

# 농업유역의 하천관리와 생태계의 복원

최 중 대\*

## 1. 서 론

맑고 깨끗한 물과 푸르고 울창한 숲이 자연을 대표할 수 있고 이들이 확보된다면 그 속에는 인간을 포함한 왕성한 자연생태계가 유지될 수 있을 것이다. 그러나 현대화 과정에서 고도로 변형되고 변질된 우리의 자연을 과거의 자연생태계 처럼 복원할 수는 없을 것이다. 국토면적은 작고 인구가 많은 우리나라의 경우 토지가격이 비싸 기존의 토지를 수용하여 자연생태계를 복원하기도 쉽지 않을 것이다. 국민의 생활수준이 향상되고 여가를 즐길 수 있는 위락공간이 절대적으로 부족한 우리나라에서 그래도 자연생태계를 모방할 수 있는 곳은 농촌지역의 하천들이다. 홍수에 대비한 하천정비가 아니라 자연생태계를 복원하는 차원의 하천관리를 서둘러야 할 때이며 이와같은 사업을 통하여 잃어버렸던 농촌의 전원풍경을 복원하고 지역주민은 물론 도시민들이 고향과 농촌을 찾고 쉴 수 있는 공간을 확보하여야 한다. 도시유역 하천의 오염도가 심하여 농촌지역의 하천은 깨끗할 것이라고 믿는 시민들이 많을 것이다. 그러나 우리나라에서 개발이 가장 낙후되어 자연보전이 잘되고 있다는 강원도 농촌유역 하천의 수질도 환경부에서 정한 수질1등급과 비교하면 상당히 오염되어 있음을 알 수 있다.

우리의 농업은 단위토지면적당 최대의 수확을 목적으로 하고 있기 때문에 영농방법, 농업기반사업,

농업유역의 개발 등은 오로지 이 목적을 달성하기 위하여 추진되어 왔다. 농촌지역의 하천정비나 경지정리와 같은 국책사업들은 최대의 경지면적을 확보하여 최대의 수확을 올릴 수 있도록 설계되고 시공되어 왔다. 보다 많은 화학비료를 사용하여 보다 편하게 높은 소출을 올릴 수 있는 방법들이 농민들에게 교육되었다. 그러나 이와같은 정책은 경작지에서의 물질소득만을 추구하는 경작지 단위의 농업정책으로 경작지외의 토지로 부터 간접적인 물질 및 정신적인 소득에 대해서는 전혀 고려하지 않고 있다.

농업지역을 하나의 수계에 속해있는 유역으로 본다면 경작지외의 토지는 주택, 축사, 도로, 공원, 하천, 산과 구릉지 등이 있다. 우리나라의 어느 농업지역을 가더라도 가용한 모든 토지는 생산을 위하여 사용되고 있다. 주택, 축사, 도로, 하천 등은 필요한 최소의 면적만 할애되고 있으며 맑은 물과 푸른 숲이 있는 공원은 거의 찾아 볼 수 없다. 이와같은 농업조직하에서 기존의 농경지를 공원용지로 전환할 수는 없다. 그러나 하천의 기능이 단순한 수로로서의 역할뿐만이 아닌 숲과 물이 있는 공원기능을 동시에 갖도록 개발할 수 있다면 농촌지역의 생활환경은 획기적으로 개선될 수 있을 것이다. 공원기능을 하는 하천은 농촌의 전원풍경을 창조하고 하천의 생태계를 복원하며 자정작용을 극대화하여 수질을 개선하여 수자원을 보전할 수 있으며 농민과 도시민의 휴식처로 이용되어 농촌지역의

\* 강원대학교 농공학과

간접소득도 증대시킬 수 있다.

국민의 소득수준이 높아지고 여가활동을 즐기기 시작하면서 소득과 생활에 대한 개념도 많이 변했다. 맑은 물과 푸른 숲이 있는 깨끗한 자연속에서 심호흡을 하며 쌓였던 스트레스를 풀고자 하는 욕망은 농민과 도시민 모두에게 강렬하게 일어나고 있는 반면에 이들의 욕구를 채울 수 있는 공간은 제한되어 있다. 농촌지역에서도 푸른 숲과 맑은 물이 있는 편히 쉴 장소를 찾을 수 없다. 환경친화 농업은 가능한한 농업생산성을 최대로 유지하여 물질적인 소득을 최대한 보장하면서도 경작지와 유역을 하나의 개발단위로 간주하여 경작지만의 개발이 아닌 유역과 경작지를 동시에 개발하여 농촌공간이 누릴 수 있는 최고의 생활공간을 창조하고자 하는 농업이라 할 수 있다. 본문에서는 강원도를 중심으로 하천의 개수현황과 농경지로부터 오염물 배출실태를 기술하고 선진외국의 자연생태계 복구 및 보전 노력을 소개한 후 우리나라의 농촌지역 하천의 관리방안에 대해 고찰하고자 한다.

