

林道開設이 山地急流小河川의 電氣傳導度와 이온濃度에 미치는 영향

- 林道開設地와 未開設地 比較 -

金玟植¹⁾ · 全槿雨²⁾ · 江崎次夫³⁾

Effects of Forest Road Construction on Electronic Conductivity and Ion Concentrations of Torrential Stream

- Comparison of Forest Road Construction and Control Watersheds -

Min-Sik Kim¹⁾, Kun-Woo Chun²⁾ and Tsugio Ezaki³⁾

要 約

江原大學校 山林科學大學 附屬演習林內의 임도밀도가 상이한 세 유역(유역 A: 8.82m/ha, B: 2.32m/ha 및 C: 未開設)의 山地急流小河川을 대상으로 1995년, 1996년의 降雨量 및 流出量에 따른 전기전도도와 이온농도를 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 전기전도도는 강우량에 따라 크게 변화하지 않았으나 대체로 前降雨와 간격이 긴 경우가 높게 나타났다. 임도개설유역이 미개설유역보다 높게 나타났다.
2. 이온성분별 농도는 음이온이 양이온보다 약 2배이상 유출되었다. 이온별 평균농도는 양이온의 경우 Na^+ 과 Ca^{2+} 이 각각 최대 및 최소로 나타났으며, 음이온의 경우는 SO_4^{2-} 가 Cl^- 보다 3.7배 이상 높게 나타났다.
3. 총이온농도는 강우량과 유출량에 민감하게 반응하지는 않았으나 양이온의 경우 임도개설지가 미개설지보다 높게 나타났다.

ABSTRACT

This study examined the effect of forest road construction on electronic conductivity(EC) and ion concentrations under different precipitation. They were torrential streams within three different watersheds with various forest road densities (watershed A : 8.82m/ha,

-
- 1) 江原大學校 大學院 林學科 : Department of Forestry, Graduate School, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea
 - 2) 江原大學校 山林科學大學 林學科 : Department of Forestry, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea
 - 3) 日本 愛媛大學 農學部 生物資源學科 : Department of Bioresources, College of Agriculture, Ehime University, Matsuyama, Ehime 790, Japan

watershed B: 2.32m/ha, and watershed C: control) in the Experimental Forest of Kangwon National University. The results were as follows:

1. EC of three watersheds did not show on difference in precipitation, but it was high in case of long interval rainfall time period. EC of watershed A and B were higher than that of watershed C.
2. Concentrations of cation was about 2 times higher than those of anion. Average concentrations of Na^+ and Ca^{2+} showed maximum and minimum respectively, and SO_4^{2-} was 3.7 times higher than Cl^- .
3. Precipitation and discharge had no effect on ion concentrations, but watershed A and B were higher in concentrations of cation than watershed C.

Key words: *electronic conductivity, anion, cation, precipitation, discharge, torrential stream, forest road construction*

I. 緒 論

최근 삼림의 공익적 기능에 대한 사회의 요청이 강하게 요구되고 있으며, 특히 水資源의 質·量的 중요성이 대두됨에 따라 水源發生源으로서의 森林地帶의 보전이 더욱 중요시되고 있다. 한편 森林資源의 효율적 관리 및 산촌지역의 균형 발전을 위해 전국적으로 林道事業이 추진되고 있으나 林道開設地는 시공 대상지가 급경사 지대이므로 일반도로에 비해 대규모의 切·盛土 비탈면이 조성되어, 양분이 대량으로 山地急流小河川으로 유출되고 있다.

지금까지 우리나라에서 진행된 계류수질에 대한 연구는 주로 계류수질의 pH 및 流出成分 調査(全權雨 등, 1996; 程龍鎬 등, 1996), 山地急流小河川水의 理化學的 특성에 대한 연구(朴在鉉과 程龍鎬, 1996; 李天龍과 元亨圭, 1994) 등의 기초조사가 진행되고 있는 실정이다. 그러나 외국의 경우에는 이전부터 이에 대한 연구가 시작되어 溪流水에 있어서 溶存物質의 流出特性 파악(井倉, 1996; 仲川 등, 1995; 江崎 등, 1996; 鈴木, 1995; 佐々과 高木, 1995; 吉田 등, 1993; M.A. sharaf and M.T. hussein, 1996), 森林의 水保全機能(駒崎, 1988; 大類

等, 1994; 地頭蘭과 春山, 1984; 遠藤 등, 1986), 流出 現況調査(志水, 1990) 및 水質 保全對策(野島, 1969; 松浦와 谷本, 1987; 谷口과 古畑, 1995) 등에 대한 연구가 폭넓게 진행되고 있다.

