

タケ林と二次林の主要樹種における樹幹流と林内雨の成分特性

酒井佳美*・松井春夫**・只木良也*

要 旨

純林であるタケ林と、三層構造をなす二次林の雨水を経路とした物質循環の特徴を明らかにすることを目的として林内雨・樹幹流の調査を行った。調査地には、名古屋大学に近接する桃巖寺境内モウソウチク林,名古屋大学構内マダケ林そして名古屋大学構内二次林(上層:コナラ,中層:ソヨゴ,下層:ヒサカキ)を用いた。林外雨・林内雨・樹幹流の調査期間は、1994年6月10日から1995年3月27日である。測定項目は、pHと陽イオン(Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+),陰イオン(Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-})濃度である。タケ林,二次林における各樹種の樹幹流では、陽イオン総量と陰イオン総量との関係がほぼ1:1となり、樹幹流溶存成分の大部分は今回測定を行った陽イオンと陰イオンとで占められていることが推察された。pH値は、タケ林ではモウソウチク,マダケに関わらず林内雨が最も高く次いで、樹幹流,林外雨の順であった。二次林においても、林内雨のpH値が最も高かったが、樹幹流は、林外雨とほぼ等しいpH値であった。タケ林と二次林の林内雨と樹幹流での成分変化をみると、タケ林では林内雨での各イオン濃度,特に Cl^- と K^+ の上昇が著しかったのに対して二次林では樹幹流でのイオン濃度が最も高かった。タケ林では林内雨による Cl^- と K^+ の供給量が多く、二次林の約4~5倍であった。二次林では全てのイオンについて林内雨より樹幹流による供給量が多かった。二次林の樹幹流では、コナラはソヨゴやヒサカキよりも K^+ の供給量が多く、ソヨゴ,ヒサカキはコナラよりも NH_4^+ , SO_4^{2-} の供給量が多かった。このような二次林の樹幹流によるイオン供給量の違いは、樹種による特性だけでなく、階層構造による各層への降水の分配量の変化や降雨強度の緩和もその一因であると推察される。

キーワード:二次林,マダケ,モウソウチク,林内雨,樹幹流

I. はじめに

森林生態系にとって、雨水の働きは非常に重要である。それは、水の供給という第一の働きとともに、土壌へミネラルを供給する経路の一つとして重要な役割を担っている。雨水は、その生成過程や降下途中に、乾性降下物を溶解し、樹木や草本に接触し溶脱によってさらに

*名古屋大学農学部森林生態生理学研究室

Laboratory of Forest Ecology and Physiology, School of Agricultural Sciences, Nagoya University, Nagoya 464-01, Japan.

**国立名古屋工業技術研究所

National Industrial Research Institute of Nagoya, Hirate-cho 1-1, Kita-ku, Nagoya 462, Japan.

(受理:1996年11月20日)

物質を溶解して土壌に供給される。降水量の多い我が国では、これら雨水を介したミネラルの供給量は、年間を通じて、かなり大きいものとなる。

このような雨水を経路とする物質循環系のミネラル供給については、これまでに多くの森林において、林外雨と対比させながら林内雨や樹幹流の調査がおこなわれてきた(丸山ら, 1965; 岩坪・堤, 1967, 1968; 西村, 1973; 生原・相場, 1982; 平井ら, 1990; 森貞ら, 1990; 佐々ら, 1990; 真田ら, 1991, 1993; 井上ら, 1993; 井倉ら, 1994; 佐久間, 1994; 米田ら, 1995; 渡邊ら, 1993)。それらによって、林内雨や樹幹流の成分は、樹種によって異なることが明らかになってきたが、調査された森林のタイプや樹種はまだ数少ないといえる。

タケ林の林内雨や樹幹流の塩化物イオン濃度が高いことは、只木ら(1994)によって報告されているが、その原因とともに、雨水を経路とした物質循環系におけるタケ林の特徴の詳細は明らかでない。近年、タケ林の生育面積が増加傾向にあり(農林水産省統計情報部, 1995)、成長力旺盛でその生育面積の拡大を可能にしているタケ林の物質循環系の解明は興味深い課題である。

二次林には、多様な生成過程があり、現在も遷移過程の途中であるものが多い。そのため、地域によって、優占している樹種や、構成している樹種も異なり、その遷移過程も異なっている。これまでに、このような多種多様な二次林の物質循環を明らかにするための調査は、リターフォールによる養分還元等についてが主で、雨水を経路とする物質循環についての調査はほとんど行われていない。

そこで、わが国での代表的なタケの種類であるマダケ、モウソウチクの樹幹流と、暖温帯二次林の主要な構成樹種であるコナラ、ソヨゴ、ヒサカキの樹幹流、および各林内雨についての調査を行い、その成分特性について比較検討を行った。

なお、一般に、樹木では樹幹には幹の字が使われ、タケでは稈が使われるが、本論文中では、その使用にあたっては、両者とも樹幹として表記することにする。

II. 調査地

調査地は、名古屋大学に近接する桃巖寺境内(名古屋市千種区四谷通2-16)にあるモウソウチク林、名古屋大学構内(名古屋市千種区不老町)のマダケ林および二次林である(図-1)。モウソウチク林の立木密度は11200本/haで、林分高が16.2m、平均胸高直径は12.9cmであり、下層植生はほとんどなく、ヤブツバキが点在する程度である。また、このモウソウチク林は、寺院の境内にあり、枯死木を除去する程度の手入れが行われている。マダケ林の立木密度は12000本/haで、林分高は11.5m、平均胸高直径は4.8cmであった。このマダケ林は、二次林内に存在し、下層植生はほとんどない。

