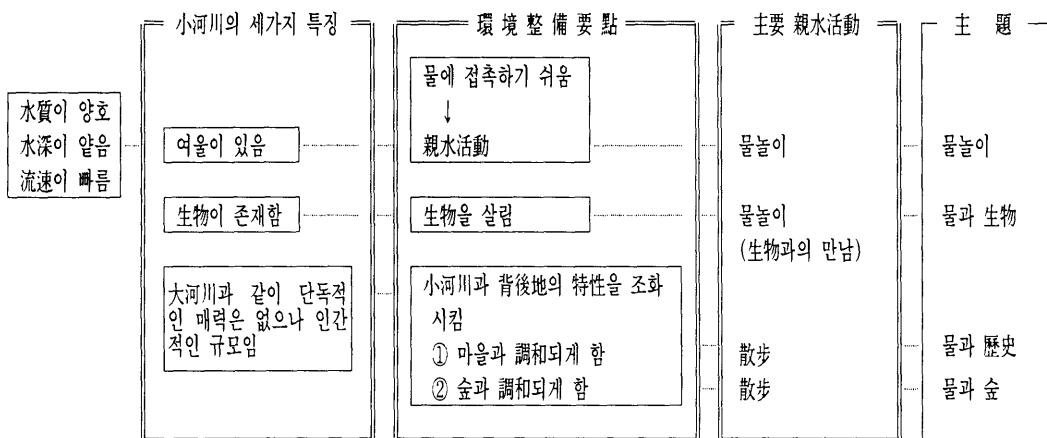


그림 1. 山地 小河川의 特徵, 環境整備 要點, 主要 親水活動과 主題(島谷 幸宏, 1993)

2.2.1. 河川의 個性尊重

하천의 개성을 파악하기 위해서는 하도의 현상을 정확히 파악함과 동시에 現河道의 遷移過程과 그것을 가져온 자연적, 사회적 법칙에 대한 깊은 이해가 필요하다. 즉 ① 유역내 土砂의 生產, 移動, 堆積特性, ② 河道特性(河川形狀, 河道形態, 河道變動特性, 河床構成材料, 하천구조물 등), ③ 水文特性(기온, 강우량, 유량, 수질의 시·공간적 분포 등), ④ 생태계, ⑤ 인간과의 상관(유역개발, 治水, 利水, 親水, 경관, 물에 관계된 문화 등)에 대한 시·공간적 이해가 필요하다.

2.2.2. 自然과의 共生

수변환경의 정비는 하천의 안전성 확보와 하천이용 등의 多面的 機能을 만족시키면서 생태계가 갖고 있는 재생 시스템을 파괴하지 않도록 해야 한다. 따라서 자연을 가능한 한 자연상태로 보전하려는 배려와 함께 하천에 대한 깊은 이해, 자연보전과 개발의 명확한 구분, 인위적 영향을 가능한 한 배제된 방법의 도입, 영향정도에 따른 적절한 대책 등이 마련되어야 하며, 구체적으로는 ① 식생이 무성하고 생물

이 살 수 있는 공간을 갖는 河岸保護, ② 하도내 식생취급, ③ 砂洲, 瀨, 淵 등의 하상의 형태 보전 및 창조, ④ 하천의 횡단구조물 등에 대한 治水, 利水, 河川景觀, 親水性, ⑤ 생태계 보전 등이 고려되어야 할 것이다.

2.2.3. 河川의 危機管理

하천의 안정성을 확보하기 위해서는 시설계획을 초과하는 外力에 대한 대비책 마련, 재해규모와 범위예측에 기초한 피난체제의 확립이 중요하며, 이를 위해서는 각 하천의 하도특성을 우선 파악해야 한다. 이러한 의미에서 현하상은 과거의 하상변동에 의해 형성된 것으로 앞으로의 하상변동의 무대로 작용하는 공간이므로 하도특성 파악은 물론 재해의 위기관리적 입장에서 각종 사업 및 토지이용을 종합한 방재대책 수립에 기초가 된다고 할 수 있으며, 토사 범람 시뮬레이션에 의한 재해위험지역 설정 등에도 귀중한 현장자료로 사용될 수 있다.

2.2.4. 地球環境 變化에의 대응

현재 문제가 되고 있는 지구환경 변화중, 온난화(大氣助成의 변화, 온실효과 등), CFCs,

N_2O , CH_3Br 등에 의한 오존층 파괴, 사막화, 산성우 및 삼림파괴 등의 인간 활동에 의한 지구 규모의 환경변화가 발생하고 있으며, 이는 강우량이나 강우형태를 변형시켜 하천의 수변환경에 커다란 영향을 미치고 있으므로 이에 대한 적극적인 대응이 필요하다.

