

2008.3 No. 9

四国の森を知る

森林総合研究所四国支所

四国支所のたどった 60 年を振り返って

森林総合研究所 四国支所長

楠木 学

当支所は、昭和22年12月、いわゆる林政統一を機に、当時の高知営林局（現四国森林管理局）の構内に林業試験場高知支場として設置されました。平成19年12月に創立60周年を迎えた次第です。

支所設立期の日本は、身近にある森林資源を使い果たし、全国的にはげ山が目立つ状態でした。したがって、わが国では荒れ果てた国土の緑化が喫緊の課題でした。こうした流れを受けての体制整備だったと思われます。また戦後の復興期から高度成長期にかけては、木材需要が急増し、国産材価格は昭和55年頃まで高値で推移しました。この頃は、奥地の森林資源も伐り出され、山村がもっとも活気に溢れていた時代ではなかったかと思います。一方、国では将来の森林資源育成のために拡大造林施策が進められ、当支所でも、こうした木材生産力増強を目的に、適地適木調査や、森林土壌調査などの研究課題に取り組んできました。この間当支所に、昭和25年に庶務課と経営、造林、土壌の3研究室が設置され、昭和34年に保護研究室が設置されました。また、昭和39年に現在の朝倉西町に庁舎が完成し移転しました。

昭和30年代に本格化した外材の輸入は、40年代に急増し、わが国の木材自給率は急減し、国産材原木価格も大きく低下しました。自給率はその後減り続け、平成11年には20%以下まで低下しました。しかし近年、中国をはじめとする国際的な

木材需要の増大、原油の高騰、ユーロ高等が連鎖して、平成17年にはまた自給率が20%台を回復しました。海外の木材資源に大きく依存し始めた頃から、国民は森林の土砂災害防止機能や水源涵養機能などに期待する声が高まり、当所でも森林の多目的利用のための基礎技術として森林生態系の機能解明や、環境保全的施業技術などの研究課題に取り組んできました。

昭和50年代半ば以降下落し続けた国産材原木価格は、山村の過疎化や住民の高齢化を招き、森林の管理放棄など深刻な問題を派生させています。こうした問題に対処するため、現在当支所では、2007年発行の本誌 No.8 に紹介しました強度間伐に関わる課題や、放置竹林に関わる課題等に取り組んでいます。

四国地域は全体的に森林率が高く、林業も盛んな地域といえます。昨年当支所は「林業と森林の研究を通して、山村の活力、豊かな自然・健全な環境を育む森林機能の向上を図り、四国地域の持続的な発展に寄与します」をミッションとして決めました。文字通り林業と森林についての研究を通して地域に貢献してまいりたいと思いますので、引き続きご支援をお願い致します。

低密度航空機 LiDAR による広葉樹林の林分材積の推定法の開発

流域森林保全研究グループ 小谷英司

はじめに

森林を伐採して収穫する林業では、森林の林分材積は、収穫量や収益の予測の上で重要な指標です。さらに、京都議定書で森林の炭素吸収量や蓄積量の定量化が社会的に要望されていますが、炭素の多くは森林上部の幹部分つまり材積部分に蓄積されるために、精度の良い林分材積推定法が重要となります。

広域での林分材積の推定法には、プロットによる多点調査、空中写真の立体視による推定法などがありますが、広域で行う場合にはどちらも大きな労力を必要とします。LANDSAT TM 等の中解像度衛星による方法も開発されてきましたが、精度が十分ではありません。

一方で近年、航空機 LiDAR (Light Detecting And Ranging、レーザー測距法) により、森林の林分材積やバイオマス量を推定する研究が主に北米や北欧で行われ、大きな成果をあげています。航空機 LiDAR とは、航空機からレーザーで地表をスキャンし、林冠表面の凸凹や地表面を計測する技術です(図1)。森林分野では航空機 LiDAR は高密度と低密度の二つに分類され、高密度では木一本一本を計測対象としますが、対して低密度では木一本一本は見えないので木の集合である林分単位を対象にします。観測コストは低密度の方が低いので、本論では低密度を採用しました。

