



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	天塩研究林におけるバイオマス調査について
Author(s)	小塚, 力; 野村, 睦; 高木, 健太郎 他
Citation	北方森林保全技術, 第24号, 1-11
Issue Date	2006-11-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/73120
Type	departmental bulletin paper
File Information	2005-24_1-1.pdf



I-1 天塩研究林におけるバイオマス調査について

天塩研究林 小 塚 力
野 村 睦
高 木 健太郎
上 浦 達 哉
北 條 元
高 橋 廣 行
坂 井 励
林業技能補佐員

1. はじめに

天塩研究林は 2001 年から（独）国立環境研究所、ならびに（株）北海道電力と共同で「カラマツ林の炭素循環機能に関する観測研究」を行っている。このプロジェクト研究の目的は、カラマツ若齢林の育林過程における炭素循環機能を集水域レベルで評価することにある。これに関連して 1) 針広混交林の炭素蓄積量評価、2) 更新方法が炭素固定機能に与える影響評価、3) 流域スケールの水・物質循環、4) リモートセンシングによる広域炭素収支の評価などといったサブプロジェクトも同時に立ち上げており、カラマツに限らず森林流域の物質循環過程を総合的に解明する事をも視野においている⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾。

このサブプロジェクトの一つである針広混交林の炭素蓄積量評価については、過去に本誌でその調査状況等を報告してきた⁽⁵⁾⁽⁶⁾。今回、それらの調査結果がまとまったので、本稿では 2005 年に行った調査結果と合わせて報告する。なお、2004 年に行ったカラマツについては、香山雅純氏（現在：森林総合研究所）の研究⁽⁷⁾とも密接に関係して進められたため、調査方法や調査項目等が他の樹種と若干異なっている。従って本稿では扱わない事とする。

2. 調査方法等

(1) 供試木の選定

供試木は本研究林の天然林を主に構成するミズナラ、ダケカンバ、トドマツと人工林のカラマツの 4 種を 151 林班付近で選定し、1 年 1 樹種という計画で調査が進められた。また供試木の大きさについては、胸高直径の大きい個体から小さい個体までおおむね均等に選定した。供試木の伐採箇所、ならびに供試木の詳細については図-1 および表-1 に示すとおりである。

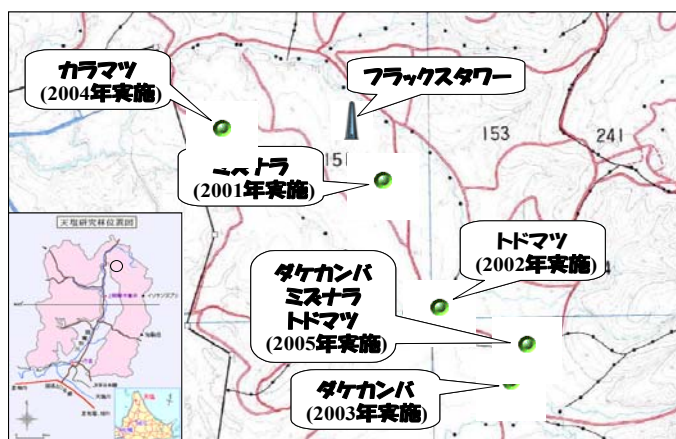


図-1 供試木の伐採位置図

(2) 供試木の測定・伐倒作業

伐倒前に供試木の全景を撮影、胸高直径ならびに枝張りを計測した（写真1）。また伐倒後に巻き尺を用いて高さの計測を行った。

(3) 階層別・器官別の分離作業

バイオマスの垂直方向の分布を明らかにするため、幹および枝・葉を階層ごとに切断した。広葉樹の場合、上層部では枝と幹の見極めが難しいが、根からの続きで最高位に達する部分を幹とした。階層については地際から 1.3m の位置で切断した後、2 m ごとに切断し、枝・葉は

幹についている階層ではなく、実際の高さの階層に入れた。

その後、各階層ごとに幹と枝と葉の分離作業を行い（写真2）、枝はさらに太さ別に分類した。また、地下部はパワーショベルで掘り出した後（写真3）、スコップを用いて地中に残った根を採取した。地中から掘り出した根は消防ポンプ等を用いて泥を洗い流し（写真4）、太さ別に分類した。

表－1 バイオマス調査木

樹種	調査年	DBH(cm)	樹高(m)	樹種	調査年	DBH(cm)	樹高(m)
ミズナラ	2001年	55.00	17.50	ダケカンバ	2003年	51.50	20.80
		38.80	15.45			31.85	17.37
		8.80	7.00			29.08	19.40
	2005年	21.43	10.67			11.11	9.35
		19.87	10.60		2005年	16.30	11.87
		10.22	6.90			6.83	7.53
トドマツ	2002年	3.76	4.08			6.50	6.76
	2005年	50.16	21.35	カラマツ	2004年	27.30	17.30
		37.48	18.50			18.50	16.40
		11.75	9.88			17.30	15.80
	2005年	13.15	9.72			12.70	15.10
		10.51	7.48				



写真1 枝張りの計測(ダケカンバ)



写真2 枝と葉の分離作業(ダケカンバ)



写真3 根の掘り取り作業(ダケカンバ)



写真4 泥の洗い流し作業(トドマツ)

