

## 日本에서 溪流邊의 環境復元 發展戰略(V)

-韓國的 適用을 中心으로-

朴在鉉<sup>1)</sup> · 禹保命<sup>2)</sup> · 權台鎬<sup>3)</sup> · 李憲浩<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> 임업연구원 · <sup>2)</sup> 서울대학교 산림자원학과  
<sup>3)</sup> 대구대학교 산림자원학과 · <sup>4)</sup> 영남대학교 산림자원학과

## Strategy Prospects of Environmental Restoration of Stream Side in Japan(V)

-With a Special Reference to the Application of Korean Style-

**Jae-Hyeon Park<sup>1)</sup>, Bo-Myeong Woo<sup>2)</sup>, Tae-Ho Kwon<sup>3)</sup> and Heon-Ho Lee<sup>4)</sup>**

<sup>1)</sup>Korea Forestry Research Institute, <sup>2)</sup>Dept. of Forest Resources, Seoul National University

<sup>3)</sup>Dept. of Forest Resources, Taegu University, <sup>4)</sup>Dept. of Forest Resources, Yeungnam University

### ABSTRACT

The objective of this study was to introduce the current status and development strategy for the environmental restoration of stream side in Japan, and to consider the methodology which could be effectively applied to the environmental restoration of stream side in Korea.

1. We should establish a new paradigm of forest conservation and erosion control which can emphasize the restoration of the stream side ecosystem and reduce soil movement in the areas. Also, in the past, the objective of forest conservation and erosion control was to fix soil by constructing permanent structures. The direction of future forest conservation and erosion control needs to be new forest conservation and erosion control technology to prevent large scale soil movement but allow small scale soil movement to conserve sound ecosystem and biotic habitats.

2. In the past, the goal of forest conservation and erosion control planning was to fix the amount of soil movement by constructing permanent facilities. Forest conservation and erosion control planning in the future needs to change the techniques which could prevent soil movement from large scale of soil disasters, but allow soil movement effectively to a small and middle scale's soil movement. Also, it is considered to change erosion control dams from non passing type to passing type.

3. In the point of ecological conservation aspects, we should evaluate the effects of new forest conservation and erosion control methods which are emphasized on the restoration of the stream side ecosystem. Also, forest conservation and erosion control construction projects for restoring stream

and river ecosystem should be planned for perfectly restoring their ecosystems by the way of sustainable maintenance and management.

4. The restoration direction of stream and river ecosystems needs to be restoring the diversity of small geographies such as waterway, shoal and puddles rather than flattening stream bed. And the restoration of the stream side ecosystem should provide continuity of the stream side environment which allows desirable biological habitats, and environmentally sound facilities to harmonize with the environment.

Key words : *strategy prospects, stream side environment, environmental restoration, forest conservation, erosion control*

## I. 緒 論

이 논고는 2000년 한국환경복원녹화기술학회지에 게재된 日本에서 溪流邊의 環境復元 發展戰略(I)부터 (IV)까지(朴在鉉 等, 2000a, 2000b, 2000c, 2000d)를 종합적으로 정리하면서 우리나라에서 계류변의 환경복원 발전전략을 수립할 때 적용 가능한 부분을 요약·정리하고, 각종 사업에 효율적으로 적용할 수 있는 방법을 제시하는데 그 목적이 있다.

## II. 水邊林의 概念과 實態

육수생태계는 호소, 연못과 같은 정수생태계, 계류, 강과 같은 유수생태계, 소택지, 늪과 같은 습지생태계로 구분되는데, 이와 같은 육수생태계와 육상생태계의 접경부에는 수변부라는 독특한 생태계가 나타난다(Odum, 1983). 이 수변부는 야생동물의 서식지 및 피난처 제공, 먹이 공급, 부착생물의 착생기질 제공, 동물의 이동통로 제공에 의하여 생물다양성을 제고하고, 대기의 이산화탄소를 저장한다. 또한, 토양침식과 홍수를 저감하고, 지하수 재충전에 기여하며, 식료, 가축사료, 퇴비, 생활용품 재료 등을 공급한다. 아울러 아름다운 경관을 형성하며, 좋은 교육 및 생태계 연구의 장을 제공하는 등 그 기여도가 대단히 크다(조강현, 1997). 따라서 수변구역의 보전을 고려한 각종 치산·사방사업과 생태계보전 문제를 검토할 때에는 계류 및 하천을 중심으로 하는 것이 타당한데, 이는

계류 및 하천이 이 문제의 핵심적인 결과를 도출해내기 때문이다. 토사재해방지의 관점에서 보면 계류 및 하천은 많은 토사를 하류지역으로 운반하는 기능을 수행하고 있어서 필연적으로 토사이동을 조절하기 위한 대책은 계류에서 강구하지 않으면 안 된다. 따라서 계류 및 하천은 유역에서 토사조절 및 방재대책의 중심이라 할 수 있고, 생태계보전 측면에서 보면 계류 및 하천은 지극히 다양하면서도 다면적이고, 독특한 기능을 가지고 있다.

