

日本에서 溪流邊의 環境復元 發展戰略(I)

朴在鉉¹⁾ · 禹保命²⁾ · 李憲浩³⁾

¹⁾임업연구원 · ²⁾서울대학교 산림자원학과 · ³⁾영남대학교 산림자원학과

Strategic Prospects of Environmental Restoration of Stream Side in Japan(I)

Park, Jae-Hyeon¹⁾, Woo, Bo-Myeong²⁾ and Lee, Heon-Ho³⁾

¹⁾Korea Forestry Research Institute

²⁾Dept. of Forest Resources, Seoul National University

³⁾Dept. of Forest Resources, Yeungnam University

ABSTRACT

This study was carried out to introduce current status and development strategy for an environmental restoration of stream side in Japan, and to consider a methodology which could be effectively applied for the environmental restoration of stream side in Korea.

Since the end of 20th century, the native ecology and landscape of Japan remained only a limited areas such as stream side, water side and forest areas. Therefore, recently the works of forest conservation and erosion control of environmental restoration on stream side tended to increased. The strategic prospects of environmental restoration in Japan were summarized as follows :

1. From the ecological point of view, we have to develop a certain method and technology in construction of forest conservation and erosion control to prevent environmental problem from erosion control works.

2. We have to restore not only a continuity of stream side forest from a primitive area to an estuary but also the stream side forest to preserve and restore a stream side vegetation on a primitive watershed areas.

3. We have to improve a method of construction or removal of a structure which were constructed in the stream to restore a water side environment and an interaction system for an integration on a forest land, stream, and erosion control. Additionally, we have to establish an integrated evaluation method and an enforcement system after investigation of influences on natural environment, stream, and forest etc.

4. We have to conduct an integrated research to investigate the ecosystem of stream side, and construct environmentally friendly water park and erosion control park which considered natural environment and its landscape. Additionally, we need to introduce and adopt a natural style stream construction method to restore a water side areas.

Key words : *strategic prospects, stream side, environmental restoration, erosion control*

I. 緒 論

20세기 들어 일본은 인구의 증가와 경제사회의 진전, 도시의 발전·팽창뿐만 아니라 전국토에 걸쳐 개발이 진척되어 토지이용은 세분화·고도화되고, 일본 고유의 생태계와 경관은 산지와 계류·하천변 등 한정된 부분에 남게 되었다. 한편, 생활에 여유가 생긴 도시인들은 그들 주변뿐만 아니라 다른 곳의 자연환경 보전, 산지와 계류변의 자연생태계와 자연경관의 보전에 관심을 두게 되어 계류와 산복비탈면에서 시행되고 있는 환경복원적 치산·사방사업에 대한 관심이 증대되었다. 일본에서 근대의 치산·사방사업은 메이지유신과 더불어 황폐한 국토환경을 배경으로 산지와 계류에 관한 토사재해의 방지를 목적으로 각종 과학기술의 진보와 함께 발전되었으며, 안전한 국토의 형성에 기여해 왔다. 그러나 치산·사방사업은 산지와 계류변의 자연생태계, 경관보전 문제와 상치되는 문제를 안고 있다. 따라서 국민의 생명과 재산을 지키는 방재사업이라 하더라도 자연환경의 보전과 조화된 사업의 실시는 시대적 요청이 되었다. 그리고 개개 사업현장에서의 환경보전이 곧 지구환경의 보전과 직결된다는 것을 생각한다면 치산·사방기술자가 사업의 실행에 있어서 환경보전을 고려하는 것은 필수 조건이라 할 수 있다.

따라서 환경보전과 조화되지 않는 치산·사방사업의 실행은 불가능하다고 해도 과언은 아니게 되었고, 실제 建設省, 林野廳, 道都府縣에서는 환경을 배려한 각종사업이 전개되기 시작하고 있고, 하천사업도 환경복원을 위한 치산·사방사업과 같이 근대 치수사업으로서 홍수범람 방지와 수자원의 개발에 큰 공헌을 하고 있다.

자연생태계와 자연경관보전에 대한 국민적 관심의 증대는 많은 사람들이 살고 있는 평지에서 숲이나 수변 등 자연이 급속하게 사라지고 있다는데 하나의 원인이 있다. 더구나 자연이 원형대로 남아 있다고 생각되는 산지와 산림도 최근 현저하게 변화하고 있다. 이러한 시

점에서 산지와 계류변에서의 생태계보전과 환경복원을 위한 치산·사방사업과의 관계에 대해서 생각해 볼 필요가 있다(森本, 1998).

19세기 후반 河川法, 森林法, 砂防法이 공포되어 근대적인 치산·사방사업이 시작될 때 일본의 산림은 현재 중국, 북한, 필리핀, 네팔 등의 산지나 계류변과 같이 민등산이나 황폐산지가 전국에 산재하였고, 토사재해와 수해가 빈발했다. 당시 산지에서 침식된 토사는 계속적으로 유출되어 선상지에 과도하게 퇴적되고, 평지의 하천에도 토사가 증가하였다. 또한, 태풍으로 인한 침식토사의 증가로 하천이 범람하는 사태가 많이 발생하였다. 따라서 산복에는 나무를 심고, 계류에는 댐을 시공하여 토사가 유출되는 것을 방지하고자 하였다. 이것이 국토보전사업의 추진법으로서 공포된 당시의 森林法·砂防法의 사상이었다(太田과 高橋, 1999).

최근에는 수목의 성장이 왕성하고 표층붕괴도 감소하고 있다. 그 결과 산림의 수원함양기능에도 유리한 영향이 나타나고 있다. 그러나 갈수기에는 유량이 감소하는 사태도 발생하고 있으며(太田, 1998), 계류와 하천으로 유입되는 유출토사량도 감소하고 있다. 따라서 건설된 사방댐에 토사가 퇴적되지 않는 곳이 증가하고 있다. 이는 계류 및 하천의 수변림 복원 및 보전의 결과이기도 하다.