## 2. 강원도의 하천개수와 농촌지역의 오염 배출 현황

강원도의 법정하천은 254개소에 총연장 3,551km이며 작할하천이 5개소에 224km, 지방하천이 11개소에 461km 그리고 준용하천이 238개소에 2,866km이다. 강원도는 총연장 3,551km의 78.15%인 2,775km의 하천을 개수할 계획을 추진하고 있다. 1992년도 까지 개수목표의 52.8%인 1,467km를 개수완료하였고 1992년도에만 0.8%인 24.4km를 개수하였다. 강원도는 1992년도에 하천의 수계별 하천정비 종합계획을 수립하였고 지방하천의 하천정비 기본계획 수립율은 100%이다. 하천정비계획에 따라 1993년도에는 110억원 이상의 사업비를 확보하여 20.8km를 개수하며 나머지 미개수 지역은 연차적인 계획하에 사업을 추진하고 있다. 개수된 하천은 매년 축제, 호안 및 하상정리와 유수지 상목의 제거 등 정비 및 보수작업을 하고 있다. 춘천군의 경우 개수된 하천의 총연장은 1991년까지 215.4km이며 매년 춘계 및 추계로 나누어 개수된 하천을 정비하고 있다. 우리나라의 하천개수율은 1993년 현재 약 60%에 달하며 2001년까지는

직할 및 지방하천은 개수를 완료하고 준용하천도 75%까지 개수율을 제고시킬 계획으로 있다.

하천은 유수의 통로, 유수의 이용, 자연환경의 보전 그리고 어업, 주운, 생산물의 채취 등 4대 기능을 가지고 있다. 현재 시행되고 있는 하천의 개수는 하천의 기능중 유수의 통로와 이용기능에만 중점을 두어 홍수피해를 예방하기 위한 목적으로 설계되고 시공되기 때문에 현시대에 와서 그 기능이 점차 증가되고 있는 자연환경의 보전과 자연생태계의 종다양성을 확보하기 위한 공간으로서의 기능은 거의 고려되지 않고 있다. 하천은 그 면적이 넓기 때문에 하천자체의 자정작용은 상당히 클 것으로 생각되며 하천의 자정작용 능력을 고양시킬 수 있다면 가장 경제적이고 효율적으로 오염물제거를 할 수 있고 수자원을 보전할 수 있을 것이다. 강원도 춘천군의 하천면적은 28.6km<sup>2</sup> 그리고 횡성군의 하천면적은 24.1km<sup>2</sup>에 달한다.

하천개수는 홍수를 방지하기 위하여 하천제방을 정비하고 친수공간을 조성하여 주민들에게 휴식 및 오락공간(친수공간)을 제공하고 하천골재를 채취하여 그 판매대금으로 사업비를 충당하는 것이 원칙처럼 되어 왔다. 하천의 개수방법은 하천의 규모에 따라 저수로와 고수부지를 정비하고 하천변 제방을 축조하는 것으로 자연하천을 영원히 인공화하는 사업이다. 하천에 설치되는 고수부지는 홍수시 유수의 소통을 원활히 하기 위하여 나무 등의 장애물을 주기적으로 제거하고 있다. 제방은 홍수시 제방의 유실을 확실하게 방지하여 홍수피해를 입지 않도록 하고 사후관리의 편의성을 위하여 돌망태를 입히거나 돌붙임 또는 시멘트 블럭붙임 등을 하고 있다. 또한 하천의 개수는 구불구불한 자연하천을 직선화하여 유수의 소통을 원활히 하는데만 중점을 두고 있어 평시나 홍수시 하천수는 가능한 최단거리로 최소한의 시간으로 하류로 배수되고 있다. 그러나 이 방법은 하천의 자연환경을 보전하고 생태계의 종다양성을 확보하며 또한 도시와 농촌주민들이 여가를 즐길 수 있는 공간을 제공할 수 없다. 주민들이 단순히 물가에 가까이 갈 수 있기 때문에 고수부지를 친수공간이라고 할 수도 있지만 저수로의 물은 오염되고 나무 등의 자연 생태계가 거의 완벽하게 훼손된 고수부지를 진정한 의미의 친수공

Table 1. Selected pollutant concentrations from agricultural lands

Pollutant	Min. con. (mg/l)	Max. con. (mg/l)	Average (mg/l)
BOD	3.6	11.4	7.3
COD	13.0	102.0	37.0
T-N	7.4	22.6	13.7
T-P	1.3	10.2	4.5

Table 2. Selected pollutant discharge from paddy field(kg/km<sup>2</sup>/day)

COD	BOD	SS	T-N	T-P	Source
17	5.1	4.4			임봉수(1982)
	5.1			0.01	김동균 외(1987)
	1.5			0.65	신상철 외(1992)
	7.1		6.2	0.17	서윤수 외(1987)
	8.6		6.2	0.10	신상철 외(1992)

Table 3. Selected pollutant discharge from upland (kg/km<sup>2</sup>/day)

COD	BOD	SS	T-N	T-P	Source
25.0	6.3	6.3			임봉수(1982)
	7.1			0.17	김동균 외(1987)
	6.5			0.76	신상철 외(1992)
9.0	1.8	96.0	3.3	1.09	서윤수 외(1989)
	6.3		3.5	0.16	신상철 외(1992)
	2.3			0.53	최의소 외(1991)

Table 4. Selected pollutant discharge from mountain forests(kg/km<sup>2</sup>/day)

COD	BOD	SS	T-N	T-P	Source
2.7	1.0	1.3			임봉수(1982)
	0.7			0.02	신상철 외(1992)
	1.0			0.01	서윤수 외(1989)
	3.8		4.4	0.03	신상철 외(1992)

Table 5. Selected pollutant discharge from different land use(kg/km<sup>2</sup>/day)

