

황폐계류 복원지의 식생변화 단기 모니터링

이현호¹ · 이주형^{1*} · 박기영¹ · 장지욱²

¹영남대학교 산림자원학과, ²구미시청 산림경영과

Two years Monitoring of Vegetation Change in Torrential Stream Restoration Site

Heon-Ho Lee¹, Ju-Hyoung Lee^{1*}, Ki-Young Park¹ and Ji-Wook Jang²

¹Department of Forest Resource, Yeungnam University, Gyeongsan 712-749, Korea

²Department of Forest Development, City Hall of Gumi, Gyeongbuk 730-717, Korea

요약: 본 연구는 황폐계류 복원지의 식생변화에 대한 시계열 분석을 통하여 복원기법 및 효과에 대해 고찰하고자 수행 되었으며, 수질정화습지와 월류보, 수생식물 복원지에서 복원 전, 후 식생변화를 2년간 모니터링 하였다. 복원 1년 후 월류보에서 초본류 증가와 수질정화습지에서 줄풀의 피복도 증가가 조사되었다. 식생 피복률은 복원직후 10~30% 감소되었고, 복원 1년 후 복원 전 수준으로 조사 되었다. 황폐계류 복원지의 식생변화는 복원 후 1년 경과 시점부터 서식종수, 귀화률, 피복률이 증가하는 것으로 조사되었다.

Abstract: This study was conducted as a restoration research in a mountain stream of hydrologic cycle system, which is a type of microsites purposely changing vegetation. The status of vegetation in the three experimental sites, water purification site, small dammed pole site, and aquatic plant restoration site, and one control site within the area of the mountain forest stream were investigated in three different periods, namely before sites restoration, year of sites restoration, and year after sites restoration. After one year of restoration, number of vegetation was increased in the small dammed pool and control site respectively. Vegetation coverage ratio of *Zizania latifolia* was increased at the water purification area. The effects of habitats restoration appeared to be good a year after the restoration of the experimental sites, in terms of families and species composition of the introduced vegetation, and stream flow. Therefore, the results of the study strongly suggest that fairly effective ways to restore and reproduce degrading mountain hydroecological habitats are by way of forming pool sites and small dams in intermittent mountain streams and re-vegetating with selected plants.

Key words: torrential stream, recreation forest, introducing a vegetation, revegetating plants

서 론

최근 기상이변으로 여름철 집중호우가 증가됨에 따라 산지재해의 발생빈도가 늘어나고 있으며, 이는 산지 물순환 체계에도 영향을 주어 산지계류의 황폐화를 가속화시키고 있다. 이렇게 황폐화된 계류는 주변에 있는 식생의 서식공간을 변화시켜 종 다양성을 감소시키는 등 산림생태계에 좋지 않은 영향을 주게 된다. 이처럼 계류를 보호하고 보존하는 것은 산림생태계유지에 영향을 주는 중요한 요인이 된다(Lee, 2009).

하천식생은 최근 들어 하천수질을 개선하고, 하천경관

을 조성하는 등 식생이 가지고 있는 다양한 순기능들이 알려지면서 그 중요성이 부각되고 있다. 특히 계곡의 수변관리적인 측면에서 하천식생은 복원사업에 큰 관심을 불러일으키고 있다.

우리나라는 1995년 양재천 복원 사업을 시작으로 하천 정비사업이 추진되어 왔으나 적용성 등의 문제로 인하여 제한적으로 이루어져 왔으며, 최근에 이르러 수공간의 일부로서 하천 복원사업이 우선적으로 실시되었고, 동시에 황폐계류의 생태적 복원에 관한 연구가 많이 진행되어 왔다(Woo, 1997; Park and Lee, 2000; Kim, 2009; Kim et al., 2010). 국외에서도 황폐계류 복원에 대한 연구가 다수 진행되어 왔는데, 1970년대 독일에서는 연방자연보호법 제정을 계기로 유역통합 차원의 자연형 하천정비가 추

*Corresponding author
E-mail: jhlee9@yu.ac.kr

진되었으며 미국은 1990년대 초반부터 치수위주에서 벗어나 하천복원과 관련된 연구가 추진되기 시작하였다 (Ministry of Environment, 2002; Markoff, 2004; Bernhardt et al., 2005). 그 외에도 수변 또는 하천 복원에 대한 고유의 자연환경에 맞는 가이드라인이 종합적으로 검토·개발되어 현장에서 이용되는 경우가 늘어나고 있다(U and Kim, 2000, Lee et al., 2004).