따라서 이 논고는 일본에서 계류변의 환경복원을 위한 실태 및 그 발전전략을 소개함으로써 장래 우리 나라에서 수행될 수 있는 계류변의 환경복원을 위한 각종 사업에 효율적으로 적용할 수 있는 방법을 모색하는데 그 목적이 있다.

II. 水邊林의 生態的 機能 및 實態

치산·사방사업과 생태계보전 문제를 검토할 때에는 계류를 중심으로 하는 것이 타당한데, 이는 계류가 이 문제의 핵심적인 결과를 도출해내기 때문이다. 토사재해방지의 관점에서 보면 계류는 많은 토사를 하류지역으로 운반하는 기능을 수행하고 있어서 필연적으로 토사이동을 조절하기 위한 대책은 계류에서 강구하지

않으면 안 된다. 즉, 계류에서의 이상적인 토사 조절이 산복과 하류지역에 있어서의 토사재해 대책에 크게 영향을 주기 때문이다. 또한, 생태 계보전 측면에서 보면 계류는 지극히 다양하면서도 다면적이고, 독특한 기능을 가지고 있다. 결국 치산·사방사업이 유역 전체와 해양생태 계보전까지 고려할 때 계류는 우선적으로 고려해야 할 장소인 것이다.

1. 水邊林의 概念

일본의 하천을 최상류유역으로부터 살펴보면 물은 산지에 유입되어 협곡을 형성하면서 평지를 흘러 바다에 도달한다. 즉, 계류는 물이 흐르는 장소만이 아니라 토사가 이동하는 곳이며, 수목과 토사의 상호작용으로 다양한 계류환경이 형성된다. 특히 일본은 국토의 대부분이 산지인 동시에 강수량이 많아서 세계적으로 토사생산이 활발한 지역에 속한다(Ohmori, 1983).

호우와 눈사태 등에 의한 표면침식, 표층붕괴가 발생되거나 땅밀림, 심층붕괴로 인한 토사유출은 하류에 토사공급원이 되고 있다. 협곡부에서 유로는 계안의 비탈면에 한정되지만 평지에서 유로는 좌우로 진로가 변동되기도 한다. 비탈면에 의해 하천 폭이 넓어지는 곳에서는 토사의 퇴적이 발생한다. 이 경우 유로 변동에 따라 토사가 퇴적되는 장소도 변동한다. 이와 같은 결과로 형성된 것이 선상지이고, 선상지의 하류에서는 경사가 완만, 토사가 적게 퇴적되는 자연제방지대인 삼각주로 이동한다(貝塚, 1985). 협곡부는 토사가 유송되는 부분이지만 실제로는 유송 메커니즘이 복잡하다. 협곡은 강의 안쪽 기슭의 골짜기가 좁아지는 부분인데 실제 골짜기의 폭은 일정하지 않고, 확폭부에서는 토사가 퇴적되는 경향이 있다(馬場, 1982).

하천이나 계류변의 수역으로부터 육지지역에 걸친 이행대에서는 주변의 산림과는 다른 수변 환경에 적응하는 식생이 발달하고 있다. 하천과 산림같이 두 개의 성질이 다른 환경이 서로 이웃한 곳에서는 환경차이에 따라 수변의 독특한 식생경관이 형성된다. 이와 같은 식생의 분포범

위는 산림과 하천이 서로 작용하는 공간범위이며, 그 곳에 존재하는 산림은 하천의 상류에서 하류까지를 총괄해 수변림(하반림)이라 정의할 수 있다. 그러나 실제로, 이들 산림은 계류·하천의 입지환경에 따라서 여러 가지 유형으로 분류된다. 그 첫째가 하반림(하변림)으로 이는 주로 하류지역의 하천폭이 넓은 하천을 따라서 분포하고 있는 버드나무림 등이 성립하는 지역을 말한다. 습지림은 오리나무·들메나무림과 같이 층적지 등의 정체수가 있고 배수가 나쁜 장소에 분포하며, 수변림(계곡림)은 하천상류지역의 붕적토가 퇴적된 계류 주변 즉, 위치적으로 계곡림은 계류의 최상유역에 분포한다. 즉, 하천은 유역의 위치에 따라 선상지보다 상류인 계류와 그보다 하류인 하천으로 구분할 수 있다. 상류지역의 계류를 따라서 존재하는 숲을 수변림(계곡림), 하류지역의 하천을 따라 존재하는 숲을 하반림(하변림), 하류지역의 후배습지에 형성된 숲을 습지림이라 정의할 수 있다. 또 선상지보다 상류 산간 계곡의 밑바닥이 넓은 장소에서 성립하는 산림을 산지하반림이라고 통칭한다. 아울러 유로에서 어디까지를 수변림으로 하는가는 세 가지로 구분할 수 있는데, 유로, 사력퇴적지, 범람원 등이 직접 계류·하천에 형성된 지형상에 분포하는 산림, 일사차단, 낙엽 낙지, 유목의 공급 등의 기능을 통해서 계류·하천에 직접 물리적, 화학적, 생물적 영향을 주는 범위에 분포하는 산림, 수변림에서 우점하는 수종에 따라서 구성되는 산림이 그것들이다(石塚, 1977; 中村, 1995).

현재까지 수변림과 그 주변 산림은 실제 엄밀하게 구분되지 않고, 또 그럴 필요도 없었다. 그러나 수변지역의 환경복원을 위한 산림관리를 실시하는데 있어서는 구체적으로 수변림의 범위와 그 기능, 그리고 그 지역의 다양성이 검토되어야 할 필요가 있다.

2. 水邊林의 機能과 多樣性

현재까지는 식물사회학적 연구에 의해서 수변림의 종조성과 수종의 분포특성이 밝혀져 왔지만(石川, 1980, 1982; Ohno, 1982), 수변림의

수종구성은 기후조건에 의해서 달라지며(大嶋等, 1990; 鈴木等, 1997; Sakio, 1997), 하나의 하천이라도 수변림은 상류와 하류에 따라 달라진다(新山, 1987, 1989).