(4) 重量測定・サンプル採取

階層別・器官別に分離した後、それぞれの全重量をバネばかりで測定した。バネばかりは 100g、500g、1kg、2kg、5kg、10kg、20kg、30kg、100kg、500kg を用意し、計測可能な最小単位のものを利用した。その後、各階層別・器官別に乾燥重量を測定するためのサンプルを採取した。なお、サンプルの重量は乾燥機の容量等を考慮に入れて概ね 1kg 前後とし（その際サンプル重量を計測・記録）、階層別・器官別に分離した際に少量のものについては全てをサンプルとした。

(5) サンプルの乾燥

階層別・器官別に採取したサンプルの乾燥は ADVANTEC 製の乾燥機（FC-612、内容量 303 リットル）を使い、70 ～ 80℃で行った。また、乾燥重量は乾燥過程において重量に変化が見られなくなった重さを採用した。ちなみに、乾燥機の容量に限界があることから、乾燥作業は数回に分けて行い、最終的にその年に行ったバイオマスの乾燥は約 11 ヶ月程度かかった。

(6) バイオマス量の推定

階層別・器官別サンプルの採取時重量と乾燥重量の比率を求め、それを伐採直後における生重量にかけることによってカテゴリー毎の乾燥重量を算出した。その後、それらを積算することによって樹木全体のバイオマス量を導き出した。なお、樹種別の生重量に占める乾燥重量の比率を平均値で示すと図-2 のようになる。これをみると、ダケカンバやミズナラは幹や枝で 50 %を超えているのに対し葉は 40 %を下回っており、器官による含有水分量の違いがはっきりと表れている。一方、トドマツはどの器官も概ね 40 %程度である。

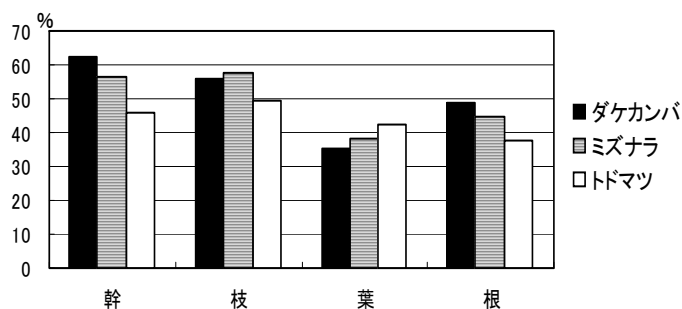


図-2 樹種別・器官別平均乾燥重量比

注) 乾燥重量比 = (乾燥重量 / 生重量) × 100

(7) 現地調査での人工数

枝・葉の分離など現地での調査には多くの人工がかかっている。参考までに樹種別にかかった人工数を胸高直径の似かよった個体と比較すると表-2 のようになる。これをみると、同じ落葉広葉樹であるミズナラとダケカンバの人工数は概ね 60 ～ 70 人工であるのに対し、針葉樹であるトドマツは約 2 倍の 128.750 人工がかかっている。これは枝と葉の分離作業に多くの人手と時間を要したためである。なお、トドマツの胸高直径 50.16cm に達する個体では枝・葉の分離作業をサンプルのみにして作業の簡素化を図ったため、48.375 人工と若干少なくなっている。

表-2 樹種別・胸高直径別人工数

ミズナラ	55.0cm	38.8cm	8.8cm	小計
	36.250	20.875	4.875	62.000
ダケカンバ	51.5cm	31.85cm	11.11cm	小計
	39.500	24.750	4.375	68.625
トドマツ	50.16cm	37.48cm	11.75cm	小計
	48.375	60.125	20.250	128.750

注1) 上段は胸高直径 (cm)

注2) 下段は人工数 (1人 × 8時間 = 1人工)

3. 調査結果

(1) 器官別構成比

バイオマスの器官別構成比は樹種や環境条件によって左右され、特に環境ストレスがある場

合は構成比率を変化させて対応する事が多いとされている⁽⁸⁾⁽⁹⁾。これを反映してか、構成比に多少のバラツキがみられるが、供試木の生育環境に大きな差が無いことから、種間の特徴が見てとれる。

全体に占める地下部の割合は、ダケカンバが3割前後、トドマツで2割前後であり、個体が大きくなってもあまり変わらない。一方、ミズナラは小さい個体で4割弱であるのに対し大きい個体では1割程度にすぎず、そこには負の相関関係（相関係数 $r = -0.81$ ）が認められた（図-3）。

次に地上部に占める器官別の構成比を図-4に示した。比較的バラツキが大きいダケカンバでは幹が6～8割、枝が2～4割、ミズナラでは幹が6割前後、枝で2～4割を占めている。また葉は両者とも1割未満であり、個体の大きさによる傾向は見られない。一方トドマツでは、小さい個体で枝と葉の構成比が同程度であるのに対し、個体が大きくなるに従って枝の割合が増え、相対的に幹と葉の割合が減る傾向が見られた（相関係数： r （幹） $= -0.71$ ， r （枝） $= 0.87$ ， r （葉） $= -0.94$ ）。

なお、高橋幸男らが名寄市智恵文のシラカバ林でおこなった調査によると、「地上部現存量の各部への配分率は幹 87 %，枝 11 %，葉 2 %で樹種間の差はほとんどない」⁽¹⁰⁾と報告されている。また澤田智志らがスギ人工林でおこなった調査では「地上部バイオマス量は1本当たり 196.6 ～ 1,061kg で、その 82 %を幹が占めていた」⁽¹¹⁾とされており、これらの報告と比べると本研究林における調査結果は平均的に幹の割合が低い。