계류변이나 하천의 수역으로부터 육지지역에 걸친 이행대에서는 주변의 산림과는 다른 수변환경에 적응하는 식생이 발달하고 있다. 산림과 하천같이 두 개의 성질이 다른 환경이 서로 이웃한 곳에서는 환경차이에 따라 수변의 독특한 식생경관이 형성된다. 이와 같은 식생의 분포범위는 산림과 하천이 서로 작용하는 공간범위이며, 그 곳에 존재하는 산림은 하천의 상류에서 하류까지를 총괄해 수변림이라 정의할 수 있다. 그러나 실제로, 이들 산림은 계류·하천의 입지환경에 따라서 여러 가지 유형으로 분류된다. 그 첫째가 하변림으로 하류지역의 하천폭이 넓은 하천을 따라서 분포하고 있는 지역을 말한다. 습지림은 충적지 등의 정체가 있고 배수가 나쁜 장소에 분포하며, 수변림은 하천상류지역의 붕적토가 퇴적된 계류 주변에 분포한다. 따라서 상류지역의 계류를 따라서 존재하는 숲을 수변림, 하류지역의 하천을 따라 존재하는 숲을 하변림, 하류지역의 후배습지에 형성된 숲을 습지림이라 정의할 수

있다. 아울러 유로부터 어느 곳까지를 수변림으로 하는가는 세 가지로 구분하는데, 유로, 사력퇴적지, 범람원 등이 직접 계류·하천에 형성된 지형상에 분포하는 산림, 일사차단, 낙엽·낙지, 유목공급 등의 기능을 통해서 계류·하천에 직접 물리적, 화학적, 생물적 영향을 주는 범위에 분포하는 산림, 수변림에서 우점하는 수종에 따라서 구성되는 산림이다(조강현, 2000; 森本, 1998; 中村, 1995; 石塚, 1977).

일본과 우리 나라는 최상류유역에서부터 하구에 이르기까지 천연적인 자연환경 속을 흘러가는 대규모 하천은 존재하지 않는다. 따라서 생태적으로 자연의 모습을 유지하고 있는 하천 및 그 주변환경은 유일하게 최상류지역에서밖에 찾아볼 수 없다. 이와 같이 천연적인 자연환경이 남아있는 집수구역은 자체 환경으로서도 중요하고, 학술적으로도 매우 중요하다.

현재까지 수변림과 그 주변 산림의 구분은 실제 엄밀하게 실시되지 않고, 또 그럴 필요도 없었다. 그러나 수변지역의 환경복원을 위한 산림관리를 실시하는데 있어서는 구체적으로 수변구역을 설정하고 이 지역의 산림을 효율적으로 관리할 필요가 있게 되었다. 따라서 우리나라의 수변구역은 엄격한 규제를 받고 있는 상수원보호구역과 개발제한구역 등을 제외하고, 경기도의 남양주-용인시, 광주-가평-양평-여주군과 강원도의 춘천-원주시, 충북 충주시 등 3개 도 9개 시·군에 걸쳐 있으며, 상수원보호를 위한 특별대책지역의 경우 강 양쪽 1km 이내, 나머지 지역은 500m 이내로 지정했다(환경부, 2000).

하나의 하천이라도 수변림은 상·하류역에 따라 전혀 다르다. 지금까지는 수목의 분포나 갯신이 하천지형과 퇴적물에 의해서 달라진다는 연구결과는 있으나(石川, 1980), 지형변화를 일으키는 계류·하천의 교란이 수변림의 갯신에 미치는 영향은 아직 연구가 미약한 단계에 놓여 있다(崎尾 等, 1995). 그러나 수변지역에 있어서 생물다양성은 다른 곳에 비해 높다고 할 수 있고, 수변림에서의 종다양성은 단순히 수변의 특성인 입지를 선택적으로 이용하는 식

물중균이나 하천의 범람 등 빈번한 교란 하에 적응하는 종균이 보이지 않고, 상부비탈면에서 우점적인 종균이나 원래 넓은 분포지역을 가지면서도 산지사면에서 탁월한 종에게 밀려난 희소종이 피난처로서 수변지역을 이용하고 있다(Gregory and Ashkenas, 1990; 鈴木 等, 1997).

계류·하천지역의 생태계에 있어서도 수변림은 하천에 의한 교란과 밀접한 상호작용 하에 유지되고 있다. 계류·하천지역에서는 증수·범람·토석류에 의한 사력의 침식·운반·퇴적 등의 교란 외에 계류에 접한 계안비탈면으로부터의 교란 등 복잡한 교란체계를 나타낸다. 또한, 빈도·규모·강도가 다른 교란(伊藤과 中村, 1994)에 의해서 형성된 수변지역의 미지형 구조는 복잡한 모자이크 형태가 된다. 수변지역의 교란은 일반적으로 계류를 통과하는 사람의 이동 정도에 그치지만, 태풍이나 장마, 집중호우에 의한 증수 때에는 계류변 사력퇴적지에서 사력침식·운반·퇴적이 발생하고, 이 곳은 새로운 식생의 정착지가 되거나 침입종의 경쟁장소가 된다. 따라서 수변림은 樹冠에 의한 일사차단, 대·소형 유기물의 공급, 유하물의 포착, 지하수의 수질형성 등을 통해서 하천생물상의 서식환경에 큰 영향을 미치고 있다. 이와 같은 생태적 기능에 대해서 근래 미국서해안의 침엽수림대를 중심으로 연구성과가 발표되고 있으나(Gregory *et al.*, 1991), 우리 나라는 일본에서와 마찬가지로 수변림에 대해서는 아직 연구가 부족한 실정이다.