タケ林との比較林として名古屋大学構内二次林を用い、その主要構成樹種であるコナラ、ソヨゴ、ヒサカキについて調査を行った。この二次林は、現在はコナラが上層を優占し、中層、下層は、それぞれソヨゴ、ヒサカキが主要な樹種となる三層構造をなしている。二次林の立木密度は10031本/ha、林分高は20.0m、平均胸高直径は9.3cmであった。

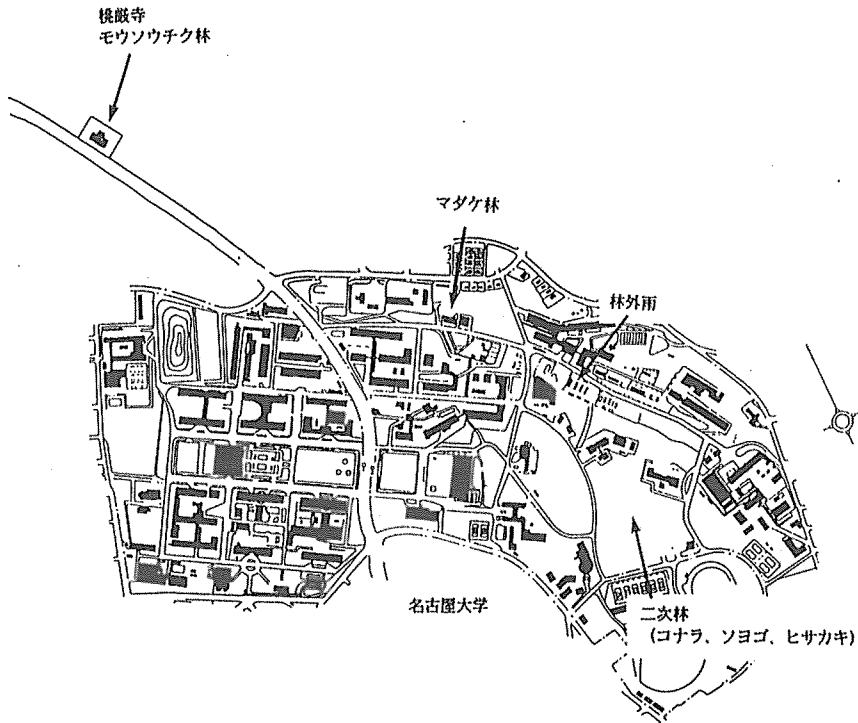


図-1. 調査地

III. 調査方法

試料木として、モウソウチク (*Phyllostachys heterocyclus*), マダケ (*P. bambusoides*), および二次林でのコナラ (*Quercus serrata*), ソヨゴ (*Ilex pedunculosa*), ヒサカキ (*Eurya japonica*) の各樹種それぞれ2個体を用い、樹幹流の採取を行った。

樹幹流の採取は、樹幹にポリウレタンフォーム製チューブをらせん状に巻き付け、流下する水を伝わせ、その下端にある集水口からポリエチレンタンクに誘導し貯留するようにし、ほぼ全流量を捕捉できるようにした。林内雨は二次林、マダケ林、モウソウチク林内に樋を設置し、ポリエチレンタンクに集水した。林外雨は、大学構内農学部ガラス室横に大型ロープを設置し、ポリエチレンタンクに集水した。

採水は、樹幹流、林内雨、林外雨ともおおむね一降雨毎に行った。採水期間は、樹幹流、林内雨、林外雨とも1994年6月10日から1995年3月27日である。

樹幹流量および林内雨量と林外雨量との関係は一次式で近似されると報告されている(岩坪・堤, 1967; 鈴木ら, 1979; 服部・阿部, 1989; 服部ら, 1990; 服部, 1992)。本実験においてもそれらの結果と同様に一次式に近似することができた。ポリエチレンタンクをオーバーフローした場合の樹幹流、林内雨の貯留量については、その回帰式を用いて推定を行った。

採水した各試料について採水直後に、pHを測定し、0.45 μm メンブランフィルターで濾過し、陽イオン、陰イオン濃度を測定した。すぐに測定できない場合は冷凍保存した。pH

(H₂O) はガラス電極法 (HORIBA pH METER F-12) で、陽イオン (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, NH₄⁺), 陰イオン (Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻) をイオンクロマトグラフ法 (YOKOGAWA IC-7000) で測定を行った。

IV. 結果と考察

1. 陽イオン総量と陰イオン総量との関係

林外雨, 林内雨および樹幹流成分濃度について, 陽イオン総量 (H⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺ + Na⁺ + K⁺ + NH₄⁺) を X 軸に, 陰イオン総量 (Cl⁻ + NO₃⁻ + SO₄²⁻ + PO₄³⁻) を Y 軸にとり, イオンのバランスを調べ, 図-2, 3 に示した。

どの関係についても正の相関が認められ, 高い相関係数を示した。

タケ林および二次林の林内雨では, 回帰直線の傾きが約 0.7 となり, 陽イオンに比べて約 3 分の 1 の陰イオンの不足, すなわち, 測定したイオン以外の陰イオンの存在が推察された。

また, 林外雨についての回帰直線の傾きは, 約 0.6 となった。陽イオンに比べて約 5 分の 2 の陰イオンが不足していることになり, この場合も測定したイオン以外の陰イオンの存在が推察された。

