

粗放的に管理された岩手県内針葉樹人工林における強度間伐が下層植生の回復と発達に及ぼす影響

誌名	岩手大学農学部演習林報告 = Bulletin of the Iwate University Forests
ISSN	02864339
著者名	國崎, 貴嗣
発行元	[岩手大学農学部]
巻/号	47号
掲載ページ	p. 49-58
発行年月	2016年6月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



粗放的に管理された岩手県内針葉樹人工林における 強度間伐が下層植生の回復と発達に及ぼす影響

國崎 貴嗣*

The effects of heavy thinning on the reinitiation and
stratification of understory vegetation in dense
plantations of conifers in Iwate Prefecture

Takashi KUNISAKI*

I. はじめに

独自課税（森林環境税）の35県への広がり（林野庁，2015）に反映されるように，わが国では手入れ不足人工林が各地で見受けられる。こうした手入れ不足人工林では下層植生が乏しいため，土砂流出防止機能の低下が危惧されている。そこで，森林環境税では強度間伐を実施し，手入れ不足人工林への下層植生の導入を試みている県が多い（林野庁，2015）。

岩手県では，2006年度からいわての森林づくり県民税が導入された（高橋，2008）。そして，手入れ不足人工林を将来（事業実施から30年以上経過した段階），針広混交林に誘導するため，混交林誘導伐が実施されている（高橋，2011）。混交林誘導伐とは，概ね5割（本数間伐率40～60%）の強度間伐である。強度間伐が実施された11林分（スギ，ヒノキ，アカマツ，カラマツ）での標準地モニタリング（毎年測定）の結果によれば，下層植生が順調に回復している林分が多い（岩手県林業技術センター，2016）。ゆえに，強度間伐を核とした「いわて環境の森整備事業」により，手入れ不足人工林の林内光環境が改善され，下層植生の回復，さらに低木層への発進が進んでいる林分が多いと，いわての森林づくり県民税事業評価委員会では推察されている。ただし，強度間伐が実施されて数年以上が経過した森林全体，すなわち母集団における下層植生の回復と発進状況を把握するにあたり，平均的と思われる林分を作為的に抽出した標

Received February 29, 2016

Accepted May 11, 2016

*岩手大学環境科学系（農学部共生環境課程）

準地調査のみで、信頼性を高めて推定するのは統計学的に難しい。このため、「いわて環境の森整備事業」の成果を、整備面積といったアウトプットに加え、事業効果（アウトカム）として十分に把握できているとは言い難い状況にあった。

2015年に、強度間伐が実施されて5年以上が経過した森林全体を母集団とする無作為標本抽出調査が岩手県で企画・実施された。この標本抽出調査データを解析すれば、「いわて環境の森整備事業」により、母集団の下層植生がどの程度回復・発達したかを定量的に推定できる。

本研究の目的は、「いわて環境の森整備事業」が実施されて5～8年が経過した林分を対象に、下層植生に関する指標の母比率を推定し、手入れ不足の針葉樹人工林への強度間伐が下層植生の回復と発達に及ぼす影響を明らかにすることである。また、一般化線形モデルによる解析から、強度間伐後における下層植生の回復と発達に影響する要因についても考察した。

II. 資料と方法

1. 資料

本研究で用いた資料は、岩手県農林水産部林業振興課から提供して頂いた「いわて環境の森整備事業」の施工地現地調査資料である。事業実施から5～8年が経過した施工地（林分）677カ所を母集団とし、100カ所程度の林分を標本として単純無作為抽出する計画を林業振興課が設計した。そして、2015年6月から同年9月にかけて、県内11現地機関（盛岡、県南、花巻、遠野、一関、沿岸、大船渡、宮古、岩泉、県北、二戸）の職員が分担して、現地調査が実施された。