（2）階層別バイオマス量

次に階層別のバイオマス量について、大・中・小の個体で器官別に見たのが図-5、6、7である。幹については3樹種とも概ね地上付近で最大となり、樹高（H）が高くなるに従って少なくなっていくが、枝・葉については若干、樹種によって様相を異にする。ダケカンバやミズナラの枝・葉は概ね 1/3H よりも上方に

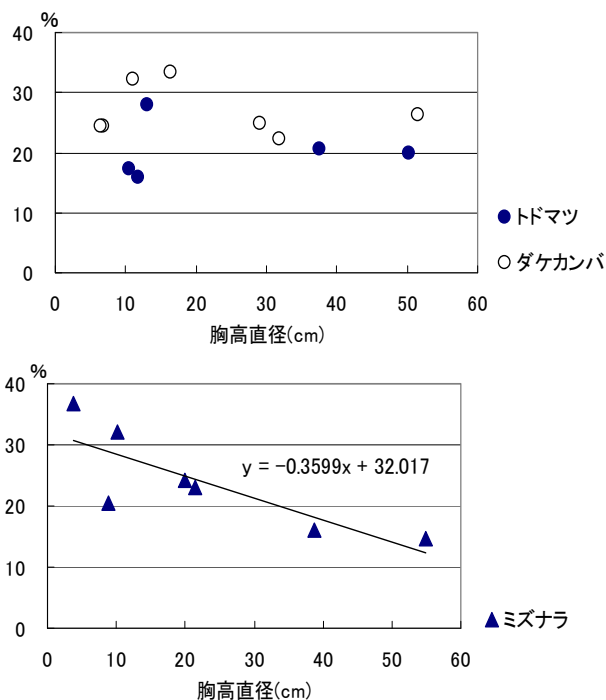


図-3 全体に占める地下部の構成比

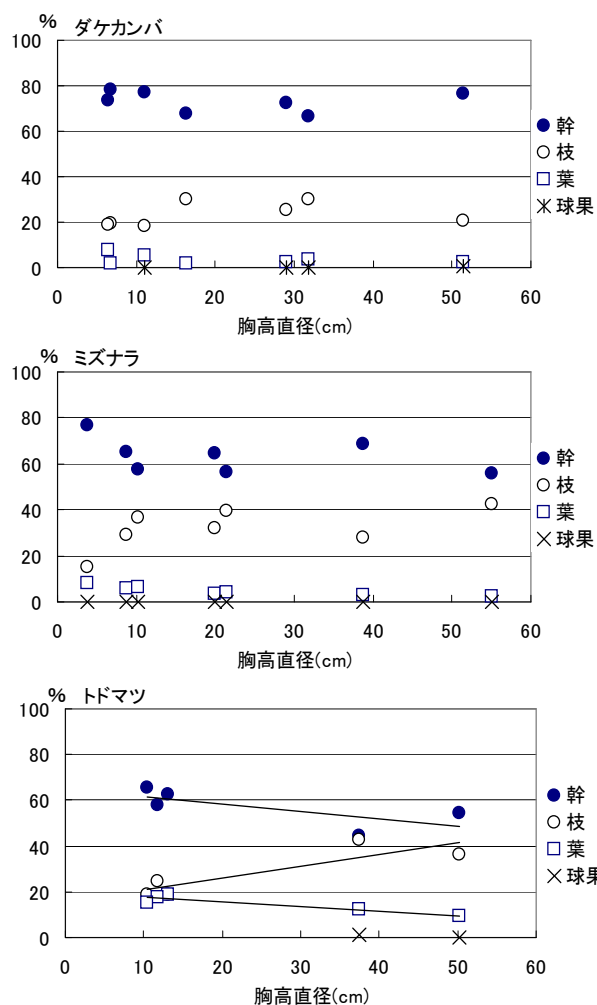


図-4 地上部に占める器官別構成比

集中しており、1/2H ～ 2/3H の高さで幹と枝・葉のバイオマス量は逆転している。一方トドマツの枝・葉は、下枝の枯れ上がりから地表付近でのバイオマス量は少ないものの、他の2種と比べ低い位置で最大となり、そこから頂点にむかって緩やかに減少している。

(3) 相対成長関係

胸高直径 (DBH ; X) と幹や枝・葉などといった各器官のバイオマス量 (Y) との間では相対成長関係が認められており、双方で対数をとると $Y=aX^b$ の回帰式が得られる (ここで a、b は係数)^{(12) (13)}。今回の調査では全体のバイオマス量、および葉を除く器官別のバイオマス量と胸高直径との関係は、樹種に関係なくそれぞれ一つの回帰式に表すことが出来た (表-3)。これは生育環境が同じであれば樹種間でバイオマス量にさほど大きな差は無い事を示唆している。一方で、葉のバイオマスに関しては落葉広葉樹であるダケカンバやミズナラと比べ、針葉樹であるトドマツの方が高くなっている。

