

## 富山県におけるブナ林の分布と動態

石田 仁<sup>†</sup>

(受付 2002 年 7 月 31 日 ; 改訂 2003 年 3 月 20 日)

### 要 旨

ブナ林の分布と動態の特性を明らかにする目的で、富山県内の標高 1400 m 以下に分布する天然林で 295 プロットの毎木調査資料を収集し、ブナを混交する 13 プロットで 10 年間の追跡調査を実施した。CCA (Canonical Correspondence Analysis) を用い、ブナ林の分布と 7 環境因子 (標高, 温量指数, 年降水量, 年最大積雪深, 集落からの距離, 斜面位置, 斜面方向) との関係について検討した。ブナ林の分布は標高と関連の深い温量指数, 年最大積雪深によってよく説明されていた。また, 垂直分布帯の下限付近では北斜面で, 上限付近で南斜面での優占度 (胸高断面積割合) が高くなる傾向があった。こうした特性は, ブナと同様に垂直分布帯を形成していたコナラ, ミズナラ, アカマツと共通していた。ブナは, 人里からの距離が遠いほど, 優占度が高くなる傾向も認められた。固定調査地の追跡調査では, 時間の経過とともに立木本数密度が減少, 林分材積は増加する傾向があった。プロット内で大きな胸高直径を持つ木ほど成長量が大きく生存率も高かった。10 年間でブナの優占度は, すべてのプロットで増加した。

キーワード: ブナ林, CCA, 垂直分布, 森林動態。

### 1. はじめに

ブナ属の樹木は北半球の冷温帯に広く分布し, 成熟した森林で優占種となる (Peters (1997))。わが国では日本海側を中心とした冷温帯で, ブナ林 (*Fagus crenata*) が広く分布しており, その総蓄積は日本の森林蓄積の 1 割近くにおよぶ (Ishida (1964), 山中 (1979))。

ブナは耐陰性の高い落葉性高木で, 台風などによって林冠層が破壊され林冠ギャップが形成されると, 林床に生育する稚樹が成長を開始し次の世代の林冠木へと育っていく (浅野 (1983), Nakashizuka (1983, 1984), Yamamoto (1989))。ブナ林は, 自然状態の攪乱体制下で生じる林冠ギャップ下で天然更新する極相林である。

ブナ林は, 今日, 人の活動によって本来の分布域をせばめられていると考えられるが (村井他 (1991)), なおも冷温帯落葉広葉樹林の中核をなし自然度の高い環境に依存する野生生物の生息場所となっている (由井 他 (1991))。

ブナ林が今日, どのような環境に分布しており, また, どのような規則性をもって変化しているのか? このことは, 森林バイオマスの正確な現況把握と同時に, 今後われわれが如何にブナ林を保護し, また管理していくかという問題上重要と思われる。

ブナ林の分布環境に関し, 温量指数, 積雪深, 降水量, 地形等との関連が報告されている (吉良 (1949), 松本 (1988), 小島 (1975), Kure and Yoda (1984), 杉田 (1988), 西本 (1991), 丸山 (1991))。ブナ林の更新に関しては, これまでに非常に多くの研究が行われてきているが (浅野

<sup>†</sup> 富山県林業技術センター 林業試験場: 〒930-1362 富山県中新川郡立山町吉峰; ishida@fes.pref.toyama.jp

(1983), Nakashizuka(1983, 1984), Yamamoto(1989)など, 固定調査地の追跡調査にもとづいてブナを混交する天然林の動態を調査した報告例は意外にも少ない(角張(1980, 1991)).

富山県では, 海岸線から水平距離 20~30 km で標高 2000 m 以上の北アルプス山岳地帯に至る. 典型的な日本海側気候下において常緑広葉樹林の発達には顕著ではないが, 暖温帯から高山帯に至る明瞭な森林帯が発達している(宮脇(1977)). こうした富山県の地理条件は, 標高因子が森林の垂直分布に及ぼす影響を調査する上で理想的と言える.

本研究では, 富山県の天然林を対象として収集された 295 プロットの毎木調査資料を用い, ブナ以外の樹種が優占種となっている林分も含めブナがどのような環境に分布しているかについて検討する. また, ブナを混交する 13 プロットの約 10 年間の追跡調査の結果をもとに, ブナ混交林における立木密度や材積, ブナの優占度の時系列変化の特性を明らかにする.

