

高隈演習林における降水とスギ林内雨および樹幹流の水質

井 倉 洋 二¹⁾・野 下 治 巳¹⁾

1) 鹿児島大学農学部附属高隈演習林

Water Chemistry in Rainfall, Throughfall and Stem Flow of Sugi (*Cryptomeria Japonica* D. Don) at the Takakuma Experimental Forest of Kagoshima University.

Youji INOKURA¹⁾ and Harumi NOSHITA¹⁾

1) Takakuma Experimental Forest, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Tarumizu, Kagoshima 891-2101

平成11年11月19日 受 理

The water chemistry of rainfall, throughfall and stem flow of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) was observed at the Takakuma Experimental Forest of Kagoshima University. Observations were made over two one month periods, June and September, in 1998. Totally 7 rainfall events were observed, and 7 samples (one rainwater and three each of throughfall and stem flow water) were taken in each event. pH, EC (electric conductivity) and concentration of dissolved ions were measured in each sample. The following water chemistry characteristics were found:

- (1) Weighted means of pH values in rainfall were 5.02 and 4.61 in Jun. and Sep., respectively. These values were a little higher than the nationwide average observed mainly in urban areas.
- (2) Weighted means of pH values in throughfall were 6.11 and 5.57, and in stem flow they were 4.37 and 4.02 in Jun. and Sep., respectively. pH values in throughfall were higher than in rainfall, while in stem flow they were lower than in rainfall.
- (3) EC and concentration of dissolved ions were higher in stem flow, throughfall and rainfall in that order. Furthermore, these were higher in Sep. than in Jun. because of little precipitation.
- (4) Throughfall and stem flow were observed at three spots in the forest. It was assumed that the concentration of dissolved ions would be highest in the spot nearest the forest edge because of the effect of dry deposition. However, with the exception of a few measurements, this was found not to be the case.

Key words : acid deposition, water chemistry, throughfall, stem flow, *Cryptomeria japonica* D. Don

キーワード : 酸性降下物, 水質, 林内雨, 樹幹流, スギ

はじめに

酸性雨問題は、欧米大陸を中心に森林や水文環境に深刻な影響を与えつつある。酸性雨は広く国境を越えて地球規模の問題となっているが、その影響の程度は地域によって異なり、我が国では現在のところ深刻な被害を生じるには至っていない。しかしながら、今後徐々に影響が出てくることが予想され、我が国における酸性降下物フラックスの解明とその影響のメカニズムを明らかにすることが求められている。国内での酸性雨の観測は、これまでに環境庁関

連の機関を中心におこなわれているが、特に乾性降下物の影響を考慮した物質フラックスを解明するためには、森林地での観測が必要とされている。十分に管理された森林を用いて、酸性降下物の動態と森林の長期的変化を組織的にモニタリングすることは、森林土壌の緩衝機能のメカニズム解明や今後の森林への影響予測をおこなううえで、きわめて重要なことである。

全国演習林協議会では、上記の観点から、演習林を用いた長期的な環境モニタリングシステムの構築を目指した共

同研究を推進しており、その一環として1998年6月および9月の2ヶ月間、全国一斉集中観測として、林外雨、林内雨および樹幹流の観測を実施した。本稿では、一斉観測の一つである鹿児島大学高隈演習林での結果をとりまとめ、当地域における降水とスギ林内雨および樹幹流の水質の特性を明らかにする。

観測方法

鹿児島大学高隈演習林庁舎近くの39年生スギ壮齢林を対象に、林内雨（Throughfall）と樹幹流（Stem flow）を観測した。林外雨（Rainfall）は庁舎前の裸地で観測した。林内雨は、幅15cm、長さ180cmの雨樋を異なる方向に2本設置し、ビニルホースを通してポリエチレン製容器（容量70リットル）に集めた（写真1）。樹幹流の採取は、