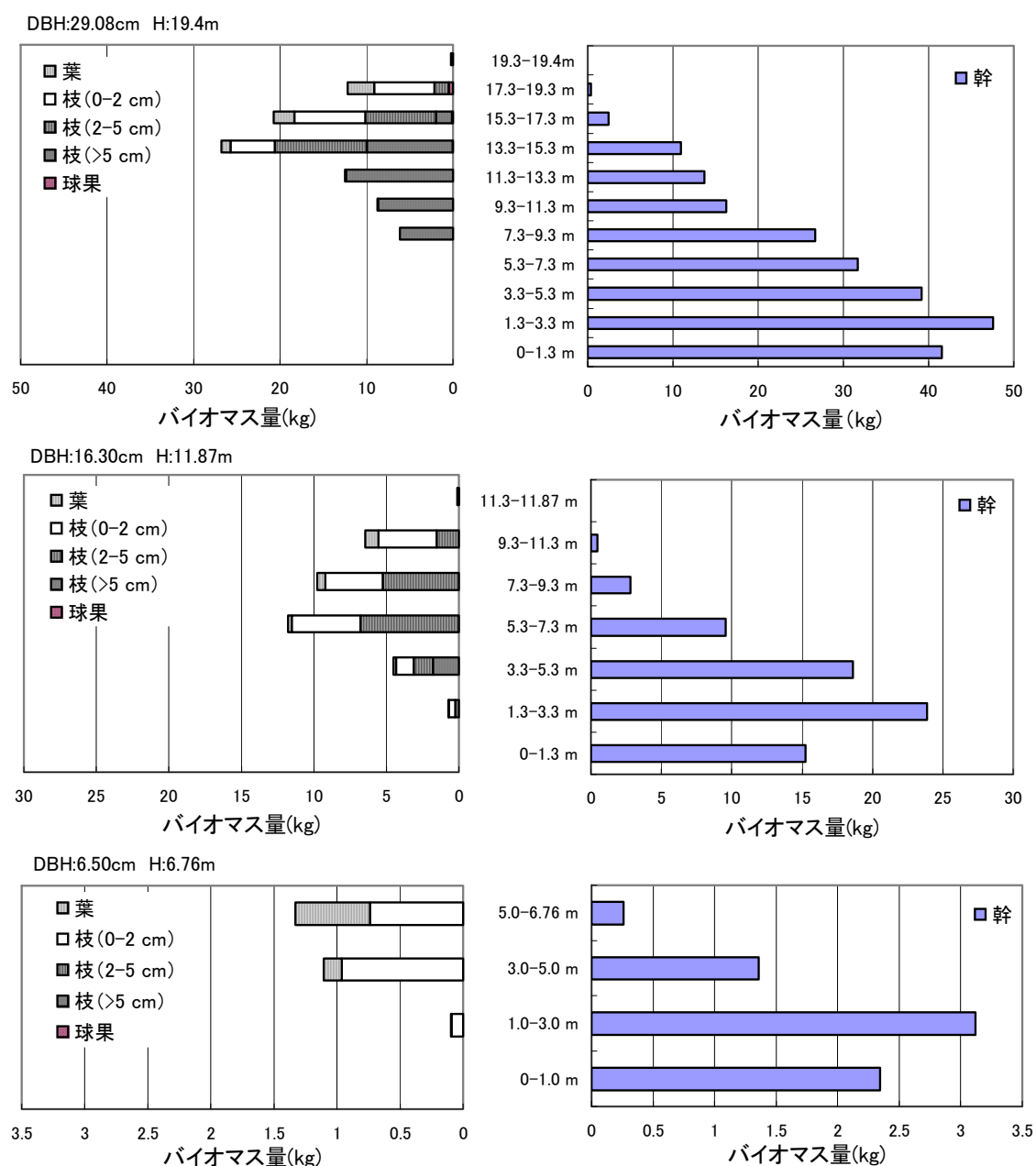
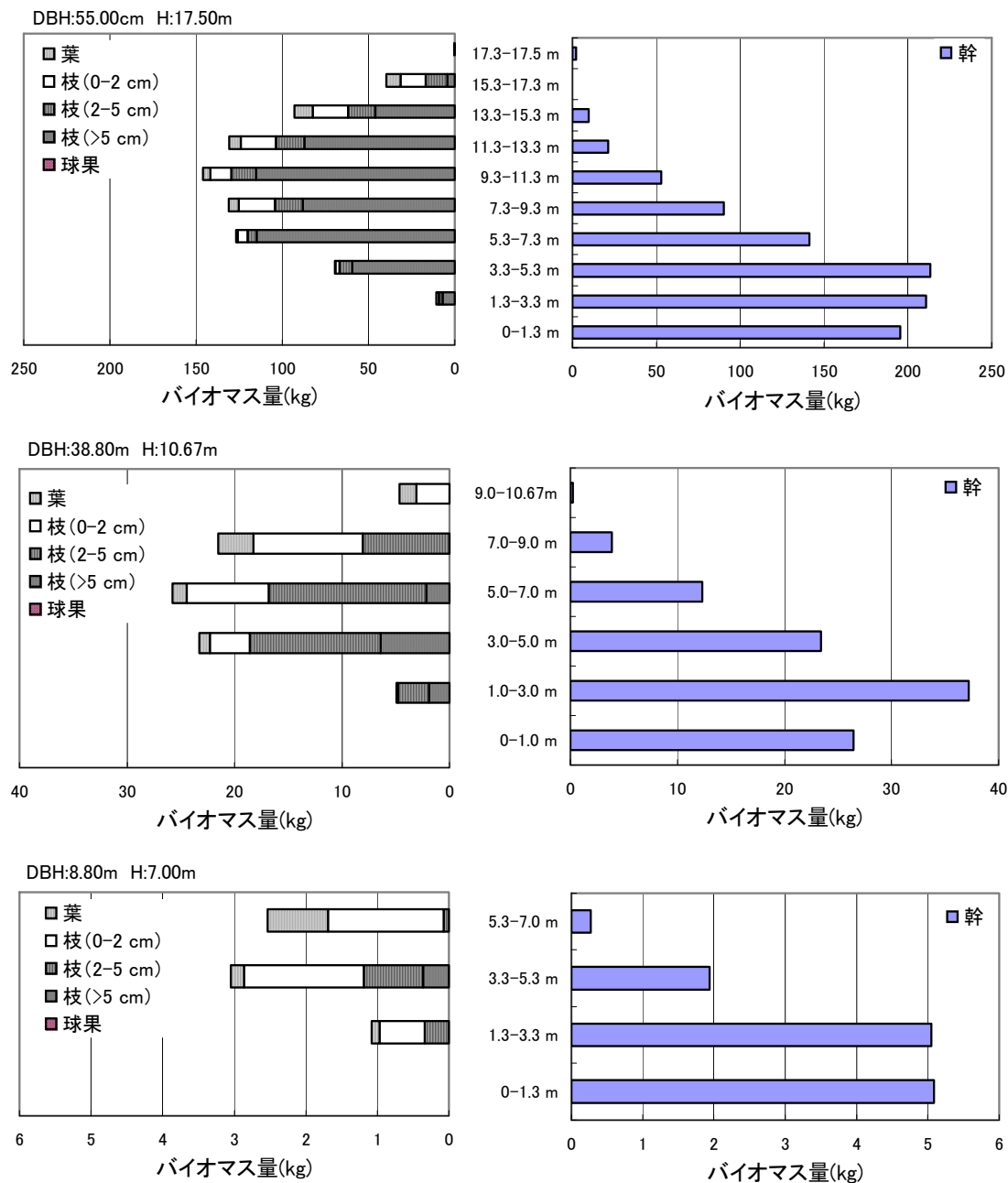


