

## 전나무림과 잣나무림 流域에서 山林施業이 山林의 水質淨化機能에 미치는 影響(Ⅱ)<sup>1\*</sup>

程龍鎬<sup>2</sup> · 朴在鉉<sup>2</sup> · 金景河<sup>2</sup> · 尹豪重<sup>2</sup> · 元亨圭<sup>2</sup>

## Influence of Forest Management on the Facilitation of Purifying Water Quality in *Abies holophylla* and *Pinus koraiensis* Watershed(Ⅱ)<sup>1\*</sup>

Yongho Jeong<sup>2</sup>, Jae Hyeon Park<sup>2</sup>, Kyong Ha Kim<sup>2</sup>, Ho Joong Youn<sup>2</sup> and Hyoung Kyu Won<sup>2</sup>

### 要 約

이 연구는 전나무림과 잣나무림에서 山林施業(간벌 및 가지치기)이 산지의 물循環 素過程에서 전기 전도도에 미치는 影響因子를 파악하여 山林施業에 따른 山林의 水質淨化機能을 評價하기 위한 基礎資料를 提供하기 위하여 실시하였다. 1996년 3월부터 5월까지 산림시업을 한 광릉시험림 31, 33임반내 전나무림과 잣나무림 유역에서 1998년 3월 1일부터 동년 8월 4일까지 林分特性, 降雨, 林內雨(樹冠通過雨, 樹幹流), 土壤水, 溪流水의 水質動態를 分析하였다.

산지의 물순환 소과정별로 분리했을 때 전나무림 시업구의 임내우, 토양수에서 전기전도도의 설명에 유의한 영향을 미치는 인자는 陰이온總量과  $\text{NO}_3^-$ 이었고, 비시업구에서는  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ , 음이온총량이었다. 잣나무림 시업구의 임내우 · 토양수에서 전기전도도의 설명에 有意한 影響을 미치는 因子는  $\text{NO}_3^-$ 와 先行無降雨日數이었고, 비시업구에서는 이온總量,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$ , pH, 음이온총량이었다. 전나무림과 잣나무림 계류수에서 전기전도도의 설명에 유의한 영향을 미치는 인자는 강수량,  $\text{Na}^+$ , 이온총량이었다. 降雨, 전나무림과 잣나무림에서 施業區와 非施業區의 林內雨 · 土壤水, 溪流水를 통합했을 때 電氣傳導度의 설명에 有意한 影響을 미치는 因子는 陽 · 陰이온總量,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , pH 등이었다.

### ABSTRACT

This study aims to clarify the effect of forest management practices(thinning and pruning) in forest hydrological processes on electrical conductivity to get the fundamental information on the facilitation of purifying water quality after forestry practices. Rainfall, throughfall, stemflow, soil and stream water were sampled at the study sites which consist of *Abies holophylla* and *Pinus koraiensis* in Kwangnung Experimental Forest for 6 months from March 1 to August 4, 1998.

In case of deviding into forest hydrological processes, multiple regression equations of electrical conductivity and total amount of anion,  $\text{NO}_3^-$  of throughfall, stemflow, soil water of management site in *Abies holophylla* shows high significance. And multiple regression equations of electrical conductivity and total amount of anion,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  of throughfall, stemflow, soil water of non-management site in *Abies holophylla* shows high significance. Multiple regression equations of electrical conductivity and  $\text{NO}_3^-$ , before non-rain days of throughfall, stemflow, soil water of management site in *Pinus koraiensis* shows high significance. And multiple regression equations of electrical conductivity and total amount of ion,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$ , pH, total amount of anion of throughfall, stemflow, soil water of non-management

<sup>1</sup> 接受 1999年 8月 5日 Received on August 5, 1999.

<sup>2</sup> 林業研究院 Forestry Research Institute, Seoul 130-012, Korea.

\* 이 연구는 첨단기술개발사업과제 "산원수자원의 종합적 관리시스템의 개발" 연구의 일부임.

site in *Pinus koraiensis* shows high significance. Multiple regression equations of electrical conductivity and precipitation, total amount of ion,  $\text{Na}^+$  of stream water in *Abies holophylla* and *Pinus koraiensis* shows high significance. In case of combining into forest hydrological processes, multiple regression equations of electrical conductivity and total amount of cation and anion,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , and pH in rainfall, throughfall, stemflow, soil and stream water shows high significance.

*Key words* : forest management, electrical conductivity, throughfall, stemflow, soil and stream water quality

## 緒 論

현재까지 주요 상수원 지역인 산림유역 관리는 산림지가 淸淨水域이라는 기본적인 인식 하에 별다른 水質管理對策이나 評價基準의 수립 없이 인간의 간섭과 개발행위를 최소화하는 산림지의 현상유지 및 시설규제 등과 같은 소극적인 방법이 주도되어 왔다. 그러나 山林의 水質淨化機能의 增進 및 保全을 위한 일련의 體系的인 施業이 필요하며, 이를 위해서는 강수로부터 수목의 잎과 가지 및 토양 층을 통과하고 계류수로 도달하는 山林流出水의 水質形成 過程에 대한 體系的이고 綜合的인 研究가 시급하다.

電氣傳導度는 수질의 오염 정도와 용액 중의 이온 총량 즉, 이온 세기를 손쉽게 평가할 수 있는 지표인자로서, 山林內 溪流水나 토양중 수용성염류총량의 평가수법으로 유용하게 이용된다(西尾等, 1988; 廣瀨等, 1988). 또한, 전기전도도는 주요한 무기성분농도와 긴밀한 상관관계를 나타내고, 염해상습지대에서는  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  등의 이온량을 추정하는데 이용되는데 전기전도도가 과도하게 높으면 작물이 생육장해를 일으키게 된다(藤原等, 1996).

특히, 물의 전기전도도는 물이 함유하는 염분 함량을 신속히 측정하므로 전기전도도의 분석은 水質判定時 용이하다. 또한, 전기전도도는  $\text{NO}_3^-$ 에 밀접한 상관관계를 가질 뿐만 아니라  $\text{K}^+$ 와  $\text{Ca}^{2+}$ , pH와도 밀접한 관련이 있어 溪流水質評價指標因子로서의 역할을 한다(志水等, 1987; 西尾等, 1988; 志水와 坪山, 1990; 佐佐木等, 1991; 大類等, 1993; 程龍鎬等, 1997).