지금까지는 수목의 분포나 갱신이 하천지형과 퇴적물에 의해서 달라진다는 결과가 보고되었으나, 지형변화를 일으키는 계류·하천의 교란이 수변림의 갱신에 미치는 영향에 관한 연구는 아직 시작 단계에 불과하다(崎尾等, 1995).

수변지역에 있어서 생물다양성은 다른 곳에 비해 높다고 할 수 있다. 예를 들면, 식물종의 경우 북미태평양연안의 수변림에서는 인접한 비탈면림보다 종류가 2~3배나 많고(Gregory and Ashkenas, 1990), 스웨덴에서 한 하천의 수변지역에서는 스웨덴에 분포하는 전체 고등식물의 13%가 출현한다(Nilsson, 1992).

일본의 냉온대지역 중소하천변에 발달하는 산지수변림은 인접한 산복비탈면에 발달하는 산림군집과는 종분포에서 큰 차이를 보인다. 안정된 산복비탈면의 임관층에서는 너도밤나무가 우세하고, 林床에서는 조릿대류가 우점하지만 전체적인 종조성은 극히 단순하다(Yamamoto, 1989). 이에 반하여 수변림에는 임관층과 임상에 우세한 종이 없고, 종다양성의 지표가 되는 종다양도지수는 동시에 높은 대표값을 나타낸다. 이와 같은 수변림에 있어서 종다양성은 단순히 수변의 특성인 입지를 선택적으로 이용하는 식물종군이나 하천의 범람 등 빈번한 교란하에 적응하는 종군이 보이지 않고, 상부비탈면에서 우점하는 종군이나 원래 넓은 분포지역을 가지면서도 산복비탈면 등에서 탁월한 종에게 밀려난 회소종이 피난처로서 수변지역을 이용하고 있다(鈴木等, 1997). 이와 같이 수변지역에서는 다양하고 복잡한 식물군집이 성립하고, 또 그것들을 먹이로 하는 동물종이 존재하여 수변지역의 생물다양성이 형성되고 있다(Gregory and Ashkenas, 1990; 森林總合研究所生態秩序森林生態系팀, 1993).

계류·하천지역의 생태계에 있어서 수변림은 하천에 의한 교란과 밀접한 상호작용 하에 유지되고 있다. 계류·하천지역에서는 증수, 범

람, 토석류에 의한 사력의 침식, 운반, 퇴적 등의 교란 외에 계류에 접한 비탈면으로부터의 교란이나 바람에 의한 임관틈새의 형성이 부가되어 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. 즉, 그 곳에서는 토양, 수분, 광환경이 다른 유로, 사력퇴적지, 계안비탈면 등의 입지에 적응한 식물군이 종, 나이, 규모가 다른 모자이크를 형성한다. 그 결과 수변지역에서는 많은 식물종이 갱신, 생육하여 다양성이 존재하게 된다.

수변지역의 교란은 일반적으로 계류를 통과하는 사람의 이동 정도에 그치지만, 태풍이나 장마시 집중호우로 인한 홍수 때에는 계류변 사력퇴적지에서 사력이 침식, 운반, 퇴적되어 작은 둔치가 생기고, 실생종자나 치수 등의 유실이나 매설이 발생한다. 한편, 이로 인해 생긴 사력퇴적지는 새로운 식생의 정착지가 되거나 주변에서 종자가 공급되어 발아하고, 침입종 사이에서 경쟁이 일어난다. 대규모 태풍에 의한 토석류나 산복붕괴는 임관목의 파괴를 동반하고, 일시에 수변지역의 지형을 변화시켜 지표의 교란뿐만 아니라 임관틈새형성에 의한 광환경의 급격한 변화도 발생시킨다. 이와 같이 일단 정착한 이들 식물군집도 장기간 교란에 의한 파괴와 복원을 반복한다. 결국 수변지역에서 종의 다양성은 계속되는 교란에 의한 식물군락의 파괴와 복원에 의해 유지되고 있다고 할 수 있다.

수변림을 구성하고 있는 수목은 종자생산 및 산포, 발아, 실생의 정착, 치수의 성장 등 생활사의 여러 가지 단계에 있어서 계류·하천지역의 다양한 교란현상과 특유의 수분환경에 대응하는 성장을 하고 있다(Sakai et al., 1995).

수변림은 樹冠에 의한 일사차단, 대형·소형 동물에의 유기물 공급, 유하물의 포착, 지하수의 수질형성 등을 통해서 하천생물상의 생식환경에 큰 영향을 미치고 있다. 이와 같은 생태적 기능에 대해서 근래 미국서해안의 침엽수림대를 중심으로 많은 연구성과가 발표되고 있는데

(Gregory *et al.*, 1991; Franklin, 1992), 일본의 수변림에서는 이에 대한 연구가 부족한 실정이다.

하천생태계에 있어서 수온의 변화는 미생물, 조류, 무척추동물, 어류 등 그 곳을 생식환경으로 하는 모든 생물에게 영향을 주고, 분포를 제한하는 요인이 된다. 특히 연어과 어류의 생식과 번식을 위해서는 낮은 수온의 유지가 필요하고, 수변림은 하천과 계류에 있어서 수온의 상승을 억제하는 중요한 역할을 하고 있다(Brown and Krygier, 1971). 상류지역의 수변림에 있어서는 수관이 계류에 내려찍는 직사광을 차단하고 있다. 기온이 상승하는 여름철에는 수관에 의한 일사차단효과가 크고, 특히 유량이 적은 최상류지역에서는 어류의 분포를 억제하고 있다. 하천폭이 넓은 하류지역에 있어서도 수변림 아래는 직사광이 차단되어 어류의 중요한 생식환경이 된다(中村과 百海, 1989).

겨울이 되면 낙엽활엽수를 주체로 한 수변림에서는 많은 양의 낙엽이 생산된다. 이들 가운데 일부는 직접 유로 내에 공급되기도 하지만, 일단 임상에 떨어져 바람에 의해 유로 내로 이동하는 것도 있다. 유로 내에 공급된 유기물은 물의 흐름을 타고 흘러 돌 틈이나 流木에 걸리거나, 웅덩이에 퇴적해서 하루살이 등의 유충인 수생곤충의 먹이가 되어 분해되는데, 잎의 분해는 수중에 따라서 다르다(柳井과 寺澤, 1995).