一方, 樹幹流についてみると, タケ林および二次林における各樹種とも回帰直線の傾きはほぼ 1 となり, 陽イオン総量と陰イオン総量がほぼ同量ずつ存在することになる。これらの樹幹流に溶解している成分の大部分は, 測定を行った各イオンであることが推察される。

林外雨, 林内雨および樹幹流のそれぞれの回帰直線の傾き, つまり, 陽イオン総量/陰イオン総量比は異なっていた。このことは, それぞれの生成過程で, 溶解する成分の組成や量が変化していることを示している。

井上ら (1993) は, ブナ林の林内雨とブナ樹幹流における陽イオン総量/陰イオン総量比がそれぞれ 1.54, 1.85, ヒノキ林ではそれぞれ, 1.16, 1.57 となったことを報告している。このことは, ブナ林およびヒノキ林では, 林内雨から樹幹流へと変わるにつれて, 陽イオン総量と陰イオン総量の差がさらに大きくなることを示している。一方, 本研究では, マダケ林, モウソウチク林, 二次林の各林内雨の陽イオン/陰イオン比は約 1.5, 各樹幹流でのそれは約 1.0 となり, ブナ, ヒノキとは逆に, 林内雨から樹幹流へと変わるにつれて, 陽イオン総量と陰イオン総量は均衡する傾向を示した。この違いは, 樹種による以外に立地条件による湿性および乾性沈着物の成分や量の差が関係するのであろう。

2. pH について

林外雨の平均 pH 値は 4.8 であった (表-1)。一般に酸性雨と言われているのは大気中の炭酸ガスの気液平衡に由来した pH 5.6 以下の雨のことである。本調査において pH 5.6 以下の降雨は調査期間中の降雨の約 8 割を占めており, 名古屋大学周辺では酸性雨が多く降ることが確認された。

林内雨の平均 pH 値は, マダケ林で 5.4, モウソウチク林で 5.5, 二次林で 5.0 であり, 林外雨の 4.8 よりも高い値であった (表-1)。

図-4 に林外雨の pH 値とそれに対する各林内雨の pH 値をプロットしたものを示す。1:1 の直線より上にプロットされているものは, 林内雨の pH 値が林外雨よりも上昇したことを

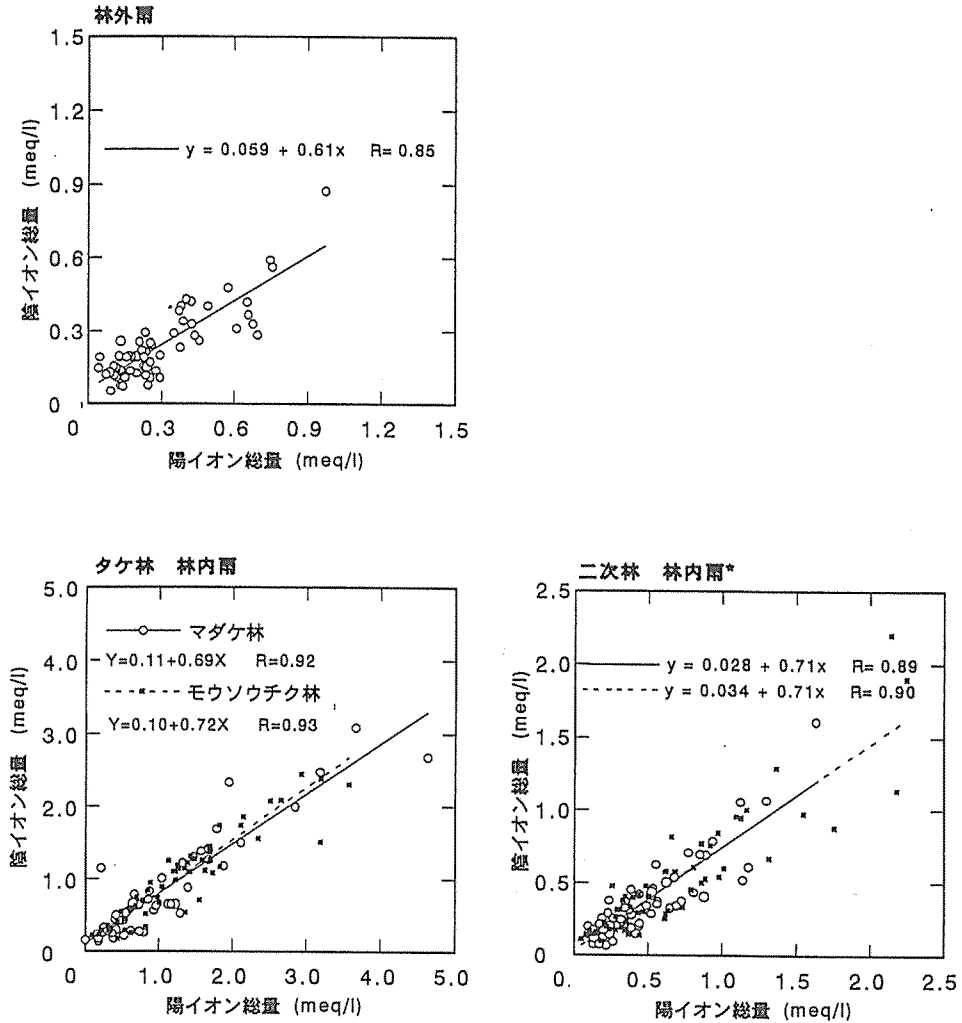


図-2. 樹幹流における陽イオン総量と陰イオン総量との関係
 陽イオン総量： $H^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+ + NH_4^+$
 陰イオン総量： $Cl^- + NO_3^- + SO_4^{2-} + PO_4^{3-}$
 *：2 サンプルをそれぞれ表示 (○, ●による表示)

