

개벌에 의한 수확벌채가 계류수질에 미치는 영향

박 재 현

(진주산업대학교 산림자원학과)

Influences of Clearcutting of Timber Harvesting on Stream Water Quality. Park, Jae-Hyeon (Department of Forest Resources, Jinju National University, Jinju, 660-758, Korea)

This study was investigated to the influences of clearcutting of timber harvesting on stream water quality at a natural deciduous forest catchment within the Seoul National University Research Forests in Mt. Baegun, Chunnam province during the periods of 1993 to 2001. Soil chemical ingredients and stream water qualities were monitored at 13 ha clearcutting site, non-treatment site and included in these catchment nearby. After the harvesting first and 2nd years, the levels of total-N, and exchangeable ions (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) were decreased the values of before harvesting, and after the harvesting fifth years and eighth years, respectively. But the chemical characteristics of soil were not changed at all. pH of water in the harvesting area was 6.5 in stream water. Among the nutrient, Cd, Pb, Cu, and phosphate were not found, and the level of BOD reached at the level of the domestic use for drinking. Turbidity, odor, taste, NH_4^+-N , $NO_3^- -N$, standard plate count, and coliform were also low enough to be used as the domestic use for drinking in the near villagers. Total amount of cation, total amount of anion and total amount of ion in clearcutting site, non-treatment site and included in these catchment nearby were higher than clearcutting site and non-treatment site. But, there was no great difference.

Key words : Clearcutting, Timber harvesting, Stream water quality, Natural deciduous forest catchment

서 론

최근 도시화와 산업화 그리고 소득 증대에 따른 삶의 질 향상으로 인한 상류 산지유역에 대한 인위적인 개발이 급증되고 있는 실정이다. 특히 이러한 결과는 산림벌채로 이어지고, 이로 인한 상류 1차유역에서의 계류수질에 미치는 영향은 하류에까지 미칠 것으로 생각된다. 따라서 고산 계곡수의 오염을 저감하기 위한 새로운 방법의 도입 및 적극적인 대책 수립이 시급히 요구된다(김, 1996; 박, 2000).

일반적으로 산림지는 양질의 물을 생산하는데 (Megan and Kidd, 1975; Brown and Binkley, 1994), 이러한 산림 지역에서 대규모 벌채를 시행하게 되면, 이를 위하여 필수적으로 개설되는 임도 및 운재로에는 인위적인 절토·성토사면, 노면, 측구 등이 형성됨으로써 이들 지역으로부터 토양침식이 발생되어 수계생태계를 오염시키고 수질을 변화시키게 한다 (Vaughan, 1984; Brooks *et al.*, 1994).

따라서 산림으로부터 양질의 수질과 최대의 이득을 얻기 위하여 산림유역관리자의 끊임없는 주의와 노력이 필요하다 (Fredriksen, 1970; Larse, 1971; Gonsior and

*Corresponding author: Tel: 055) 751-3248, Fax: 055) 752-9554, E-mail: pjh@jinju.ac.kr

Gardner, 1971). 또한 산림의 벌채방식에 의하여도 수질은 보존될 수 있는데, 대상개벌 (strip cutting) 또는 소규모 개벌이 이러한 작용을 하고 있으며, 이를 위하여 상수원지역 산림의 10% 이상 벌채는 지양해야 한다 (Brown and Binkley, 1994).

산림벌채로 야기되는 계류수질 변동에 직접적인 영향을 미치는 토양의 화학성분의 변화는 계류수질 모니터링과 더불어 장기적인 모니터링이 필요한데, 개벌지에서의 토양 변화는 Alban *et al.* (1978), Mann *et al.* (1988), Johnson *et al.* (1991)이 보고하였는데, 이들은 산림벌채로 인하여 일시적으로는 산림지에서의 유기물 손실이 발생하여 토양의 환경이 변화되고, 장기적으로는 토양생산성에 영향을 미친다고 하였다. 또한, Park (1993)은 벌채 6년 후 질소-질산태가 벌채 전의 상태로 회복된다고 보고하였다 (Park, 1993; Brown and Binkley, 1994). 그러나 벌채 후 2, 3년이 경과되면 질소유출은 벌채 전으로 회복된다 (Martin and Herrmann, 1998).

임목축적의 40% 간벌 후 토양내 질소의 변화가 가장 빠르게 나타나고, 토양수에는 SiO_2 와 SO_4^{2-} 의 집적이 증가하여 간벌 후 토양의 화학성분은 간벌 전의 조건으로 1년 내에 회복되었으나, 개벌의 경우에는 장시간이 소요된다 (Baumler and Zech, 1998).