하지만 지금까지 국내의 황폐지 복구사업은 식생이나 토양 등의 산림생태계의 복원에 중점을 두지 않고 추진되어 복구사업 후 임목의 활착이나 생장의 모니터링에 대한 연구가 충분히 이루어지지 않았다. Choi(2008)는 산지계류의 훼손을 방지하고자 새로운 생태 공학적 공종을 통한 안정화 및 계류환경의 복원공법을 시도하고 있다. 황폐계류의 복원사업은 주변 생태계의 복원 효과도 기대할 수 있어서 계류복원사업이 산림생태계에 미치는 영향을 밝힐 필요가 있다(Han et al., 2003). 이러한 연구는 복원기술의 타당성과 복원계획에 대한 검증이 될 수 있으며, 복원사업 대상지의 생태계 변화에 대하여 유연하고 순응적인 관리방안의 제시가 가능하게 된다. 따라서 본 연구는 황폐계류에서의 복원 전과 후의 식생변화를 모니터링 함으로써 복원공법의 적용이 식생 발달과 종다양성 변화에 미치는 영향을 알아보고 이를 통하여 계류복원이 산림 생태계에 미치는 생태학적 영향을 밝히기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

1. 연구대상지

본 연구대상지는 경상북도 구미시 옥성면 주아리에 위치하고 있으며, 지리적으로는 북위 36°16'25", 동경 128°17'86"에 위치하고 있다. 이 지역은 지속적인 건천화로 인하여 물순환 기능이 상실되어 2010년 5월부터 5개월간 황폐계류의 원기능 회복과 생물서식을 위한 소생태계

로 조성하기 위하여 계류복원 공사를 실시한 지역이다.

연구대상지의 30년간 연평균기온은 12.5°C로 비교적 온난하며, 연평균 강수량은 1,073 mm로 우리나라 연강수량보다 약간 적다. 기후는 한반도의 남부내륙형에 속하며, 비교적 한서의 차가 심한 대륙성기후의 특성을 나타내고 있다.

대상지 주변의 산림은 III-IV 영급의 대경목들이 생육하고 있으며, 중부지역의 대표적인 활엽수림인 상수리나무군락 지역으로 2차 천이가 진행 중이다.

2. 연구방법

1) 황폐계류 복원 조사지 선정

황폐계류는 임도개설과 시설 증설 등으로 훼손되어 강우시 토사유출이 빈번히 발생하고 있다. 또한 물순환 기능의 약화로 황폐계류의 수원이 고갈되어 대부분의 계류구간은 건천화된 상태이며, 이로 인해 계류에 낙엽이 퇴적되고 식생이 천이되어 계류가 가지고 있는 생태적 기능이 훼손된 상태이다. 따라서 상류의 계곡유입부에서 하류로 내려오면서 수질정화습지(S1), 월류보(S2), 수생식물 복원지(S3) 및 대조구(S4) 등 황폐계류 복원 시공지를 대표할 수 있는 4개 지점으로 구분하여 선정하였다(Figure 1).

2) 황폐계류 복원지별 식생변화 분석

복원 대상지별 식생조사는 복원 전, 복원 중, 복원 1년 후로 2년에 걸쳐 복원 대상지 내 조사를 실시하였으며, 시간의 경과에 따른 식생의 변화를 조사하기 위하여 각 복원 시공지 별로 부정형 방형구를 설정하여 우점종 및 식물상, 식생 피복률을 조사하는 Braun-Blanquet(1964)의 식물사회학적 연구방법을 사용하였다. 또한 조사된 식물상을 바탕으로 인간의 간섭정도를 나타내는 입지별 귀화률을 분석하였다. 입지별 귀화률은 Macoto(1975)의 (귀화식물의 종 수)/(전체 식물의 종 수)×100(%)식을 이용하여 구