### Ⅲ. 水邊林의 環境復元에 미치는 開發의 影響

#### 1. 砂防댐 工事

하천상류지역에는 풍부한 자연환경이 남아 있고, 그 곳을 흐르는 계류·소하천 주변에는 자연도가 높은 수변림이 연속적으로 존재하고 있다. 따라서 이와 같은 장소에는 사방댐을 하나 건설하는 것만으로도 그 유역에 남겨진 자연경관을 파괴시킬 수 있다.

사방댐 건설이 수변림에 미치는 영향은 사방

공사를 위한 공사용 도로나 자재반입시설의 부설, 댐 본체의 건설 등으로 인해 하천주변의 좁은 범위를 대상으로 성립하는 수변림이 광범위하게 별채된다. 즉, 수변지역의 산림식생은 수령이 많고 단면적이 큰 수목으로 구성되고 종다양성도 높다. 그러한 식생이 한순간에 없어지면 그 수목을 복원하기 위해서는 많은 시간을 필요로 한다. 이는 동시에 수변의 경관파괴도 의미한다. 또, 공사용 도로에 대해서는 사람이나 자동차의 통행으로 인한 쓰레기의 투기, 수목·초본식생의 도벌이나 남획 등 주변식생에 적지 않은 영향을 미치게 된다. 또한, 사방댐 시공시 본체 시설의 완성에 따라 하천에 의한 교란체계가 변화하고, 그 결과 시설의 상류부분이나 하류지역 수변식생의 수몰, 물 유입, 토사퇴적으로 인한 다양한 영향이 나타난다. 시설공사 완료 후에도 댐이나 공사용 도로로 인해 조기에 식생회복이 어렵기 때문에 침식이나 비탈면붕괴를 방지하기 위해서는 외래 녹화수종·초본류를 도입하는 녹화공사가 행해져서 이로 인해 주변의 자연식생이 영향을 받게 된다. 그러나 이러한 조치에 의해서도 댐 양쪽 끝부분이나 작업 도로 지역에서는 식생이 회복되지 않고, 장기적으로도 무림목지가 계속 존재하는 경우가 있다. 이와 같이 한번 파괴된 수변림을 원래의 모습으로 복원시키기에는 많은 노력과 장시간이 필요하다.

사방댐 등 낙차를 요하는 구조물은 동물의 이동에 장애를 발생시킨다. 특히 생활사 중에서 상·하류, 계류와 해양을 왕복하는 회유어에게 있어서는 상류로 이동하는데 장애가 되어 댐의 상류에서는 이들 개체군의 소멸을 야기시키기도 한다. 또한, 상류지역에서만 생존하는 개체군도 댐 등으로 인해 분단되면 개체군이 쇠퇴하고, 심한 경우에는 멸종으로 이어질 우려도 있다. 즉, 대규모 사방댐의 축설은 하천지표수의 연속성을 단절시킬 뿐만 아니라 하상공극수역도 분단하게 된다. 그 결과 수생곤충 등 생물군집에게 영향을 미치고 지상으로 이동하는 동물들에게도 댐으로 인해 회유하는 거리가 길어져 그 영향이 나타난다. 더구나 치산·사

방공작물이 설치되는 장소나 그 인근 지역은 식생이 제거되기에 수변림의 보전에 문제가 발생되고 있다. 특히 선상지에서는 유로를 따라 설치되는 流路工에 의해서 수변림이 연속적으로 제거되고 있다. 아직까지 우리 나라에서 이 부분에 대한 연구는 본격적으로 이루어지지 않고 있지만 하천에서의 구조물 설치로 인한 이러한 피해는 잠정적으로 나타나 있기도 하다(우효섭과 박재로, 2000). 아울러 우리 나라에서 실시하고 있는 사방댐은 대부분이 중력식 사방댐이며, 비투과형이므로 하천 및 계류생태계의 연속성을 유지하기 위한 시설의 개발이 필요하다(禹保命, 1997).

사방댐 축설에 따른 퇴사지의 발달이나 콘크리트호안은 이와 같은 횡단방향의 연속성을 단절하게 되고, 계류생태계가 사방댐이나 콘크리트호안에 의해서 분단되고 있다(系林, 1991; 建設省九州地建設局河川部, 1994). 따라서 확폭부내에 사방댐을 설치하고 본래의 퇴사역을 저류장소로 선택하는 것은 합리적이지만, 댐의 폭이 넓어지기 때문에 비경제적이므로 자연히 낮은 댐으로 시공하여야 한다. 그러나 계류에 서식하는 어류생태계 보전을 위한 환경보전적 측면에서 저댐군 공법이 종래의 유로공과 같이 불안정한 재료로 시공될 우려가 있다. 더욱이 짧은 간격마다 댐을 설치하는 것은 계안의 콘크리트화를 의미하고, 일련의 수평구조물 설치는 전면적, 광역적인 하상의 평탄화를 의미하게 되므로 짧은 간격으로의 댐 설치는 충분한 검토를 통해 시공해야 할 것이다(東, 1982).

