

主要な研究成果

針葉樹人工林の下層植生に林分配置がおよぼす影響

五十嵐哲也（森林生態研究グループ）

1. はじめに

現在では針葉樹人工林においても一定の生物多様性を維持することが期待されており、強度間伐や針広混交林施業、広葉樹化施業など、積極的に下層植生の多様性を高め、天然林に近い組成を求める施業が模索されている。このような施業においては、施業後に天然林を構成する木本樹種が更新することが必要である。施業後の木本樹種の更新に影響を与える要素として、施業方法だけでなく、林分の立地環境や施業前の林分構造、種子散布源の配置や埋土種子組成、前生稚樹の種組成などが考えられる。本研究では、このうち、伐採前の人工林の下層に存在する前生稚樹の種数や組成に種子散布源となる広葉樹林の配置が及ぼす影響について検討した。

2. 調査地と方法

調査地は兵庫県神河町神崎に設定した。同町は人工林率が80%以上と極めて高く、繰り返し造林が行われてきた地域である。1946年の航空写真では調査地周辺のほぼ全域が無立木地であった。

IKONOS衛星画像（パンシャープン。4バンド）を利用してクラスター解析による植生判別を行い、林分タイプを5つ（天然林、スギ林、ヒノキ林、草地、裸地）に分類した。

林内に10m×10mのプロットを設置し、胸高直径5cm以上の立木の毎木調査と、高さ2m未満の下層木本植物の種数および被度を調査した。調査した林分はコナラ二次林(n=7)、スギ人工林(n=19)、ヒノキ人工林(n=6)および草地(n=2)である。各プロットの位置はGPSによって記録した。全天写真によって光環境を推定し、また、地表被覆のタイプ（リター、裸地、露岩）を記録した。

非計量多次元尺度法を用いてプロットした下層植生の種組成と各種パラメーターの相関を求め、種組成に影響を与えているパラメーターを推定した。パラメーターとしては、天然林からの距離および、林分構造（平均直径、密度、BA/ha）、開空度、地表の被覆率などを用いた。天然林からの距離は植生分類図とプロット位置から求めた。また、天然林からの距離と種の出現率との相関をGLMによって推定し、天然林からの距離によって出現率が減少している種を推定した。

3. 結果と考察

林分タイプごとの木本種数はコナラ二次林でもっとも多く（26.3種）、以下ヒノキ人工林（19.7種）、草地（16.5種）、スギ人工林（12.6種）の順だった。コナラ二次林とヒノキ人工林の種数はスギ林に比べて有意に多かった（ $P < 0.05$, Pairwise T -test with Holm's method）。ヒノキ人工林はコナラ二次林の近傍に集中していたため、林分配置の解析はスギ林を対象に行った。非計量多次元尺度法による解析結果では、明らかに林分タイプごとに集中した配置が見られ、林分タイプごとに下層植生の種組成が異なっていることが示された。また、非計量多次元尺度法による序列プロット上の距離とコナラ二次林からの実距離に相関が見られ、コナラ二次林に近いスギ林ほど天然林に似た種組成を持っていることが示された。コナラ、コウヤボウキ、サワフタギ、アサガラ、ウリカエデなどは距離にかかわらずスギ林の林床には出現が見られなかった。コバノガマズミ、コシアブラ、ウリハダカエデ、カナクギノキ、カラスザンショウはコナラ二次林から100m以内のスギ林では出現していたが、出現率は距離が離れるとともに減少していた。人工林の林床に侵入出来ない種や侵入距離が限られる種が数多く見られ、人工林面積が大きい地域など、種子源となるコナラ二次林から遠い林分では間伐や伐採後の放置によって広葉樹が更新しない可能性があることが示された。