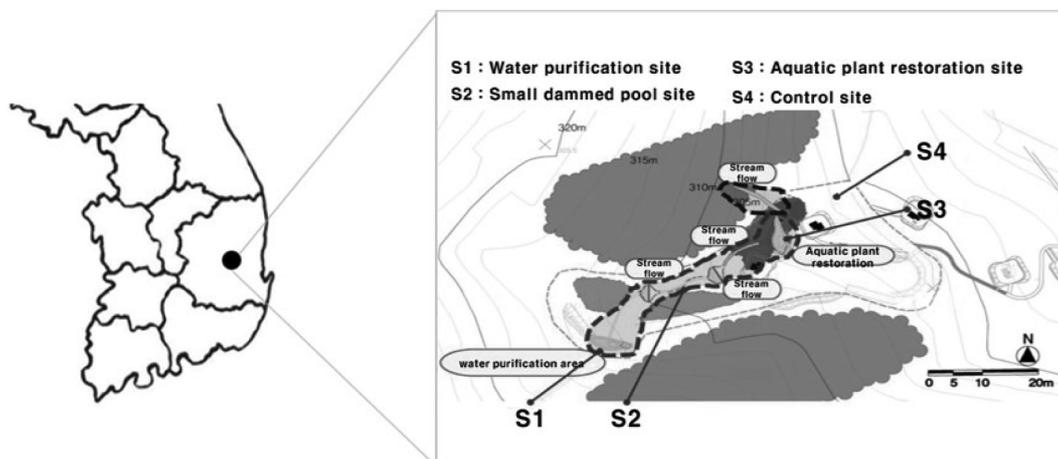


Figure 1. Surveying plots of the experimental sites.

하였고, Raunkiaer(1934)의 생활형을 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 수질정화습지의 식생변화

수질정화습지는 복원지역 중 최상류에 위치하고 있으며, 대상지는 초본류와 관목류가 주요 식생구조를 이루고 있고, 주변으로 물오리나무 식재지와 상수리-소나무군락이 위치하고 있다(Figure 2).

수질정화습지에서 서식하고 있는 식물은 복원 전 14과 28종에서 복원 당년 22과 37종, 복원 1년 후 18과 29종으로 각각 조사되어 복원 공사 1년 후에는 복원 당년에 비하여 식물상이 감소된 것으로 나타났다. 귀화률은 복원 당년 8.1%, 복원 1년 후 14.3%로 증가하여 귀화종의 침입이 두드러졌다. 이는 Macoto(1975)의 초본류와 관목류 위주의 대상지 특성에 관한 입지별 귀화률 연구결과와 유사한 결과를 보였으며, 계류복원 초기단계에서는 귀화종의 침입이 매우 두드러진 것으로 나타났다. 식생 피복률은 복원 전 70%에서 복원 당년에 40%로 낮아졌지만 1년 후 75%로 회복된 것으로 나타났는데, 복원 당년에 30% 감소한 것은 복원 공사로 인한 하층식생의 소실 때문으로 판단된다(Table 1).

생활형에 있어 대형지상식물은 시공으로 인하여 일부 감소되었고, 지중식물과 1~2년생 식물이 증가하였는데, 이것은 조사 시기에 따른 식물 생육의 차이와 시공으로 인해 이입된 것으로 판단된다. 수생식물은 부들, 수련, 달뿌리풀 등 식재에 의하여 3종이 증가되었고, 산괴불주머니, 고깔제비꽃 등은 현재 소실된 것으로 판단되나 매토종자에 의한 향후 출현 가능성이 있을 것으로 사료된다. 대상지의 식물종수는 차수에 따라 지속적으로 증가되는 추세이고, 침전 및

수질정화습지의 조성으로 인해 일시적으로 훼손되었던 참싸리, 큰까치수염 등 원식생이 복원 후 조사를 통하여 재확인된 것으로 보아 종다양성이 증가한 것으로 판단된다.

수질정화습지의 식생현황을 조사한 결과 습지의 개방수면을 따라 줄풀, 붓꽃, 주름조개풀, 달뿌리풀 및 물봉선이 식재되어 성장하고 있는 것으로 나타났으며, 식생 복원 시 식재한 줄풀이 피복도 60%를 차지하는 등 우점하여 활발히 생육하고 있었다. 정수식물인 줄풀은 유기인 및 질소 등의 영양염류의 흡수능력을 가지고 있어 수처리 식물로 적용한 선행 연구(Min et al., 2005; Choung and Roh, 2002)로 미루어 볼 때 수질정화습지는 시간이 경과될수록 양호한 수생태계를 조성할 것으로 판단된다.