미국, 일본 등을 비롯한 선진 임업국에서는 지속적인 연구를 통하여 대규모 개벌에 따른 영향을 저감하기 위한 환경보존적 관점에서 노력이 끊임없이 이루어지고 있다 (山田과 佐佐, 1990; Johnson *et al.*, 1991; Neal and Fisher, 1992). 그러나 우리 나라에서는 대규모 산림벌채에 따른 계류수질변화에 관한 연구는 미진한 상태에 있다.

따라서 이 연구는 대규모 성숙활엽수림 개벌수확이 계류수질에 미치는 영향을 정량화함으로써 미래의 환경보존을 고려한 지속 가능한 산림경영을 위한 성숙임목 수확계획에 활용할 수 있는 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황

이 연구는 영림계획에 의하여 1989년부터 1994년까지 약 200 ha의 대면적 산림을 개벌 수확한 전남 광양군과 구례군에 걸쳐 있는 서울대학교 농업생명과학대학부속 남부연습림 백운산 (해발 1,217 m) 지역 중 1993년 4월에 벌채한 제 26임반의 벌채지 (벌채면적 약 13 ha)와

연접한 비벌채지, 그리고 비벌채지와 벌채지 유역이 합류하는 유역에서 수행하였다.

이 지역의 최근 10년간 연평균강수량은 조사지 부근 담곡에서 1,927 mm로, 강수량 중 60% 이상이 장마기간인 6~8월 중에 집중되는 집중강우 형태를 나타내고 있고, 지형은 해발 800~1,000 m가 전체의 53.7%, 700~800m와 1,000~1,100 m가 각각 11.8%, 12.2%로 구성되어 있다. 조사지는 해발 600~800 m에 위치하고 경사도는 북사면이 남사면보다 급하고, 비벌채지 27.5 (20.0~35.0)°, 벌채지 27.5 (25.0~30.0)°이었으며, 따리봉을 최고봉으로 하여 주계류는 섬진강으로 향하고 있다. 벌채지의 유역면적은 약 30 ha이었고, 이 가운데 수림대의 면적은 약 17 ha, 개벌면적은 약 13 ha이었으며, 천연림의 유역면적은 약 13 ha이었다. 조사지역의 대부분은 화강편마암이며, 조사지의 토성은 미사질양토이었다. 지질은 지리산 변성복합체에 속한다. 조사·연구대상지인 제 26임반의 천연림 식생은 교목층에서는 졸참나무, 서어나무가 우점종을 이루며, 비목나무, 노각나무는 수반종을 이루고, 계곡부에는 졸참나무와 서어나무가 발달하고 있다 (환경처, 1991).

조사지에서 실행한 벌채작업은 2명이 1개조로 인력에 의해 작업하였으며, 1명은 체인톱 (chain saw)을 이용하여 성숙임목을 벌채하여 가지치기한 후 2 m 간격으로 작동하고, 1명은 벌도된 임목을 산지사면의 하부방향으로 굴러놓고 운재로에 집재하면서 가능하면 낙엽층 등 임지에 대한 피해가 적도록 하였다. 벌채구획은 1993년 4월부터 5월초까지 산정부의 7~8부 능선 (나비 10~80 m)과 계곡부 (나비 10~20 m), 그리고 2~3부 능선 (나

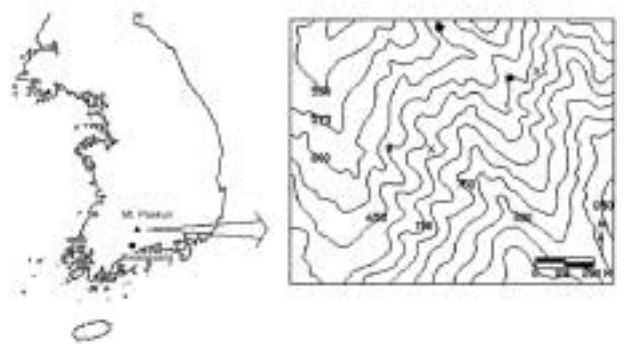


Fig. 1. Location map of sampling points for soil chemical ingredients and stream water quality (■ : Harvested site, □ : Non-Harvested site, ● : Upstream region of the Seomjin river, X : Soil chemical ingredients).

비 150~200 m)에 수림대를 남기고 수령 30년에서 70년생 (D.B.H.; 30~50 cm)의 성숙임목을 개별하였다. 계곡부의 수림대는 고로쇠나무의 보호를 목적으로, 능선주위는 경관보존을 위하여, 그리고 2~3부 능선의 입도가 통과하는 상부지역의 수림대는 입도의 보호와 자연 훼손면적을 최소화할 목적으로 남겨 놓았다. 조사지에서 토양의 화학성분 조사 및 계류수질 측정위치는 Fig. 1과 같다.