チャンパー法と乱流変動法による山城試験地の夜間生態系呼吸量推定結果の比較

深山 貴文・小南 裕志・細田 育広（森林環境研究グループ）・玉井 幸治（九州支所）

1. はじめに

山城試験地では森林の二酸化炭素の年間吸収量や吸収特性を求めため、乱流変動法による大気 - 森林間の二酸化炭素交換量の連続観測が行われている。一般に乱流変動法では、夜間生態系呼吸量の欠測値については夜間気温や夜間地温と呼吸量の関数によって推定を行い、補完する場合が多い。しかしこの場合、維持呼吸量等の温度依存性の高い季節変動特性は反映されるものの、気温によって直接的に制御されない成長呼吸量や含水率の影響を受ける土壌呼吸量の季節変動特性については、十分に反映されていない。そのため、山城試験地ではチャンパー法を用いて落葉樹葉群呼吸量、常緑樹葉群呼吸量、落葉樹木組織呼吸量、常緑樹木組織呼吸量、土壌呼吸量(Tamai *et al.*, 2005)のそれぞれの項目について実測データの蓄積及びモデル化を行ってきた。本研究では群落に拡張して推定したこの5項目の呼吸量の合計を夜間生態系呼吸量と定義して乱流変動法による推定結果との比較を行い、その季節変動特性の評価を行った。

2. 試験地と方法

本研究の試験地は京都府南部の木津川市山城町平尾今ヶ谷 北谷国有林509林班い小班に位置する山城水文試験地である。本試験地は風化花崗岩を表層地質とする丘陵部に位置し、標高220m、流域面積1.6haの流域試験地である。植生はコナラ、ソヨゴ等の落葉樹と常緑樹の混交林で、それぞれの胸高断面積合計は13.3m²ha⁻¹と6.3m²ha⁻¹、平均樹高は約10mである。土壌は未熟土に分類されている。本研究ではこの山城試験地についてモデルを用いて日単位の夜間生態系呼吸量の推定を行った。地上部の夜間呼吸量の推定においては気象タワーの11.6mの高さで観測された夜間気温(T_a)データを用いた。また、土壌呼吸量を推定するための夜間地温(T_s)データには5cmの深さで観測された値を用いた。日単位の各夜間呼吸量は午後10時から翌日午前2時までの30分間隔で推定された値の平均値を用いた。チャンパー法との比較対象とした乱流変動法の夜間地温 - 夜間生態系呼吸量の関係式は $u^* > 0.35 \text{ m s}^{-1}$ の条件下で求めた結果を用いた。

3. 結果と考察

乱流変動法とチャンパー法の比較を行うため、夜間呼吸量の乱流変動法による推定値(F_{EC} , Kominami *et al.*, 2005)からチャンパー法による夜間生態系呼吸量の推定値(R_E)を差し引いた差分を図 - 1 に示した。 F_{EC} は R_E と比較して成長期に2回の過小評価を行っていた。これは、土壌呼吸量が R_E に占める割合が減った時と概ね一致しており、地上部における成長呼吸量の季節変動の影響を強く受けていると考えられる。ここで用いた乱流変動法による F_{EC} の推定では、地温を変数とした年間を通じて一定の指数カーブを仮定した推定式を用いているが、土壌呼吸量が R_E に占める割合は季節変動しているため、このような差が生じたものと考えられる。

チャンパー法で求めた地温と夜間生態系呼吸量の月ごとの関係を図 - 2 に示した。地温と夜間生態系呼吸量の関係は非常に短期的に変化し続けており、年間を通じて一定の関係式は仮定できず、通年観測による夜間生態系呼吸量の評価が重要なことが示唆された。このような連続観測手法としては、自動観測機器の導入が有効と考えられた。

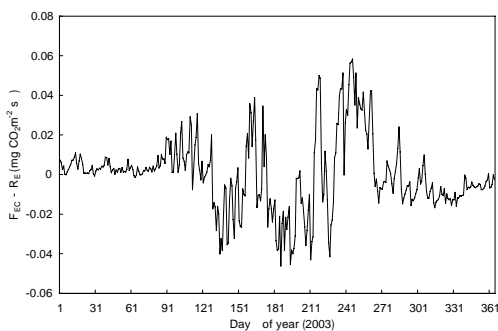


図 - 1 葉群成長呼吸量の季節変化

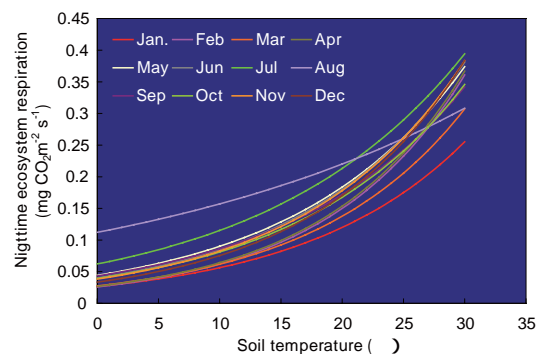


図 - 2 木部組織成長呼吸量の季節変化

(引用文献)

