

コウヨウザンに適用可能な単木材積式の検討

遺伝資源部 山田浩雄・近藤禎二※ 関西育種場 磯田圭哉 北海道育種場 生方正俊

1 はじめに

新たな造林樹種として期待されるコウヨウザンについて、林木育種センターでは国内に所在するコウヨウザン林の成長調査を進めてきた（近藤ら 2020、林木育種センター 2021）。この調査における林分材積の推定は、毎木調査によって得られた樹高と胸高直径から、旧営林局単位で調整されているスギの単木材積式の一つである“東京スギ”の単木材積式を便宜的に用いて単木材積を計算し、これを合計することで求めてきた（山田ら 2019、近藤ら 2020）。しかし、“東京スギ”の単木材積式をコウヨウザンに適用することの精度については検討してこなかった。

一方、国内に所在するコウヨウザン林の成長調査では、5 林分 72 個体を伐採し、樹幹解析を行って単木材積を得ることができた（近藤ら 2020）。そこで、樹幹解析により求めた単木材積を真の値と仮定して、旧営林局単位で調整されているスギ単木材積式等を用いて求めた単木材積と比較することにより、既存の単木材積式をコウヨウザンに適用した場合の精度を検討した。

また、5 林分 72 個体の樹幹解析の結果から、新たにコウヨウザンの単木材積式（コウヨウザン式）を導き、このコウヨウザン式の精度について検討した。

本研究は、第 4 期中長期計画の新需要創出に資する樹種の収集と保存の一環として行い、農研機構生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業」の支援を受けた。

2 材料と方法

2.1 樹幹解析

樹幹解析を行ったコウヨウザン 5 林分 72 個体の概要を表 1 に示す。5 林分の林齢は 22 年～52 年の範囲に、樹幹解析した 72 個体の樹高は 13.8m～34.4m の範囲に、胸高直径は 17.9cm～50.4cm の範囲にあった。庄原林分はさし木苗由来の林分であり、他の 4 林分は実生苗由来の林分であった。樹幹解析による単木材積の算出は SDA（Nobori et al. 2004）を用いた。

表 1 樹幹解析を行った林分と個体の概要

林分名	庄原 (広島県)	日立 (茨城県)	井川 (静岡県)
伐採本数	18	29	5
林齢 (年)	52	22	34
樹高 (m)	19.0～34.4	15.8～20.5	13.8～19.5
胸高直径 (cm)	17.9～50.4	25.2～33.5	24.6～30.5
樹幹解析による 単木材積 (m ³)	0.21～2.69	0.31～0.73	0.24～0.50
(つづき)			
林分名	京都 (京都府)	千葉 (千葉県)	
伐採本数	11	9	
林齢 (年)	47	34	
樹高 (m)	29.8～32.7	16.6～20.9	
胸高直径 (cm)	31.3～44.2	28.0～36.3	
樹幹解析による 単木材積 (m ³)	0.81～1.94	0.42～0.86	

2.2 単木材積式の精度

旧営林局単位で調整されている 9 種類のスギの単木材積式（青森スギ、秋田スギ、前橋スギ、東京スギ、長野スギ、名古屋スギ、大阪スギ、高知スギ、熊本スギ）、井上・黒川（2001）により提案された針葉樹に普遍的にあてはまるとされる理論的単木材積式（井上式）、中国安徽省で用いられているコウヨウザンの単木材積式（中国式、Tang et al. 2016）、を用いて、樹幹解析を行った 72 個体の樹高と胸高直径から単木材積を算出した。旧営林局単位の単木材積式は、森林総合研究所「幹材積計算プログラム」（細田ら 2010）から求めた。井上式と中国式は下式を用いた。

$$(\text{井上式}) V = \pi D^2 H / 4 (2(1 - H_b / H))^{1.060}$$

$$(\text{中国式}) \log V = 1.7512 \log D + 1.0417 \log H - 4.14874$$

(V: 単木材積、D: 胸高直径、H: 樹高、H_b: 胸高=1.2m)

単木材積式の精度は、以下の式により検討した。

精度 = 単木材積式による材積 / 樹幹解析による材積
この場合、精度 > 1 の時は過大評価であり、精度 < 1 の時は過小評価と判断される。

※ 現在 水戸市在住

2.3 コウヨウザンの単木材積式の推定

今回伐倒したコウヨウザン72個体の樹高、胸高直径、単木材積から、新たに単木材積式（コウヨウザン式）を山本式（南雲・箕輪 1990）により導いた。係数 a、b、c は最小二乗法で求めた。

$$\log V = a \log D + b \log H - c \quad (\text{山本式})$$

導いたコウヨウザン式の適用について、萌芽更新した林分（高知県辛川山国有林）の7株（個体）17本の萌芽幹を伐採して樹幹解析により得た単木材積（近藤ら 2019）と比較して検討した。樹幹解析した萌芽幹の概要を表2に示す。萌芽幹の幹齢は11年～29年の範囲に、樹高は6.3m～18.9mの範囲に、胸高直径は6.5cm～31.5cmの範囲にあった。