3. 環境親和型 砂防事業

지금까지의 사방사업은 토사이동이 인간생활에 미치는 지장·피해를 방지, 저감하는 방재기능이 기본이념이었으나 앞으로는 하천 및 주변 자연환경의 보전·복원·창조, 하천 및 주변 경관과의 조화, 하천 및 주변부의 적절한 이용 등을 포함한 보다 포괄적인 친환경적 사방사업이 시도되어야 할 것이다.

3.1. 기본계획

사방사업은 공공사업이므로 어느 정도 체계화가 이루어져야 하나 각 유역마다 구체적인 지역성, 향토성이 보장되고 다양성이 유지되도록 계획되어야 할 것이다. 즉 각 사방사업지는 지역특성이 있는 조형미, 어류 및 수목 등이 존재하는 야외 박물관이 되어야 하며, 또한 획일적인 것이 아니라 친근감이 있되 다양하고 센스있는 디자인이 개발되어야 한다. 따라서 환경과 조화한 사방사업의 기본방침은 단순한 개별 공사방법과 처리방법을 위한 지침이 아니라 사방사업에서 실시되고 있는 각종 공사가 주변환경에 미치는 영향이나 의미를 충분히 파악할 수 있는 환경과 조화된 사방사업의 기본이념이 명시되어야 한다.

3.2. 동향과 과제

산지급류하천의 정비방침으로 ① 자연특성을 살린 아름다운 수변공간의 창출, ② 친수성의 향상, ③ 레크리에이션 기능의 향상, ④ 주민

의 휴식공간 제공, ⑤ 장애자 등을 고려한 시설정비, ⑥ 사방시설 등의 학습장소 제공, ⑦ 자연환경의 적극적 보호, ⑧ 삼림공간과 생태계 보전, ⑨ 계류문화 창출, ⑩ 경관보전, ⑪ 방재를 배려한 정비(안전공간) 등이 보고되고 있으나(青木 佑久, 1990; 清水 裕 등, 1990; 御坊田 裕己·山下 正吉, 1992; 細見 寛·清水 裕, 1992; 水山 高久, 1992; 橋岡 伸守, 1993; 丸井 英明·水山 高久, 1994), 이를 요약하면 다음과 같이 ① 景觀保全(사진 1, 2), ② 生態系의 配慮(사진 3), ③ 親水性 向上(사진 4, 5, 6), ④ 構造物의 周邊環境과의 조화(사진 7) 등으로 대별할 수 있다.

3.2.1. 景觀保全

대규모의 교량, 댐, 사방댐 및 유로공 등에서는 이전부터 경관보전이 실시되고 있으나 중·소규모 사방사업지의 경관보전이 최근에 그 중요성이 대두되고 있으며, 사업장소나 개인에 따라 사방시설에 대한 느낌이나 감정이 틀리기 때문에 다양한 공법이 개발, 시공되고 있다.

3.2.2. 生態系의 配慮

산지급류하천에 생육하고 있는 어류, 곤충, 수생식물과 주변부의 조류를 비롯한 각종 동물은 사방 댐이나 유로공의 영향을 직·간접적으로 받으므로 각종 사방시설에 魚道를 설치하거나 슬리트 댐과 같은 생태계를 배려한 공법이 도입되고 있다.

3.2.3. 親水性 向上

사방사업의 대상하천은 射流가 많으며, 하류의 常流區間과는 流水의 성질이 크게 다르므로護岸의 물매가 급하게 조성되고 있으나 최근에는 親水 行爲가 증가할 수 있는 계단 설치, 하천 주변부의 공원화 등이 전국적으로 시도되고 있다.

3.2.4. 構造物의 周邊環境과의 조화

사방댐 등의 구조물은 지역주민의 생활공간을 보호하지만 그 색깔과 형식 등은 위화감을 조성한다. 따라서 구조물의 표면처리, 콘크리이트에 염료 혼입, 자연석 쌓기, 댐 어깨부의 盛土에 의한 식재, 護岸·비탈면의 안정공에 특수 블록 도입 등이 시도되고 있다.

3.3. 環境砂防事業 事例

사방사업지의 구체적인 환경问题是 ① 사방시설에 의한 자연경관의 파괴, ② 시공대상지의 자연식생 및 생태계 파괴, ③ 산지급류하천의 어류, 수생 동·식물의 생활 및 생활공간 파괴, ④ 방재공간 확보는 물론 풍요로운 휴양 공간에 대한 주역주민의 요망 등이며(小橋澄治, 1994), 이를 해결하기 위해 다음과 같은

사업이 전국적으로 실시되고 있다.

