

5. 天然林におけるより精度の高い算定方法の開発

5.1. 昨年度のとりのまとめ結果について

昨年度は、NFI データの分析結果を踏まえ、精緻化の方向性として次の6つを検討した。

- i. 収穫表法①：林齢－蓄積の関係をモデル化し、森林簿上の林齢と森林面積から蓄積量を算定する方法
- ii. 収穫表法②：収穫表法①の応用として、収穫表を作成する範囲を蓄積、立木本数の制約から決定して、より適切な収穫表を作成する方法
- iii. 樹高－蓄積モデル法：関係性の比較的明瞭な樹高－蓄積をもとに、森林簿データを樹高をもとに補正する方法
- iv. 原単位法①：単位面積あたりの平均蓄積を原単位とし、森林簿の面積に乗じて蓄積量を算定する方法
- v. 原単位法②：原単位法①をベースとし、時間をパラメータとしたモデル化を行う方法
- vi. 樹高モデル法：LiDAR 等で把握された樹高値を基準値として、NFI で得られた樹高と蓄積データから時系列的なモデルを作成し、蓄積変化量を計算する

単層人工林の場合と同様に、一定の林齢範囲内では林齢と蓄積の間に正の相関関係が成立すると仮定して収穫表を作成する手法（収穫表法①）を検討したが、人工単層林に比べ林分構造が複雑で、林分因子間の関係から求めた蓄積の推定精度は低い結果となった。同じ方法で、さらに立木本数と蓄積に関して閾値を定めて作成（収穫表法②）しても推定精度は低い結果となり、収穫表を天然生林の森林吸収量算定に用いるのは困難と判断した。

NFI データから、樹高と蓄積の間には明瞭な関係が見出せているため、この関係を利用して森林簿に記載されている樹高情報から森林簿の蓄積量を補正する方法として、「樹高－蓄積法」を検討した。森林簿記載の樹高情報の補正方法や時間をパラメータとしたモデル化に課題があり、本調査では詳細な解析は見送った。

森林簿の林齢情報に依存しない方法として、NFI の直近の単位面積あたりの平均蓄積を計算し、これを原単位として天然生林の面積を乗じ天然生林の蓄積量を算定する方法（原単位法①）がある。この方法では、時間的な変化が考慮されず、将来予測ができない課題があるが、時間的なモデル化を行う方法として「原単位法②」を検討した。NFI データの時系列的な傾向を見ると蓄積が第1期から第4期にかけ増加傾向が見られたことから、天然生林の成長のポテンシャルについて、上層樹高をもとに蓄積の上限の閾値を設定しモデル化を行った。時系列的なモデル化により、将来的な蓄積変化の予測を行うことが可能となった。

「樹高モデル法」は、LiDAR データをもとに上層樹高等を推定し、これを初期値として地上実測値から作成した成長モデル樹高と組み合わせて蓄積変化量を計算する方法であり、森林簿情報に依存しないという利点があるが、LiDAR データの取得に多大なコストを要することから、詳細な検討は見送った。