이 연구는 山地에서 진행되는 임도사업이 山地急流小河川 수질에 미치는 영향을 파악하기 위한 연구의 일환으로, 여름철의 집중호우에 의해 계류로 유출되는 양분의 質·量的 변화과정을 조사, 분석하는 것을 목적으로 진행하였다.

II. 研究方法

1. 調査地 概要

연구대상지는 江原大學校 山林科學大學 附屬演習林內 5林班에 위치한 林道 開設流域의 山地急流小河川으로 행정구역상 江原道 洪川郡 北方面 北方1里 山61-1에 위치하며, 水源發生源으로부터 약 2.1km를 남동진한 후 北方川에 유입되고 있다. 이 구간에는 1994년 11월부터 1995년 10월까지 약 12개월에 걸쳐 4억 2천만원의 예산으로 개설된 7.333km 林道중 1.1km(A 유

역: 1.058km, B 유역: 0.042km)가 통과하고 있으며, 채수장소는 이 山地急流小河川과 北方川이 합류하는 지점에서 약 0.9km의 상류지점으로 本流와 2개의 支流가 합류하고 있다.

삼림은 대부분 굴참나무가 주종을 이루는 天然林 지역이나, 상·하류의 일부 지역에는 잣나무, 일본잎갈나무 人工林이 조성되어 있다. 또한 森林地帶의 물 순환에 관계하는 인자중에서 流出過程에 직·간접적으로 관여하는 地形要因을 1/25,000 지형도와 현지답사 결과를 참고로 해석하면, 조사 대상 유역의 총유로 연장은 A 유역이 1.5km, B 유역이 0.86km 및 C 유역이 0.7km였으며, 고도는 260~680m에 달한다. 또한 유역면적은 A 유역 120ha, B 유역 18.1ha 및 C 유역 8.1ha로 유역간의 차이가 있다.

2. 研究方法

임도개설에 따른 수질변화를 파악하기 위해 다음과 같은 방법으로 현지조사 및 실내실험을 실시하였다. 강우는 임도개설 후의 日降雨量이 상이한 총 3회(7월 8일 11시~9일 17시 30분, 1996년 6월 29일 14시~30일 11시 및 7월 15일 16시 40분~16일 14시)의 자료를 해석하였다.

채수는 강우개시부터 종료까지는 2~3시간을, 강우종료후는 3~4시간을 각각 기본간격으로 육안으로 관찰하여 溪流水의 濁度가 강우이전의 상태로 회복되는 시각까지 채수하였다. 채수량은 200ml로 하였으며, 채수후 즉시 아이스박스에 보관한 후 실험실로 운반하여 측정할 때까지 일정 온도를 유지시켰다. 또한 林道密度에 따른 농도차이를 파악하기 위해 임도밀도가 상이한 3개소(유역 A: 8.82m/ha, B: 2.32m/ha 및 C: 未開設)에서 동시에 측정, 채수하였다.

1) 降雨量 測定

강우량은 江原大學校 山林科學大學 附屬演習林內 鳳鳴書院의 空開地에 설치된 직경 20cm × 높이 60cm의 圓筒型 自記雨量計의 연중 측정결과를

시간단위별로 계산한 후, 해석방법에 따라 日降雨量과 時雨量으로 구분하여 사용하였다.

2) 流出量 測定

유출량은 附屬演習林內 2林班 各小班 계류에 自記水位計를 설치한 후, 연중 水位變化를 측정하고 있다. 또한 通水斷面積과 Manning식을 이용하여 평균유속을 구한 후, 유출량을 산정하였다(菅原, 1972).

