

## 異なる計算式を用いた落葉広葉樹二次林の現存量の違いについて

## Comparison of aboveground biomass in secondary deciduous forests using different estimating equations

佐藤 保\*<sup>1</sup>・北岡 哲\*<sup>1</sup>・原口 岳\*<sup>1</sup>・五十嵐哲也\*<sup>1</sup>・岡部貴美子\*<sup>1</sup>Tamotsu SATO\*<sup>1</sup>, Satoshi KITAOKA\*<sup>1</sup>, Takeshi HARAGUCHI\*<sup>1</sup>, Tetsuya IGARASHI\*<sup>1</sup> and Kimiko OKABE\*<sup>1</sup>

\* 1 森林総合研究所

Forestry and Forest Products Research Institute, Tsukuba 305-8687

**要旨**：二酸化炭素の吸収源として森林は重要な役割を果たしているが、森林吸収源対策を実施するには、森林炭素蓄積量を正確に把握する必要がある。茨城県北茨城市および福島県棚倉町、鮫川村内の国有林にて、16年から70年生までの林齢の異なる落葉広葉樹二次林に調査プロットを設置した。これらプロットの毎木データをもとに、既往の異なる4種類の計算式（3種類のアロメトリ式と拡大係数式）から地上部現存量を求めた。それぞれのアロメトリ式の計算値と拡大係数式の計算値との間には、いずれの場合も決定係数 0.95 以上の値を示す相関関係が認められた。アロメトリ式作成の基になったデータのサイズ構成が式ごとに異なることから、式によっては過小推定になるバイオマスクラスがあると想定された。森林炭素蓄積量推定の不確実性を低減させるためには、計算式がどのようなデータ（例えば、伐倒試料の最大直径や破壊調査した林分の遷移段階など）から作成されたかを把握するとともに、複数の計算式を混在させないことが重要である。

**キーワード**：相対成長式、地上部現存量、拡大係数、現存量推定

**Abstract**: Since carbon sequestrations play an important role in forest ecosystem services, precise and accurate carbon stock estimation is considered the key to ensure success in mitigation practice such as forest sink activities. We set up seven monitoring plots in secondary deciduous forests with stand ages ranging from 16 to 70 years in northern Ibaraki and southern Fukushima. Aboveground biomass (AGB) in each plot was estimated using four different equations: one is biomass expansion factor (BEF) and other three are allometric equations. High coefficients of determinations of AGB ( $r^2 > 0.90$ ) were recognized between BEF and other three equations results. Because size class of original destructive sampling data differed in each allometric equation, the deviation between AGB using BEF and calculated AGB varied on tree size. Selection of appropriate equations based on content of destructive sampling data (e.g. seral stage of sampling stand and their maximum sampling DBH) and avoidance using a mixture of equations are important to reduce uncertainties in forest carbon stock estimation.

**Keywords**: Allometric equation, aboveground biomass, biomass expansion factor, biomass estimation

## I はじめに

我が国の2020年における温室効果ガス排出削減目標である2005年比3.8%の内、森林吸収源によるものは2.8%以上となっており（林野庁（7））、森林の炭素蓄積量を如何に正確に把握（報告）できるかが重要となってくる。これまでに吸収源として、主に針葉樹人工林が取り扱われてきたが、国レベルの算定を考えると広葉樹林も無視することはできず、その炭素蓄積量の正確な把握も必要となってくる。

森林の炭素蓄積量は、一般に植物体の現存量に炭素の割合（たとえば0.47）を乗じることによって求めることができる。現存量の算定方法は、材積から拡大係数（BEF：Biomass Expansion Factor）を用いる方法や、相対成長関

係を用いたアロメトリ式による方法がある（IPCC（2））。式が異なれば計算結果も違ってくるが、その差はどの程度なのかを明らかにしておくことは、算定結果の信頼性を考える上で有用な情報となる。本研究では、北茨城を中心とした落葉広葉樹二次林を対象に、異なる計算式を用いて算定した地上部現存量の比較結果を報告する。