산림유역에서 수분이나 양분은 수목을 매개로 하여 순환하는데, 빗물에 용존되어 산지에 강한 오염물질은 수관통과수와 수간류 등 임내수와 함께 토양을 통과하여 계류로 유입되는 과정을 거치면서 성분이 달라지게 된다. 이와 관련하여

坂本(1993)와 大類等(1994)은 수관통과수와 수간류의 용존물질농도나 이온수지의 비교 및 임외수가 산림지를 통과하여 계류로 집수되는 과정에서 유출수에 포함되는 물질농도의 변화를 추적함으로써 산림의 수질정화기능을 평가할 수 있다고 하였다.

또한, 대기오염물질에 대한 수목의 용탈 특성은, 잎 표면에서 이러한 대기오염물질의 영향을 감소시킬 수 있는 中和能力과 잎 조직 내의 緩衝能力에 따라 좌우되고 생장시기에 따라 계절변이를 보여 주는데, 이 차이는 수종에 따라 다르며(Polypet과 Redmann, 1984; 佐佐와 長谷, 1992; 李憲浩, 1997), 樹幹의 凹凸에 따라서도 다르다(佐藤等, 1989).

山林施業에 따른 水質變動에 대하여 相澤(1993)은 수간류의 pH가 높은 활엽수를 침엽수 인공림으로 바꾸었을 경우, 수간류의 낮은 pH로 인해 토양이 산성화되고 활엽수로의 施業은 대기오염물질에 의한 山林土壤의 酸性化를 抑制시킨다고 하였으며, Baumler와 Zech(1998)는 간벌시업 후 토양수의 전기전도도는 일시적으로 증가하나 1년이 지난 다음에는 토양의 강한 緩衝能으로 인해 간벌 전의 상태로 안정화된다고 하였다.

이와 같이 강수로부터 산림의 수관층을 통과하고 산림토양층을 통해 계류수로 유출되는 물은 河川水質環境基準에 의한 수질등급상 1급수를 나타내나(朴在鉉과 禹保命, 1997; 程龍鎬等, 1997), 아직까지 우리 나라에서는 산림시업에 따른 산림의 수질정화기능을 평가하고 이를 통해 강수로부터 계류수에 도달하기까지의 물순환 과정에 대한 水質評價基準이 定立되어 있지 않은 실정이다. 따라서 이 연구는 전나무림과 잣나무림에서 山林施業에 따른 각 물순환 소과정에서 계류수의 수질평가항목 설정시 중요한 인자인 전기전도도에 미치는 영향인자를 밝힘으로써 山林施業에 따른 山林의 水質淨化機能을 評價하기 위한 基礎資料

를 提供하기 위하여 수행하였다.

### 材料 및 方法

연구대상 유역 및 산림사업 개황은 한국임학회 지 88:3(364-373)과 같으며, 山林施業에 따른 電氣傳導度에 영향을 미치는 인자를 구명하기 위한 자료 분석은 spss/pc+를 이용해 相關分析 및 多重回歸分析을 실시하였다.

### 結果 및 考察

#### 1. 降雨와 林內雨(樹冠通過雨, 樹幹流), 土壤水, 溪流水의 電氣傳導度 影響因子 分析

##### 1) 강수

간벌, 가지치기시업을 실시한 광릉시험림 31, 33 임반내 전나무림과 잣나무림 유역에서 1998년 3월 1일부터 집중호우에 의한 산사태로 유출수량 관측시설이 매몰된 8월 4일까지 조사지역에 내린 8개 단위강우에 대하여 pH, 전기전도도, 용존양이온( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ), 용존음이온( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ), 강수량, 양·음이온총량, 이온총량, 선행무강우일수 등 14종의 수질환경인자와의 상관관계를 분석한 결과는 Table 1에서와 같다. 단, 각 Table에서 \*는 5%, \*\*는 1% 수준에서 유의함을, T.A.C.는 양이온총량, T.A.A.는 음이온총량, T.A.I.는 이온총량을 의미한다.

상관분석결과, 강수에 용존되어 있는  $\text{Ca}^{2+}$ 는 양이온총량과의 편상관계수가 0.9591로 1% 수준

에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었으며,  $\text{Na}^+$ 는 양이온총량과의 편상관계수가 0.9059로 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었다. 또한, 음이온총량은 이온총량과 편상관계수는 0.7949로 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었으나, 전기전도도는 13종의 수질환경인자와 유의하지 않은 상관관계를 나타내었는데, stepwise를 이용한 다중회귀분석결과, 전기전도도의 설명에 유의한 인자는 없는 것으로 분석되었다. 이는 生原(1994)이 보고한 것과 같이 강우직후 단위강우 전체를 대상으로 분석하였기 때문에 전기전도도에 영향을 주는 각 용존이온의 영향을 파악할 수 없었던데 기인한 결과로 전기전도도에 미치는 각 용존이온의 영향을 파악하기 위하여는 강우직후로부터 종료시까지 시간별로 강우를 채수 분석할 필요가 있을 것으로 생각된다.

##### 2) 수관통과수

##### (1) 전나무림 시험구

전나무림 시험구 수관통과수에서 pH 등 14종의 수질환경인자와의 상관관계를 분석한 결과는 Table 2에서와 같다.

상관분석결과, 전나무림 시험구 수관통과수에서 전기전도도는  $\text{Cl}^-$ 과 5% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었으며,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , 음이온총량 등과는 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었다. 한편  $\text{Ca}^{2+}$ 는 강수량, 양이온총량과 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를,  $\text{Cl}^-$ 가  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , 음이온총량과 5% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었다.  $\text{NO}_3^-$ 는  $\text{SO}_4^{2-}$ , 음이온총량과 각각 5%, 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었는데, stepwise를 이용한 다중회귀분석결과 전기전도도=3.0791+3.2678×음이온총량( $R^2=0.94$ )으로 전나무림 시험구 수관통과수의 전기전도도의 설명에 음이온총량이 영향하는 것으로 분석되었다.

**Table 1.** Correlation coefficients of water environmental factors influencing the electrical conductivity in rainfall.

Correlations	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Na}^+$	T.A.A.
T.A.C.	0.9591**	0.9059**	-
T.A.I.	-	-	0.7949**

**Table 2.** Correlation coefficients of water environmental factors influencing the electrical conductivity of throughfall of management site in *Abies holophylla*.

	EC	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Cl}^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	Precipitation
$\text{Cl}^-$	0.8518*	-	-	-	-	-
$\text{NO}_3^-$	0.9246**	-	0.8170*	-	-	-
$\text{SO}_4^{2-}$	0.9664**	-	0.8774*	0.8765*	-	-
Precipitation	-	0.8456*	-	-	-	-
T.A.C.	-	0.8804*	-	-	-	0.8102*
T.A.A.	0.9717**	-	0.9070*	0.9606**	0.9716**	-

(2) 전나무림 비시업구

전나무림 비시업구 수관통과우에서 pH 등 14종의 수질환경인자와의 상관관계를 분석한 결과는 Table 3에서와 같다.