일본에서는 교각에 걸린 유목이 범람을 일으키거나 토사와 함께 댐을 만들고 그것이 독을 무너뜨려 土石流를 일으키기 때문에, 유로 내의 유목은 방재적 관점에서 제거되어 왔다. 그러나 하천이나 계류에 있어서 流木은 어류의 은신처가 되거나, 그로 인해 형성된 웅덩이는 어류의 중요한 서식장소가 된다. 유목은 계류·하천 내에서 수류나 사력과 상호 작용하여 복잡한 微地形을 형성한다. 즉, 유로를 차단하여 새로운 유로를 만들거나, 토사를 퇴적시켜 댐을 만들기도 한다. 이것들의 복잡한 미지형은 어류 등의 동물이 보이지 않게 하거나, 수변 식물군락의 갱신·유지에도 영향을 미치고 있다(Nakamura and Swanson, 1994).

계류변에 분포하고 있는 수목은 토양의 수분

상태에 적응한 근계를 발달시키고 있다. 특히 습지에 분포하는 들메나무는 충분한 뿌리줄기를 발달시킬 수 있다. 이들 뿌리줄기에 의해서 여러 가지 물질이 식물의 영양소로서 흡수된다. 예를 들면, 범람원의 농지이용으로 인해 오염된 물이 수변림대를 흐르면서 오염물이 제거되는 등 필터로서의 역할을 하고 있다(Pinay and Decamps, 1988). 또한, 산림의 토양입자 자체가 이온을 흡착해서 수질정화에 기여하기도 한다(生原, 1992). 뿐만 아니라 하안에 성장하는 수변림 중 버드나무류는 하천의 자정능력을 30~40% 향상시키며, 하안수변림의 잔가지는 유속을 완화시켜 물 속의 여러 가지 영양염류가 운반되는 것을 방해하여 물질의 침전 및 여과효과가 있고(Engelhart, 1968), 수변림의 폭이 넓을수록 여과효과가 크다(Frede *et al.*, 1994).

수변에 성립하는 산림군집의 생태적 회랑으로서의 기능에 대해서는 아직까지도 그 중요성이 지적되고 있다. 하천을 따라서 형성되는 연속적인 수변림의 존재는 동일수계 내 각 유역을 생태적으로 묶어 주고, 이를 통하여 동식물의 이동·분산을 가능하게 하며, 종개체군의 유지·확대에 기여한다. 이동, 분산능력이 낮은 식물종은 지역적, 장·단기적인 환경변동 측면에서 종개체군의 축소, 확대를 반복하고 있다. 그런 중에 특정 소유역에서 어떤 개체군이 사라지는 경우도 있는데, 이와 같은 경우에는 다른 유역에 남아 있는 개체군이 생물학적 유산이 되어 수변지역을 회랑으로 이용하면서 유역 전체에 재분포를 가능하게 한다. 한편, 수변림을 구성하는 수종 중에는 수변지역에 의존적인 종군이 보이지 않고, 산복비탈면의 대규모 교란지 등에서 우점하는 선구종이나 인접하는 식물대의 구성종, 그리고 개체수가 극단적으로 적은 종 등이 있다. 이는 수변지역이 식물종에 의해서 이동의 회랑 또는 피난장소가 되고 있다는 것을 의미하는 것이다. 즉, 수변림은 우점종에 의해 넓은 생육환경을 빼앗긴 종군의 피난장소이고, 변화된 환경에서 살아남은 식물종의 이동 회랑이라고 할 수 있다(Franklin, 1992).

3. 水邊林의 實態

토지이용이 활발한 일본은 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 그 자체 환경으로서도, 학술적으로도 매우 중요하다. 더욱이 그 곳에서는 하천과 일체된 수변림(계반림·하반림)의 원래 모습을 볼 수 있다.

환경청은 자연환경보전기초조사 가운데 인위적인 영향을 받지 않은, 또는 인공물이 전혀 존재하지 않는 면적이 1,000ha 이상 되는 집수역을 천연유역이라 정의하고 그 현황을 조사해 왔다. 그에 따르면 1979년에 실시된 제2차 기초조사에서 등록된 천연유역은 일본 전역에서 109유역, 230,759ha에 지나지 않고 대부분이 홋카이도(40유역, 92,951ha), 도쿄(34유역, 71,527ha) 지역에 편재해 있다. 또한, 제2차 기초조사(1979년 실시) 이후 제4차 조사(1990년 실시)까지 10년간 천연유역의 요건을 충족하지 못하게 된 유역은 14개소에 이르고 있다. 현재는 그 후에 새로 등록된 것을 포함해 99유역에서 총면적 205,634ha인데 해마다 그 면적이 감소하고 있다. 이와 같은 결과는 산림의 벌채와 그에 따른 임도개설이 주된 원인이거나, 사방댐의 건설도 그 원인 가운데 하나로 지적되고 있다. 또한, 천연유역 안에 보전지역(자연공원·자연환경보전지역)으로 지정되어 있는 곳은 79유역에 불과하다. 더구나 이들 천연유역을 보전대상으로 해야 한다는 법제도가 존재하지 않는데, 유일하게 임야청이 국유림보호림제도로 지정한 산림생태계보호지역 21개소, 233,357ha의 천연적인 집수구역 전체를 보전 대상으로 지정하고 있다(林野廳, 1997).

수변림은 하천의 흐름에 따라 형성되는 수변이라는 좁고 특이한 환경에서 연속적으로 존재한다. 그러나 중하류지역에 있어서 하천주변의 토지이용이나 상류지역에서의 산림개발에 의한 2차림화, 인공림화된 결과 최상류지역에서 하

구지역까지 천연적이고 자연도 높은 수변림이 연속해서 존재하는 대규모의 하천은 존재하지 않지만 일부 지역에는 수변림이 남아 있는 실정이다. 그러나 이러한 자연도 높은 수변림은 구체적인 보호대책도 취해지지 않고 있다.