2. 비벌채지, 벌채지 구역에서 토양의 화학성분 분석

토양의 화학성분 분석은 벌채전인 1993년 3월 조사지역에서 토양시료채취 지점을 선정하고 그 지역에서 A층 토양을 3회 500 g씩 채취하고 토양이 얼어 조사가 곤란한 동계를 제외한 1994년, 1995년, 1998년, 2001년에 선정된 지점에서 동일한 방법에 따라 채취·분석하였다. Total-N은 Semi-Micro Kjeldahl 방식을, 유기물의 측정에는 Walkley-Black 과정법으로, 유효인산은 Bray-I 용액으로, 치환성 이온인 K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 등은 Atomic Absorption Spectrophotometer를 사용하여 측정하였다 (이, 1992).

3. 비벌채지, 벌채지 구역에서의 계류수질 분석

1993년에 성숙임목을 개별에 의해 벌채 수확한 벌채지와 이와 연결한 비벌채지(천연림) 구역, 그리고 비벌채지와 벌채지가 합류하여 섬진강으로 유입되는 계류수는 계절별로 1회 계류를 횡단하여 3지점에서 채수 혼합하여 4l씩 한 개의 시료로 채수하고, pH와 BOD 등 2개 항목, 체인톱 등 벌채작업에 따라 유출될 수 있는 Cd, Pb, Cu 등 3개 항목에 유기인을 합한 6개 항목을 분석하였다 (환, 1983). 또한, 연구대상구역 계류수의 음용수 여부를 설명하는 자료로 이용하기 위하여 색도, 탁도, 냄새, 맛, NH_4^+-N , $NO_3^- -N$, 일반세균수(1cc 중), 대장균군(50cc 중) 등 8개 항목을 포함한 총 14개 항목을 분석

하였다(성문기술, 1995). 그리고 계류수질평가인자(佐藤 등, 1992; 박, 1995, 1996, 1997; 박과 마, 1999)인 양이온(K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), 음이온(Cl^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , PO_4^{2-}) 등 8개 항목을 분석하였다. 채수시기는 선행강우가 조사시점에서 5일 이전에 없었던 시점에 채수하여 Ice Box에 보관한 후 실험실에서 0.45 μm 의 필터로 2회 여과한 후 Ion chromatography로 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 비벌채지와 벌채지 토양의 화학성분량 변화

산림내 계류수질은 모암, 산림지의 토양화학성분, 강우수질 등에 영향하에 있으므로(廣瀨 등, 1988; 박과 우, 1997) 비벌채지와 벌채지에서 토양의 화학성분 분석결과를 Table 1과 같다.

벌채전 산림토양의 산도는 pH 5.04로 산성이었으며, 유기물함량은 16.06%, 총질소는 0.78%이었다. 유효인산은 137.42 ppm으로 일반 산림토양(이, 1992) 보다 높은 값을 나타내었다. 또한 양이온치환용량은 17.93 me/100 g, K^+ 는 0.86 me/100 g, Na^+ 는 0.15 me/100 g, Ca^{2+} 는 4.67 me/100 g이었으며, Mg^{2+} 는 1.43 me/100 g이었다.

벌채 당년도에 벌채지에서 토양산도는 벌채전 보다 높아졌으나 벌채 1년, 2년 후 토양산도는 벌채 전보다 낮았는데, 이는 토양유기물의 광물질화 속도가 감소되었기 때문이며, 벌채 5년, 8년 후의 토양산도는 벌채 2년 후 보다 높아졌는데, 이는 벌채지의 자연식생 회복으로 벌채 전의 자연임지 상태로 회복되는 과정에 있음을 의미한다(Baeumler and Zech, 1998).

벌채 2년 후 벌채지에서의 유기물, 유효인산은 벌채전 보다 감소하였는데, 이는 벌채로 유기물의 광물질화가 촉진되고, 식물이 흡수하지 못한 양료들이 침출되거나 강수에 의한 산지표면유출수와 함께 유출되었기 때문이다. 특히, 유효인산은 벌채 당년도 보다 그 다음해에 크

Table 1. Soil chemical ingredients at the non-harvested and harvested sites.

