

航空レーザ計測及び森林資源解析について

1. 調査のねらい

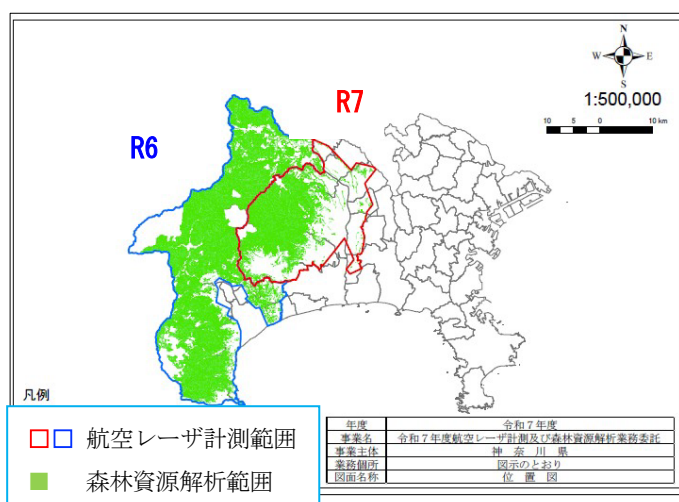
県では、水源地域における森林の状況を把握するため、これまで5年に一度、森林の現況調査を実施してきた。特に、人工林については、水源の森林づくり事業の開始当初から、「手入れ度」により森林整備の状況を評価してきた。また、令和元年度及び2年度には、航空レーザ計測を活用し、下層植生も含めた森林の状況を広域的に把握する取組を実施した。

令和6年度から令和7年度にかけて、これらの取組を踏まえ、改めて航空レーザ計測を実施し、現地調査と組み合わせながら、下層植生の状況、森林の過密状況、森林構造、地形や土壌侵食の状況などについて、森林の状態把握を行うとともに、「手入れ度」の評価も実施した。

これらの結果を基に、返還後の森林の状態把握を行うとともに、森林の機能低下を防ぎ、良好な状態を維持していくための取組や、今後の施策評価につなげていく。

2. 調査の概要

■対象範囲



■調査内容

- (1) 航空レーザ計測 (1256.72 km² ※1)
 - (2) 森林資源解析
(704.18 km² ※2 うち人工林 293.80 km²)
 - (3) 現地調査
 - (4) 森林地形解析 ((1256.72 km²)
- ※1 R6 : 814.59 R7 : 442.19 km²
- ※2 地域森林計画対象森林

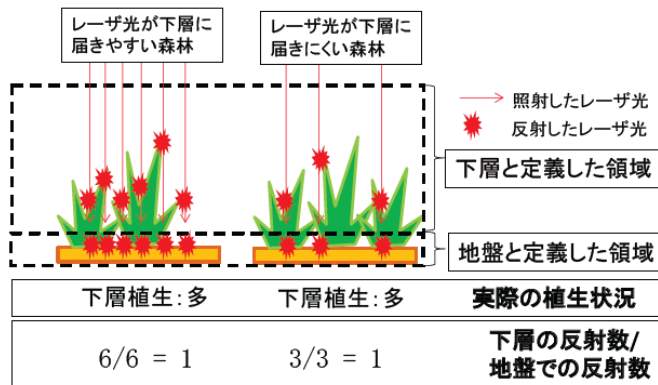
■主な解析項目

下層植生、森林構造、林相、地形、手入れ度 等

3. 航空レーザ計測とは

航空レーザ測量とは、航空機に搭載したレーザスキャナから地上にレーザ光を照射し、地上から反射するレーザ光との時間差より得られる地上までの距離と、GNSS（全世界測位システム）測量機、IMU（慣性計測装置）から得られる航空機の位置情報より、地上の標高や地形の形状を調べる測量方法。





4. 森林資源解析

■下層植生分布図の作成と集計

航空レーザ計測データを用いて下層植生植被率の分布を推定する一般化線形モデルを構築した。樹種別・高さ別（草本層:0.2～1.5m、低木層:1.5～5m）にモデルを構築し、RMSE（二乗平均平方根誤差）で16%～25%の誤差があるものの、広域的な植生の植被率の分布の把握が可能となった。構築したモデルにより業務範囲全域の植被率を推定し、市町村別、標高別、林相別等に集計を行った。全体として、広葉樹では草本層植被率が低く、一方で低木層植被率が高い傾向、スギ・ヒノキは収量比数や標高に応じて植被率が変化する傾向が認められた。