상관분석결과, 전나무림 비시업구 수관통과우에서 전기전도도는  $SO_4^{2-}$ , 음이온총량과 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었으며,  $Ca^{2+}$ 는 강수량, 양이온총량과 1%, 5% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었다. 즉, 강수량이 증가할수록 수관통과우에 용존하는  $Ca^{2+}$ 는 증가하는 결과를 나타내었는데, 이는 강수량이 증가할수록 전나무의 잎이나 가지와 빗물의 접촉 기회가 많아짐에 따라 전나무의 잎과 가지에서 용탈된  $Ca^{2+}$ 는 증가하였기 때문이라 생각된다. 한편,  $Cl^-$ 가 음이온총량과 5% 수준에서 유의한 정의 상관관계를,  $SO_4^{2-}$ 는 음이온총량과 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었는데, stepwise를 이용한 다중회귀분석결과 전기전도도

$= -0.2 + 7.6801 \times SO_4^{2-}$  ( $R^2=0.96$ )으로 전나무림 비시업구 수관통과우에서 전기전도도의 설명에 유의한 인자는  $SO_4^{2-}$ 인 것으로 분석되었다.

(3) 잣나무림 시업구

잣나무림 시업구 수관통과우에서 pH 등 14종의 수질환경인자와의 상관관계를 분석한 결과는 Table 4에서와 같다.

상관분석결과, 잣나무림 시업구 수관통과우에서  $Ca^{2+}$ 와 양이온총량은 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었으며,  $Cl^-$ 가  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , 음이온총량과 5% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었다.  $NO_3^-$ 는  $SO_4^{2-}$ , 음이온총량과는 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었으며,  $SO_4^{2-}$ 는 음이온총량과 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었다. 그러나 stepwise를 이용한 다중회귀분석결과 잣나무림 시업구 수관통과우에서 전기전도도의 설명에 영향을 미치는 인자는 유의하지 않은 것으로 분석되었다.

(4) 잣나무림 비시업구

잣나무림 비시업구 수관통과우에서 pH 등 14종의 수질환경인자와의 상관관계를 분석한 결과는 Table 5에서와 같다.

상관분석결과, 잣나무림 비시업구 수관통과우에서 전기전도도는  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , 음이온총량, 이온총량과 5% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었으며,  $Ca^{2+}$ 는 양이온총량과 5% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었다. 한편,  $NO_3^-$ 는  $SO_4^{2-}$ , 음이온총량, 이온총량과 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었고,  $SO_4^{2-}$ 는 음이온총량, 이온총량과 5% 수준에서 유의한 정의 상관관계를, 음이온총량은 이온총량과 5% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었는데, stepwise를 이용한 다중회귀분석결과 전기전도도  $= -12.1830 + 2.3151 \times \text{이온총량}$  ( $R^2=0.79$ )으로 잣나무림 비시업구 수관통과우의 전기전도도의 설명에 이온총량이 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 선행연구결과(大類等, 1994 ;

**Table 3.** Correlation coefficients of water environmental factors influencing the electrical conductivity of throughfall of non-management site in *Abies holophylla*.

	EC	$Ca^{2+}$	$Cl^-$	$SO_4^{2-}$
$SO_4^{2-}$	0.9817**	-	-	-
Precipitation	-	0.8646**	-	-
T.A.C.	-	0.8327*	-	-
T.A.A.	0.9621**	-	0.8144*	0.9411**

**Table 4.** Correlation coefficients of water environmental factors influencing the electrical conductivity of throughfall of management site in *Pinus koraiensis*.

	$Ca^{2+}$	$Cl^-$	$NO_3^-$	$SO_4^{2-}$
$NO_3^-$	-	0.8220*	-	-
$SO_4^{2-}$	-	0.8658*	0.9246**	-
T.A.C.	0.9419**	-	-	-
T.A.A.	-	0.8870*	0.9812**	0.9772**

**Table 5.** Correlation coefficients of water environmental factors influencing the electrical conductivity of throughfall of non-management site in *Pinus koraiensis*.

Correlations	EC	$Ca^{2+}$	$NO_3^-$	$SO_4^{2-}$	T.A.A.
$NO_3^-$	0.8242*	-	-	-	-
$SO_4^{2-}$	0.8179*	-	0.9475**	-	-
T.A.C.	-	0.8496*	-	-	-
T.A.A.	0.8425*	-	0.9791**	0.9886**	-
T.A.I.	0.8913*	-	0.9090**	0.9044*	0.9021*

朴在鉉과 馮保命, 1997)와 일치하는 결과이었다.

3) 수간류

(1) 전나무림 시업구

전나무림 시업구 수간류에서 pH 등 14종의 수질환경인자와의 상관관계를 분석한 결과는 Table 6에서와 같다.

상관분석결과, 전나무림 시업구 수간류에서 pH는 K<sup>+</sup>와 5% 수준에서 유의한 부의 상관관계를 나타내었다. 그러나 권우택 등(1996)은 pH저하에 관계하는 주요음이온은 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>이고 pH를 높이는 주요 양이온은 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>와 Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> 등이라고 하였는데, 이 연구에서는 K<sup>+</sup>만이 pH의 증감에 관계하는 것으로 분석되었다. 이는 타 용존이온보다 K<sup>+</sup>의 용탈속도가 빠른데(吳 等, 1996) 기인한 결과라 생각되며, 김종갑 등(1998)의 연구와도 유사한 결과이었다.

전기전도도는 Ca<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 양이온총량, 음이온총량 등과 각각 5%, 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었다. Ca<sup>2+</sup>는 K<sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 양이온총량과 각각 5%, 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었으며, K<sup>+</sup>는 양이온총량과 5% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었다. Cl<sup>-</sup>가 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 양이온총량, 음이온총량과 5%, 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었고, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>는 양이온총량, 음이온총량과 5% 수

에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었는데, stepwise를 이용한 다중회귀분석결과 전기전도도 = -1.2750 + 6.0452 × NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (R<sup>2</sup>=0.99)로 잣나무림 시업구 수간류에서 전기전도도의 설명에 유의한 영향을 미치는 인자는 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>이었다.

(2) 전나무림 비시업구

전나무림 비시업구 수간류에서 pH 등 14종의 수질환경인자와의 상관관계를 분석한 결과는 Table 7에서와 같다.