Tamai, K., Kominami, Y., Miyama, T. and Goto, Y.(2005), The estimation of time series data of soil respiration based on soil temperature and soil moisture content ratio and its spatial variations in a small mountainous catchment Ⅲ In the case of weathered granite region in southern Kyoto Pref.-, J. Japanese Forest Society, 87(4) : 331-339
 Kominami, Y., Miyama, T., Tamai, K., Jomura, M., Dannoura, M. and Goto, Y.(2005) ,Evaluation of nighttime eddy CO2 flux using automated chamber measurements, J. Agricultural meteorology, 60:745-748

ツキノワグマの遺伝的多様性 - 本州西部孤立個体群と本州中部連続個体群の比較 -

大西 尚樹・大井 徹（生物多様性研究グループ）

1. はじめに

本州におけるツキノワグマ(*Ursus thibetanus*)の分布は東北から京都府にかけて連続しており、京都府以西では孤立化が進んでいる。本州西部に位置する西中国（山口県・広島県・島根県）・東中国（氷ノ山周辺）・北近畿西部（兵庫県丹山川～京都府由良川）・北近畿東部（由良川～琵琶湖）の4個体群では、個体群間の遺伝的分化が進んでいること、全体的に遺伝的多様性が低いことがすでに明らかになっている（Saitoh *et al.*, 2001）。また、その4個体群の中では北近畿東部がもっとも遺伝的多様性が高い。この理由として北近畿東部個体群は分布域が本州中部の個体群と接しており、中部域からの遺伝的な流入があるためと考えられる。しかし、連続個体群と孤立個体群との間で遺伝的多様性にどの程度の違いがあるのかは不明であった。そこで、本州西部の3つの孤立個体群（西中国・東中国・北近畿西部）と、北近畿東部と新潟県南部および長野県北部の個体群（中部）の2つの連続個体群において遺伝構成の比較を行った。

2. 方法

1991年から2004年の間に捕獲された個体の筋肉または毛からDNAを抽出した。各ゲノム中のマイクロサテライト領域10遺伝子座をPCR法を用いて増幅し、各遺伝子型を決定した。

3. 結果と考察

遺伝的多様性を示す指数（ヘテロ接合度およびallelic richnessの平均値）はいずれも孤立個体群に比べ連続個体群の方が高かった（表-1）。アメリカクロクマおよびグリズリーの大きな個体群とツキノワグマの中部個体群を比較した際に、遺伝的多様性に違いは見られなかった。個体群間の遺伝的距離は最も距離が離れている中部-北近畿東部個体群間で最小の値を示した。この結果から、孤立個体群はそれぞれの地理的距離が近いにもかかわらず孤立化により遺伝的交流の頻度が少なくなっており、一方、連続個体群間では両個体群間に生息している個体を媒介とした遺伝的交流が維持されているのだろうと考えられる。本州西部の孤立個体群で遺伝的多様性が低い理由について、Ishibashi and Saitoh (2004)はこれらの個体群の祖となる集団が過去に強いボトルネックを受けたためと考えている。本研究の結果から、この過去のボトルネックの影響に加え、近年の孤立化により個体群間の遺伝的交流頻度が減少したために個体群間の遺伝的分化が進み、また遺伝的浮動により更なる多様性の減少をもたらしたと考えられる。