現地調査および調査資料作成の方法は以下のとおりである。1) 現地調査前に、事業主体等が撮影した間伐前後の林内景観写真を準備しておく。2) 林分において、林縁から樹高程度の距離（目測で20m程度）の林内で、下層植生の繁茂状況が分かるように2mの赤白ポールを立て、写真を撮影する。ピンボケ、手ぶれがないかを撮影直後に必ず確認し、不備がある場合には撮り直す。林分内の2, 3カ所を対象に、写真を撮影する。3) 現地調査位置図を付した上で、調査様式に承認番号、所在地、施工期間、樹種、林齢、面積、傾斜を入力し、間伐前後の林内景観写真1枚ずつと間伐実施後5～8年が経過した時点の林内景観写真2枚を掲載する。

2015年9月末までの現地調査の結果、96林分（スギ79林分、アカマツ12林分、カラマツ5林分）、つまり標本の大きさ96個の標本が得られた。

2. データ解析

本研究では、下層植生と低木層に着目した。下層植生とは、樹高1.0m未満の林床植生や稚樹層を合わせた概念と定義する。一般に、下層植生被度が4以上（被度1：植被率10%未満、被度2：植被率10%以上25%未満、被度3：植被率25%以上50%未満、被度4：植被率50%以

上75%未満、被度5：植被率75%以上) あれば、針葉樹人工林内からの土砂流出は顕著に防止されることが、既往の研究で明らかにされている(竹下, 2001; 上野, 2012)。このため、間伐実施後5～8年が経過した段階で下層植生被度が4以上に達していれば、当該林分の下層植生は回復し、土砂流出防止機能が改善していると評価した。また、樹高2.0m以上を低木層とし、針広複層混交林化が進行していることを示す指標とした。「いわて環境の森整備事業」の目標林型である針広混交林(林冠層で針葉樹と広葉樹が混交した状態の林分)に誘導するには、侵入広葉樹の総平均樹高成長量が0.5m/年と仮定しても、15mの高さに達するのに間伐実施から30年が必要である。そのため、途中段階の目標として針広複層混交林(針葉樹の林冠層と広葉樹の低木層からなる複層林)を設定し、間伐実施後5～8年が経過した段階で低木層が形成されていれば、その林分では下層植生が発達し、針広複層混交林に達していると評価した。

施工地現地調査の資料に基づき、まず、間伐実施後5～8年が経過した時点の林内景観写真2枚から下層植生被度を判定した。写真2枚の評価が分かれた場合には、小数以下を四捨五入した平均値を用いた。さらに、間伐実施後5～8年が経過した時点の林内景観写真2枚から、樹高2.0m以上の低木層が形成されているか否かを判定した。各林分とも、現況を2枚の写真から判読するため、実際には低木層が形成されていても、2mポールから離れたところに写っていれば、低木層と見なされない事例もあり得る。こうした事例が含まれる可能性から、針広複層混交林化の割合は、若干、過小推定になると考えられる。

解析では、まず、標本の特徴として、間伐時の林齢、本数間伐率、間伐直後の推定相対幹距を要約した。ここで、推定相対幹距(=10000/上層木樹高/ha当たり本数密度の平方根)を算出するにあたっては、すべての林分が地位級2等であると仮定し、各樹種の地位級2等における林齢と上層木樹高との関係(岩手県林業水産部, 1981, 1983, 1984)から求めた上層木樹高を用いた。また、國崎(2013c)の方法で補正したha当たり本数密度を用いた。

次に、下層植生被度が4以上である場合と低木層が形成されている場合について、それぞれ、母比率の信頼区間を95%の信頼度で推定した。

さらに、下層植生の回復と発達に影響する因子を明らかにするため、一般化線形モデルにより解析した。下層植生の回復については「下層植生被度が4以上である(1)か否(0)か」を応答変数、下層植生の発達については「低木層が形成されている(1)か否(0)か」を応答変数とした。そして、いずれも間伐時の林齢、本数間伐率、間伐直後の推定相対幹距、間伐後の経過年数、樹種(スギか否か)を説明変数とする線形予測子について、誤差構造を二項分布、リンク関数をロジットとするモデルを準備した。5つの説明変数を適宜組み合わせた31個のモデルと切片のみのnullモデルを合わせた32個のモデルについて総当たり法で解析し、AIC最小のモデルを最良モデルとして選択した。

