

Ⅲ フィールドワーク研究報告①

高知県のいの町成山のヒノキ林と竹林における物質動態

田中壮太

要 旨

筆者らは、高知県の気候や地勢上の特徴が、森林生態系の物質動態や河川への養分供給に果たしている役割を明らかにすることを目的に、いの町神谷地区成山のヒノキ林と竹林において、ヒノキ林では2006年3月から、竹林では2007年5月から、林外雨、林内雨、土壌溶液および、渓流水の水質のモニタリングを行っている。調査地は、仁淀川の支流である小野川の源流部に位置している。本稿では、経過報告として、研究内容を紹介するとともに、これまでに得られている結果から研究の着目点や今後の見通しについて言及する。

キーワード：ヒノキ林、竹林、高知県、物質動態

1. はじめに

高知大学大学院黒潮圏海洋科学研究科では、「分野横断」「陸から海まで」という理念を実践する研究フィールドとして、高知県の代表的な河川である四万十川や仁淀川流域を取り上げ、海・川・山（森）を一つのシステムとしてとらえ、黒潮圏における生物資源再生産機構を解明することを目的とする研究を行っている。本稿では、その一環として、筆者らがを行っている、高知県のいの町成山における森林の物質動態に関する研究を紹介する。

1990年頃から「森は海の恋人」という言葉が聞かれるようになり、森・川・海の連関の重要性が提唱されるようになった。水産庁、林野庁、国土交通省が共同で取りまとめた報告書には、森林が果たす重要な役割の一つは、河川や海洋へ栄養塩を安定に供給することであると指摘されている（水産庁漁港魚場整備部ら2004）。しかし、森・川・海の連関そのものや、その中で森林が物質の動態に果たしている役割について、科学的なデータを基に実際に検証が行われた事例は極めて少なく、話題ばかりが先行しているのが現状である。

そもそも、わが国の森林土壌の物質動態は、木材生産、すなわち樹木の生長を左右する因子としての観点から研究されてきた。1970年から1980年代にかけて、人間活動が拡大し、人為起源の酸性降下物による森林劣化や陸水の酸性化が顕著になると、森林への酸沈着

や、森林内での酸生成、森林土壌の酸負荷への緩衝作用などに関する研究が増えるようになった。このような研究では、土壌の酸性化や窒素飽和にともなう、森林土壌から河川への養分流出の影響評価も試みられている。しかし、酸性雨関連の研究の多くは、大気汚染物質の発生源が近くにある関東地方や、大陸起源の汚染物質の影響を受けやすい日本海側の森林を中心に行われてきた。一方、森林土壌から流出するケイ素は、森・川・海の連関の中で河川や海洋の生物生産を考える上で、鍵となる元素の一つであると指摘されているが（水産庁漁港魚場整備部ら2004）、酸性雨関連の一連の研究では、その動態はほとんど調べられていない。高知県では、酸性雨による森林の土壌肥沃度や物質動態への影響を直接調べた研究事例は少ないが、降水や渓流水の水質モニタリングは実施されている。

高知県は、年間降水量が2000~3000 mmと全国平均の約1700 mmより高く、梅雨時から夏季に降水が集中する。特に夏季には、その地理的位置から台風による影響を受けやすく、台風時には内陸20 km付近でも海塩による森林の物質動態への影響がみられることが報告されている（藤本1997）。一方、県内には、高知市とその近郊を除けば、大気汚染物質の排出源となる工場などはあまり存在しない。しかし、北西モンスーンの卓越する冬季には、大陸や瀬戸内海の工業地帯から発生した窒素酸化物や硫黄酸化物の影響を受けること、時には桜島のような活火山起源の硫黄酸化物の影響を受けることが報告されている（Seto and Hara 2006）。また、春先には、黄砂が頻繁に観測されており、その影響も無視できない。高知県の森林率と人工林率はそれぞれ84%、65%と全国1位であり、土地利

用の中で森林が卓越しているのも大きな特徴であると言える。このような地勢・気候的特徴は、国内の他地域とはかなり異なるものであり、高知県の森林における物質動態を研究することは、森・川・海の連関を考える上で重要な知見を提供するものと考えている。