## II 方法

**1. 調査地** 調査は、関東森林管理局茨城森林管理署（茨城県北茨城市）および棚倉森林管理署（福島県東白川郡塙町および鮫川村）管内の国有林にて行った。調査対象とした林分は、いずれも落葉広葉樹二次林であり、林齢（2014年時点）は16年から70年までの7林分である（表

-1)。

**2. 調査項目** 調査を実施した7林分の内、16年生の林分を除いた6林分で面積0.1 haの円形プロットを設定し、その中の胸高直径(DBH)5 cm以上の樹木の毎木調査を行った。16年生林分については、0.05 haの方形プロットとし、他プロットと同様の基準で毎木調査を行った。樹高(H)測定は、DBHクラスごとに選定した樹木で行い、残りの樹木は全樹種を対象としたDBH-H曲線(Weibull関数を適用)を用いて林分ごとに推定した。

これら毎木データをもとに以下の異なる4つの式で地上部現存量を算出した

1. 拡大係数式
2. 小見山ら(4)のアロメトリ式(以下、小見山式)
3. 大塚ら(6)のアロメトリ式(以下、大塚式)
4. NAKASHIZUKA(5)のアロメトリ式(以下、中静式)

計算に用いるパラメータは、式によって異なっているが(表-2)、材密度はインベントリ報告に用いた数値(国立環境研究所地球環境研究センター温室効果ガスインベントリオフィス(3))を使用した。また、拡大係数式に用いる材積は林野庁計画課が監修した材積表(東日本用)(林野庁計画課(8))により計算した。拡大係数式による計算結果を基準値とし、他の3つのアロメトリ式で求めた計算結果を個体ベースおよびプロットベースの値( $\text{Mg ha}^{-1}$ )で比較した。

### III 結果と考察

**1. 個体ベースの比較** 69年生林分の毎木データを用いて、地上部の個体重を各式で計算した結果を図-1に示す。DBHに対する個体重の大きさは、小見山式>拡大係数式>中静式>大塚式の順で減少していた。基本的にDBHの大きさに係らず、小見山式で得られる個体重が最も大きな値を示すことに変化はないが、材密度の軽い個体では計算結果の順位に変化が生じていた。図-1の破線で囲んだ個体は、材密度 $0.386 \text{ g cm}^{-3}$ のホオノキ(国立環境研究所地球環境研究センター温室効果ガスインベントリオフィス(3))であるが、このように材密度の軽い樹種では、材密度を含む式(拡大係数式と小見山式)と含まない式(大塚式と中静式)との計算結果の差が大きくなる。

拡大係数式を基準とし、残り3つの式で得られた個体重と比較した結果、いずれの式も決定係数0.90以上の高い相関関係を示した(図-2)。小見山式は拡大係数式に比べて常に高い計算結果を示していたが、これは小見山式には樹高が含まれていないことに起因すると考えられた。樹高を

計算式に含めない場合、測定誤差が大きくなるのが熱帯林の共通アロメトリ式でも指摘されている(Chave et al.(1))。

**2. プロットベースの比較** 個体重同様にプロットベースでも拡大係数式の結果を基準値とし、他の3式の計算結果との比較を行った(図-3)。拡大係数式を100%とした場合、小見山式では平均30.4%、大塚式で-9.3%、中静式で5.4%の差が認められた。共に材密度を用いる拡大係数と小見山式では、特に高蓄積林分での計算結果の差が大きくなっていた。小見山式は冷温帯の針葉樹を含む樹種に広く適用できる共通アロメトリ式であるが、樹高をパラメータ含んでいないことが拡大係数式の計算結果と異なる要因になったと考えられる。大塚式は今回比較に用いた式の中で、パラメータが一つしかない唯一の式であり、そのことが拡大係数式に比べて過小な計算結果を導いていると考えられた。一方、中静式は相対的に低蓄積林分で拡大係数式との差が大きかったが、これは中静式が成熟林データをもとに作成されているためと考えられた。