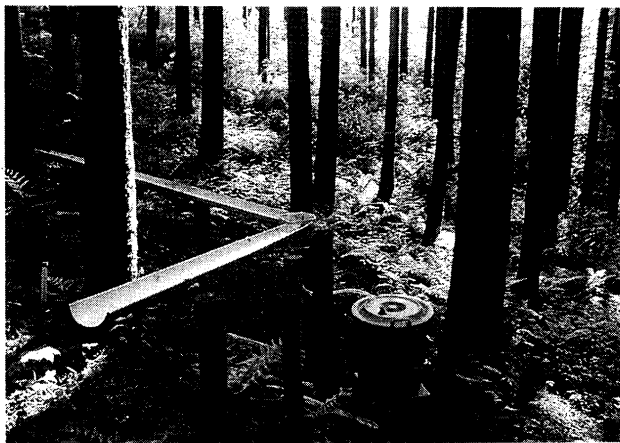


Photo. 1 Picture of sampling equipments of throughfall.
写真1 林内雨の採水装置

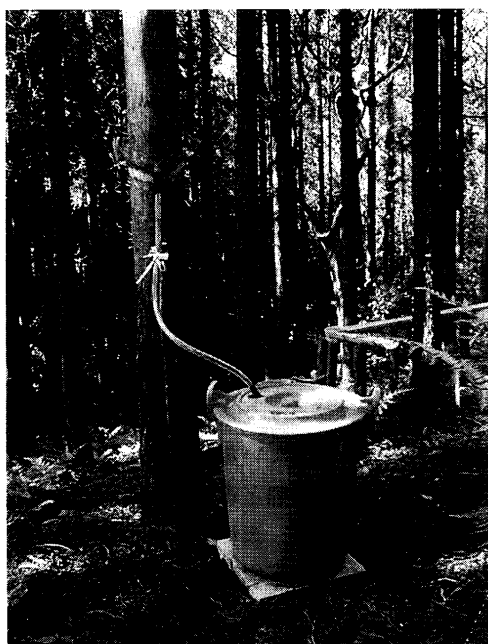


Photo. 2 Picture of sampling equipments of stem flow.
写真2 樹幹流の採水装置

井倉ら（1994）のビニルシート法を用いた。ビニルシートをドーナツ状に切り取って樹幹に巻き付け、樹皮との間をガントッカーとビニルボンデで接着し、シートの底部にビニルホースを接続して容器に集めた（写真2）。ビニルシートと樹皮との隙間にはシリコン樹脂を充填して水が漏れないようにしているため、完全に樹幹流を捕捉することができる。

林縁部での乾性降水物の捕捉効果を見るために、林内雨と樹幹流の採水装置は、それぞれ林分内の異なる3カ所（林縁～林分中央）に設置した。観測は水量の測定と採水で、採取した水は $\phi 0.45\mu\text{m}$ のメンブランフィルターでろ過し、ポリエチレン瓶に入れて冷蔵保存した後、pH値、電気伝導度（以下EC）および溶存成分濃度を測定した。

pH測定にはガラス電極pHメーター（HORIBA、F-21型）を、EC測定には電気伝導度計（TOA、CM-30V）を用いた。溶存成分は、塩素（ Cl^- ）、硝酸（ NO_3^- ）および硫酸（ SO_4^{2-} ）の陰イオン3成分と、ナトリウム（ Na^+ ）、アンモニア（ NH_4^+ ）、カリウム（ K^+ ）、カルシウム（ Ca^{2+} ）およびマグネシウム（ Mg^{2+} ）の陽イオン5成分について分析した。イオン濃度の分析には、ダイオネクス社のイオンクロマトグラフ（DX-120）を用いた。

観測は1週間間隔で、1998年6月と9月の2ヶ月間で合計7回おこなった。

結果と考察

表1は、各観測日における期間降水量と林内雨、樹幹流の採水量を示している。降水量は6月が合計663.5mm、9月が合計141.5mmであった。林内雨と樹幹流の採水装置は、林分内の異なる3カ所に設置した。1が南側の林縁部であり、3は林内の奥部（北側）、2はその中間である。林内雨、樹幹流ともに70リットルの容器で採水したが、6月の2回の観測ではいずれの地点でも容器をオーバーフローした。SF-3では、採水量がSF-1、SF-2と比べて

表1 降水量とスギ林内雨および樹幹流の採水量
Table1 Rainfall and observed value of throughfall and stem flow of *C. Japonica* in each period.

Date	Rainfall (mm)	Observed Value (liter)					
		TF-1	TF-2	TF-3	SF-1	SF-2	SF-3
98.6.8	72.0	26.0	22.0	30.0	>70	>70	14.0
98.6.15	235.0	>70	>70	>70	>70	>70	>70
98.6.22	340.0	>70	>70	>70	>70	>70	>70
98.6.28	16.5	4.0	3.0	4.0	5.0	8.0	2.0
98.9.8	28.3	6.0	8.0	6.0	17.0	23.0	1.5
98.9.22	56.6	12.0	15.0	12.0	40.0	63.0	3.0
98.9.30	56.6	20.0	21.0	23.0	43.0	63.0	2.0

TF : Throughfall ; SF : Stem flow

著しく少なかった。

表2は、林外雨、林内雨および樹幹流のpH、ECおよび溶存成分濃度の月別の平均値を示している。平均値は、降水量（採水量）をもとに加算平均をとった。pHは水素イオン濃度に換算して平均値を求めた。

表2 林外雨、スギ林内雨および樹幹流の水質（月平均値）
Table2 Water chemistry of rainfall, throughfall and stem flow of *C. Japonica* (monthly average).