Land Use	COD	BOD	SS	T-N	T-P
Urban	336.0	74.0	234.0	43.0	8.5
Rural	5.8	1.7	2.4	0.63	0.41
Pasture	4.6	20.0		2.7	0.3

간으로 생각할 수 없다. 하천의 자정작용은 하천수가 소용돌이 치며 토양(하상)과의 접촉이 크고 복류수의 흐름이 많으며 하천주변에 나무 등의 수림이 울창할 때 가장 크다. 따라서 현재 시행하고 있는 하천의 개수는 홍수를 예방하는데는 효율적이거나 그 외의 하천기능은 사장을 시키는 균형되지 못한 개발방법이라고 할 수 있다. 날로 증가되는 오염물질을 정화하고 자연생태계를 보전할 수 있는 기능이 보장되는 하천개발이 필요하다.

우리나라에서 축산, 농업, 양어장 등의 폐기물 처분과 수로오염 통제(유재근, 1993)에 따르면 농경지에서의 오염물 배출량은 Table 1과 같다.

환경정책기본법에 따르면 상수원수 1급수는 하천의 경우는 BOD가 1mg/l 이하, 호수의 경우는 COD가 1mg/l 이하로 규정하고 있으며 또한 호수의 수질을 1급수로 유지하기 위하여는 총질소(TN)과 총인(TP)의 농도가 각각 0.2mg/l과 0.01mg/l 이하가 되어야 한다고 규정하고 있다. 따라서 농경지에서 배출되는 오염물 농도는 Table 1의 평균을 기준으로 할 때, 환경부에서 설정한 하천수와 호소수의 1급수 기준치보다도 BOD는 7.3배, COD는 37배, TN은 68.5배 그리고 TP는 450배에 달하고 있다. 박원규 외(1993)가 조사한 토지이용별 오염물 배출 원단위를 연구자별로 나타내보면 다음의 Table 2에서 Table 5에 나타냈다.

각 토지이용별 오염배출원단위의 오차는 받아들일 수 없을 정도로 크다. 호수부영양화의 제한요소로 작용하는 TP의 경우 논에서는 최고와 최저 배출원단위 차이가 65배 그리고 밭의 경우는 6.8배의 차이를 보이고 있다. 원단위 오염물질 배출량은 측정자의 주관이나 지역의 특성이 많이 반영되어 기복이 심하므로 선진국에서는 사용을 하지 않거나 혹은 특정한 경우에만 제한적으로 사용하고 있다. 또한 도시와 농촌의 오염배출량은 도시가 농촌보다 비교할 수 없을 정도로 많은 오염물질을 배출하고 있는 것으로 나타났다. 우리나라의 경우 비점오염물질의 배출은 주로 유출수에 의해 운반되므로 유출량과 오염물질의 농도와의 관계가 정량적으로 구명되어야 한다. 지역별 토지이용별 유출과 오염물질 농도와의 관계가 구명되면 이를 기준으로 하여 지역별 오염배출원단위는 물론 오염부하량도 정확

하게 계산될 수 있다. 또한 오염부하량 삭감 등의 정책을 수행할 때, 정책의 효과를 정량적으로 평가할 수 있다.

Table 1에서 보듯이 농경지의 오염부하량은 상당히 크다. 농경지에서 유출되는 높은 농도의 비점 오염물질들은 농촌유역의 하천으로 유입되어 하류의 큰 하천이나 호수로 유입된다. 오염물질들은 하천을 따라 흐르는 동안 물리적, 화학적, 생화학적 및 생물학적 변화를 받아 정화가 되고 농도는 작아진다. 허우명(1993) 등이 소양호 상류에서 조사한 수질은 계절과 유량에 따라 많은 차이를 보이지만 TP의 경우 0.0087mg/l에서 0.046mg/l(평균 0.031mg/l) 그리고 TN의 경우는 0.672mg/l에서 2.041mg/l(평균 1.268mg/l) 사이를 보이고 있다. 소양호 유역은 공업화가 전혀 되지않은 산간 농업지대임을 고려하면 농경지에서 배출되는 수질보다 상당히 양호하게 정화되었다고 볼 수 있다. 그러나 자정작용에 의해 정화는 되었지만 소양호 유입수의 TP와 TN의 농도는 호소수질 1등급 규정치보다 TN은 6.3배 그리고 TP는 3.1배나 높아 이에 대한 대책이 요망된다.

### 3. 외국의 생태계 보전 및 복원 노력

독일과 네덜란드는 현대화 과정에서 심하게 변형된 농촌지역의 자연과 생태계를 복원하기 위하여 적극적인 노력을 하고 있다. 국가적인 복원계획을 수립하여 농업지대의 전원풍경(Agricultural Landscape)인 하천변 수림(Riparian Systems), 숲(Woodlands), 초지(Grasslands) 그리고 늪지대(Wetlands)의 복원과 함께 자연생태계를 복원하고자 막대한 지원을 하고 있다. 생물학적으로는 종다양성을 유지하고 복원가능성이 있는 자연의 생태계를 복원하는 것이 복원계획의 중요한 목표이다. 각국 정부는 크고 작은 지점별 및 지역별 전원풍경의 특성을 복원하고 보전하는 연구 및 건설사업시 정부 주도의 일률적인 통제를 피하고 학계와 지역주민을 참여시켜 그 지역에 가장 적합한 풍경을 복원할 뿐아니라 인간의 존엄성을 고려한 문화적 풍경(Cultural Landscape)과 복원될 생태조직의 기능(Ecosystem Functions)과의 적절한 균