図-5 地上部における階層別バイオマス量(ダケカンバ)

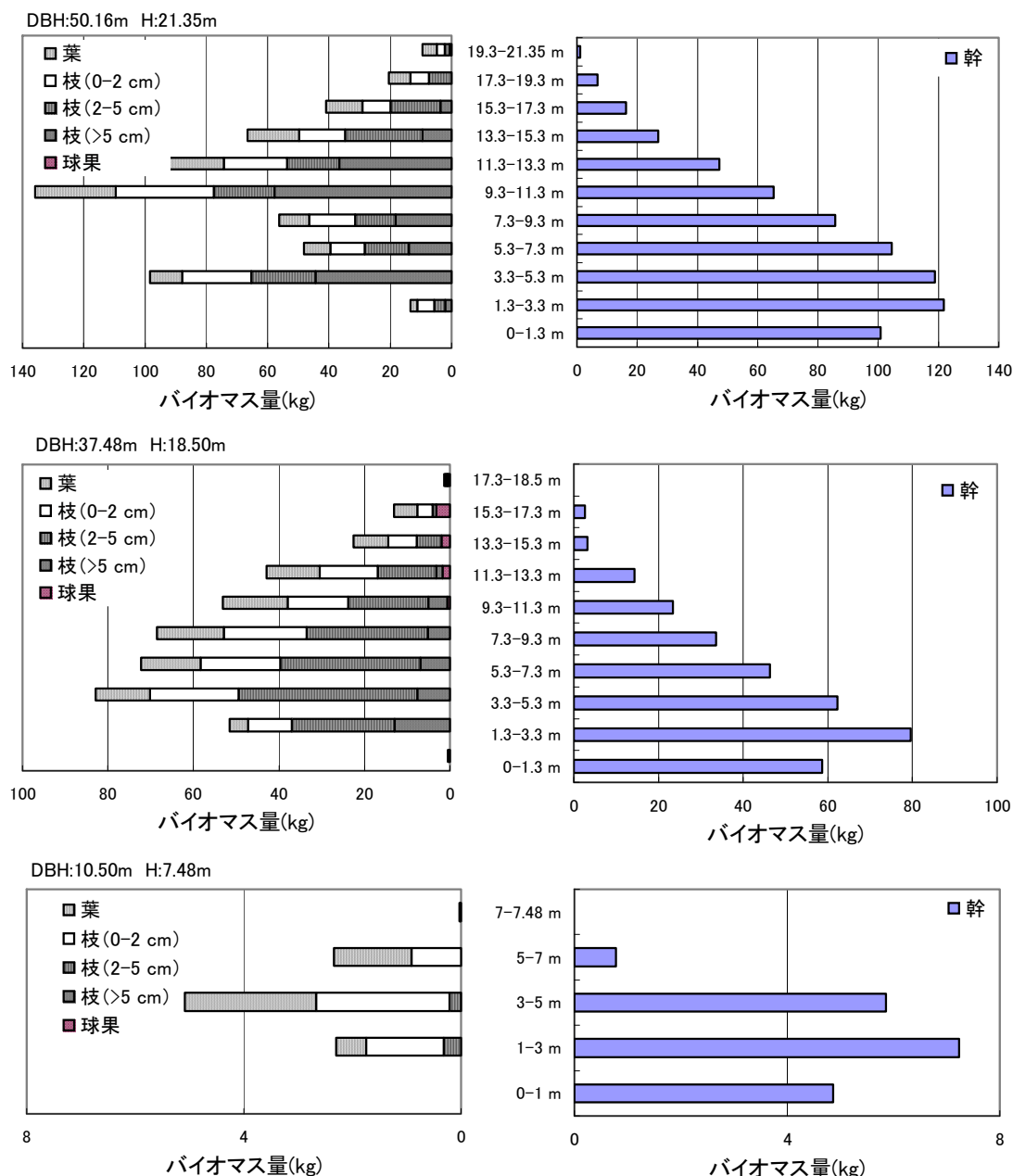
なお、係数 a、b は生育環境によって変化することが言われており、「一度定数をきめればそれを使って多くの林の現存量を推定できるというわけにはいかない」⁽¹⁴⁾とされている。参考までに幹、枝、葉において苫小牧研究林での調査結果⁽¹⁵⁾、ならびに四大学合同調査班による調査結果⁽¹⁶⁾も合わせて載せる。これをみると、幹については比較的、生育環境による差は感じられないが、枝や葉になるとその違いが顕著に表れている（図－8～13）。