以上の検討より、現時点での天然生林における森林吸収量の算定方法としては、「原単位法②」が適切であると結論づけた。以上のまとめを表 5.1.1 に示す。

表 5.1.1：天然生林の吸収量算定精緻化方法のまとめ

算定方法	方法	利用データ	メリット	デメリット	作業結果・評価	残存課題	将来推計の方法	将来推計値の概算
収穫表法①	・林齢－林分蓄積の間で成長関係が確認できる範囲(若齢～壮齢)で人工単層林に用いる手法により収穫表を調製する	・NFIデータ(第3期) ・森林簿林齢* ・森林簿面積 *森林簿林齢の不確実性を考慮して20齢級までとした	・森林簿の林齢情報を利用できる ・将来予測が可能	・森林簿の林齢情報に不確実性がある ・適用可能な林齢範囲が限定される ・人工単層林における手法を前提としており、林分構造の複雑な天然生林においては推定精度が低下する可能性	・全般的に推定精度が低く、過大推定の傾向。若齢でのあてはまりが悪く、高齢級では頭打ち。 ・上層樹高－平均樹高の関係、林齢－立木本数の関係が人工単層林に比べて不明瞭 ・単独で吸収量推定に用いるのは困難	—	—	—
収穫表法②	・収穫表法①に加え、適用範囲を一定の蓄積以下、一定の立木本数以上の範囲に絞り込み二次林タイプ(*)の収穫表を作成する *石橋(1999)	・NFIデータ(第3期)* ・森林簿林齢 ・森林簿面積 *蓄積200m ³ /ha以下かつ立木本数750本/ha以上を抽出	同上	・同上 ・収穫表法①に比べ適用可能な範囲がさらに減少	・収穫表法①よりさらに若齢でのあてはまりが悪く、蓄積の頭打ちが顕著で、成長量も低い ・単独で吸収量算定に用いるのは困難	—	—	—
樹高－蓄積法	・NFIデータより、関係が明瞭な樹高と蓄積の関係を利用し、モデル化により森林簿データを補正する	・NFIデータ ・森林簿樹高 ・森林簿面積 ・都道府県の森林GISデータ	・とくに高齢級で不確実性が高い森林簿の林齢情報に依存しない ・将来予測が可能	・森林簿樹高に不確実性がある ・GISデータとNFIデータを紐付けた解析に多大なコストを要する	(現時点で詳細な解析は行わない)	—	—	—
原単位法①	・NFIの直近データから単位面積あたりの平均蓄積を計算し、これを原単位として天然生林面積に乘じ、蓄積量を算出	・NFIデータ ・森林簿面積	・とくに高齢級で不確実性が高い林齢情報に依存しない ・地域や森林タイプ別の原単位を求めることで精緻化が可能	・単時点での平均蓄積であり将来予測ができない ・原単位の更新が必要	(時系列なモデル化を行う原単位法②を検討)	—	—	—
原単位法②	・天然生林の成長の上限(ポテンシャル)を求め、NFIデータの時系列的な変化傾向からモデル化を行い、蓄積変化量を計算する	・NFIデータ ・森林簿面積	・とくに高齢級で不確実性が高い林齢情報に依存しない ・将来予測が可能	・成長ポテンシャルの評価は暫定的であり、今後のモニターが必要	・蓄積の上限を300m ³ としてモデル化 ・時系列的に蓄積量算定が可能であることを確認 ・将来推計のシミュレーション手法として採用	・モニタリングを継続しポテンシャルを明確化する必要 ・地域、森林タイプ区分別の精緻化の実施	・年毎の将来予測面積に対応する年の原単位を乗じる	2030年: 1,951(-21) 2050年: 346(-104) 2100年: 573(-33) (単位万t-CO ₂) ()は現行法による森林吸収量との差、マイナスは排出を示す
樹高モデル法	・LiDARデータより上層樹高を把握し、NFIの同一地点蓄積差分データから樹高成長モデルを作成し、蓄積変化量を計算する	・LiDARデータ ・NFIデータ	・森林簿情報に依存しない ・将来予測が可能	・LiDARデータの取得に多大なコストを要する	(現時点で詳細な解析は行わない)	—	—	—

5.2. 今年度の検討の方向性

原単位法②は、上層樹高の成長を時系列モデル化し、将来予測を行うものであるが、これは森林の蓄積量に限界があると仮定している。

樹木の樹高成長の速さや、樹高がどこまで高くなれるかは、樹種ごとの成長特性だけではなく、その場所の土壌条件に代表される立地条件によって決定される。土壌が肥沃であるほど樹高成長は速くなるが、土壌層が薄い根を深く張ることができないため、樹高成長が頭打ちになる傾向がある。また、樹高の成長速度は温度と日照によって左右され、南北に長い我が国においては南の九州地方と北の北海道では明瞭に成長速度が異なる。また、我が国は定期的に襲来する台風等により、攪乱を受ける機会が多く樹高成長も制約を受けている。