홍수나 토사재해를 방지하기 위해 실시하고 있는 일련의 치산·사방·치수사업은 이렇게 단편적으로 존재하는 자연도 높은 林分이나 이차적인 수변림조차도 파괴하고 있다. 환경청의 제4차 자연환경보전기초조사에 의하면 조사한 153개 하천 안에 양안이 자연지인 비율은 45.3%이고, 樹林地가 차지하는 비율은 41%이었다. 이와 같이 도시지역은 물론 홋카이도, 동북지방의 일부를 제외하고 평야를 흐르는 하천 중에서 연속적인 수변림을 갖는 곳은 대부분이 고립되거나 단편화되었다. 즉, 일본의 수변림은 이제 그 연속성을 잃어 上下流와 小流域을 연결하고, 동식물의 분산, 이동을 위한 생태적 회랑으로서의 기능을 달성하지 못하고 있는 실정이다. 수변의 자연지 비율이 100%인 하천은 전국에서 6개 하천에 불과하고, 그 가운데에서도 전체 지역이 자연성 높은 하천은 別寒辺牛川(홋카이도), 岩股川(春田縣), 長棟川(富山縣), 仲良川(沖繩縣)의 4개 하천뿐이다(國有林野經營計劃研究會, 1994).

예전에는 최상류유역의 급준한 계류를 제외하고 하천은 유로, 범람원, 그리고 계안비탈면 혹은 자연제방, 단구에 연속적으로 이어지고, 육지와 수역의 생태적인 연결고리가 형성되어 있었다. 그러나 오늘날에는 하천주변에서 농경지, 택지개간 등 토지이용이 진척되어 수변림 등 하천의 배후지를 잃게 되었고, 각종 치산·사방사업이 실시되어 육지와 수역이 일체였던 수변환경을 잃고 있다. 콘크리트호안은 그 가운데 가장 두드러진 것으로 하천과 수변의 상호작용을 단절하고 있다. 그 결과 육지로부터 토사, 물, 유목, 낙엽·낙지의 공급이 막히고, 하천의 증수, 범람 등에 의한 육지의 교란이 감소하여 육지와 하천이 물리적·생물적으로 일체가 되었던 수변의 환경이 파괴되고 있다.

전국의 주요한 153개 1급하천(6,249km)을 대

상으로 조사한 결과 1990년에는 인공화된 수변이 26.6%(2,441.5km)에 달하고 있다. 수변을 구성하는 산림군락은 많은 적든 하천으로부터의 물리적, 생리생태적 영향을 크게 받고 있다. 그 때문에 홍수 조절이나 이수를 목적으로 하는 대규모 댐 건설로 하천 유량의 감소나 안정화 등이 발생되고 수변에 자생하는 산림군락에서도 종조성이나 구조에 변화가 나타난다(鎌田等, 1997; Maekawa and Nakagoshi, 1997).

Ⅲ. 治山·砂防工事が水邊林의 環境復元에 미치는 影響

1. 治山·砂防工事が水邊林의 環境復元에 미치는 影響

하천 최상류유역에서는 천혜의 자연환경이 남아 있고, 그 곳을 흐르는 계류·소하천 주변에는 자연도가 높은 수변림이 연속적으로 존재하고 있다. 그러나 이와 같은 장소에서 사방댐을 건설하는 것은 그 유역에 남겨진 자연경관을 파괴시킬 수 있다.

사방댐 건설이 수변림에 미치는 영향은 사방공사를 위한 공사용 도로나 자재반입시설의 부설, 그리고 댐 본체의 건설로 인하여 하천주변에 성립하는 수변림이 광범위하게 벌채된다. 즉, 수변지역의 산림식생은 수령이 많고 재적이 큰 수목으로 구성되고 종다양성도 높다. 그러한 식생이 한순간에 없어지면 그 숲을 복원하기 위해서는 많은 시간을 필요로 한다. 이는 동시에 수변의 경관파괴도 의미한다. 또한, 공사용 도로가 개설되면 사람이나 자동차의 통행으로 인한 쓰레기의 투기, 수목·초본식생의 도벌이나 남획, 그리고 주변식생에 적지 않은 영향을 미치게 된다.

한편, 사방댐 등 본체 시설이 완성됨에 따라 하천에 의한 교란체계가 변화하고, 그 결과 댐 시설지의 상류부분이나 하류지역 수변식생의 수몰, 물 유입, 토사퇴적으로 인한 다양한 영향이 나타나게 된다. 대규모 사방댐의 넓고 개방적인 퇴사지에서는 원래 협곡부에는 성립하지 않는 산오리나무 등으로 구성된 임분이 성립하

고, 또, 아직 토사가 채워지지 않은 댐에서는 수발공이 막혔을 때 댐내에 수심이 얇은 저습지가 형성됨으로써 초본군락이 형성되어 산지의 수변식물을 교란시키게 된다.

시설공사 완료 후에도 댐이나 공사용 도로로 인해 조기에 식생회복이 어렵기 때문에 침식이나 비탈면붕괴를 방지하기 위해서는 위핑러브그라스, 켄터키31페스큐 등 외래 녹화초본류를 도입하는 녹화공사가 실시되고 이로 인해 주변 자연식생이 영향을 받게 된다. 그러나 이러한 조치에 의해서 댐 양쪽 끝부분이나 작업 도로 지역에서는 식생이 회복되지 않고, 장기적으로 無立木地가 존재하게 되는 경우도 있다. 이와 같이 한번 파괴되어 버린 수변림을 원래의 모습으로 복원시키기에는 많은 노력과 장시간이 필요하게 된다.