Category	Year	pH	Organic Matter (%)	Total N (%)	Available P_2O_5 (ppm)	C.E.C. (me/100 g)	Exchangeable (me/100 g)			
							K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
Before harvesting	1993	5.04	16.06	0.78	137.42	17.93	0.86	0.15	4.67	1.43
	1993	5.98	13.10	0.62	110.27	17.48	0.40	0.12	0.69	0.44
Harvested site	1994	4.58	12.30	0.34	18.27	16.50	0.27	0.07	1.49	0.98
	1995	4.31	11.21	0.41	38.40	19.58	0.19	0.22	0.98	0.17
	1998	4.65	12.21	0.45	40.46	19.60	0.20	0.25	1.22	0.55
	2001	4.67	12.25	0.46	40.67	19.79	0.25	0.23	1.25	0.58

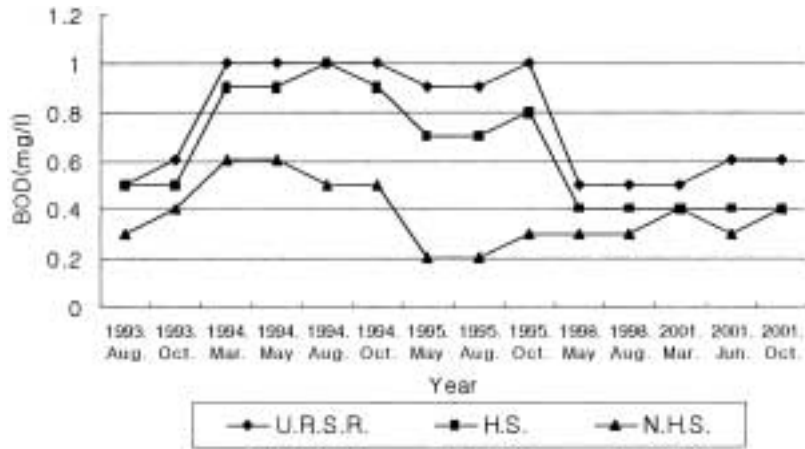


Fig. 2. Variations of BOD of the study sites from 1993 to 2001 (◆ : Upstream region of the Seomjin river, ■ : Harvested site, ▲ : Non-Harvested site).

게 감소하였는데, 이는 벌채 당년의 집중강우로 인하여 산지사면침식토사 및 산지표면유출수와 함께 유실된 데 기인한 결과라 판단된다. 또한, 벌채 8년 후 유효인산은 벌채 2년, 3년 후 보다 비교적 약간 증가하였는데, 이는 벌채지에서의 부식에 기인한 결과라 생각된다. 그러나 통계분석결과 유의하지 않은 결과를 나타내었는데, 이는 1996, 1997, 1999, 2000년의 조사미비 등 연속적인 자료의 부족에 기인한 결과라 생각된다.

토양화학생분 중 벌채로 변화되는 지표인 총질소(中野, 1971)는 벌채 전보다 감소하였으며, 치환성이온인 K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 등도 벌채 전보다 감소하여, 벌채로 인한 용탈 등으로 치환성 양이온의 유출은 벌채지 토양의 완충능력을 감소시켰다. 그러나 벌채 후 8년이 경과된 벌채지에서의 총질소, 치환성이온인 K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 등은 벌채 1, 2년 후 보다 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 벌채 전이나 벌채 당년의 값보다 낮은 값을 나타내어 벌채 5년, 8년 후에도 벌채지 토양의 완충능력은 벌채 전이나 벌채 당년으로 완전히 회복되지 않았다. 이것은 벌채작업으로 수목이 소개됨에 따라 양료가 침출되거나 동계 적설로 인한 봄철 융설수나 동결융해침식 그리고 강수에 의한 산지표면유출수와 함께 유출되는 등 영향이 컸기 때문이다(Mann *et al.*, 1988; 이, 1992; Park, 1993; Baeumler and Zech, 1998).

2. 개별에 의한 수확벌채가 계류수질에 미치는 영향

조사기간 동안 계류수의 생물화학적 산소요구량(유와서, 1990)의 변화는 Fig. 2와 같다.

벌채 당해년도 8월에 비벌채지 유역에서는 BOD가 평

균 0.3 mg/l 이었으나, 벌채지 및 벌채지와 비벌채지 유역이 합류하여 섬진강으로 유입되는 계류수에서는 비벌채지보다 높은 0.5 mg/l 이었다. 이것은 산림을 벌채함으로써 발생하는 벌목파쇄물이나 벌목 작업 및 강수로 인한 표층토에서의 토양유기물 유출, 산지침식으로 인하여 발생된 토사가 계류에 유입되어 계류내 유기물을 증가시키기 때문이다. 또한 전 조사기간 동안 섬진강으로 유입되는 산림지 하류지역의 계류수는 비벌채지와 벌채지의 BOD보다 높았다. 이것은 이 지역이 벌채지와 비벌채지 유역의 합류점이기 때문에 대부분 유역으로부터 발생하는 낙엽, 낙지, 유출토사 등에 의한 질소 및 유기물 오염원 등이 유입되어 BOD 상승의 원인인 것으로 추정된다.