### IV まとめ

今回の解析では、調査林分での伐倒による重量データがなく、計算式間の推定誤差の比較ができないため、どの計算式が最も優れた推定結果を出すのかを論ずることはできないが、地上部現存量推定のための計算式の選択について考えをまとめてみたい。

毎木データを用いた地上部現存量の推定結果は、個体ベースおよびプロットベースの両方で計算式によって異なっていた。今回の結果からも、材密度の軽い先駆性樹種などでは、材密度をパラメータとして用いるか否かで計算結果に差が生じることが示された。同様に樹高の有無による個体重の計算結果に差が生じるが、その差は林分レベルで顕著になる可能性がある。より正確な計算結果を得るためには、計算式がどのようなデータ(例えば、伐倒試料の最大直径や破壊調査した林分の遷移段階など)から作成されたかを把握することと、複数の計算式を混在させないことが重要である。

本研究は、環境省・環境研究総合推進費「環境保全オフセット導入のための生態系評価手法の開発(課題番号1-1401)」による成果の一部である。

### 引用文献

- (1) CHAVE, J., ANDALO, C., BROWN, S., CAIRNS, M.A., CHAMBERS, J.Q., EAMUS, D., FÖLSTER, H., FROMARD, F., HIGUCHI, N., KIRA, T., LESCURE, J-P., NELSON, B.W., OGAWA, H.,

PUIG, H., RIÉRA, B. and YAMAKURA, T. (2005) Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* **145** : 87-99.

(2) IPCC (2006) Agriculture, Forestry and Other Land Use. In: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National (eds.) EGGLESTON, H.S., BUENDIA, L., MIWA, K., NGARA, T. and TANABE, K., IGES, Hayama, 83pp

(3) 国立環境研究所地球環境研究センター温室効果ガスインベントリオフィス (2015) 日本国温室効果ガスインベントリ報告書. 国立環境研究所, つくば : 665pp

(4) 小見山章・中川雅人・加藤 正吾 (2011) 冷温帯林樹木の個体重に関する共通相対成長式. *日本森林学会誌* **93** : 220-225

(5) NAKASHIZUKA, T. (1984). Regeneration process

of climax beech (*Fagus crenata*) forests V. Population dynamics of beech in a regeneration process. *Jap. J. Ecol* **34** : 411-419.

(6) 大塚俊之・鞠子茂・小泉博 (2004) 陸上生態系における炭素循環—森林生態系の炭素収支の生態学的な定量化手法に焦点を当てて—. *地球環境* **9** : 181-190

(7) 林野庁 (2015) 平成 27 年版 森林・林業白書. 全国林業改良普及協会, 東京 : 302pp

(8) 林野庁計画課 (1970) 立木幹材積表 -東日本編-. 日本林業調査会, 東京 : 333pp

表-1. 調査プロットの概要

Table 1 Outline of the plots

森林管理署名	林小班	林齢 (年)	面積 (ha)	幹本数 (本 ha <sup>-1</sup> )	BA (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	最大DBH (cm)
茨城	1056つ	16	0.05 (方形)	2,040	16.62	22.6
茨城	1003ね	20	0.1 (円形)	3,350	23.39	20.8
棚倉	272ち	23	0.1 (円形)	2,580	28.28	29.9
棚倉	84の	33	0.1 (円形)	2,960	38.5	33.3
茨城	1056と	59	0.1 (円形)	1,240	31.29	47.2
茨城	1008は	69	0.1 (円形)	1,040	42.07	57.7
茨城	1011い	70	0.1 (円形)	1,590	41.22	44

表-2. 用いた計算式の特徴

Table 2 Characteristic of estimating equations

式	DBH	H	材密度	特徴
拡大係数	○	○	○	材積から重量を求める式
小見山式	○	×	○	冷温帯樹林で広く適用可
大塚式	○	×	×	高山サイト(岐阜県)で作成(n=15)
中静式	○	○	×	成熟林が対象