示している。マダケ林とモウソウチク林の林内雨は林外雨よりも高い pH 値となる傾向が大きく、pH 値が 2 以上も大きくなった例も確認された。一方二次林では林外雨よりも低い pH 値となることも多く、それは林外雨の pH 値が 5 以上の時に多くみられた。

マダケ、モウソウチクの樹幹流の平均 pH 値はともに 5.0 であり、それぞれの林内雨と林外雨の中間の値を示した(表-1)。一方、コナラ、ソヨゴ、ヒサカキの樹幹流の平均 pH 値はそれぞれ 4.7、4.6、4.7 とほぼ等しく、また、林内雨よりは低く、林外雨とほぼ等しい値となった(表-1)。

今回の測定に先立ち桃巖寺で、谷口 (1992) によって測定されたモウソウチク林内雨、樹幹流の pH 値と、愛知県稲武町で測定されているマダケ樹幹流の pH 値(竹中ら, 1995)、さ

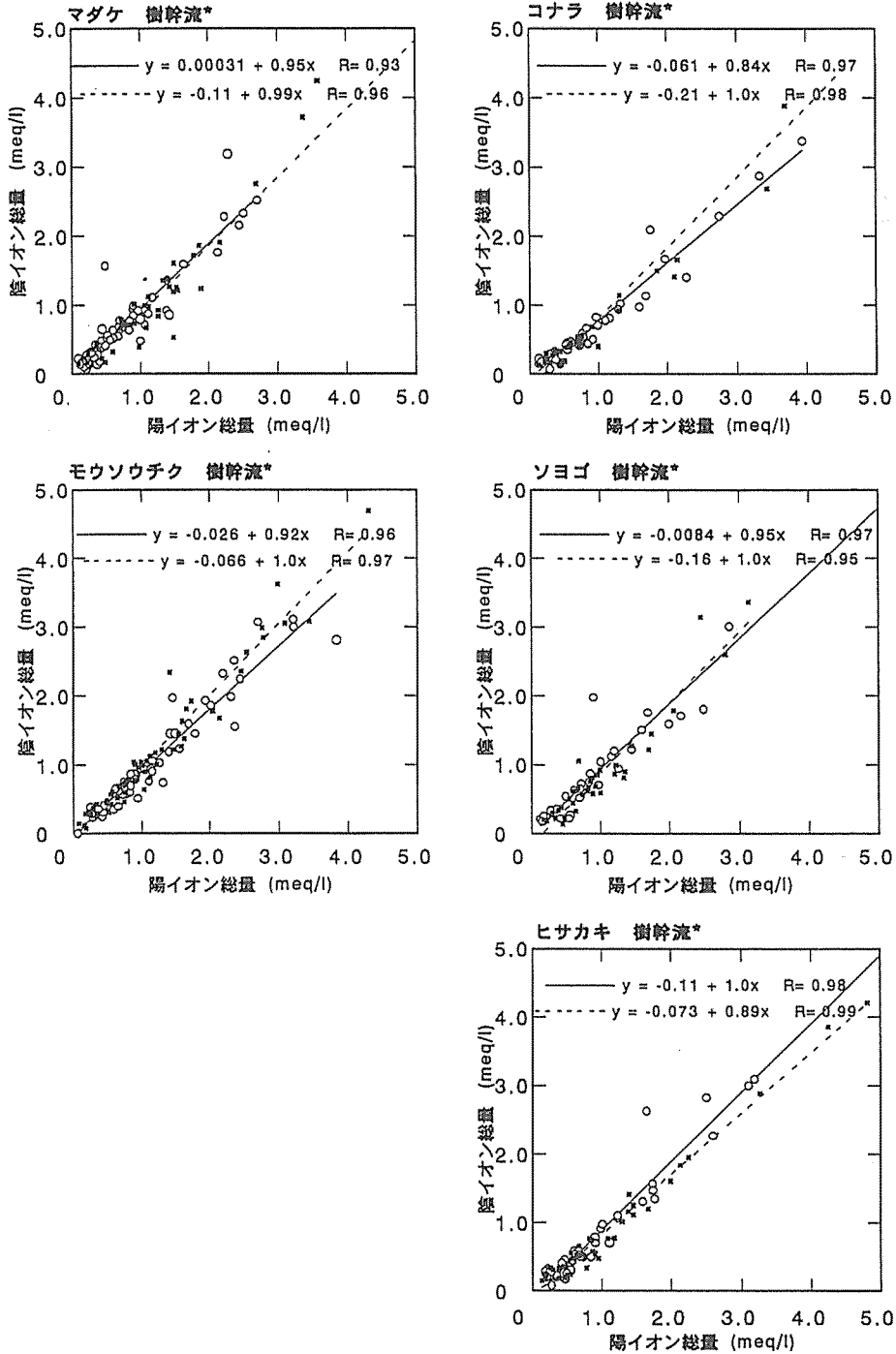


図-3. 林外雨と林内雨における陽イオン総量と陰イオン総量との関係

陽イオン総量： $H^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+ + NH_4^+$

陰イオン総量： $Cl^- + NO_3^- + SO_4^{2-} + PO_4^{3-}$

*：2サンプルをそれぞれ表示（○，●による表示）

表-1. タケ林と二次林の林内雨，樹幹流および林外雨の平均 pH 値

樹種	調査地	pH			採水期間	文献
		林内雨	樹幹流	林外雨		
マダケ ⁽¹⁾	名古屋大学構内	5.4	5.0	4.8	'94/6-'95/3	本研究
モウソウチク ⁽¹⁾	桃巖寺	5.5	5.0	4.8		
コナラ ⁽¹⁾	名古屋大学構内	5.5	4.7	4.8		
ソヨゴ ⁽¹⁾	名古屋大学構内	5.0	4.6	4.8		
ヒサカキ ⁽¹⁾	名古屋大学構内	5.0	4.7	4.8		
マダケ ⁽¹⁾	愛知県稲武町	—	4.8	5.3	'94/2-'94/7	竹中ら (1995)
マダケ ⁽²⁾	愛媛大学演習林	5.4	4.6	3.9	'95/6-'95/9	江崎 (1996)
モウソウチク ⁽²⁾	桃巖寺	5.8	5.3	5.0	'92/6-'92/11	谷口 (1992)
モウソウチク ⁽²⁾	愛媛大学演習林	5.1	4.2	3.9	'95/6-'95/9	江崎 (1996)

(¹) 加重平均値 (²) 算術平均値

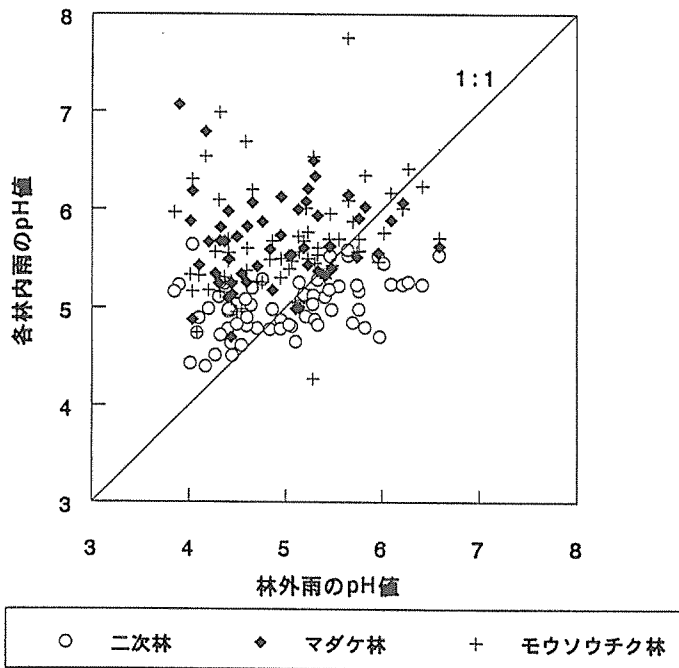


