

신갈나무와 굴참나무 수간류, 임내우의 pH, 전기전도도 및 음이온 변화

김민식¹⁾ · 서문 원¹⁾ · 江崎次夫³⁾ · 전근우²⁾

Variations of pH, EC and anion of stemflow and throughfall in *Quercus mongolica* and *Q. variabilis*

Min-Sik Kim¹⁾ · Won Seomun¹⁾ · Tsugio EZAKI³⁾ and Kun-Woo Chun²⁾

요 약

강원대학교 산림과학대학에서는 부속연습림의 주요 활엽수종인 신갈나무와 굴참나무의 pH, 전기전도도 및 음이온 농도를 1996년부터 측정하고 있으며, 1998년까지의 결과는 다음과 같다.

1. 임외우의 pH범위는 4.47~6.55, 평균값은 5.39였으며, 신갈나무와 굴참나무 임내우의 pH범위는 각각 4.07~6.25, 4.34~6.57, 평균값은 5.45와 5.62로 수종간의 차이는 크게 나타나지 않았다. 또한 신갈나무 수간류의 pH 범위는 4.08~6.13, 평균 5.17였으며, 굴참나무 수간류의 pH 범위는 3.62~6.11, 평균 4.68로 임외우의 pH에 반듯이 비례하지는 않았다. 그러나 봄철이 낮고 상대적으로 여름과 가을철에는 높은 계절적 차이를 발견할 수 있었다.
2. 임외우의 EC범위는 3.0~62.6 μ s/cm로 평균값은 18.8 μ s/cm였으며, 신갈나무와 굴참나무 임내우의 EC범위는 각각 5.4~85.0 μ s/cm, 5.0~253.0 μ s/cm, 평균값은 25.1 μ s/cm와 31.2 μ s/cm였다. 또한 신갈나무와 굴참나무 수간류의 EC범위는 각각 9.5~500.0 μ s/cm, 11.5~534.5 μ s/cm로 평균값은 81.8 μ s/cm, 80.2 μ s/cm였다. 즉 임외우의 EC는 계절에 상관없이 20~30 μ s/cm범위에서 일정한 값을 나타냈으나, 수간류의 EC는 3월~4월에 두 수종 모두 100 μ s/cm이상을, 그리고 여름철에는 30 μ s/cm내외의 값을 나타내었나, 10월과 11월에 다시 높아지는 계절에 따른 차이가 명확히 나타났다.
3. 임외우와 임내우의 Cl⁻, NO₃⁻ 및 SO₄²⁻ 농도는 0~15ppm였으나, PO₄²⁻농도는 임외우가 0.57ppm과 0.23ppm 2차례, 신갈나무에서 0.08ppm 1차례, 굴참나무에서 0.14ppm, 0.12ppm 및 1.19ppm으로 3차례가 각각 검출되었을 뿐이다. 또한 수간류의 Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻ 및 PO₄²⁻농도는 전체적으로 임외우보다 높게 나타났으며, 계절적인 차이가 뚜렷하였다. 그러나 PO₄²⁻농도의 경우, 임외우와 임내우에서는 거의 발생하지 않았으나 신갈나무와 굴참나무에서 각각 0.08~31.99ppm, 0.06~12.28ppm, 평균값은 각각 3.22ppm, 1.93ppm으로 나타났다.

1) 강원대학교 대학원 임학과 : Department of Forestry, Graduate School, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea

2) 강원대학교 산림과학대학 산림자원학부 : Division of Forest Sciences, 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

ABSTRACT

The pH, EC and anion of stemflow in *Quercus mongolica* and *Q. variabilis* were surveyed and analyzed in order to examine the relationship between watershed conservation function and flood control function of forest in quality and quantity in the Experiment Forests, College of Forest Sciences, Kangwon National University. The results were as follows:

1. pH values of rainfall ranged from 4.47 to 6.55(average: 5.39), and pH values of throughfall ranged from 4.07 to 6.25(average : 5.45) for *Q. mongolica* and from 4.34 to 6.57(average : 5.62) for *Q. variabilis*, and thus pH values were not different between these two species. Also, pH values of stemflow from *Q. mongolica* ranged from 4.08 to 6.13(average : 5.17) and those of stemflow from *Q. variabilis* ranged from 3.62 to 6.11(average : 4.68), and pH values of rainfall gave little influence on pH values of stemflow. But, pH values of stemflow in *Q. mongolica* and *Q. variabilis* appeared significantly lower in spring and than those in summer and autumn.
2. EC of rainfall was 3.0~62.6 μ s/cm(average: 18.8 μ s/cm), and EC of throughfall was 5.4~85.0 μ s/cm(average : 25.1 μ s/cm) for *Q. mongolica* and 5.0~253.0 μ s/cm(average : 31.2 μ s/cm) for *Q. variabilis*. Also, EC of stemflow from *Q. mongolica* ranged from 9.5 to 500.0 μ s/cm(average : 81.8 μ s/cm) and that of stemflow from *Q. variabilis* ranged from 11.5 to 534.5 μ s/cm(average : 80.2 μ s/cm). Seasonal EC of rainfall had little variation in the range of 20 to 30 μ s/cm: EC of stemflow showed more than 100 μ s/cm from March to April and about 30 μ s/cm in summer period. Seasonal EC of stemflow varied so much and appeared high again from October to November.
3. Cl^- , NO_3^- and SO_4^{2-} concentrations of rainfall and throughfall were from 1 to 15ppm, and PO_4^{2-} concentrations showed 0.57ppm and 0.23ppm in rainfall, 0.08ppm in *Q. mongolica* and 0.14ppm, 0.12ppm and 1.19ppm in *Q. variabilis*. Also, Cl^- , NO_3^- and SO_4^{2-} concentrations of stemflow were relatively higher than rainfall, and showed differences among seasons. PO_4^{2-} concentration of rainfall and throughfall were not possible to observe, but PO_4^{2-} concentrations of stemflow ranged from 0.08 to 31.99ppm(average : 3.22ppm) for *Q. mongolica* and that of stemflow ranged from 0.06 to 12.28ppm(average : 1.93ppm) for *Q. variabilis*.