3) 現地測定과 水質分析

현지조사시에 pH, EC(Electronic Conductivity)를 측정하였으며, 실내실험에서는 수질의 일반적인 조사항목과 수목의 生育에 영향을 미치는 양분중에서 중복되는 Na^+ , Mg^{2+} , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3-N 및 SO_4^{2-} 등을 定量化하였다.

또한 양이온 분석은 原子吸光分析機를 이용하여 原子吸光度를 측정하였고, 음이온의 분석에는 Waters 484-pic 291을 이용한 이온크로마토 그래피법으로 측정하였다.

Ⅲ. 結果 및 考察

1. 降雨別 EC 및 이온濃度

각 강우별 EC와 이온농도의 평균값은 표 1과 같다. EC는 삼림내에 존재하고 있는 양분이 山地急流小河川으로 유출되는 정도를 나타내는 것으로 양분의 소실을 파악하는데 매우 중요한 항목이다. 표 1에서 알 수 있듯이 EC는 강우량에 따라 크게 변화하지 않았으나 대체로 前降雨와의 간격이 비교적 긴 경우에 높게 나타났다.

이온성분별 농도변화는 음이온이 양이온보다 평균 약 2배이상 유출되었으며, 특히 1996년 6월 29일 SO_4^{2-} (7.00ppm)가 Ca^{2+} (0.59ppm)보다 최대 11.9배 이상 높게 나타났다. 이온별 평균농도는 양이온의 경우 Na^+ 이 가장 높고(1.03~4.33ppm, 평균: 2.48ppm), Ca^{2+} 가 가장 낮게

Table 1. Each EC and Ion density per rainfall during the study period.

Date	Watersheds	Precipitation (mm)	EC(μ s)	Cation(ppm)				Anion(ppm)		
				Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	Cl ⁻	NO ₃ -N	SO ₄ ²⁻
'95. 7. 8	A	192.0	45.35	4.33	0.69	0.55	0.88	1.65	3.60	6.46
	B		46.63	2.27	0.61	0.57	0.92	0.83	1.25	4.15
	C		41.50	2.23	0.83	0.48	1.01	0.76	4.15	4.00
'96. 6. 29	A	51.0	37.71	3.14	0.85	0.41	1.87	1.58	7.18	4.70
	B		27.44	1.03	1.05	0.59	2.16	1.88	6.46	7.00
	C		28.88	1.99	0.66	0.49	1.28	1.47	8.17	4.12
'96. 7. 15	A	36.5	47.74	2.11	0.59	0.32	1.11	1.15	3.51	5.02
	B		45.41	3.57	0.59	0.23	1.93	1.28	2.11	5.34
	C		41.79	1.62	0.54	0.40	2.09	1.33	3.30	3.60

(0.23~0.59ppm, 평균:0.45ppm) 나타났으며, 음이온의 경우는 SO₄²⁻(4.00~7.00ppm, 평균 : 4.93ppm)가 Cl⁻(0.76~1.88ppm, 평균 : 1.33 ppm)보다 3.7배 이상 높게 나타났다. 양이온 중 Na⁺이 1995년 7월 8일(강우량 192.0mm) A 유역에서 최대치(4.33ppm)를 기록한 것 외에는 다른 양이온들은 강우량에 민감하게 반응하지 않았으며, 음이온의 경우도 강우량에는 크게 영향을 받지 않았으나, 1996년 6월 29일(강우량 51.0mm)의 NO₃-N(A 유역: 7.18ppm, B 유역: 6.46ppm 및 C 유역: 8.17ppm)는 1995년 7월 8일 성분(A 유역: 3.60ppm, B 유역: 1.25 ppm 및 C 유역: 4.15ppm)보다 2~5배이상 유출되었다.

임도개설에 따른 EC와 이온농도는 EC의 경우 임도개설유역(A 유역: 33.67~47.74 μ s; 평균 42.10 μ s, B 유역: 27.44~55.38 μ s; 평균 43.42 μ s)이 미개설유역(C 유역: 27.99~41.5 μ s; 평균 36.05 μ s)보다 높게 나타났으며, 양이온 중 Na⁺, Mg²⁺ 및 Ca²⁺과 음이온 Cl⁻ 및 SO₄²⁻이 임도개설유역(A와 B 유역)이 미개설유역(C 유역)보다 높게 나타났으나, K⁺와 NO₃-N는 임도 미개설유역인 C 유역에서 반대로 높게 나타났다.