樹木は葉の形態から針葉樹と広葉樹に大きく二つに分類されます。針葉樹林は、スギ、ヒノキ、カラマツなどの人工針葉樹林が面積ではほとんどを占めますが、対して広葉樹林はクヌギなど人工林もありますが多くは天然生です。四国では標高差のために、常緑広葉樹林から落葉広葉樹林まで異なるタイプの広葉樹林が比較的狭い範囲で広がっています。

本論では、常緑広葉樹林と落葉広葉樹林を対象として、低密度航空機 LiDAR による林分材積

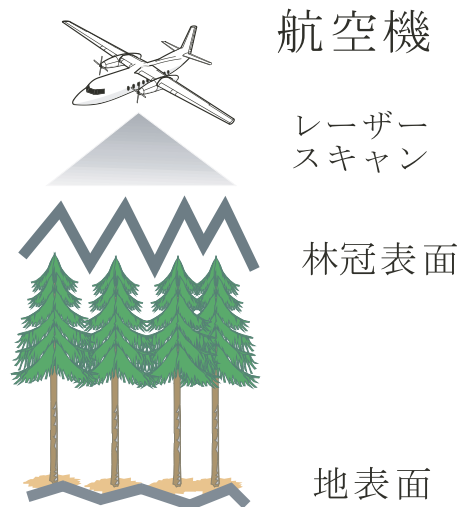


図1 航空機 LiDAR 観測法の模式図

推定法の開発を目的としました。

方法

常緑広葉樹林の広がる足摺岬で幅100m×長さ12kmと、落葉広葉樹林の広がる石鎚山系で幅100m×長さ28kmの航空機 LiDAR 観測を、2002年9月に行いました。さらに2004年5月に石鎚山系で500m×500mの観測を行いました(図2)。朝日航洋(株)に航空機観測と、航空機 LiDAR データからの地表面の標高メッシュデータの作成を依頼しました。林冠表面と地表面の標高の差分を林冠高とし、これを解析に用いました(図1)。航空機観測域で、2004年度から2005年度にかけて、小さな林分から大きな林分まで、18箇所のプロット調査を行い、直径と樹高を計測して林分材積を算出しました。

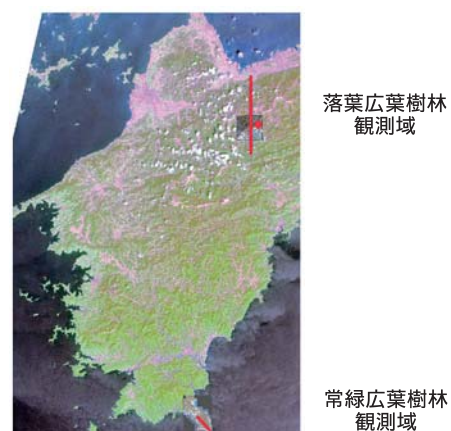


図2 四国西部での航空機 LiDAR の観測場所 (背景: LANDSAT ETM、赤線が LiDAR 観測箇所)

低密度 LiDAR では木一本一本は見えませんし、また一つ一つの LiDAR データから特徴量を抽出することも困難です。このために、低密度 LiDAR では数百点のデータを集計して、累積ヒストグラムを作成し、この中から特徴量を抽出します。特徴量として、平均、最大、25、50、75、90パーセンタイル点、標準偏差、変動係数を計算し、LiDAR 指数としました。これら LiDAR 指数と地上調査の林分材積の線形回帰分析を行い、決定係数の最も大きい LiDAR 指数から、林分材積を推定することになりました。

結果と考察

最も決定係数の大きい LiDAR 指数は、平均でした ($r^2 = 0.79$)。LiDAR 指数・平均と林分材積をプロットした結果 (図3)、落葉広葉樹林も常緑広葉樹林もおおよそ同じ直線上に並んでいました。

この回帰式を用いて、広域で連続的に林分材積が推定できました (図4)。なお、今回の LiDAR 観測は予算の制約のために非常に幅が狭いですが、予算をかければ森林全域の観測も可能です。