○印は使用, ×印は未使用のパラメータをそれぞれ示す

○ : Necessary parameter; X: Unused parameter

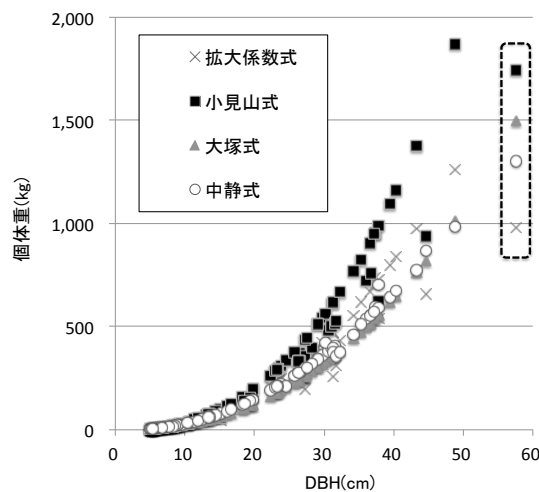


図-1. 69年生プロットのDBHと個体重の関係

枠線で囲んだ個体は、材密度の軽いホオノキ

Fig. 1 Relationship between DBH and biomass in the 69-years old plot

Data within dashed line show low wood density tree species, *Magnolia obovata*.

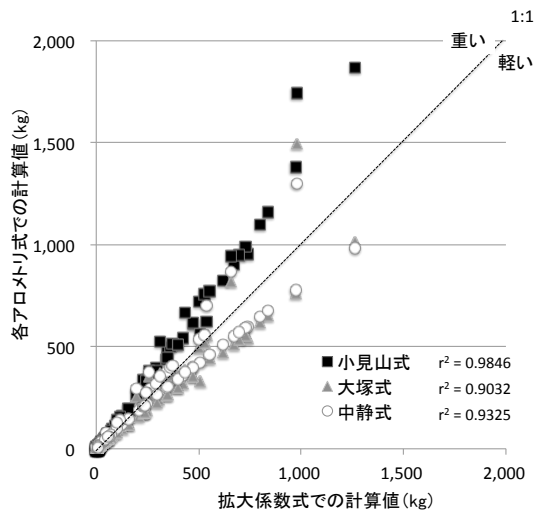


図-2. 69年生プロットでの拡大係数式の個体重計算値と各アロメトリ式から得られた個体重計算値の比較  
破線は1対1の等値線を示す。

Fig. 2 Comparison of estimated biomass between BEF (Biomass Expansion Factor) and three other allometric equations in the 69-years old plot.  
Dash line shows 1:1 value.

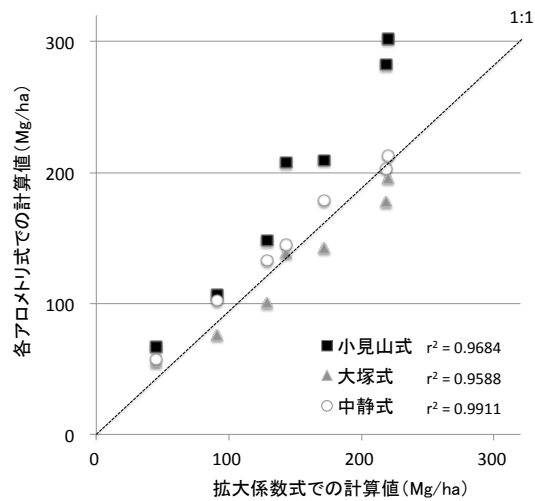


図-3. 全プロットでの拡大係数式のプロットベース計算値と各アロメトリ式から得られたプロット計算値の比較  
破線は1対1の等値線を示す。

Fig. 3 Comparison of plot-based estimated biomass between BEF (Biomass Expansion Factor) and three other allometric equations.  
Dash line shows 1:1 value.