

落葉広葉樹樹幹流の化学的特徴

竹中 千里¹・鈴木 道代²・山口 法雄³
今泉 保次³・柴田 叡次³

愛知県稲武町名古屋大学附属演習林周辺の落葉広葉樹 5 種 (ブナ, ミズメ, ホオノキ, ミズナラ, クリ) について, 1997 年の着葉期に樹幹流を採取し, その化学的特徴を調べた。その結果, 陽イオン組成では, ブナとミズメが K 型, ミズナラとクリが Ca 型, ホオノキがその中間的な Ca-K 型であることが明らかとなった。これらの特徴で, ブナとミズナラについては他観測地で報告されている樹幹流のデータも同様の特徴を持つことから, 樹種特性と捉えることができる。陰イオン組成については, 陽イオンほど樹種別の特徴が明確ではなかった。これらの樹幹流中の陽イオン組成の特徴を樹皮形状と関連させて見てみると, 樹皮表面に深い条裂があるミズナラやクリにおいて Ca が多く, 平滑な樹皮を持つブナやミズメで K が多いことが示唆された。このことから, 樹皮形状が樹幹流中の化学成分の樹種特性を決定する要因のひとつではないかと推測される。

キーワード: 樹幹流, 樹種特性, 陽イオン組成, 樹皮形状

I. はじめに

樹幹流は林内雨と共に森林生態系における物質循環において重要な働きを持ち, 特に樹木にとってその根圏環境を制御していると考えられている (Eaton *et al.* 1973; Falkengren-Grerup and Bjork 1991)。樹幹流の化学成分に関する研究は, 森林生態系における物質循環の観点からだけでなく (Neary and Gizvn 1994), 近年では酸性雨の影響評価に関わる興味から行われてきている (松浦ら 1990; 真田ら 1991; 佐々ら 1991; 竹中ら 1995)。それらの研究成果より, 樹幹流の pH は降雨の pH に関わらず樹種によって一定の範囲に収束することが明らかになってきた (佐々ら 1991)。

一般に, スギやヒノキなどの針葉樹の樹幹流は pH 3~4 の低い値を取ることが報告され (佐々ら 1991; 塚原 1996; 竹中ら 1995), その原因として, 付着した酸性降水物の影響や樹皮からの有機酸の溶出 (金子ら 1995) などが考えられてきた。それに対し著者らは, ヒノキを用いた人工降雨実験により, 自然降雨よりも高い pH の降雨に対してもヒノキ樹幹は pH を 4 近傍にまで低下させる働きを持つことを明らかにし (竹中ら 1997), そのメカニズムとして樹皮表面にイオン交換サイトが存在することを示唆した (竹中ら 1998)。このように針葉樹については, 樹幹流の pH が低く土壤酸性化の原因ともなりうるため (松浦ら 1990), 化学成分に関して詳細な研究がなされている。一方, 広葉樹の樹幹流については pH が 5~6 と高い値を取ることが報告されており (高橋 1996), 土壤酸性化を抑制する作用が高いと

いうことが明らかになってきているが (佐々・長谷川 1992; 佐々ら 1993; 高橋 1996), それらの化学成分の樹種特性の決定要因について詳しく検討した報告例はほとんどない。

そこで, 愛知県稲武町の名古屋大学附属演習林周辺の落葉広葉樹 5 種について着葉期の樹幹流の化学成分を調べ, その化学的特徴を把握するとともに樹種特性の決定要因として樹皮形状との関係を考察したので報告する。

II. 試料および分析方法

試料を採取した地点は, 愛知県北設楽郡稲武町の名古屋大学附属稲武演習林に接する天然広葉樹林内 (海拔高: 約 1000 m) である。この天然広葉樹林は, 高木層がブナ, モミ, コハウチワカエデなどの種によって構成され, 草本層はスズタケが占めている。樹幹流を採取した落葉広葉樹は, ブナ (*Fagus crenata* Blume, 胸高周囲長: 201 cm), クリ (*Castanea crenata* Sieb. et Zucc., 胸高周囲長: 160 cm), ミズナラ (*Quercus crispula* Blume, 胸高周囲長: 155 cm), ミズメ (*Betula grossa* Sieb. et Zucc., 胸高周囲長: 140 cm), ホオノキ (*Magnolia obovata* Thunb., 胸高周囲長: 93 cm) の 5 種類である。これらの標本木はいずれも高木層にあり, 樹冠において隣接木と接触がほとんどない。また, これらは 50 m×20 m の範囲内に点在しており, 降水量や乾性沈着物の降下量には大きな違いはないと考えられる。樹幹流採取は, 着葉期である 1997 年 6 月 10 日から 10 月 8 日までの計 8 回, それぞれ 1 本ずつについてガーゼ法によ