Key words : pH, Electronic Conduceivity, Stemflow, rainfall, throughfall

I . 서 론

우리나라의 삼림은 주요 조림수종인 침엽수와 함께 신갈나무 등의 참나무류의 천이단계가 진행되고 있다. 따라서 침엽수인 잣나무, 일본잎갈나무 등에 대한 연구는 물론 천연활엽수림에 대해

서는 세 가지 조림작업종에 따른 천연갱신 양상(金知洪 등, 1999), 신갈나무와 굴참나무 천연림의 탄소고정(宋七永 등, 1997; 朴寬洙, 1999), 참나무류의 성장 및 물질생산(朴仁協 등, 1996), 낙엽성 참나무류의 엽 및 모용 형태의 수령에 따른 변이(李延鎬 등, 1999) 등 참나무류의 생리·

생태적 특성을 파악하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그러나 각 수종이 삼림수문에 질·양적으로 미치는 영향에 대한 연구(李敦求와 金甲泰, 1997; 朴榮大 등, 1999; 李敦求 등, 1997)는 별로 진행되지 못하고 있다.

한편 강원대학교에서는 삼림의 수원함양기능 및 홍수조절기능을 질·양적으로 파악하기 위한 연구의 일환으로 산림과학대학 부속연습림의 대표적인 수종중 침엽수종인 소나무, 잣나무 및 일본잎갈나무와 활엽수종인 신갈나무와 굴참나무 등 총 5개 수종에 대한 임외우와 임내우, 수간류의 성분 및 유량을 모니터링하고 있다(Chun 등, 1997; 1998a; 1998b). 따라서 이 논문에서는 지난 1996년부터 진행되어 온 신갈나무와 굴참나무에 있어서 임외우, 수간류 및 임내우의 pH, 전기전도도 및 음이온에 대한 자료를 분석하여 산성우에 의한 삼림의 피해기후와 산성우 완충기능을 파악하는 데에 필요한 기초자료로 사용하고 자 한다.

II. 재료 및 방법

관측지는 행정구역상 강원도 춘천시 동산면 봉명리 소재의 강원대학교 산림과학대학 부속연습림내 2임반 나, 마 소반과 5임반 파 소반으로 표고 325m에서 355m사이에 위치하고 있다(Fig. 1). 이 지역의 삼림은 온대중부림에 속하며, 천연생의 신갈나무, 굴참나무 및 갈참나무 등 참나무류를 주종으로 하여 물푸레나무, 층층나무, 생강나무, 싸리나무 등으로 구성되어 있으나 일부

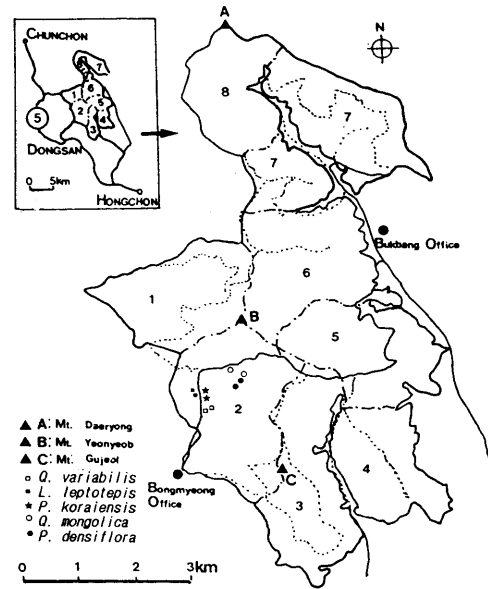


Fig. 1. Location of study area.

에는 잣나무와 일본잎갈나무가 조림되어 있다. 기암은 화강편마암이며, 토양은 갈색삼림토로 토양형은 B_B이다.

임외우는 조사지역내의 공개지에서, 임내우는 조사지역내 수관 아래에서 동일한 방법으로 채취하였다. 수간류는 강원대학교 산림과학대학 부속연습림의 대표적 조림수종인 신갈나무와 굴참나무 각 2개씩 4본(Table 1)에서 1996년 6월 16일부터 1998년 8월 23일까지 총 53회에 걸쳐 채수하였으며, 임내우는 1997년 4월 29일부터 1998년 8월 23일까지 38회에 걸쳐 채수하였다. 수간류는 합성우레탄리버를 세로로 절단, 예각으로 잘라 나무 줄기에 감고 합성우레탄리버와 수

Table 1. DBH, tree height, crown diameter, altitude and age of tree species.

Tree species	Altitude (m)	DBH (cm)	Tree height (m)	Crown diameter(m)		Tree age (year)
				long	short	
<i>Quercus mongolica</i> (1)	540	24.2	16.5	8.4	5.6	60
<i>Quercus mongolica</i> (2)	540	15.0	12.5	5.5	2.0	25
<i>Quercus variabilis</i> (1)	305	32.9	16.0	13.0	9.0	50
<i>Quercus variabilis</i> (2)	305	15.0	10.0	4.0	4.0	15

목의 공간을 실리콘 수지로 채워 고정시킨 후 채취하였다. 수간류량은 1ℓ와 20ℓ 폴리에틸렌 용기를 이용하여 파악하였으며, 1ℓ의 용기에 채수된 수간류를 성분 분석에 사용하였다. 채취 간격은 일임외우를 기본으로 하였으며, pH와 전기전도도는 현장에서 M90 Operating Instructions Check Mate와 오리온사의 model 1230을 이용하여 측정하였다. 또한 음이온은 Dionex사의 DX-120 Ion Chromatograph를 이용하여 분석하였다.