Ⅲ. 結果と考察

1. 施工時の林齢と強度間伐の概要

標本の特徴を表-1に示す。間伐時の林齢における中央値は38年であった。7～10齢級の林分が77林分と全体の80%を占めており、標準伐期前後の林分が整備主体であった。本数間伐率における中央値は48%であった。本数間伐率は「概ね5割」(40～60%)という制度の範囲内であったものの、本数間伐率50%未満が62林分と全体の65%を占め、わずかながら間伐率が低い方に偏っていた。間伐直後の推定相対幹距における中央値は18.6%であった。スギ無間伐若齢林の場合、相対幹距15.4%以下は自己間引きが発生しやすい過密状態に相当する(國崎, 2013b)。また、アカマツ・カラマツ林の場合、相対幹距20%未満が過密状態に相当する(國崎, 2014)。これら過密状態の基準と比較すると、スギでは6%, アカマツ・カラマツでは47%の林分が間伐後も過密状態を脱していなかった。特にカラマツでは5林分中4林分が該当しており、過密状態を脱した林分(本数間伐率50%)を除き、本数間伐率は43～46%とやや低かった。同一の相対幹距で比較すると、アカマツ・カラマツ過密林の形状比はスギ林のそれより高くなる(國崎, 2014)。このため、アカマツ・カラマツ過密林では、スギよりも高めの間伐率を設定するのが過密状態の解消に際して望ましい。それにもかかわらず、スギと同程度か、もしくはスギよりもやや低めの本数間伐率が設定されたため、過密状態を脱せなかった林分割合が高くなったと推察される。

表-1 標本 (n=96) の概要

	林齢 (年)	本数間伐率 (%)	間伐直後の推定相対幹距 (%)
最大値	60	58	32.2
中央値	38	48	18.6
最小値	18	40	15.3

2. 母比率の信頼区間

標本について、樹種を区分せず一括すると、強度間伐後5～8年が経過した時点の下層植生被度は、被度5が63林分(標本の66%)、被度4が21林分(標本の22%)、被度3が6林分、被度2が3林分、被度1が3林分であり、被度4以上が84林分(標本の88%)であった(表-2)。樹高2.0m以上の低木層は、68林分(標本の71%)で確認された(表-2)。母比率を信頼度95%で推定すると、下層植生被度が4以上であったのは81～94%であった。また、低木層が形成されたのは62～80%であった。ゆえに、本数間伐率48%前後の強度間伐を実施して5～8年が経過した段階で、概ね9割の林分で下層植生が被度4以上に回復しており、また概ね7割の林分で下層植生が発達して低木層が形成され、針広複層混交林化が進行していると推定される。

表一 強度間伐5～8年後における下層植生の回復と発達

樹種	林分数	下層植生被度が4以上	樹高2m以上の低木層が形成
スギ	79	69 (87)	52 (66)
アカマツ	12	11 (92)	11 (92)
カラマツ	5	4 (80)	5 (100)
全体	96	84 (88)	68 (71)

() 内の数字は割合 (%) である。

岩手県内の過密なスギ人工林において、間伐2年後に下層植生被度4を確保するには、相対光量子束密度(以下、rPFDFとする)が間伐2年後に10%前後あれば良い(國崎ら, 2015)。また、「いわて環境の森整備事業」にかかる標準地モニタリングの結果によれば、強度間伐2年後に林内rPFDFが8%以上であったのは11林分中5林分であり、この5林分のすべてで間伐後5～8年までに植生率が50%(被度4)以上になった(岩手県林業技術センター, 2016)。これらのことから、本数間伐率48%前後の強度間伐を実施すれば、間伐2年後の林内rPFDFが10%前後か、それ以上に増加し、5～8年が経過した段階では、概ね9割の林分で被度4以上まで下層植生が回復すると考えられる。