¹名古屋大学農学部 森林環境資源学研究室

Laboratory of Forest Environment and Resources, School of Agricultural Sciences, Nagoya University, Nagoya 464-8601, Japan.

²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 464-8601, Japan.

³名古屋大学農学部附属演習林

University Forest, School of Agricultural Sciences, Nagoya University, Inabu 441-2513, Japan.

(受理: 1998 年 11 月 25 日)

り行った。試料回収は期間降雨量 17 mm~346 mm の降雨直後に行った。

試料は回収後なるべく早急に孔径 0.45 ミクロンのメンブランフィルターで濾過し、その試料の一部について、pH と電気伝導度の測定を別々に行った。残りの試料は冷蔵庫に保存し、化学分析に供した。pH の測定は、堀場 pH メーター F-12、電気伝導度の測定は、東亜電波製ポータブル伝導度計 CM-11 P あるいは CM-14 P で行った。採取した樹幹流について、陽イオン・陰イオン成分をイオンクロマト法(島津パーソナルイオンアナライザ PIA-1000)で分析した。

III. 結果と考察

1. 樹幹流の pH と EC

図-1 と 2 に、各樹幹流の pH と EC を林外雨のデータと共に示した。林外雨の pH は降雨毎に 4.9~6.6 と変動(平均値; 5.79, 標準偏差; 0.48)しているのに対し、樹幹流の pH は樹種による変動は小さく、8 回測定 of 単純平均値と標準偏差は、クリ; 5.61, 0.19, ホオノキ; 5.77, 0.31, ミズメ; 5.85, 0.27, ブナ 5.71, 0.26, ミズナラ; 5.79, 0.29 であった。塚原 (1996) による山形大学上名川演習林におけるクリ, ブナ, ミズナラの樹幹流の平均値は、それぞれ 5.6, 6.8, 6.2 であり、ブナとミズナラは稲武の方がやや低い値となっている。このことより、佐々ら (1991) が報告している樹種による固有の pH 値というのは、観測地や測定木によって異なることが示唆された。これらの樹幹流 pH は秋に向かってやや低下していく傾向が認められた。しかしながら、これまでに報告されている樹幹流 pH のデータでは、顕著な季節変動は認められていない(藤本 1997; 井倉ら 1994)。

EC については、いずれの樹幹流も林外雨よりも高い値を示し、樹体に付着していた乾性沈着物の溶出や樹体からの化学成分の溶脱などの寄与が認められた。EC が示す溶存イオン成分の総量は、樹種、樹形の違いおよび個体の大きさや年齢などに依存すると考えられるが、平均値で比較

すると、胸高周囲長の大きいクリやブナで EC が高く(クリ; 49.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ブナ; 37.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$), 最も小さいホオノキで低い (22.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$) という傾向が認められた。

2. 樹幹流の化学組成

樹幹流中の各化学成分の絶対濃度は、上述の EC のデータで示唆されたように個体の大きさに依存している可能性があるため、ここでは陽イオン、陰イオンの総量をそれぞれ 1 とした化学組成で樹種による特徴を比較した。林外雨および樹幹流の化学組成について、図-3 に陽イオン ((a)~(f)), 図-4 に陰イオン ((a)~(f)) を樹種別にレーダグラフで示した。図-3 (a) は林外雨の陽イオン組成であり、採取日によってその化学組成が異なることが明らかである。それに対し、樹幹流の化学組成は樹種によって特徴的であることがわかる。ブナとミズメの樹幹流(図-3 (b), 図-3 (c)) はカリウムが多く (K 型), ホオノキの樹幹流には(図-3 (d)) カルシウムとカリウムが多い (Ca-K 型)。ミズナラとクリの樹幹流(図-3 (e), 図-3 (f)) は、カルシウムが多い特徴を持つ (Ca 型)。