ところで、近年西日本各地の里山地域で竹林が拡大し、人工林や二次林、耕作地に侵入していることが報告されている。高知県においてもその拡大は顕著であり、例えば春野町では、1962年から1998年の36年間で竹林面積が約2倍に増えたことが報告されている (Dura and Hiura 2006)。このような竹林拡大の原因として、安価な竹製品やタケノコの輸入の増加や、木材価格の低迷や農村部の過疎化により竹林、人工林が放置されるようになったことが指摘されている (鳥居 2004)。竹林の拡大は、景観上の問題のみならず森林の多様な公益的機能を変質させる可能性があるため、行政側でも問題視され、拡大防止策の策定が急がれている。しかし、竹林拡大による水環境、植物、土壌への影響は、ほとんど分かっていない (奥田2005)。土壌の養分動態の面から、竹は、他の樹木と比べて生育がきわめて早く、ケイ素蓄積植物であることから、竹林の拡大地域では、一般的な土壌養分のみならず、河川・海洋の生物生産にとって重要な栄養塩となるケイ素の動態も大きく影響を受ける可能性がある。

そこで、本研究では、高知県内のヒノキ林と竹林において、林外雨、林内雨、土壌溶液および、渓流水の水質をモニタリングし、それらの季節変動を比較・検討することを通して、森林生態系の水質に影響を及ぼす諸要因を明らかにし、高知県の森林における養分動態を評価することを目的としている。また、本研究で得られた知見を、他地域で実施された既往研究の知見と比較することにより、上述したような高知県という地域特性が、森林の物質動態や、さらには河川への養

分供給に果たしている役割について考察したいと考えている。

2. 材料と方法

2.1. 調査地の概要

本研究は、高知県吾川郡いの町神谷地区成山において行っている (図1)。成山は、仁淀川の支流である小野川の源流部に位置しており、海岸線からは約15 km離れている。高知市やいの町の中心部に比較的近いものの、県内の他の中山間地と同様に、過疎化が深刻な問題となっている。谷部を中心に棚田が広がっているが、その多くは放棄されている。一方、斜面の多くにはヒノキが植林されているが、手入れの行き届いたものは少ない。放棄田やヒノキ林への竹の侵入が著しく、近年ボランティアによる竹林伐採が行われている。近くの佐川町の過去10年間の年平均降水量は約3,200 mmであり、5月から9月の夏季、特に台風が多く通過する9月に降水量が多い。台風時の降水量は、200~300 mmにも達する。母材は、チャート、蛇紋岩、輝緑凝灰岩、砂岩及び粘板岩により複雑に構成されている (河合正虎1976)。

本研究の調査プロットを、集落の上側にあるヒノキ林 (以下、ヒノキ林) と、そこから30 mほど離れた竹 (孟宗竹) が侵入したヒノキ林 (以下、竹林) に設けた。集落の上側には、ヒノキ林の間を蛇行して仏ヶ峠を越える舗装道路が通っているが、民家などは存在しない。ただし、舗装道路の下側の斜面は、コンクリートブロックで保全されているところがある。ヒノキ林、竹林とも海拔約400 mに位置し、母材はチャートである。ヒノキ林は、樹齢が約35年で、2005年に間伐が行われた。西北向き (N70°W) 斜面で、傾斜は43°

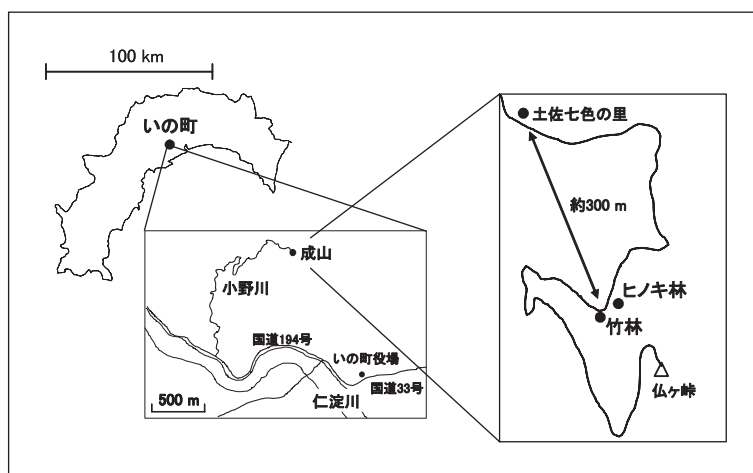


図1. 調査地の概要。

であった。一方、竹林は、地権者によれば、約40年前にヒノキが植林されたが、30年前に行われた道路工事の際の土砂の影響でヒノキが影響を受け、竹が侵入した。現在では、ほとんど竹に置き換わっている。斜面は北向き (N10° W) で、傾斜は37°であった。林外雨の採取と降水量のモニタリングは、集落内にある土佐七色の里の駐車場の端で行っている。ヒノキ林、竹林とは、直線距離で約300 m離れている。