本州西部孤立個体群の遺伝的多様性を回復させるために二つの施策を提案したい。一つは、個体群間の個体の移動を促すようなコリドー（回廊）を設置することである。200km以上離れた中部-北近畿東部個体群間で遺伝的交流が維持されていることを考えると、比較的近距离に位置する本州西部の個体群間で個体の移動が容易になれば、遺伝的交流頻度は劇的に増加すると考えられる。二つめは琵琶湖北部の環境の保全である。本州西部孤立個体群の遺伝的多様性を回復させるためには、遺伝的多様性が高く維持されている東側からの遺伝子流入がカギとなる。本州中部から西部への遺伝子流入は琵琶湖北部の個体群を介することになるが、この地域は森林が二次元的に分布している。そのため、一旦森林が分断されると遺伝的交流のルートがなくなり、本州中部から西部への遺伝子の流れが遮断されることになるだろう。

表-1 ツキノワグマ5個体群、アメリカクロクマWest Slope個体群（カナダ）およびグリズリーKluane 個体群（Canada）のヘテロ接合度の期待値とallelic richness（括弧内）の平均値。西中国、東中国、北近畿西部は孤立個体群、北近畿東部、中部、West Slope、Kluaneは連続個体群。West SlopeとKluane のデータはPaetkau *et al.* (1998)より引用。

	西中国(72)	東中国(46)	北近畿西部(50)	北近畿東部(50)	中部(56)	West Slope(116)	Kluane(50)
平均 ₁₀	0.529 (3.67)	0.461 (3.78)	0.499 (3.99)	0.610 (4.54)	0.703 (6.55)		
平均 ₆	0.630 (4.32)	0.545 (4.32)	0.598 (4.69)	0.702 (5.08)	0.737 (7.09)	0.799 (8.81)	0.758 (7.24)

平均₁₀、10遺伝子座の平均。平均₆、Paetkau *et al.* (1998)と共通している6遺伝子座の平均。個体群名の右の括弧内の数字はサンプル数。

*この研究はConservation Genetics誌に受理され、2007年掲載予定です。

Low genetic diversities in isolated populations of the Asian black bear (*Ursus thibetanus*) in Japan, in comparison with large stable populations.

Naoki Ohnishi, Takashi Saitoh, Yasuyuki Ishibashi and Toru Oi

サビマダラオオホソカタムシのマツ枯損被害地における放飼試験(土着地域における放飼試験)

浦野 忠久(生物被害研究グループ)

1. はじめに

2002～2005年にかけて、マツノマダラカミキリ(以下、カミキリ)生物的防除を目的としたサビマダラオオホソカタムシ(以下、ホソカタムシ)の、マツ枯損被害地における放飼試験を滋賀県野洲市で行った。その結果、ホソカタムシ成虫を放飼した全供試木内の寄生率が27～47%であり、死亡原因不明を加えるとカミキリの死亡率は48～85%に達した。2006年はホソカタムシの土着地である岡山県内で放飼試験を行ったのでその結果を報告する。

2. 材料と方法

岡山県笠岡市内のマツ林を試験地とし、2005年にマツ材線虫病で枯死したと思われるアカマツ40本を供試木とした。この内20本に2006年5月1日、ホソカタムシ成虫を1本あたり同数で計60個体、合計1,200個体放飼した(成虫放飼木)。放飼用のホソカタムシは室内飼育で2005年に羽化したものを用いた。10本にホソカタムシの卵をそれぞれ5,000個ずつ、5月1～15日にかけて3回に分けて放飼した(卵放飼木)。残り10本は放飼木と同一林分内の枯死木で、これらにはホソカタムシを放飼せず、放飼木上のホソカタムシが移動して寄生するかどうかを確認するために設定した(無放飼木)。これらすべての供試木を6月上旬から下旬にかけて伐倒回収し、関西支所および岡山県林業試験場で剥皮割材した。