3.3.1. 砂防댐

대규모의 콘크리트 사방댐은 자연경관을 손상, 차단시킬 뿐 아니라 어류, 수생 동·식물의 서식처 및 생활공간을 파괴하며, 또한 산지급류하천의 횡단을 방해하여 사람의 접근을 어렵게 하므로 이를 해결하기 위해 요철이 있는 自然石 쌓기(사진 8), 색채있는 자연석을 이용한 표면 처리(阿部宗平 등, 1990; 사진 9), 댐의 反水面에의 그림과 조각 실시, 계단과 산책로 등 친수행위를 위한 시설설치(사진 10), 낙엽송 간벌재를 이용한 사방댐 틀 만들기 등이 시도되고 있다. 그러나 대규모의 하상변동이 발생하는 하천에는 댐의 구조 자체를 변형시키려는 방법이 시도되어 유해한 大徑石은 저지하고 무해한 細粒石礫은 통과시켜 댐의 용량 확보를 도모하기 위한 오픈 방식의 透過型 댐

表 1. 景觀을 고려한 砂防댐 工法의 特징과 검토사항(橋岡伸守, 1993)

分類	問題點	改善策	長點	構造物의 檢討課題
構造	1. 反水面이 1:0.2 ~ 0.3 이므로 높이에 대한 압박감이 있음	① 低댐群 ② 緩傾斜治山댐	① 높이가 낮아지므로 압박감이 감소됨 ② 反水面을 1:1~3 정도로 완화하여 압박감을 줄일 수 있음	① 불안정 土砂의 고정, 山脚固定 등에 미치는 영향을 검토해야 함 ② 土砂流出이 심한 계류에서는 댐 下流面이 마모되거나 손상되기 쉬으므로 댐 下流域의 洗掘에 미치는 영향을 검토해야 함
	2. 직선이나 평면이 많아 대규모인 경우에는 위화감이 있음	요철, 곡선, 폭면을 살린 治山댐(아-치댐 또는 자연 폭포와 비슷하게 하거나 放水路를 圓弧狀으로 함)	① 주변의 자연경관에 조화되어 눈에 띠지 않음 ② 기하학적 경관을 창출할 수 있음	① 낙하하는 流水나 土砂의 局部的 집중에 의한 河床의 局所洗掘 대책을 검토해야 함 ② 地盤 支持力 등 구체적인 지질을 조사해야 함
	3. 堆砂地가 불모지화하여 위화감이 있음	堆砂후 流路를 고정하여 삼림을 조성함	안정감이 있고 동물과 인간이 水邊에 접근하기 쉬움	① 土砂 調節機能에 미치는 영향을 검토해야 함 ② 조성한 삼림을被害 緩衝林으로 검토해야 함 ③ 다음 出水에 대한 流木對策을 검토해야 함
材料와 表面形狀	직선적, 평면적인 구조 및 콘크리이트 색체가 周邊 景觀과 위화감이 있음	① 구조물의 표면을 自然石으로 덮음 ② 콘크리이트 표면에 불규칙한 요철을 붙이거나 自然石과 비슷하게 함 ③ 콘크리이트 표면을 통나무 등의 목재로 덮음 ④ 콘크리이트 표면을 덩굴류로 덮음	① 自然石에 의해 위화감이 줄어 들 ② 自然石에 가까워지므로 위화감이 적어짐 ③ 통나무로 덮이므로 위화감이 없어짐 ④ 植生으로 덮이므로 자연적인 경관이 됨	① 自然石의 효율적인 고정방법과 土石 충돌에 의한 張石의 이탈대책 방법을 검토해야 함 ② 土石의 충돌이나 流下에 의한 콘크리이트 표면의 마모와 손상에 대한 방지법을 검토해야 함 ③ 통나무 耐用年數, 부식 후의 유지관리 방법을 검토해야 함 ④ 지역에 있는 덩굴류를 선택하여 越流部 대책에 이용해야 함

(슬리트 방식, 물빼기 구멍의 확대, 스크린 댐 등)이 시공되고 있으며, 뱀어깨 부분에 盛土를 한 후 수목 등을 식재하는 방식도 시도되고 있다. 특히 투과형 댐은 어류 및 수생동물의 보호, 反水面의 경관차단 방지, 통행로 확보 및 지역 경관에 알맞은 댐 형태의 변형이 가능하다는 등의 이점이 있어 화산형 하천사방지를 중심으로 시공되고 있다(丹羽 薫, 1990).

즉 사방시설물의 설치계획시 표 1과 같이 시설물의 높이, 基數, 형식 및 재료 등이 친환경적이 되도록 노력하고 있으며, 경관보전이 필요한 장소에는 주변 삼림에 어울리는 木製構造物을 이용한 공법이 도입되고 있다. 특히 이러한 노력에는 간벌재가 유효하게 이용될 수 있으므로 현재 문제가 되고 있는 간벌재 수익 사업에도 효과적이며, 이미 일부지역에서는 통나무로 사다리꼴의 사방댐 틀을 짜 맞춘 다음 댐 틀 안에는 현지에 분포하고 있는 토석 등을 채워 넣는 목재댐이 시공되고 있어(北海道林務部治山課, 1994) 우리나라와 같이 중·소규모의 토사이동이 빈번히 발생하고 있는 산지급류 하천에서는 유효하게 이용될 수 있을 것이다.