벌채 당해년도에 벌채지와 섬진강으로 유입되는 계류수의 BOD는 벌채 전보다 높았으나 비벌채지, 벌채지 그리고 섬진강으로 유입되는 계류수질은 모두 하천수질 환경기준 상수원수 1급수로 조사지역의 계류수는 인위적 오염원이 거의 없는 것으로 사료된다. 또한, 1994년 3월 비벌채지에서 BOD는 0.6 mg/l 로 1993년 8월보다는 약 0.3 mg/l 증가하였으며, 10월보다는 0.2 mg/l 만큼 증가하였다. 그러나 벌채 1년 후 벌채지 계류의 BOD는 0.9 mg/l 로 벌채 당해년도 보다 약 $0.55 (0.4 \sim 0.7) \text{ mg/l}$ 가 증가하였다. 벌채지와 비벌채지 유역이 합류하는 계류 하부에서의 BOD가 1.0 mg/l 로 벌채 당해년도 보다 약 $0.65 (0.5 \sim 0.8) \text{ mg/l}$ 증가하였다. 벌채 1년 후인 1994년 3월에는 조사대상지역의 계류수 모두 벌채 당해년도 보다 BOD는 높았는데, 이것은 계류에 퇴적된 토사 및 유량의 감소에 의한 영향으로 생각된다.

1994년 5월에 BOD는 3개 조사지역 모두 3월의 조사

값과 유사하였으며, 8월에 비벌채지의 BOD는 5월에 조사된 값과 유사하였으나 벌채지와 섬진강으로 유입되는 계류수의 BOD는 1.0 mg/l로 5월보다 높았다. 이는 가뭄 등에 의한 계류수량의 감소와 벌채지에서의 계류 내 유기물 유입 증가 때문이다. 1994년 10월에 벌채지의 BOD는 약 0.1 mg/l가 감소하였으나, 비벌채지와 섬진강으로 유입되는 계류수의 BOD는 변화가 없었다. 이와 같이 벌채 1년 후인 1994년에 벌채지 유역 계류수의 BOD는 약 0.85 (0.7~1.0) mg/l로 수질이 악화되었으나, 이렇게 상승된 BOD의 수치는 하천수질환경기준 상수원수 1급수이었으며 벌채에 따라 수질은 악화되지 않았다.

벌채지 유역이나 섬진강으로 유입되는 계류수질은 하천수질환경기준 상수원수 1급 기준의 최고치인 1 mg/l에 도달되는 등 벌채 당해년도와 그 다음 해에는 계류수질이 악화되기 때문이었다. 이러한 수질오염을 저감시키기 위해서 계류가 흐르는 지역에는 수림대를 조성하여 산지에서 침식되어 유출되는 토사가 계류에 유입되지 않도록 해야 한다. 1995년 5월에 벌채지 유역 계류수의 BOD는 0.7 mg/l로 전년도 5월보다 0.2 mg/l가 감소하여 수질이 회복되는 경향을 나타내었으며, 비벌채지 내 계류수의 경우, 전년도 5월에 비해 0.3 mg/l가 감소하여 두 유역간의 차이는 증가되었다.

벌채 5년 후인 1998년 5월과 8월에 비벌채지, 벌채지, 섬진강으로 유입되는 계류수 모두 BOD는 벌채 전과 유사한 값을 나타내었다. 또한, 벌채 후 8년이 경과된 2001년 3월, 6월, 10월에는 비벌채지, 벌채지 그리고 비

벌채지와 벌채지가 합류하는 유역에서의 수질은 벌채 전으로 회복되는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 계류수질에 대한 벌채작업의 영향이 해소되었음을 의미하는 것이다. 즉, 벌채 후 8년이 경과되면서 벌채지에서의 자연적인 식생회복과 함께 계류수질이 안정되었다.

비벌채지와 벌채지, 그리고 비벌채지와 벌채지가 합류하여 섬진강으로 유입되는 계류수의 pH, 중금속 (Cu, Pb, Cu), 유기인, 색도, 탁도, 냄새, 맛, NH_4^+-N , NO_3^--N , 일반세균수, 대장균군 등 13개 항목에 대하여 수질분석한 결과는 Table 2와 같다.