図－6 地上部における階層別バイオマス量(ミズナラ)

4. まとめ

以上のことをまとめると次のようになる。まず第1に構成比は樹種によって微妙な違いはあるが、全体に占める地下部の割合は概ね2～3割、地上部に占める各器官の割合は幹が6～8割、枝が2～4割、葉が1割程度である。しかしながらミズナラの地下部やトドマツの地上部における各器官の構成比のように、樹木の肥大生長にともなって構成比が変化する傾向も認められた。第2に枝と葉のバイオマス量を階層別にみると、ダケカンバやミズナラは比較的高い位置で多いのに対し、トドマツは低い位置で多くなっている。第3に相対成長関係は樹種に関



図ー7 地上部における階層別バイオマス量(トドマツ)

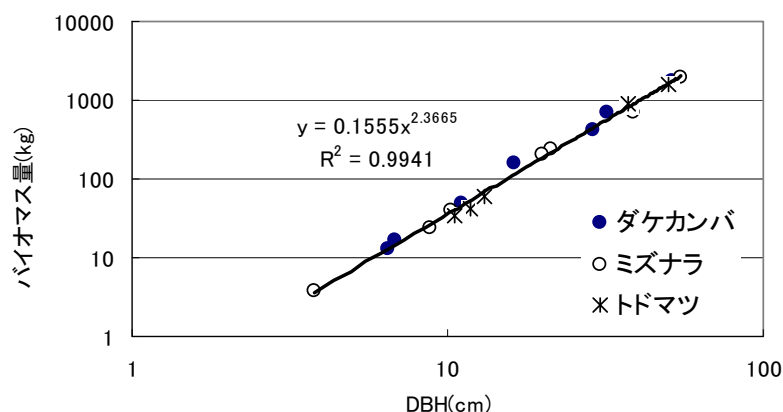
係は樹種に関係なくそれぞれ一つの式に表すことができ、生育環境が変わらなければ胸高直径に対するバイオマス量は樹種間でさほど差は無いといえる。樹木のバイオマス量やその構成比などは樹種や生育環境によって微妙に変化するものであるが、ここで得られたデータは少なくとも本研究林のバイオマス量を推定するのに有効であり、今後、151 林班で行っている二酸化炭素フラックスの観測とも連動して、森林の炭素固定機能の解明が期待される。

表－3 相対成長式

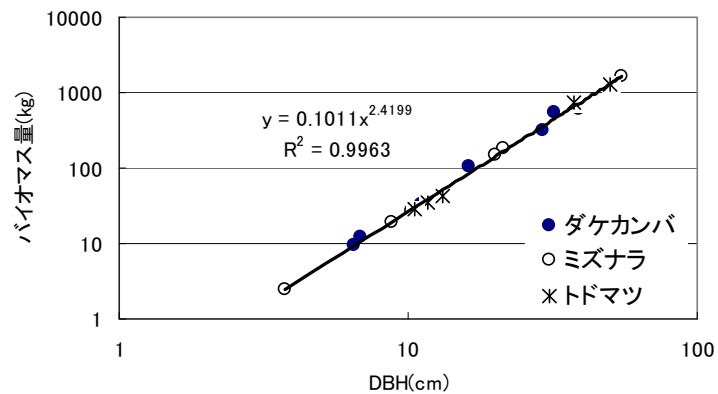
	天塩研究林 (ダケカンバ・ミズナラ・トドマツ)	苫小牧研究林 ^(注1) (落葉広葉樹)	四大学合同調査 ^(注2) (北海道主要針葉樹林)
全体	$Y=0.1555 (DBH)^{2.3665}$	—	—
地上部	$Y=0.1011 (DBH)^{2.4199}$	—	—
地下部	$Y=0.0567 (DBH)^{2.2088}$	—	—
幹	$Y=0.0827 (DBH)^{2.3376}$	$\ln W_s=2.424 \ln DBH-2.505$	$W_s=0.04653 (DBH)^{2.550}$
枝	$Y=0.0184 (DBH)^{2.5946}$	$\ln W_b=2.572 \ln DBH-4.453$	$W_d=0.006468 (DBH)^{2.570}$
葉	$Y【トド】=0.0306 (DBH)^{2.1473}$ $Y【広】=0.0129 (DBH)^{1.9737}$	$\ln W_l=2.500 \ln DBH-6.288$	$W_l=0.009640 (DBH)^{2.356}$