3.3.2. 流路工 및 護岸工

유로공은 홍수시에 流水의 파괴력이 증가하여 하상변동이 발생하는 것을 방지하기 위해

하상면을 홍수유량에 대응하여 산정하고 있으나 갈수·평수와 홍수의 유량차가 크기 때문에 유수가 하폭 전체를 유하하는 경우는 몇년에 한번 발생하는 정도이다. 따라서側岸의 일부 구간을 중심으로 親水工法, 親自然工法에 대한 연구가 진행되어 자연석으로 低水路를 만들거나 자연스럽게 사행시키기도 하며, 시설계획 시에는 하폭, 바닦막이의 낙차·基數, 단면, 法線, 護岸 물매 및 재료 등에 대해 표 2와 같은 사업이 추진되고 있다. 또한 기본 제원을 결정한 후에는 학식 경험자, 공사 담당자, 지역 대표자 등으로 구성된「景觀檢討會」로 하여금 유로공 시공에 따른 문제점, 마을의 장기 전망 및 이에 대응한 유로공 구조에 대한 요망 사항 등을 파악하여 시설설계에 적극 도입하게 하는 등 계획 당초부터 유로공과 주변부의 경관을 검토하고 있다(御坊田 裕己·山下 正吉, 1992).

여기서 경관공법의 검토 항목은 ① 지역 분단 이미지 배제, ② 여울과 숲이 풍부한 수변 창조, ③ 콘크리이트나 인공 구조물의 표면 노출 배제, ④ 유로공의 주변이나 내부에 산책로 확보(사진 11) 등이며, 구체적 공법으로는 ① 3할 물매의 護岸 포설, ② 低水路 설치, ③ 鐵平石쌓기 블록 호안(사진 12), ④ 낙차공의 수경, ⑤ 계단호안 등이 도입되고 있다. 특히 생태계와 경관을 보전하고 친수성을 배려한 유

表 2. 景觀을 고려한 流路工 및 護岸工의 특징과 검토사항(橋岡 伸守, 1993)

分類	問題點	改善策	長點	構造物의 檢討課題
構造	護岸이 급물매인 비탈면은 위화감이 있음	緩傾斜治山댐 階段護岸	안정감이 있고 동물, 인간이 水邊에 접근하기 쉬움	曲流部의 土石流나 홍수에 의한 越流와 水位上昇 등을 검토해야 함
材料와 表面形狀	직선적, 평면적인 표면형상과 콘크리이트 표면이 주변의 경관에 어울리지 않는 경우가 있음	① 植物材料를 이용한 護岸工, 水制工, 水害防備林造成 ② 목재, 석재, 化粧 및 칼라 블록 등을 이용한 공법	① 숲이 증가하여 自然景觀을 창출함 ② 요철이 증가하여 위화감이 감소됨	① 土石流, 洪水시의 浸蝕에 대한 저항력을 검토해야 함 ② 목재의 경우에는 耐久性을 검토해야 함

로 공을 시공하기 위해 ① 물총새 등의 생식지 보전하기 위한 急厓地 보전, ② 어류 등의 생태계 보전을 위한 舊流路의 流水 확보, ③ 現流路와 자연과의 조화를 위한 콘크리이트 표면의 자연석 붙이기와 괴복처리, ④ 親水性을 배려하기 위한 右岸의 2부 물매 조성, ⑤ 표면 覆土와 景石 배치, ⑥ 左岸 상류의 7할 물매 조성과 자연석 모양의 블록 붙이기, ⑦ 하류의 경관지역에는 계단 호안 부설, ⑧ 유로공 주변에는 야조, 야초, 지형, 화석림, 광석 등에 대한 설명판 설치 등 지역특성과 환경에 적합한 공법을 선택하여 부가가치가 높은 시설을 배치하고 있다(井良澤 道也 등, 1995; 中尾 忠彦, 1993; 笹原 則之·鹿田 良男, 1995).

