

平成 27 年 11 月 17 日

「いわて環境の森整備事業の施工地現地調査」に関する分析報告書

岩手大学農学部
准教授 國崎貴嗣

要旨

単純無作為抽出法により、標本の大きさ 96 個（スギ林 79 カ所、アカマツ林 12 カ所、カラマツ林 5 カ所）の標本が得られた。信頼度 95% で信頼区間を推定すると、事業実施後に下層植生が増えたのは、事業実施から 5 年以上が経過した母集団全体のうち、95～100%（点推定値 98%）であった。下層植生被度が 4 以上で水土保持機能が改善しているのは 81～94%（点推定値 88%）であった。また、針広複層混交林化（針広混交林の途中段階）が順調に進行しているのは 62～80%（点推定値 71%）であった。下層植生被度については、樹種に関係なく、被度 4 以上が占める標本内割合は 80% 以上であった。これに対し、針広複層混交林化の標本内割合は、アカマツ林とカラマツ林で 90% 以上と高いものの、スギ林では 66% と低かった。針広複層混交林化の標本内割合における樹種間差について、既往の研究知見を踏まえて考察した。

1. はじめに

平成 27 年 11 月 10 日付けで拝受した「いわて環境の森整備事業の施工地現地調査」の取りまとめ結果（林業振興課総括課長名で送付された書類一式）について分析し、いわての森林づくり県民税事業評価委員会委員（学識経験者）の立場から、いわて環境の森整備事業の事業効果を検証した。その分析・検証の内容について、以下のとおり報告する。

2. いわて環境の森整備事業の事業効果を検証するための調査

「施工地現地調査」は、いわて環境の森整備事業の事業効果を検証するため、岩手県林業技術センターが平成 19 年度から実施している「モニタリング調査」を補完する形で、施工地における針広混交林化の進捗状況を確認することを目的とする。

「モニタリング調査」では、8 地区（スギ 5 地区、ヒノキ、アカマツ、カラマツが各 1 地区）の計 11 調査区を間伐前から調査し、林内光環境、植被率、実生・稚樹・幼木の本数密度の経年変化を間伐後 6 年程度（5～7 年）、毎年追跡している。施工地 8 地区はいわゆる標準地（平均的な施工地）にあたり、「モニタリング調査」により標準地のプロセス（植生遷移の歴史）を詳細に把握できる。

一方、「施工地現地調査」については、標準地調査では信頼性を高めて推定できない母集団（統計学の概念で、「施工地現地調査」の場合、事業実施から 5 年以上経過した施工地全体を指す）の特徴を正確に推定したり、標準地調査では十分に把握できないパターン（多数の施工地を同一時点で観察した際の特徴：樹種間差）を把握できる。平成 26 年度の第 4 回委員会にて筆者が提案し、同年度第 6 回委員会にて、平成 27 年度の取組方針にかかる対策の一つとして、採用された調査である。

3. 施工地現地調査と調査資料の概要

事業実施後 5 年以上経過した施工地 677 カ所から、県内 100 カ所（標本の大きさ 100 個

程度)を単純無作為抽出して標本を得る計画を林業振興課が設計した。そして、平成27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)の職員さん達が分担して、現地調査がおこなわれた。

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施工前後の林内景観写真を準備しておく。2)施工地において、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。施工地の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、事業主体、所在地、施工期間、樹種、林齢、面積、傾斜を入力し、施工前後の林内景観写真1枚ずつと事業実施後5~8年が経過した時点の林内景観写真2枚を掲載する。

平成27年9月末までの現地調査の結果、96カ所(スギ林79カ所、アカマツ林12カ所、カラマツ林5カ所)、すなわち標本の大きさ96個の標本が得られた。

4. 分析者の専門性と分析方法

筆者(分析者)は、岩手大学農学部で森林科学コースの教育を担当する大学教員である。元々の専門は森林計測学であり、標準地調査や(単純無作為抽出法などの)標準地調査など、様々な森林調査法や植生調査法について、平成11年度以来、17年間連続して講義・実習を担当している。また、研究では造林学的な観点から、手入れ不足で過密化した人工林の改善手法の開発(平成9年度~)、針葉樹人工林の針広複層混交林への誘導技術の開発(平成12年度~)、および針葉樹人工林皆伐後の広葉樹林化技術の開発(平成19年度~)などに取り組んでいる。さらに、大学院生時代(九州大学大学院農学研究科修士課程)に森林景観(景観評価で重視される林内見通し)について研究した経験から、林内景観写真を用いて森林の特徴(下層植生被度や低木層の有無)を把握することもできる。ゆえに、施工地現地調査の分析担当として、相応レベルの専門知識を有している。