최근에 자연환경을 고려한 치산·사방공법을 논의한 결과, 전통적인 일본 정원의 미를 계류 환경에 적용해나가는 정원사방이 제안되어 치산·사방공원 등에서 활발히 적용하고 있다. 그러나 이러한 사업은 벌채 등 새로운 식생파괴를 낳고, 그 지역이나 입지에 조화되지 않는 녹화수종의 도입으로 인해서 주변의 자연식생에 악영향을 미칠 수도 있고, 주변 생태계와는 조화하지 않는 이질적인 공간을 형성하기도 한다(建設省河川局砂防部砂防課, 1993).

2. 流路·護岸工事が水邊林의 環境復元에 미치는 影響

하천이 산간지역에서 평야지역으로 흐르는 선상지 부근에서는 유로의 고정이나 범람방지, 세굴로 인한 토지·가옥 등의 유실방지를 목적으로 하는 유로·호안공사 등의 하천개수가 실시되고 있다. 이와 같은 장소에서는 하천주변의 토지이용도 진전되어 경지·택지 등이 하천에까지 이르러 하천주변의 자연환경도 손상되고, 수변림에 대해서도 거의 2차림화되는 현상이 나타난다. 이러한 선상지 주변에서 실시되고 있는 현재의 유로·호안공사 등의 하천개수 사업은 수백 m에서 수km 범위에서 육상생태계와 하천생태계의 연계성을 단절하고, 수변의

생태적 기능을 파손하는 결과를 초래한다.

유로공사는 기본적으로 하천의 방수로화를 의미하고, 유로를 좁게 만들며, 고정해서 육지 지역과의 사이에 큰 낙차를 만들어 내는 것이다. 따라서 건설시에는 하천 주변의 식생이 파괴되고 수변림도 벌채되는 경우가 많다. 그 결과 수변을 서식지로 하는 야생식물의 지역개체군이 절멸하는 위험성이 생기고, 수변림은 생태적 회랑으로서의 기능을 잃게 된다.

유로·호안공사에서는 시설 완공 후 주변의 녹화나 자연적으로 식생회복이 진행되지만 유로가 좁혀지고, 고정됨으로 인해 범람원이 좁아지거나 없어지게 되어 다양한 식물종의 생식 장소가 없어지게 되고, 본래의 식생회복이 어렵게 된다. 또한, 사방시설을 보호하기 위해서는 제방 위 또는 유로 내의 식생 회복, 특히 수림대의 성립을 방지하지 않으면 안 된다. 그 때문에 수변지역에 고목성의 수림대는 존재할 수 없다. 제방 위 혹은 후배지에 수변림이 남아 있을 경우에도 하천에 의한 홍수나 범람의 영향을 받지 못하게 되고, 수분환경도 변화하기 때문에 그 조성·구조를 유지하는 것은 어렵게 된다. 뿐만 아니라 미이용지의 유효한 이용을 도모하기 위한 시설 내외에 공원이나 스포츠시설의 정비가 진척되면, 그나마 남아있던 수변의 자연식생은 파괴되어 그 복원 장소를 상실하게 된다(森本, 1998).

IV. 結 論

환경복원을 위한 치산·사방사업이 직면한 환경문제를 해결하기 위해서는 생태학적인 관점을 개별 기술에 활용하는 것이 필요하지만, 그 전에 치산·사방사업 자체가 환경문제화 되고 있으며, 이러한 문제는 결코 기술만으로써 해결할 수 있는 것은 아니다. 1995년 현재 전국에 사방시설로 52,431기(높이 15m 이상의 것은 1,613기)의 사방댐이 시설되었고, 유로공 7,948km, 호안공 3,066km가 건설되어(國土開發調査會, 1996) 사방사업이 계획대로 실행된다면 일본의 하천환경이 자연의 모습을 상실하는 때는 그리 멀지

않게 되고, 따라서 계류변 또는 수변림의 환경복원을 위한 발전전략이 필요하게 되었다.

현재의 치산·사방사업계획이나 사업량을 변경시키지 않고 치산·사방사업과 환경의 조화를 이루는 것은 어려우며, 치산·사방사업의 개념을 근본적으로 다시 생각할 필요가 있다. 따라서 종합적인 방재의 시각에서 유역의 토지이용·관리계획을 수립하고, 난개발의 금지, 파괴적인 산업 활동의 제한 등 하천 이외의 산림과 같은 주변환경을 보전·정비하는 것으로 토사재해의 위험성을 경감해야 한다. 아울러 수변림과 같은 수변식생을 보전·복원하기 위해서는 천연유역 및 자연도가 높은 유역에 대해서는 치산·사방사업을 시행하지 않고, 자연의 추이에 맡겨 하천과 수변림이 일체화 된 자연 하천환경을 보전하거나 수변림을 복원함으로써, 풍부한 자연환경을 차세대에게 물려주도록 해야 한다. 이와 같은 유역의 존재는 환경자원이므로 뿐만 아니라 학술적으로도 중요하므로 그 생태적 특성을 해명함으로써 장래 하천환경복원 모델로의 이용이 가능하다.

하천 주변의 환경이 변화됨에 따라 하천을 따라 조성되어 있던 수변림은 고립되고 분단되어 2차림화가 현저하게 된다. 현재 남아있는 비교적 자연도가 높은 수변림을 보전하고, 이를 핵심 모델로 하여 질이 저하된 수변림을 복원함과 동시에 최상류지역에서 하구에 이르는 수변림의 연속성을 회복하는 것이 중요하다. 이러한 수변의 생태적 회랑은 수계 전체의 소유역을 연결하여 동식물의 이동과 분산을 피하는 역할을 한다(Gregory and Ashkenas, 1990). 수변림의 복원에 대해서는 하천개수를 실시한 제방 내에 수목을 심는데, 수목지대는 군집조성이나 구조적으로 수변림의 본래 모습을 갖도록 하고 하천과 상호작용을 유지하며, 생태적인 기능을 달성하도록 조성해야 한다(武內, 1994).