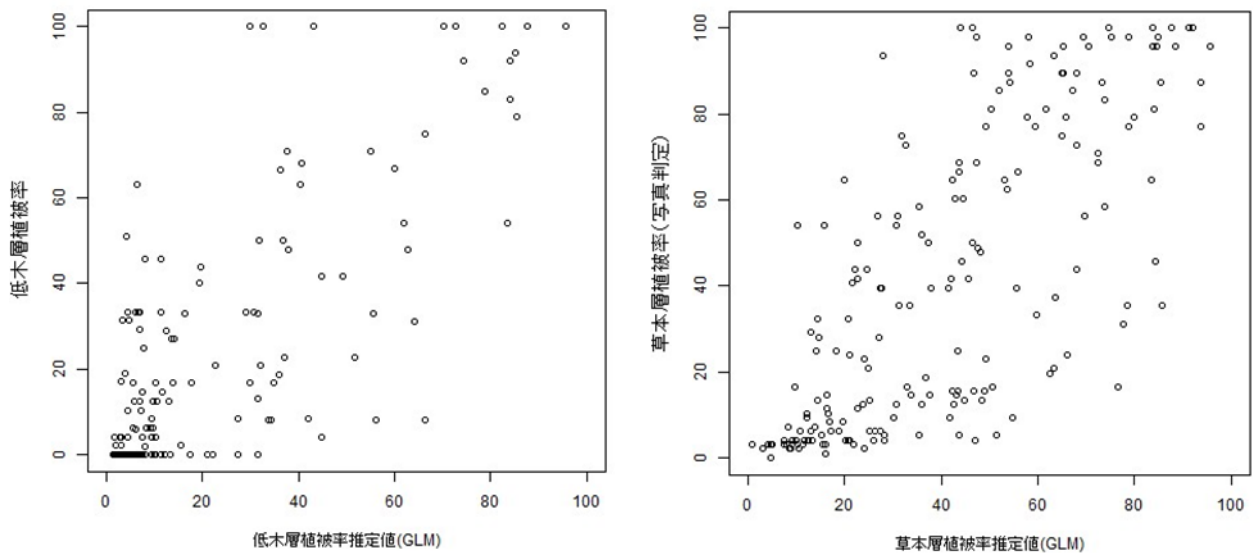


図 スギ・ヒノキ林における下層植生植被率の推定値と実測値比較（GLM）左：低木層、右：草本層

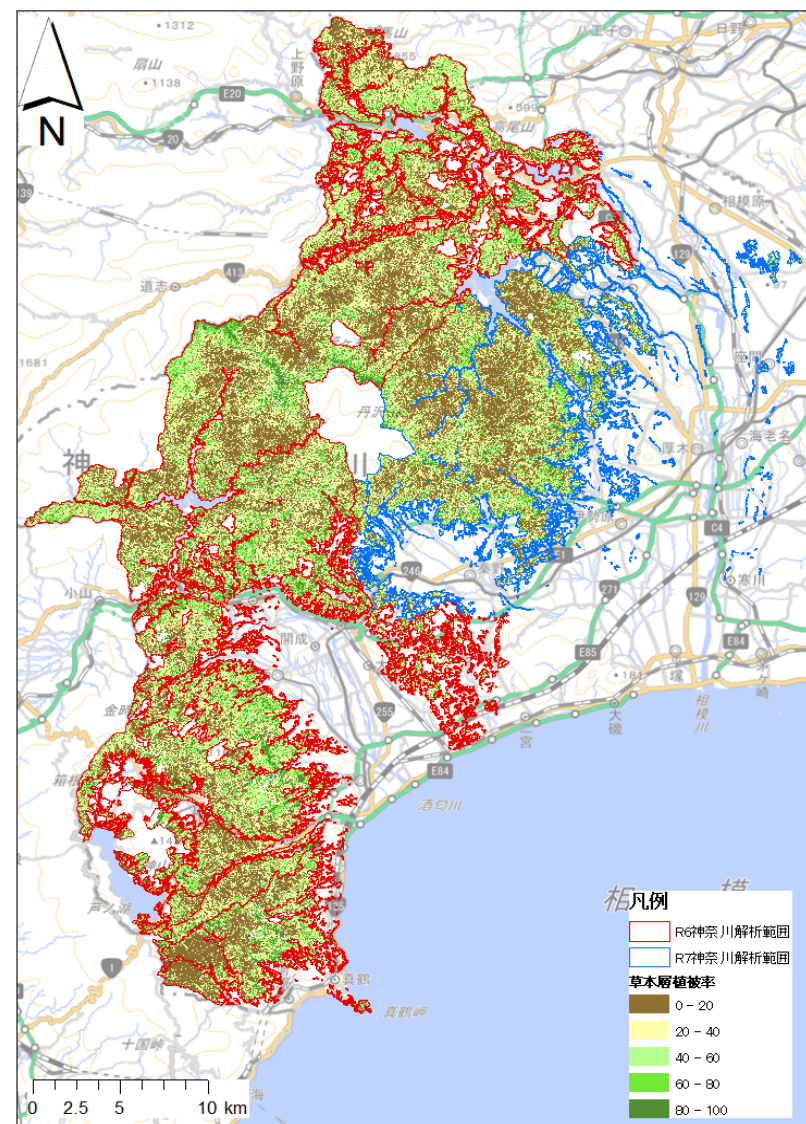
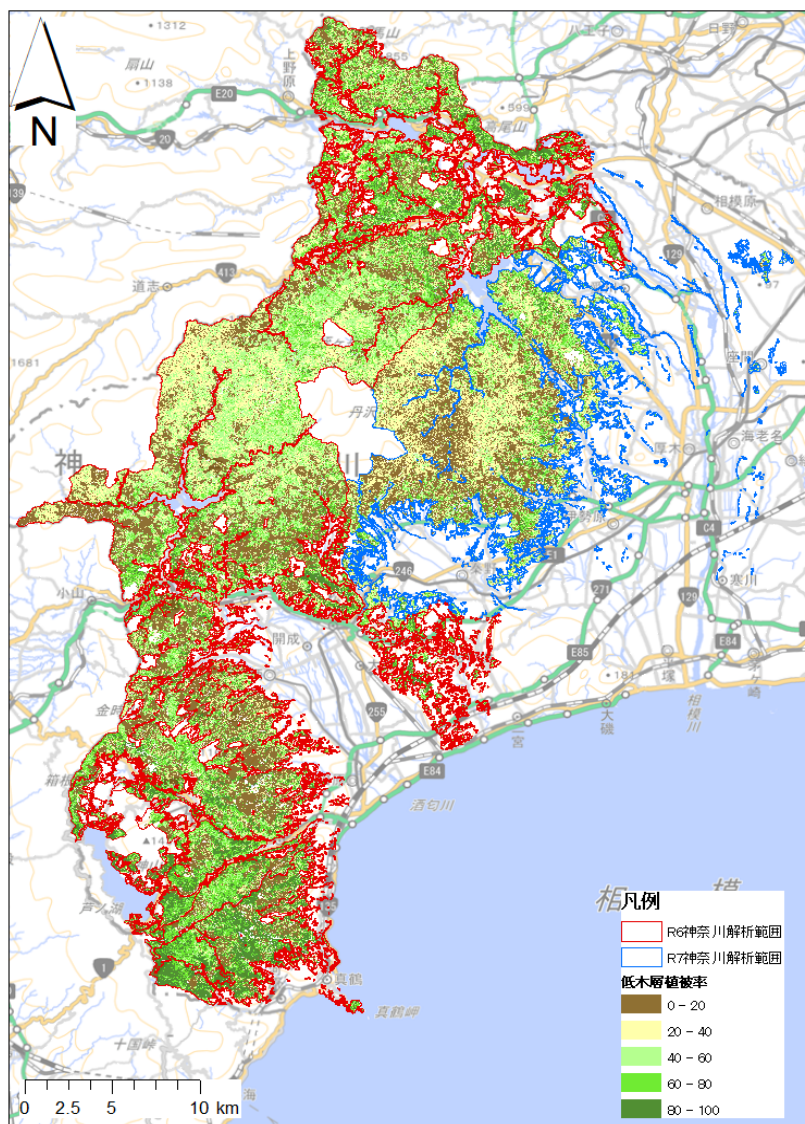


図 推定植被率分布図 左：低木層植被率、右：草本層植被率

過年度業務にて推定した植被率と今回推定した植被率で差分をとり、過年度からの植被率の変化傾向を試行的に確認した。ただし、計測時期の違いなどの影響もあり、経年変化の比較については今後、さらなる検討が必要である。