従来の LANDSAT TM など人工衛星画像では、林分材積が大きくなると TM の指数が飽和し、TM の指数から林分材積を精度良く推定することが困難でした。また、四国のような急傾斜地では地形により人工衛星画像に陰ができ、この地形影響を除去することが困難でした。対して、低密度航空機 LiDAR では、小さな林分から大きな林分まで線形関係にあり、LiDAR 指数から林分材積が精度良く推定できます。また、低密度航空機 LiDAR による林分材積推定法では、従来のプロット調査に比べて広域で面的に推定でき、空中写真よりも専門技能

が不要であり、四国のような急傾斜な地域でも精度は高く推定できます。

ただし、空中写真や人工衛星画像など他のリモートセンシング手法に比べて航空機 LiDAR は観測コストが大きいという欠点があります。精密な地形図作成のための既存の LiDAR 観測データ利用や、森林の空中写真や人工衛星画像の併用などのより安価な観測手段との統合を、今後検討したいと考えます。

この研究の成果は、2008年2月発行の Journal of Forest Planning 誌 (13 巻 239-243) に掲載されました。詳しくはそちらをご覧ください。

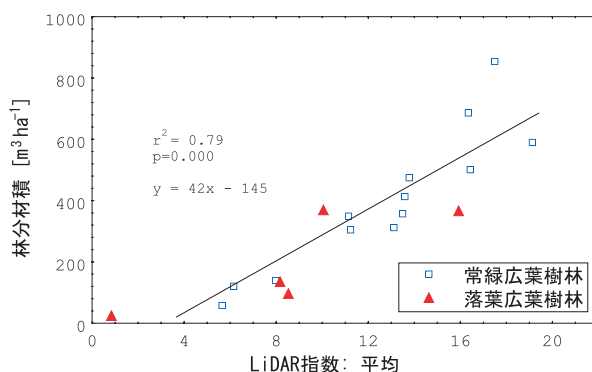


図3 広葉樹林での航空機 LiDAR 指数・平均と林分材積の関係

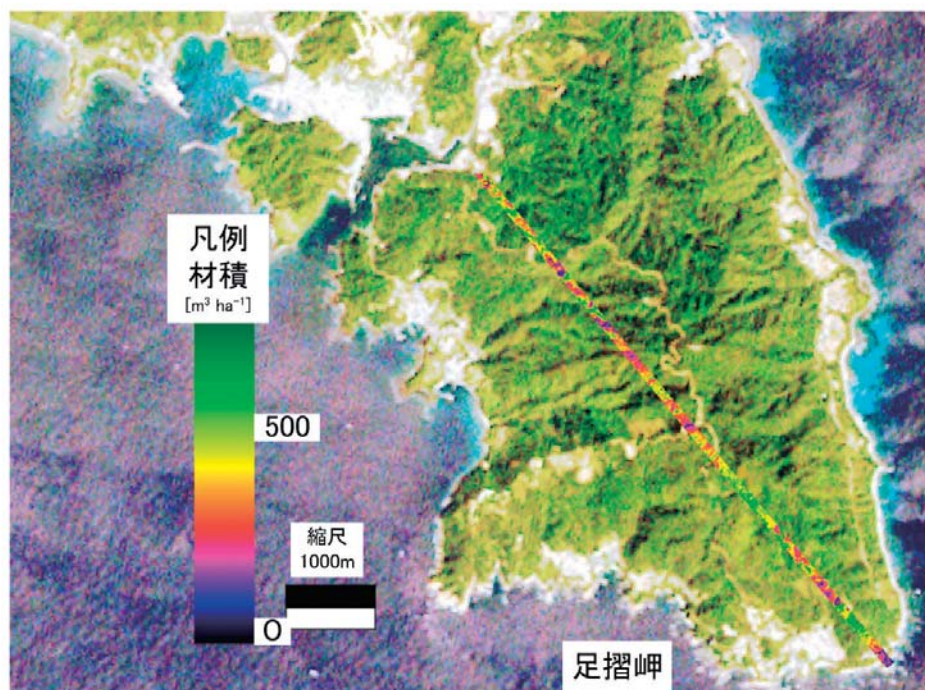


図4 足摺岬での広葉樹林の林分材積推定
(背景: LANDSAT ETM ツールカラー、中心のラインが LiDAR による林分材積推定)