## 2. 流路·護岸工事

하천이 산간지역에서 평야지역으로 흘러내리는 지역에서는 유로의 고정이나 범람방지, 세굴로 인한 토지·가옥 등의 유실방지를 목적으로 하는 유로·호안공사 등의 하천개수가 왕성하게 실시되고 있다. 또한, 이와 같은 장소에서는 하천주변의 토지이용도 진전되어 경지·택지 등이 하천에까지 이르러 하천주변의 자연환경도 손상되고, 수변림에 대해서도 거리가 2차림화되거나 단편화되는 현상이 두드러지게 나

타난다. 이러한 선상지 주변에서 실시되고 있는 현재의 유로·호안공사 등의 하천개수사업은 수백 m에서 수 km 범위에서 육상생태계와 하천생태계의 상호작용을 단절하고, 수변의 생태적 기능을 파손하는 결과가 된다. 즉, 유로공사는 기본적으로 하천의 방수로화를 의미하고, 유로를 좁게 만들며, 고정해서 육지지역과의 사이에 큰 낙차를 만들어 낸다. 따라서 건설시에는 하천주변의 식생이 파괴되고, 수변림도 별채되는 경우가 많다. 그 결과 수변을 서식지로 하는 야생식물의 지역개체군이 절멸하는 위험성이 생기고, 수변림은 생태적 회랑의 기능을 잃게 된다(太田과 高橋, 1999).

유로·호안공사는 시설 완공 후 주변에서의 植樹나 자연력에 의해 식생 회복이 진행되지만 유로가 좁혀지고, 고정됨으로 인해 범람원이 좁아지거나 소멸해서 다양한 식물종의 서식지가 파괴되거나 소멸되고, 본래의 식생 회복은 곤란하게 된다. 또한, 토사이동이나 유로변동은 그 시점에서 그 곳에서 서식하는 동물에 있어서는 치명적인 교란요인으로 작용하지만, 동시에 그 생물에 있어서 필요 불가결한 서식지를 형성, 유지하는데 도움을 주기도 한다. 그러나 호안 및 유로공사는 이와 같은 동적인 구조를 억지하고, 오히려 토사나 유로를 고정화하는 것을 목적으로 하기 때문에 이러한 야생동·식물 서식지의 근본적인 변화를 가져오는 원인이 된다(竹門, 1991; 大野, 2000). 또한, 유로에서 횡단방향의 연속성도 문제가 된다. 유로근방에서는 하상공극수역이라는 지하수와 하천수의 중간적인 수역이 있다(White, 1993). 선상지, 범람원, 협곡의 확폭부 등에서는 이와 같은 하상공극수역이 특유의 동물상을 가짐과 동시에 하천수와 지하수 사이의 물질순환에 중요한 역할을 담당하고 있고(Stanford *et al.*, 1994), 수변에서는 특유한 식생이 분포하고 있어 양자의 사이에서는 崖錐의 형성이나 洗掘에 의한 토사의 제거 등을 통한 상호관계가 존재한다. 즉, 비탈면은 그 바닥이 토사, 유기물, 무기영양염의 공급원이 되고, 流水는 이들을 하류로 운반하고 비탈면 기부를 세굴함으로써 그 상부비탈면의

발달과정에 영향을 미치고 있다. 따라서 유로 및 호안공사가 이러한 생태적 기작을 파괴함으로써 계류 및 하천생태계를 파괴하는 역기능을 하므로 이러한 기능을 보전·복원하기 위한 기술의 개발은 시급하고도 절실하다고 할 수 있다.

#### IV. 溪流生態系 復元을 위한 多様な 發展戰略

##### 1. 環境親和型 砂防構造物 設置

현재까지 치산·사방사업분야에서 계류는 물과 토사가 이동하는 장소이지 생물이 이동하는 장소라고는 생각하지 않았다. 그러나 계류는 물과 토사뿐만 아니라 생물의 서식을 위해 상·하류로 이동하는 장소이고, 수질형성물질 즉, 이온이나 유기물의 이동도 주목되고 있다. 따라서 낙차가 큰 비투과형 구조물은 생물군집의 보전에 좋지 않은 영향을 미치고 있고, 생물군집의 건전한 서식을 가능하게 하는 서식지의 유지를 위해서는 계류환경의 연속성을 확보해야 한다(川道, 1997). 이러한 측면에서 우리나라에서 시행하고 있는 철강제댐이나 환경친화형 사방구조물의 시공은 아직 미흡한 점이 있다고 판단된다(朴在鉉 等, 2000). 따라서 계류생태계와의 조화를 고려할 때 대안이 될 수 있는 것이 환경친화적인 투과형 구조물이라 할 수 있다(西川 等, 1996). 아울러 치산·사방사업시 계류생태계에 미치는 영향을 최소화하고 경관과 조화되는 치산·사방공법의 계획, 설계, 시공에 대해서도 계류생태계와의 조화를 충분히 고려해야 한다. 그러나 계류생태계와 조화되는 치산·사방사업을 추진하기 위해서는 현시점에서 극복하기 곤란한 문제가 많다. 따라서 이러한 문제를 극복하기 위해서는 많은 치산·사방기술자, 생태학자, 과학자들의 지혜를 모은 기술개발이 필요하다.

##### 2. 治山·砂防工事의 技術的 改良

종래의 사방공사는 계획대상 규모가 상당히 큰 토사이동현상에 의한 피해를 억제하는 것이

주요 목적으로 그 이하의 현상이나 평상시의 계류환경 등에 대해서는 거의 관심을 두지 않았다. 그 결과 치산·사방공사의 실시에 따라서 계류 주변의 원래 생태환경은 변하게 되었고, 생물군집의 다양성이 급속하게 변화되는 사태가 발생하게 되었다.