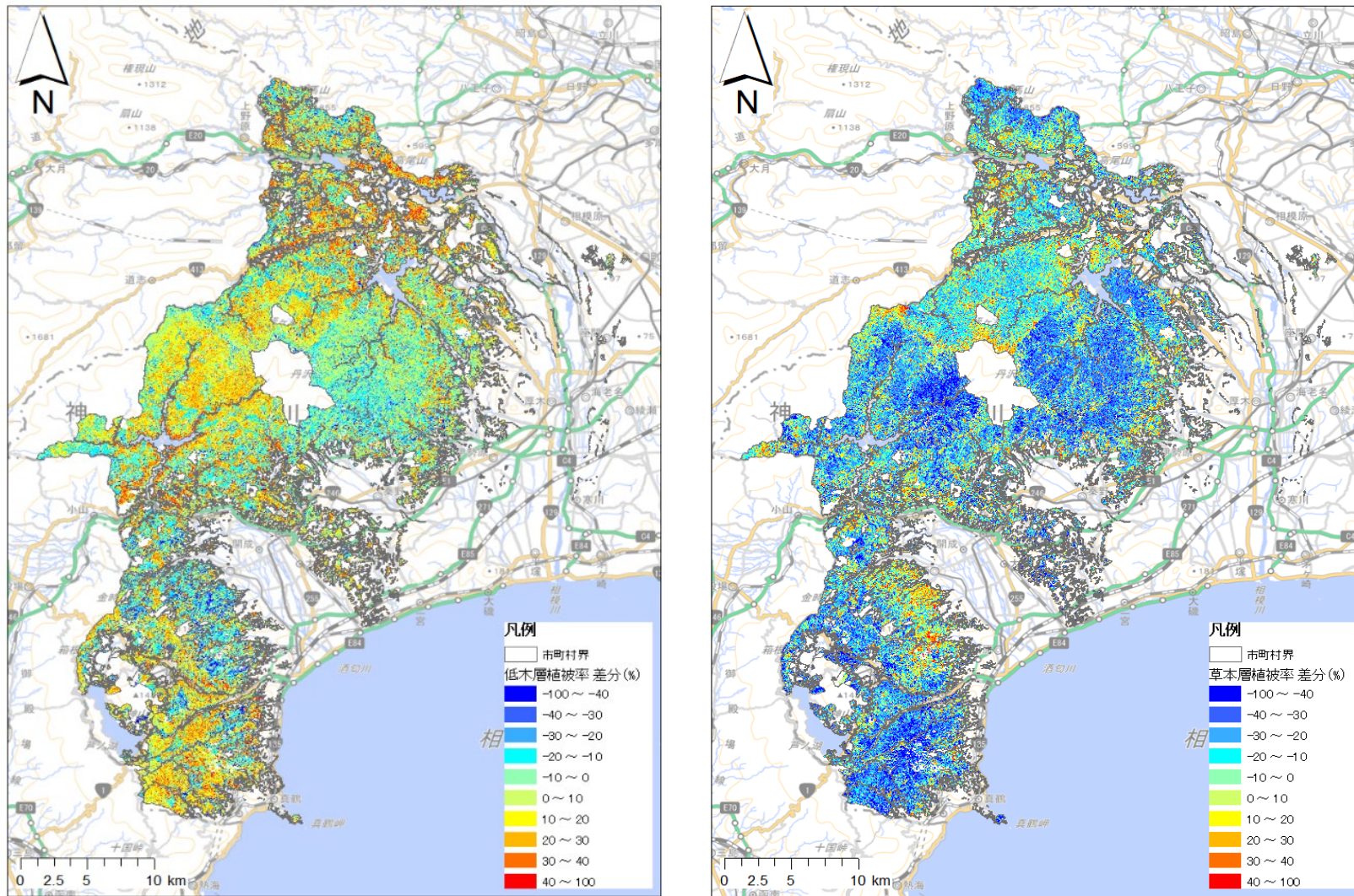


図 植被率差分図 (R6~R7 計測結果-H31~R2 計測結果) (試行) 左：低木層植被率、右；草本層植被率

森林内の植生の垂直方向の分布状況の指標として、階層構造指標の計算を試行した。

解析範囲内の受光を5つの階層に区分し、各階層への反射パルスの分布状況から、森林の階層構造を評価した。

各階層に均等にパルスが分布している場合に高い値を示す。指標は0～1の値を取り、値が高いほど、多様な階層構造を有する森林を示す。

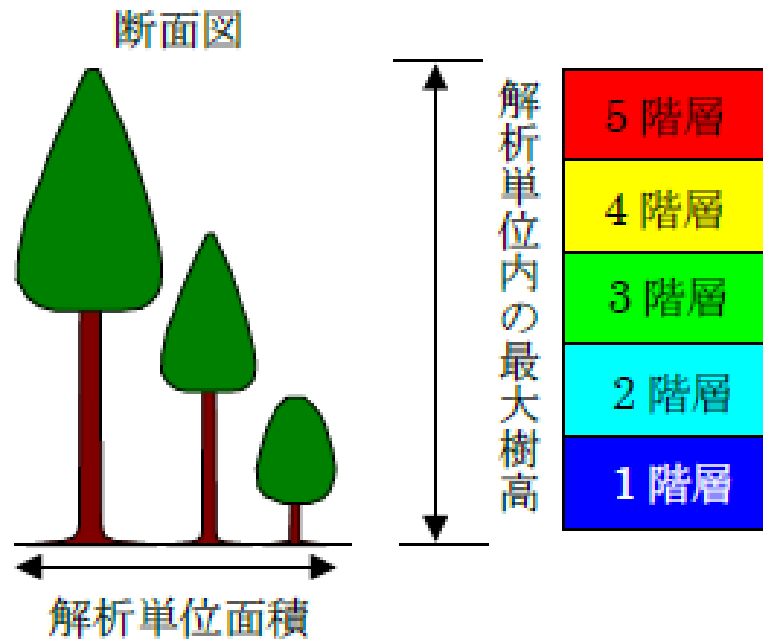


図 階層構造指標解析のイメージ

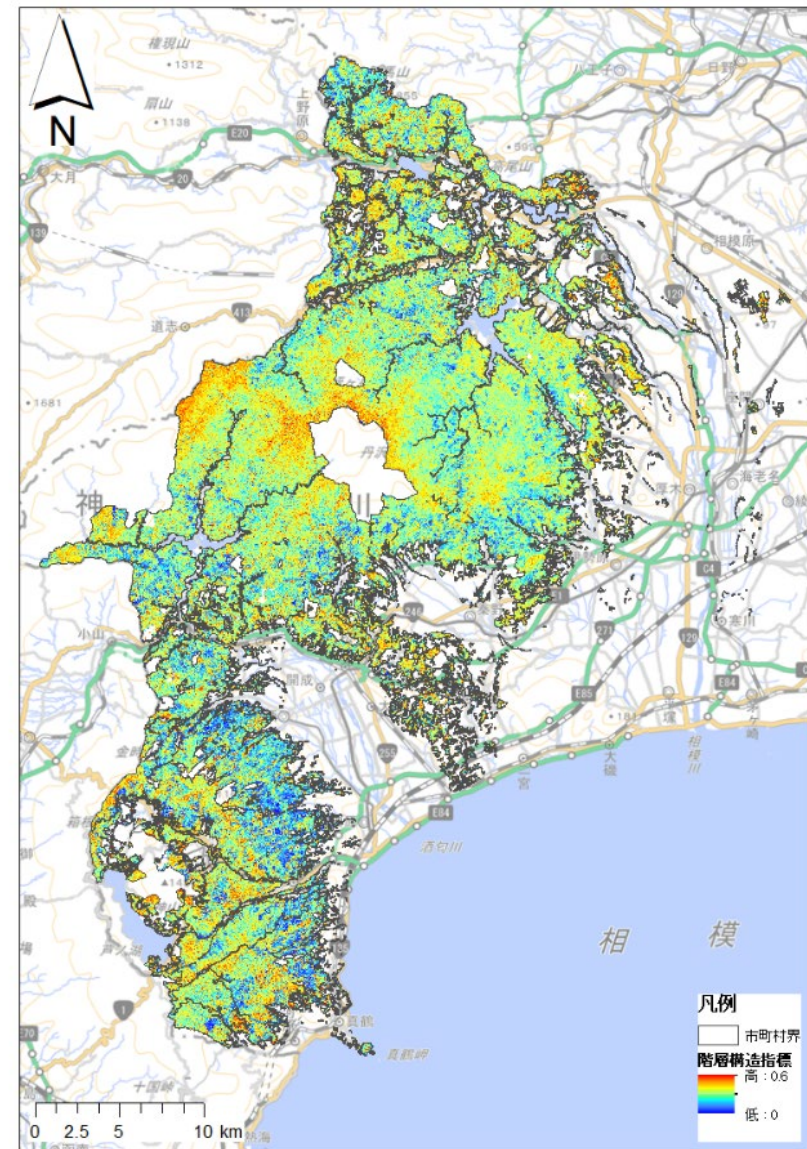


図 階層構造指標分布図（試行）

■現地調査

下層植生分布図及び森林資源解析結果と比較し精度を検証するため、現地調査を実施した。下層植生調査は計311地点(R6:151地点、R7:160地点)、毎木調査は計147地点(R6:80地点、R7:67地点)で実施した。対象樹種はスギ、ヒノキ、アカマツ、広葉樹である。