2.2. 調査方法

ヒノキ林では2006年3月29日に、竹林では2007年5月23日に調査プロットを設け、土壌調査・試料採取を行った。土壌試料は、一般理化学性分析に供試した。調査プロット内に、写真1のように、林内雨と土壌溶液の採水装置を設置した。林内雨採水装置は、直径24 cmのポリエチレン製ロートを30 L容ポリタンクに接続したもので、林内に5反復で設置した。土壌溶液の採水装置は、面積540 cm²のポリプロピレン製の採水板と20 L容ポリタンク (2006年5月9日までは10 L容ポリタンク) をポリエチレンチューブで接続したもので、林内に3反復で設置した。採水板を土壌表面から10 cm、30 cmの深さに差し込み、表面から10 cmまでの溶液 (土壌溶液1) と、30 cmまでの溶液 (土壌溶液2) を採水している。また、土佐七色の里に、林外雨採水装置 (2反復) と降水量モニタリングのため、転倒ます式雨量計 (Daiki, DIK-0201) を設置した。林外雨採水装置は、林内雨と同じものであるが、ロート上部に鳥が留

まるのを防止するための王冠を取り付けている。また、ヒノキ林の斜面の下を流れる溪流から、溪流水の試料を採取している。

それぞれの水試料は、2週間に1回、ポリタンク内の水量を記録し、その一部を分析用試料としてポリ瓶に取り、実験室に持ち帰って分析している。

3. 現在までの成果

これまで、ヒノキ林では1年半、竹林では4ヶ月にわたってモニタリングを継続してきた。一般に、本研究のようなフィールドワークは、気象条件などに大きく影響を受けるため、少なくとも2年から3年はモニタリングを継続し結果を取りまとめる必要がある。そのため本研究は、何らかの結論を引き出す段階には至っていないので、本稿ではこれまでに得られた結果を簡単に紹介させていただくことにする。

3.1. 林外雨、林内雨、土壌溶液の水量と主な気象イベント

調査期間中の林外雨量とヒノキ林の林内雨量、主な台風と高知市内で観測された黄砂の発生日数を図2に示した。降水の特徴として、2006年には、4月10日から11日にかけて377 mmの降水があったこと、2007年の春季から梅雨期にかけて降水量が非常に少なかったことがあげられる。台風は、2007年には4号が高知県に上陸した。また2006年には10号と13号、2007年には5号

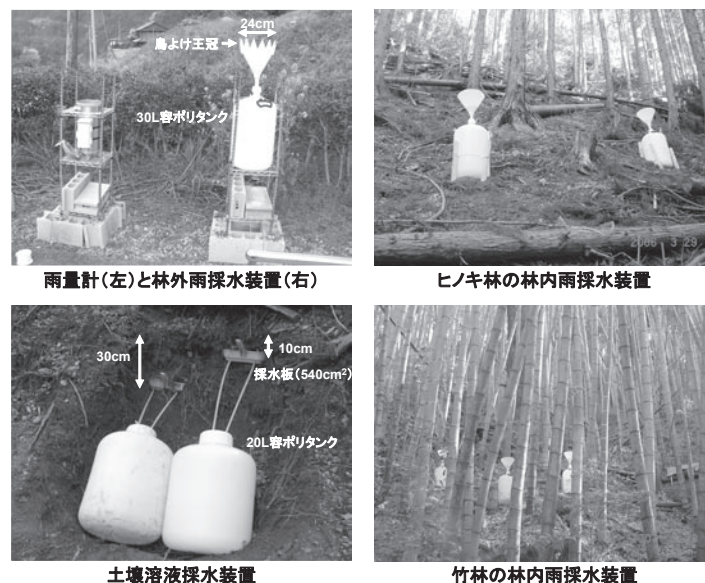


写真1. 各種採水装置。

が九州地方に上陸し、その際、高知県にかなり接近した。黄砂は、2006年には計12日、2007年には11日観測された（気象庁HP）。

ヒノキ林、竹林とも、林内雨量と土壌溶液量は、それぞれ林外雨量と高い正の相関がみられた。林外雨に対する林内雨の割合を、竹林の調査を開始した2007年5月29日以降で比較すると（図3）、ヒノキ林で78%、竹林で63%とヒノキ林の方が高かった（ $p < 0.05$ ）。また、この割合は、林外雨量がおおよそ150 mmまでは林外雨量に比例して増加するが、林外雨量が150 mmを超えるとヒノキ林で約80%、竹林で70%とほぼ一定の値となった。ヒノキと竹の葉面積の違いにより、竹の樹冠の方が降水を捕捉しやすいこと、また降水量が少ないと、降水の一定割合が樹冠に捕捉され、樹幹流となることを示していると推察される。