我が国の天然林の成長ポテンシャルに関し、既往の文献等を収集・分析し、それらのを裏付ける老齢

天然林のデータの分析により、原単位法②の妥当性を検討し、算定精度を向上させるための方向性を検討する。

5.3. 検討結果

5.3.1. 既往文献等のレビュー

森林の現存量（バイオマス）に関する大規模な調査事例として、国際生物学事業計画（International Biological Programme (IBP)）がある。これは、1965年から1974年までの間実施された国際的な調査であり、「人類の福祉と生産力の生物学的基礎」をテーマとして、世界各地の様々な生態系において生物群集の生産力が調査研究された。我が国の森林においても破壊調査を伴う大規模な調査が集中して行われ、それらの成果は依田（1971）⁹⁸や只木（1976）⁹⁹等により総括的にとりまとめられている。

それらの一連の成果の中で、Kira & Shidei（1967）¹⁰⁰は、様々な森林の地上部現存量と上層木平均樹高の関係を調べ、図 5.3.1 を得た。これは、森林の地上部現存量を上層木平均樹高で割った値、すなわち森林空間の中に占める有機物（現存量）の密度が、上層樹高や森林のタイプに関わらずほぼ一定になることを示したものである。その値はほぼ $1.0 \sim 1.5 \text{ kg/m}^3$ の範囲にあり、海面における大気密度 1.3 kg/m^3 に一致する。これを ha 当たりの量に換算すると、 $10 \sim 15 \text{ t/ha} \cdot \text{m}$ となる。図中で、a、p、q、とあるのは、この法則を外れるもので a：トドマツ低木林、p：高山帯ハイマツ林、q：海岸ウバメガシ低木林といった、分布の限られる特殊な森林である。

この法則は、森林の現存量の上限は上層樹高によって制約を受けることを示しており、上層樹高成長の上限が、すなわちその森林空間が占めることのできるバイオマスの上限（ポテンシャル）となる。このため、容積（材積）と重量の違いはあるが、過年度に原単位法②として検討した樹高成長のポテンシャルを考慮してモデル化する作業には一定の合理性があるといえる。

⁹⁸ 森林の生態学,1971

⁹⁹ 森林の現存量－とくにわが国の森林の葉量について－,日本森林学会誌 58(11),416-423,1976

¹⁰⁰ PRIMARY PRODUCTION AND TURNOVER OF ORGANIC MATTER IN DIFFERENT FOREST ECOSYSTEMS OF THE WESTERN PACIFIC,日本生態学会誌 17(2), 70-87, 1967