■林相識別図の作成

航空レーザ計測データより、反射強度等を用いて林相識別図(レーザ林相図)を作成した。レーザ林相図やオルソ画像を用いて、林相判読を実施し、林相区分図を作成した。

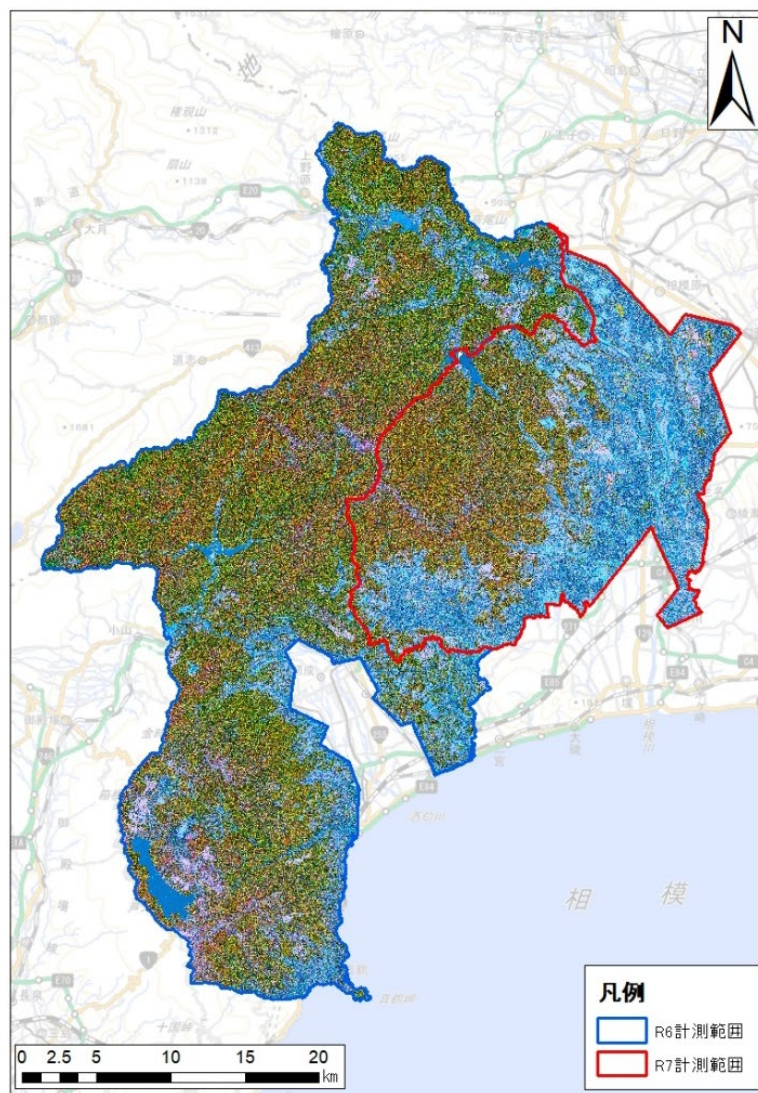


図 林相識別図

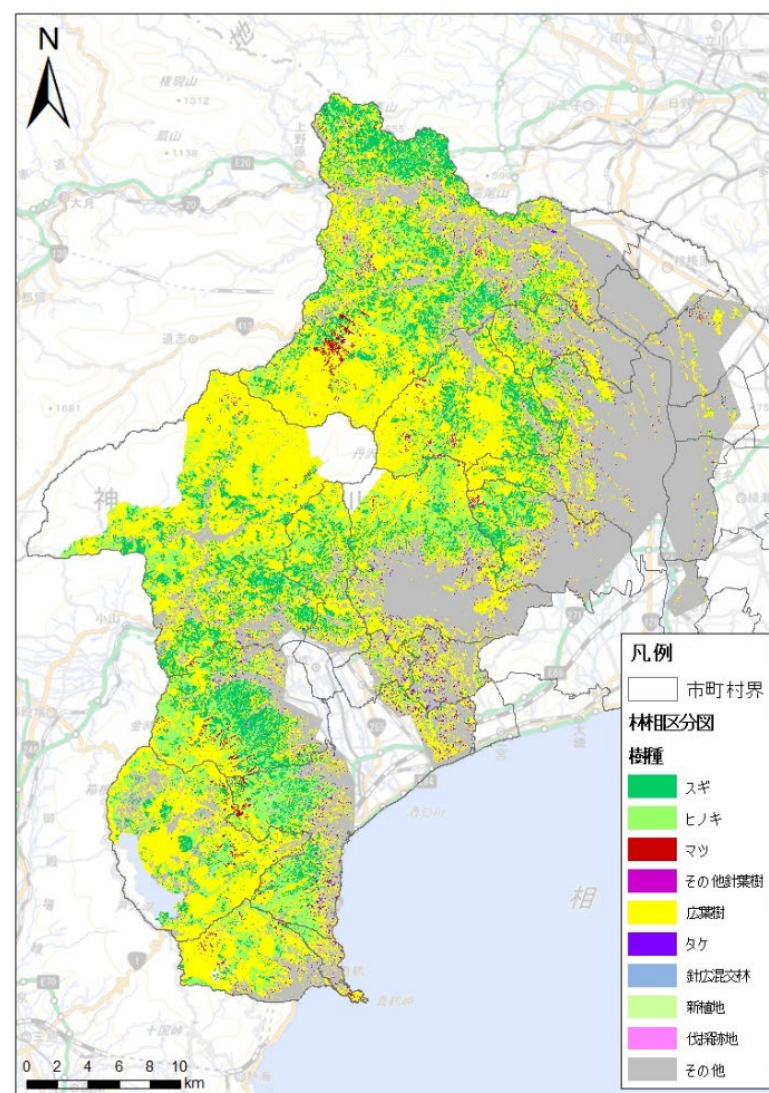


図 林相区分図

背景:地理院地図

■森林資源解析

現地調査データとの比較により精度を確保した上で、針葉樹の林相について樹頂点抽出を行い、小班・林相別及び20mメッシュ別に立木本数、樹高、胸高直径、材積等を集計した。解析精度は、立木本数、平均樹高、胸高直径については平均誤差率5～10%程度、合計材積は平均誤差率10～15%程度となった。

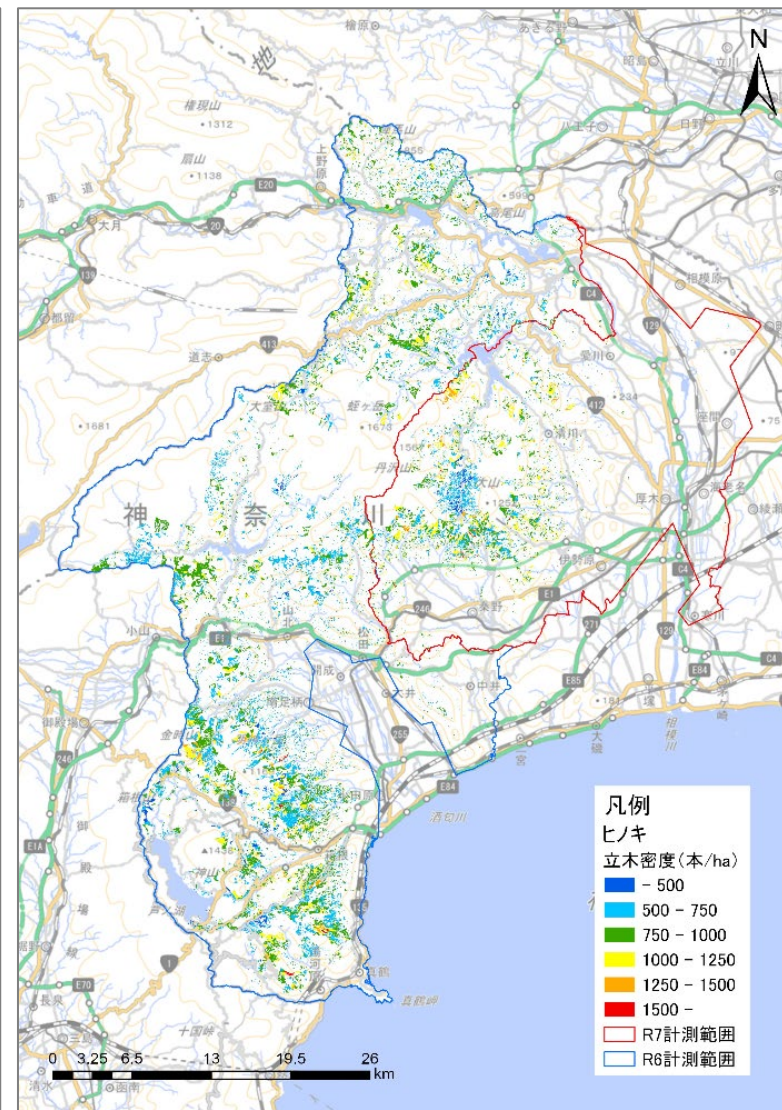
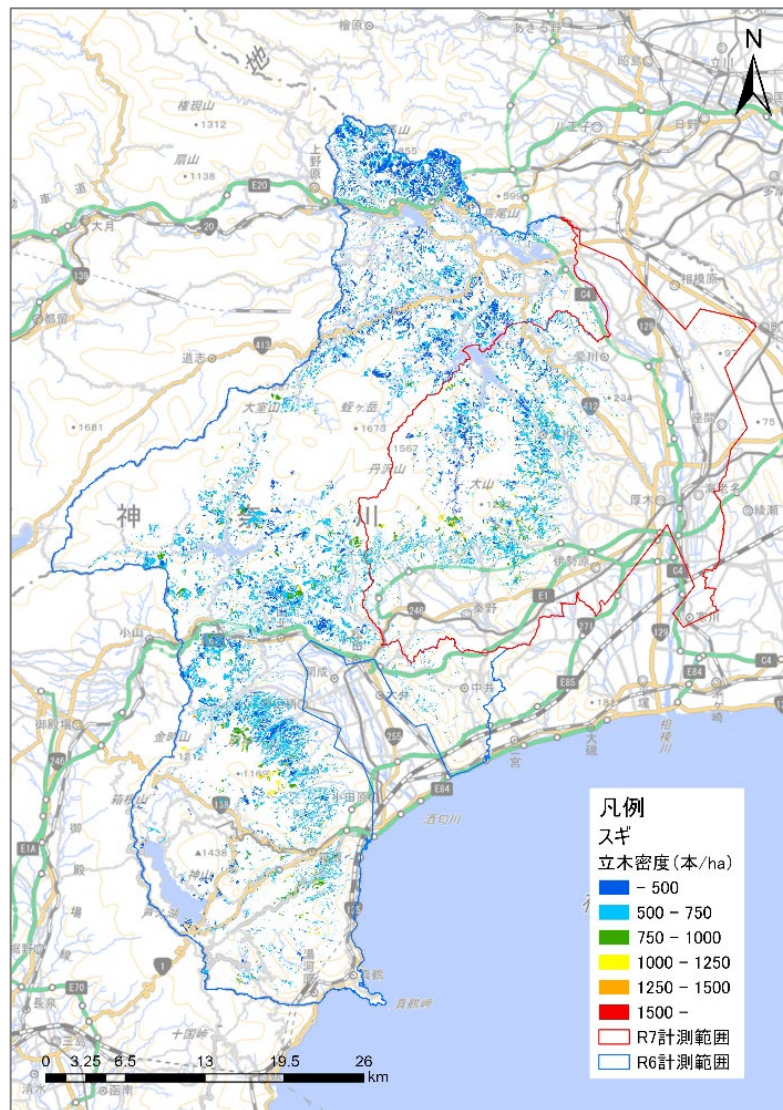