현재 실시되고 있는 치산·사방공사의 대부분은 계류생태계의 보전이라는 관점에서는 많은 문제점을 안고 있다. 즉, 방제기능을 발휘하기 위한 치산·사방시설의 구조에 관한 검토와 더불어 생태환경과의 조화에 관해서도 상세한 검토를 거치지 않고 대부분의 공사가 진행되고 있는 실상이다. 그러나 생태계보전의 필요성·중요성은 행정가·현장 기술자 등에게도 인식 되도록 하고 있고, 구체적인 문제점의 추출이나 대응책의 검토도 실시되고 있으며, 이를 점차적으로 치산·사방공사에서도 반영하려고 노력하고 있다(竹門 等, 1995; 竹門, 1997). 따라서 계류에 있어서 생물군집의 존재는 생물종 상호관계로 규정된 것과 같이 상류에서 하류로 향한 여러 가지 환경요소의 연속적 변화로도 규정된다. 따라서 유역 내의 귀중한 자연환경 또는 생태계에 관해서 인위적인 변화에 의한 영향이 크고 대체가 곤란한 경우에는 해당 구역을 사업제외구역으로 정하는 Zero-공법(Baden-Württemberg Um weltministerium, 1993)으로 시공하는 유연한 대응이 필요하게 되었다. 뿐만 아니라 건전한 생태계를 유지하기 위해서 필요한 자연도를 일정한 범위에 걸쳐 확보하기 위해서는 토사유출에 의한 하류로의 영향이 비교적 경미한 지역은 거의 인공적인 변화를 실행하지 않는 상태로 관리하는 것 즉, 교란을 허용하도록 치산·사방사업계획을 책정하고, 아울러 대규모 치산·사방시설을 설치할 필요가 있는 경우에는 생태환경으로의 영향도 커지게 된다고 생각할 수 있기 때문에 사전조사를 면밀하게 실시하거나 환경영향평가 등 사업에 따른 생태적 영향을 검토한 후에 사업을 추진할 필요가 있다. 현재까지 우리 나라에서도 이러한 대규모 치산·사방공사에 따른 환경영향평가는 실시하고 있지 않은데, 이러한 면은 계류 및 하

천생태계의 건강을 고려한다면 충분히 검토할 필요가 있는 부분이라고 생각된다. 아울러 기존의 사방시설에 있어서도 생태환경의 보전상 문제가 되는 시설은 적극적으로 개량해야 할 필요가 있다. 즉, 개량 방법은 해당 치산·사방시설의 규모나 계획상의 위치를 충분히 고려해서 선정해야 한다. 기본적으로는 어도, 전면계단식 수로공, 물이 통과하는 천단의 절개 등 부대시설의 추가, 평상시 물의 흐름에 변화를 주는 석력의 이동 등 자연재료의 부가사용이나 수림대의 도입 등의 방법을 생각할 수 있다. 그러나 기존 사방시설의 방제상 기능을 환경에 대한 영향이 적은 다른 방법으로 대체해도 유역 전체의 안전성을 확보할 수 있고, 그것이 생태환경의 보전상 큰 효과를 기대할 수 있는 경우에는 시설 그 자체의 철거를 포함해서 근본적인 개량을 검토해야 한다(太田과 高橋, 1999).

### 3. 溪流生態系 復元을 위한 效率的인 流域管理

계류생태계 복원은 국소지역에서의 대응이 아닌 유역 전체를 대상으로 목표를 설정해야 한다. 따라서 계류생태계 복원을 위해서는 상류지역에서 하류지역에 이르기까지 생물상의推移나 환경구조의 변화를 인식하여 치산·사방공사의 영향을 고려하지 않으면 안 된다. 아울러 각 계류에 대한 개별적인 대책을 강구하기보다는 유역 전체에서 치산·사방사업과 계류생태계 복원과의 조화를 검토해야 한다. 즉, 계류생태계 복원을 위해서는 계안역, 하류역, 하구역, 해안역, 연해역 및 인접한 유역과의 관계를 검토하고, 토사공급량 및 이동량을 적절한 수준으로 유지하는 것이 필요하며, 각 유출 과정에 따른 야생 동·식물 서식지보전에 대해서도 전체 계획 아래에서 고려해야 한다(玉井 等, 1993).

### 4. 治山·砂防工事의 發展戰略

계류생태계 보전을 목표로 한다면 어느 정도 교란을 허용하도록 하는 사업계획이 필요하게 된다. 따라서 사방댐은 투과형 댐으로 가능한 대처하는 것을 원칙으로 해야 할 필요가 있다

고 생각된다. 즉, 사방댐은 보통 산각고정, 중침식방지, 하상퇴적물유출방지, 토석류억지, 유출토사억제·조절 등의 목적으로 시공되지만 산각고정댐을 제외하고는 꼭 폐쇄형의 사방댐일 필요는 없고, 규모도 클 필요가 없다. 아울러 사방시설로서 사방댐에만 의존할 필요가 없고, 토사조절기능이 유역 전체로 확보되어 있다면 문제는 크지 않다고 생각할 수 있다(禹保命, 1997).