Sample	Period	Rainfall (mm)	pH	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Na (ppm)	NH ₄ (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Cl (ppm)	NO ₃ (ppm)	SO ₄ (ppm)
Rainfall	Jun.	663.5	5.02	11.1	0.88	0.32	0.12	0.06	0.02	0.56	0.23	0.88
	Sep.	141.5	4.61	28.6	2.25	0.12	0.32	0.02	0.19	3.31	0.40	2.01
Throughfall	Jun.		6.11	21.0	1.21	0.89	0.72	1.14	0.10	1.12	0.45	2.42
	Sep.		5.57	80.9	4.33	2.96	5.06	2.85	0.48	11.67	2.37	8.80
Stem flow	Jun.		4.37	44.5	1.98	0.55	0.81	1.29	0.12	1.16	1.82	3.85
	Sep.		4.02	267.1	6.87	13.07	4.71	11.10	1.01	27.16	11.56	49.60

かった。林内雨のpHは、6月は5.78～6.30の範囲にあり、平均値は6.11であった。9月は5.03～5.80の範囲で、平均値は5.57であった。樹幹流のpHは、6月が3.86～4.78の範囲で平均値は4.37、9月が3.67～4.50の範囲で平均値は4.02であった。これらは、スギ樹幹流に関するこれまでの報告（佐々ら, 1991；岩井, 1993；佐藤ら, 1997など）とはほぼ同じ値であった。

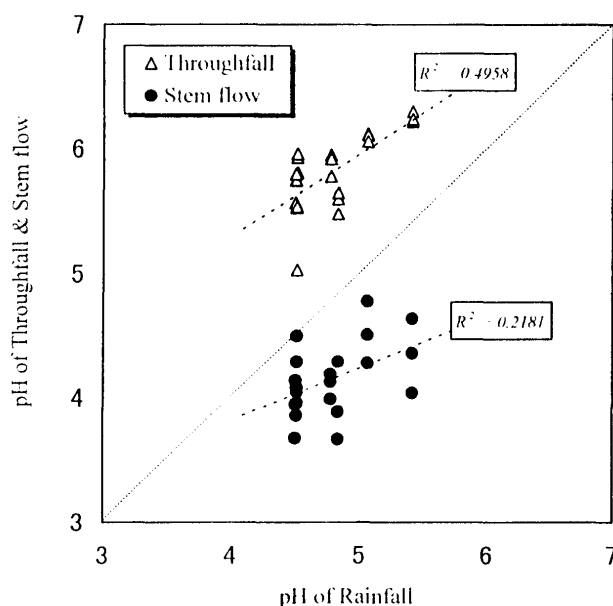


Fig. 1 Relationship between pH of rainfall and pH of throughfall & stem flow.

図1 林外雨pHと林内雨および樹幹流pHの関係

pH

林外雨のpHは、6月は4.51～5.41の範囲にあり、平均値は5.02であった。9月は4.50～4.83の範囲で、平均値は4.61であった。これらの値は、これまで主に都市域で測定された雨水pHの全国平均（玉置ら, 1986）よりもやや高

図1は一降雨毎の林外雨pHと林内雨および樹幹流pHの関係を表している。林内雨、樹幹流のpHは林外雨のpHの影響を受けるが、林外雨との相関は樹幹流よりも林内雨の方が高い。樹幹流のpHは樹体からの溶脱成分の影響が大きく、林外雨のpHに関わらず樹種固有の値を示す（佐々ら, 1991）ことが、本結果からも示唆される。すべての樹幹流のpHは林外雨よりも低く、林内雨のpHは林外雨よりも高かった。林内雨のpHは、林外雨と樹幹流のpHの間に位置する（佐々ら, 1991）という報告もあるが、一般には本結果のように林外雨よりも高いことが多いと言われている（生原, 1998）。