図 立木密度分布図 スギ (左)、ヒノキ (右)

■空間情報による手入れ度評価

航空レーザ計測データにより算出した収量比数及び開空度と、森林整備履歴データを組み合わせ、針葉樹林の手入れ度評価を行った。判定の結果、A区分が52%、B区分が25%、C区分が23%となった。

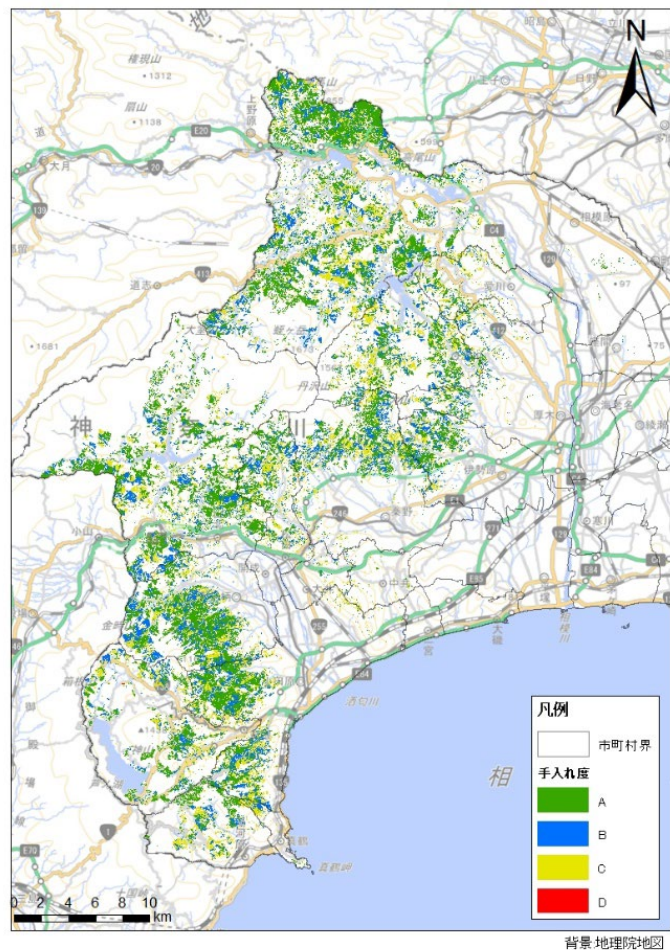
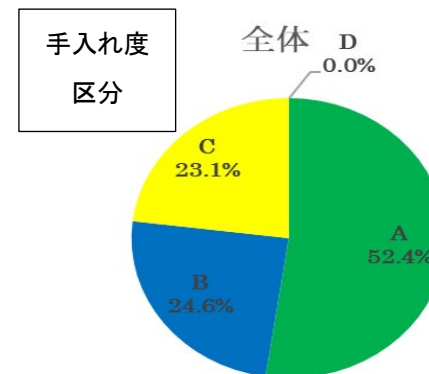


図 手入れ度分布図

- 手入れ度区分
- A：手入れが行われた良好な状態。
 - B：手入れから時間が経っているが、良好な状態が維持。
 - C：手入れが長く行われていない。
 - D：手入れが行われていない。



私有林の公的管理・支援や森林整備の進展により、「手入れが行われている森林」の割合(A+B)は、平成15年度の41%から令和7年度には77%まで増加した。近年は高い水準で推移している。

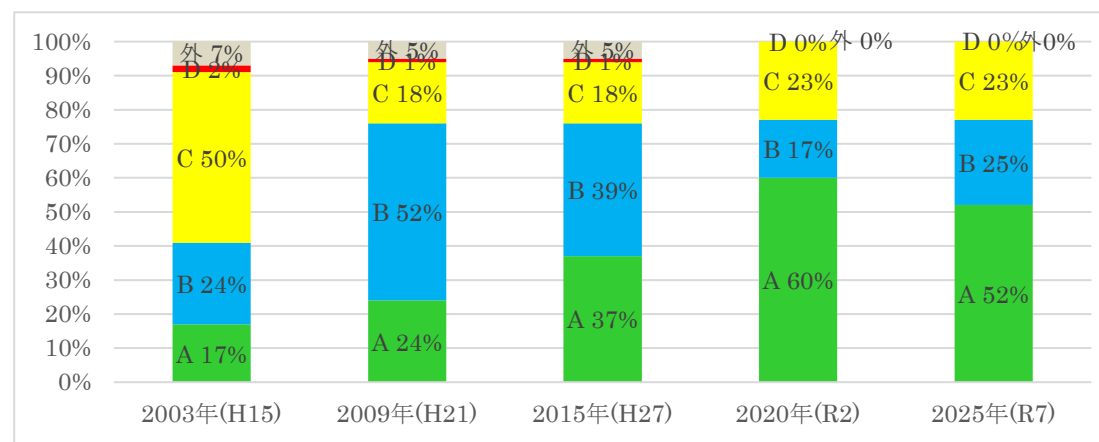


図 県内水源保全地域内の民有林のスギ・ヒノキ人工林の現況調査結果の推移

5. 森林地形解析

取得したデータより赤色立体地図、傾斜区分図を作成した。また、過年度の地盤データとの差分解析により土砂の侵食・堆積の可能性のある箇所を抽出した。

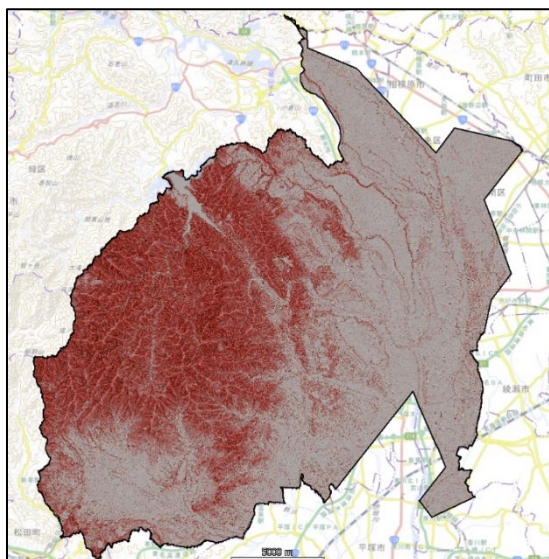


図 赤色立体地図

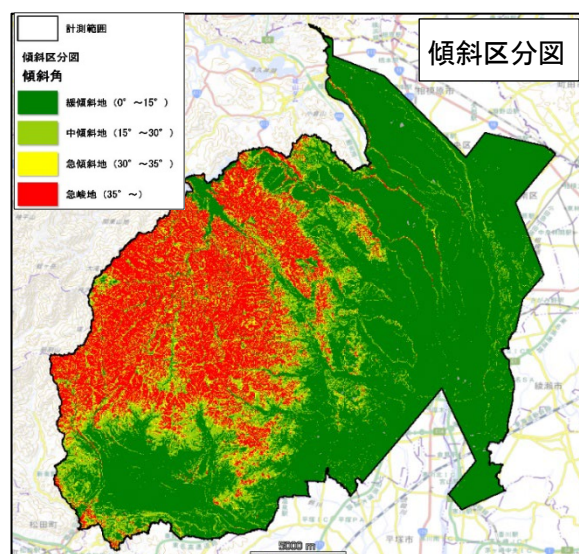


図 傾斜区分図

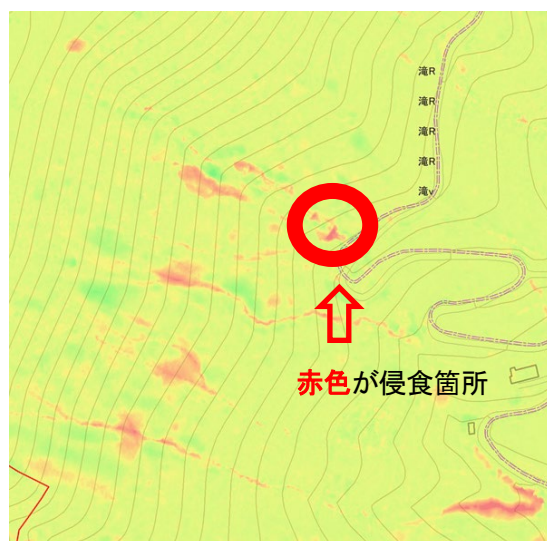


図 地盤高差解析結果（拡大）



図 現地調査結果

6. 現行指標（手入れ度）の課題

神奈川県の水源環境保全・再生施策では、森林の保全・再生に関する指標として「植被率が高い森林の割合」と「手入れが行われている森林（人工林）の割合」が用いられている。