38회에 걸친 임외우 및 신갈나무와 굴참나무 임내우의 pH 변화는 Fig. 2와 같다. 즉 임외우의 pH범위는 4.47~6.55, 평균값은 5.39였으며, 신갈나무와 굴참나무 임내우의 pH범위는 각각 4.07~6.25, 4.34~6.57, 평균값은 5.45와 5.62로 두 수종간의 차이는 명확하게 나타나지 않았다. 일반적으로 임내우의 경우 임외우가 수관을 통과하면서 앞으로부터 용탈되는 성분과 건성강하물의 성분에 의해 pH가 영향을 받게 되나 1998년도에는 장기간에 걸친 장마로 임외우량이 많았기 때문에 Fig. 3과 같이 임내우와 임외우의 pH값이 차이가 나타나지 않았다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 임외우와 임내우의 pH 변화

1997년 4월 29일부터 1998년 8월 23일까지

2. 수간류의 pH 변화

1996년 6월 16일부터 1998년 8월 23일까지의 임외우 및 수간류의 pH변화는 Fig. 4와 같으며,

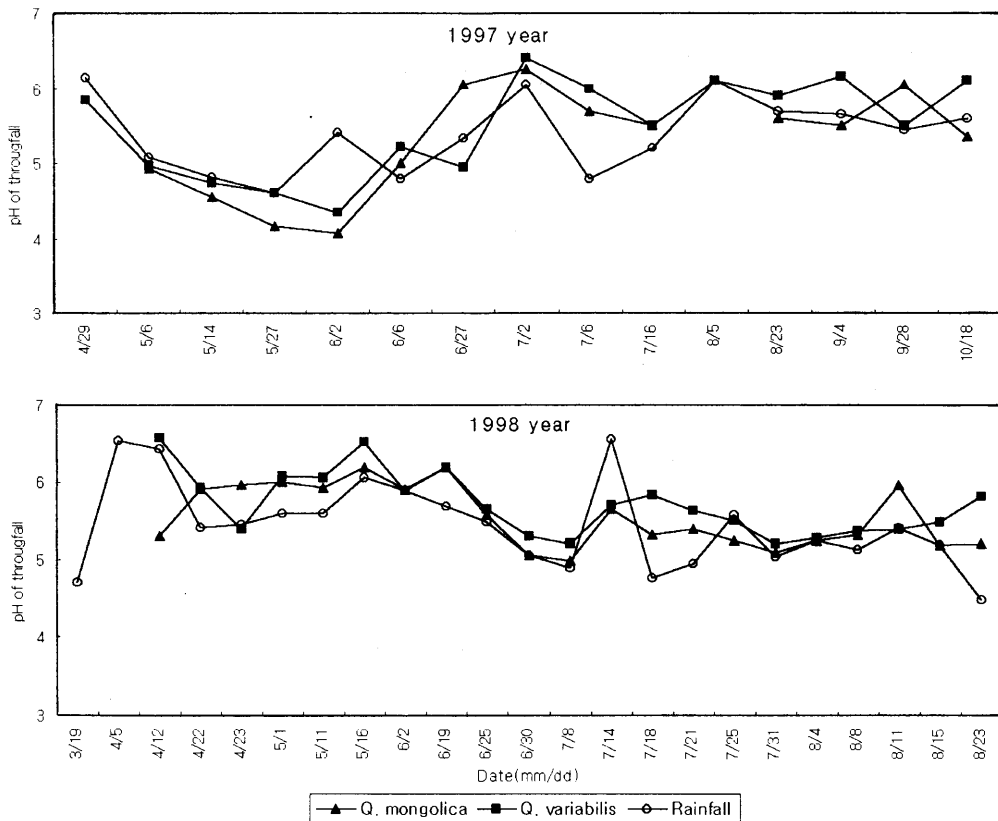


Fig. 2. pH values of rainfall and throughfall in *Quercus mongolica* and *Q. variabilis*.

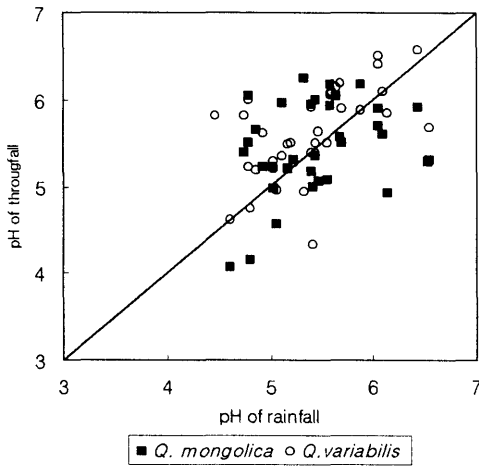


Fig. 3. pH value correlations of rainfall and throughfall in *Quercus mongolica* and *Q. variabilis*.

수간류가 발생한 53회의 임외우중 약 70%에 해당하는 37회가 pH 5.6이하의 산성우였다. 즉 이 기간중의 임외우 pH범위는 4.47~6.55로 평균값은 5.39인 약산성우였으며, 이 값은 춘천지역에 있어서 임외우의 pH 평균값 5.16(전근우 등, 1997)에 비해 약간 높은 편이었다. 신갈나무 수간류의 pH 범위는 4.08~6.13, 평균 5.17였으며, 굴참나무 수간류의 pH 범위는 3.62~6.11, 평균 4.68로 임외우의 pH에 반듯이 비례하지는 않았다.