(注1) Takahashi K, Yoshida K, Suzuki M, Seino T, Tani T, Tashiro N, Ishii T, Sugata S, Fujito E, Naniwa A, Kudo G, Hiura T, Kohyama T (1999) Stand Biomass, Net Production and Canopy Structure in Secondary Deciduous Broad-leaved Forest, Northern Japan. Res Bull Hokkaido Univ for 56:70-85

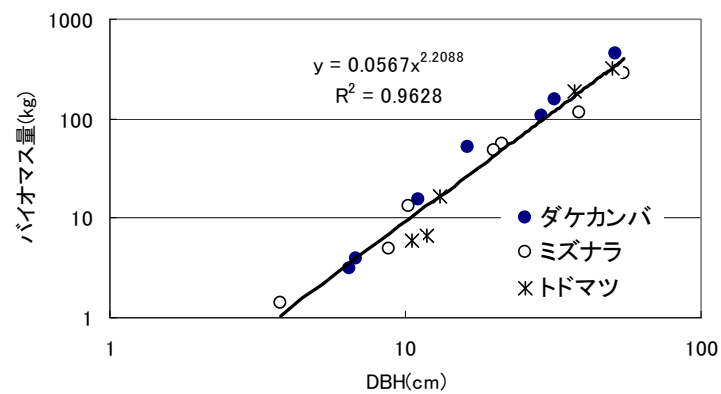
(注2) 四大学合同調査班(1960) 森林の生産力に関する研究第一報 北海道主要針葉樹林について. 99p. 国策パルプ



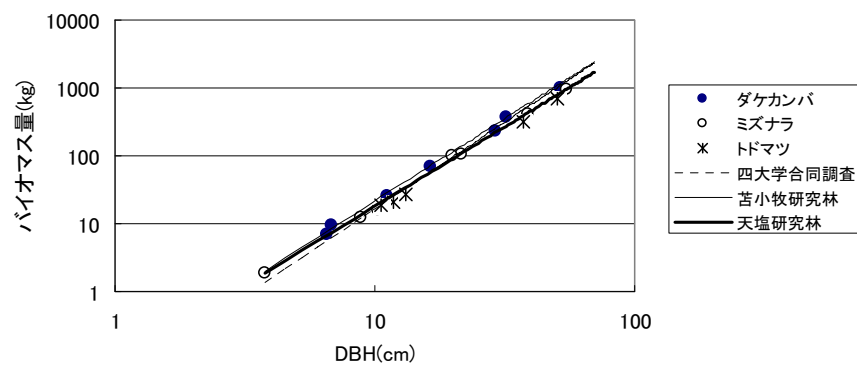
図－8 胸高直径とバイオマス量との関係(全体)



図－9 胸高直径とバイオマス量との関係(地上部)

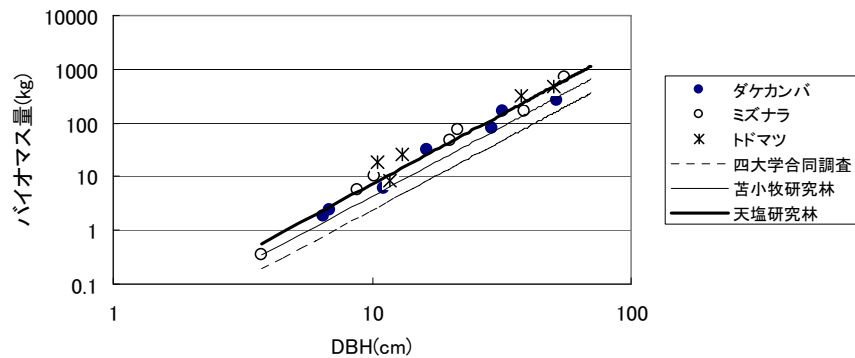


図－10 胸高直径とバイオマス量との関係(地下部)



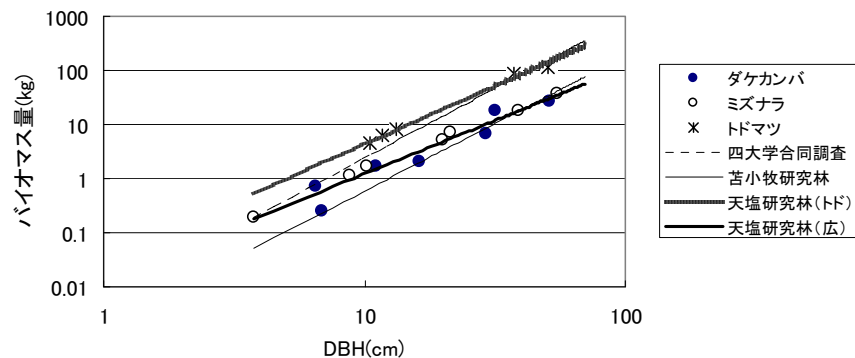
図－11 胸高直径とバイオマス量の関係(幹)