天然林におけるニホンジカの影響 —滑床山・黒尊山国有林での調査—

流域森林保全研究グループ 奥村栄朗

近年、ニホンジカ（以下シカ）の生息数が全国的に増加傾向にあり、農林業被害ばかりでなく森林生態系全体への影響が注目されるようになってきました。一方で、四国は人工林率がきわめて高く、原生に近い天然林は高標高地を中心にわずかしが残されていません。この貴重な天然林でもシカの影響が顕著となり、保全上の重大な問題となっています。

四国の南西部、愛媛・高知県境に位置する三本杭（1226m）周辺の国有林（滑床山国有林及び黒尊山国有林）には、ブナ、カエデ類等の落葉広葉樹に、モミ、ツガ、アカガシが混じるこの地域特有の天然林がまとまった面積で残されています。また山頂部等にはササ原の広がるところがあり、以前から登山者に人気がありました。ところが近年、この一帯でササ原が裸地化し、また林内においては林床植生や小・中径木が減少・消滅する等、森林の衰退現象が生じてきました。当地は足摺宇和海国立公園特別地域等に指定されている重要な地域でもあることから、四国森林管理局では、この森林衰退現象の原因と実態について早急な調査研究と対策の検討が必要であると判断し、平成17年度から森林総合研究所に調査委託を行ってきました。

本稿では、17、18年度の調査結果から、その主要な部分について紹介します。

1. 無立木地の現況調査

三本杭山頂のように本来ササ原であったと思われる無立木地について、航空写真と現地踏査によりその分布と現在の植生状況を調べました。

航空写真からは、県境稜線沿いに主な無立木地9ヶ所の存在が認められました。現地踏査により、そのうち8ヶ所ではササが枯死し、一部でシカの忌避する植物（アセビ、ヒカゲノカズラ、イワヒメワラ

ビ等）が繁茂している以外は裸地化している実態が明らかとなりました（写真1）。これらのササの衰退は、シカの採食圧により、近年、急速に進行したものであると考えられました。



写真1 三本杭山頂（2005年8月）
土壌が流れ、枯れたミヤコザサの地下茎が洗い出されている。

2. 天然林剥皮被害実態調査

天然林の現況を把握するため、17年度、山頂周辺の林内に6ヶ所の植生調査プロット（20m×50m×5、20m×60m×1）（図1）を設定し、プロット内の胸高直径3cm以上の全生立木について、樹種、胸高直径、剥皮被害痕の有無と剥皮程度を調べました。剥皮被害痕は、楕円近似によりその面積を算出し、シカの採食可能な樹幹（高さ2m以下と仮定）の表面積に対する比率を「剥皮被害指数」（Id）としました。18年度は、前年からの新

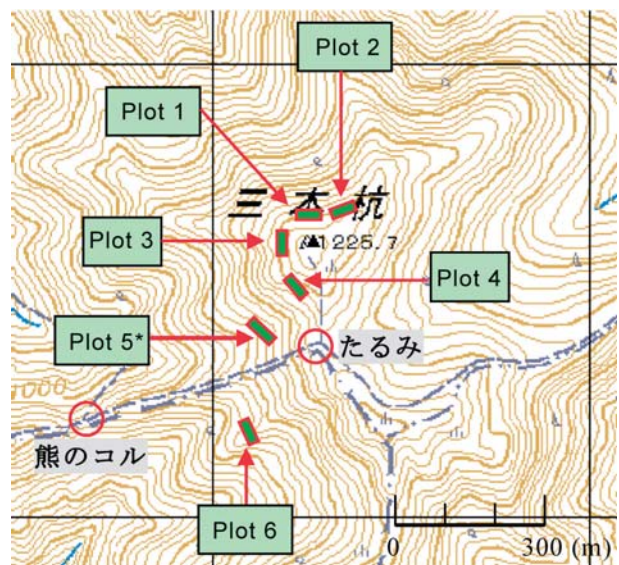


図1 植生調査プロットの配置



写真2 ヒメシャラの剥皮被害木
林床植生が無く、小・中径木も剥皮による枯死が進み、疎林化している。

たな剥皮被害と枯死木の発生状況を調査しました。

調査林分はいずれも林床植生がほとんど失われている上に、高頻度で剥皮被害を受けていました(写真2)。ブナの優占するNo.5を除く5ヶ所の調査プロットで最も優占する高木種であるコハウチワカエデは、高率で剥皮害を受けている(図2)上に、剥皮に対して比較的弱い樹種であり、枯死木が多く発生していました。疎林化(一部では裸地化)が進んでいたり、シカの不嗜好樹種であるアセビやオンツツジの低木林へ変化しつつある等、林分による差異はあるものの、落葉広葉樹高木林としての林相の衰退状況が明らかとなりました。