図2および図3は、各地点ごとの6月と9月の測定値を示したものである。林内雨と樹幹流の3地点間のpH値のばらつきは、樹幹流の方が大きかった。

EC および溶存成分濃度

表2に示すように、ECとほとんどの溶存成分濃度は、樹幹流、林内雨、林外雨の順で高かった。また、6月よりも9月の方が高い値を示しているが、これは降水量の違いに起因するものと思われる。

図2および図3に見られるように、ECと溶存成分濃度には観測日によるばらつきと、林内雨・樹幹流の地点間のばらつきがある。観測日によるばらつきのほとんどは降水量に起因するものであり、降水量が多いほど雨水で希釈されるため、ECおよび溶存成分濃度は低くなることが明ら

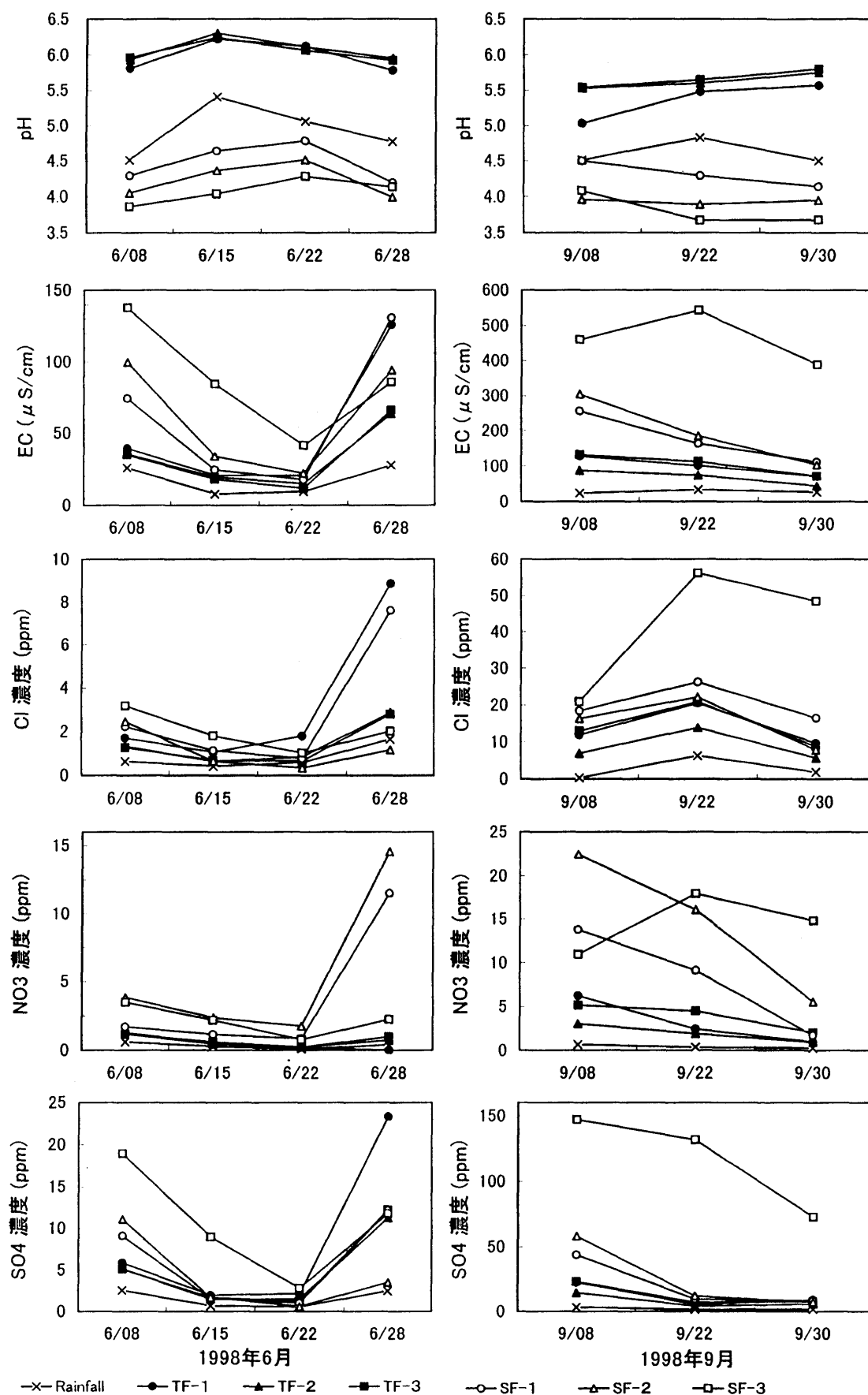


Fig. 2 pH, EC and anion concentration in rainfall, throughfall and stem flow. TF: Throughfall; SF: Stem flow.
 図2 林外雨, スギ林内雨および樹幹流のpH, ECと陰イオン濃度