전 조사기간 동안 Cd, Pb, Cu 등 중금속과 유기인 그리고 대장균군은 검출되지 않았다. 또한, 색도, 탁도, 맛, 냄새, NH_4^+-N , NO_3^--N 등은 음용수수질기준에 적합하였다. 특히 NO_3^--N 은 벌채 후 증가하였는데, 이는 Remy (1985)와 生原 (1992)의 연구결과와 유사하였으나, 전 조사기간 평균값은 3개 지역 모두 1.5 mg/l를 넘지 않았다. 평균 pH는 비벌채지에서 전 조사기간 중 약 6.4 (6.3~6.5)를 나타내었으나, 벌채지의 계류수에서는 벌채 다음 해에 평균 pH 6.3이었으며, 벌채 2년 후인 1995년에는 pH 6.5로, 1998년, 2001년에는 비벌채지 내 계류수와 유사한 값인 평균 pH 6.5이었다. 또한, 섬진강으로 유입되는 계류수에서도 벌채지 내 계류수와 유사한 경향을 나타내었다. 그리고 벌채 후 계류수의 pH는 차이가 거의 없었으며, 8년이 경과되는 동안 벌채지 내 계류수의 pH는 벌채 전의 상태로 안정되는 것으로 분석되었다 (Brown and Binkley, 1994).

Table 2. The results of suitability analysis of water from 1993 to 1998, in terms of chemical properties for water source.

Distribution / year	pH	Cd	Pb	Org. P	Cu	Color	Turbi.	Odor	Taste	NH_4^+-N	NO_3^--N	Standard	
												plate count	Coliform
		mg/l			$\leq 5^\circ$	$\leq 2^\circ$	Odorless	Tasteless	mg/l	mg/l	1 cc 100	Negative in 50 cc	
Non-Harvested site	1993	6.5	0	0	0	1	passed	passed	passed	0	0.5	40	negative
	1994	6.3	0	0	0	1	passed	passed	passed	0	0.6	54	negative
	1995	6.5	0	0	0	1	passed	passed	passed	0	0.5	50	negative
	1998	6.5	0	0	0	1	passed	passed	passed	0	0.5	40	negative
	2001	6.5	0	0	0	1	passed	passed	passed	0	0.6	43	negative
Harvested site	1993	6.5	0	0	0	1	passed	passed	passed	0	0.8	70	negative
	1994	6.3	0	0	0	1	passed	passed	passed	0	1.0	69	negative
	1995	6.5	0	0	0	1	passed	passed	passed	0	0.8	57	negative
	1998	6.5	0	0	0	1	passed	passed	passed	0	0.6	50	negative
	2001	6.5	0	0	0	1	passed	passed	passed	0	0.7	47	negative
Upstream region of the Seomjiin river	1993	6.5	0	0	0	1	passed	passed	passed	0	0.8	78	negative
	1994	6.3	0	0	0	1	passed	passed	passed	0	0.8	79	negative
	1995	6.5	0	0	0	1	passed	passed	passed	0	0.7	70	negative
	1998	6.5	0	0	0	1	passed	passed	passed	0	0.6	62	negative
	2001	6.6	0	0	0	1	passed	passed	passed	0	0.9	68	negative

Table 3. Changes of total amount of cation (mg/l), total amount of anion (mg/l) and total of ion (mg/l) of stream water quality.

Year\Category		Non-Harvested site	Harvested site	Upstream region of the Seomjiin river	
2001	Total amount of cation (mg/l)	Mar.	5.87	6.23	6.57
		Jun.	8.35	8.37	9.21
		Oct.	7.41	7.43	8.46
	Total amount of anion (mg/l)	Mar.	12.34	12.36	14.21
		Jun.	6.57	6.89	7.32
		Oct.	6.24	6.33	7.55
	Total of ion (mg/l)	Mar.	18.21	18.59	20.78
		Jun.	14.92	15.26	16.53
		Oct.	13.65	13.76	16.01

이들 13개 항목 중 산림내 계류수에서 일반세균(박, 1995)은 벌채지에서 벌채 다음해에는 평균 69 CFU/ml이었으며, 1995년에는 57 CFU/ml로 1994년보다 낮았다. 1998년에는 평균 50 CFU/ml, 2001년에는 평균 47 CFU/ml로 벌채 후 시간의 경과에 따라 일반세균수가 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 비벌채지 내 계류수에서는 전 조사기간 동안 평균 약 45 CFU/ml로 먹는 물 수질 기준에 적합한 것으로 나타났다. 비벌채지와 벌채지 유역이 합류하는 유역에서의 계류수에서는 전 조사기간 동안 평균 약 71 CFU/ml로 비벌채지와 벌채지 내 계류수보다 높은 값을 나타내었는데, 이는 벌채로 인하여 발생하는 침식토사의 유입 등 세균이 서식하기에 좋은 환경조건이 일부 잔존하기 때문인 것으로 생각된다(USDA Forest Service, 1990). 2001년에 비벌채지, 벌채지, 그리고 비벌채지와 벌채지가 합류하는 유역에서 양이온총량, 음이온총량, 이온총량에 대한 분석(박, 1995, 1996) 결과는 Table 3과 같다.