한편 自然河岸 및 주변은 수생생물의 중요한 생식공간이므로 생태계의 입장에서는 자연상태로 보전되어야 할 공간이나 홍수시에는 하상변동이 심하므로 물리적 안정을 위해 비환경적인護岸工이 연속적으로 시공되어 문제가 되어 왔다. 따라서 홍수시에 세굴이 심한 水衝部는 河岸浸蝕을 방지할 수 있는 공법이 도입되고 있으나 그렇지 않은 구간은 생태계를 배려한 친환경적인 구조의 호안공을 시공하거나 자연식생의 호안보호기능을 증대시키는 방안이 강구되고 있다. 즉 완만한 호안 물매 조성, 큰 입경의 하상재료를 이용한 계단 만들기, 대상지역의 생태계 유지와 증진을 위한 在來種 도입, 水生植物 植栽와 같이 살아 있는 식물도입 및 河床의 암석이나 토사와 같은 자연소재를 병용하는 방법이 도입되어 埋枝工法에 의한 植生護岸工, 埋枝 및 埋石을 이용한 植生魚巢護岸工法 및 水生植物네트植栽工法 등의 친자연적인 공법이 시공되고 있다(鈴木 興道, 1992, 1993; 吉野 勉·横川 宏志, 1995).

3.3.3. 魚道

어류는 유량, 수질, 피난장소, 먹이, 산란장 및 回遊路 確保와 천적으로부터의 보호 등의 생육조건이 필요하나 각종 치산사업은 ① 치산댐에 의한 수생생물의 遷上沮害, ② 댐 상하류

의 분단, ③ 유로공에 의한 수생생물의 생식 저해, ④ 山腹工의 외래종 도입에 의한 식생변화 등을 가져와 어류의 생육조건에 악영향을 미치고 있다(橋岡 伸守, 1993). 특히 河川改修는 하도의 직선화에 의해 진흙, 砂質帶, 河岸植物帶, 물 용덩이 등의 감소와 平瀨의 증대를 가져 올 뿐 아니라 하상재료를 감소시켜 하상면이 단순화되므로 개수전의 蛇行部를 직선화 한 구간을 중심으로 어류의 생육에 악영향을 미치고 있다(島谷 幸宏 등, 1993).

한편 치산사업의 시공대상지는 일반적으로 源流部이므로 常水가 적고 어류가 살지 않는 곳이 있어 어도를 만들 필요가 없는 구간도 있으나 常水가 많고 물고기가 생식하고 있는 장소에는 반드시 어도를 설치하여 수생동물의 생식공간 및 이동로를 제공해야 한다. 이러한 면에서 어도 확보는 사방시설의 큰 과제이며, 특히 최근의 사방시설의 대형화에 의해 어도의 중요성이 더욱 강조되고 있으므로 지역조건에 알맞은 다양한 방식의 어도가 개발되어야 한다. 일본에서는 어도의 종류(계단식, 扇形, 全斷面, 슬로-프식, 터널식 등), 위치(遡上 經路, 集魚 場所, 주변지형 등의 입지조건), 형식(하천유량, 수위범위, 어도유량, 대상 어류의 遷上能力의 한계치, 입지조건 및 경제적 조건, 설치대상 구조물의 특수성 등), 구조(폭원, 물매,隔壁, 노치, 潛孔,隔壁의 간격, 색채 등), 재료(목재, 석재 등) 및 관리(관리 소재) 등에 대한 연구가 진행되고 있으며(鈴木 興道, 1992; 中村 俊六, 1995, 柳崎 剛 등, 1995), 그림 2와 같은 순서에 의해 魚道設計가 진행되고 있다.

여기서 어도는 기존 사방댐에 어도를 배치할 경우와 신설 사방댐에 배치할 경우를 구분하여 시공해야 하며, 기존의 사방댐에 어도를 설치할 때에도 댐이 滿砂인 상태와 未滿砂인 상태로 구분해서 실시해야 한다(柳崎 剛 등, 1995). 즉 사방댐은 본래 유해토사를 억제할 목적으로 설치하는 구조물이기 때문에 기존의 사방댐에 어도를 신설할 때에는 설치 당시 혹은 장래의 堆砂狀況의 변화나 그 때까지의 堆砂速度를 고

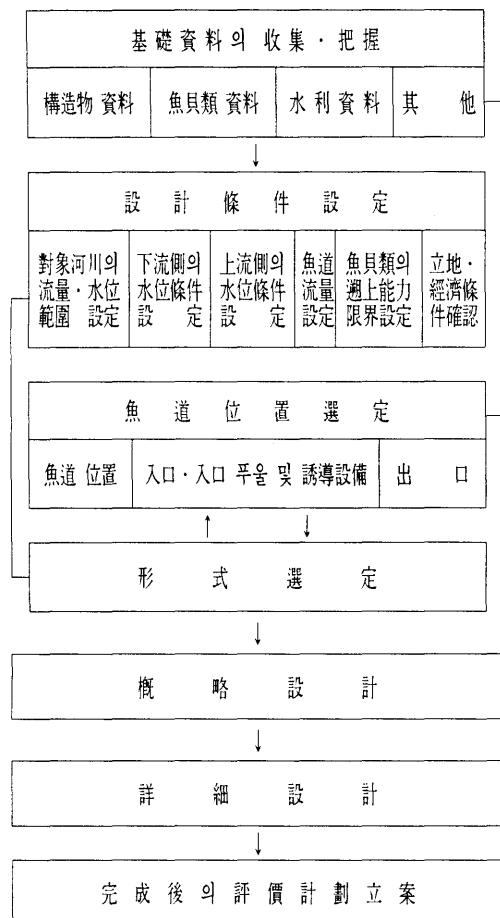


그림 2. 魚道의 設計順序(中村俊六, 1995)