陰イオンについては、林外雨の組成(図-4 (a)) が硫酸イオンに少し偏った三角形のレーダグラフで示されるのに対し、ミズメ(図-4 (c)), ホオノキ(図-4 (d)), ミズナラ(図-4 (e)) では、硝酸イオンが少なく硫酸イオンと塩化物イオンの多い組成で特徴づけられる。一方、ブナ(図-4 (b)) は塩化物イオンが多い傾向があり、クリ(図-4 (f)) は林外雨とほとんど同じ様な組成であることがわかる。しかしながら、陰イオン組成の樹種別特徴は陽イオンほど顕著ではないといえる。

これまでに日本各地で報告されているデータ(井倉ら 1994; 高橋 1996; 佐々ら 1991; 塚原 1996)を用いて、広葉樹の樹幹流の陽イオン組成を、同様のレーダグラフで示したのが図-5 である。ブナが K 型であり(図-5 (a)), ミズナラが Ca 型であること(図-5 (b)) は本観測結果と一致しており、樹種特性と捉えることができる。一方、クリの化学組成は今回の結果ほど顕著な Ca 型ではないことが示された(図-5 (c))。

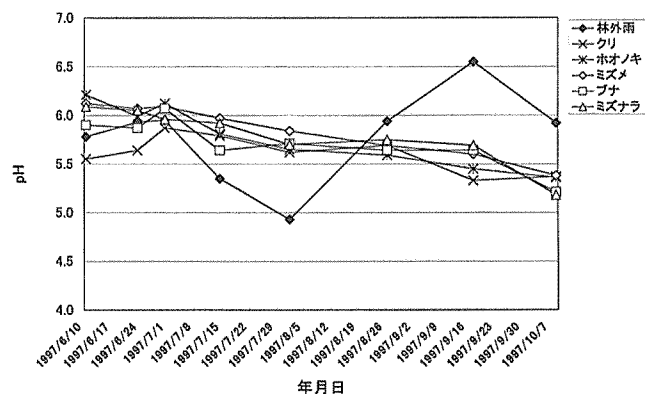


図-1. 林外雨および落葉広葉樹 5 種の樹幹流の pH

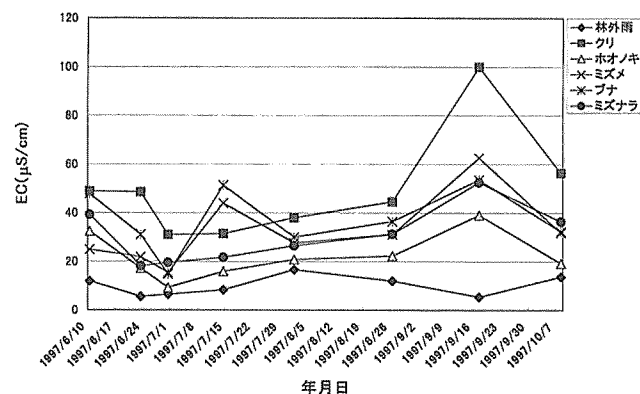


図-2. 林外雨および落葉広葉樹 5 種の樹幹流の電気伝導度

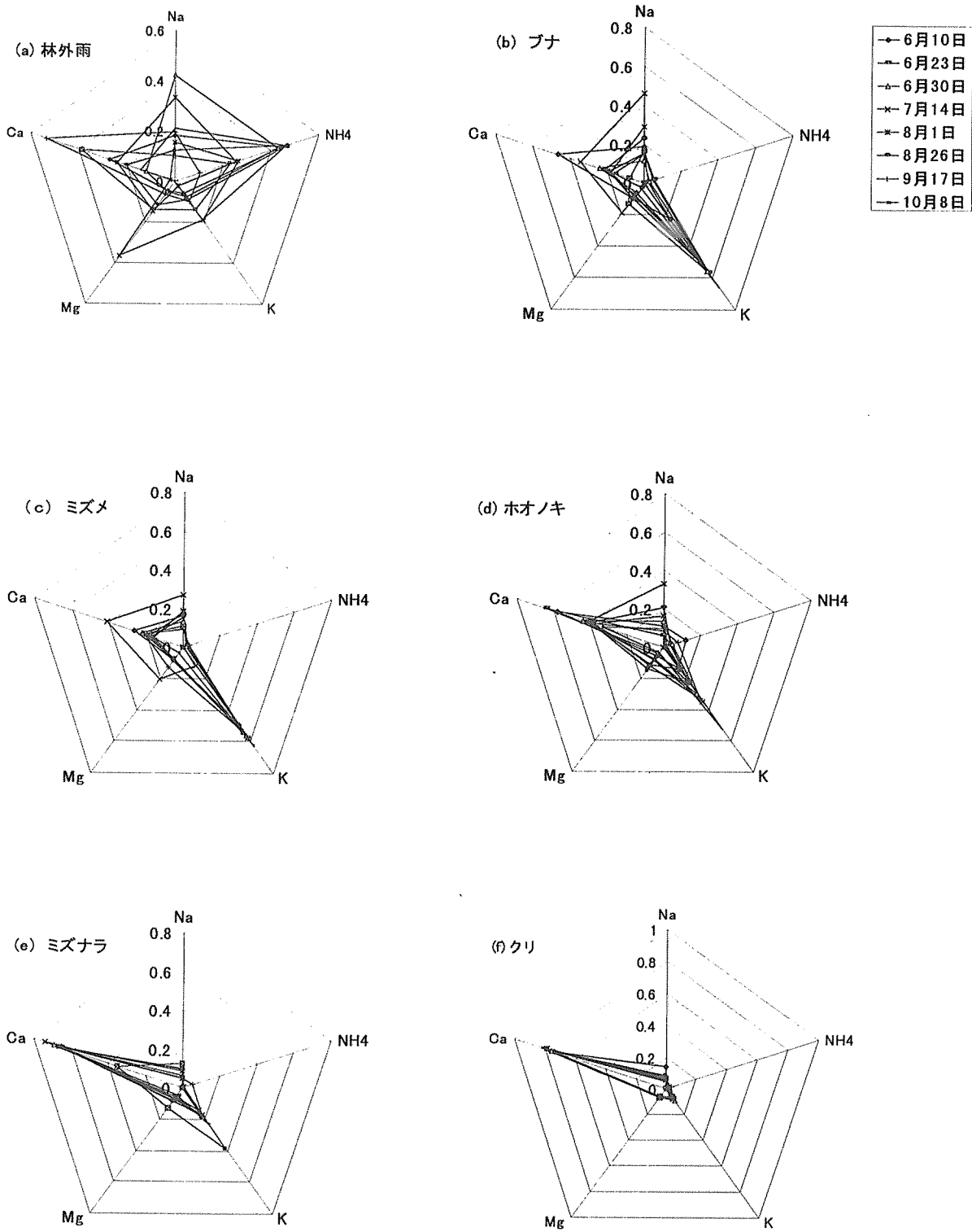


図-3. 林外雨(a)および落葉広葉樹5種 ((b)ブナ(c)ミズメ(d)ホオノキ(e)ミズナラ(f)クリ)の樹幹流中の陽イオン組成

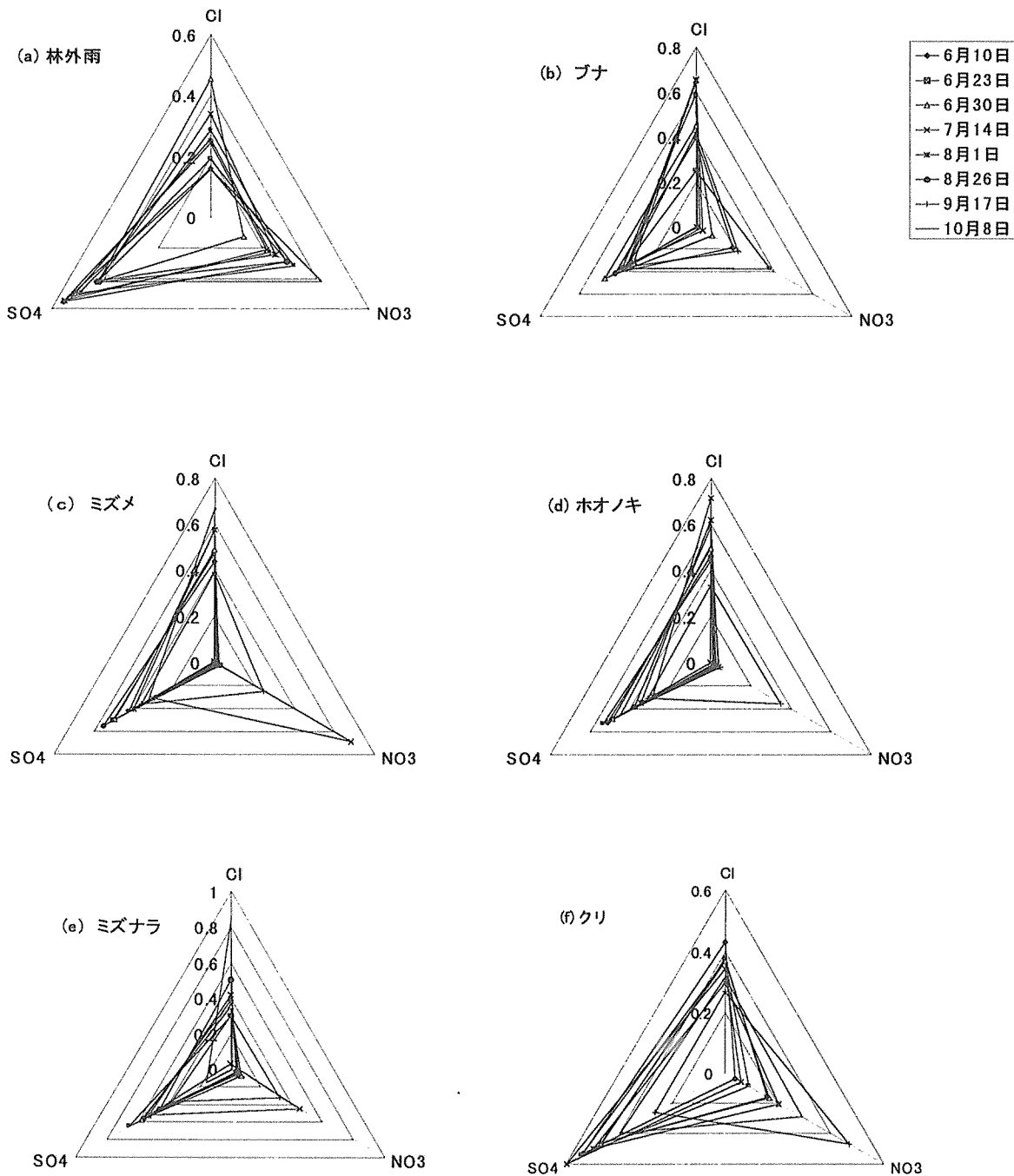


図-4. 林外雨(a)および落葉広葉樹5種((b)ブナ(c)ミズメ(d)ホオノキ(e)ミズナラ(f)クリ)の樹幹流中の陰イオン組成

3. 樹種特性の決定要因

ここで、樹種特性が顕著である陽イオン組成について、その決定要因について考察する。著者らが前報で述べているように(竹中ら 1995)、樹幹流の化学成分は、林外雨の溶存成分に、樹体付着乾性沈着物および樹体からの溶脱成分が加わり、一部、樹体に吸着(吸収)される成分が差し引かれて決定すると考えられる。本研究では、それぞれの対象木に付着していた乾性沈着物は、同一林内であることか

ら化学組成はほとんど同じであると考えられるので、樹幹流の樹種特性の決定要因からは除外できる。次に、樹幹流中の各陽イオン濃度は NH_4^+ イオンを除いて林外雨中よりも高くなっていたことから、樹幹流において樹体表面からの化学成分の溶脱あるいは樹体表面における濃縮現象が起こったことが考えられる。しかしながら、今回の試料はいずれも期間降雨が 17 mm 以上の降雨直後に採取されたものであるため、濃縮が起こったとは考えにくく、またも