2001년 3월에 벌채지에서 양이온총량은 비벌채지보다 약 0.36 mg/l, 벌채지와 비벌채지가 합류하는 유역에서의 양이온총량은 비벌채지보다 약 0.7 mg/l 많았는데, 이것은 6월과 10월에도 같은 경향이었다. 또한, 음이온총량은 2001년 3월에 벌채지가 비벌채지보다 약 0.02 mg/l, 벌채지와 비벌채지가 합류하는 유역에서의 음이온총량은 비벌채지보다 약 1.87 mg/l 많았으며, 이와 같은 결과는 6월과 10월에도 같은 경향이었다(Brown and Binkley, 1994).

양이온총량과 음이온총량을 모두 합한 이온총량은 2001년 3월에 벌채지가 비벌채지보다 약 0.38 mg/l, 벌채지와 비벌채지가 합류하는 유역에서의 이온총량은 비벌채지보다 약 2.57 mg/l 많았으며, 이와 같은 결과는 6월과 10월에도 같은 경향이었다. 즉, 벌채지는 비벌채지

유역보다, 비벌채지와 벌채지 유역이 합류하는 유역에서는 비벌채지 혹은 벌채지 단독 유역에서의 계류수보다 이온총량이 증가하였는데, 이와 같은 결과는 비벌채지와 벌채지 유역이 합류하면서 계류수에서의 전기전도도 증가를 의미하는 것이나, 그 이온의 차이는 비교적 적은 것으로 판단되었다(박과 우, 1997).

적 요

이 연구는 성숙활엽수림 개별수확이 계류수질에 미치는 영향을 구명할 목적으로 1993년부터 2001년까지 전남 광양 백운산 지역에 위치한 서울대학교 농업생명과학대학 부속 남부연습림내 제26임반에서 1993년부터 2001년까지 계류수질에 영향을 미치는 토양의 화학성분과 계류수질을 측정·분석한 결과, 벌채 후 1년, 2년이 경과되는 동안 전질소, 치환성 이온인 K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 등은 벌채 전보다 양적으로는 감소하였으나, 벌채 8년 후에는 벌채 전으로 점차 회복되는 것으로 분석되었으며, 토양의 화학성분은 변화하지 않았다. 벌채 당해년도와 그 다음 해, 그리고 벌채 5년, 8년 후 벌채지 계류수의 BOD, pH 등은 하천수질환경기준 상수원수 1급수이었으며, Cd, Pb, Cu 등 중금속과 유기인은 검출되지 않았다. 또한, 계류수의 색도, 탁도, 냄새, 맛, NH_4^+-N , NO_3^--N , 일반세균수, 대장균군 등 8개 항목은 먹는 물 수질기준에 적합하여 벌채지 인근지역 주민들이 음용수로 이용하는 데에는 영향이 없는 것으로 해석되었다. 계류수에 용존되어 있는 양이온총량, 음이온총량, 이온총량은 비벌채지와 벌채지가 합류하는 유역이, 비벌채지 유역과 벌채지 유역의 계류수보다 높은 값을 나타내었으나, 그 값의 차는 크지 않았다.