중침식방지 및 하상퇴적토사의 유출방지는 낮은 낙차의 상고공으로도 대응이 가능하다고 생각된다. 따라서 토석류대책, 유출토사억제·조절을 목적으로 하는 경우는 투과형 사방시설 즉, 개방형 사방댐 등을 채용하면 평상시에는 저사용량을 확보해 둘 수 있고, 필요한 시설규모를 억제할 수도 있다. 더구나 계류연속성의 파괴, 교란의 억제 등 생태계로의負 영향을 제거할 수도 있게 된다. 또한, 투과형 사방시설의 경우 평상시에는 퇴사가 급격하게 진행되지 않기 때문에 퇴사부의 시설 주변에 있어서 급변하는 환경변화도 억제할 수 있다. 즉, 환경보전을 목표로 사방시설의 배치를 검토한다면 생태계의 연속성 보전이 가능한 투과형 사방시설을 우선적으로 배치하고, 필요한 경우에는 폐쇄형 사방댐을 배치할 수밖에 없을 것이다. 그러나 폐쇄형 사방댐을 설치할 경우 환경에 배치되는 문제는 어류를 비롯한 계류 내의 생물이 이동하기가 곤란하기 때문에 사방댐의 하류경사를 완만하게 하도록 하는 것이 대책으로서 유효한데, 이 때에는 강도상의 문제 등 기술개발을 필요로 하는 부분도 있다. 아울러 상고공의 낙차를 해소하기 위해서는 전면 계단식 공법도 검토할 필요가 있으며, 이 경우에도 세굴을 막는 등 배려가 필요하다고 생각된다. 또한, 유로정비는 유로의 시정에 의해서 난류를 방지하는 일, 종단경사의 규제에 의해 중·횡단침식을 방지하는 것을 목적으로 실시한다. 따라서 유로공은 일정한 단면으로 급격한 경사변화가 없도록 계획하기 때문에 유로공 내부는 단조로운 영역이 되는 경우가 많다. 아울러 유로공 구간에 있어서는 계안침식으로 인한 토사공급방지

를 목적으로 계안에 시공하는 일이 일반적이기 때문에 육지와 수역을 분단하는 일이 많다. 유로공이 환경에 미치는 영향은 평상시 유수의 평탄화, 횡단방향의 분단성, 하상의 교란빈도의 적음 등을 들 수 있다. 유로공은 필요최소한의 폭으로 시공되는 일이 많기 때문에 호안으로 분할된 유로폭이 좁은 범위로 한정되므로 유로공 내에서 토사의 퇴적은 허용되지 않는다. 따라서 장래 유로정비는 유로폭의 확대가 필수적이고, 평상시에 상류로부터 일정량의 토사공급을 허용하는 정비가 필요하다(玉井 等, 1993). 아울러 유로가 적어도 한쪽 계안에는 수면에 녹음을 줄 수 있는 높이의 수변림을 확보하고, 주변식생과의 연속성도 잘 보호하도록 해야 한다(溪畔林硏究會, 1997).

환경과 조화되는 치산·사방사업을 실시하기 위해서는 전체계획의 책정, 시설·설계시 및 현장에서의 실제 시공에 따른 영향에도 충분히 유의하고, 생태계를 고려한 시공을 하지 않으면 안 된다. 공사에 의한 환경영향은 공사용 도로, 작업지의 조성 등 본 공사에 부수되는 가설 공사에 의한 것도 포함해 사전에 충분히 검토하지 않으면 안 된다. 또한, 탁수, 소음 등 시공 작업시 발생하는 상황에 대해서도 충분히 고려해야 한다. 시설배치계획을 검토할 때에는 이들을 포함하여 영향정도를 평가해야 한다. 시공에 따른 환경영향은 어류나 양서류 등의 손상·산란, 조류의 보금자리틀기 등 계절에 크게 관계되기 때문에 시공시기의 검토도 중요하다. 계곡부나 산복비탈면 등 공사용 도로에 의한 환경영향이 크게 발생하는 등 영향이 예상되는 개소에서 시공이 필요하게 될 경우에는 도로의 신규개설에 의한 환경영향을 적게 하기 위해서 공중 가선이나 철도에 의한 운반수단도 검토할 필요가 있다(森本, 1998).

##### 5. 治山·砂防事業을 溪流生態系復元事業으로 轉換

치산·사방사업이나 계류생태계복원사업도 아직 계류생태계의 보전과 계류의 치산·사방사업 등 계류에서의 총체적인 문제를 합리적으로

해결하기에 충분한 정보를 가지고 있다고 생각되지는 않는다. 특히 치산·사방사업은 방재사업이라 할 수 있으며, 본질적으로 방재대책은 반드시 합리적이고도 적절한 이론이 확립되어 있지 않다고 하더라도 긴급한 경우 시행하지 않으면 안 되는 경우가 있기 때문에(太田과 高橋, 1999) 생태적으로 역작용을 하는 경우도 있다. 따라서 치산·사방사업 등 산지에서의 공사와 자연생태계의 보전이라는 문제를 모두 만족하게 하는 것은 어려운 문제이나 꾸준한 노력을 통하여 합의점을 찾을 필요가 있다(武居, 1998). 또한, 치산·사방사업에 있어서는 장래 실시되는 치산·사방사업계획을 계류생태계복원사업계획으로 전환해야 할 필요가 있다고 생각된다. 즉, 하천계획도 이전에는 대부분이 홍수를 경감하거나 방지하기 위한 계획이었지만, 현재는 합리적인 물의 이용계획이나 하천환경보전계획을 포함한 하천의 종합관리계획으로 발전되고 있고, 최근에는 하천의 자연적 기능을 고려한 하천복원도 보편화되고 있다(우효섭과 박재로, 2000; 조강현, 2000). 따라서 현대의 치산·사방사업도 계류 혹은 선상지와 연결되는 하천의 종합관리사업으로 간주해야 할 필요가 있는 것이다.