그러나 계절적으로는 봄철이 다른 계절보다 낮게 나타났는데, 이는 수목의 양분순환면에서 볼 때 여름철에는 대사작용이 왕성하여 사부조직내 양분 축적이 적은데 비해 봄철에는 가을철에 이동한 양분이 겨울철 성장활동에 사용되지 않아 수피의 사부조직에 축적되므로서 수피 자체의 양

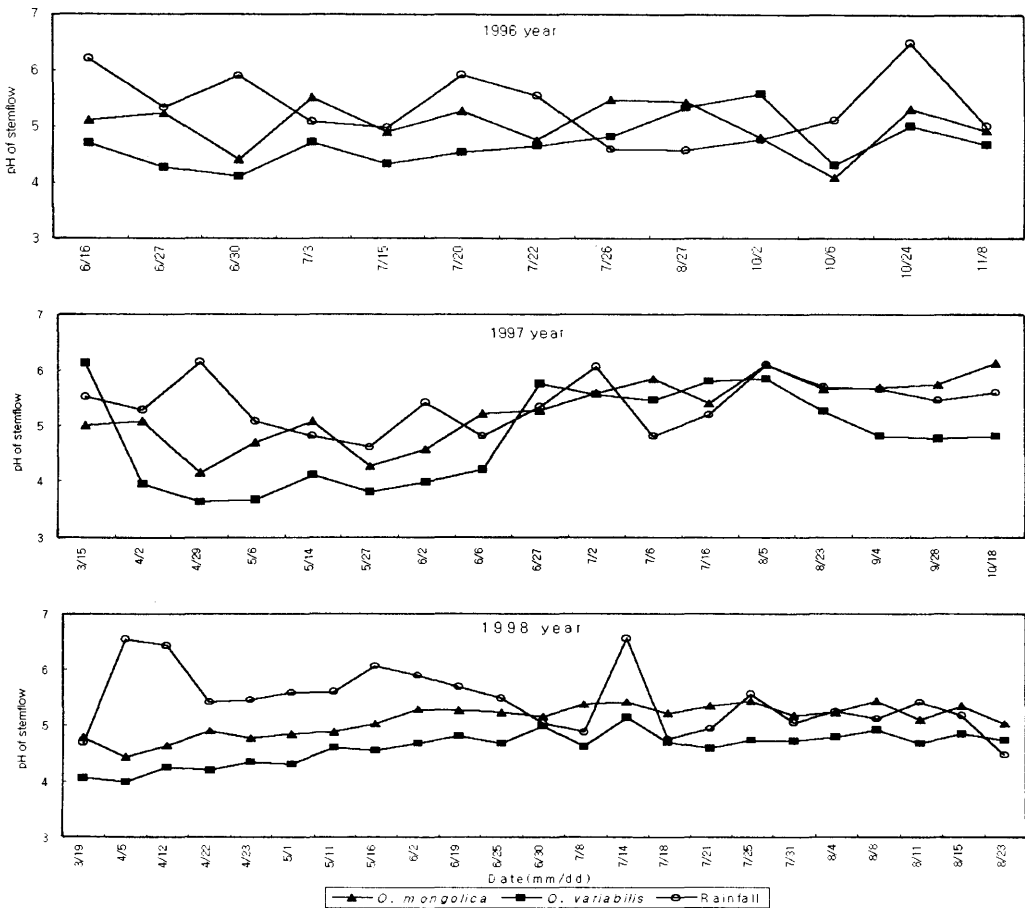


Fig. 4. pH values of rainfall and stemflow in *Quercus mongolica* and *Q. variabilis*.

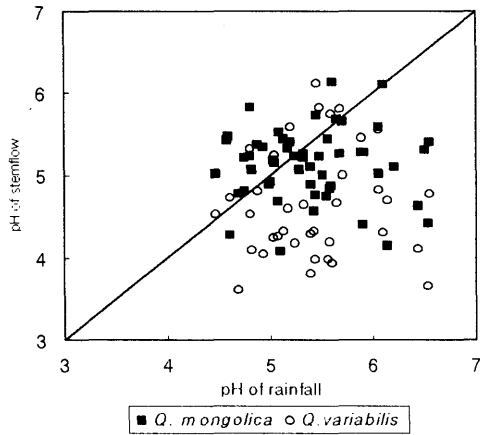


Fig. 5. pH value correlations of rainfall and stemflow in *Quercus mongolica* and *Q. variabilis*.

분농도가 높아졌기 때문인 것으로 추측된다. 또한 일반적으로 임외우가 수관을 통과하면서 침엽수에 비해 활엽수의 pH가 덜 낮아지는데, 특히

굴참나무의 수간류는 Fig. 5와 같이 임외우보다 낮은 쪽에서 수목 고유의 변동역(Iwai, 1991)을 갖는 것으로 나타났다.

3. 임외우와 임내우의 EC 변화

Fig. 6에서 알 수 있듯이 1997년 4월 27일부터 1998년 8월 23일까지 임외우의 EC는 3.0~62.6 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 로 평균값은 18.8 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 였으며, 신갈나무와 굴참나무 임내우의 EC는 각각 5.4~85.0 $\mu\text{s}/\text{cm}$, 5.0~253.0 $\mu\text{s}/\text{cm}$, 평균값은 25.1 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 와 31.2 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 였다. 임내우의 EC 역시 임외우가 수관을 통과하는 과정에서 잎으로부터 용탈되는 성분과 건성강하물에 영향을 받는 것으로 사료되며, 임외우의 EC에 비례하였다. 한편 임외우와 임내우의 상관은 Fig. 7와 같이 두 수종간의 명확한 차이는 나타나지 않았으나, 임외우의 EC보다 다소 높게 나타났다.