一方、林外雨に対する土壌溶液の割合は、土壌溶液1では、林外雨量が100~150 mm付近でピークがみ

られたが、土壌溶液2は林外雨量によらずほぼ一定であった。このことは、ある程度のまとまった降水があり、表層土の孔隙が降水で飽和されると、表面流去が発生していることを示している。また、この割合は、土壌溶液1ではヒノキ林で43%、竹林で41%と有意差はなかったが、土壌溶液2では11%、29%と竹林が高かった（ $p < 0.01$ ）。ヒノキ林と竹林では、下層土の土壌孔隙分布や透水性に差があることが示唆される。

3.2. 林外雨、林内雨、土壌溶液の水質

図4に試料のpHと電気伝導度（EC）の推移を示した。土壌溶液は、1と2であまり差がなかったため、1の結果のみを示した。また、スペースの都合上、溶存イオン濃度の測定結果については、その傾向を述べるにとどめる。

ヒノキ林では、pHは、夏季には、林外雨の方が林

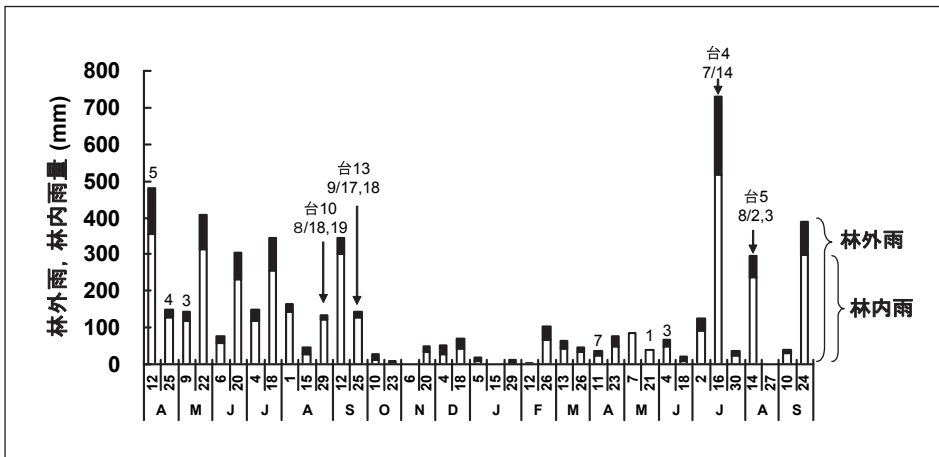


図2. 林外雨とヒノキ林の林内雨量。横軸は試料採取日、台は高知県に接近または上陸した台風を、棒上の数字は、高知市において黄砂が観測された日数を示す。