2. 월류보의 식생변화

월류보는 산지계류가 합쳐지는 지역으로 계곡 및 주연부 산림의 특성을 나타내는 여러 종류의 활엽수가 생육하고 있으며, 계곡부의 입지적 특성상 자연암석과 토양을 기반으로 교목층이 형성되어 있고, 하부에는 소규모의 아교목층과 관목층 및 초본층이 형성되어 있다(Figure 3).

월류보에서 서식하고 있는 식물은 복원 전 15과 20종에서 복원 당년 20과 27종, 복원 1년 후에는 21과 39종이 각각 조사되어 복원 공사 1년 후 복원 당년에 비하여 1과 12종의 증가를 보였다. 특히 국화과와 마디풀과, 벽과의 증가가 두드러지게 나타났는데 이는 계절적인 요인인 것으로 판단된다. 귀화률은 복원 당년 미국가막사리가 확인되는 등 3.9%로 나타나 Macoto(1975)의 입지별 귀화률과 비교하였을 때 숲의 입지별 귀화률 보다 작은 수치로 나타나 율폐도가 높은 교목층의 영향으로 외래 종자의 확산이 억제된 것으로 판단되었다. 그러나 복원 공사 1년 후에



Before restoration



After restoration

Figure 2. Surveying plots of the water purification site(S1).

Table 1. Status of vegetation in the water purification site.

Monitoring phase	Families	Species	Naturalized ratio (%)	Vegetation coverage ratio (%)
Before restoration	14	28	0	70.0
Restoration year	22	37	8.1	40.0
After restoration	18	29	14.3	75.0



Figure 3. Surveying plots of the small dammed pool site(S2).

Table 2. Status of vegetation in the small dammed pool site.

Monitoring phase	Families	Species	Naturalized ratio (%)	Vegetation coverage ratio (%)
Before restoration	15	20	0	80.0
Restoration year	20	27	3.9	65.0
After restoration	21	39	10.5	70.0

귀화률이 10.5%까지 증가하는 것으로 나타나 식생기반 및 식물종 변화에 따라 귀화종의 발달이 우세한 것으로 판단된다. 대상지와 인접하여 식생 피복률에 영향을 미치는 교목층은 산벚나무와 물오리나무이고 복원공사로 인해 하층식생이 소실되어 식생 피복률은 80%에서 65%로 감소하였다가 복원 1년 후에 70%로 다소 상승하는 것으로 나타났다(Table 2).

생활형에 있어 대형지상식물들은 대부분 공사로 인하여 일부 감소되었고, 대상지 내부의 지표식물을 제외한 다른 유형은 모두 증가하였는데 이것은 조사 시기에 따른 식물생육의 차이와 복원공사로 인한 종의 이입 때문으로 판단된다. 또한 월류보 내에 출현한 식물종은 대상지에 서식하고 있는 자연식생 외에 식재종과 복원 공사로 반입된 암석 및 토양에 동반된 매토종자에서 발아된 식물종으로 확인되었다.

복원공사로 인해 소실된 식물은 갈참나무, 곰취, 담쟁이덩굴로 파악되었으나 이 수종들은 주로 산림내에 서식하는 식물로서 대상지 식생이 안정화된 후 주변 산림으로부터 재이입 및 원식생의 잔존으로 인해 재서식의 가능성이

있을 것으로 판단된다. 복원 공사에 도입된 수종은 골풀, 달뿌리풀, 붓꽃 등이 있으며 도입하지 않은 미국가막사리가 월류보 사이공간에 서식하고 있었는데, 미국가막사리는 번식 속도가 빠르며, 생육이 좋은 종으로 점차 세력을 확대해 갈 것으로 보여지며, 식재종의 활착을 위해서는 적절한 관리가 필요할 것으로 판단된다.