상관분석결과, 전나무림 비시업구 수간류에서 pH는 전기전도도, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 음이온총량, 이온총량 등과 5% 수준에서 유의한 부의 상관관계를 나타내었으며, 전기전도도는 Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 음이온총량, 이온총량과 각각 1% 수준에서 고도로 유의한 정의 상관관계를 나타내었다. Ca<sup>2+</sup>는 강수량, 양이온총량과 각각 5%, 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었고, Cl<sup>-</sup>가 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 음이온총량, 이온총량과 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었다. 또한, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>는 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 음이온총량, 이온총량과, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>는 음이온총량, 이온총량과 각각 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었다. 한편, 강수량은 양이온총량과, 음이온총량은 이온총량과 각각 5%, 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내어 강수량이 증가할수록 수목의 수간

Table 6. Correlation coefficients of water environmental factors influencing the electrical conductivity of stemflow of management site in *Abies holophylla*.

	pH	EC	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Ca <sup>2+</sup>	-	0.9337*	-	-	-	-
K <sup>+</sup>	-0.9147*	-	0.9082*	-	-	-
Cl <sup>-</sup>	-	0.9346*	-	-	-	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	0.9944**	0.9227*	-	0.9467**	-
T.A.C.	-	0.9209*	0.9786**	0.8857*	0.8499*	0.9195*
T.A.A.	-	0.9018*	-	-	0.9165*	0.9022*

Table 7. Correlation coefficients of water environmental factors influencing the electrical conductivity of stemflow of non-management site in *Abies holophylla*.

Correlations	pH	EC	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Precipitation	T.A.A.
EC	-0.8618*	-	-	-	-	-	-	-
Cl <sup>-</sup>	-0.8081*	0.9803**	-	-	-	-	-	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0.8508*	0.9900**	-	0.9545**	-	-	-	-
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-0.8898*	0.9921**	-	0.9530**	0.9950**	-	-	-
Precipitation	-	-	0.8044*	-	-	-	-	-
T.A.C.	-	-	0.9469**	-	-	-	0.8079*	-
T.A.A.	-0.8719*	0.9948**	-	0.9613**	0.9982**	0.9988**	-	-
T.A.I.	-0.8213*	0.9672**	-	0.9409**	0.9749**	0.9625**	-	0.9697**

에서 용탈되는  $Ca^{2+}$  등 양이온은 수간류에 더 많이 용존하는 것으로 분석되었다. 전나무림 비시업구 수간류에서 전기전도도에 유의한 상관관계를 나타낸 인자에 대하여 stepwise를 이용한 다중회귀분석결과 전기전도도 =  $2.6528 + 1.0464 \times$  음이온총량 +  $10.7788 \times Cl^-$  ( $R^2=0.99$ )으로 전나무림 비시업구 수간류에서 전기전도도의 설명에 영향을 미치는 인자는 음이온총량과  $Cl^-$  등 2개 인자이었다.

(3) 잣나무림 시업구

잣나무림 시업구 수간류에서 pH 등 14종의 수질환경인자와의 상관관계를 분석한 결과는 Table 8에서와 같다.

상관분석결과, 잣나무림 시업구 수간류에서 전기전도도는  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , 음이온총량, 이온총량과 각각 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었으며,  $Ca^{2+}$ 는 양이온총량과 5% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었다.  $Cl^-$ 가  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , 음이온총량과 1% 수준, 이온총량과는 5% 수준에서 유의한 정의 상관관계를,  $NO_3^-$ 는  $SO_4^{2-}$ , 음이온총량, 이온총량과 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를,  $SO_4^{2-}$ 는 음이온총량, 이온총량과 각각 5%, 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었는데, 이는 전나무림 시업구, 비시업구와 유사한 결과이었다. 그러나

잣나무림 시업구 수간류에서 전기전도도는 강수량, 선행무강우일수 등의 인자와 유의하지 않은 결과를 나타내었는데, 이는 수종별 특성에 기인한 결과로(西尾等, 1988) 생각된다. stepwise를 이용한 다중회귀분석결과 전기전도도 =  $18.9426 + 5.2275 \times NO_3^-$  ( $R^2=0.96$ )으로 잣나무림 시업구 수간류의 전기전도도의 설명에 영향을 미치는 인자는  $NO_3^-$ 이었다.

(4) 잣나무림 비시업구

잣나무림 비시업구 수간류에서 pH 등 14종의 수질환경인자와의 상관관계를 분석한 결과는 Table 9에서와 같다.

상관분석결과, 잣나무림 비시업구 수간류에서 pH는  $K^+$ 와 편상관계수는 -0.8452로 5% 수준에서 유의한 부의 상관관계를 나타내었으며, 전기전도도는  $Ca^{2+}$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ , 양이온총량, 음이온총량과 각각 5%, 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었고,  $Ca^{2+}$ 는  $NO_3^-$ , 양이온총량과 각각 5%, 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를,  $K^+$ 는 강수량과 5% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내 生原(1994)이 보고한 결과와 일치하였으며,  $Cl^-$ 가  $NO_3^-$ , 음이온총량과 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를,  $NO_3^-$ 는 양이온총량, 음이온총량과 각각 5%, 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었다. 이와 같은 결

**Table 8.** Correlation coefficients of water environmental factors influencing the electrical conductivity of stemflow of management site in *Pinus koraiensis*.

	EC	$Ca^{2+}$	$Cl^-$	$NO_3^-$	$SO_4^{2-}$	T.A.A.
$Cl^-$	0.9424**	-	-	-	-	-
$NO_3^-$	0.9786**	-	0.9465**	-	-	-
$SO_4^{2-}$	0.9671**	-	0.9582**	0.9913**	-	-
T.A.C.	-	0.8868*	-	-	-	-
T.A.A.	0.9758**	-	0.9624**	0.9970**	0.9979**	-
T.A.I.	0.9468**	-	0.8144*	0.9281**	0.9003*	0.9104**

**Table 9.** Correlation coefficients of water environmental factors influencing the electrical conductivity of stemflow of non-management site in *Pinus koraiensis*.

	pH	EC	$Ca^{2+}$	$K^+$	$Cl^-$	$NO_3^-$
$Ca^{2+}$	-	0.9324*	-	-	-	-
$K^+$	-0.8452*	-	-	-	-	-
$Cl^-$	-	0.9307*	-	-	-	-
$NO_3^-$	-	0.9769**	0.8701*	-	0.9757**	-
Precipitation	-	-	-	0.8383*	-	-
T.A.C.	-	0.9304*	0.9971**	-	-	0.8672*
T.A.A.	-	0.9088*	-	-	0.9751**	0.9617**

과를 stepwise를 이용하여 다중회귀분석한 결과 전기전도도 =  $-6.1070 + 5.6103 \times \text{NO}_3^- + 10.2819 \times \text{K}^+$  ( $R^2=0.98$ )으로 잣나무림 비시업구 수간류에서 전기전도도의 설명에 영향하는 인자는  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$  등 2개 인자이었다.