려할 필요가 있으며, 더욱이 댐 위치의 局所地形의 特徵도 있으므로 상류의 固定流路와 물빼기 구멍 등의 상세한 검토가 필요하다. 신설 사방댐의 어도는 계단형 어도를 통상의 不透過型 砂防댐에 부착하여 댐의 未滿砂의 상태로부터 滿砂에 이르기까지 기능을 발휘할 수 있도록 어도 측면에 출입구를 신설하고 있다(水山高久 등, 1994).

결국 어도는 하천을 이동하려는 어류에게 장해가 되는 공간인 댐, 자연 폭포 등에 인간이 만들어 주는 「물고기의 길」이라 할 수 있으며, 언제나 자유롭고 안전하게 회유할 수 있는 물고기의 길을 확보하는 것이 인간의 풍요와

안정을 위해 하천을人工화한 것에 대한 보상임과 동시에 적극적 의미에서 어류가 살기 좋은 하천을 만드는 첫 걸음이라 할 수 있다. 이러한 면에서 최근의 사방시설물은 종래의 인공적 垂直壁形式으로부터 自然石을 이용한 低댐群, 완만한 斜路式 바닥막이, 계단형 바닥막이 등 어도를 설치할 수 있는 형식이 주로 시공되고 있으며, 특히 水制工은 ① 치수에 악영향을 미치지 않을 것, ② 공중이 설치개소의 하도특성과 일치할 것, ③ 설치장소의 하천풍경, 護岸形式과 일치할 것, ④ 호안, 하안식재 등과 일체가 되도록 할 것 등이 강조되고 있다(山本晃一, 1993).

3.3.4. 水質保全工

수질보전을 위해 하류역의 하수도정비 등에 의한 정화대책과 배수규제 등의 發生源對策을 실시하고 있으나 발생원 대책만으로 개선이 불가능한 경우에는 하천이나 호수의 수질정화대책을 적극적으로 실시해야 한다. 즉 각종 정화방법에 의해 하천이나 호수가 본래 갖고 있는 정화능력을 회복시키도록 노력해야 하며, 수질정화대책이 큰 성과를 얻기 위해서는 관계기관이 긴밀한 연대하에서 대책을 수립함과 동시에 지역주민이나 자치단체가 수원지역과 하류지역을 배려하는 입장에서 수질보전을 위한 세심한 노력을 기울여야 한다. 일본의 경우 각 계획대상하천마다 「地域協議會」를 설치하여 하천부분에서는 河川淨化事業, 流水保全水路事業, 댐貯水池水質保全事業 등을 실시하고 있으며, 지역주민과 자치단체는 수로 등의 水質淨化事業, 農業聚落排水事業, 畜產排水對策, 生活排水對策, 美化清掃活動 및 排水規制 등을 실시하고 있다(리버프런트정비센타, 1994).

한편 산지금류하천의 경우에도 鋼製 댐과 鋼製 틀에 木炭 및 活性炭 등의 정화 필터를 장착하여 汚濁水, 유기물 등을 정화하는 수질보전시설이 시공되고 있으며, 또한 강제 틀의 안채우기 재료로 사용되는 河川石이 원래 하천석 사이에 부착하고 있는 미생물에 의해 유기물을

분해시키는 작용이 있는 것을 이용하는 방법이 도입되고 있다. 즉 자연석의 유기물 분해작용을 증진시키기 위해 목탄이나 활성탄 필터를 복수로 설치한 후 하천수를 그 속에 통과시켜 유해물질을 흡착시키게 하는 공법이 최근 일부 지역에서 시공되고 있다(傑井 亨, 1992).

4. 結 論

이상과 같이 일본의 親環境的 砂防事業에 대한 자료를 수집, 분석한 결과 사방사업이 단순한 防災事業이 아니라 환경을 보전, 창출하는 사업으로 인식되어 水邊에 생물자원이 풍부하고 인간과 친밀한 공간을 만들기 위한 다양한 노력이 시도되고 있음을 알 수 있었다. 그러나 우리나라의 경우는 사회 전반적으로 친환경적 사방사업에 대한 인식이 부족하므로 친환경적인 산지급류하천 공간조성에 역행하는 사업이 진행되고 있으며, 또한 지금까지 산지방재분야에서 많이 사용해 왔던 자연소재에 의한 친환경적 사방사업이 경시되고 있는 실정이다.