3. 수생식물 복원지의 식생변화

수생식물 복원지는 월류보를 지나 경사가 완만해지는 구간에 위치하고 있으며 계류비탈의 길이가 길고 경사가 완만해 접근성이 높다(Figure 4).

수생식물 복원지에서 서식하는 식물은 복원 전 9과 10종에서 복원 당년에는 16과 23종, 복원 1년 후 11과 17종으로 각각 조사되어 복원 1년 후에는 식물상이 감소하는 것으로 나타났다. 귀화률은 복원 당년에는 변화가 없다가 1년 후 20%로 급증하였다. 이는 지속적인 종의 이입이 이루어져 종의 변동이 컸던 것으로 판단된다.

식생 피복률은 복원 전 80%에서 복원 당년 70%로 감소



Figure 4. Surveying plots of the aquatic plant restoration site(S3).

Table 3. Status of vegetation in the aquatic plant restoration site.

Monitoring phase	Families	Species	Naturalized ratio (%)	Vegetation coverage ratio (%)
Before restoration	9	10	0	80.0
Restoration year	16	23	0	70.0
After restoration	11	17	20.0	85.0



Before restoration



After restoration

Figure 5. Surveying plots of the control site(S4).

하였지만, 원식생의 재생육과 이입종으로 인해 생활형 7개 항목 중 지표식물을 제외한 나머지 6개 항목에서 증가 추세를 보였다. 복원 1년 후에는 85%로 복원 전보다 오히려 식생 피복률이 증가하였던 것으로 나타났다(Table 3).

복원 1년 후 자귀나무, 산박하 등 목본치수와 초본류가 복원공사로 인해 나지화된 생육지반에서 새로 발견되었으며, 이는 낙엽층 및 퇴적층의 새로운 식생의 이입을 유발한 것으로 향후 지속적인 원식생의 재생육과 이입이 지속될 경우 종다양성이 더욱 증가할 것으로 판단된다.

수생식물 복원지 내 식생은 달뿌리풀, 관중 및 주름조개풀 등이었으며, 특히 관중 군락이 대표적인 식생으로 조사되었으나, 방형구에서는 달뿌리풀이 우점하여 가장 활발히 생육하고 있었다. 그 외에 주름조개풀, 비비추, 작살나무 등이 소규모 그룹으로 출현하고 있었다. 달뿌리풀은 과거부터 하천복원공법에 이용되는 수변식물로서 발생 및 정착하는 습성에 강하여 외력에 의한 저항이 강한 종으로 알려져 있다(Chun et al., 1999; Kim et al., 2000). 시간이 경과될수록 달뿌리풀의 우점도가 더욱 높아질 것으로 보여지며, 그 외 생육종들의 활착을 도모하기 위한 추가적인 복원 작업이 필요할 것으로 사료된다.

4. 대조구의 식생변화

대조구로 설정한 지역은 복원연구 지역과 연결되는 북측의 소규모 계류지역이다. 현재 산림 내 교목층의 수관

에 의한 울폐도가 높아 상대적으로 일조가 불량한 조건을 가지고 있으며, 계류는 건천화 되었으나 지속적으로 소량의 유지수가 흐르고 있고, 하층에는 낙엽층이 두텁게 형성되어 있다(Figure 5).

대조구의 식물상은 복원 전 15과 18종, 복원 당년 13과 16종, 복원 1년 후 19과 23종으로 조사되어 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 복원 당년 귀화종은 발견되지 않았으며, 이는 두꺼운 낙엽층의 영향으로 초본류의 생육이 불량하기 때문으로 판단된다. 그러나 복원공사 1년 후에는 달맞이꽃이 자연적으로 침입하여 귀화률이 5.3% 증가하였으나 종의 변화는 크지 않았다. 식생 피복률은 교목층과 아교목층에 형성된 참나무류군락의 수관에 의해 하층식생의 피복률이 반영되지 않았으며, 조사기간 동안 65~70%로 조사되어 큰 변화가 없는 것으로 나타났다(Table 4).