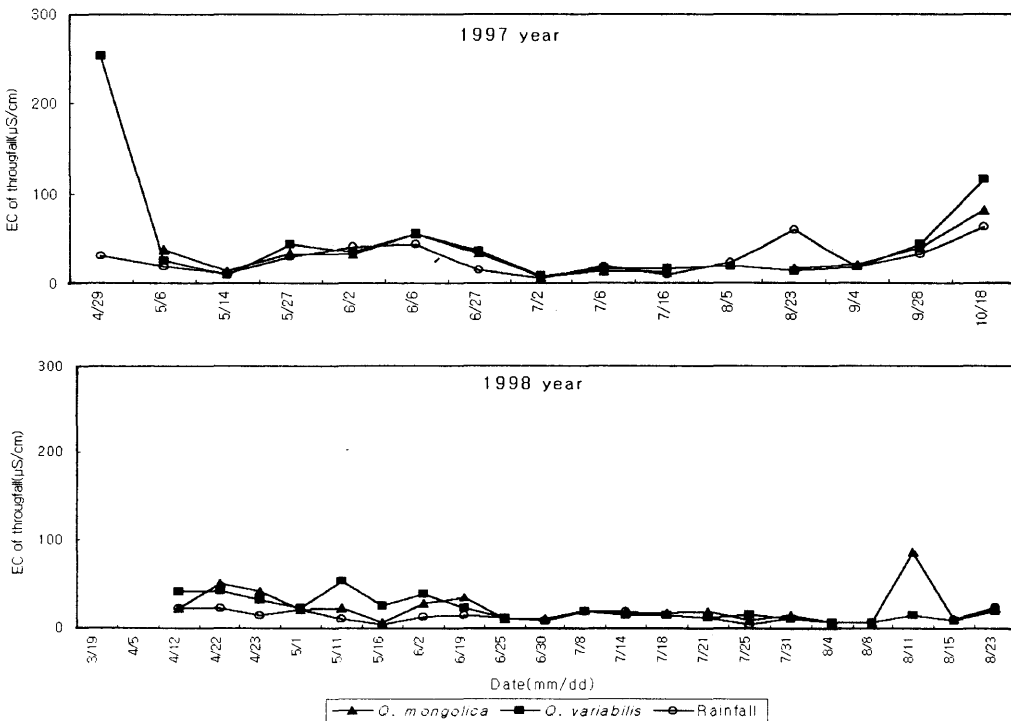


Fig. 6. EC of rainfall and throughfall in *Quercus mongolica* and *Q. variabilis*.

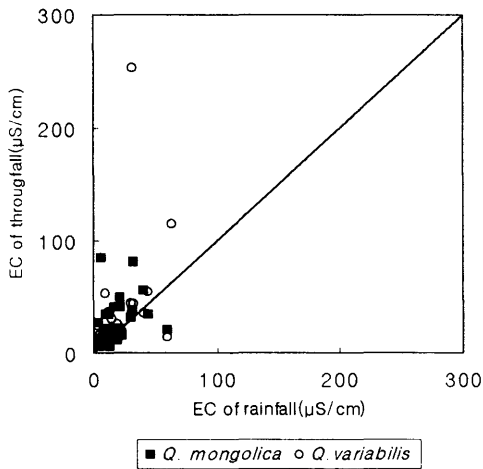


Fig. 7. EC correlations of rainfall and throughfall in *Quercus mongolica* and *Q. variabilis*.

4. 수간류의 EC 변화

조사기간중 임외우의 EC범위는 3.0~62.6 μ S/cm로 평균값은 18.8 μ S/cm였으며, 신갈나무와 굴참나무 수간류의 EC범위는 각각 9.5~500.0 μ S/cm, 11.5~534.5 μ S/cm로 평균값은 81.8 μ S/cm, 80.2 μ S/cm였다(Fig. 8). 즉 임외우의 EC는 계절에 상관없이 20~30 μ S/cm범위에서 일정한 값을 나타냈으나, 수간류의 EC는 3월~4월에 두 수종 모두 100 μ S/cm이상을, 그리고 여름철과 가을철에는 30 μ S/cm내외의 값을 나타내었으며, 10월과 11월에 다시 높아지는 계절적 차이가 명확히 나타났다.

한편 신갈나무와 굴참나무의 수간류의 EC는 Fig. 9에서 알 수 있듯이 전체적으로 임외우보다 높게 나타났는데 이는 겨울철에 양분이 수피의

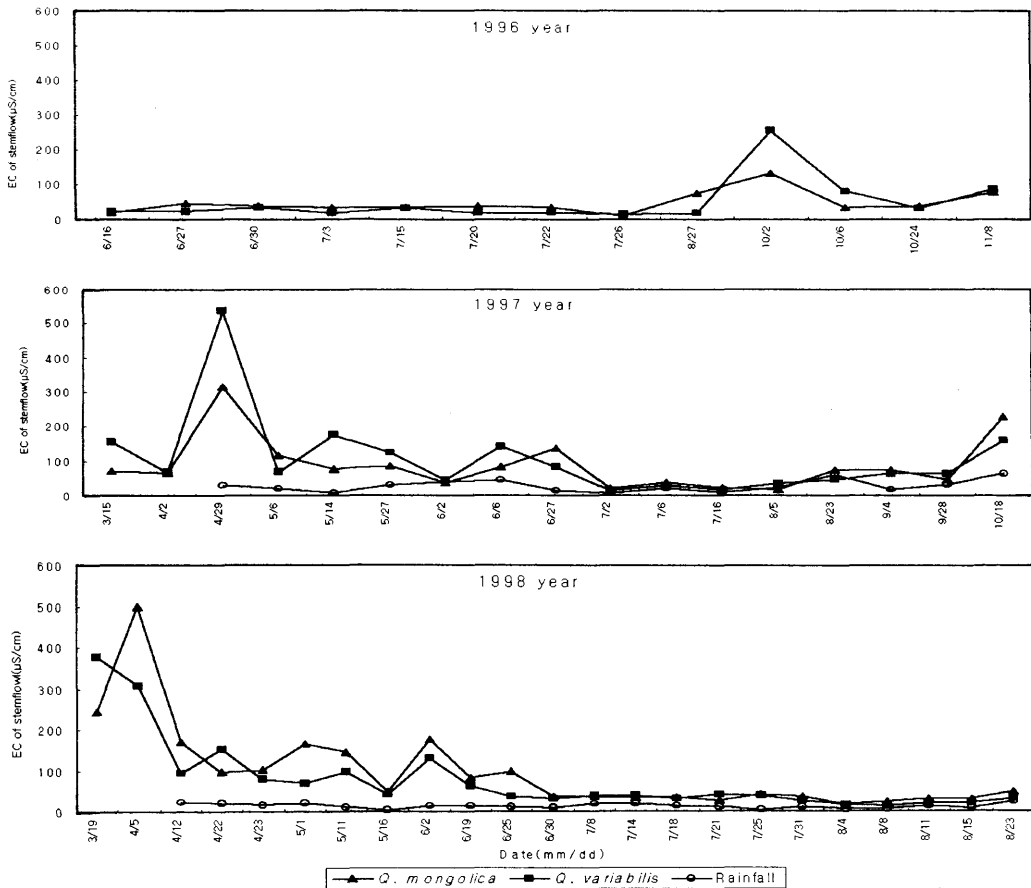


Fig. 8. EC of rainfall and stemflow in *Q. mongolica* and *Q. variabilis*.