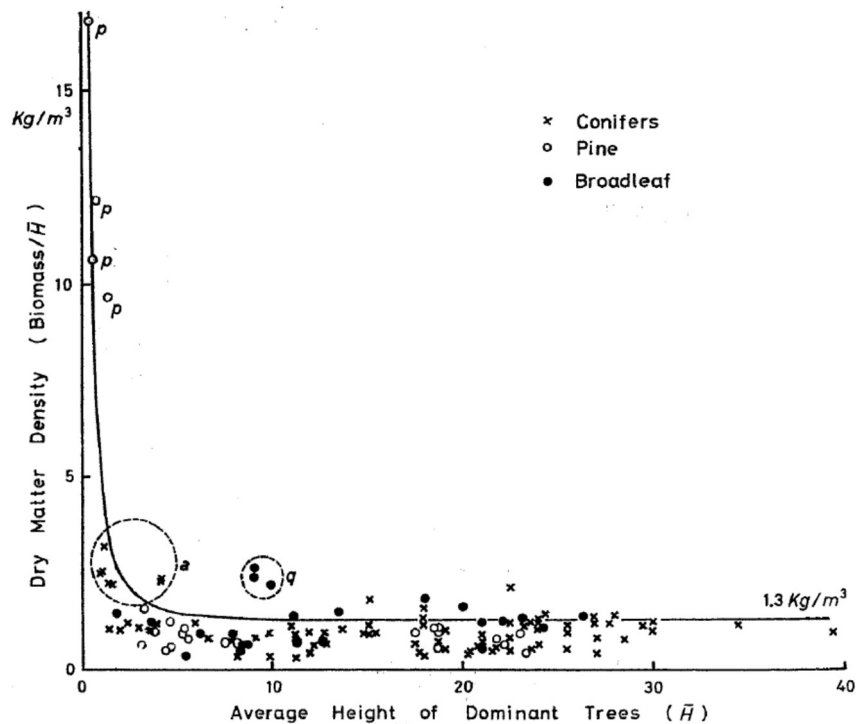


図 5.3.1：上層木平均樹高と地上部現存量密度（乾重）の関係（Kira & Shidei, 1967）

5.3.2. 既往データの分析

ここでは老齢林の実測データを中心に、上層樹高と地上部現存量密度の関係性を整理する。老齢林の実測データとして NFI で調査されている項目別調査のデータを用いることとした。

5.3.2.1. NFI における項目別調査

NFI における項目別調査は、過年度分析の対象とした 4km 格子のシステムティックサンプリングで実施されている通常の調査とは異なり、特殊な植物群落や衰退する森林など、分布が限られていたり、偏りがあつたりして 4km 格子のシステムティックサンプリングでは捕捉されない森林のデータを収集することを目的として実施されているものである。この中で、「樹木の構成上特殊な林分」（項目 1）として調査されている森林は、国有林の保護林、環境省の特定植物群落が多く含まれており、これを老齢林のデータとみなして、地上部現存量密度を算出するための分析を行った。

(1) 分析の手順

立木調査結果から、上層樹高（加重平均樹高）を算出するとともに、幹材積にバイオマス拡張計数と材密度を掛けて、地上部現存量を算出した。さらに地上部現存量を上層木平均樹高で割った値を現存量密度として、樹高階ごとに箱ひげ図を描画する。

(2) 結果と考察

地上部現存量密度の樹高階別の中央値は、樹高 5m 未満のものを除き概ね 10～15t/ha・m の範囲にあり、Kira & Shidei（1967）の結果を裏付ける結果となった。ただし、値にはばらつきがあり、現存量密度が 20t/ha・m を超えるデータも散見されるが、これは NFI 調査のプロット面積が 0.10ha

と比較的小さく、胸高直径や樹高の大きな個体がプロットに含まれている場合等に過大評価となっているケースと考えられる。樹高 5m 未満のプロットは、海岸のクロマツ林や蛇紋岩地の植生など特殊な植生のものが多かった。