表2 樹幹解析を行った萌芽幹の概要

株（個体）	A	B	C	D
萌芽幹の本数	2	5	2	1
萌芽幹齢（年）	24～26	11～27	25～26	26
樹高（m）	13.3～16.9	6.3～14.7	12.5～14.0	13.9
胸高直径（cm）	23.6～24.0	6.5～18.2	16.1～22.8	24.3
樹幹解析による 単木材積（m ³ ）	0.24～0.31	0.01～0.15	0.13～0.23	0.26

株（個体）	E	F	G
萌芽幹の本数	4	2	1
萌芽幹齢（年）	16～29	26～29	20
樹高（m）	7.6～13.9	18.0～18.9	11.8
胸高直径（cm）	8.1～23.2	23.2～31.5	15.2
樹幹解析による 単木材積（m ³ ）	0.02～0.27	0.32～0.56	0.11

3 結果と考察

3.1 単木材積式の精度

単木材積式の精度を図1に示す。これまでコウヨウザンの単木材積の推定に便宜的に用いてきた東京スギの精度は0.875～1.527（平均=1.128）の範囲にあった。また、旧営林局単位で調整されている9種類のスギの単木材積式（青森スギ～熊本スギ）の精度（平均）は1.060～1.159の範囲にあった。今回検討したスギの単木材積式でコウヨウザンの単木材積を算出した場合、過大評価になる傾向にあり、これまでのコウヨウザンの林分材積を推定した既往の結果（近藤ら 2020 など）は、1割程度の誤差を含んでいることが示唆された。なお、同じ樹高と胸高直径であれば、北の旧営林局の単木材積式ほど過大評価となる傾向にあり（図1）、コウヨウザンの単木

材積を求めるのであれば、大阪スギと高知スギの単木材積式の精度が良かった。

井上式の精度は0.972～1.653（平均=1.237）の範囲にあった（図1）。井上式で求めたコウヨウザンの単木材積は、旧営林局単位で調整されているスギの単木材積式よりも過大評価の傾向にあった。

中国式の精度は0.841～1.345（平均=1.051）の範囲にあった（図1）。今回用いた単木材積式では中国式の精度が最も良かった。これは、樹幹形は樹種ごとに異なることを示唆しており、単木材積式は樹種ごとに求める必要があることを示している。

3.2 コウヨウザンの単木材積式の推定

コウヨウザン5林分72個体の樹幹解析の結果から、以下の単木材積式（コウヨウザン式）を新たに導いた。

$$\log V = 1.832391 \log D + 1.195934 \log H - 4.49661$$

コウヨウザン式の精度は0.802～1.229（平均=1.004）の範囲にあった（図1）。

新たに導いたコウヨウザン式を用いて、萌芽更新した林分（表2）の萌芽幹の単木材積（y）と樹幹解析により求めた単木材積（x）の関係を図2に示す。萌芽幹（17本）の単木材積に対するコウヨウザン式の精度は0.802～1.121（平均=0.967）の範囲にあった。また、yとxの関係は下式により示された（図2）。

$$y = 1.039x - 0.014$$

回帰係数の95%信頼区間は0.975～1.102の範囲にあり、回帰係数は1から有意にずれておらず、またy切片の95%信頼区間は-0.028～0.001の範囲にあり、y切片は0から有意にずれてはいなかった。これは、コウヨウザン式を用いて算出した萌芽幹の単木材積（y）と樹幹解析により求めた単木材積（x）がy=xで近似され、今回導いたコウヨウザン式により単木材積が高精度で推定できていることを示している。

今回、コウヨウザンに適用可能な単木材積式を検討した結果、新たにコウヨウザンの単木材積式を導いた。今後、このコウヨウザン式が国内のコウヨウザンの単木材積の算出に利用されることを期待したい。

4 引用文献

細田和男・光田靖・家原敏郎（2010）現行立木幹材積表と材積式による計算値との相違およびその修正方法。

森林計画誌、44、23-39.

<http://www.ffpri.affrc.go.jp/database/stemvolume/index.html>

井上昭夫・黒川泰亨 (2001) 針葉樹における二変数材積式の理論的誘導. 日林誌、83、130-134.