형을 맞추려고 노력한다. 문화적 풍경과 생태조직의 기능 사이의 균형은 이들 각각의 특성을 다소 제한하고 조정하여 맞춘다. 이와같은 배경이 있는 풍경생태학(Landscape Ecology)의 원리가 복원사업시의 중요한 고려사항이다. 지구의 온난화와 산성비 문제도 복원사업시 중요한 고려사항으로 배려된다. 하천정비의 경우, 직선화 되었던 하천은 과거의 사행하천으로 복원하고 이를 보전하기 위하여 토종식물로 하천변 수림을 조성하여 제한적이나마 과거의 생태계를 복원하는 것이다. 독일과 네덜란드는 우리나라와 역사적으로나 문화적으로 많은 차이가 있어 그들의 자연보전방법을 우리나라에 그대로 적용할 수 없으나 그들의 아이디어를 도입하여 우리의 실정에 맞게 수정하고 우리의 자연을 보호보전하고 손상된 생태계를 복원하는 데 이용할 수 있을 것이다. 독일과 네덜란드의 몇몇 예를 들어본다.

독일은 풍경생태계의 보전과 복원을 위하여 전국적으로 많은 연구소를 설치하고 지역의 특성에 맞는 연구를 하고 있다. Federal Research Center for Nature Conservation and Landscape Ecology는 독일의 환경부 산하의 연구기관으로 전국적인 조직을 가지고 연구하고 있다. 이들의 대표적인 복원사업 예를 들어본다. (1) 현대화 과정에서 훼손된 저지 늪지대(Fen Wetland)를 복원하기 위하여 제방을 축조하고 과거 늪지대의 수문현상을 복원하고 있다. 늪지대가 손상되기 이전의 상태로 완전히 회복되려면 수백년이 걸릴 수도 있다는 것을 과학자들은 잘 알고 있다. 그래도 정부와 과학자들은 토지이용법(Zoning Laws) 등을 제정하여 늪지대의 복원에 장애가 될 수 있는 토지의 무분별한 개발을 통제하는 등 늪지대를 성공적으로 복원하기 위한 모든 노력을 기울이고 있다. (2) 산업활동에 의해 중금속으로 심하게 오염된 토양을 인공늪지대를 조성하여 자연적으로 처리하는 방법을 연구하고 있다. 오염된 토양이 빗물로 용이하게 유실이 될 수 있도록 절토를 하여 작은 등산모양으로 수없이 많이 쌓아놓고 유출수가 모여 흐르는 곳에 4개의 연속적인 인공늪지를 만들었다. 늪지에는 중금속을 섭취할 수 있는 식생을 조성하여 유출수가 늪지를 통과하는 동안 오염된 토양을 처리하고 있

다. 이는 복잡한 중금속 처리를 위한 시설물 등을 건설하여 풍경을 해치지도 않고 처리시 발생할 수 있는 2차 및 3차 오염 등을 방지하여 자연의 풍경을 보전하면서도 필요한 토양처리를 하겠다는 의지이다. (3) 농업지대의 유출수를 처리하기 위하여 약 8백만 m<sup>2</sup>의 농지를 연못, 개울, 늪지대, 관목지대 등으로 조성하는 사업이다. 집약농업이 실행되고 있는 이 농지들은 과거에는 늪지대였으나 약 100여년 이전부터 약 1m 정도의 복토를 하여 농지로 사용하고 있는 지역이다. 그러나 복토를 하기 전의 생태계를 복원하기 위하여 복토된 1m의 표토를 제거하고 원지반을 노출시켜 과거의 늪지대 식생이 소생될 수 있도록 노력하고 있다.

Water Management and Soil Conservation Authorities in Schwabisch Hall and Kuzensau은 독일 남서부 지역에서 늪지대와 하천 생태계를 복원하기 위한 노력을 하고 있다. 생태계 복원을 위하여 많은 나무를 심거나 혹은 자연적으로 토종의 식생을 유도하여 생태계의 자연적인 천이(Succession)를 유도한다. 기존의 영농활동이 이루어지고 있는 토양은 과도한 영양분의 사용으로 영양물질이 많이 축적되어 있어 잡초들은 왕성하게 번식하나 과거의 척박한 토양에서 자라던 식물들이 번식하기 어렵기 때문에 토종식물의 정착을 위하여 비싼 방법이기도 한 해도 토양을 치환하는 방법이 많이 사용되고 있다. 하천생태계의 복원을 위하여 하천변에는 의무적으로 9m 내지 18m의 수림(Riparian Buffer)을 조성하는 법안을 심각하게 검토하고 있다. 법이 발효된다면 정부예산으로 토지를 수용하고 수림을 조성하여 전원풍경과 생태계를 복원한다.