3. シカの生息密度調査

山頂周辺でのシカ生息密度を糞粒法により推定しました。前述の6ヶ所の植生調査プロットに糞粒調査区画(1m×1m×111ヶ所)を設定し、各調査区画毎に総ての糞粒を数え、平均糞粒密度からシカの生息密度を推定しました。生息密度推定にはプログラム"FUNRYU"(岩本ら、2000)を使用しました。

その結果、17年度30頭/km²、18年度34頭/km²の生息密度が推定されました。この値は、激しい森林被害を引き起こすと考えられる密度レベルであり、現在の森林の状況から見て妥当な推定値であると考えられます。

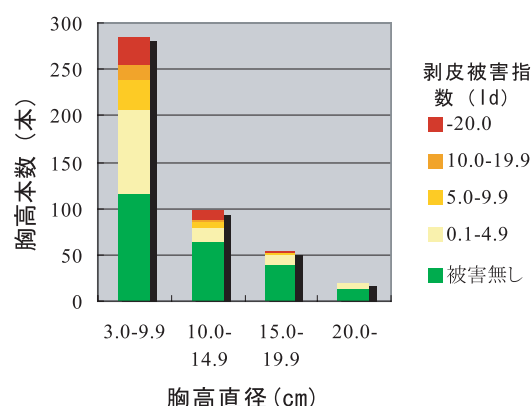


図2 コハウチワカエデの胸高直径階別、被害指数階別本数分布(全プロット合計)

以上のほかにも、シカ排除柵による林内の植生回復試験、裸地化部分における土砂等移動量の調査、GPSテレメトリーや自動撮影カメラ(写真3)による生態調査等を行い、19年度も継続しています。また、四国森林管理局では18年度に山頂および山頂南側の鞍部(通称たるみ)の裸地化部分を囲む防護柵を設置するとともに、植生回復の試みとして防護柵内にミヤコザサの移植試験を行いました。四国支所はこれらの実施にあたっても、助言・協力を行うとともに、その後の経過を調査しています。

現地における森林被害は高密度で生息するシカによるものであり、シカの影響が現状のまま推移すれば、成熟した落葉広葉樹林としては衰退へ向かうことは避けられないと思われ、有効な対策が急がれます。



写真3 自動撮影によるシカ
林床植生が無く、剥皮被害木が目立つ。

ヒノキ落葉の窒素濃度の年変動 —四国支所実験林での13年間の観測—

森林生態系変動研究グループ 稲垣善之

はじめに

森林生態系において窒素は植物の成長や土壌微生物の活性にとって重要な養分物質です。土壌に供給される窒素の多くの部分は、落葉、落枝などのリターフォールです。したがって、落葉の窒素供給は、土壌における微生物活性、有機物分解、土壌炭素蓄積に影響を及ぼしていると考えられます。近年、地球規模での気候変動が顕在化しています。気温が上昇した場合には、土壌微生物の活性が高まるために、窒素の無機化速度が増加し、樹木の窒素吸収、落葉の窒素濃度が増加することが予想されます。落葉の窒素濃度が増加すれば、土壌中での分解速度に影響を及ぼす可能性があります。したがって、気象条件によって樹木と微生物の窒素利用様式が変化し、森林生態系の炭素固定能力に影響を及ぼす可能性があります。気候変動によって森林生態系の物質循環がどの程度変化するかを予測するためには、長期間の観測データが貴重な知見を与えてくれます。四国支所では、構内のヒノキ林において1991年から2007年まで落葉の動態を観測しています。本稿では、1991年から2003年までの13年間の結果（稲垣ら2008a）について紹介します。