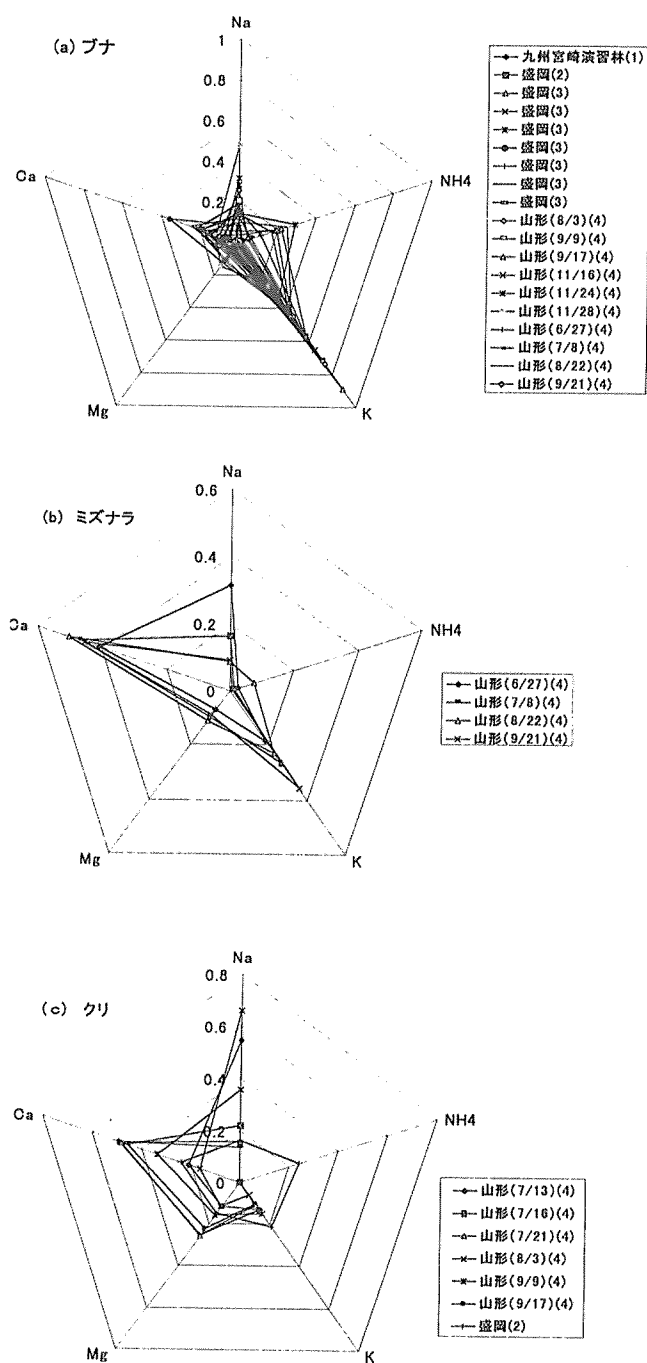


図-5. 他観測地における(a)ブナ (b)ミズナラ (c)クリの樹幹流中の陽イオン組成

引用文献: (1)井倉ら 1994 (2)高橋 1996 (3)佐々ら 1991 (4)塚原 1996

し起こったとしても化学組成を保ったままの濃縮であれば、図-3, 4で示したような化学組成のタイプ(型)の特徴は変化しないと考えることができる。従って、樹幹流の化学成分を特徴づける要因を、葉や樹幹のような樹体からの溶脱成分であると推察した。