下層植生被度が4以上であった母比率に対し、低木層が形成されたそれは17ポイント前後低かった。強度間伐の翌年に広葉樹が侵入し、下層植生がない状態から樹高2.0m以上の低木層が形成されたと仮定すると、8年経過した林分なら0.25m/年以上、5年経過した林分なら0.4m/年以上の平均樹高成長量が必要である。これが実現するには、國崎ら(2015)の推定式に基づき単純計算すれば、rPFDF17%が8年、あるいはrPFDF32%が5年継続する林内光環境を必要とする。針葉樹人工林内の相対光量は間伐後、林冠の再開鎖により時間の経過とともに低下するので(安藤ら, 1983; 水井ら, 1987; 金子, 1989; 岩手県林業技術センター, 2016)、実際には、間伐直後にさらに高いrPFDFを確保する必要がある。小山ら(2009)の推定式によれば、スギ林内のrPFDFを20%以上にするためには収量比数を0.46以下、rPFDFを35%以上にするためには収量比数を0.3以下に調節する必要がある。スギ過密林の収量比数を0.80(過密の下限値)と仮定しても、この過密林の収量比数を0.46以下に調節するには、材積間伐率43%以上(本数間伐率に換算すれば65%前後)という超強度間伐が必要になる。これは「概ね5割」(40～60%)という制度の範囲を超える間伐となり、実現困難である。ゆえに、下層植生が全くないスギ林に48%前後の強度間伐を実施し、5～8年が経過した段階で低木層が形成される可能性は、ほとんどないと考えられる。そして、低木層が形成されたスギ林については、強度間伐前から前生樹が生立していたものと推察される。

3. 下層植生の回復に影響する因子

下層植生被度が4以上であるか否かを応答変数とした場合、AIC最小の最良モデルは間伐後

表-3 下層植生被度を応答変数とするモデルのAIC, 係数とオッズ比

説明変数	AIC	係数	オッズ比
経過年数	71.60	-0.750*	0.47
なし	74.34	-	-

*: $P < 0.05$

の経過年数を説明変数とするモデルであった(表-3)。最良モデルのAICは71.6であり、nullモデルの74.3より低かった。最良モデルのAICは、切片が有意($P < 0.001$)であるnullモデルのAICより2以上低いものの、その絶対値(2.7)はあまり大きくなかった。このことから、間伐後の経過年数を含め、今回用いた説明変数には、下層植生被度が4以上になるか否かを予測する上で強力な因子はないと考えられる。すなわち、手入れ不足の針葉樹人工林に本数間伐率48%前後の強度間伐を実施し、5~8年が経過すれば、下層植生被度は4以上になりやすいと考えられる。

間伐後の経過年数の係数は有意($P < 0.05$)で、係数の符号は負となった(表-3)。係数から計算したオッズ比は0.47であり、1より顕著に低かった。すなわち、間伐後の経過年数が5~8年の場合、経過年数が1年増えるごとに、下層植生被度が4未満になりやすいことを意味する。実際、標準地モニタリングで調査された樹高2.0m未満の植被率(岩手県林業技術センター, 2016)については、強度間伐後6~8年目まで調べられた植被率50%(被度4)以上の6林分のうち、5年目以降に増加したのは2林分で、減少したのは4林分であった。経過年数が1年増えるごとに、下層植生被度が4未満になりやすいのは、間伐された針葉樹人工林における林冠下の相対光量が時間の経過とともに低下するため(安藤ら, 1983; 水井ら, 1987; 金子, 1989)、および多くの林分で稚樹層が1.2m以上の高さまで発達してきたためと考えられる。「いわて環境の森整備事業」にかかる標準地モニタリングの結果(岩手県林業技術センター, 2016)によれば、強度間伐5年後における地上高1.2mでのrPPFDの範囲は2~10%であり、11林分中5林分で実生の定着に必要な5%(石田, 2000)を下回った。また、強度間伐6年後における林内rPPFDの範囲は1~8%であり、11林分中8林分で5%未満であった。さらに強度間伐8年後における林内rPPFDの範囲は3~4%であり、調査された6林分すべてで5%未満であった。このように、樹高1.0m未満の下層植生にとっての光環境は経年的に悪化しており、この結果、下層植生被度が4未満になりやすくなっていると考えられる。