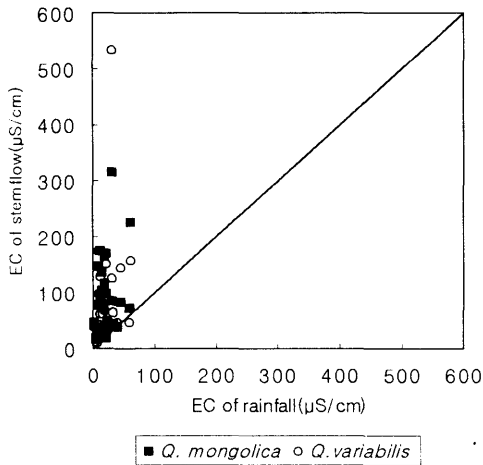


Fig. 9. EC correlations of rainfall and stemflow in *Quercus mongolica* and *Q. variabilis*.

사부조직에 축적되거나 건성강하물이 수간 또는 수관에 흡착되어 있던 것이 수간류에 의해 용탈 및 세탈되어지거나, 수체내에서 발생한 유기산 등에 의한 이온교환에 기인하는 것으로 사료된다.

5. 임외우 및 임내우의 음이온 농도

1998년 4월 12일부터 8월 23일까지 21차례에 걸쳐 채수한 임외우와 임내우의 음이온의 농도를 파악하기 위해 수질의 일반적인 조사항목과 수목의 생리적 생육에 영향을 미치는 양분 중에서 중복되는 Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} 및 PO_4^{2-} 등을 분석하였다(Fig. 10). 임외우와 임내우의 Cl^- , NO_3^- 및 SO_4^{2-} 농도는 0~18.00ppm였으나, PO_4^{2-} 는 임외우 0.57ppm과 0.23ppm, 신갈나무에서 0.08ppm 1차례, 굴참나무에서 0.14ppm, 0.12ppm 및 1.19ppm 3차례가 각각 검출되었다. 즉 임내우와 임외우의 Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} 및 PO_4^{2-} 농도는 큰 차이가 없었으며, 수종간에도 큰 차이가 나타나지 않았다. 이는 임외우가 수관을 통과하면서 앞으로부터의 용탈되는 성분과 건성강하물에 의해 이온교환이 발생하나 강우발생 시 앞이나 가지 등에 강우가 체류하는 시간이 짧기 때문에 세탈이 크게 일어나지 않는 것이며,

또한 전강우와의 간격이 짧아 흡착되는 건성강하물이 적은 것에도 그 원인이 있는 것으로 사료된다.

6. 수간류의 음이온 농도

수간류 역시 수질의 일반적인 조사항목과 수목의 생리적 생육에 영향을 미치는 양분 중에서 중복되는 Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} 및 PO_4^{2-} 등을 분석한 결과는 Fig. 11과 같다. 즉 수간류의 Cl^- , NO_3^- 및 SO_4^{2-} 농도는 전체적으로 임외우보다 높게 나타났다으며, 전술한 pH와 EC의 경우와 마찬가지로 3~4월에 높은 계절적인 차이가 뚜렷하게 나타났다.

즉 임외우의 Cl^- 농도범위는 0.00~18.52ppm, 평균값은 1.85ppm였으며, 신갈나무와 굴참나무 수간류의 Cl^- 농도범위는 각각 0.03~17.80ppm, 0.08~19.29ppm, 평균값은 각각 2.71ppm, 3.29ppm으로 수간류가 임외우보다, 수종간에서는 신갈나무보다 굴참나무가 높게 나타났다. 한편 임외우의 NO_3^- 농도범위는 0.00~6.18ppm, 평균값은 1.47ppm이었으며, 신갈나무와 굴참나무 수간류의 NO_3^- 농도범위는 각각 0.00~114.65ppm, 0.03~126.11ppm, 평균값은 각각 11.07ppm, 8.32ppm으로 Cl^- 이온과는 반대로 신갈나무가 굴참나무보다 약간 높게 나타났다. 임외우의 SO_4^{2-} 농도범위는 0.06~12.45ppm, 평균값은 2.78ppm이었으며, 신갈나무와 굴참나무 수간류의 SO_4^{2-} 농도범위는 각각 0.29~92.26ppm, 0.00~68.54ppm, 평균값은 각각 9.44ppm, 9.95ppm으로서 임외우보다 약 3배 이상이 높은 값을 나타내었으며, 수종별로는 커다란 차이가 나타나지 않았다. 그러나 SO_4^{2-} 농도 역시 Cl^- , NO_3^- 농도와 같이 봄철에 두 수종 모두 최대치를 기록하였으며, 여름철과 가을철에는 상대적으로 낮은 계절적 차이가 뚜렷하게 나타났다. 한편 PO_4^{2-} 농도는 임외우에서는 거의 나타나지 않았으나, 신갈나무와 굴참나무에서 각각 0.08~31.99ppm, 0.06~12.28ppm, 각각 평균값은 3.22ppm, 1.93ppm으로 나타나 수종간에는 신갈나무가 굴참나무보다 약 2배 이상으로 NO_3^- 와 유사한 경향이 나타났다. 특히 임외우에

서는 거의 나타나지 않은 PO_4^{2-} 성분이 신갈나무와 굴참나무 수간류에서 배출된 것은 건성강하물의 영향보다는 수피, 즉 수체에서 PO_4^{2-} 성분이

유출되어 수간류 발생시 용탈과 세탈현상에 의한 결과로 추측된다.