調査地と方法

四国支所構内のヒノキ林において調査を行いました。このヒノキ林は畑跡地に1970年に植栽されたものです。ヒノキ林の成長については、稲垣ら（2005）に報告しました。落葉を集めるために、ヒノキ林内に開口面積0.15m²のリタートラップを15個設置しました（写真1）。1991年7月から2004年7月まで原則として毎月リターフォールを回収しました。回収したリターを葉とそれ以外の器官に分別しました。葉の乾燥重量と窒素濃度を求めました。7月から翌年7月までの1年間について年落葉量、年落葉窒素濃度を求めました。

結果と考察

年落葉窒素濃度は5.97–7.12g kg⁻¹の値を示しました（図1）。1993年成長開始前に間伐を実施しましたが、1993年の窒素濃度に明確な変化は認められませんでした。一般的には間伐によって密度が減少した場合、樹木の窒素吸収量が増加し、落葉窒素濃度も増加すると考えられます。高知県の津野町の標高が710–1150mにあるヒノキ林では間伐した林分で窒素濃度が増加する傾向が認められました（Inagaki et al 2008b）。低標高の高知市と津野町では間伐に対する窒素濃度の変化に差がみられました。

年落葉窒素濃度と気象条件の相関関係を解析しました。年落葉窒素濃度と生育期間である3–10月の平均気温には有意な相関関係は認められませんでした。当初予想していた、温度が高いほど年落葉窒素濃度が高い傾向は認められませんでした。一方、年落葉窒素濃度は3–10月の日射量が多いほど低い傾向が認められました（図2）。この期間の日射量が少ないと夏場の落葉量が多い傾向がありました。夏場の落葉の窒素濃度は高いので、年間の窒素濃度も高くなると考えられました。また、樹木は落葉前に窒素を転流によって樹体に引き戻すことが知られています。光資源の多いところで落葉前の窒素の引き戻し率が多い傾向がこれまでも報告されています。四国支所のヒノキ林においても日射量が多いときに引き戻し率が高く、落葉の窒素濃度が低下したと考えられます。

本調査地の高知市は温暖な気象条件にあるために、樹木の生育にとって良好な温度条件であるといえます。一方、夏場の日射量は年変動が大きく、日射量の少ない年には樹木の生育が抑制される可能性があります。本研究の結果から、温暖な高知市においては、日射量が温度よりも落葉の窒素濃度に強く影響を及ぼすことが示唆されます。したがって、森林生態系の物質循環に影響を及ぼす気象要因は地域によって異なると考えられます。地域ごとにどの気象条件が生態系に最も強い影響を及ぼすのかを明らかにし、将来の気候変動に対する反応を予測することが求められます。

引用文献

稲垣善之・酒井敦・小谷英司 (2005) 四国支所構内
ヒノキ林分の成長. 四国支所年報 45: 23-25

Inagaki Y, Sakai A, Kuramoto S, Kodani E, Yamada
T, Kawasaki T (2008a) Inter-annual variations
of leaf-fall phenology and leaf-litter nitrogen
concentration in a hinoki cypress (*Chamaecyparis
obtusa* Endlicher) stand. Ecol Res (in press)

Inagaki Y, Kuramoto S, Torii A, Shinomiya Y,
Fukata H (2008b) Effects of thinning on leaf fall
and leaf-litter nitrogen concentration in hinoki
cypress (*Chamaecyparis obtusa* Endlicher)
plantation stands in Japan. For Ecol Manage 255:
1859-1867