図-4. 林外雨と林内雨の pH 値の関係

らに愛媛大学演習林におけるマダケ，モウソウチクの林内雨と樹幹流の pH 値(江崎，1996)と，本研究における各タケ林の林内雨，樹幹流の pH 値とを比較すると(表-1)，それぞれのタケ林とも平均 pH 値が林内雨でもっとも高く，次いで樹幹流，林外雨となっておりマダケ林とモウソウチク林の pH 値における傾向であるといえるだろう。

広葉樹が優占する森林の林内雨や広葉樹種の樹幹流には林外雨に対して pH 値の上昇幅が大きく，林冠や樹幹での降水の中和力が高いものがあることは数多く報告されている(佐々ら，1991; 佐々・後藤，1992; 野呂・佐々，1992; 渡邊ら，1993)。本研究では，タケ林の林

内雨と樹幹流および二次林の林内雨について林外雨よりも pH 値が高くなることが確認されたが、特にタケ林の林内雨での pH 値の上昇幅は二次林よりも高く、タケ林の林冠における降水に対する緩衝力が高いことが推察された。

3. 各イオン濃度について

林外雨と林内雨および樹幹流の各イオン濃度の加重平均値を表-2 に示した。

林内雨の陽イオンについてみると、マダケ林とモウソウチク林の林内雨では K^+ 濃度が最も高く、次いで、 Ca^{2+} 、 NH_4^+ 濃度の順に高かった。一方、二次林林内雨では Ca^{2+} 濃度が最も高く、次いで NH_4^+ 、 K^+ 濃度の順であった。陰イオンについて見ると、タケの林内雨では、 Cl^- 濃度が最も高く、陰イオン総量の約 4 割を占め、二次林林内雨でのそれは、 SO_4^{2-} であり、陰イオン総量の約 3.5 割を占めた。樹幹流における陽イオンについてみると、マダケ、コナラでは Ca^{2+} 、 K^+ 、 NH_4^+ がほぼ等しい濃度で存在し、モウソウチク、ソヨゴ、ヒサカキでは NH_4^+ 濃度が最も高く、次いで Ca^{2+} 、 K^+ 濃度が高かった。陰イオンについて見ると、マダケ、モウソウチクともに Cl^- 濃度が樹幹流中で最も高く、二次林樹種の各樹幹流でのそれは SO_4^{2-} であった。また、二次林の樹幹流では、 NH_4^+ や SO_4^{2-} の濃度が上層のコナラよりも下層のソヨゴやヒサカキの方が高かった。 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 PO_4^{3-} は全体に濃度が低く、林外雨から、林内雨、あるいは樹幹流への濃度変化も小さかった。