現在、「手入れが行われている森林の割合」は、人工林が適切に管理されているかを表す指標として評価されている。施業履歴や現地確認、航空レーザ測量により、人工林の手入れ状況を A から D

A ランク：適期に手入れが行われ、良好な状態となっている。
B ランク：ここ数年は手入れが行われていないが、良好な状態が維持されている。
C ランク：前回の手入れから長期間手入れが行われず、荒廃が進んだ状態になっている。
D ランク：手入れが行われた形跡がなく、人工林として成林してない状態。
ランク外：人工林が広葉樹林化している状態。



A ランク



B ランク



C ランク



D ランク

のランクに分け、B ランク以上の森林を「手入れが行われている森林」として評価している。

なお、令和 2 年度の評価からは、手入れが進み 500 本以下となった森林については A ランクとして評価している。一方で、「手入れ度」は森林整備履歴を基準とした指標であるため、森林の公益的機能や森林構造そのものを直接評価するものではない。

また、

- ・ 事業量が減少した場合、森林の状態に変化がなくても評価が低下する可能性があること
- ・ 針広混交林や広葉樹林など、多様な森林タイプを十分に評価できないこと
- ・ 下層植生や森林構造など、森林機能に関わる要素を十分に反映できないこと

などの課題がある。

さらに、気候変動に伴う気象災害、生物多様性保全、シカ影響等への対応など、新たな課題への対応も求められている。

このため、今後は、森林整備履歴を中心とした評価から、森林の状態や機能を把握する方向への転換が必要である。

7. 森林状態の把握の検討

今回の調査では、航空レーザ計測と現地調査を組み合わせることで、下層植生の状況、森林の過密状況、階層構造、広葉樹の侵入・混交状況などについて、広域的に把握を行った。

これらの結果を踏まえ、森林整備履歴だけではなく、人工林の状態や機能に着目した新たな森林状態把握の考え方として、試行的にフローチャートを作成した。

人工林状態把握フローチャート（イメージ）は現在の森林状態を分類するものであり、目標林型判定フローチャート（イメージ）は、将来的に誘導を目指す森林像との関係を整理することを目的としている。

人工林状態把握フローチャート（イメージ）では、下層植生の状況、森林の過密状況、階層構造の発達、広葉樹の侵入・混交状況などを組み合わせることで、森林の状態を「針広混交林」「巨木林」「健全な人工林」「間伐を要する森林」「対策を要する森林」などに分類する考え方を整理した。

また、目標林型判定フローチャート（イメージ）では、「針広混交林」や「巨木林」などの目標林型が設定された林分においては、目標林型への誘導状況や必要な対策を把握しながら、今後の森林管理や施策につなげていくための状態把握の考え方について整理を試みた。

今後は下層植生の推定誤差等に係る、分類基準や閾値設定、現地確認との整合などについてさらに試行と検証を進めながら、フローチャートの具体化等を検討する。

【針広混交林】



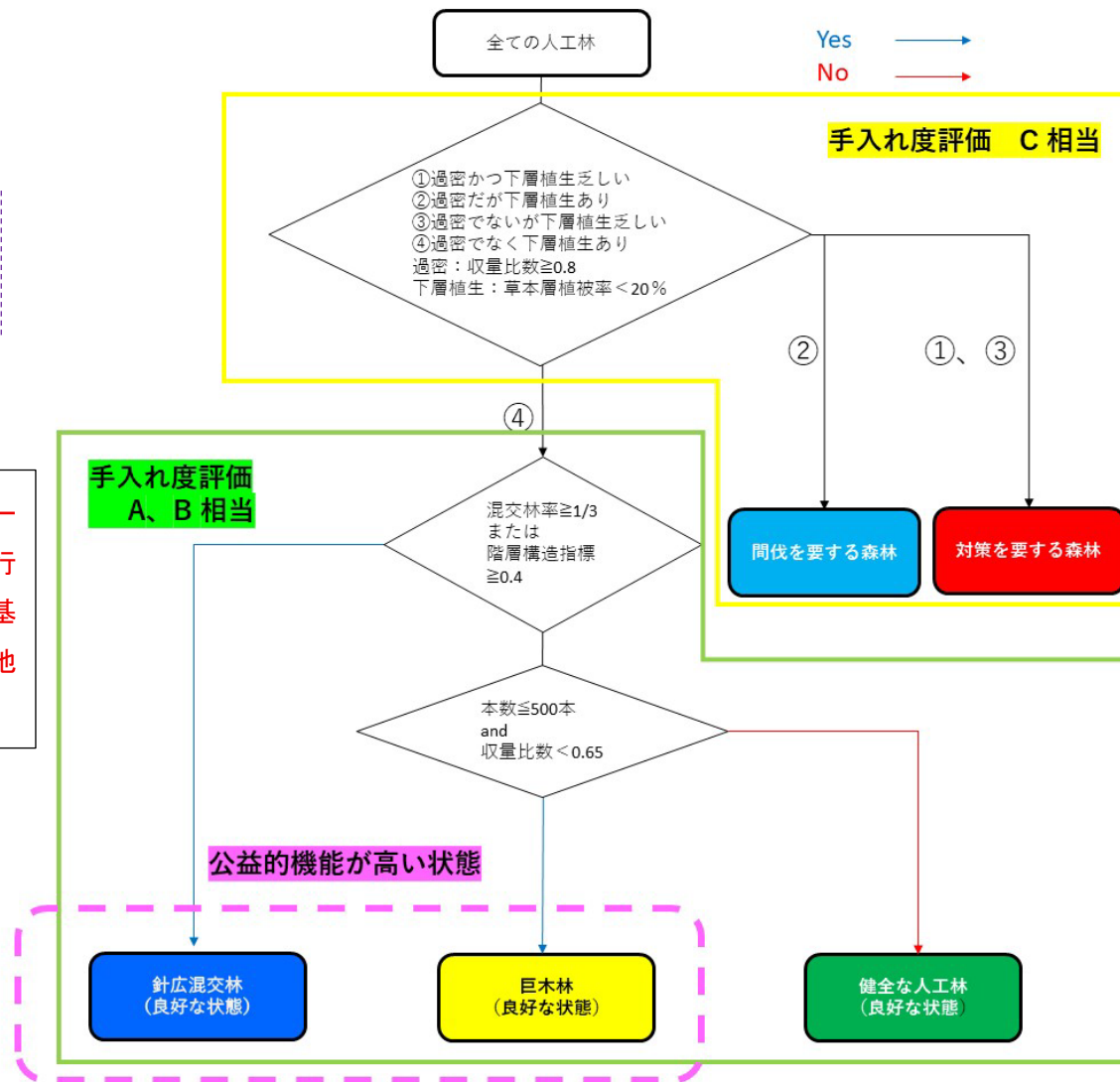
【巨木林】



人工林状態
把握フロー（イメージ）

解析対象；地域森林計画対象（5 条森林）
の全ての人工林

※ 本フロー及び判定結果は、航空レーザ計測結果を用いた現時点での試行イメージであり、分類方法、判定基準及び閾値については、今後、現地確認等を踏まえて整理・検討する。