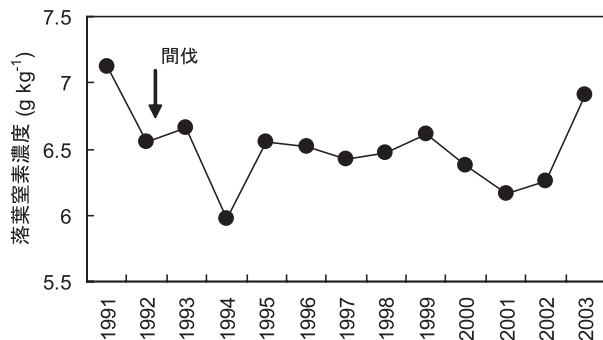


図1 年落葉窒素濃度の変化
Inagaki et al (2008a) より許可を得て掲載

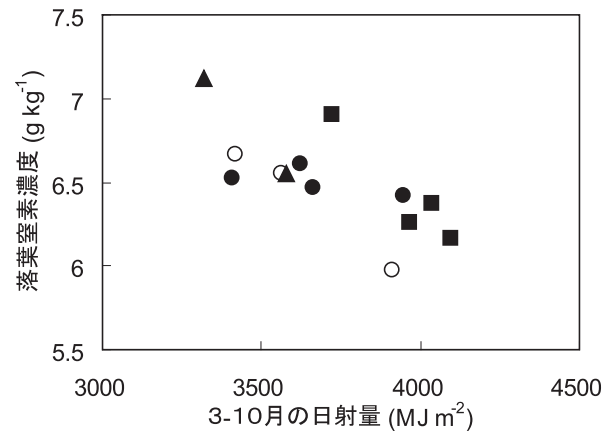


図2 3-10月の日射量と年落葉窒素濃度の関係
1991-2 (▲)、1993-5 (○)、1996-9 (●)、2000-3
(■)を示す。日射量が多いほど窒素濃度が低い傾向が認
められた (スピアマン順位相関係数 $r_s = -0.818$, $p < 0.01$)。間
伐直後の1993-5年は統計解析から除外した。Inagaki et al
(2008a) より許可を得て掲載



写真1 落葉を集めるリタートラップ

四国の博物誌 (7)

ハリモミ (*Picea polita* (Sieb. et Zucc.)
Carrière.) マツ科 トウヒ属

森林生態系変動研究グループ 宮本 和樹

四国に唯一自生するトウヒの仲間です。本州（福島県以南）、四国、九州（鹿児島県まで）に分布し、日本に自生するトウヒ属のなかでは最も低標高（標高 800 m 程度）のところから分布します。樹高 30 m、直径 1 m になる常緑高木で建築・器具材として利用されています。葉はトウヒ属のなかではもっとも太く先が鋭いため触ると痛く、ハリモミの名、バラモミの別称もこれに由来します（写真 1）。高知県ではクサビモミ、ワサビモミと呼んでいるところもあるようです。群生することはまれなようですが、富士山麓の溶岩流上ではハリモミの純林がみられ、国の天然



写真 1 ハリモミの枝先

記念物に指定されています。このハリモミ林はかつて 50 ヘクタール以上におよぶごとな純林を形成していましたが、風害などの影響により森林が衰退し、大幅にその面積を減少させてしまいました。ハリモミの稚樹は生育に陽光が必要とされ、うっ閉した針葉樹の林内ではほとんど稚樹がみられません。したがって、ハリモミ林内での天然更新により森林を維持することは困難なようです。四国のハリモミは剣山、石鎚山、黒尊、篠山などのごく一部の山地に分布し、モミ、ツガ、ヒノキなどの針葉樹やブナ、ミズメなどの落葉広葉樹と混交して生育しています。愛媛県、徳島県のレッドデータブックでは絶滅危惧Ⅱ類に指定されています。高知県高岡郡梶原町の三嶋神社には樹齢 400 年といわれる立派なハリモミがあります（写真 2）。



写真 2 高知県高岡郡梶原町の三嶋神社にあるハリモミ（直径 130 cm、樹高 37 m）

お知らせ

- ★ 四国支所では、平成 19 年 10 月 27 日（土）に「一般公開」を開催しました。ミニ講演会、ミニ実験、実験林案内、標本展示館公開、木の葉のしおり作成、苗木・まつぼっくり・竹炭等のプレゼント配布を行いました。当日は、116 名の方が来場され好評をいただきました。
- ★ 平成 20 年度「研究発表会」を右記の日程で開催予定です。皆様のご参加をお待ちします。

記

開催日：平成 20 年 5 月 28 日（水）

場 所：高知グリーン会館 2F グリーンホール

四国の森を知る No. 9

平成 20 年 3 月発行

編集・発行 独立行政法人 森林総合研究所四国支所
〒780-8077 高知市朝倉西町 2 丁目 915

電話 088-844-1121 FAX 088-844-1130

URL: <http://www.ffpri-skk.affrc.go.jp>

E-mail: koho-ffpri-skk@gp.affrc.go.jp