3. 結果と考察

割材調査の結果を過去4年間の試験結果と比較して図-1に示した。割材調査の結果、材内蛹室には(A)カミキリ生存個体(脱出孔を含む)、(B)ホソカタムシによる被寄生死亡個体、(C)原因不明死亡個体および(D)その他の原因(オオコクヌストによる捕食など)による死亡個体が認められた。なお、過去の調査から(C)の中にはホソカタムシの寄生を受けた個体が含まれている可能性が高い。これらの中から(B)の個体数を(A)+(B)+(C)の個体数で除した数値をホソカタムシによる寄生率、(B)+(C)を(A)+(B)+(C)で除した値をカミキリの死亡率とした。成虫放飼木における材内のカミキリに対するホソカタムシの寄生率は59.8%、死亡率は83.3%であった。卵放飼木では寄生率55.2%、死亡率72.7%であった。一方無放飼木では寄生率40.6%、死亡率56.7%であり、これは土着のホソカタムシの寄生によるものと考えられる。放飼木における寄生率および死亡率を無放飼木と比較した結果、どちらの値も成虫、卵両方の放飼区で対照区より有意に大きかった(χ^2 検定、 $P < 0.001$)ことから、放飼による防除効果が認められたものと考えられる。

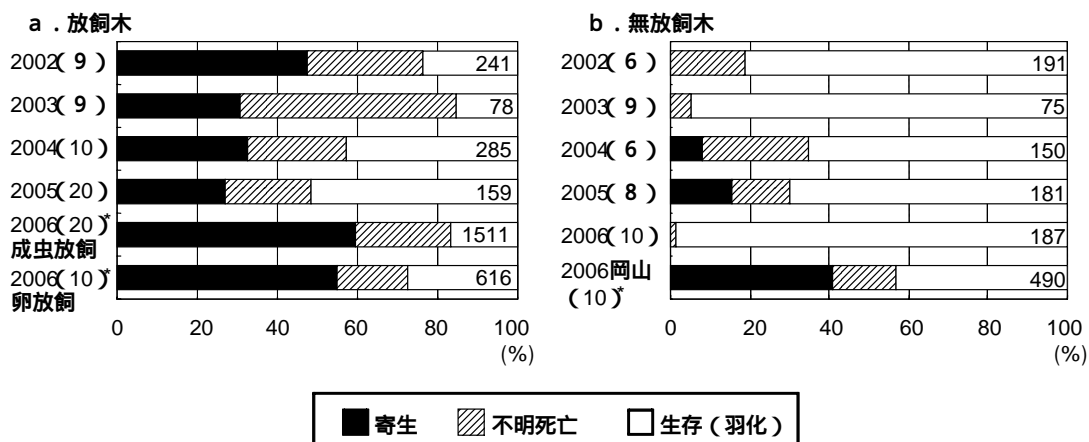


図-1 2002～2006年の放飼試験における放飼木および無放飼木材内でのマツノマダラカミキリ各死亡要因の占める割合。括弧内の数字は供試木の本数、グラフ上の数字は各試験区における合計個体数を示す。寄生はサビマダラオオホソカタムシによる。

* 印は岡山県笠岡市、その他は滋賀県野洲市を試験地とした。

ロジスティック回帰モデルを使って立地条件から伐出作業システム型を事前判定する

野田 巖 (森林資源管理研究グループ)

1. はじめに

木材生産に関して林地の特性を十分見極める意味で、野田ら(2006)は立地条件に由来する潜在的な経済性に着目しゾーニングする評価基準を提案した。それは、GISを用いた地域的な森林管理計画での活用を念頭にしたもので主伐に関して、立地条件から小班単位に伐出経費を推計するモデル(伐出経費推計モデル)とそのために伐出作業システム類型を判定するモデル(伐出作業システム類型判定モデル)で構成される。後者のモデルは、地形傾斜と集材距離だけの二元表であって単純で分かり易い特徴を有するが、その作成には経験的要素も必要で伐出作業システム類型ごとの適用範囲の決定が難しい場合は少なくない。そこで、本研究では、伐出作業システム類型判定モデルの構成法と精度の改善策として、質的な従属変数の予測のために様々な分野で用いられるようになってきたロジスティック回帰分析の適用可能性を検討した。本研究は、森林総合研究所運営費交付金プロジェクト(課題番号:200606)の一環によるものである。