생활형은 복원 1년 후 대형지상식물과 소형지상식물이 증가하였는데, 이는 목본성 식물의 치수가 성장하여 출현하였기 때문으로 판단된다. 대조구의 현존식생은 크게 변화되지 않은 상태로서 고사리, 주름조개풀 및 진달래가 대부분의 하층지역을 차지하고 있었으며, 특히 관목인 진달래가 우점하여 피도 15% 수준을 나타내고 있었으며, 그 외의 식물의 생육은 활발하지 않는 것으로 조사되었다. 또한 이곳은 상부에 이미 수림이 형성되어 하층부에 햇빛이 차단됨으로써 새로운 식물종의 유입이나 변화는 크지 않았던 것으로 판단된다.

Table 4. Status of vegetation in the control site.

Monitoring phase	Families	Species	Naturalized ratio (%)	Vegetation coverage ratio (%)
Before restoration	15	18	0	70.0
Restoration year	13	16	0	70.0
After restoration	19	23	5.3	65.0

결 론

본 연구는 황폐계류지역을 대상으로 2010년 5월부터 5개월간 수질정화습지와 월류보, 수생식물 복원지를 조성하고, 이에 나타난 복원효과를 복원 전, 복원 직후, 복원 1년 후로 각각 구분하여 시계열 변화를 분석하기 위하여 수행되었다. 연구결과 복원 1년 후 식생은 수질정화습지에서 8종 감소하였고, 월류보는 12종 증가하였으며, 수생식물 복원지는 6종 감소, 대조구는 7종으로 증가하였다. 주요 출현종은 수질정화습지에서 줄풀의 피복도가 60%로 가장 높게 나타났고, 월류보에서는 도입하지 않은 가막사리가 조사되었다. 식생 피복률의 조사결과 전지역에서 복원직후 10~30% 가량 감소되었고, 복원 1년 후 복원 전 수준으로 회복하였다. 복원 전에 비해 복원 1년 후 시간이 경과할수록 종수가 증가하고 귀화률과 피복률이 높아지는 등 서식처 복원효과는 양호한 것으로 나타났다. 건천화 된 황폐계류를 습지 및 보를 형성하여 식물을 도입하는 연구에서 복원 후 시간이 경과할수록 서식처 복원의 효과는 양호한 것으로 분석 되었으며, 향후 황폐계류 복원에 있어서 식물도입에 의한 서식처 복원기능 제고의 가능성은 높다고 판단된다. 특히 황폐화가 진행되고 있는 산지계곡에 보와 작은 바다막이를 설치하고, 식물을 녹화하는 방법이 매우 효과적인 복원기법으로 조사되었다. 또한 강우에 의한 유실이나 훼손이 발생되므로 안정적인 야계사방시설물의 설치가 필요한 것으로 고찰된다.