2. 降雨量과 流出量에 따른 총양이온 및 총음 이온濃度

日降雨量과 日流出量에 따른 계류수질의 총양이온과 총음이온의 日平均濃度는 그림 1, 2와 같다. 그림 1에서 알 수 있듯이 총양이온은 강우량과 유출량에는 민감하게 반응하지 않아, 前降雨와의 간격이 비교적 긴 1996년 6월 29일(강우량: 51.0mm)의 경우(최고 9.83ppm)가 1995년 7월 8일(강우량: 192.0mm)보다 높게 나타났다. 즉 총양이온은 강우량과 유출량에 크게 영향을 받지 않았으며, 변동폭 역시 비교적 적게 나타났다.

총음이온 역시 그림 2에서 알 수 있듯이 양적으로는 총양이온보다 약 2~3배 이상 유출되었으나, 1996년 6월 29일의 51.0mm 강우가 1996년 7월 15일의 36.5mm 강우와 1995년 7월 8일 192mm 강우보다 낮게 나타나는 등, 강우량과 유출량에 크게 영향을 받지 않았다.

또한 임도개설지와 미개설지의 총이온농도는 그림 3과 같이 양이온 경우 임도개설유역(A 유역: 평균 5.62ppm, B 유역: 평균 6.84ppm)이 미개설유역(C 유역: 평균 4.54ppm)보다 높게 나타났으나, 음이온의 경우는 임도개설유역(A 유

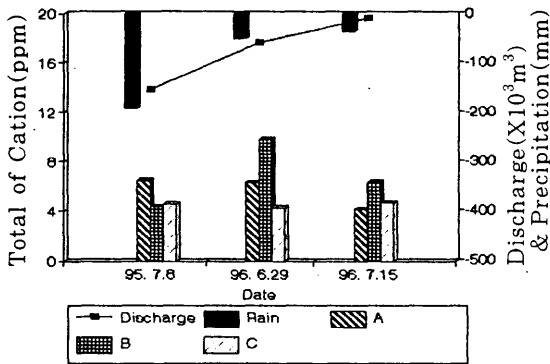


Fig. 1. The relationship of cation according to discharge and precipitation.

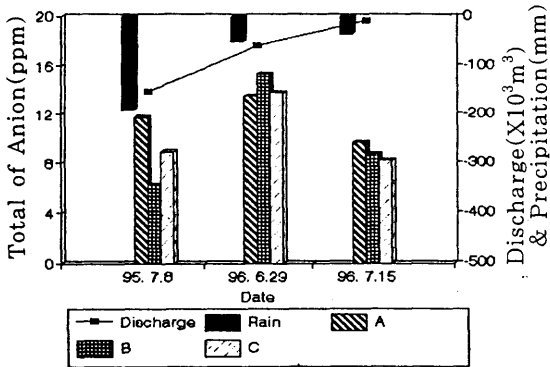


Fig. 2. The relationship of anion according to discharge and precipitation.

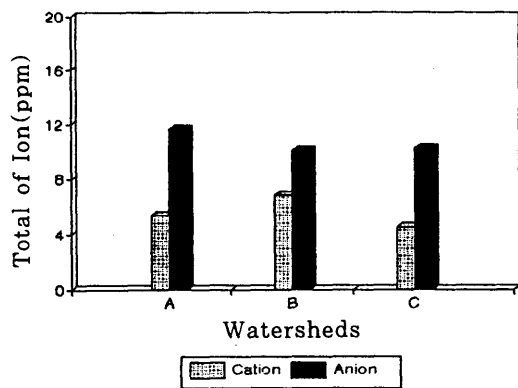


Fig. 3. The relationship of total ion according to forest density.