독일의 University of Hohenheim and University of Stuttgart는 다뉴브 강 연안의 수질개선, 야생동물 서식처 확대, 홍수방지 등을 위한 연구를 수행하고 있다. 기존의 개수가 된 강의 일부분을 호수(Oxbow)로 만들고 대신 이 부분을 사행천으로 연결한다. 사행천이 호를 부분의 토지는 정부에서 매입하고 자연의 상태에서 하천 스스로가 사행천으로 변모하도록 유도하고 생태계의 종다양성이 확보되도록 한다. 사행천 형성시 과도한 토양의 유실을 방지하기 위한 방조제를 적절한 곳에 설

치한다. 농촌의 전원풍경은 너무나 많이 변모되었으므로 원시시대로의 복원은 불가능하나 19세기 혹은 그 이전의 풍경과 생태계를 유지할 수 있도록 하는 것이 복원작업의 목표이다. 또한 이들 대학들은 중부유럽의 이탄토 탄전지대의 늪지를 복원하기 위한 사업을 벌이고 있다. 채탄을 위하여 설치된 배수로를 막아 수위를 상승시키고 토종의 식생을 복원시키고 있다.

네델란드는 유럽에서 인구밀도가 가장 높은 국가이다. 인구를 지탱하기 위하여 국토의 상당 부분은 호수, 늪지대 및 북해의 일부를 개간하여 만든 토지이다. 따라서 토지를 비롯한 자원의 관리는 네델란드의 가장 중요한 관심사이다. 자원보전을 위하여 산성비, 지구온난화, 부영양화, 오염, 지하수위의 저하, 토지의 분할화(Fragmentation) 그리고 야생 생태계 서식지의 손실 방지 등에 중점을 두어 정책을 수행하고 있으며 이들의 자연보전사업 예를 들어본다. Staring Center(The Winand Staring Center for Integrated Land, Soil and Water Research)는 국가 및 국제적 차원에서 생태적 연결조직(Ecological Networks)을 복원하는데 많은 비중을 두고 있다. 연결조직의 복원은 현대화 과정에서 서로 격리된 야생생태계를 서로 재연결시키는 일로 서식지와 서식지 간에 완충지대를 설정하거나 자연 보호구역을 지정하여 연결통로를 만드는 것이 주 목적이다. 이와같은 사업은 풍경생태학을 근간으로 하여 이루어지고 있다. 연구진들은 이 목적을 달성하기 위하여 지난 8년 동안 생태지도, 식생도, 자원과 풍경의 모형화 등의 업무를 수행하고 있다. 모형화 연구를 통하여 여러가지 종류의 동식물이 서로 생태적으로 연결되기 위한 서식지와 서식지를 연결하는 연결조직의 폭은 연구대상의 동식물에 따라 다소 차이는 있지만 최소 455m에서 910m 정도가 필요하다는 결론도 얻었다. 연구진들은 지형정보시스템(GIS)을 이용하여 전국의 관련정보를 취합하고 분석하는 일도 하고 있다.

The Blauwe Kamer는 국제공동으로 추진하는 라인강 유역의 생태계 복원사업을 위한 보호구역이다. 이 보호구역은 사설재단이 소유하고 있지만 계획과 예산은 국가에서 지원하고 있다. 강주변의 넓은 면적을 절취하여 인공늪지를 만들고 제방의 일

부를 열어 강물이 늪지로 범람하게 하여 자연의 식생을 유도하고 있다. 19세기에 유럽지역을 떠돌던 몸체가 작은 Konick 말을 방목시켜 과거의 조건을 만들어주고 과거의 생태계를 복원하려고 애쓰고 있다. 보호구역에는 제한적이거나 지역주민들의 활동을 허락하여 자연보호와 인간활동이 공존할 수 있다는 점도 상기시키고 있다.

Institute for Forestry and Nature Research에서는 늪지, 습지 그리고 하천변 수림의 생태계에 관한 연구를 많이 하고 있다. 독일 과학자들과 마찬가지로 이들도 토양의 과잉 영양분은 잡초의 번식을 조장하여 토종식생의 번식을 방해한다고 믿고 있기 때문에 늪지대 수종인 버드나무와 도토리나무의 활착과 성장과 토양의 질소 및 인 농도와와의 관계 등을 연구하고 있다. 또한 네델란드의 과학자들은 목축업이 발달하였기 때문에 가축분뇨에서 대기로 증발되는 암모니아 질소 등이 질산성 질소로 변하여 연간 약 168kg/ha이나 지상으로 침강하는 문제에 대해서도 연구하고 있다.

Wageningen Agricultural University Center for Agrobiological Research에서는 토양의 영양물질 농도와 종다양성에 관한 연구를 하고 있다. 그들은 영양물질 농도가 높은 토양을 군대 군대 제거하고 이곳에 토종식물이 자라도록 한다. 토종식물이 번성하면 이곳으로부터 인근지역으로의 전파를 유도하여 목표로 하는 전지역으로 토종식물이 퍼지도록 하는 연구를 한다. 영양물질의 과도한 유입으로 훼손된 늪지대를 복원하기 위하여 주변의 농업지대에 환경친화 농업을 보급하여 영양물질의 유입량을 줄이고 늪지대의 생태계를 복원하는 연구도 활발히 진행되고 있다.

Oostvaarderplassen은 거대한 호수였으나 제방을 쌓고 펌프장을 설치하여 농업용으로 사용되던 지역이다. 1968년도에 네델란드 정부는 이 지역을 자연보호지역으로 설정하고 제방과 수로를 건설하고 늪지대와 야생서식지를 조성하였다. 이 지역에는 야생의 동식물이 자연적으로 성장할 수 있도록 여건이 조성되었고 경우에 따라서는 인공적으로 조립과 동물들도 도입되어 자연의 생태계를 유지하고 있다. 네델란드는 큰 나라도 아니고 인구밀도도 우리나라와 같이 높은 국가이지만 사라져가는 자연과

생태계를 보전하기 위하여 많은 노력을 하고 있다.