注)四大学合同調査および苫小牧研究林の回帰直線は表－3の回帰式による。



図－12 胸高直径とバイオマス量の関係(枝)

注) 四大学合同調査および苫小牧研究林の回帰直線は表－3の回帰式による。



図－13 胸高直径とバイオマス量の関係(葉)

注) 四大学合同調査および苫小牧研究林の回帰直線は表－3の回帰式による。

5. おわりに

森林のバイオマス量（現存量）を知ることは、その物質循環や生産構造を明らかにする上で重要である。また最近では、「京都議定書」において森林による二酸化炭素吸収量を全体の削減目標に組み入れることが認められたことをうけ、より正確なバイオマスデータが求められている。しかしながら、バイオマス調査は非常に手間と時間の要する作業である。特に地下部に関しては根を掘り取る作業自体が非常に大がかりになることから、実際に根を採取した調査例は少ない。従って今まで地下部については地上部のバイオマス量から推定することが多かった。

今回のバイオマス調査では本研究林のスタッフのみならず、所属を超えて非常に多くの協力者が得られた事、並びに重機を所有し、また大がかりな調査を実行できる技術力とそれを提供できる体制が研究林に備わっていた事により、地上部のみならず地下部に至るまで非常に詳細な調査を実行することが出来た。地上部と比較して地下部のデータ蓄積は全国的に見て少なく、そういった意味では非常に貴重なデータが得られたといえる。本稿は現在の天塩研究林スタッフの連名としたが、こうした貴重なデータが得られたのは 2001 年から 5 年にわたる調査の過程で、非常に多くの方々に協力していただいた賜である。最後に今回報告したミズナラ、トド

マツ、ダケカンバの調査に協力していただいた方々を記して感謝の意を表したいと思う。

○バイオマス調査に協力していただいた方々（現在の所属）

- ・北管理部 柴田英昭 杉下義幸 小宮圭示
- ・中川研究林 浪花彰彦
- ・雨龍研究林 吉田俊也 竹田哲二
- ・南管理部 笹賀一郎 秋林幸男 菅田定雄
- ・和歌山研究林 芦谷大太郎
- ・元天塩研究林職員 小林信
- ・(独) 国立環境研究所 藤沼康実ほか研究スタッフの皆様
- ・(株) 北海道電力 前林衛ほか研究スタッフの皆様
- ・北海道大学大学院農学研究科及び環境科学院の皆様
- ・北海道大学大学院工学研究科水圏環境工学講座 深澤達矢ほか研究室の皆様
- ・森林総合研究所 香山雅純
- ・琉球大学の皆様
- ・日本大学の皆様
- ・2003 年度森林圏ステーション技術職員研修に参加された皆様

引用文献および参考文献

- (1) 北條元ほか(2001) 炭素循環観測林の準備経過と研究計画,北方森林保全技術,第 19 号, 1-5.
- (2) 北條元ほか(2002) 森林伐採・育林などの森林施業が二酸化炭素吸収能に与える影響を
解明するー北海道大学天塩研究林における大規模野外実験ー,北方林業,Vol.54 No.11,5-7.
- (3) 菅田定雄ほか(2004) カラマツ若齢林の炭素循環機能に関する観測研究プロジェクト,
北方森林保全技術,第 22 号,1-5.
- (4) 高木健太郎(2004) 森林の炭素固定機能に配慮した環境林の造成の試み,北方林業,Vol.56
No.12,15-18.
- (5) 浪花彰彦ほか(2002) 天塩研究林で実施したミズナラバイオマス調査について,北方森
林保全技術,第 20 号,4-10.
- (6) 浪花彰彦ほか(2003) 天塩研究林で実施した樹木バイオマス調査について,北方森林保
全技術,第 21 号,26-30.
- (7) 香山雅純ほか(2005) グイマツ雑種 F1 の樹冠部における光合成特性と生産量との関係,
日本森林学会北海道支部論文集,第 53 号,49-51.
- (8) 堤利夫編(1989) 森林生態学,pp166,朝倉書店.
- (9) 渋谷正人(2005) 樹木の相対成長関係,森林の科学-森林生態系科学入門-,朝倉書店,12-13.
- (10) 高橋幸男ほか(1974) 名寄のシラカバ林の現存量について,北海道林業試験場報告,第 12
号,29-37.
- (11) 澤田智志ほか(2005) 高齢級スギ人工林の地上部及び地下部のバイオマス量の測定,第 116
回日本森林学会大会講演要旨集
- (12) 木村充(1976) 陸上植物群落の生産量測定法,112,共立出版.
- (13) 丹下健(1999) バイオマスの測定,森林立地調査法,博有社,63-64.
- (14) 佐藤大七郎(1973) 陸上植物群落の物質生産 Ia,95,共立出版.
- (15) Takahashi k., *et al* (1999) Stand Biomass, Net Production and Canopy Structure in Secondary
Deciduous Broad-leaved Forest, Northern Japan. Research Bulletin of the Hokkaido University
Forests, Vol.56 No.1, 70-85.
- (16) 四大学合同調査班(1960) 森林の生産力に関する研究,第一報,99,国策パルプ.