하천과 육지지역 생태계가 인공호안, 제방 등 하천공작물에 의해서 분단되고 있는 상황에서 육지와 하천이 일체가 되는 수변의 환경과 상호작용계를 회복시키기 위해서는 하천공작물의 철거 혹은 공법의 개선이 필요하다. 새로운 하

천개수에 있어서는 유로를 고정해서 좁게 만들지 말고, 범람원, 수변림을 포함한 수변의 자연환경을 유지하는 등 그 바깥쪽에 제방을 구축할 필요가 있다.

과파적인 도로건설, 스키장, 골프장개발 등 수해나 토사재해를 유인하고 확대하는 상류유역에서의 개발행위를 제한하는 한편, 하천주변토지의 이용이나 개발행위를 규제해야 한다. 이와 같은 토지이용계획을 기본으로 종합적인 방재기능을 높이고, 하천공작물에 의지하는 재해대책의 비중을 줄인다. 이런 정책을 통하지 않고는 일본의 하천과 수변의 자연환경을 보전할 방법이 없다. 치산·사방사업은 주변의 자연환경에 장기적으로 큰 영향을 미침에도 불구하고 지금까지 사전에 상세한 환경영향평가가 제대로 수행되지 않았다. 1997년 환경영향평가법이 제정되어 철도, 댐, 항만, 발전소 등 대규모사업에는 환경영향평가가 의무화되었다. 그러나 이 환경영향평가제도 자체가 사업실행을 전제로 한 사업종합평가의 성격이 강하고, 하천환경의 변경으로 이어지는 사방시설에 대해서는 그 규모부터 법적 구속을 받지 않는다(淡路, 1997). 치산·사방사업 현장에서 이런 환경영향평가법을 배경으로 환경영향평가에 적합하도록 노력하는 자세가 충분하다고는 할 수 없다. 또한, 치산·사방사업이 하천이나 산림 등 자연환경에 미치는 영향의 평가에 대해서는 기술적, 방법적으로 정립되어 있지 않아 조속하고도 적절한 종합평가방법과 그 실시체계의 확립이 요구된다. 따라서 치산·사방사업실행 이후의 영향을 파악하고, 문제가 생긴 경우에는 적절한 조치를 취할 수 있도록 환경모니터링이 필수적이다(Gregory and Ashkenas, 1990).

지금까지 하천행정에 종사하는 사람들은 하천을 단순한 물이라는 물질의 흐름으로밖에 볼 수 없었기 때문에 수해와 토사재해방지 및 수자원의 대상으로만 취급해 왔다. 그 때문에 하천 및 주변환경이 일체가 된 생태계, 자연환경으로서의 수변지역에 대한 이해가 깊지 못했다. 따라서 아직 밝혀지 못한 부분이 많은 수변생태계를 밝히기 위한 종합적인 연구가 필요하다.

수변림에 대해서도 그 보전과 복원을 도모하기 위해서는 군집조성과 임분구조, 그리고 그들의 동태를 조사하고, 하천에 의한 물리적 영향과 수변지역의 생태적 영향 등을 상세하게 해석하는 것이 필요하다. 또한, 하천환경의 형성으로 이루어진 산림의 역할에 대한 연구도 필요하다. 자연환경, 경관을 배려한 치산·사방사업의 일환인 사방공원, 친수공원의 조성이 진척되고 있는데, 그 실태는 오늘날 치산·사방사업으로 문제가 되고 있는 자연환경의 보전과는 무관한 것이고, 치산·사방사업에 있어서 환경문제의 해결은 어려운 과제이다. 아울러 이러한 문제는 자연의 힘에 의한 수변림의 복원을 방해하고, 주변의 자연환경에 악영향을 미치는 인간과 하천과의 관계까지도 왜곡시키고 있다. 따라서 앞으로는 친수공원, 사방공원의 조성사업을 재평가하고, 수변 환경 및 수변림의 복원에 노력해야 한다(建設省河川局砂防部砂防課, 1993; 國土開發調査會, 1996).

유럽에서 널리 실시되고 있는 자연에 가까운 하천공법은 종래 시행되었던 각종 치산·사방사업으로 그 기능이 상실된 수변의 자연환경, 특히 야생동물의 서식처를 되찾는 방법으로 개발되었다. 일본에 있어서도 최근에 환경을 고려한 공법으로서 다자연형하천만들기가 사방사업현장에서 채용되기에 이르렀다. 그러나 자연에 가까운 하천공법은 콘크리트로 타설한 댐이나 호안에 자연석이나 문양형틀을 사용하고 목재 등을 시공하여 미관을 배려하거나 魚道를 만들어서 직선적인 유로를 곡선화하고 큰돌을 배치해서 작은 계류와 웅덩이를 만들어 어류의 생식환경을 조성하고, 특정 동식물을 보호하기 위한 이주, 이식 등으로 반드시 원래 수변의 자연환경을 보전·복원하기 위한 공법으로의 기능을 하고 있는 것은 아니다(建設省河川局砂防部砂防課, 1993; 林野廳, 1997). 또한, 수변림의 생태적인 기능에 대해서도 충분히 이해되고 있지 않기 때문에 수변림이 다자연형하천만들기의 대상이 되지 않고 있다. 따라서 새로운 치산·사방사업을 실행하기에 앞서 치산·사방사업으로 손상된 수변림을 포함한 수변지역 등 자

연환경을 복원하기 위한 자연에 가까운 하천공법의 도입과 개선에 노력할 필요가 있다.

수변지역에서 토지이용의 고도화나 치산·사방사업 등에 의해서 질적으로 저하된 수변림 혹은 수변림 그 자체가 없어지고 있는 상황에서 수변림을 복원시키는 일은 수변환경의 보전으로서도 대단히 중요한 문제이다. 따라서 수변지역에 수림대를 조성한다는 것은 본래 그 지역에 성립하고 있던 산림군집을 보전하는 일이다. 2차림화되고 질적으로 저하된 수변림에 대해서는 종조성이 자연도 높은 수변림과 유사하다면, 그대로 방치하는 가운데 시간의 경과에 따라 본래의 임분구조를 되찾을 수 있다. 그러나 종조성이 전혀 달라진 경우에는 인접한 임분으로부터 종자의 분산을 기대하고 천연갱신을 도모하거나 식재에 의해 본래의 모습을 되찾을 수밖에 없다. 수변림이 완전히 없어진 경우 자연적으로 방치해서 본래의 모습을 되찾게 된다면 특별한 관리가 필요 없지만 그렇지 않은 경우에는 파종, 식재에 의해 복원하지 않으면 안 된다(岡村, 1996).