미국의 경우 농업지대의 하천변 수림이나 늪지대는 농업지대에서 배수되는 유출수를 처리하기 위한 완충지역으로 생각하고 이들 지역이 수질개선에 기여하는 효과에 대하여 많은 연구를 진행하고 있다. 거시적으로 보아 늪지대는 하천변 수림의 일부분으로 해석될 수 있다. 하천변 수림은 생산성이 높고 다양하며 또한 복잡한 생태조직으로서 수자원의 수질개선에 많은 기여를 한다. 하천변 수림지역은 지표면이 거칠고 토양이 교란되지 않아 식물의 뿌리가 잘 발달되어 있으며 지렁이 등의 동물과 미생물들의 번식도 왕성하다. 유출수가 이 지역을 통과하면서 유속이 작아지고 소류력이 약화되어 유출수에 포함되어 있던 각종의 부유물질과 유송토사들은 하천으로 유입하지 못하고 걸러지고 침전된다(여과기능 혹은 Filter). 부유물질과 유송토사가 하천으로 유입되면 하천에 퇴적되어 수중생태계를 파괴하고 하천의 유효유수단면적을 줄여 홍수의 가능성을 높이고 저수지의 경우 저수용량을 줄이는 등 많은 역효과를 가져온다. 지표수나 지하수에 포함되어 있는 각종의 영양염류들도 하천으로 유입되기 전에 식물의 영양분으로 섭취되어(제거기능 혹은 Sink) 하천의 오염부하량을 줄인다. 여과기능으로 여과된 각종의 유기물질과 유송토사에 흡착되어 있던 물질들과 농약 등의 맹독성 화학물질들도 토양의 활발한 미생물 활동 등에 의해 분해되어 개스로 대기중으로 방출되거나 혹은 독성이 약한 물질로 변하게 되므로 오염물질을 변화시키는 변환(Transformer)기능이 있다. 하천에 과일, 나무가지, 잎, 곤충 등의 유기물을 제공하여 수중생태계의 먹이사슬을 형성하게 하는 에너지 공급(Energy Source)기능 등의 역할을 한다. 이외에도 하천변 수림은 하천 수중동식물의 서식에 적절하도록 온도와 햇빛을 적절히 조절하여 준다. 잘 발달된 하천변 수림은 하천제방을 보호하고 야생동물에게는 서식지를 제공하며 도시민에게는 휴식공간을 제공한다. 목재 및 부산물의 생산기능도 있으며 농촌전래의 아름다운 풍경을 만들어 낸다. 미국의 토지이용이나 농촌지역의 개념은 우리나라와 많은 차이가 있어 미국의 하천관리 방법을 우리나라에 도입할 수는 없을 것이다. 그러나 미국의 하천변 수림 관리모형은 우리

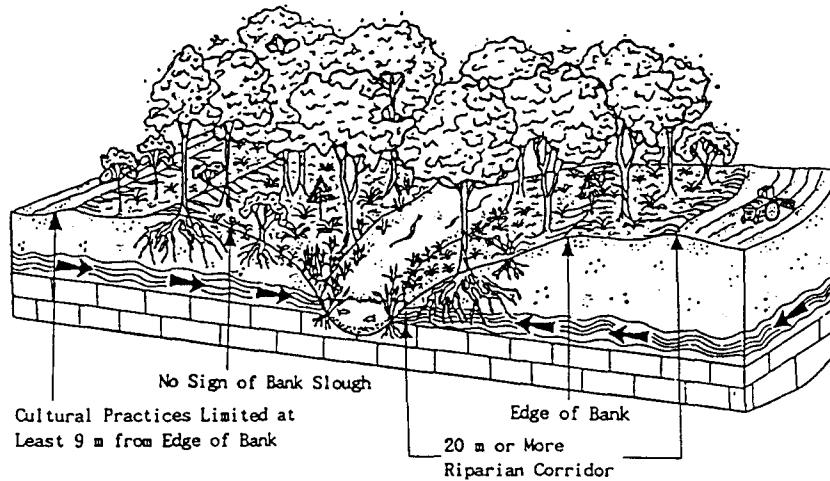


Figure1. A typical riparian system model in USA

나라의 획일화된 하천개수 방법과 비교할 필요가 있어 미국 Kansas 주에서 하천변 수림을 보전하기 위해 설정해 놓은 기준을 Figure 1에 소개한다.

하천변 수림의 식생이 자연적인 천이를 할 수 있고 야생동물이 서식하기 위하여는 다양한 종류의 풀, 관목과 나무들이 혼재하고 있어야 하며 또한 이들의 수령도 다양하여야 한다. 수림이 형성되면 육상과 수중의 동식물도 다양해지고 독자적인 생태계를 형성할 수 있다. 잘 발달된 뿌리조직과 지표면이 낙엽 등으로 잘 피복되어 토양을 안정화시키고 유출수의 오염물질들을 제거한다. 이와같은 자연생태계를 보전하기 위하여는 수림의 폭이 최소 20m는 유지될 해야하며 제방보호를 위해 제방의 끝(Edge of Bank) 부터 9m 이내에서는 경운작업 등의 영농활동을 가능하면 삼가는 것이 좋다. 수림의 외측에 관목의 발달을 돕기 위하여 성숙한 나무들을 선별하여 간벌한다. 수림의 폭이 20m에서 좁아질 수록 식생의 다양성을 확보하기 어려워 자연적인 천이가 이루어질 수 없으며 야생동물들의 번식이 제한되어 폭이 6m 이하로 되면 자연적인 식생도 어려워지고 야생동물들이 살기 어렵게 된다. 이와같은 경우 수림은 관리인이 주기적으로 나무와 풀을 심고 관리를 해야 한다.