林内雨や樹幹流のイオン濃度の差異は、その樹木の形態（葉面積や葉量、幹表面等）や林分密度、立地条件等によるものが多い。本調査において、タケ林と二次林とを比較すると、タケ林では林内雨と樹幹流とのイオン濃度の差が小さく、二次林では樹幹流が林内雨よりもイオン濃度が高いという傾向が得られた。樹幹表面が平滑なタケと、浅く縦裂したコナラや、ざらざらしたソヨゴ、ヒサカキとでは雨水の流下速度が異なり、溶脱あるいは洗脱されるイオン量が異なってくることが推察される。また、二次林と比較してタケ林の方が林内雨の各イオン濃度が高くなったが、タケの樹冠先端は下垂しており、降水と葉面との接触角度が小さく濡れやすいため溶脱や洗脱がほおこりやすいことが考えられる。

タケ林の林内雨、樹幹流では特に Cl^- の濃度が高かったが、モウソウチク、マダケの林内雨、樹幹流中に Cl^- が高濃度に含まれていることは、只木ら（1994）によって報告されており、本調査においても、それを確認する結果が得られた。 Cl^- は吸収・溶脱の少ない生物的に

表-2. 林内雨、樹幹流および林外雨における各イオン濃度の加重平均値 (meq/l)

サンプル名	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	NH_4^+	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	PO_4^{3-}
林外雨	0.08	0.02	0.04	0.01	0.03	0.04	0.04	0.07	0.02
マダケ林内雨	0.16	0.07	0.05	0.30	0.12	0.29	0.10	0.13	0.05
マダケ樹幹流 ⁽¹⁾	0.13	0.04	0.05	0.15	0.14	0.23	0.10	0.13	0.03
モウソウチク林内雨	0.21	0.07	0.11	0.21	0.13	0.27	0.10	0.15	0.05
モウソウチク樹幹流 ⁽¹⁾	0.17	0.06	0.08	0.13	0.24	0.27	0.15	0.17	0.03
二次林内雨 ⁽¹⁾	0.11	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.07	0.11	0.01
コナラ樹幹流 ⁽¹⁾	0.12	0.06	0.05	0.16	0.14	0.11	0.11	0.15	0.01
ソヨゴ樹幹流 ⁽¹⁾	0.12	0.03	0.06	0.08	0.26	0.17	0.13	0.20	0.03
ヒサカキ樹幹流 ⁽¹⁾	0.14	0.04	0.06	0.09	0.22	0.12	0.10	0.20	0.02

採水期間：1994/6/10-1995/3/27 (1)：2 サンプルの平均値

不活性なイオンであり(木村, 1978), 林内雨や樹幹流における Cl^- の大部分が乾性沈着物由来であると考えられ(徳地・岩坪, 1992; 井上ら, 1993), ゴミの焼却などによって多く排出されることもある。しかし, ゴミ焼却時などによる Cl^- 排出は, おもに HCl や CaCl_2 であり(佐藤・笹, 1996), 本調査によるタケ林の林内雨や樹幹流では Cl^- 濃度の上昇に伴う Ca^{2+} , H^+ 濃度の上昇は確認されなかった。さらに, マダケ林内雨とモウソウチク林内雨における K^+ 濃度と Cl^- 濃度との関係に高い相関が得られ(マダケ林 $r=0.93$, モウソウチク林 $r=0.83$), 林内雨での濃度が高く樹体からの溶脱が多いと推察される K^+ とのイオンの挙動に関連があると考えられることから, タケ林の林内雨や樹幹流における Cl^- の多くはタケ本体からの溶脱によるものであると推察される。

4. 林内雨と樹幹流による林地へのイオン供給量について

調査期間内の林外雨量, 林内雨量, 樹幹流下量とこれらの各イオン濃度から, 林外雨によって供給された単位面積当たりのイオン量と, それぞれの林地へ林内雨, 樹幹流として供給された各イオン量を算出し, 図-5 に示した。