4) 토양수

(1) 전나무림 시업구

전나무림 시업구 토양수에서 pH 등 14종의 수질환경인자와의 상관관계를 분석한 결과는 Table 10에서와 같다.

상관분석결과, 전나무림 시업구 토양수에서  $\text{Ca}^{2+}$ 는 양이온총량, 이온총량과 각각 5%, 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었으며,  $\text{Mg}^{2+}$ 는 강수량과 5% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었다.  $\text{Cl}^-$ 가  $\text{SO}_4^{2-}$ , 음이온총량과 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를,  $\text{SO}_4^{2-}$ 는 음이온총량과 5% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었으며, 양이온총량은 이온총량과 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었다. 그러나 stepwise를 이용한 다중회귀분석결과 전나무림 시업구 토양수에서 전기전도도의 설명에 영향하는 인자는 유의하지 않은 결과를 나타내어 강수의 전기전도도의 설명에 영향하는 인자 분석 결과와 유사한 결과이었다.

(2) 전나무림 비시업구

전나무림 비시업구 토양수에서 pH 등 14종의 수질환경인자와의 상관관계를 분석한 결과는

Table 11에서와 같다.

상관분석결과, 전나무림 비시업구 토양수에서 전기전도도는  $\text{SO}_4^{2-}$ 와 5% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었다.  $\text{Ca}^{2+}$ 는  $\text{NO}_3^-$ , 강수량, 양이온총량, 이온총량과 각각 5%, 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를,  $\text{K}^+$ 는 음이온총량과 5% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었다.  $\text{NO}_3^-$ 는 강수량, 양이온총량과 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었는데, 이는 강수량 증가에 따른 토양수에서  $\text{NO}_3^-$ 는 유출이 증가하였기 때문(大類等, 1992)이라 생각된다. 한편, 강수량은 양이온총량과 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었는데, 이와 같은 결과도  $\text{NO}_3^-$ 와 같이 토양수에서의 용탈이 증가한데 기인한 결과라 생각된다. 이와 같은 결과를 stepwise를 이용한 다중회귀분석결과 전기전도도 =  $-67.5842 + 13.4207 \times \text{SO}_4^{2-}$  ( $R^2=0.81$ )로 전나무림 비시업구 토양수에서 전기전도도의 설명에 영향하는 인자는  $\text{SO}_4^{2-}$ 이었다.

(3) 잣나무림 시업구

잣나무림 시업구 토양수에서 pH 등 14종의 수질환경인자와의 상관관계를 분석한 결과는 Table 12에서와 같다.

상관분석결과, 잣나무림 시업구 토양수에서  $\text{Ca}^{2+}$ 는  $\text{Na}^+$ , 양이온총량과 각각 5%, 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었으며,  $\text{Mg}^{2+}$ 는  $\text{Cl}^-$ 과,  $\text{Na}^+$ 는 양이온총량과 각각 5%,

Table 10. Correlation coefficients of water environmental factors influencing the electrical conductivity of soil water of management site in *Abies holophylla*.

	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	T. A. C.
$\text{SO}_4^{2-}$	-	-	0.9208**	-	-
Precipitation	-	0.8596*	-	-	-
T. A. C.	0.9602**	-	-	-	-
T. A. A.	-	-	0.9684**	0.9006*	-
T. A. I.	0.8777*	-	-	-	0.9646**

Table 11. Correlation coefficients of water environmental factors influencing the electrical conductivity of soil water of non-management site in *Abies holophylla*.

	EC	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{K}^+$	$\text{NO}_3^-$	Precipitation
$\text{NO}_3^-$	-	0.9444**	-	-	-
$\text{SO}_4^{2-}$	0.8973*	-	-	-	-
Precipitation	-	0.9433**	-	0.9765**	-
T. A. C.	-	0.9736**	-	0.9513**	0.9282**
T. A. A.	-	-	-0.7906*	-	-
T. A. I.	-	0.8041*	-	-	-

**Table 12.** Correlation coefficients of water environmental factors influencing the electrical conductivity of soil water of management site in *Pinus koraiensis*.

Correlations	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	T.A.C.
Na <sup>+</sup>	0.8150*	-	-	-	-	-
Cl <sup>-</sup>	-	0.8106*	-	-	-	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	-	-	0.9038*	-	-
Precipitation	-	-	-	-	0.8256*	-
T.A.C.	0.9680**	-	0.9171**	-	-	-
T.A.A.	-	-	-	0.8336*	-	-
T.A.I.	-	-	-	-	-	0.8096*

**Table 13.** Correlation coefficients of water environmental factors influencing the electrical conductivity of soil water of non-management site in *Pinus koraiensis*.

	pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
EC	-0.9606**	-	-	-
Cl <sup>-</sup>	-	-0.8092*	-	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	-	0.8713*	-
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	0.8025*	-	-
T.A.A.	-	-	-	0.8176*
T.A.I.	-	-	0.9645**	0.8896*

1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었다. Cl<sup>-</sup>가 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 음이온총량과 5% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었으며, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>는 강수량과 5% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었는데, 이는 강수량이 증가할수록 토양수에서 용출되는 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>는 증가한다는 大類 等(1992)의 연구결과와 일치하는 결과이었다. 이와 같은 결과를 stepwise를 이용하여 다중회귀분석한 결과 전기전도도=59.3537 - 1.0188×선행무강우일수(R<sup>2</sup>=0.57)로 잣나무림 시업구 토양수의 전기전도도 설명에 유의하게 영향하는 인자는 선행무강우일수이었다.

(4) 잣나무림 비시업구

잣나무림 비시업구 토양수에서 pH 등 14종의

수질환경인자와의 상관관계를 분석한 결과는 Table 13에서와 같다.

상관분석결과, 잣나무림 비시업구 토양수에서 pH는 전기전도도와 편상관계수가 -0.9606으로 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었으며, Ca<sup>2+</sup>는 Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>와 5% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었다. Mg<sup>2+</sup>는 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 이온총량과 각각 5%, 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>는 음이온총량, 이온총량과 5% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었다. 이와 같은 결과를 stepwise를 이용하여 다중회귀분석한 결과 전기전도도=-33.3946+pH-0.1831×음이온총량(R<sup>2</sup>=0.99)으로 잣나무림 비시업구 토양수에서 전기전도도의 설명에 유의한 영향을 미치는 인자는 pH, 음이온총량 등 2개 인자이었다.