まず、樹幹からの溶脱成分の寄与では、樹皮形状の違いがひとつの要因であると考えられる。今回の測定

樹種の樹皮形状の特徴を見ると、ブナは最も平滑な樹皮であり(写真1)、ミズメも平滑で横方向に皮目が存在する(写真2)。ホオノキは平滑な表面ではあるが浅い細かな縦の皮目が認められ(写真3)、ミズナラとクリと樹皮は縦方向の深い条裂が特徴的である(写真4, 5)。この樹皮表面形状から樹幹流の化学特性を見てみると、クリやミズナラのような深い条裂を持つ樹種の樹幹流はCa型であり、ブナやミズメのような平滑な樹皮である樹種はK型であることが示唆される。また、ホオノキは浅い縦状の皮目を持つことから中間型であるCa-K型になると考えることができる。図-5に示した他研究者のデータにおいて、ブナやミズナラはそれぞれK型とCa型であったのに対し、クリの特徴は本研究結果ほど特徴的ではなかった。ブナやミズナラの樹皮形状は樹齢に関係ないのに対し、クリの樹皮形状は樹齢とともに変化し、縦状の条裂は壮齢期に生じることが知られている(橋詰ら 1993)。このことから、樹齢によって樹皮形状が変化する樹種については、樹幹流の化学特性を議論する際には、測定木の樹齢も考慮する必要があるかもしれない。

さらに、高木ら(1998)が指摘しているように、地衣や苔のような着生植物も樹幹流の化学特性に影響を与える要因であると考えられる。高木らは樹幹の着生植物は樹幹流中の NO_3^- と NH_4^+ の濃度に影響を与えることを報告している。本研究でも樹幹流中のこれらのイオン濃度は林外雨中濃度よりも低下していることから、樹体への吸着が起こっていることが推測される。本研究の測定木には、写真にも示されているように、いずれも着生植物の付着が認められた。それらの種類や量については、把握が困難であるため今回は調査しておらず樹幹流の樹種特性との関係は不明であるが、今後検討すべき重要な課題である。

今回は葉からの溶脱成分を代表すると思われる林内雨の観測を行っていないので、葉からの溶脱成分が樹幹流の樹種特性の要因となりうるかという議論はできない。しかしながら、着葉期における樹幹流の化学特性に季節変化が認められなかったこと、さらに、塚原(1996)のデータを用いて図-5に示した落葉期における樹幹流の化学特性も着葉期と同じ傾向であることなどから、葉からの溶脱成分の樹幹流化学特性への寄与は小さいものと推察される。

IV. ま と め

名古屋大学農学部稲武演習林周辺で落葉広葉樹5種の樹幹流の化学特性を調べた結果、pHは5.6~5.9の範囲で樹種間の違いは認められなかったのに対し、陽イオン組成では、ブナ、ミズメはK型、ホオノキはCa-K型、ミズナラとクリはCa型と特徴的な樹種特性があることが明らかとなった。このような樹種特性と樹皮形状の特徴との関連性を見てみると、樹皮に深い条裂のある樹種ではCaが多く、平滑な樹皮ではKが多いことが示唆された。葉からの溶脱成分や着生植物など樹幹流の化学特性に影響を与える他の

要因も重要ではあるが、樹皮形状という観点から、これまでに報告されている樹幹流化学成分の樹種特性のデータを見直す必要があると考えられる。

謝 辞

本研究の実施にあたり、大変お世話いただきました名古屋大学農学部附属演習林の肘井助教、梶村教官に感謝の意を表します。また、試料回収等に多大なご協力をいただきました原田民子さんに御礼申し上げます。

なお本研究は、全国演習林協会による共同研究の一部として、平成8~10年度文部省科学研究費補助金(基盤研究A(1)No. 08506001:代表者 川那辺三郎)を受けて実施したものである。