2. 材料と方法

二元表の代わりにロジスティック回帰モデルを用いて、カテゴリ化された地形傾斜と集材距離のような質的独立変数から伐出作業システム類型という質的従属変数を予測することとする。モデルの適用可能性は、再現性を示す正分類率で評価し、二元表の結果と比較した。本研究で使用したデータは野田ら(2006)の結果と比較するために使用するデータ(72件)、変数(表-1) 予め設定した伐出作業システム類型などすべての条件を同じにした。ここで、伐出作業システム類型は次の4類型区分、(1)従来型車両系;トラクタ、林内作業車、(2)従来型架線系;集材機、(3)高性能型車両系;トラクタ+プロセッサ、フォワーダ、(4)高性能型架線系;集材機+プロセッサである。伐出作業システム類型判定モデルの導出は、二元表と同様に従来型と高性能型で別々に行った。

3. 結果と考察

得られた回帰モデルを式(1)(2)に示す。ここで、 $prob_o$ は従来型が、 $prob_H$ は高性能型がそれぞれ架線系になる確率で、0.5より大きければ架線系、0.5以下であれば車両系、と判定される。従来型、高性能型ともに地形傾斜はオッズ比が4以上で最も高く、伐出作業システムが架線系か車両系のどちらの類型になるかに強く作用していた($P < 0.05$)。集材距離は従来型、高性能型の双方で有意確率が0.05をやや上回ったがオッズ比は2程度と比較的大きく類型区分に作用していた。販売材積は、従来型ではオッズ比が2.585で類型区分に作用していたが($P < 0.05$)、高性能型ではオッズ比が0.741で1に近く、類型区分への作用はあまり認められなかった($P = 0.441$)。

$$prob_o = \frac{1}{1 + \exp(-1.413SLOPE - 0.950VOLUME - 0.699LOGGDIST + 8.625)} \quad (1)$$

$$prob_H = \frac{1}{1 + \exp(-1.682SLOPE + 0.299VOLUME - 0.769LOGGDIST + 4.644)} \quad (2)$$

正分類率は従来型90.9%(=40/44)、高性能型71.4%(=20/28)であった。野田らの二元表(従来型70.5%(=31/44)、高性能型71.4%(=20/28))と比較した結果、従来型は好成績を示したが(χ^2 検定、 $P < 0.05$)、高性能型では差は無かった($P = 0.587$)。このように二元表を使う場合に比べロジスティック回帰モデルは、再現性が優れている、モデルの決定が所定の方法で容易に実行できる、という適用上の優位性を有することが分かった。

表-1 ロジスティック回帰分析に使用した変数

変数	カテゴリ区分	値
地形傾斜 (SLOPE)	0 ~ 24deg.	1
	25 ~ 29	2
	30 ~	3
集材距離 (LOGGDIST)	0 ~ 49m	1
	50 ~ 99	2
	100 ~ 149	3
	150 ~ 299	4
	300 ~	5
販売材積 (VOLUME)	0 ~ 49m ³	1
	50 ~ 99	2
	100 ~ 149	3
	150 ~ 249	4
	250 ~ 449	5
	450 ~	6

引用文献:野田 巖・姫野光雄・鹿又秀聡・齋藤英樹(2006)立地条件に基づいた伐出作業システムの類型化と伐出経費の推計モデル-GISを用いた地域森林資源管理での活用を想定して-九州森林研究59:36-41.

紀州地方ヒノキ林分の直径成長について - 長期固定試験地における測定資料から -

田中 邦宏・野田 巖（森林資源管理研究グループ）

1. はじめに

近年、針葉樹人工林における長伐期化が進みつつある。紀州地方のヒノキ林も例外ではないだろう。長伐期化の進行に対応するには、長伐期施業を想定した収穫予測を適切に行う必要があるが、多様な密度管理や間伐方法に対応するためにシステム収穫表を整備・活用することも必要であろう。

さて、森林総合研究所関西支所では、紀州地方の各地のヒノキ林分に長期固定試験地を設定し、50年前後にわたる定期調査を行ってきた。一部の試験地では最終調査時の林齢が100年生を超えている。こうした貴重な調査資料はシステム収穫表の整備などにも活用されることが期待される。本報告では、直径成長率を対象に固定試験地での成長過程と収穫表のそれとを比較検討したので報告する。