4. 下層植生の発達に影響する因子

低木層が形成されているか否かを応答変数とした場合、AIC最小の最良モデルは樹種を説明変数とするモデルであった(表-4)。最良モデルのAICは113.07であり、nullモデルの117.9より4.8低かった。樹種(アカマツ・カラマツ)の係数は有意($P < 0.05$)で、係数の符号は正となった(表-4)。係数から計算したオッズ比は8.31であり、1より顕著に高かった。すなわち、

表-4 低木層を応答変数とするモデルのAIC, 係数とオッズ比

説明変数	AIC	係数	オッズ比
樹種：アカマツ・カラマツ	113.07	2.117*	8.31
なし	117.90	-	-

* : $P < 0.05$

樹種がアカマツ・カラマツの場合、スギよりも低木層が形成されやすいことを意味する。実際、低木層が形成されたのは、スギでは79林分中52林分（66%）であるのに対し、アカマツでは12林分中11林分（92%）、カラマツでは5林分すべて（100%）であった（表-2）。この樹種間差は、7～10齢級では、アカマツ、カラマツ林の林内相対光量がスギ林のそれよりも高くなりやすいために生じると推察される。

ha当たりの林分葉量（乾重の平均±標準偏差）は、スギで 19.6 ± 4.4 tであるのに対し、アカマツで 6.4 ± 1.3 t、カラマツで 3.0 ± 1.0 tと低い（齋藤, 1989）。アカマツ、カラマツ林における初回の林冠閉鎖直後の林内相対照度は5%前後まで低くなるものの（大崎, 1992; 小山, 1993）、過去に間伐が実施された7～10齢級の林分では20%前後かそれ以上になる（外館・野呂, 1991; 片倉ら, 1995）。また、7, 8 齢級のアカマツ無間伐林16林分内で測定された11月（低木層の広葉樹が落葉した時期）のrPFDは17～26%であった（國崎, 2004）。ここで、針葉樹林における相対照度とrPFDの値はほぼ等しく、20%前後の値の場合、相対照度はrPFDより1ポイント程度高いのみである（Muraoka et al., 2001）。このため、無間伐であっても7, 8 齢級のアカマツ林であれば、林内相対照度が20%前後になると考えられる。また、7～10齢級のカラマツ林における林内相対照度はアカマツ林のそれより若干低くなるものの、過密状態の基準値（相対幹距20%）での相対照度は17%であり、超過密状態（相対幹距15%）でも相対照度は11%と推定される（片倉ら, 1995）。これに対し、超過密状態（相対幹距12%, 収量比数0.95）にあるスギ林内のrPFDは5%未満であり（小山ら, 2009; 國崎, 2013a）、7～10齢級の過密なスギ林における林内rPFDを確実に10%以上に増加させるには、本数間伐率60%前後かそれ以上の超強度間伐が必要である（國崎ら, 2015）。以上を総合すると、本数間伐率48%前後の強度間伐を実施した場合、アカマツ林やカラマツ林では、間伐後5年が経過しても、地上高2.0m付近の林内rPFDは10%以上になりやすいのに対し、スギ林では間伐1年後でも10%に達しない場合も多く（岩手県林業技術センター, 2016）、間伐後5年が経過すれば、ほとんどの林分で10%未満へ低下すると推察される。

先述のとおり、スギ林では本数間伐率48%前後の強度間伐により、94%の林分で過密状態が解消された。しかし、間伐前の林内rPFD 3～6%だったスギ林における間伐1年後の林内rPFDは6～15%と緩やかに増加する程度であり（高橋, 2008, 2011）、強度間伐による林内光環境の改善効果はあまり高くなかった。そして、間伐5年後以降には林内rPFDは10%未満となり、時間の経過とともにさらに減少すると考えられる。ここで、地位級2等を前提に、小山