分析では、下層植生と低木層に着目した。下層植生とは、樹高0.5m未満の林床植生と樹高0.5~1.0mの稚樹層を合わせた概念と定義する。そして、下層植生被度(後述)が4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。このため、事業実施後5年以上経過した段階で下層植生被度が4以上に達していれば、当該森林の水土保持機能は改善していると評価した。また、樹高2m以上を低木層とし、針広混交林化(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。最終目標である針広混交林(林冠層で針葉樹と広葉樹が混ざった状態の森林)に成長するには、どんなに短くても、事業実施から20年以上(できれば30年以上)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、事業実施後5年以上経過した段階で低木層が形成されていれば、その森林は針広複層混交林である(針広混交林へ進行している途上である)と評価した。

施工地現地調査の資料に基づき、まず、施工前後の林内景観写真と事業実施後5年以上が経過した時点の林内景観写真を比較し、下層植生が増えたかを確認した。次に、事業実施後5年以上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。被度1は植被率(上から見た、下層植生が地表面を覆っている面積割合)10%未満、被度2は植被率10%以上25%未満、被度3は植被率25%以上50%未満、被度4は植被率50%以上75%未満、被度5は植被率75%以上に該当する。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(例えば、被度4と被度3に分かれた場合には、平均値3.5の小

数第一位を四捨五入した4)を用いた。さらに、事業実施後5年以上が経過した時点の林内景観写真2枚から、樹高2m以上の低木層が形成されているか否かを読み取った。各施工地とも、現況を2枚の写真から判読するため、低木層の評価については厳しくなる。例えば、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る場合、低木層と見なされない事例もあり得る。そ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、過小推定になっているはずである。この点に留意した上で、以下の結果と考察をご覧頂ければ幸いである。

5. 標本全体（96 林分）に基づく母集団の特徴

いわて環境の森整備事業の施工地現地調査に関する分析結果を表に示す。なお、林分とは、一般的に使用される森林と同義語である。

表 いわて環境の森整備事業の施工地現地調査に関する分析結果

樹種	林分数	下層植生被度 4以上	樹高2m以上の 低木層が形成	水土保持機能が改善し、 針広混交林化も進行
スギ	79	69 (87)	52 (66)	47 (59)
アカマツ	12	11 (92)	11 (92)	10 (83)
カラマツ	5	4 (80)	5 (100)	4 (80)
全体	96	84 (88)	68 (71)	61 (64)

() 内の数字は割合 (%) である。

単純無作為抽出法により調査された96林分について、樹種を区分せず一括してまとめると、施工前後の林内景観写真と事業実施後5年以上が経過した時点の林内景観写真を比較し、下層植生が増えたのは94林分(標本の98%)であった。事業実施後5年以上が経過した時点の林内景観写真に基づく下層植生被度は、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林分であった。樹高2m以上の低木層は、68林分(標本の71%)で確認された。

以上の値から、母比率(母集団の比率)を信頼度95%で推定すると、下層植生被度が施工後に増えたのは、事業実施から5年以上が経過した母集団全体のうち、95~100%(点推定値98%)であった。現在の下層植生被度が4以上で水土保持機能が改善しているのは、事業実施から5年以上が経過した母集団全体のうち、81~94%(点推定値88%)であった。また、低木層が形成され、針広複層混交林化(針広混交林の途中段階)が順調に進行しているのは、事業実施から5年以上が経過した母集団全体のうち、62~80%(点推定値71%)であった。

6. 標本内スギ林(79 林分)の概要

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」の齢階別地位級別上層木平均樹高の地位級2等を用いて、最も近い林齢の上層木平均樹高に基づき、相対幹距(%)を計算した。相対幹距は混み合い度指標であり、値が低いほど混んでいることを示す。

間伐前の相対幹距は79林分中76林分(標本内スギ林の96%)で15.2%以下と、過密の基準(15.4%)より低かった。残り3林分のうち、林木間競争が顕著になる密の基準(17%)

を下回ったのが1林分であり、他の2林分（林齢20年生前後）は林冠閉鎖直後である中庸の基準（19%）以下であった。これらのことから、調査された施工地はいずれも林冠閉鎖しており、そのほとんどは過密林であったと考えられる。相対幹距は間伐により3～8ポイント（中央値4ポイント）上昇した。下層植生被度は、被度5が52林分（標本内スギ林の66%）、被度4が17林分（標本内スギ林の21%）、被度3が6林分、被度2が2林分、被度1が2林分であった。樹高2m以上の低木層は、52林分（標本内スギ林の66%）で確認された。

被度2の林分（陸前高田市、大船渡市）では、低木層が存在しない（標準伐期齢に達した林分）か、あってもまばら（な若齢林）であった。今年の写真を確認する限り、スギが混み合っているように見受けられることから、標準伐期齢に達した林分では残存本数（1300本/ha）が多かったこと、若齢林では林冠閉鎖が進んだことが影響していると推察される。あるいは、この2市はいわゆる五葉山地域（第4次シカ管理計画）にあり、従来からシカの生息数が多く、農林業被害も多かったことから、シカの食害が影響している可能性も考えられる。