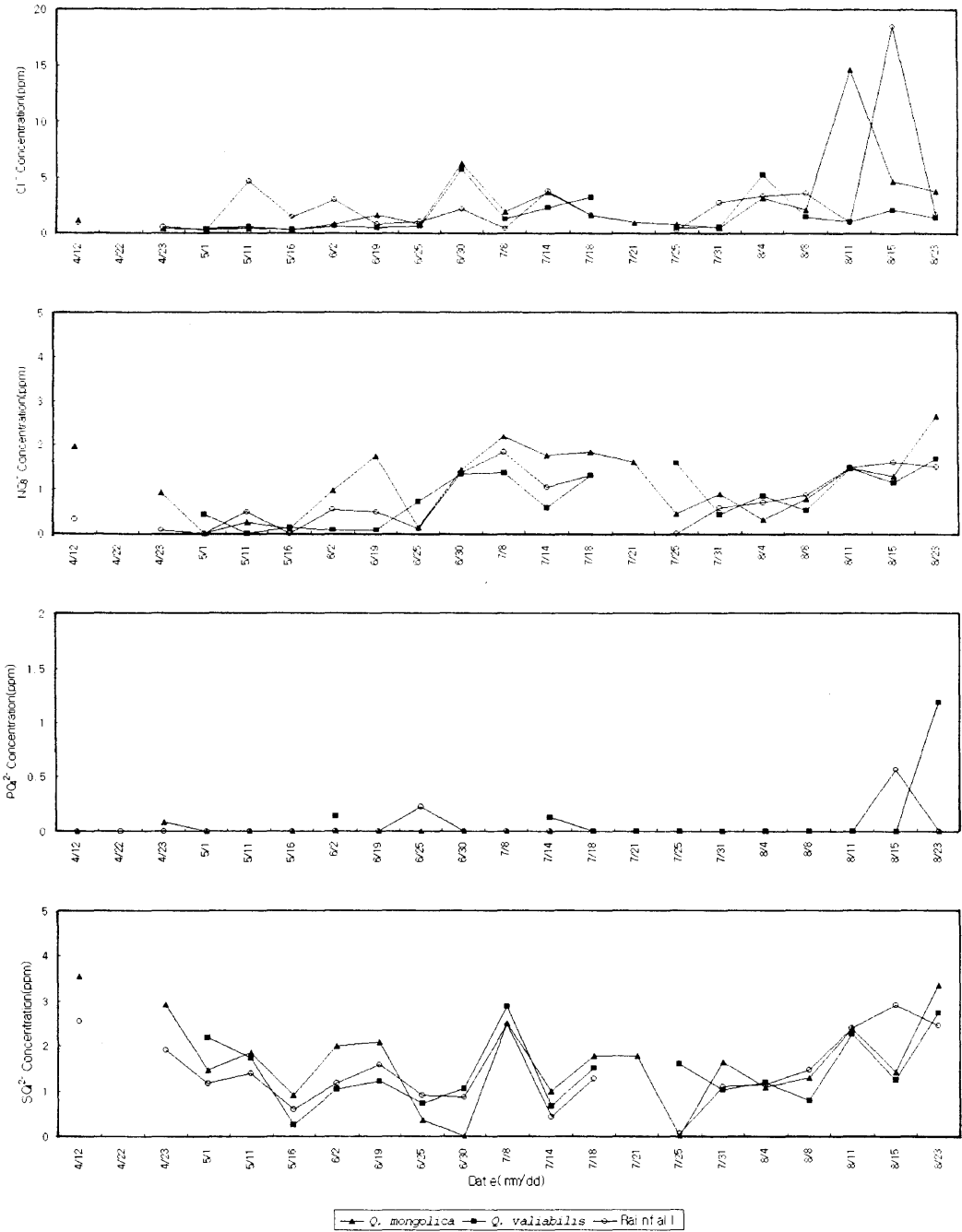


Fig. 10. Seasonal variations in anion of rainfall and throughfall.