2. 資料と方法

各固定試験地の概要は表 - 1 に示したとおりである。直径成長は立木密度の影響を大きく受ける。そこでまず、立木密度と胸高直径の関係を、紀州地方ヒノキ林分収穫表（以下、収穫表）から求めた平均管理曲線（白石，1986、中島ら，2006）との比較により吟味した。平均管理曲線は地位の影響を受けないとされる（白石，1986）。平均管理曲線に対して現実林分の密度がどのような状態にあるかを密度水準と呼ぶことにする。具体的には、現実林分のプロットが平均管理曲線よりも下側にあれば密度水準は低く、上側にあれば密度水準は高いということになる。さて、連年直径成長率は地位の影響を受けないとされている（白石，1986）。そこで、連年直径成長率の経年変化を収穫表と比較した。

3. 結果と考察

平均管理曲線との比較では、ほとんどの林分において立木密度と平均胸高直径の関係は平均管理曲線に沿って推移していたが、若齢時には密度水準が低めであったものが、林齢が進むにつれて密度水準が高くなる傾向が認められた（図 - 1）。連年直径成長率については、ほとんどの試験地で60年生程度までは収穫表とそれほど大きな違いはなかったが、およそ60年生以上では固定試験地の成長率の方が高くなっていた（図 - 2）。これらのことから、およそ60年生以上では胸高直径が大きくなるほど固定試験地における密度水準が収穫表よりも高くなっていたにもかかわらず、固定試験地では収穫表よりも高い直径成長率を示していたと言える。この理由の一つとして、収穫表の調製時に高齢林分の資料が欠如していたことが考えられる。システム収穫表のパラメータを導出する際には、このことに注意する必要があると考えられる。

引用文献

白石則彦(1986) 同齢単純林の生長予測に関する研究．東大演習林報75: 199-256.

中島 徹・松本光朗・白石則彦(2006) システム収穫表プログラムLYCSにおけるヒノキのパラメータ推定. 森林資源管理と数理モデル5 - FORMATH KYOTO 2005 - : 1-10.

表 - 1 確固定試験地の概要

試験地名	行政区	設定年月	試験区 面積 (ha)	地位指数 1	地位区分 (等)	最終 調査時林齢 (年生)	調査 回数 (回)
高取山1	奈良県高市郡高取町	1935.09	0.200	13		103	11
高取山2	"	"	0.200	12		103	11
高野山1	奈良県吉野郡大淀町	"	0.248	13		82	11
高野山2	"	"	0.200	11		95	11
御弁当谷	三重県員弁郡北勢町 2	"	0.200	13		81	10
茗荷淵山	三重県熊野市	1960.10	0.200	15		51	9