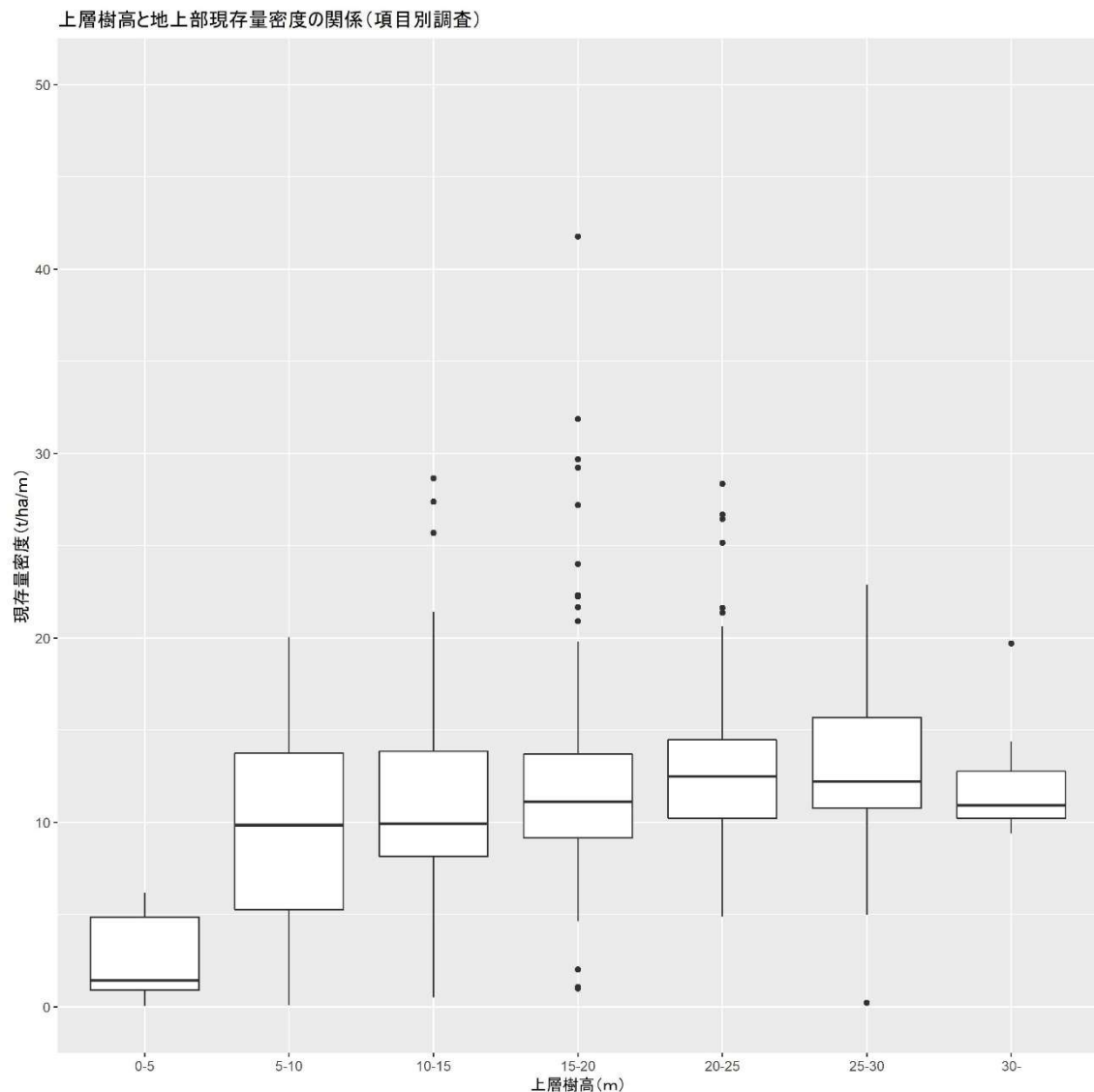


図 5.3.2 : 上層木平均樹高と地上部現存量密度の関係 (NFI 項目別調査より)

5.3.3. 算定精度向上に向けた整理

Kira & Shidei (1967) が示した地上部現存量密度が上層樹高に関わらず一定であるとする知見について、NFI の項目別調査の分析結果を確認したところ、地上部現存量密度が上層樹高の値にかかわらず、概ね一定の値となることが確認できた。このことは、地域や森林タイプによって上層樹高の成長モデルが作成できれば、将来推計に用いることのできる現存量の推定モデルが作成できることを示唆しており、昨年度検討した原単位法②の妥当性が確認された。

精度向上の方向性としては、現在行われている NFI では、同一の固定調査プロットで 5 年ごとに立木の計測がなされており、これらの成長量データを用いて地域別・森林タイプ別等に樹高成長モデルを作成し、地域別・森林タイプ別のバイオマス推計モデルを作成することが考えられる。