引用文献

- Eaton J.S., Likens G.E. and Bormann F.H. (1973) Throughfall and stemflow chemistry in a northern hardwood forest. *J. Ecol.* 61: 495-508.
- Falkengren-Grerup U. and Bjork L. (1991) Reversibility of stemflow-induced acidification in Swedish beech forest. *Environ. Pollut.* 74: 31-37.
- 藤本浩平 (1997) 樹幹流および林内雨に溶存する海塩由来物質に関する研究. 高知大演報 24: 147-185.
- 橋詰隼人・中田銀佐久・新里孝和・染郷正孝・滝川貞夫・内村悦三 (1993) 図説実用樹木学. 214 pp. 朝倉書店, 東京.
- 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. 九大演報 71: 1-12.
- 金子真司・荒木 誠・鳥居厚志 (1995) スギ樹幹流の有機酸存在の推定. 日林関西支論 4: 51-52.
- 松浦陽次郎・堀田 庸・荒木 誠 (1990) 関東地方におけるスギ林表層土壌の pH 低下. 森林立地 32: 65-69.
- Neary A.J. and Gizyn W.I. (1994) Throughfall and stemflow chemistry under deciduous and coniferous forest canopies in south-central Ontario. *Can. J. For. Res.* 24: 1089-1100.
- 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—樹種による樹幹流の pH 固有値—. 森林立地 32: 43-58.
- 佐々朋幸・長谷川浩一 (1992) 特定樹種の樹幹流による土壤酸性化抑制作用—ユリノキの場合—. 日林誌 74: 437-440.
- 佐々朋幸・高橋忠幸・長谷川浩一 (1993) 特定樹種の樹幹流による土壤酸性化抑制作用 (II) センノキ, オニグルミについて. 日林誌 75: 321-330.
- 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.
- 高木丈子・辻村真貴・竹井理恵・竹中千里 (1998) カラマツ着生植物が樹幹流水質におよぼす影響. 第 109 回日本林学会大会講演要旨集, p.106.
- 高橋忠幸 (1996) 主な落葉広葉樹樹幹流の酸性度とヤマナラシ樹幹流による土壤酸性化抑制機能. 岩手林技セ研報 6: 17-27.
- 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(I)—pH と電気伝導度—. 名大演報 14: 35-47.
- 竹中千里・恩田裕一・榊原岳史・笹間崇・酒井佳美・只木良也・野々田稔郎 (1997) ヒノキ人工林における酸中和過程—大型人工降雨実験による追跡—. 森林立地 39: 29-35.
- 竹中千里・笹間 崇・清水由香 (1998) ヒノキ樹幹表面の化学特性. 第 109 回日本林学会大会講演要旨集, p.106.
- 塚原初男 (1996) 樹幹流の樹種特性と季節変動—山形大学の事例—. 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 年度科学研究費補助金試験研究(A)研究成果報告書.

213-238.

Chemical characteristics of stem flow collected from deciduous trees

Chisato TAKENAKA, Michiyo SUZUKI, Norio YAMAGUCHI, Yasuji IMAIZUMI and Ei'ichi SHIBATA

The characteristics of the chemical composition of stem flow of *Fagus crenata*, *Castanea crenata*, *Quercus crispula*, *Betula grossa* and *Magnolia obovata* in deciduous forest near the Inabu experimental forest of Nagoya University, Aichi Prefecture, were analyzed during the growing season in 1997. The cation composition in the stem flow of *Fagus* and *Betula* was characterized as K-type, and that of *Castanea* and *Quercus* as Ca-type. These characteristics were also obtained for *Fagus* and *Quercus* from the data in previous studies on stem flow. On the other hand, no specific characteristics were found in the anion composition of stem flow. With respect to bark features, K-type species such as *Fagus* or *Betula* have a smooth surface, while the Ca-type species such as *Castanea* or *Quercus* have deep cracks. This suggests that this feature of the bark may be an important factor determining the chemical characteristics of the stem flow.

Keywords: stem flow, specific characteristics, cation composition, bark features



写真1. プナの樹皮

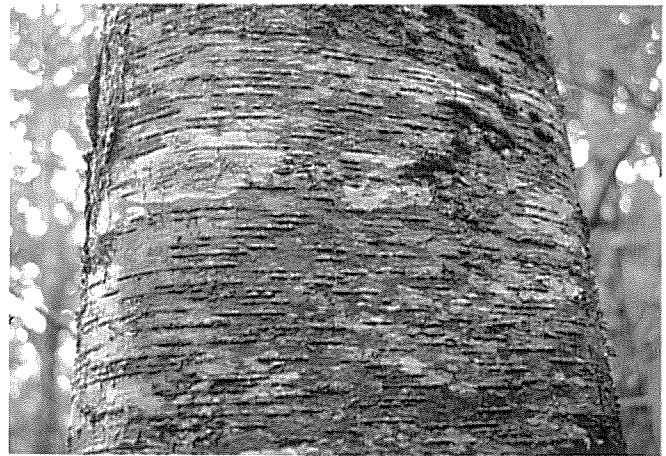


写真2. ミズメの樹皮



写真3. ホオノキの樹皮



写真4. ミズナラの樹皮



写真5. クリの樹皮