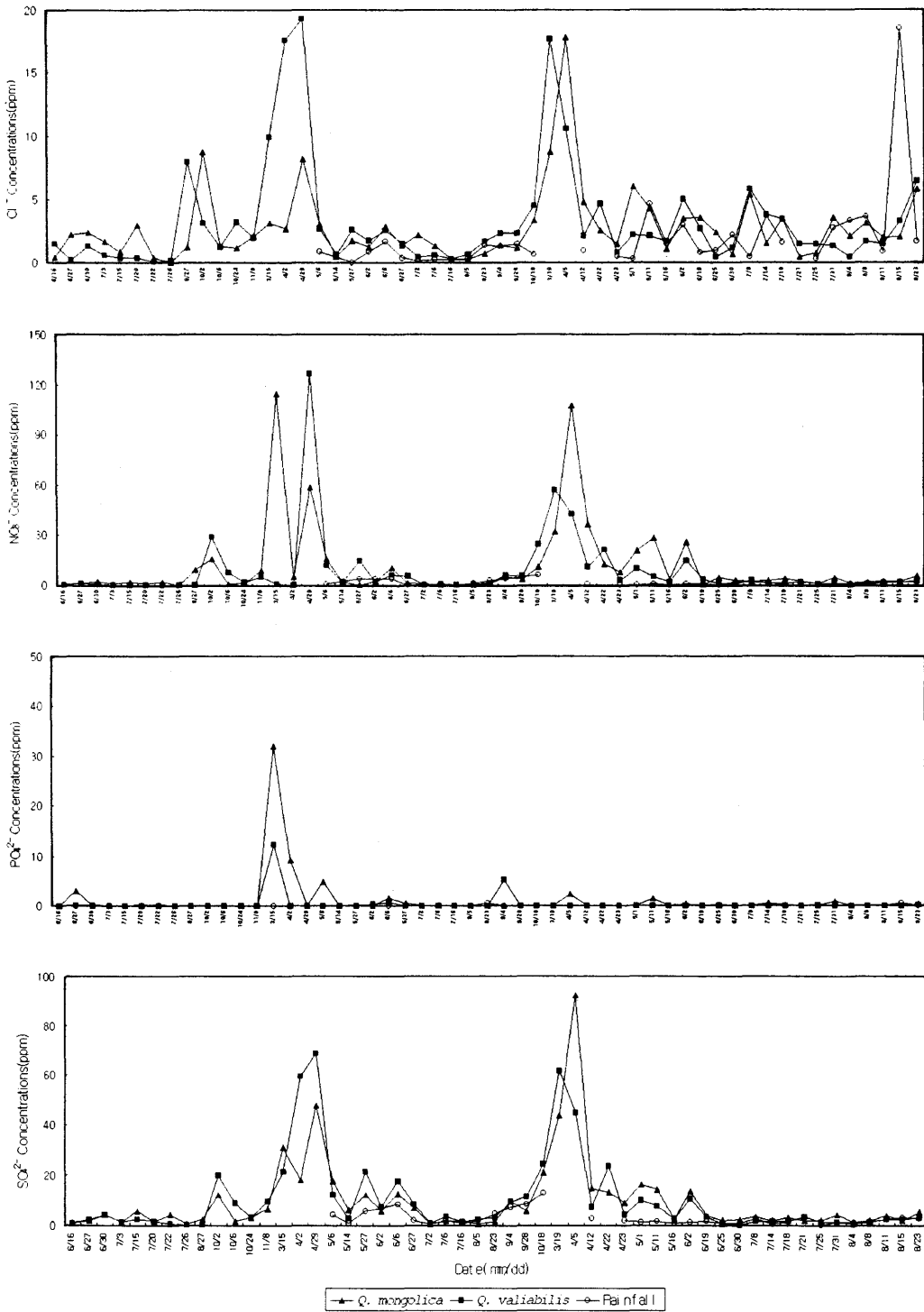


Fig. 11. Anion concentrations of stemflow.

IV. 결 론

강원대학교 산림과학대학 부속연습림의 대표적 활엽수종인 신갈나무와 굴참나무의 임외우, 임내우 및 수간류의 pH, EC와 음이온의 변화를 파악한 결과, 신갈나무와 굴참나무 2개수종간의 성분의 차이는 크게 나타나지는 않았으나, 봄에 높은 계절적인 차이를 발견할 수 있었다.

이상의 결과와 같이 임외우와 임내우, 수간류의 pH, EC 및 음이온 농도의 차이가 나타나는 것은 수목의 생장단계에 의한 용탈성분의 차이와 수피구조와 잎의 형태에 따른 건성강하물 등의 흡착 용이성 등에 기인하는 것이라 생각된다. 따라서 삼림이 수질에 미치는 영향은 복잡하고 다양하기 때문에 지속적인 모니터링이 필요하다.

인 용 문 헌

1. 金知洪·梁熙文·金光澤. 1999. 天然闊葉樹林의 세 가지 造林作業種에 따른 天然更新 樣相. 韓國林學會誌 88(2): 169-178.
2. 朴寬洙. 1999. 忠北地域의 신갈나무와 굴참나무 天然林 生態系의 地上部 및 土壤 中 炭素 固定에 關한 研究. 韓國林學會誌 88(1): 93-100.
3. 朴榮大·李敦求·金東燁. 1999. 京畿道 廣州 地方 잣나무林, 落葉松林 및 闊葉樹林에 서 樹冠通過雨, 樹幹流, 土壤水內 養分動態. 韓國林學會誌 88(4): 541-554.
4. 朴仁協·李敦求·李景俊·文玟宣. 1996. 참나무류의 成長 및 物質生産에 關한 研究(I) -京畿道 廣州地方의 굴참나무, 상수리나무, 떡갈나무, 신갈나무 天然林分을 대상으로-. 韓國林學會誌 85(1): 76-83.
5. 宋七永·張寬淳·朴寬洙·李承雨. 1997. 신갈나무와 굴참나무 天然林의 炭素 固定量 分析. 韓國林學會誌 86(1): 35-45.
6. 李敦求·金甲泰·朱洸棟·金永秀. 1997. 京畿道 廣州 地方 잣나무림, 낙엽송림 및 참나무림에서 樹冠通過雨, 樹幹流 및 遮斷損失. 韓國林學會誌 86(2): 200-207.
7. 李敦求·金甲泰. 1997. 京畿道 廣州地方에서 자라는 참나무류, 落葉松 및 잣나무의 樹型特性과 物質分配. 韓國林學會誌 86(2): 208-213.
8. 李延鎬·橋詰隼人·權琦遠. 1999. 落葉性 참나무류의 葉 및 毛茸 形態의 樹齡에 따른 變異. 韓國林學會誌 88(1): 11-17.
9. Iwai, H.. 1993. Ionic constituents of the rainfall, throughfall and stemflow in declining and maintained growth areas of Sugi(*Cryptomeria japonica*) in Chiba Prefecture. Trans. Jpn. For. Soc. 104: 377-378
10. Kun-Woo CHUN, Min-Sik KIM, Myong-Jong YI, Du-Sik JEON and Tsugio EZAKI. 1997. Variation in the pH values of rainfall, stemflow and torrent water in Chunchon districts, Korea. Proceeding of international congress of acid snow and rain 1997: 341-346.
11. Kun-Woo CHUN, Min-Sik KIM, Myong-Jong YI, Tsugio EZAKI and Tadao FUKUSHIMA. 1998a. Variations in the pH, NO_3^- and SO_4^{2-} concentrations of rainfall, stemflow and torrent water in Chunchon districts, Korea. Journal of rainwater catchment systems, 3(2): 33-37.
12. Kun-Woo CHUN, Min-Sik KIM and Tsugio EZAKI. 1998b. Variations in the amount, pH, EC and anions of stemflow in *Pinus koraiensis* and *Larix leptolepis*, Korea. Journal of rainwater catchment systems, 4(1): 29-36.