1 地位指数は40年生時の上層木の平均樹高である。

2 三重県員弁郡北勢町は、2003年12月1日に合併によりいなべ市となった。

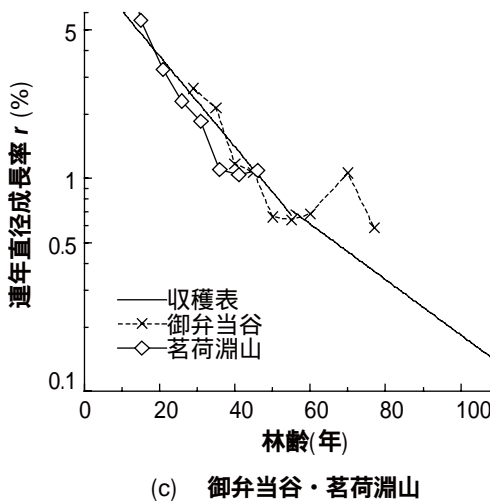
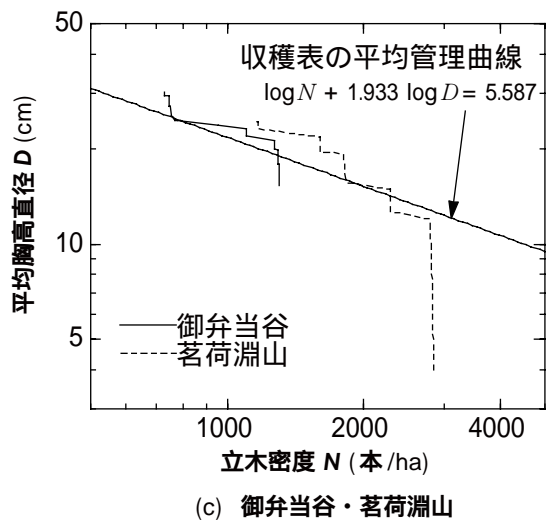
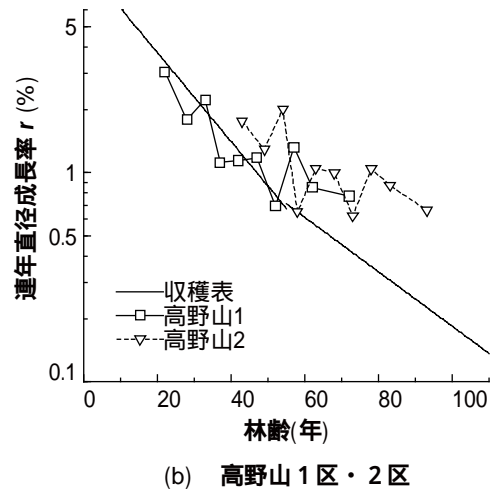
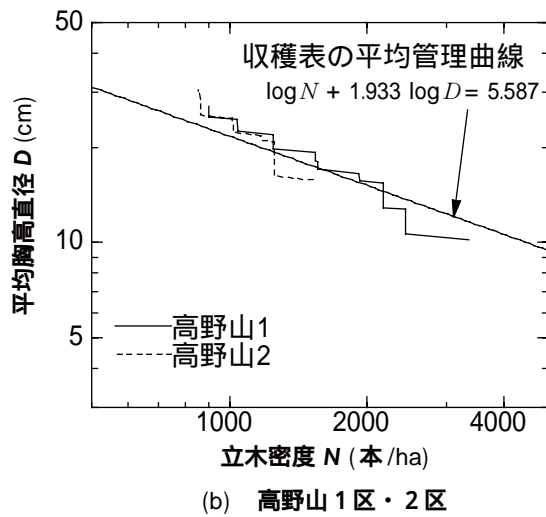
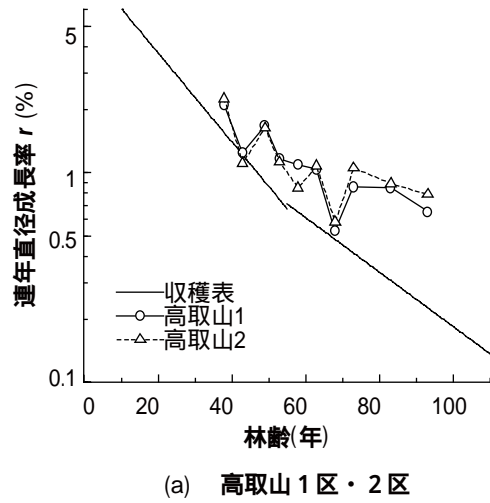
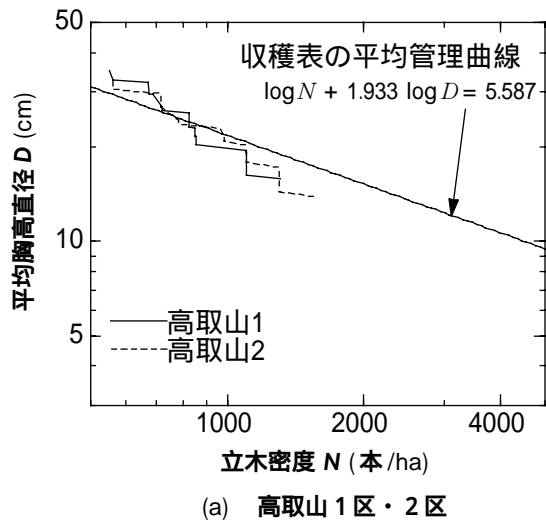


図 - 1 固定試験地における密度管理水準の推移

図 - 2 固定試験地と収穫表における平均胸高直径の連年成長率の経年変化