#### 4. 하천의 자연생태계 복원과 자정작용의 제고 방법

외국의 농촌 풍경과 자연생태계 복원방법은 주로 하천을 중심으로 진행되고 있다. 우리나라의 경우 하천변에 수림을 조성할 수 있는 농촌지역의 하천은 많지 않다. 큰 강들은 하상계수가 크고 경사가 급하여 다뉴브 강과 같이 사행천을 만들 정도의 생태계 복원사업은 하기가 어려울 것이다. 그러나 농촌지역의 작은 하천들은 큰 강과는 달리 홍수가 크지 않으므로 최소의 유수단면적만 확보되면 그 외의 하천부지는 최적의 생태계가 유지될 수 있도록 정비하고 토종의 나무를 심어야 한다. 나무들은 주변의 논과 밭에서 지하수나 지표수를 통해 하천으로 유입되는 영양물질을 많이 섭취하여 잘 자랄 것이고 하천은 그 만큼 정화될 것이다. 우리나라도 1900년대를 기준으로 하여 하천을 복원한다면 상당히 많은 하천들이 옛모습을 찾을 수 있을 것이다. 넓은 지역에 하천변 수림의 조성이 어렵기 때문에 하천의 자정작용을 극대화하기 위하여는 하천 자체의 자정작용 능력을 높여야 한다.

하천의 평면적은 상당히 넓고 이 넓은 면적을 유수의 이동통로로만 이용할 것이 아니라 정수 및 하수처리장의 기능을 갖도록 처리를 할 수 있다면 최

소의 경비로 최대의 수질정화 효과를 볼 수 있고 하천과 호수의 수질은 상당히 개선될 수 있다. 자정작용의 기본원리는 매우 간단하다. 첫째는 하천에 풍부한 산소를 공급하여 용존산소의 양을 최대로 유지시키며 호기성 미생물의 성장을 도와 유기물질의 분해를 촉진한다. 이를 위하여는 하천의 흐름이 항상 소용돌이 치며 흐를수 있도록 장애물 등을 설치하여 수표면과 공기와의 접촉면적을 최대화하여 공기중의 산소가 하천수로 용이하게 용해될 수 있도록 한다. 둘째는 하상을 정리하여 복류수의 흐름을 조장하여 하상에서의 거름작용(Filtering)을 극대화한다. 하상에서 걸러진 유기물들은 수서동물들의 영양분으로 이용되거나 하상에 존재하는 미생물들에 의해 빠르게 분해되어 무기염류로 변환된다. 무기염의 일부는 하상의 토양에 흡착이 되고 일부는 다시 하천으로 방출이 된다. 수질오염의 주요한 인자들인 인산염과 질산염이 많이 생성되나 인산염은 상당한 양이 토양에 흡착이 되어 제거 효율이 높다. 질산염은 토양에 흡착되지 않으므로 하천으로 다시 방출이 된다. 그러나 하상에 혐기성 지역을 형성할 수 있다면 질산염은 탈질화 반응에 의해 질소개스로 변환되어 대기로 방출이 된다. 따라서 하상을 호기성 지역과 혐기성 지역으로 처리를 하여 호기성 지역에서는 거름작용과 분해작용을 극대화시키는 지역으로 그리고 혐기성 지역은 탈질 반응을 유도하여 질산염을 질소개스로 변환시키는 지역으로 만들 수 있다면 하천에서 질소와 인 성분의 제거는 상당한 효과를 거둘 수 있을 것이다. 예를들면 하천을 저수로와 고수부지로 나누어 일률적으로 개수를 할 것이 아니라 하천의 전 평면에 사행천을 조성하고 물과 토양과의 접촉을 증가시키고 지반과 벽체를 통하여 누수가 되도록 설계된 보(Weir) 등을 설치하여 복류수의 양을 증가시킬 수 있다. 세째는 이미 언급하였지만 하천변에 많은 수림을 조성한다. 하천변 수림은 하천주변에서 하천으로 유입되는 지표수의 부유물질을 걸러주고 지하수를 통해 유입되는 각종의 영양염류를 섭취하여 하천의 오염을 근본적으로 방지하는데 기여를 한다. 하천변 수림은 하천가에 응달을 만들어 여름에 수온의 상승을 막아주고 어류 및 야생동물들의 은신처를 제공하여 하천변 생태계를 복원시킨다. 하