被度1の林分（ともに釜石市）については、今年の写真を確認する限り、間伐により十分な疎開空間が形成されたように見受けられるものの、下層植生がほとんど見られなかった。特に、低木層が形成されている林分では、あたかも除草したかのような不自然な状態であった。これら林分では本数で50%強が間伐されており、適切な整備がおこなわれたと判断できる。ゆえに、これらの林分において下層植生被度が低くなったのは、林内光環境以外の理由、すなわちシカの食害が影響していると推察される。というのも、被度1の林分は全体で3林分（残り1林分はカラマツ林）あり、いずれも釜石市内の同一町内に分布している。釜石市は五葉山地域（第4次シカ管理計画）にあり、従来からシカの生息数も多く、農林業被害も多かったことを考えれば、除草したかのような不自然な状態をもたらしたのがシカである蓋然性は高い。

以上のことから、下層植生被度が4以上である69林分（標本内スギ林の87%）では水土保持機能が改善しており、そのうち47林分（標本内スギ林の59%）では針広複層混交林化も順調に進行している。下層植生被度が4以上であるものの、写真で低木層を確認できなかった22林分（標本内スギ林の28%）では、針広複層混交林化が進行しているとは言いがたい。また、下層植生被度が2以下である4林分（いずれも五葉山地域）では、水土保持機能の改善に課題がある。

7. 標本内アカマツ林（12林分）の概要

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」の齢階別地位級別上層木平均樹高の地位級2等を用いて、最も近い林齢の上層木平均樹高に基づき、相対幹距を計算した。

間伐前の相対幹距は15.9%以下と、過密の基準（19%）より低かった。このことから、調査された施工地はいずれも過密林であったと考えられる。相対幹距は間伐により3～5ポイント（中央値4ポイント）上昇した。下層植生被度は、被度5が8林分、被度4が3林分、被度2が1林分であった。樹高2m以上の低木層は、11林分で確認された。

被度2の林分（花巻市）には密な低木層が形成されており、低木層による光を巡る一方向的競争が下層植生被度の低さに影響したと考えられる。

また、樹高2m以上の低木層を写真で確認できなかった1林分（一関市）については、間伐直後の相対幹距は13.8%と、今回調査されたアカマツ12林分の中で最も低かった（密で

あった)。44.6%の本数間伐率は概ね50%という施工基準を満たしているものの、過密状態を解消できていないと考えられる。ただし、当該林分における間伐直後の写真には樹高2m以上の低木層を確認できた。

以上のことから、下層植生被度が4以上である11林分では水土保持機能が改善しており、そのうち10林分では針広複層混交林化も順調に進行している。下層植生被度が4であるものの、写真で低木層を確認できなかった1林分では、針広複層混交林化が進行しているとは言いがたい。また、下層植生被度が2である林分では、水土保持機能の改善には課題があるものの、針広複層混交林化は順調に進行している。

8. 標本内カラマツ林（5林分）の概要

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」の地位別樹高成長（地位級別の上層木平均樹高の一覧表）の地位級2等を用いて、最も近い林齢の上層木平均樹高に基づき、相対幹距を計算した。

間伐前の相対幹距は14.1%以下と、過密の基準（19%）より低かった。このことから、調査された施工地はいずれも過密林であったと考えられる。相対幹距は間伐により3～5ポイント（中央値3ポイント）上昇した。下層植生被度は、被度5が3林分、被度4が1林分、被度1が1林分であった。樹高2m以上の低木層は、すべての林分で確認された。

被度1の林分（釜石市）には下層植生がほとんど見られず、あたかも除草したかのような不自然な状態であった。それに対し、樹高2m以上の低木層は十分に形成されていた。当該林分の間伐直後の相対幹距は19.9%と、今回調査されたカラマツ5林分の中で最も高く（疎であり）、明らかに過密状態を解消されていたと断言できる。ゆえに、この林分において下層植生被度が低くなったのは、スギ林の章で考察したとおり、林内光環境以外の理由、すなわちシカの食害が影響していると考えられる。

以上のことから、下層植生被度が4以上である4林分では水土保持機能が改善しており、針広複層混交林化も順調に進行している。下層植生被度が1である林分では、水土保持機能の改善には課題があるものの、針広複層混交林化は順調に進行している。