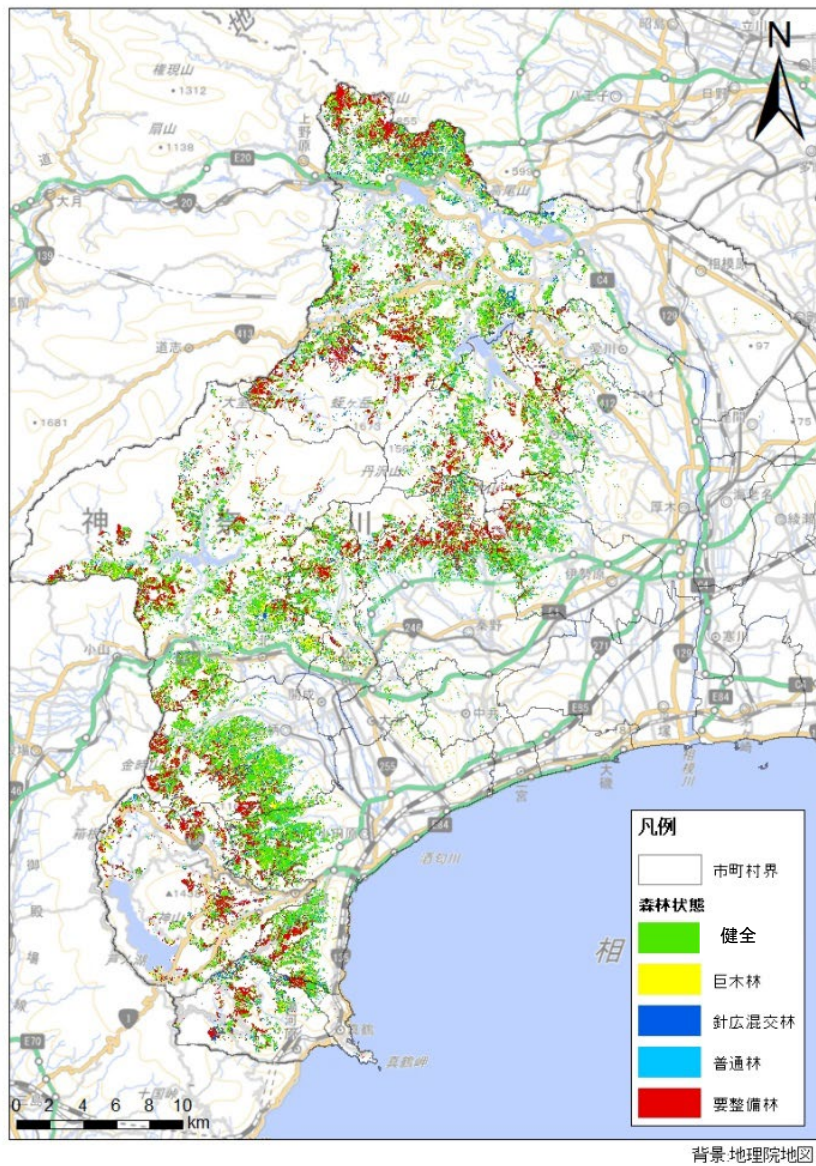


図 人工林状態判定フロー（試行イメージ）

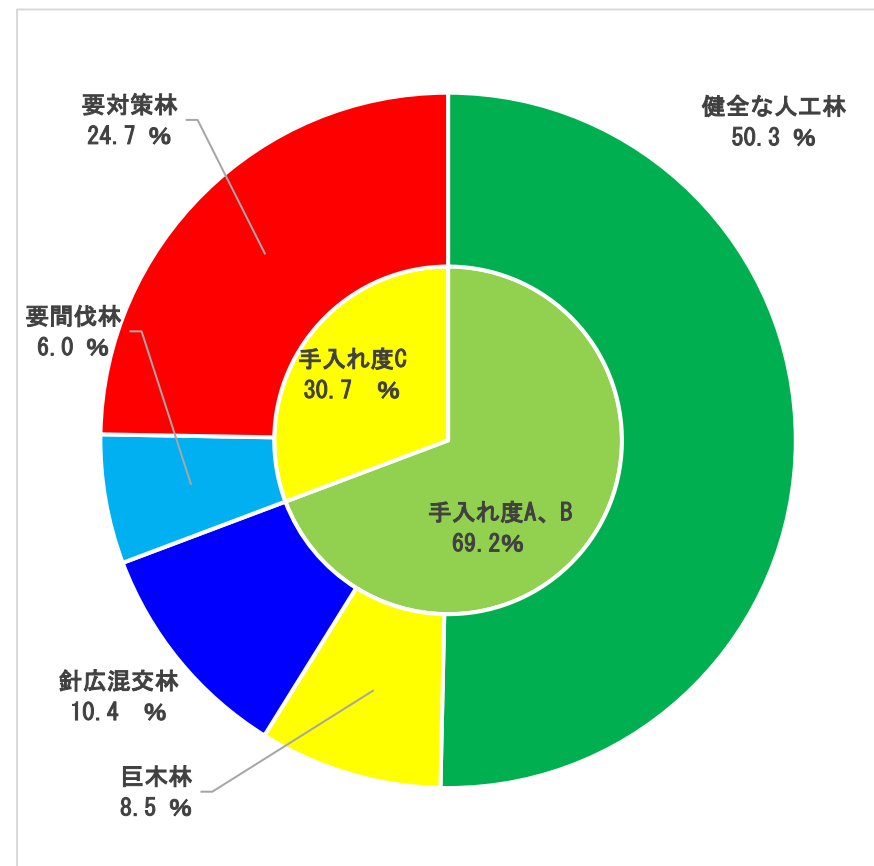


図 人工林状態判定分類結果（試行）

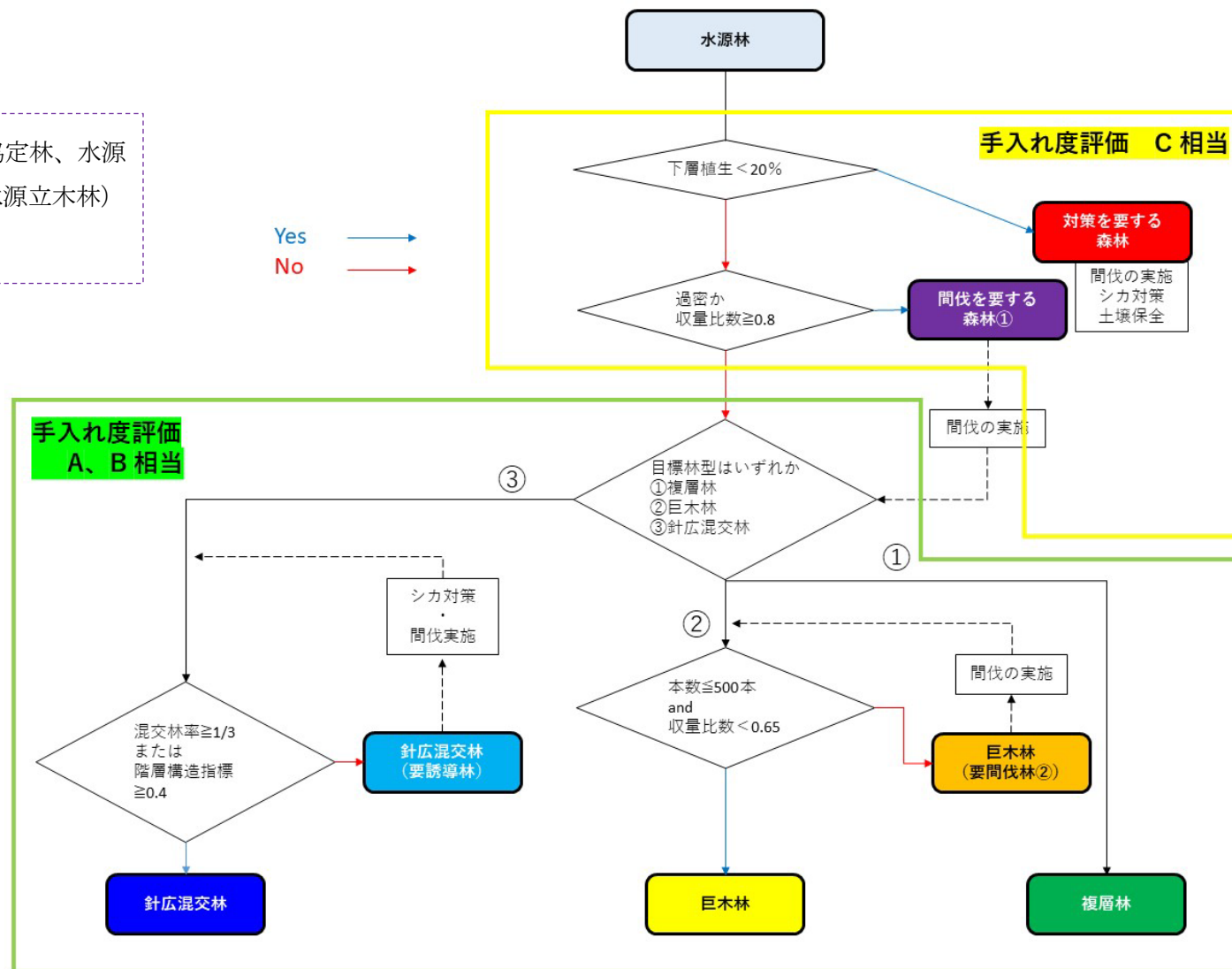
目標林型誘導
フロー（イメージ）

解析対象；県管理水源林（水源協定林、水源
分収林、水源公有林、寄付林、水源立木林）

※環境保全分収林を除く

Yes →
No →

※ 本フロー及び判定結果は、
航空レーザ計測結果を用い
た現時点での試行イメージ
であり、分類方法、判定基準
及び閾値については、今後、
現地確認等を踏まえて整
理・検討する。