5) 계류수

(1) 전나무림 계류수

전나무림 시업구와 비시업구가 유역내에 포함되어 있는 전나무림 계류수에서 pH 등 14종의 수질환경인자와의 상관관계를 분석한 결과는 Table 14에서와 같다.

상관분석결과, 전나무림 계류수에서 전기전도도는 Ca<sup>2+</sup>, 양이온총량과 각각 5% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었으나, 강수량과는 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었다. 또

**Table 14.** Correlation coefficients of water environmental factors influencing the electrical conductivity of stream water in *Abies holophylla*.

	EC	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Precipitation
Ca <sup>2+</sup>	0.8090*	-	-	-	-	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	-	0.9422**	-	-	-
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	-	0.9587**	0.8912*	-	-
Precipitation	-0.9114**	0.9062**	-	-	-	-
T.A.C.	0.8414*	0.9618**	-	-	-	0.9580**
T.A.A.	-	-	0.9852**	0.9729**	0.9701**	-



한,  $Ca^{2+}$ 는 강수량, 양이온총량과 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었다.  $Cl^-$ 가  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , 음이온총량 등과 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를,  $NO_3^-$ 는  $SO_4^{2-}$ , 음이온총량과 각각 5%, 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었다.  $SO_4^{2-}$ 는 음이온총량과 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를, 강수량은 양이온총량과 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었다. 이와 같은 결과를 stepwise를 이용하여 다중회귀분석한 결과 전기전도도= $46.4258 - 0.0794 \times$  강수량  $- 2.0913 \times Na^+$  ( $R^2=0.94$ )으로 전나무림 계류수에서 전기전도도의 설명에 유의한 영향을 미치는 인자는 강수량,  $Na^+$  등 2개 인자이었다.

(2) 잣나무림 계류수

잣나무림 시업구와 비시업구가 유역내에 포함되어 있는 잣나무림 계류수에서 pH 등 14종의 수질환경인자와의 상관관계를 분석한 결과는 Table 15에서와 같다.

상관분석결과, 잣나무림 계류수에서  $Ca^{2+}$ 는 강수량, 양이온총량과 각각 5%, 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었으나,  $Mg^{2+}$ 는  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ 와 5% 수준에서 유의한 부의 상관관계를 나타내었다. 그러나  $Cl^-$ 가 음이온총량과 5% 수준에서 유의한 정의 상관관계를,  $NO_3^-$ 는  $SO_4^{2-}$ , 음이온총량과 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었으며,  $SO_4^{2-}$ 는 음이온총량과 1% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었다. 또한, 강수량은 양이온총량과 5% 수준에서 유의한 정의 상관관계를 나타내었는데, 이는 산림유출수의 이온량은 유출수량에 의해 지배된다는 宗宮(1993)의 연구결과와 유사한 결과이었다. 이와 같은 결과를 stepwise를 이용해 다중회귀분석한 결과 전기전도도= $37.1353 + 0.8124 \times$  이온총량  $- 3.4900 \times Na^+$  ( $R^2=0.87$ )로 잣나무림 계류수에서 전기전도도의 설명에 유의한 영향을 미치는 인자는 이온총량,  $Na^+$  등 2개 인자이었다.

2. 降雨와 林內雨(樹冠通過雨, 樹幹流), 土壤水, 溪流水의 통합시 전기전도도 影響因子 分析

이 연구에서 강우, 전나무림과 잣나무림에서 시업구와 비시업구의 임내우·토양수, 계류수를 통합했을 때 pH 등 14종의 인자에 대한 상호간의 관계를 spss/pc+를 이용하여 상관분석한 결과는 Table 16에서와 같다.

Spss/pc+를 이용한 相關分析結果, pH와 전기전도도는 1% 수준에서 유의한 負의 상관관계를 나타내었는데, 이는 전기전도도의 상승으로 인한 pH저하의 결과로 치환성 양이온인  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  등의 용탈이 많아지고, 강우의 경우 낮은 pH 범위에서  $SO_4^{2-}$ 와  $NO_3^-$  등 강수성분농도가 증가하면  $H^+$  농도도 증가하는데, 높은 pH 범위에서의 강수성분농도 증가는 중화성분 등에 의한 결과가 많고 강수의 산성도를 낮추어 중~알칼리성으로 유도하는 작용을 한다는 결과(河野 等, 1996; 金明姬 等, 1997; 김종갑 등, 1998)에 기인하는 것으로 전기전도도는 pH와 負의 상관관계를 나타낸다는 선행연구결과(地下水問題研究會, 1992; 玄海男 等, 1994; 이충규 등, 1998)와 일치하였다. 이와 같은 결과는 pH와  $Mg^{2+}$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , 음이온총량, 이온총량과 5%, 1% 수준에서 유의한 負의 상관관계를 나타낸 결과로서 입증된다고 생각된다. 또한, 권우택 등(1996)은, pH의 지배인자는  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$  등 7개 인자가 영향 한다고 하였으나, 이 연구에서는  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$  등은 pH와 상관관계가 유의하지 않은 결과를 나타내었는데, 이는 타 이온의 영향이 큰데 기인한 결과 때문이라 생각된다.

한편, pH와 강수량은 1% 수준에서 유의한 正의 상관관계를 나타내었는데, 이는 강수량이 증가할수록 용존이온농도의 稀釋效果 및 緩衝作用을 일으키는 치환성이온의 溶脫이 증가하였기 때

Table 15. Correlation coefficients of water environmental factors influencing the electrical conductivity of stream water in *Pinus koraiensis*.

Correlations	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Cl^-$	$NO_3^-$	$SO_4^{2-}$	Precipitation
$Cl^-$	-	-0.8373*	-	-	-	-
$SO_4^{2-}$	-	-0.8306*	-	0.9399**	-	-
Precipitation	0.8712*	-	-	-	-	-
T.A.C.	0.9120**	-	-	-	-	0.8957*
T.A.A.	-	-	0.8242*	0.9885**	0.9705**	-

**Table 16.** Correlation coefficients of environmental factors influencing the electrical conductivity in rainfall, throughfall, stemflow, soil and stream water of management and non-management site in *Abies holophylla* and *Pinus koraiensis*.