따라서 우리나라에서도 환경을 고려한 사방재료·형식·구조 및 관리 등에 대한 재검토와 이에 대한 학계·관계·업계 등의 공동 노력이 필요하며, 동시에 친환경적 사방사업을 위해 다음과 같은 내용이 충분히 고려되어야 할 것이다. 즉 ① 환경이나 경관 변화를 장기적 시점에서 생각할 것, ② 직접적으로 사방대상이 되는 개개의 계류시설만을 생각하지 말고 그 주변 환경이나 배경경관 전체 속에서의 조화를 생각할 것, ③ 전국적으로 획일적인 공사를 진행하는 것이 아니라 그 지역특성을 잘 살린 사업이 되도록 할 것, ④ 그 지역의 潛在植生을 찾아내 그것을 顯在化시키도록 할 것, ⑤ 시공후의 추이변화를 추적 조사하여 적절한 환경영향평가를 실시할 것, ⑥ 환경영향 평가 결과를 기초로 하여 적절한 유지관리를 시행할 것, ⑦ 지역계획, 지역진흥사업 등 타산업과의 관련도 충분히 고려할 것 등이다(丸井 英明・水山 高久, 1994).

引用文獻

1. 阿部 宗平・水山 高久・矢島 重美. 1990. 環境を考慮した砂防設備のコンクリート表面處理の評價. 土木技術資料 32(7):67-72.
2. 青木 佑久. 1990. 魅力ある河川環境整備. 土木技術資料 32(9): 25-32.
3. 芦田 和男. 1994. 好ましい水環境. 地形 15(4): 327-347.
4. 御坊田 裕己・山下 正吉. 1992. 北海道における新しい砂防. 地形 13(4):301-308.
5. 橋岡 伸守. 1993. 環境に優しい治山事業 その(1). 治山 37(11): 8-16.
6. 橋岡 伸守. 1993. 環境に優しい治山事業 その(2). 治山 37(12): 9-14.
7. 北海道林務部治山課. 1991. 木で山をまる -木製土木施設開發事例-. 社團法人北海道治山協會 95pp.
8. 北海道林務部治山課. 1994. 北海道における省力森林土木工法等開發パイロット事業の概要について. 治山 39(1): 15-20.
9. 細見 寛・清水 裕. 1992. 21世紀に向けての河川整備 -第8次治水事業五箇年計劃(策定)をめぐって-. 土木技術資料 34(5): 16-19.
10. 吉野 勉・横川 宏志. 1995. 自然景觀保護地區における排水路の護岸工法. 水と土 103: 2-8.
11. 井良澤 道也・佐藤 義晴・菊地 昭紀・長谷川 達也. 1995. 自然環境を考慮した常水路の検討事例 -自然營力を活用した生態系にやさしい川づくり-. 新砂防 48(2): 31-34.
12. 岩元 高治. 1993. 治山事業における省力化工法の一考察. 治山 37(11): 18-23.
13. 小橋 澄治. 1994. 砂防事業に關わる環境問題. 環境と調和した砂防事業に關する研究: 58-67.
14. 丸井 英明・水山 高久. 1994. 環境と調和した砂防事業の基本方針. 環境と調和した砂防事業に關する研究: 68-78.

15. 中村 俊六. 1995. 魚道のはなし. 山海堂. 225pp.
16. 中尾 忠彦. 1993. 新しい河岸處理. 土木技術資料 35(8): 20-21.
17. 丹羽 薫. 1990. 河川環境講座(その7) -ダムの景觀整備-. 土木技術資料 32(7): 73-79.
18. 水山 高久. 1992. 環境を考えた砂防への動きと課題. 地形 13(4): 297-300.
19. 水山 高久・中村 淳治・阿部 彦七. 1994. 階段型魚道を組みこんだ砂防ダムに関する研究. 新砂防 47(4): 39-43.
20. リバーフロント整備センター. 1994. 川 -日本の水環境・文化の明日を想う-. 山海堂. 128pp.
21. 笹原 則之・鹿田 良男. 1995. 多自然型護岸工法の提案 -2種の護岸工法による水際の綠化について-. 日本綠化工學會誌 20(4): 274-278.
22. 島谷 幸宏・小栗 幸雄・萱場 祐一. 1993. 中小河川改修が生物生息空間及び魚類相に與えた影響 -鬼怒川支川の田川を例にとって-. 土木技術資料 35(11): 33-38.
23. 島谷 幸宏・萱場 祐一・小栗 幸雄. 1994. 多自然型川づくり計画におけるハビタットの重要性. 土木技術資料 36(12): 48-51.
24. 清水 裕・島谷 幸宏・小栗 幸雄・神庭 治司. 1990. 河川環境講座(その5) -河川生態系と河川整備-. 土木技術資料 32(7): 73-79.
25. 清水 裕・島谷 幸宏・小栗 幸雄. 1990. 河川環境講座(その6) -河川整備と河川環境の保全-. 土木技術資料 32(8): 73-78.
26. 静岡縣富士農林事務所治山課. 1993. 「猪之頭地區」環境保全總合治山事業について. 治山 38(4): 10-15.
27. 鈴木 興道. 1992. 多自然型河川工法と魚類の生息環境の保全. 水利科學 36 (1): 26-68.
28. 鈴木 興道. 1993. 生物にとっての河岸. 土木技術資料 35(8): 47-53.
29. 山本 晃一. 1993. これからの中制工 -自然堤防帶及びデルタ河川の場合-. 土木技術資料 35(8): 35-40.
30. 柳崎 剛・日浦 啓全・細田 豊・万膳 英彦・立石 耕一・鷺津 隆廣. 1995. 砂防施設への魚道設計に関する2・3の提言. 平成7年度砂防學會研究發表會概要集: 123-126.
31. 築井 亨. 1992. 大阪營林局における水環境整備事業の概要. 治山 37(5): 4-10.