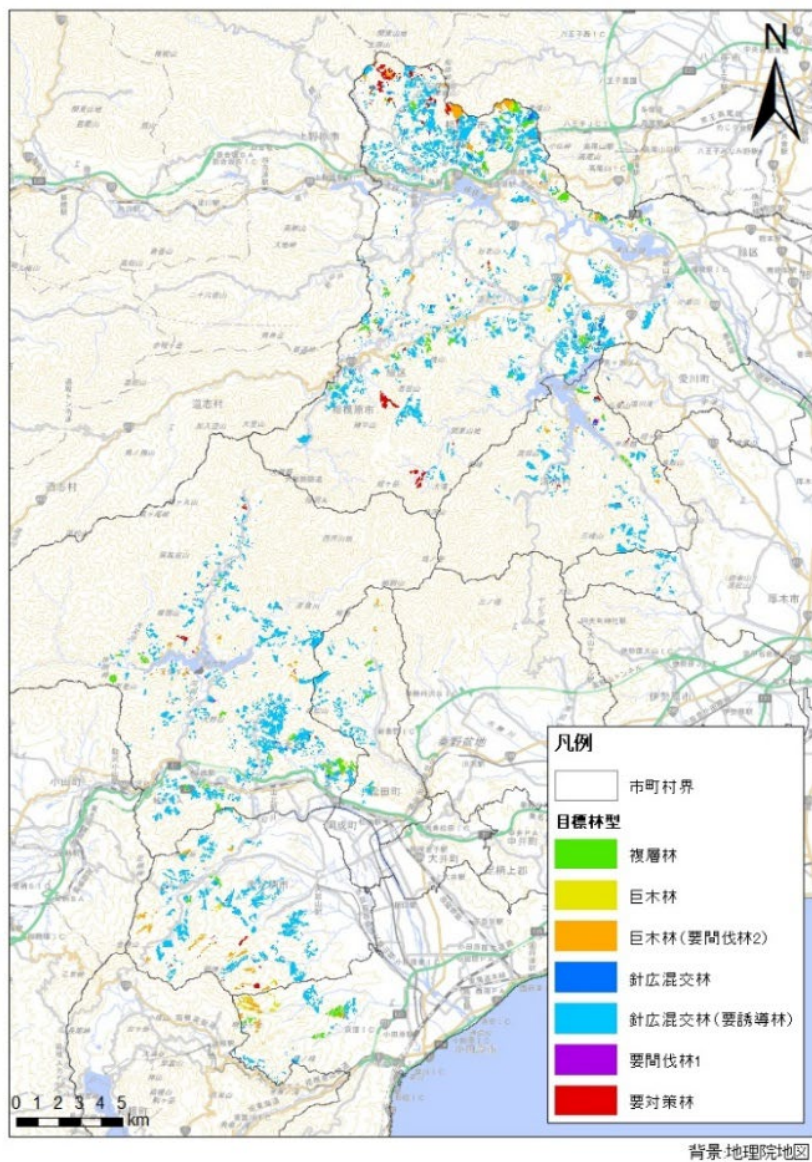


図 目標林型誘導フロー（試行イメージ）

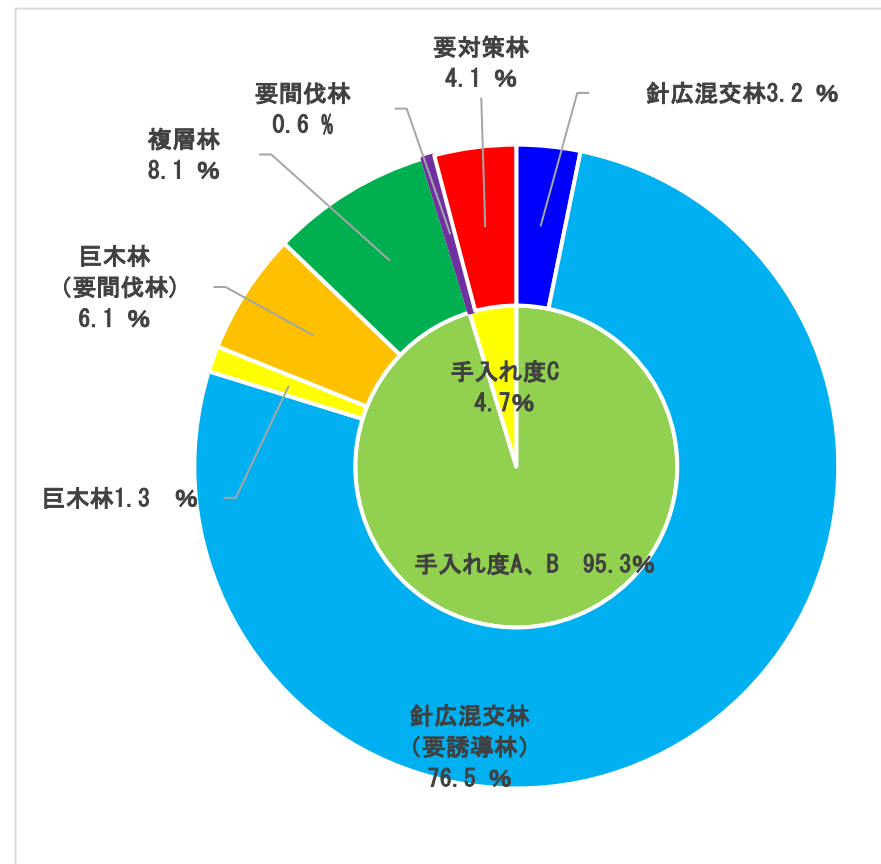


図 目標林型誘導状況分類結果（試行）

8. 今回の成果と課題

(1) 成果

- 今回の調査により、航空レーザ計測と現地調査を組み合わせることで、下層植生や森林構造等を広域的に把握できる可能性が確認された。
- 過年度データとの比較により、植被率や地形変化の差分解析も可能となり、森林の状態変化を継続的に把握できる可能性が示された。
- 従来の「手入れ度」だけでなく、下層植生、森林構造、広葉樹の侵入状況等を組み合わせたフローチャート形式による人工林状態把握を試行することで、森林の機能や目標林型に着目した新たな森林状態把握の方向性を示唆することができた。

(2) 課題

- 下層植生推定には **RMSE**（二乗平均平方根誤差）で **16%～25%**の誤差があり、特に草本層植被率については、モデルの改善等により推定精度や閾値設定の整理が必要である。
- 過年度データとの比較による経年変化については、解析条件や現地条件の違いによる影響も含まれることから、変化量の解釈には注意が必要であり、継続的なデータ蓄積や調査手法の標準化が課題となる。
- 航空レーザ計測のみでは、土壌保全対策や間伐の必要性、あるいは現地の植生など、現地状況を踏まえなければ判断が困難な項目もあることから、今後も巡視や現地調査を組み合わせながら活用方法を検討していく必要がある。

(3) 今後の方向性

- 混交林化への誘導状況の把握や広葉樹林の状態評価、生物多様性の把握、シカ影響や気候変動への対応など、新たな課題への対応が求められている。
- そのため、航空レーザ計測と現地調査を組み合わせながら、下層植生、森林構造、広葉樹の侵入状況等を広域的により精度高く把握し、森林の状態や機能に応じた管理や対策につなげていく。
- シカ影響や生物多様性に関する調査結果等と航空レーザ計測データを組み合わせることで、広域的な森林状態の把握や課題抽出への活用についても期待される。
- 新たなモニタリング項目について、今後の事業効果や森林の機能把握に活用する指標候補として整理するとともに、森林の状態や立地条件に応じた目標林型の設定や、長期的なモニタリング体制についても、引き続き検討を進めていく。