감사의 글

본 연구는 산림청 산림과학기술개발사업(과제번호: S211213L020210, S121213L130110)의 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Bernhardt, E.S., Palmer, M.A., Allan, J.D., Alexander, G., Barnas, K., Brooks, S., Carr, S., Clayton, S., Dahm, C., Follstad-Shah, J., Galat, D., Gloss, S., Goodwin, P., Hart, D., Hassett, B., Jenkinson, R., Katz, S., Kondolf, G.M., Lake, P.S., Lave, R., Meyer, J.L., O'Donnell, T.K., Pagano, L., Powell, B., Sudduth, E. 2005. Synthesizing U.S. river restoration efforts. *Science* 308: 636-637.
- Braun-Blanquet, J. 1964. *Pflanzensoziologie. Grundzuge der Vegetationskunde*. Dritte Auflage. Springer-Verlag. Wien. pp. 865.
- Choi, H.T., Jeong, Y.H., Kim, K.H., Youn, H.J., and Yoo, J.Y. 2008. [Ecological Restoration of Mountain Streams II - Ecological Restoration Plan and Analysis-]. Korea Forest Research Institute. pp. 230 (In Korean).
- Choung, Y.S. and Roh, C.H. 2002. Application of Macrophytes for the Treatment of Drained Water from a Freshwater Fish-Farm. *Journal of Ecology and Field Biology* 25(1): 45-50.
- Chun, S.H., Hyun, J.Y., and Choi, J.K. 1999. A Study on the Distribution Patterns of *Salix gracilistyla* and *Phragmites japonica* Communities according to Micro-landforms and Substrates of the Stream Corridor. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 27(2): 58-68.
- Kim, J.J. 2009. A Study on the Method of the Riparian Revegetation Techniques for the Riparian Areas Restoration : Focused on the Han-River Riparian Areas. Ph. D. Thesis. Dankook University pp. 118.
- Kim, T.G. and Park, M.A. 2000. Instability and Adjustment of Point Bar with *Phragmites Japonica*. *Journal of Jinju National University* 39: 21-28.
- Lee, H.H., Lee, D.H., Suk, S.I., and Joo, J.D. 2004. Developing of artificial wetland model for improving water quality of the small-stream. *Journal of Korean Forestry Society* 2: 341-343.
- Lee, M.G. 2009. A Study on Vegetation Characteristic of Forest Wetlands. M. Sc. Thesis. Chonbuk University. pp. 144.
- Markoff, D. 2004. The river doctor-profile Dave Rosgen. *Science* 305: 937-939.
- Min, K.S., Kwak, Y.S., and Kim, J.H. 2005. Changes in Forms of Nitrogen and Phosphorus in Sediment by Growth of *Zizania Latifolia*. *Journal of Ecology and Field Biology* 28(2): 93-98.
- Ministry of Environment. 1997. Development of Close-to-Nature River Improvement Techniques Adapted to the Korean Streams. Korea Institute of Construction Technology. pp. 31.
- Ministry of Environment. 2002. Stream restoration guideline. Korea Institute of Construction Technology. pp. 255.
- Macoto, N. 1975. [Naturalized Plant. Environmental Science Library]. Dainippon Tosho. p 160 (In Japanese).
- Park, J.C. and Lee, H.H. 2000. At a Watershed in Mt. Palgong = Variations of Stream Water Quality Caused by Discharge Change. *Journal of Korean Forestry Society* 89(3): 342-355.
- Park, J.H. 2002. Special Issues : Consideration on Environmentally Friendly Erosion Control Strategy for Conservation of Stream Valley Ecosystem (1). The Korea Society For Environmental Restoration And Restoration Technology 5(5): 67-25.
- Raunkiaer, C. 1934. The life forms of plants and statistical plant geography. Clarendon Press. Oxford. pp. 632.
- U, H.S. and Kim, S.T. 2000. A Review and Understanding of Stream Corridor Restoration. *Journal of The Korea Society For Environmental Restoration and Revegetation Technology* 3: 126-144.
- Woo, B.M. 1997. Development of Forest Environment Conservation and rehabilitation Technique. Annual Report of Research in Agriculture and Life Sciences 1: 160-162.

Appendix 1. The list of investigated plants in surveyed sites.

Scientific name	S.1			S.2			S.3			S.4		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>		○	○	○	○	○		○	○	○	○	○
<i>Matteucciastruthiopteris</i>	○	○										
<i>Oxalis corniculata</i>		○				○						
<i>Juncuseffusus</i> var. <i>decipien</i>						○						
<i>Aster scaber</i>										○	○	○
<i>Erigeron annuus</i>		○	○			○			○			
<i>Ligularia fischeri</i>		○		○								
<i>Erigeron canadensi</i>		○	○			○						
<i>Bidens frondosa</i>		○			○	○			○			
<i>Chrysanthemum boreale</i>			○									○
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>		○	○									
<i>Ixeris dentata</i>	○	○										
<i>Aster koraiensis</i>						○			○			
<i>Erechtites hieracifoli</i>						○			○			
<i>Aster yomens</i>						○						
<i>Xanthium strumarium</i>						○						
<i>Youngia denticulata</i>					○							
<i>Clinopodium chinense</i> var. <i>parviflorum</i>			○			○						○
<i>Mosla punctulata</i>						○						
<i>Isodon inflexus</i>								○	○			
<i>Rubia akane</i>	○											
<i>Galium spurium</i>			○									
<i>Lindera obtusiloba</i>	○	○		○	○		○	○		○	○	○
<i>Commelina communi</i>	○		○	○		○	○	○	○			
<i>Styrax japonica</i>	○			○	○		○	○		○	○	○
<i>Clerodendron trichotomum</i>	○	○										
<i>Callicarpa japonica</i>		○			○					○		○
<i>Dryopteris crassirhizoma</i>		○	○		○	○		○	○			
<i>Persicaria sieboldi</i>						○						
<i>Persicaria thunbergii</i>						○						
<i>Polygonum aviculare</i>						○						
<i>Persicaria blumei</i>						○			○			
<i>Persicaria perfoliata</i>						○						
<i>Rumex crispus</i>						○			○			
<i>Persicaria posumbu</i> var. <i>laxiflora</i>									○			
<i>Oenothera biennis</i>			○									○
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>							○	○				
<i>Ligustrum obtusifolium</i>										○	○	
<i>Smilax ripariensis</i> var. <i>ussuriensis</i>												○
<i>Smilax sieboldii</i>							○	○				○
<i>Smilax china</i>	○				○			○		○	○	
<i>Cocculus trilobus</i>	○											
<i>Phragmites japonica</i>		○	○		○	○		○	○			
<i>Echinochloa crus-galli</i>		○										
<i>Digitaria sanguinalis</i>		○				○						
<i>Oplismenus undulatifolius</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
<i>Zizania latifolia</i>			○		○	○		○				
<i>Molinia japonica</i>			○			○						
<i>Isachne globosa</i>			○			○						○
<i>Impatiens textor</i>			○			○						
<i>Typha orientalis</i>		○	○		○			○				
<i>Morus alba</i>	○			○	○							
<i>Carex siderosticta</i>	○				○					○	○	