引用 文 獻

- 岡村俊邦. 1996. 生態學的播種法による自然林の再生法. 水辺環境林造成に関する研究會. 建設省河川局砂防部砂防課. 1993. 生態に配慮した砂防事業實施事例.
- 鎌田磨人・岡部建士・小寺郁子. 1997. 吉野川河道内における樹木および土地利用型の分布の變化とそれに及ぼす流域の諸環境. 環境システム研究 25: 287-294.
- 生原喜久雄. 1992. 森林の淨化機能. 森林土壤の無機元素の動態と土壤溶液中での移動特性に関する研究報告書: 59-61.
- 國有林野經營計劃研究會. 1994. 國有林野經營規定の解説. 日本林業調査會.
- 國土開發調査會. 1996. 砂防便覽.
- 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.
- 淡路剛久. 1997. 環境アセス法とその問題點. 環境と公害 27: 2-9.
- 大嶋有子・山中典和・玉井重信・岩坪五郎. 1990. 芦生演習林の天然林における溪畔林優點高木種-トチノキ, サワグルミ-に関する分布特性の種間比較. 京都大學農學部演習林報告 62: 15-27.
- 柳井清治・寺澤和彦. 1995. 北海道南部沿岸山地流域における森林が河川および海域に及ぼす影響 (II), 山地溪流における廣葉樹 9種落葉の分解過程. 日本林學會誌 77(6): 563-572.
- 林野廳. 1997. 平聲6年度林業白書. 農林總計協會.
- 馬場仁志. 1982. 擴幅による土石流の流動變形に関する研究. 新砂防 35(1): 1-8.
- 武内和彦. 1994. 環境創造の思想. 東京大學出版會.
- 森林總合研究所生態秩序森林生態系チーム. 1993. カヌマ澤試驗地のカミキリと自然度現在の森林, そして將來の豫測-長期モニタリング研究: 20-21.
- 森本幸裕. 1998. 日本の水邊生態系 復元과 綠化. 韓國環境復元綠化技術學會誌 1(1): 114-118.
- 石川慎]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.
- 石川慎吾. 1982. 東北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 31: 95-104.
- 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.
- 新山 聲. 1987. 石狩川に沿ったヤナギ科植物の分布と生育地の土壤の土性. 日本生態學會誌 37: 163-174.
- 新山 聲. 1989. 札内川に沿ったケショウヤナギの分布と生育地の土性. 日本生態學會誌 39: 173-182.
- 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. カヌマ澤溪畔林試驗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.
- 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.
- 中村太士・百海琢司. 1989. 河畔林の河川水温への影響に関する考察. 日本林學會誌 71 : 387-394.
- 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.
- 太田猛彦. 1998. 森林と木. 河川 619 : 14-23.
- 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.
- 貝塚爽平. 1985. 川の作る堆積地形-貝塚ほか編寫眞と圖で見る地形學. 東京大學出版會. 46-57pp.
- Brown, G. W. and J. T. Krygier. 1971. Clear-Cut logging and sediment production in the Oregon Coast Range. Water Resources Research 7(5) : 1189-1198.
- Engelhart, W. 1968. Die natuerliche Selbstreinigung der Gewaesser. Handbuch f. Landschaftspflege und Naturschutz, Bd. 2. 406pp.
- Franklin, J. F. 1992. Scientific basis for new perspectives. Naiman, R. J. (ed). Watershed Management : 25-72.
- Frede, H. G., Fabis, J. und Bach, M. 1994. Nährstoff und Sedimentretention in Uferstreifen des Mittelgebirgsraumes. Z.F. Kulturtechnik und Landentwicklung 35 : 165-173.
- Gregory, S. V. and Ashkenas, L. 1990. Riparian Management Guide, Willamette National Forest, USDA Forest Service, Pacific Northwest Region.
- Gregory, S. V., Swanson, F. J., Mckee, W. A. and Cummins, K. W. 1991. An ecosystem perspective of riparian zone. BioScience 41 : 540-551.
- Maekawa, M. and Nakagoshi, N. 1997. Riparian landscape changes over a period 46 years on the Azusa River in central Japan. Landscape and Urban Planning 37 : 37-43.
- Nakamura, F. and Swanson, F. J. 1994. Distribution of coarse woody debris in a mountain stream, Western Cascade Range, Oregon. Canadian Journal of Forest Research 24 : 2395-2403.
- Nilsson, C. 1992. Conservation management of riparian communities. Hansson, L. (ed.). Ecological Principles of Nature Conservation : 352-372.
- Ohmori, H. 1983. Erosion rates and their relation to vegetation from the viewpoint of worldwide distribution. Bull. Dept. Geogr. Univ. of Tokyo 15 : 77-91.
- Ohno, K. 1982. A phytosociological study of the valley forests in the Chugoku Mountains, Southwestern Honshu, Japan. Japanese Journal of Ecology 32 : 303-324.
- Pinay, G. and Decamps, H. 1988. The role of riparian woods in regulating nitrogen fluxes between the alluvial aquifer and surface water-a conceptual model. Regulated River 2 : 507-516.
- Sakai, A., Ohsawa, T. and Ohsawa, M. 1995. Adaptive significance of sprouting of *Euptelea polyandra*, a deciduous tree growing on steep slope with shallow soil. Journal of Plant Research 108 : 377-386.
- Sakio, H. 1997. Effects of national disturbance on the regeneration of riparian forests in a Chichibu Mountains, central Japan. Plant Ecology 132 : 181-195.
- Yamamoto, S. 1989. Gap dynamics in climax *Fagus crenata* forests. Bot. Mag. Tokyo 102 : 93-114.