ら(2009)の林内rPFD推定式と國崎ら(2015)による林床木本の平均樹高成長量の推定式を併用して、林齢35年生スギ林に本数間伐率48% (材積間伐率31%)の強度間伐を実施した後の林床木本の平均樹高を推定した。下層植生が存在しない状態から木本が侵入したとすると、林内rPFDは間伐1年後に9.3%、間伐5年後に8.2%となり、この5年間に林床木本の平均樹高は0.68mに達した。また、8年間で林床木本の平均樹高は1.04mに達した。つまり、間伐前に樹高1.0~1.4mかそれ以上の前生樹が生立していない限り、スギ林内に間伐後5~8年経過した段階で低木層は形成されにくいと推察される。このため、スギ林の過密状態を解消するだけでなく、より多くの林分で間伐5~8年後に低木層が形成されるよう、下層植生の繁茂状況を観察しながら、場合によっては本数間伐率55%前後の強度間伐を設計する必要もあると考えられる。

一方、アカマツ林やカラマツ林では、間伐後5年が経過しても、地上高2.0m付近の林内rPFDは10%以上になりやすい。ここで、地位級2等を前提に、片倉ら(1995)により推定した林内相対照度をMuraoka et al. (2001)に基づきrPFDに変換した上で、國崎ら(2015)による林床木本の平均樹高成長量の推定式を併用して、林齢35年生アカマツ、カラマツ林に本数間伐率48% (材積間伐率31%)の強度間伐を実施した後の林床木本の平均樹高を推定した。アカマツ林では、林内rPFDは間伐1年後に22.6%、間伐5年後に19.8%となり、この5年間に林床木本の平均樹高は1.47mに達した。また、8年間で林床木本の平均樹高は2.28mに達した。カラマツ林では、林内rPFDは間伐1年後に17.5%、間伐5年後に16.1%となり、この5年間に林床木本の平均樹高は1.22mに達した。また、8年間で林床木本の平均樹高は1.92mに達した。先述のとおり、7~10齢級のアカマツ林では無間伐状態でもrPFDは20%前後、カラマツ林では超過密状態でも相対照度は11% (rPFD10%)と推定されるため、間伐以前から樹高1.0m前後かそれ以上の前生樹が生立している林分が多い(施工地現地調査の資料から、アカマツ林やカラマツ林では間伐前の林内景観写真で前生樹を確認できる場合が多い)。そして、間伐により林内rPFDが増加した状態で前生樹は成長できるため、アカマツ林やカラマツ林内に間伐後5~8年経過した段階で低木層は形成されやすいと推察される。しかし、47%の林分で過密状態が解消されなかったことから、アカマツ林やカラマツ林における林冠木の健全な育成のため、超過密林では本数間伐率55%前後の強度間伐を設計する必要があると考えられる。

引用文献

- 安藤 貴・宮本倫仁・桜井尚武・竹内郁雄・谷本丈夫(1983)人工林の複層林施業に関する研究(Ⅱ)林内の光環境の変動-二段林の光環境の経年変化-。林試研報 323: 65-73.
- 石田 仁(2000)光環境が温帯林主要樹種の更新樹の分布と伸長成長に及ぼす影響。富山県林技セ研報 13: 1-96.
- 岩手県林業水産部(1981)岩手カラマツ林 林分密度に関する基礎調査書。67pp, 岩手県