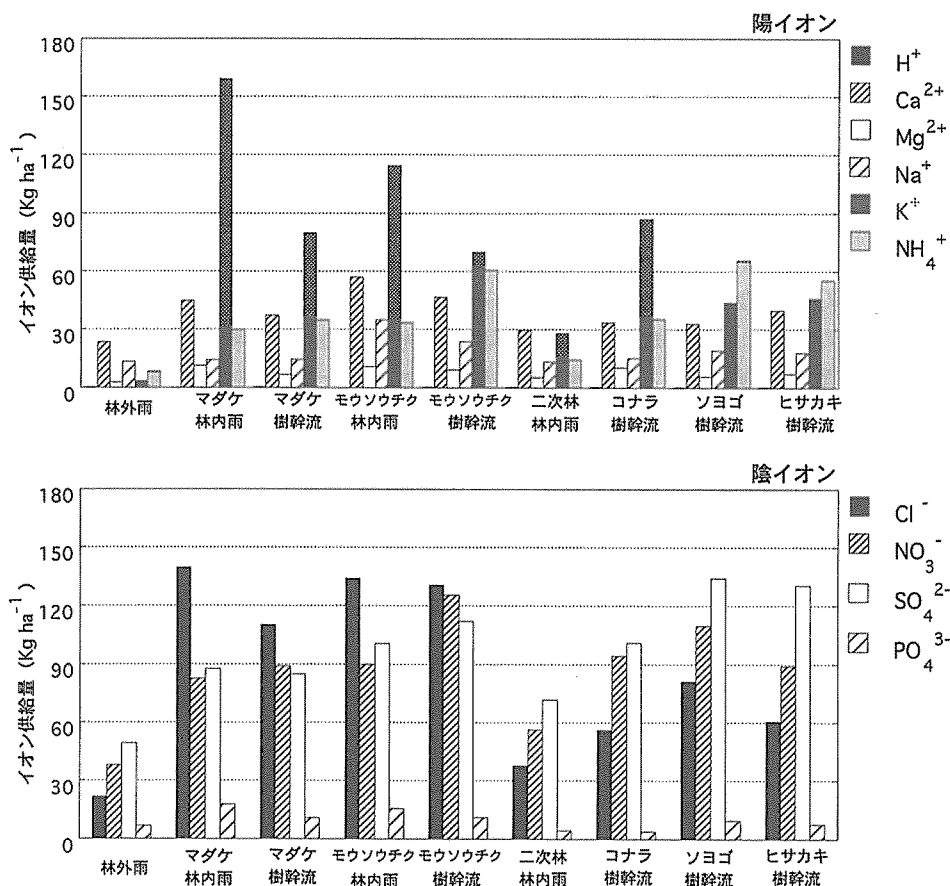


図-5. 調査期間 (1994.6.10~1995.3.27) における林外雨と林内雨および樹幹流による林地へのイオン供給量

各林内雨と樹幹流は、林外雨よりも各イオンの林地への供給量が多かった。林内雨による供給量を総イオン供給量と比較すると、タケ林が二次林の約2倍であった。タケ林では特に、 K^+ 、 Cl^- が多く、二次林と比較して約4~5倍の供給量であった。また、タケ林での Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Cl^- 、 PO_4^{3-} は、樹幹流よりも林内雨による供給量が多かった。マダケ林では、 Na^+ 、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} が林内雨と樹幹流とでほぼ同じ供給量となり、モウソウチク林では、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} が林内雨よりも樹幹流の方が供給量が多かった。一方、二次林ではすべてのイオンについて樹幹流による供給量が林内雨よりも多かった。 K^+ の供給量は、上層木であるコナラの樹幹流によるものが多く、 NH_4^+ 、 SO_4^{2-} は中層、下層木であるソヨゴ、ヒサカキの樹幹流による供給量が多かった。イオンの供給量には、林内雨や樹幹流での各イオン濃度に加えて、林内雨量や樹幹流下量にも強い関わりがあり、その配分は林分構造や葉量によって異なってくる。3層の階層構造をなしている二次林では、上層の林冠が、中層、下層の林冠への降水量を遮断し少なくするだけでなく、降雨強度の緩和もおこる。このような、降水量、降雨強度の変化によって林内雨量と樹幹流下量との分配量が純林とは異なり、さらに溶脱や洗脱の程度にも作用するものと考えられる。

V. おわりに

本報告では、純林を形成しているタケ林と3層構造をなしている二次林の林内雨とその主要構成樹種の樹幹流の成分特性を明らかにした。純林をなしているタケ林ではその構成種であるタケによる特性が林内雨、樹幹流とも現れ、雨水を介しての林地への Cl^- と K^+ の供給量が多いことが明らかとなった。一方、二次林では、林内雨よりも樹幹流によるイオン供給量が多いことが明らかとなった。コナラの樹幹流は K^+ 供給量が多く、ソヨゴ、ヒサカキの樹幹流は NH_4^+ 、 SO_4^{2-} 供給量が上層のコナラより多いなどの特性が現れたが、このことが樹種特性によるものなのか、階層構造による影響が現れたものなのかは不明である。しかし、物質の水への溶解量は、物質と水との接触量や接触時間の影響を強く受けると考えられ、階層構造が降水の遮断量や降雨強度の緩和に関与し樹幹流の流下量や流下速度そして溶解するイオン量にも影響している可能性はあると考えられる。

このように、林内雨の成分特性には森林の構成樹種だけでなく、構造の差異も影響を与えている可能性があるため、今後雨水を介した森林の物質循環を明らかにするためには、さらに様々な森林の調査が必要となってくるであろう。

謝 辞

本研究の実施にあたり、試験地として境内のモウソウチク林を快く貸して下さった桃蔵寺に深く感謝いたします。

引用文献

- 江崎次夫(1996) 造園用樹木類の樹幹流の量およびpH. 日造園誌 59: 53-56.
 生原喜久雄・相場芳憲(1982) スギ・ヒノキ壮齡林小流域における養分の循環とその収支.
 日林誌 64: 8-14.