역: 평균 11.62ppm, B 유역: 평균 10.10ppm)과 미개설유역(C 유역: 평균 10.30ppm)간의 명확한 차이는 나타나지 않았다

IV. 結 論

이상에서 알 수 있듯이 각 이온농도가 강우량과 유출량에 민감하게 반응하지는 않았으나 전체적으로는 총이온농도가 증가하는 것을 알 수 있었다. 특히 임도개설지가 미개설지보다 총이온농도가 높게 나타나 임도개설에 따라 양분이 계류로 유출되는 것을 확인할 수 있었으며, 이는 강우기간의 총유출량을 고려하면 임도개설로 인해 다량의 양분이 계류로 유출되고 있다는 것을 의미한다. 따라서 임도시공시에는 계류수질을 보호하기 위한 土工, 植生工, 水路工 및 沈砂地 등의 대책이 마련되어야 할 것이다.

引用 文 獻

1. 朴在鉉, 程龍鎬. 1996. 계방산과 울릉도의 계류수질. 월간 임업정보 57: 27-28.
2. 李天龍, 元亨圭. 1994. 山林流域內 溪流水의 季節別 水質變化. 林研研報 49: 81-86.
3. 全權雨, 金玟植, 江崎次夫. 1996. 林道開設이 溪流水質에 미치는 影響(I) -林道開設에 따른 浮遊土砂量의 變化-. 韓國林學會誌 85(2): 280-287.
4. 程龍鎬, 元亨圭, 朴在鉉, 李天龍, 李鳳洙. 1996. 鬱陵島와 桂芳山에서 溪流水質의 理化學的 特性. 山林科學論文集 53: 173-185.
5. 江崎次夫, 岩本徹, 河野修一, 藤久正文, 全權雨. 1996. 森林土壤および樹種による降雨流出水のpH의變化について. 國際雨水資源化學 ジャーナル Vol 2 No1: 85-92.
6. 谷口直幸, 古畑義隆. 1995. 治山工事における 水質保全對策について. 林業技術 642: 287.
7. 菅原正巳. 1972. 流量解析法. 共立出版株式

- 會社. 85-87.
8. 駒崎里美. 1988. 森林の水質保全機能に関する研究. 北海道大學 修士論文. 81pp.
 9. 吉田桂子, 平井敬三, 岩川雄幸. 1993. ヒノキ苦齡林内外における降雨のpHとECについて. 森林總合研究所四國支所年報: 33-34.
 10. 大類清和, 生原喜久雄, 相場芳憲. 1994. 森林小集水域における溪流水質に及ぼす諸要因の影響. 日本林學會誌 75(5): 383-392.
 11. 鈴木啓助. 1995. 融雪時における溪流水のpH低下. 水文・水資源學會誌 8(6): 568-573.
 12. 松浦茂樹, 谷本光司. 1987. 雨天時汚濁流出とその抑制対策に関する研究. 日本土木研究所報告 174: 1-65.
 13. 野島虎治. 1969. 濁水溪の河川改修と砂防. 水利科學 12(6): 37-54.
 14. 遠藤治郎, 松崎健, 長谷川修治. 1986. 積雪地の森林水保全機能に関する研究. 新潟大學農學部演習林報告 19: 41-48.
 15. 井倉洋二. 1996. 九州山地中央部における降雨および樹幹流のpHと溶存成分 -森林地域における酸性雨等地球環境モニタリング体制の確立-. 平成5~7年度科學研究費補助金試驗研究(A)研究成果報告書: 91-101.
 16. 佐々木重行, 高木潤治. 1995. 陸水及び溪流水に関する研究(VIII) -pH,その他の成分の9年間の變動-. 日本九支研論集 48: 151-152.
 17. 仲川泰則, 徳地直子, 西村和雄, 岩坪五郎. 1995. 森林流出水の水質特性に関する廣域的比較. 京都大學農學部演習林報告 67: 30-50.
 18. 地頭菌隆, 春山元壽. 1984. 森林の水保全機能の定量化に関する研究 -第2報 1983年水文資料による流出解析-. 鹿兒島大學農學部演習林報告 13: 159-177.
 19. 志水後夫. 1990. 傳導度による融雪流出の成分分離と融雪流出過程に関する研究. 森林總合研究所研究報告 359: 123-140.
 20. M.A. sharaf and M.T. hussein. 1996. Groundwater quality in the Saq aquifer, Saudi Arabia. Hydrological Science Journal des Science Hydrologiques, 41(50): 683-696.