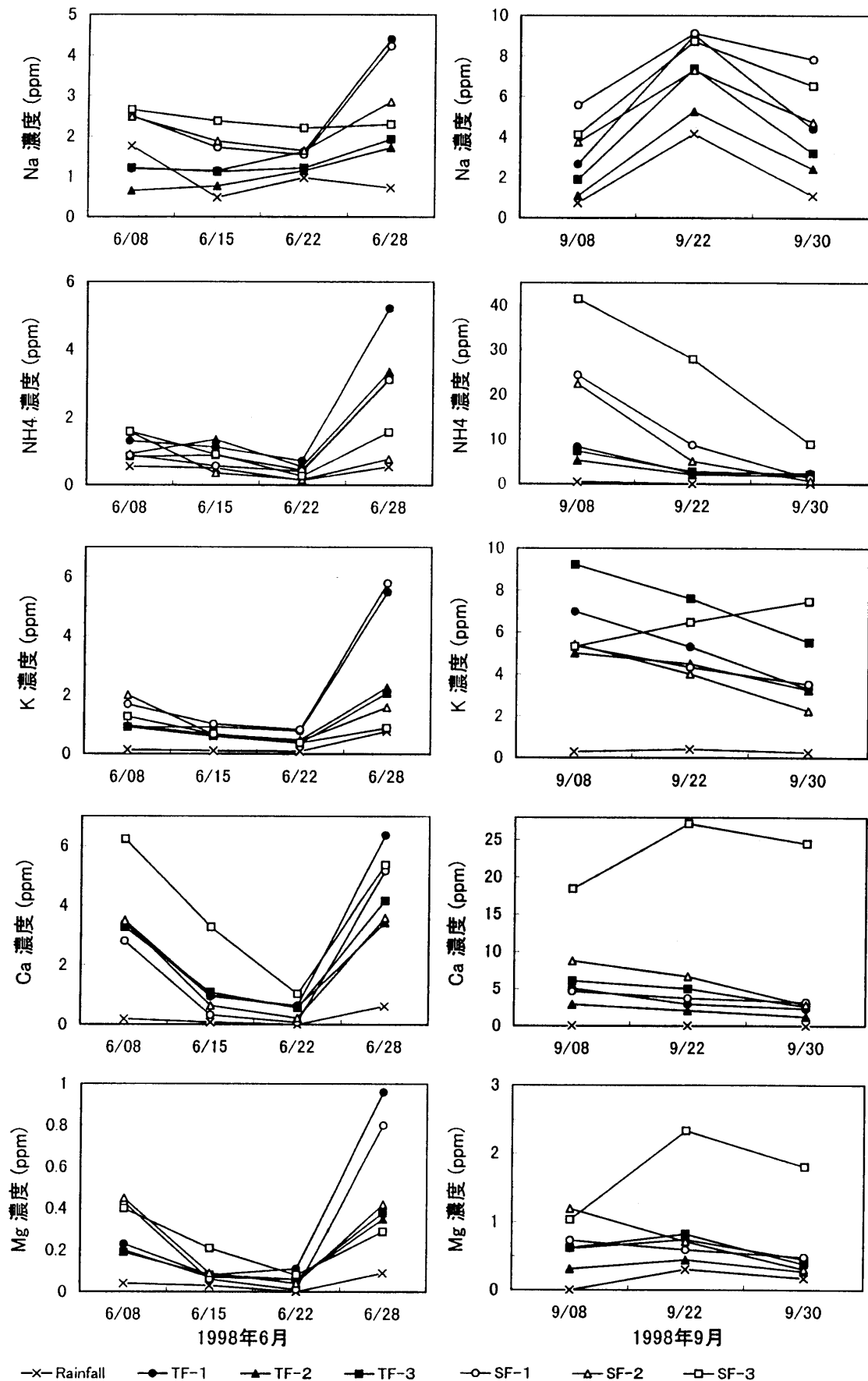


Fig. 3 Cation concentration in rainfall, throughfall and stem flow. TF : Throughfall ; SF : Stem flow.