Correlations	pH	EC	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Precipitation	T.A.A.	T.A.I.	No. of before non-rain days
EC	-0.2855**												
Ca <sup>2+</sup>	-	0.1676*											
Mg <sup>2+</sup>	-0.1735*	0.4603**	0.2366**										
K <sup>+</sup>	-	0.1506*											
Na <sup>+</sup>	-												
Cl <sup>-</sup>	-0.2489**	0.8892**		0.4712**									
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0.3518**	0.9305**	0.1421*	0.4614**			0.9040**						
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-0.3483**	0.9344**		0.4682**	0.1504*		0.8916**	0.9543**					
Precipitation	0.3230**	-0.2945**	-0.4468**	-0.1957**		-0.2736**	-0.3266**	-0.3654**	-0.3432**				
T.A.C.	-	0.3123**	0.8304**	0.3599**	0.3299**		0.2190**	0.2758**	0.2644**	0.3471**			
T.A.A.	-0.3474**	0.9441**		0.4722**	0.1322*		0.9195**	0.9853**	0.9892**	-0.3575**	0.2663**		
T.A.I.	-0.3128*	0.9250**	0.3504**	0.5209**	0.2113**		0.8765**	0.9510**	0.9512**	-0.2172**	0.5216**	0.9613**	
No. of before non-rain days	-	-	0.2650**			0.2977**				0.6082*	0.2449**		

문으로 김종갑 등(1998), 平井 等(1990), 류성규 등(1996)이 보고한, 강수의 pH와 높은 상관관계를 갖는 인자는 강수량이었다는 연구결과와 일치하는 결과이었다.

전기전도도는 Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> 등과 5%, 1% 수준에서 유의한 正의 상관관계를 나타내었으며, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 등과 1% 수준에서 유의한 正의 상관관계를 나타내었다. 또한, 전기전도도와 양이온총량, 음이온총량, 이온총량과는 1% 수준에서 유의한 正의 相關關係를 나타내었는데, 이는 전기전도도가 용존물질의 양을 파악하는 指標(大類 等, 1994; 류성규 등, 1996; 朴在鉉과 馬保命, 1997; 李憲浩, 1997)임을 의미하는 결과이다. 한편, 전기전도도와 강수량은 1% 수준에서 유의한 負의 상관관계를 나타내어 강수량의 증가에 따라 전기전도도의 감소 즉, 용존물질농도는 낮아지는 결과를 나타내었다. 따라서 이와 같은 결과로 판단할 때 강수에 용존되어 있는 성분농도와 강수량은 대기에서 강우과정을 경과한 토양이나 수역 등 지상으로 강하하는 오염물질의 총량을 산출하는데 중요한 인자이며(권우택 등, 1996; 김희강 등, 1996), 강수량의 증가에 따른 유출수량의 증가로 전기전도도는 감소하였다는 선행연구결과(片山 等, 1986; 大類 等, 1992; 1995)와 일치하였다. 그러나 Brooks 등(1994)은, 전기전도도는 용존물질의 증가를 나타낸다는 점 이외에 수질에서의 의미는 적다고 하였는데, 이 연구에서는 전기전도도가 각 용존이온 이외에 pH, 강수량과도 유의한 상관관계를 나타내어 강우, 임내우·토양수, 계류수에서 전기전도도는 이온동태 뿐만 아니라 pH 등 현행 하천수질환경 기준 및 먹는 물 수질기준의 지표인자를 설명할 수 있는 인자이므로 향후 山林內 溪流水質 評價 基準 設定時 主要한 評價項目으로 選定이 가능할 것으로 생각된다.

한편, 선행연구결과(朴在鉉과 馬保命, 1997) 강우, 수관통과우, 토양수, 계류수에서 전기전도도의 설명에 유의한 영향을 미치는 인자인 선행 무강우일수는 Ca<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> 등 치환성이온, 강수량, 양이온총량과 1% 수준에서 유의한 正의 상관관계를 나타내었으나, pH, 전기전도도, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 등 음이온, 음이온총량 등과는 유의하지 않은 상관관계를 나타내었는데, 이는 양이온의 영향이 큰데 기인한 결과라 생각된다. 또한, 강우, 전나무림과 잣나무림의 시엽구 및 비

시업구의 임내우·토양수, 계류수에서 전기전도도에 유의한 상관관계를 나타낸 양이온( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ), 음이온( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ), 양·음이온총량, 이온총량, 강수량, 선행무강우일수 등 12종의 인자에 대하여 stepwise를 이용한 多重回歸分析結果, 강우, 전나무림과 잣나무림에서 시업구 및 비시업구의 임내우·토양수, 계류수의 전기전도도 설명에 유의한 영향을 미치는 인자는 양·음이온총량,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , pH 등 5개 인자이었으며, 重相關係數는 0.95로 1% 수준에서 유의하였다. 이를 多重回歸式으로 나타내면, 전기전도도= $1.9660 \times \text{음이온총량} + 0.4681 \times \text{양이온총량} - 3.1520 \times \text{Na}^+ + 3.3781 \times \text{Cl}^- + 4.5621 \times \text{pH}$ ( $R^2=0.90$ )이었다. 이와 같은 결과는 강우, 전나무와 잣나무림에서 시업구 및 비시업구의 임내우·토양수, 계류수에서 강수량과 선행무강우일수, 양이온( $\text{Na}^+$ ), 음이온( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ), 양·음이온총량, pH 등이 수질에 중요한 영향관계가 있음을 의미한다(平井 等, 1990; 宗宮, 1993; Brooks 등, 1994; 朴在鉉과 禹保命, 1997; 程龍鎬 等, 1997).

## 結 論

이 연구는 전나무림과 잣나무림에서 산림사업에 따른 전기전도도에 미치는 影響因子를 파악하여 山林施業에 따른 山林의 水質淨化機能을 評價하기 위한 基礎資料를 提供하기 위하여 수행하였다. 1996년 3월부터 5월까지 간벌 및 가지치기 사업을 실시한 광릉시험림 31, 33임반내 전나무림, 잣나무림 유역에서 1998년 3월 1일부터 1998년 8월 4일까지 林分特性, 降雨, 林內雨(樹冠通過雨, 樹幹流)·土壤水, 溪流水의 水質動態를 分析하여 얻은 結果는 다음과 같다.

1. 산지 물순환 소과정보로 분리했을 때 전나무림 시업구의 수관통과우, 수간류, 토양수에서 전기전도도의 설명에 유의한 영향을 미치는 인자는 음이온총량,  $\text{NO}_3^-$ 이었고, 비시업구에서는  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ , 음이온총량이었다.
2. 산지 물순환 소과정보로 분리했을 때 잣나무림 시업구의 수관통과우, 수간류, 토양수에서 전기전도도의 설명에 유의한 영향을 미치는 인자는  $\text{NO}_3^-$ , 先行無降雨日數이었고, 비시업구에서는 이온총량,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$ , pH, 음이온총량이었다.