9. 「施工地現地調査」に基づく、いわて環境の森整備事業の事業効果

いわて環境の森整備事業では、概ね50%の間伐（混交林誘導伐）を実施し、下層植生の侵入・生育を促すことを当面の目標としている。分析の結果、母集団のうち、95～100%の林分で事業実施後に下層植生が増えていた。また、母集団のうち、81～94%の林分で下層植生が4以上と十分に繁茂していた。それゆえ、混交林誘導伐は、手入れ不足人工林内に下層植生を侵入させる上で有効に機能していると言える。

いわて環境の森整備事業では、施工地が、将来（整備から20～30年後）、針広混交林化することを最終的な目標としている。そこで、事業実施後5年以上が経過した林分が針広複層混交林化しているか、つまり、針葉樹植栽木による林冠層と侵入広葉樹による低木層が形成されているかを分析した。その結果、母集団のうち、62～80%の林分で針広複層混交林化が進行していた。全体の概ね3分の2（から8割弱）が針広複層混交林化していることから、混交林誘導伐は、ある程度機能していると言える。

下層植生の繁茂した林分の割合に比べると、針広複層混交林化した林分のそれは2割ほど低い。これは、林分葉量の樹種間差によって、事業実施後の林内光環境改善に差が生じるためと考えられる。

カラマツ林については、林分全体の葉量が3t/haと少なく、かつ秋以降に落葉する。こ

のため、施工前の過密状態であっても、林内相対光量（地上高 2 m での光強度）は着葉期でも 10%程度ある（落葉期なら 40%以上になると推察される）。ここに混交林誘導伐を施せば、着葉期の林内相対光量は、おそらく、30%程度に上昇すると考えられる。この場合、林床木本（実生・稚樹）の平均樹高成長量は 0.4m/年であるため、事業実施後 5 年以上が経過した林分なら、樹高 2 m 以上の低木層が形成されやすい。

常緑のアカマツ林については、林分全体の葉量が 6 t/ha と、カラマツ林より若干多く、スギ林よりも明らかに少ない。このため、施工前の過密状態であっても、林内相対光量は 5%以上あり、下層植生が侵入できる。実際、（シカの食害が顕在化していない）岩手大学演習林を観察しても、アカマツ林で下層植生、低木層ともに存在しない林分を見つけることはできない。手入れ不足のアカマツ林に混交林誘導伐を施せば、林内相対光量は、おそらく、20%以上に上昇すると考えられる。この場合、林床木本の平均樹高成長量は 0.3m/年であるため、事業実施後 5 年以上が経過した林分なら、施工前に侵入していた林床木本が成長し、樹高 2 m 以上の低木層が形成されやすい。

一方、常緑のスギ林については、林分全体の葉量が 20t/ha と、カラマツ、アカマツ林よりも顕著に多い。このため、施工前の過密状態なら、林内相対光量は 5%未満であり、下層植生が侵入しづらい。実際、（シカの食害が顕在化していない）岩手大学演習林を観察すると、林内相対光量が 5%以下のスギ林では、下層植生被度は 2 以下である（植被率が 0%の場合も含まれる）。手入れ不足のスギ林に混交林誘導伐を施せば、林内相対光量は 10～15%に上昇する（岩手県林業技術センターの「モニタリング調査」や、既往の林内相対光量推定式からも、この程度が標準的な値だと考えられる）。林内相対光量 15%の場合、林床木本の平均樹高成長量は 0.2m/年であるため、事業実施後 5 年以上が経過した林分で、施工前に侵入していた林床木本が成長したとしても、（それが 1 m 以上の稚樹層でない限り）樹高 2 m 以上の低木層に到達するのは容易でない。

以上の考察は、表に示した「樹高 2 m 以上の低木層が形成」された林分の樹種別割合（カラマツ林 100%、アカマツ林 92%、スギ林 66%）とも矛盾しない。標本調査林分の 82%（79 林分）をスギ林が占めているため、針広複層混交林化の推定割合が母集団全体で 62～80%に止まったと言える。

過密なスギ林で下層植生を確実に繁茂させる（針広複層混交林化の推定割合を高める）には、林冠閉鎖直後の若齢林を除くと、本数率 60%を超える下層間伐が必要になる。これは、混交林誘導伐における「概ね 50%（40～60%）」よりも、超強度な間伐であり、制度設計上からも、森林所有者・林業事業体関係者の感覚（風雪害防止の観点）からも、すぐに採用できる間伐率ではない。現実的には、いわて環境の森整備事業ではない通常の森林整備により、事業実施後 10 年以内に追加の間伐を施すのが望ましいと考えられる。過密林を針広混交林に誘導するにあたっては、「森づくりの心得」などの著書で知られる藤森隆郎博士は、（二回に分けて間伐するという）筆者と同様の見解を以前から推奨している。林業事業体に対しては、今後、森林経営計画（森林整備事業）などを活用した集約化施業の展開を期待するところであり、県行政による普及指導にも注目したい。