천에 수서동물들이 증가하면 이들이 섭취하여 성장하는 만큼 수중의 오염물질들이 적어지게 되므로 수질은 개선된다. 하천에 장애물이 많아 대홍수시에는 농촌의 작은 하천이라도 범람할 확율이 높을 것이다. 그러나 이제는 홍수와 자연의 혜택과의 비교를 해 볼 필요가 있다. 그리고 내제는 수질과 생태계 보전을 위하여 하천변에서 여가활동 및 축산 활동을 제한하는 법규를 제정하고 이를 강력하게 실천한다. 법적인 구속력과 지속적인 계몽을 통하여 훼손하며 즐기는 자연이 아닌 가꾸고 보며 즐기는 자연으로 여가활동 개념의 전환을 유도하여야 한다. 우리나라와 같이 국토면적에 비하여 절대인구가 많은 국가에서 자연을 보전하기 위하여는 더욱더 강력한 법적인 제재가 필수적이다. 위에 열거한 3가지의 공학적 및 생물학적 이론에 기초를 둔 방법과 합리적이고 강력한 법적인 제재가 조화를 이루고 지속적인 정책과 환경교육이 뒷받침이 된다면 농촌지역의 하천생태계는 복원될 수 있으며 하천과 호수의 수질은 괄목할만한 개선효과를 볼 것이다. 홍수시나 고수위시에는 이상에서 기술한 방법들이 적용되지 않는다. 그러나 수질은 저수위나 갈수위시에 더욱더 악화되므로 이때에 최대의 자정 효과를 발휘할 수 있도록 하천을 관리하는 것이 필요하다. 하천생태계의 복원은 수문학자와 토목기술자들만이 참여하는 단순한 공학적인 문제가 아니다. 생태학자와 생물학자가 함께 참여하여 토속식물과 동물들이 자연스럽게 번성할 수 있는 환경을 조성하여야 한다. 여기서 기술한 하천의 자정작용 강화방안과 생태계 복원방법은 대하천이나 대유역을 상대로하는 것이 아니다. 부락단위의 작은 하천과 유역을 대상으로 하여 환경친화 농업의 일부분으로 추진하여야 한다. 비점오염물질의 배출이 가장 작은 환경친화농업을 도입하여 농업의 생산성은 유지를 하면서도 하천으로 배출되는 오염부하량을 최소화하여 하천의 자정부하량을 줄여야 한다. 경우에 따라서는 기존의 농지를 수용하여 늪지나 수림을 조성할 수도 있을 것이다. 그러나 이를 단순한 농지의 손실로 볼 것이 아니라 전원풍경의 회복과 생태계의 복원차원에서 생각하면 손실보다는 이익이 더 많을 수도 있다. 이와같은 사업의 성공적인 수행을 위해서는 특히 농업담당부처와 수질을



다루는 환경담당부처가 학계 및 지역주민들과 협력하여 연구하고 사업을 시행하는 제도의 정착이 필요하다.

## 5. 결 론

환경친화 농업의 일부분으로 농촌의 전원풍경과 하천생태계를 복원하기 위한 고찰을 하였다. 우리나라의 하천은 하천개수 계획에 따라 자연하천에서 영원한 인공하천으로 변모하고 있다. 하천은 직선화되고 제방을 쌓아 농촌의 전원풍경과 자연생태계는 거의 완벽하게 훼손되고 있다. 이에 반하여 독일, 네델란드 및 미국 등의 환경선진국에서는 현대화과정중에 심하게 변질된 농촌의 전원풍경과 자연생태계를 복원하기 위한 연구와 사업이 정부차원에서 활발히 이루어지고 있으며 이들의 전원풍경과 하천생태계 복원과 보전을 위한 노력을 살펴보았다. 우리나라는 국토면적에 비해 인구가 많아 선진국형의 전원풍경과 생태계 복원은 아니더라도 우리의 실정에 맞도록 환경친화 농업의 일부분으로 하천변 수림을 조성하고 하천의 자정효과를 극대화할 수 있는 방법에 대하여 고찰하였다.

## 참 고 문 헌

박원규 외. 1993. 수질총량규제 방식의 활용방안에 관한 연구(I): 한국적 총량규제 제도의 방향제시. 한국환경기술개발원.

서윤수 외. 1989. 수질환경기준달성 최적화 방안에 관한 연구(I)-팔당뚝 유역 수질 및 유출 부하량. 국립환경연구원보, 11:143-152.

유재근. 1993. 한국에서의 축산, 농업, 양어장 폐기물

처분과 수로오염통제. 새로운 폐,하수 처리기술과 응용에 관한 한미공동 심포지엄. 1993. 22-23. 아태환경연구원, 서울. pp:129-142.

최의소 외. 1991. 영양염류 산정에 관한 연구. 한국환경과학연구소.

허우명, 김범철, 안태석, 이기중. 1992. 소양호 유역과 가두리로 부터 인부하량 및 인수지. 한국육수학회지, 25:207-214.

Davis, R. L. 1993. Evaluating and Designing Riparian Corridors for Water Quality. IN: Integrated Resource Management and Landscape Modification for Environmental Protection, Proceedings of the International Symposium, J. K. Mitchell, Editor. ASAE Publication 13-93.

Federal Ministry for the Environment. 1992. Environmental Protection in Germany. Public Relation Division. Bonn, Germany. 40 p.

Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries. 1990. Nature Policy Plan of the Netherlands. The Hague, The Netherlands. 103 p.

U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service. 1992. Engineering Field Handbook. Washington D.C., USA. 79p.

Tuttle, R. W. and R. L. Gray. 1993. Wetland Restoration / Landscape Ecology - Lessons Learned in Germany and the Netherlands. IN: Integrated Resource Management and Landscape Modification for Environmental Protection, Proceedings of the International Symposium, J. K. Mitchell, Editor. ASAE Publication 13-93.