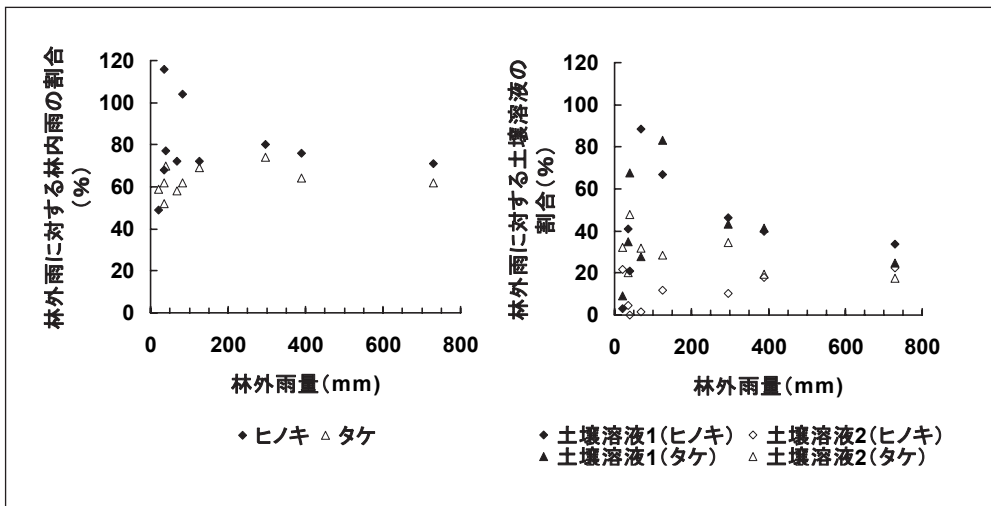


図3. 林外雨量と林内雨量、土壌溶液量の関係。

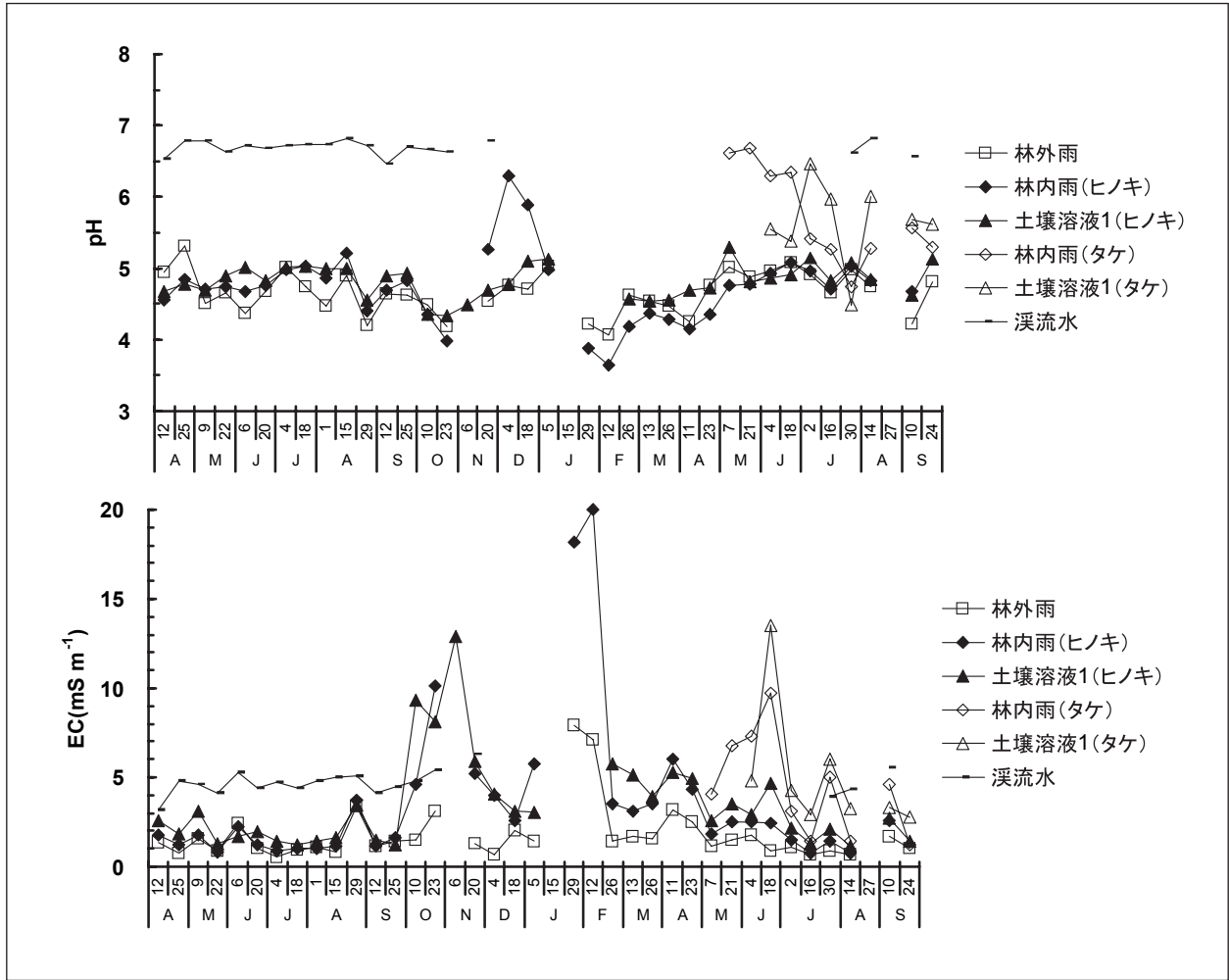


図4. pHとECの推移。グラフが途切れているのは、降水がなかった、あるいは水量が少なく試料が採取できなかったため。

内雨と土壌溶液より低いが、冬季から春季には、林外雨の方が高い傾向がみられた。ECは、夏季には試料間にほとんど差がなく、いずれも低い値であったが、冬季から春季にかけては、林内雨と土壌溶液の方が林外雨より高かった。冬季には、降水量が少なく、上述のように北西モンスーンの影響を受けるため、大陸由来の酸性物質を含んだ乾性降水物の樹冠への沈着の影響が強く現れたと考えられる。溶存イオン濃度の推移は、ECと類似しており、おおむね土壌溶液>林内雨>林外雨の順であった。土壌溶液では、 K^+ 、 Ca^{2+} 濃度は、調査期間を通じて、土壌溶液1>土壌溶液2だったが、その他のイオン種に明瞭な差はみられなかった。また、2006年の秋季には、林内雨のpH、林内雨と土壌溶液のEC、溶存イオン濃度が非常に高い値となった。特に林内雨の K^+ は、土壌溶液と比べても高い濃度であった。このような現象は、落葉期の葉からの塩基の溶脱が原因であると推察される。

一方、竹林の林内雨、土壌溶液のpH、EC、溶存イ

オン濃度は、林外雨やヒノキ林の林内雨、土壌溶液に比べて高い値であった。これらは、6月から7月にかけて林内雨の方が土壌溶液より高く、8月以降は土壌溶液の方が高かった。5月下旬から6月初旬頃、竹の葉が黄化し落葉がみられたことから、ヒノキ林と同様に、葉からの養分の溶脱が原因であると考えられた。また、7月までに落葉は終わったが、葉が地表面を埋め尽くしていたので、林内雨での増加に続くような形で、土壌溶液で高くなったと推察される。

渓流水は、概して、pH、EC、溶存イオン濃度とも変動は小さく、ヒノキや竹の落葉期を除けば、他の試料に比べて高い値を示した。

図5には、林外雨による海塩、非海塩由来の Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} -Sの負荷量を示した。台風時の試料では、海塩由来成分の割合が非常に高かった。しかし、台風が高知県に接近した2006年8月29日、9月25日、2007年8月14日の試料に比べて、台風が実際に高知県に上陸した2007年7月16日の試料の方が、図に示した Ca^{2+} だけでな