近藤禎二・山田浩雄・磯田圭哉・山口秀太郎・大塚次郎・久保田正裕・生方正俊 (2019) コウヨウザン萌芽林の成長と樹幹特性. 関東森林研究、70、45-48.

近藤禎二・山田浩雄・大塚次郎・磯田圭哉・山口秀太郎・生方正俊 (2020) わが国におけるコウヨウザンの成長. 森林遺伝育種、9、1-11.

南雲秀次郎・箕輪光博 (1990) 測樹学、現代林学講義 10、243pp.

Nobori Y, Sato K, Onodera H, Noda M, Kato T (2004) Development of stem density analyzing system

combined X-ray densitometry and stem analysis. J. For. Plan., 10, 47-51.

林木育種センター (2021) コウヨウザンの特性と増殖マニュアル.

https://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/documents/ko-yozan_manual.pdf

Tang Xiaolu, Cesar Perez-Cruzado, Torsten Vor, Lutz Fehrmann, Juan Gabriel Alvarez-Gonzalez, Christoph Kleinn (2016) Development of stand density management diagrams for Chinese fir plantations. Forestry, 89, 36-45.

山田浩雄・近藤禎二・大塚次郎・磯田圭哉・生方正俊 (2019) コウヨウザンの暫定的な収穫予想表の作成. 林木育種センター年報(平成 30 年版)、126-128.

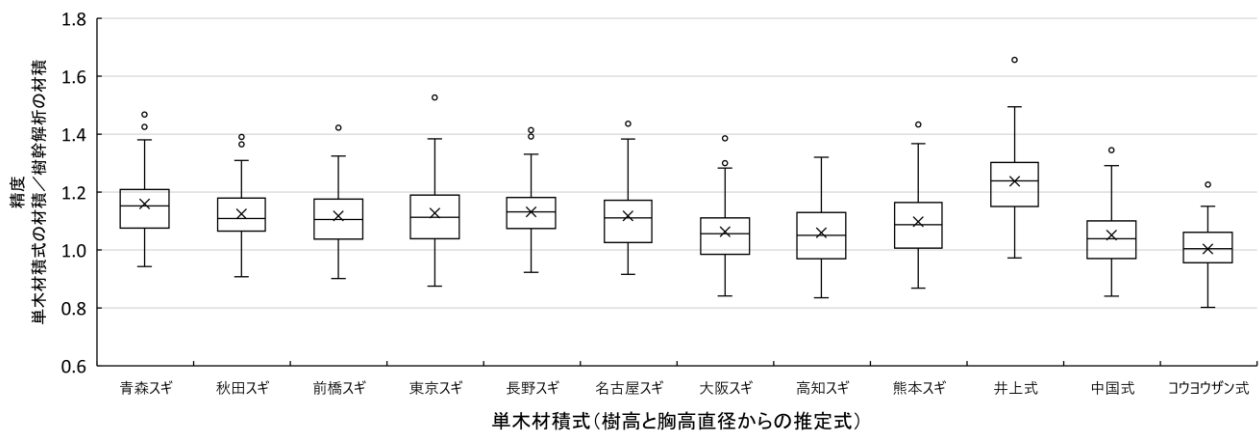


図 1 単木材積式の精度. 縦棒は最大・最小、箱棒は四分位範囲、横棒は中央値、×は平均値を示す。

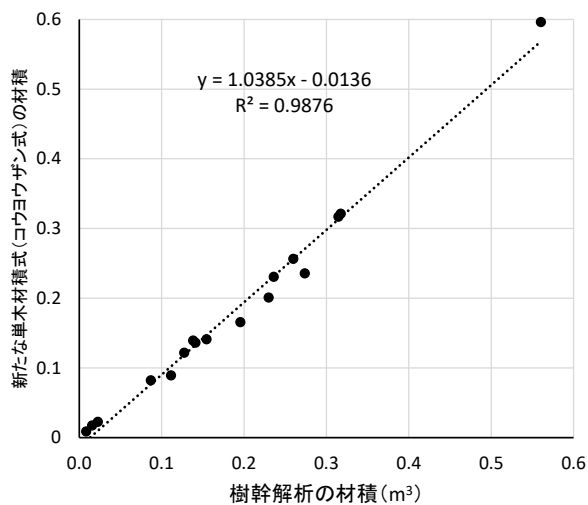


図 2 新たに導いたコウヨウザン式による萌芽幹の単木材積と樹幹解析により求めた単木材積の関係. $y=x$ で近似できる。