인용문헌

- 김기원. 1996. 산림개발이 산림에 미치는 부하에 관한 연구, *산림과학* **8**: 79-99.
- 박재현. 1995. 산림유역에 있어서 계류수질 평가기준 정립에 관한 고찰 (I), *자연보존* **92**: 23-38.
- 박재현. 1996. 산림유역에 있어서 계류수질 평가기준 정립에 관한 고찰 (II), *자연보존* **95**: 38-52.
- 박재현. 1997. 산림유역에 있어서 계류수질 평가기준 정립에 관한 고찰 (III), *자연보존* **97**: 33-42.
- 박재현. 2000. 北漢山國立公園 北東斜面 一帶 溪流水質 特性 (II) - 理化學的 特性을 中心으로 -, *한국임학회지* **89**(2): 241-248
- 박재현, 마호섭. 1999. 북한산국립공원내 휴식년 계곡의 수질 관리를 위한 계류수질모니터링, *한국환경복원녹화기술학회지* **2**(2): 88-96.
- 박재현, 우보명. 1997. 산림유역내 강수로부터 계류수질에 미치는 영향인자 분석 - pH, 용존산소, 전기전도도 -, *한국임학회지* **86**(4): 489-501.
- 성문기술. 1995. 수질오염공정시험방법.
- 유순호, 서운수. 1990. 우리나라 농업용수의 수질과 토양오염 실태, 환경오염과 농업에 관한 국제심포지움: 96-111.
- 이천용. 1992. 산림환경토양학.
- 환경처. 1983. 수질분석시험.
- 환경처. 1991. '91 자연생태계 지역조사-광양 백운산 조사-. 235p.
- 中野秀章. 1971. 森林伐採および伐跡地の植被變化が流出に及ぼす影響, *林試研報* **240**: 1-251.
- 山田 健, 佐佐木尚三. 1990. 機械導入跡地における土壤攪亂, *日林論* **101**: 667-668.
- 廣瀬 顯, 岩坪五郎, 堤利 夫. 1988. 森林流出水の水質についての廣域的考察 (1), *京都大學農學部演習林報告* **60**: 162-173.
- 生原喜久雄. 1992. 森林土壤水の溶存養分の動態, 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: 8-14.
- 佐藤冬樹, 笹賀一郎, 藤原滉一郎, 桒本浩志. 1992. 道北地方における降雪の化學性と小河川の水質 (1) - 冬期湯水期の小河川の水質 -, *日林論* **103**: 601-602.
- Alban, D.H., D.A. Parala and B.E. Schlaegel. 1978. Biomass and nutrient distribution in aspen, pine and spruce stands on the same soil type in Minnesota, *Canadian Journal of Forest Research* **8**: 290-299.
- Baumler, R. and W. Zech. 1998. Soil solution chemistry and impact of forest thinning in mountain forests in the Bavarian Alps, *Forest Ecology and Management* **108**: 231-238.
- Brooks, K.N., P.F. Ffolliott, H.M. Gregersen and J.L. Thames. 1994. Hydrology and the management of watersheds. 392p.
- Brown, T.C. and D. Binkley. 1994. Effect of management on water quality in North American forests, United States Department of Agriculture Forest Service. *General Technical Report RM-248*: 1-27.
- Fredriksen, R.L. 1970. Erosion and sedimentation following road construction and timber harvest on unstable soils in three small Oregon watersheds, *USDA Forest Serv. Research Paper PNW-104*, 15p.
- Gonsior, M.J. and R.B. Gardner. 1971. Investigation of slope failures in the Idaho Batholith, *USDA INT-97*. 34p.
- Johnson, C.E., A.H. Johnson and T.G. Siccama. 1991. Whole-tree clearcutting effects on exchangeable cations and soil acidity, *Soil Sci. Soc. Am. J.* **55**: 502-508.
- Larse, R.L. 1971. Prevention and control of erosion and stream sedimentation from forest roads. Proceedings of a symposium on forest land uses and environment, Oregon State University.
- Mann, L.K., D.W. Johnson and D.C. West. 1988. Effects of whole-tree and stem-only clearcutting on postharvest hydrologic losses, nutrient capital, and regrowth, *Forest Science* **34**: 412-428.
- Martin, E.L. and R.B. Herrmann. 1998. Harvest impacts on forest outflow in coastal North Carolina, *Journal of Environmental Quality* **27**: 1382-1395.
- Megahan, W.F. and W.J. Kidd. 1975. Effects of logging roads on sediment production rates in the Idaho Batholith, *USDA Forest Service. Research Paper INT-123*.
- Neal, C. and R. Fisher. 1992. The effects of tree harvesting on stream-water quality at an acidic and acid-sensitive spruce forested area: Plynlimon, mid-Wales, *Journal of Hydrology* **135**: 305-319.
- Park, H. 1993. Timber harvesting impacts on aspen productivity on two contrasting soils in Northwestern Wisconsin. University of Wisconsin, Ph. D. Thesis. 61p.
- Remy, J.C. 1985. Quelques 1 ments pour une am lioration de la question desx fertilisants. In Winteringgham, F.P.W. Environment and Chemicals in Agriculture, Proceeding of Symposium. Dublin.
- USDA Forest Service. 1990. Vegetation strips control erosion in watersheds, *Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station Research Note* **499**: 1-5.
- Vaughan, L. 1984. Logging and the environment. N.Z. Logging Industry Research Association. 73p.