- 服部重昭(1992) 森林蒸発散の構成成分. 森林水文学. pp. 78-102. 塚本良則編, 文永堂出版, 東京.
- 服部重昭・阿部敏夫(1989) 竹林における降雨遮断特性. 水利科学 **33**: 34-53.
- 服部重昭・小林忠一・玉井幸治(1990) 樹木の形態と葉量が樹幹流下量に及ぼす影響. 日林関西支論 **41**: 297-300.
- 平井敬三・加藤正樹・岩川雄幸・吉田桂子(1990) 樹幹流が林地土壌に与える影響(2) —スギ・ヒノキ林における林外雨, 林内雨, 樹幹流, 土壌水の pH —. 日林論 **101**: 243-245.
- 井倉洋二・吉村和久・久保田勝義・中尾登志雄・荒川和利(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. 九大演報 **71**: 1-12.
- 井上克弘・横田紀雄・村井 宏・熊谷直敏・望月 純(1993) 富士山麓におけるブナ林, ヒノキ林の雨水および土壌浸透水の水質とブナの酸性雨中和機能. 日土肥誌 **64**: 265-274.
- 岩坪五郎・堤 利夫(1967) 森林内外の降水中の養分量について(第2報). 京大演報 **39**: 110-124.
- 岩坪五郎・堤 利夫(1968) 森林内外の降水中の養分量について(第3報). 京大演報 **40**: 140-156.
- 木村和義(1978) 雨と植物 —リーチングを中心として—. 農業気象 **34**: 23-30.
- 丸山明雄・岩坪五郎・堤 利夫(1965) 森林内外の降水中の養分量について(第1報). 京大演報 **36**: 25-39.
- 森貞和仁・河室公康・川添 強・長友忠行(1990) コジイ林における土壌の化学的性質に及ぼす樹幹流の影響. 日林論 **101**: 247-248.
- 西村武二(1973) 山地小流域における養分物質の動き. 日林誌 **55**: 323-333.
- 野呂忠幸・佐々朋幸(1992) 主な落葉広葉樹樹幹流の酸性度比較. 日林東北支誌 **44**: 137-140.
- 農林水産省統計情報部(1995) 第70次農林水産省統計表. 635 pp. 農林水産省, 東京.
- 佐久間敏雄(1994) 森林生態系における物質循環と土壌—植物系の役割. 日林北支論 **42**: 1-11.
- 真田 勝・太田誠一・真田悦子(1993) 森林内における降水の性質と土壌への影響(1) —落葉広葉樹天然林における降水の性質—. 日林論 **104**: 381-382.
- 真田 勝・太田誠一・大友玲子・真田悦子(1991) 札幌近郊におけるトドマツ, エゾマツ人工林の樹幹流・林内雨および林外雨について. 森林立地 **33**: 8-15.
- 佐々朋幸・後藤和秋(1992) 3種の広葉樹(ブナ, ユリノキ, ウダイカンパ) 林内雨の林外雨に対する pH 上昇. 日林東北支誌 **44**: 141-143.
- 佐々朋幸・後藤和秋・長谷川浩一・池田重人(1990) 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—樹種による樹幹流の固有値. 森林立地 **32**: 43-58.
- 佐藤冬樹・笹賀一郎(1996) 酸性降下物と林内雨・樹幹流—ドライデポジットの位置づけ—. 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. 藤原一郎編. 平成5~7年度科学研究費補助金, 試験研究(A) 研究成果報告書: 141-149.
- 鈴木雅一・加藤博之・谷 誠・福嶋義宏(1979) 桐生試験地における樹冠通過雨量, 樹幹流下量, 遮断量の研究(1). 樹冠通過雨量と樹幹流下量について. 日林誌 **61**: 202-210.
- 只木良也・谷口尚彦・杵名重明(1994) 林内雨と樹幹流の酸性度とイオン濃度調査—タケで

- 塩素イオン濃度が高いこと一. 日林中支論 42:121-122.
- 竹中千里・鈴木道代・山田金二・今泉保次・青木重昌・只木良也 (1995) 愛知県稲武町における酸性雨モニタリング(1) — pH と電気伝導度一. 名大演報 14:35-47.
- 徳地直子・岩坪五郎 (1992) 酸性雨と森林生態系の物質循環. 森林立地 34:14-49.
- 渡邊浩一郎・岡本玲子・大嶋秀雄・藤井國博・嶋田典司 (1993) 筑波における樹冠雨の化学的性状と樹種間差. 日土肥誌 64:402-407.
- 米田吉宏・柴田叡弑・隅 孝紀・和口美明 (1995) スギ林・ヒノキ林およびコナラ林で採取した林内雨と樹幹流の性質およびそれらが表層土壤に与える影響. 日林関西支論 4:47-50.

Characteristics of stem flow and throughfall in bamboo stands and in a secondary forest

Yoshimi SAKAI, Haruo MATSUI and Yoshiya TADAKI

Chemical constituents of throughfall and stem flow in bamboo and three-layered secondary stands were examined from June, 1994 to March, 1995 in order to clarify the characteristics of nutrient movement. The bamboo species were Madake (*Phyllostachys bambusoides*) and Mousouchiku (*P. heterocyclus*), and the tree species were *Quercus serrata* (upper layer), *Ilex pedunculosa* (middle layer) and *Eurya japonica* (under layer). The Mousouchiku stand was located at the Touganji temple near Nagoya University while the Madake and the secondary forest stands were on the campus of Nagoya University. Throughfall, stem flow and rainfall were analyzed for pH and cation (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ and NH_4^+) and anion (Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} and PO_4^{3-}) concentrations. The ratio of total cation to total anion in the stem flow was one to one, indicating that cations were always accompanied by anions. The mean pH values decreased in order of throughfall \gg rainfall $>$ stem flow in the bamboo stands, and throughfall $>$ rainfall \approx stem flow in the secondary forest. The highest concentrations of ions, especially K^+ and Cl^- , in the bamboo stands were found in the throughfall whereas in the secondary forest, the highest concentrations of ions were in the stem flow. The amounts of K^+ and Cl^- supplied from the throughfall in the bamboo stands were four to five times higher than those in the secondary forest. In the secondary forest, all ion supplies in stem flow were higher than in the throughfall. Furthermore, in the secondary forest, K^+ supply from the stem flow of *Q. serrata* was higher than that from *I. pedunculosa* and *E. japonica*, whereas for the NH_4^+ and SO_4^{2-} supply, the order was reversed. Such differences in the amount of ion supply from stem flow were not caused by the species but by the fact that the three-layered constitution modified the distribution and intensity of the precipitation.

Keywords : secondary forest, Madake (*Phyllostachys bambusoides*), Mousouchiku (*P. heterocyclus*), throughfall, stem flow