図3 林外雨, スギ林内雨および樹幹流の陽イオン濃度

かである。林内雨と樹幹流の地点間の測定値のばらつきは、pHと同様に樹幹流の方が大きかった。

成分ごとに見ると次のような特徴があることがわかった。9月のSF-3が、EC、Cl、SO₄、NH₄、Ca、Mg等で顕著に高い。SF-3は表1に見られるように、採水量がSF-1やSF-2と比べて極端に少ないため、雨水の樹幹流下に伴うウォッシュアウトや溶脱による物質付加の影響が大きいものと思われる。SF-3の量が極端に少ないのは、地形的に谷になっており周囲の樹木よりも樹高が低いためと考えられるが、さらに詳しい調査が必要である。

林内雨と樹幹流は林縁部から林内に向かって順番に観測地を設定しており、エアロゾル等の樹木への付着量は、林縁部に近いほど大きいものと予測した。すなわち他の条件が変わらなければTF、SFともに1、2、3の順で溶存成分濃度が高くなるものと思われたが、前述のようにSF-3の採水量が少ないことによる影響もあり、顕著な結果は得られなかった。しかしながら、6月のCl、Na、K、Mg等では林縁部で濃度が極端に高くなる値も一部に見られ、林縁部による乾性降下物の捕捉効果については、今後さらに詳しい調査が必要であると思われる。

おわりに

今回の観測により、これまでに観測例の無かった当地域での降水とスギ林内雨および樹幹流の水質を示した。しかしながら、今回は6月と9月の2ヶ月間のみの結果であり、当地域における平均的な水質や酸性降下物の実態を把握するためには、年間を通じた観測が必要である。したがって、今後はさらに年間を通しての観測をおこない、林地への酸性降下物負荷量、スギ林での物質分配、桜島の火山活動の影響等を定量的に見積もることが課題である。また、本研究は森林場における長期環境モニタリングの一環でもあり、酸性降下物の森林への影響を含めた長期的な観測体制が望まれる。このような長期的モニタリングが主要な業務の一つとして確立することは、これからの大学演習林にとってきわめて重要であると考ええる。

引用文献

生原喜久雄(1998)酸性降下物が溪流の水質に及ぼす影響。森林地域における地球環境モニタリング第5回研究

会、全国大学演習林協議会、pp.29-37.

井倉洋二・吉村和久・久保田勝義・中尾登志雄・荒上和利

(1994)九州山地中央部における降水および樹幹流のpHと溶存成分。九州大学演習林報告 71:1-12

岩井宏寿(1993)千葉県のスギ衰退地と非衰退地における林外雨、林内雨、樹幹流の成分比較。日林論105:377-380

佐々朋幸・後藤和秋・長谷川浩一・池田重人(1991)盛岡市周辺の代表的森林における林外雨、林内雨、樹幹流の酸性度ならびにその溶存成分。森林立地32(2):43-58.

佐藤嘉展・井倉洋二・大崎 進・杉原真司・吉村和久・小川 滋(1997)樹冠形態の異なる樹種における林内雨および樹幹流中の水質の比較。九大演習林報告77:13-24

玉置元則・平木隆年(1986)わが国各地における雨水pHの平均値(2)。環境技術15:215-220.

抄 録

鹿児島大学高隈演習林において、降水とスギ林内雨および樹幹流の水質を観測した。本研究は、全国演習林協議会が演習林を用いた長期的な環境モニタリングシステムの構築を目指した共同研究の一環であり、1998年6月および9月の2ヶ月間、高隈演習林において実施された。その結果として、当地域における降水とスギ林内雨および樹幹流の水質の特性を以下のように明らかにした。

- (1) 降水のpHの平均値は6月が5.02、9月が4.61であった。この値は、都市域で測定された全国的な平均値よりもやや高かった。
- (2) 林内雨のpHの平均値は6月が6.11、9月が5.57で、樹幹流のpHの平均値は6月が4.37、9月が4.02であった。林外雨のpHと比較すると、林内雨では高く、樹幹流では低かった。また林外雨のpHとの相関は林内雨の方が高かった。
- (3) ECと溶存成分濃度は、樹幹流、林内雨、林外雨の順で高かった。また、降水量の少なかった9月の方が6月よりも高かった。
- (4) 林内雨と樹幹流は林分内の3カ所で観測した。林縁部に近いほど乾性降下物捕捉の効果が大きく、溶存成分濃度が高くなると予想されたが、一部の測定値を除けば顕著な結果は見られなかった。