우리 나라도 일본에서와 마찬가지로 계류는 토사재해가 발생할 위험성이 큰 부분이라 할 수 있다. 따라서 계류의 관리는 부가계획으로서 치산·사방사업계획이 기초가 된다고 할 수 있다. 따라서 치산·사방사업관계자를 포함하여 많은 사람들에게 계류생태계의 보전과 복원을 위해서는 치산·사방사업을 계류생태계복원사업으로 전환시키고 발전시켜 나아가야 할 것을 강조할 필요가 있다. 즉, 효과적인 계류생태계의 복원을 위해서는 환경을 고려한 치산·사방, 지역·유역의 생태계복원을 위한 치산·사방사업이 이루어져야 할 것이다.

일반적으로 하천개수는 하천의 자연지형을 크게 변화시키고 단조롭게 만든다. 따라서 이로 인하여 계류 및 하천의 자연성에 맞는 안정성을 잃게 된다(松永, 1993). 또한, 계류 및 하천생태계의 종다양성은 여울이나 소 등 계류나

하천의 미지형으로 인해 유지되는 부분이 크지만 대지형의 변화는 미지형 형성에 불안정을 가져오게 된다. 즉, 사행유로에서의 여울과 소는 안정적이지만 계류 및 하천의 직강화는 계류 및 하천생태계를 불안정하게 만드는 요인이 되며, 계류 및 하천의 미지형 회복에 심각한 변화를 안겨준다. 따라서 계류 및 하천생태계의 자연성을 나타내는 현재 계류나 하천의 사행유로를 고려하여 계류 및 하천생태계 복원계획을 설정하는 일이 매우 중요하다고 할 수 있다(中村, 1995). 아울러 계류를 포함한 일반적인 중소하천은 하상이 불규칙적으로 연속되어 있고, 평상시의 수심도 대단히 얕다. 따라서 하상의 평탄화는 계류 및 하천의 수심저하를 발생시키기 때문에 어류생태계에 커다란 손상을 입히게 한다. 뿐만 아니라 하천의 평탄화로 인하여 기존의 수생곤충이나 어류의 중요한 피난처인 식생의 소실로 인하여 하상이 콘크리트화되기 쉽다. 더욱이 이러한 하상의 콘크리트화로 인한 수심저하는 수온상승을 초래하여 수질악화의 요인이 되고, 이러한 하천의 평탄화는 계류로까지 확대되고 있다(우효섭과 박재로, 2000). 따라서 계류 및 하천생태계 복원시 하상의 평탄화를 지양하고 평상시 일정 수심을 가지는 저수로와 함께 여울이나 웅덩이 등 미지형이 풍부하게 회복하도록 복원전략을 설정해야 할 필요가 있다.

## V. 結 論

이 논고는 2000년 한국환경복원녹화기술학회지에 게재한 日本에서 溪流邊의 環境復元 發展戰略(I)부터 (IV)까지를 종합적으로 정리하면서 우리 나라에서 계류변의 환경복원 발전전략을 수립할 때 적용 가능한 부분을 요약·정리하고, 계류변의 환경복원을 위한 각종 사업에 효율적으로 적용할 수 있는 방법을 제시하는데 그 목적이 있다.

1. 계류생태계 복원을 중시한 치산·사방사업으로 방향을 전환하기 위해서는 토사동태의 변화에 따른 영향을 저감할 수 있는 새로운 치



산·사방사업의 패러다임을 정립해야 하며, 환경을 고려한 치산·사방, 지역·유역의 생태계 복원을 위한 치산·사방이 정립되어야 할 것이다.

2. 과거 치산·사방사업의 방향이 영구적 시설에 의한 토사의 고정화라면, 장래에는 대규모 토사재해를 방지하면서 가능한 토사이동을 허용하는 중·소규모의 토사이동에 대한 대책으로 치산·사방기술을 전환할 필요가 있으며, 비투과형 사방댐은 투과형 사방시설로 전환해야 할 필요가 있을 것으로 판단된다.

3. 계류생태계 복원시 치산·사방사업의 영향을 생물군집의 조성에서부터 평가함으로써 생태계보전상 바람직한 공중·공법을 계류변의 환경복원에 적용하여야 하며, 계류 및 하천생태계 복원을 위한 치산·사방공사는 완성된 계류 및 하천을 만드는 것에 그치는 것이 아니라 시공 후 지속적인 유지관리를 통하여 완전한 복원방법을 강구해야 한다.

4. 계류 및 하천생태계 복원방향은 하상의 평탄화를 지양하고 저수로, 여울, 웅덩이 등 미지형을 회복하도록 설정해야 할 필요가 있고, 기존 계류 및 하천생태계를 보전하면서 치산·사방공사를 수행하는 것을 원칙으로 삼아야 할 것이다. 또한, 계류생태계 복원은 생물군집의 건전한 서식이 가능하도록 계류환경의 연속성을 확보해야 하며, 환경과 조화되는 환경친화형 치산·사방시설이 되어야 한다.