- 岩手県林業水産部 (1983) 岩手県民有林スギ 収穫予想表等作成に関する基礎調査書]. 86pp, 岩手県
- 岩手県林業水産部 (1984) 岩手県民有林アカマツ 収穫予想表等作成に関する基礎調査書]. 61pp, 岩手県
- 岩手県林業技術センター (2016) いわて環境の森整備事業モニタリング調査 平成27年度調査 中間報告. 4pp, 平成27年度第5回いわての森林づくり県民税事業評価委員会資料No.3
- 金子智紀 (1989) 複層林施業における林内更新試験について. 日林東北支誌 41: 135-138.
- 片倉正行・遊橋洪基・大木正夫・古川 仁 (1995) カラマツ及びアカマツを上木とする二段林の管理技術に関する研究. 長野県林総セ研報 9: 16-29.
- 小山浩正 (1993) カラマツ・トドマツ人工林の林内照度と下木の生育予測. 北方林業 45: 20-22.
- 小山浩正・林直哉・高橋教夫 (2009) スギ人工林の疎密度と林内の光環境の関係－人工林の混交林誘導のための目安として－. 森林計画誌 42: 81-86.
- 國崎貴嗣 (2004) 岩手県鶯宿地方のアカマツ人工林における亜高木層の落葉広葉樹の密度の違いが林床のクマイザサ, 稚樹の密度に及ぼす影響. 日林誌 86: 258-264.
- 國崎貴嗣 (2013a) 巻き枯らし間伐がスギ若齢人工林の林内光環境と林床木本組成に及ぼす影響. 森林計画誌 46: 67-74.
- 國崎貴嗣 (2013b) 粗放的に管理されたスギ若齢人工林の簡便な密度管理指標の探索. 岩大演報 44: 1-18.
- 國崎貴嗣 (2013c) 粗放的に管理された岩手県内スギ人工林の込み合い度と直径分布特性. 岩大演報 44: 53-67.
- 國崎貴嗣 (2014) 過密なカラマツ, アカマツ人工林における簡便な密度管理指標の探索. 岩大演報 45: 25-36.
- 國崎貴嗣・蓮沼友紀子・上石有吾 (2015) 岩手県内のスギ人工林における林内光量と林床植生被度の関係. 岩大演報 46: 11-20.
- 水井憲雄・菊沢喜八郎・浅井達弘・清和研二 (1987) トドマツ人工林の間伐試験 (I) 間伐後4年間の生長量と葉量の回復. 北海道林試研報 25: 18-27.
- Muraoka, H., Hirota, H., Matsumoto, J., Nishimura, S., Tang, Y., Koizumi, H. and Washitani, I. (2001) On the convertibility of different microsite light availability indices, relative illuminance and relative photon flux density. *Func. Ecol.* 15: 798-803.
- 大崎勝弘 (1992) アカマツを上木とする複層林に関する基礎的研究. 42pp, 平成3年度岩手大学農学部卒業論文
- 林野庁 編 (2015) 森林・林業白書. 225pp, 農林統計協会
- 齋藤秀樹 (1989) 森林の葉量, 生産構造. (In 堤利夫 編「森林生態学」166pp, 朝倉書店),

56-67.

外館聖八朗・野呂忠幸 (1991) アカマツ林における林分構造と林内相対照度. 日林論 102 : 561-562.

高橋美恵子 (2008) いわて環境の森整備事業「モニタリング調査」の実施状況について. 岩手の林業 平成20年4月号 : 8-9.

高橋美恵子 (2011) 強度な間伐は, どのくらいの間伐なのか. 岩手の林業 平成23年1月号 : 8-9.

竹下敬司 (2001) 山の森と土と水. 235pp, 福岡県水源の森基金

上野 満 (2012) 植生による土壤保全機能の發揮. (In 森林総合研究所 編「広葉樹林化ハンドブック2012」48pp, 森林総合研究所四国支所), 36-37.

要 旨

単純無作為抽出法により, 標本の大きさ96個 (スギ79林分, アカマツ12林分, カラマツ5林分) の標本が得られた。間伐時の林齢における中央値は38年, 本数間伐率における中央値は48%, 間伐直後の推定相対幹距における中央値は18.6%であった。信頼度95%で母比率の信頼区間を推定すると, 強度間伐実施から5~8年が経過した母集団全体のうち, 下層植生被度が4以上であった林分割合は81~94%であった。また, 低木層が形成された林分割合は62~80%であった。強度間伐実施後5~8年の場合, 経過年数が1年増えるごとに, 下層植生被度が4未満になりやすく, また, 樹種がアカマツ・カラマツの場合, スギよりも低木層が形成されやすかった。