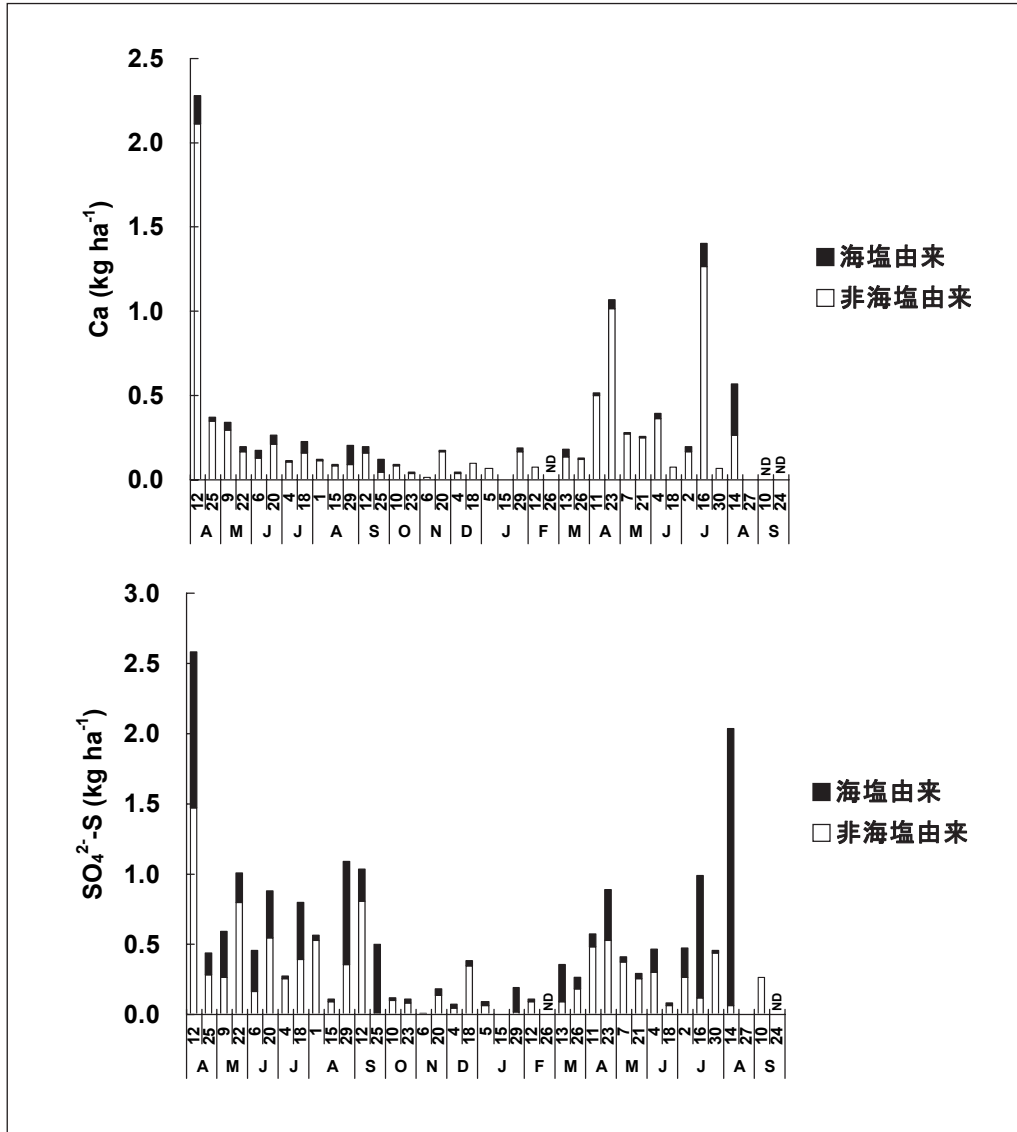


図5. 林外雨による海塩由来、非海塩由来のCa、SO₄²⁻-Sの負荷量。ND：分析せず。

く、K⁺やMg²⁺についても海塩由来成分の割合が低かった。このような結果は、台風接近時には、海水の巻き上げにより海塩由来成分が増加するが、台風上陸時には、付近の土壤までもが巻き上げられ、降水として森林に負荷されていることを示唆している。一方、冬季から春季にかけては、非海塩由来の成分の割合が高いため、大陸由来の物質の寄与が大きいと考えられる。なお、このような季節ごとの傾向とは別に、1日におよそ50~100 mmを超えるような降水が記録された時に採取した試料では、海塩の割合が高い傾向がみられた。

最後に、本研究の着目点の一つであるケイ素濃度の推移を、図6に示した。溶存イオン濃度とは異なり、林外雨と渓流水、さらにヒノキ林の林内雨と土壤溶液のケイ素濃度は、比較的一定の値で推移しており、渓流水>土壤溶液2>土壤溶液1>林内雨>林外雨の順に

濃度は高かった。負荷量としてみた場合、林外雨や林内雨では水量にそれほど依存せず、比較的一定の値であったのに対し、土壤溶液では水量により大きな変動がみられた。このことは、降水が土壤を浸透する際に、何らかの給源からケイ素が一定の速度で負荷されていることを示唆しているため、今後その機構を解明していきたいと考えている。一方、竹林のケイ素濃度は、非常に高い値であり、変動も大きかった。上で述べたpH、EC、溶存イオン濃度の推移も含めて、このような結果が落葉期のみにもみられる現象なのかどうかは、今後見定める必要がある。

以上のように、ヒノキ林におけるモニタリング結果は、はじめに述べた高知県の地勢・気候的特徴を反映していると考えられる。また、ヒノキ林と竹林を同時に比較することにより、竹林拡大による物質動態への影響をも明らかにできるものと期待している。本研究