Scientific name	S.1			S.2			S.3			S.4		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
<i>Cyperus amuricu</i>		○										
<i>Carex humilis</i>		○								○	○	
<i>Scirpus tabernaemontani</i>		○			○			○				
<i>Carex lanceolat</i>					○					○	○	
<i>Humulus japonicu</i>						○						
<i>Iris nertschinskia</i>						○						
<i>Pinus densiflora</i>	○	○										
<i>Equisetum arvens</i>		○										
<i>Nymphaeatetragonavar. angusta</i>			○									
<i>Cardamome flexuosa</i>	○											
<i>Boehmeria spicata</i>	○	○		○	○		○	○				
<i>Boehmeria tricuspis</i>			○			○						○
<i>Stellaria aquatic</i>						○						
<i>Lysimachia clethroides</i>	○		○			○				○		
<i>Rhus trichocarpa</i>	○	○		○	○					○	○	○
<i>Rhus chinensi</i>	○									○	○	○
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	○	○		○	○	○			○			○
<i>Betula davurica</i>	○	○										
<i>Alnus sibirica</i>	○	○		○				○				○
<i>Alnus japonic</i>				○	○		○	○		○	○	○
<i>Phytolacca americana</i>			○									
<i>Viburnum erosum</i>					○							
<i>Stephanandra incisa</i>	○							○				
<i>Rubus crataegifolius</i>		○	○			○	○	○				
<i>Prunus sargentii</i>	○	○		○	○	○	○	○				
<i>Agrimonia pilosa</i>			○									○
<i>Viola rossi</i>	○					○						
<i>Viola acuminata</i>			○									
<i>Rhododendron mucronulatum</i>		○								○		○
<i>Plantago asiatica</i>		○	○			○						
<i>Rhododendron yedoense var. poukhanenese</i>					○							
<i>Quercus aliena</i>		○		○								
<i>Castanea crenata</i>	○	○		○	○							
<i>Quercus mongolica</i>		○						○		○		
<i>Quercus acutissima</i>				○	○	○		○			○	○
<i>Quercus variabilis</i>							○					
<i>Vicia amoena</i>	○			○								
<i>Lespedeza bicolor</i>			○									
<i>Aeschynomene indica</i>			○			○						
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	○		○	○	○							
<i>Pueraria thunbergian</i>		○	○	○	○							
<i>Albizziajulibrissin</i>								○	○	○	○	
<i>Glycine soja</i>												○
<i>Acorus calamusvar.angustatus</i>		○										
<i>Corydalis speciosa</i>	○											
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>				○					○	○	○	○
Total	28	37	29	20	27	39	10	23	17	18	16	23

*S.1 : (Water purification site), S.2 : (Small dammed pool site), S.3 : (Aquatic plant restoration), S.4 : (Control site)
 A : (Before restoration), B : (Restoration year), C : (After restoration)