## VI. 引用文獻

- 朴在鉉 · 禹保命 · 李憲浩. 2000a. 日本에서 溪流邊의 環境復元 發展戰略. 한국환경복원녹화기술학회지 3(1) : 80-90.
- 朴在鉉 · 禹保命 · 權台鎬 · 李憲浩. 2000b. 日本에서 溪流邊의 環境復元 發展戰略 林道 및 治山 · 砂防을 中心으로 . 한국환경복원녹화기술학회지 3(2) : 66-74.
- 朴在鉉 · 禹保命 · 李憲浩. 2000c. 日本에서 溪流邊의 環境復元 發展戰略 林道 및 治山 · 砂防을 中心으로 . 한국환경복원녹화기술학회지 3(3) : 113-125.
- 朴在鉉 · 禹保命 · 李憲浩. 2000d. 日本에서 溪流邊의 環境復元 發展戰略 林道 및 治山 · 砂防을 中心으로 . 한국환경복원녹화기술학회지 3(4) : .
- 朴在鉉 외 33인. 2000. 한국의 산림과 임업. 동북아산림포럼. 351p.
- 禹保命. 1997. 改訂砂防工學. 郷文社. 310pp.
- 우효섭 · 박재로. 2000. 하천 복원의 이해와 국내외 사례. 韓國水資源學會誌 33(6) : 15-28.
- 조강현. 1997. 수계환경 보존을 위한 수변부 생태계의 생태공학적 이용-대형수생식물을 중심으로-. 환경문제의 생태학적 접근. 서울여자대학교 생태연구소 설립기념 심포지엄. 68-81pp.
- 조강현. 2000. 하천 복원을 위한 하안식생의 구조와 기능에 대한 이해. 韓國水資源學會誌 33(6) : 29-40.
- 환경부. 2000. 한강변 255km<sup>2</sup> 첫 '수변구역' 지정. 인터넷 세계일보 자료.
- 中村太士. 1995. 河畔域における森林と河川の相互作用. 日本生態學會誌 45 : 295-300.
- 鈴木和次郎 · 大住克博 · 正木 隆 · 高橋和規 · 大丸裕武 · 星崎和彦. 1997. カスマ澤溪畔林試験地における溪畔林および隣接ブナ林の群集構造. 科學研究費補助金研究成果報告書. 山本進一編大面積長期プロットによる森林動態研究. 名古屋大學. 89-114pp.
- 崎尾 均 · 中村太士 · 大島康行. 1995. 河畔林 · 溪畔林研究の現状と課題. 日本生態學會誌 45 : 291-294.
- 川道武男. 1997. 溪流のオオサンショウウオなどと砂防工事. 砂防學會誌 50(2) : 50-54.
- 建設省九州地方建設局河川部. 1994. 川づくり參考資料(案)(多自然型川づくりの理解のために). (財)建設工法研究所.
- 太田猛彦 · 高橋剛一郎. 1999. 溪流生態砂防學. 東京大學出版會. 246pp.
- 石川愼吾. 1980. 北海道地方の河辺に發達するヤナギ林について. 高知大學學術研究報告 29 : 73-78.

- 石塚和雄. 1977. 河原と河辺林, 石塚和雄編植物生態學講座. 朝倉書店. 237-242pp.
- 伊藤 哲・中村太士. 1994. 地表變動に伴う森林群集の攪亂様式と更新機構. 森林立地 36(2) : 31-40.
- 系林芳彦. 1991. 河川・砂防および海岸. 山海堂. 15-26pp.
- 溪畔林研究會. 1997. 水辺林の保全と再生に向けて. 日本林業調査會. 16-24pp.
- 竹門康弘. 1991. 動物の眼から見た河川のあり方. 關西自然保護機構會報 13 : 5-18.
- 竹門康弘. 1997. 溪流における水生昆虫の棲み場所保全. 砂防學會誌 50(1) : 52-60.
- 竹門康弘・谷田一美・玉置昭夫・向井 宏・川端善一朗. 1995. 棲み場所の生態學. シリーズ共生の生態學 7. 平凡社. 24-56pp.
- 玉井信行・水野信彦・中村俊六編. 1993. 河川生態環境工学-魚類生態と河川計劃. 東京大學出版會. 16-45pp.
- 松永勝彦. 1993. 森が消えれば海も死ぬ-陸と海を結ぶ生態學. 講談社. 112-145pp.
- 大野宏之. 2000. 砂防事業における現場發生土の有効利用(8). 砂防と治水 32(6) : 65-67.
- 西川修司・荒牧 浩・水山高久・阿部宗平. 1996. 基礎コンクリートを打設しない鋼管透過型砂防ダム(L型)の開発. 新砂防 48(5) : 21- 25.
- 武居有恒. 1998. 砂防計画に想う. 新砂防 16(2) : 29-30.
- 東 三郎. 1982. 低ダム群工法. 北海道大學圖書刊行會. 14-27pp.
- 森本幸裕. 1998. 日本と水邊生態系 復元と緑化. 韓國環境復元緑化技術學會誌 1(1) : 114-118.
- Baden-Württemberg Umweltministerium. 1993. Handbuch Wasserbau Naturgemäße Bauweisen, Heft 5, Ufer- und Böschungssicherungen, 16-21pp.
- Gregory, S.V. and Ashkenas, L. 1990. Riparian Management Guide, Willamette National Forest, USDA Forest Service, Pacific Northwest Region. 237p.
- Gregory, S.V., Swanson, F.J., Mckee, W.A. and Cummins, K.W. 1991. An ecosystem perspective of riparian zone. BioScience 41 : 540-551.
- Odum, E.P. 1983. Basic ecology. CBS College Publ., New York. 613p.
- Stanford, J.A., Ward, J.V. and Ellis, B.K. 1994. Ecology of the alluvial aquifers of the Flat head River, Montana. Bibert, J., Danielopol, D.L., and Stanford, J.A. (eds), Groundwater Ecology. Academic Press. 367-390pp.
- White, D.S. 1993. Perspectives on defining and delineating hyporheic zones. Journal of the North American Benthological Society 12 : 61-69.

接受 2001年 1月 8日