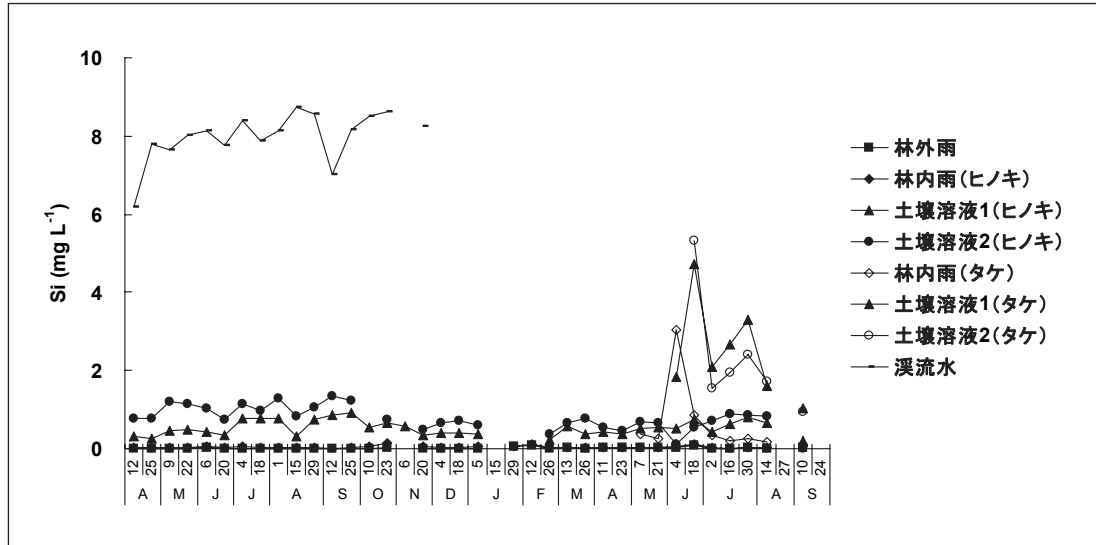


図6. 溶液中のケイ素濃度。グラフが途切れているのは、降水がなかった、あるいは水量が少なく試料が採取できなかったため。

の目的を達成できるように、今後もモニタリングを継続する予定である。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、中嶋建造氏（(株)西日本科学技術研究所）、片岡 隆氏（高知県企画振興部）、尾崎誠一氏（日高村役場）には、成山の調査地を紹介して頂いた。高知県の町からは、土佐七色の里の使用許可など、様々なご支援を頂いている。成山の方々には、多大なご配慮とご協力を賜っている。また、鳥居厚志博士（森林総合研究所四国支所）、稲垣善之博士（同）には、様々なご助言やご協力を頂いている。皆様のご好意に厚く御礼申し上げます。

引用文献

奥田史朗. 2005. 放置竹林が拡大すると林内植生は変化するのか. 四国の森を知る, 3, 1-3.

河合正虎. 1976. 高知県伊野地域ならびにその周辺部の地質構造 - 四国地方における後期中生代の地殻変動第3報, 地質調査所月報, 27 (2), 付表.

気象庁ホームページ. <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>.

水産庁漁港魚場整備部, 林野庁森林整備部, 国土交通省河川局. 2004. 森・川・海のつながりを重視した豊かな漁場海域環境創出方策検討調査報告書.

鳥居厚志. 2004. 里山の放置と竹林の拡大. 四国の森を知る, 2, 4-5.

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. 高知大学農学部演習林報告 (24), 147-185.

Dura, D.D. and Hiura, H. 2006. Expansion characteristics of bamboo stand and sediment disaster in south western Japan. Pakistan Journal of Biological Sciences, 9(4), 622-631.

Seto, S. and Hara, H. 2006. Precipitation chemistry in western Japan: Its relationship to meteorological parameters. Atmospheric Environment, 40, 1538-1549.

Nutrient dynamics of Hinoki (*Chamaecyparis obtuse*) and Bamboo (*Phyllostachys pubescens*) forest soils in Naruyama, Kochi Prefecture

Sota TANAKA

Graduate School of Kuroshio Science, Kochi University
B200 Monobe, Nankoku, Kochi, 783-8502, Japan

Abstract : In order to clarify the significance of the meteorological characteristics and geographical position of Kochi on nutrient dynamics in forest ecosystems and nutrient supply from forest to river ecosystems, the authors have been conducting a monitoring study in

Naruyama in Ino town. In the survey, water qualities and amounts of incident precipitation, throughfall and soil solution under Hinoki (*Chamaecyparis obtuse*) and bamboo (*Phyllostachys pubescens*) stands are monitored and analyzed every two weeks since March, 2006 for Hinoki and since May, 2007 for bamboo. In this article, the outline of the study is described and its perspective is discussed based on the results obtained so far.

Key word : *Chamaecyparis obtuse*, *Phyllostachys pubescens*, Kochi, Nutrient dynamics