3. 전나무림과 잣나무림 계류수에서 전기전도도의 설명에 유의한 영향을 미치는 인자는 降水量,  $\text{Na}^+$ , 이온총량이었다.
4. 降雨, 전나무림과 잣나무림에서 施業區와 非施業區의 林內雨·土壤水, 溪流水의 통합시 電氣傳導度의 說明에 有意한 影響을 미치는 因子는 陽·陰이온總量,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , pH 등이었다.

## 引用 文 獻

1. 권우택·김선태·나춘기·박기학·이남훈·이주삼·홍지형·황갑성. 1996. 산성비 조사법. 東和技術. 511pp.
2. 金明姬·閔一植·宋錫煥. 1997. 錦山 廢炭鑛地域의 汚染이 河川水에 미치는 影響. 韓國林學會誌 86(4): 435-442.
3. 김종갑·田中淳一·福岡義隆. 1998. 대기오염 지역과 비오염지역 강우의 이온특성. Korean Journal of Ecology, 21(3): 195-201.
4. 김희강·조기철·강공언. 1996. 降水의 化學的 特性 比較. 大韓環境工學會誌 18(6): 669-682.
5. 류성규·권오일·배광수·서길수. 1996. 경북 영천과 구미지역 산성강우의 화학적 특성에 관한 연구. 大韓環境工學會誌 18(9): 1115-1124.
6. 朴在鉉·禹保命. 1997. 山林流域內 降水로부터 溪流水質에 미치는 影響因子 分析. 韓國林學會誌 86(4): 489-501.
7. 李憲浩. 1997. 山地 物循環 素過程에 있어서 水質變化의 追跡分析에 의한 山林의 環境의 淨化機能의 計量化 研究. 韓國林學會誌 86(1): 56-68.
8. 이충규·김종갑·조현서. 1998. 수목피해와 산성강하물의 관련성에 관한 연구, 환경생태학회지 12(2): 131-137.
9. 程龍鎬·元亨圭·金景河·朴在鉉·柳鼎煥. 1997. 電氣傳導度가 山林流域內 溪流水와 土壤水質에 미치는 影響. 山林科學論文集 55: 125-137.
10. 玄海男·吳相實·高昇鶴. 1994. 제주도 지하수중 오염물질의 농도와 토양중 그의 행동에 관한 연구. 1. 호텔 및 상가주변에서의 지하수중  $\text{NO}_3^-$ -N의 농도 변화(1987-1992). 한국환경농학회지 13(1): 19-29.

11. 廣瀬 顯・岩坪五郎・埴利 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.
12. 宗宮 功, 1993. 自然の淨化機構. 技報堂出版. 252p.
13. 佐佐朋幸・長谷川浩一, 1992. 特定樹種の樹幹流による土壤の酸性化抑制作用 - ユリノキの場合 -. 日本林學會誌 74(5):437-440.
14. 佐佐木重行・高木潤修・西尾 敏, 1991. 福岡縣の山間部における降水および溪流水のpHと數種の成分について. 森林立地 33(1):1-7.
15. 坂本 康, 1993. 樹冠通過雨および樹幹流の水量と水質の空間分布と時間變動. 水文水資源學會誌 6(4):326-335.
16. 生原喜久雄, 1994. 溪流水の水質形成に及ぼすプロトン(H<sup>+</sup>)の影響. 水文・水資源學會地 7(4):325-331.
17. 相澤州平, 1993. 樹幹流の土壤陽イオン交換における役割. 日本林學會東北支誌 45:193-194.
18. 佐藤冬樹・藤原滉一郎・駒崎里美, 1989. 森林内における降雨成分の動態 - 籬舞試驗地における調査例 -. 北海道大學農學部演習林研究報告 46(4):829-846.
19. 大類清和・生原喜久雄・相場芳憲, 1992. 降雨イベントの溪流水の溶存物質の流出特性と流出成分の分離. 日本林學會誌 74(3):203-212.
20. 大類清和・生原喜久雄・相場芳憲, 1993. 森林集水域での土壤から溪流への水質變化. 日林誌 75(5):389-397.
21. 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 76(5):383-392.
22. 大類清和・相場芳憲・生原喜久雄, 1995. 森林小集水域での水質變化の過程. 水文・水資源學會地 8(4):367-381.
23. 吳 國南・生原喜久雄・相場芳憲・戸田浩人, 1996. スギおよびヒノキ林の林内雨成分に占める乾性沈着および樹冠溶脱の分離. 日本林學會誌 78(4):461-466.
24. 西尾 敏・佐佐木重行・高木潤治, 1988. 降水及び溪流水の成分に関する研究(I) - pHとEC(電氣傳導度)について -. 日本九支研論集 41:169-170.
25. 志水俊夫・藤根基久・吉野昭一, 1987. 融雪期における河川水質の變動特性. 日林論 98:561-564.
26. 志水俊夫・坪山良夫, 1990. 寶川流域における融雪流出水の水質特性. 日林誌 72(2):171-174.
27. 地下水問題研究會, 1992. 地下水汚染論 - その基礎と應用 -. 公立出版. 346pp.
28. 河野吉久・松村秀幸・小林卓也, 1996. 人工酸性雨暴露に併う土壤理化學的變化とスギ, ヒノキとサワラの根の生育. 大氣環境學會誌 31(5):203-212.
29. 片山幸士・岡田直紀・山下 洋・井上治郎・青木 敦, 1986. 環境指標としての降水中の微量元素. 京都大學農學部演習林報告 57:335-342.
30. 藤原俊六郎・安西徹郎・加藤哲郎, 1996. 土壤診斷の方法と活用. 281pp.
31. 平井敬三・加藤正樹・岩川雄幸・吉田桂子, 1990. 樹幹流が林地土壤に與える影響(II) - スギ・ヒノキ林における林外雨, 林内雨, 樹幹流, 土壤水のpH -. 第101回 日林論:243-245.
32. Bäumler, 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.
33. Brooks, K.N., P.F. Ffolliott, H.M. Grogensen, and J.L. Thames, 1994. Hydrology and the Management of Watersheds. 392pp.
34. Polypec, B. and R.E. Redmann, 1984. Acid buffering capacity of foliage from boreal forest species. *Canadian Journal of Bulletin* 62:2650-2653.