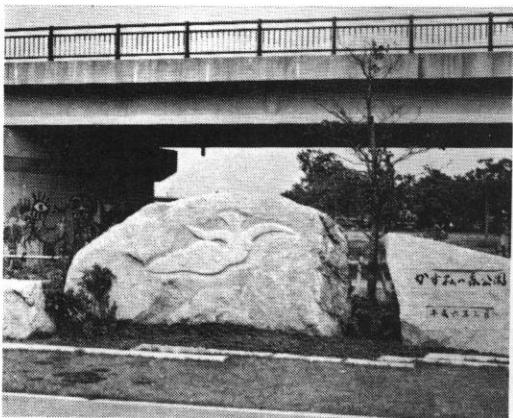


사진 1. 사방대상지 주변부의 공원화



사진 2. 유로공예의 목제교량 설치



사진 3. 사방대상지의 주변 생태계 배려



사진 4. 친수성 향상을 위한 휴식공간 조성



사진 5. 친수성을 위한 계단 및 놀이기구

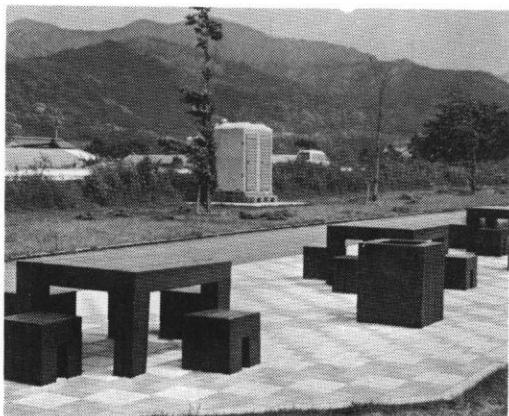


사진 6. 하천공원내의 목제 휴식시설 설치



사진 7. 하천 공작물에 그림 그리기

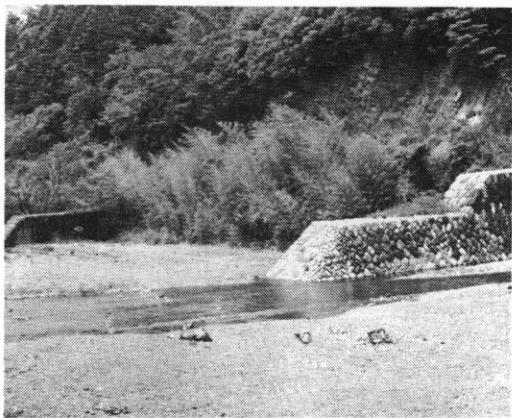


사진 8. 사방댐 표면에 자연석 쌓기



사진 9. 색채 재료에 의한 사방댐 표면처리



사진 10. 댐둑마루 부분에 계단 설치



사진 11. 유로공 주변부의 산책로 확보

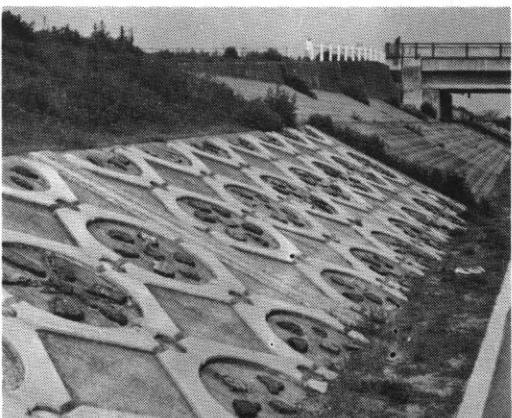


사진 12. 철평석 쌓기 블록 호안공