## 2. 富山県の森林の分布概要

富山県は本州中部の日本海側に位置し, 北アルプスに連なる急峻な山地地形を擁している. 標高帯別の土地面積は低標高帯ほど大きく, 土地分類図によると都市, 集落, 水田等の人の活動地域の 78% が標高 200 m 以下の沖積平野に集中している(石田(1990)). 富山県の森林面積は 2662 km<sup>2</sup> (62.6%) で, その内, 原生状態に近い自然林が 1155 km<sup>2</sup> (27.1%), 二次林が 990 km<sup>2</sup> (23.3%), 人工林が 517 km<sup>2</sup> (12.2%) である. また, ブナの優占する森林植生(マルバマンサク-ブナ群集, ヒメアオキ-ブナ群集, ブナ-ミズナラ群落, スギ-ブナ群落)は, 県全体の天然林面積(2145 km<sup>2</sup>)の 45% を占めている(石田(1991b)). ブナは, 二次林を対象とした森林資源調査でも, コナラ, ミズナラについて蓄積が大きく, 立木材積の合計値は 221 万 m<sup>3</sup> と推定されている(石田(1994)).

## 3. 方法

### 3.1 毎木調査資料

県下の標高 1400 m 以下の地域で 295 地点の毎木調査資料を収集した(図 1). 現地調査は富山県林政課計画係(54 プロット), 長谷川幹夫氏ら(81 プロット), 筆者ら(160 プロット)が実施した. 現地で調査枠(200~1000 m<sup>2</sup>, 平均 403 m<sup>2</sup>)を設置し, その中に出現した胸高直径 4 cm 以上の全ての樹木の樹種と胸高直径の計測を行った. また, この調査地の中でブナと他の樹種が混交する 13 プロットについて, 約 5 年間隔で 10 年間の追跡調査を実施した(表 1).

今回の調査では樹高の計測を行っていない林分資料が含まれていたため, 立木材積  $v$  を, 胸高直径  $d$  一変数から求める推定式(中島(1948))を用いた.

$$v = .00010164d^{2.641796}0.99161^d$$

現地調査では, 調査枠の設定に際し, 方形区の一辺の長さを最低限, 林分の最大樹高よりも大きくするという基準で決めた.

### 3.2 立地環境

ブナ林の分布環境を明らかにするため, 各調査プロットの標高, 斜面方向, 斜面位置, 最寄りの集落からの距離を 1/25000 地形図から読みとり, 温量指数(吉良(1949)), 年降水量, 年最大積雪深を気候値メッシュ・ファイル(気象庁(1985, 1989a, 1989b))によって推定した(表 2). ここで, 温量指数, 斜面位置, 斜面方向は以下の式による指数である.

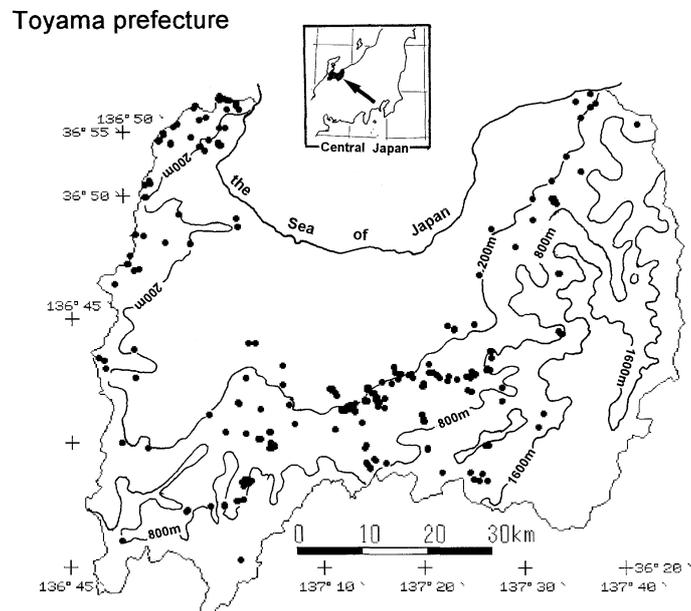


図 1. 調査位置図.

表 1. ブナ林固定調査地.

NO.	計測年*	標高			調査地	調査面積 (m <sup>2</sup> )	
		(m)	北緯	東経			
1	28	88-93-98	630	36. 26. 45	137. 01. 37	利賀村上百瀬石仏	328
2	221	89-94-00	730	36. 37. 15	137. 26. 32	上市町千石	210
3	65	89-94-99	750	36. 49. 19	137. 32. 58	黒部市嘉例沢	505
4	70	89-94-99	780	36. 49. 14	137. 33. 05	黒部市嘉例沢	534
5	298	90-95-01	820	36. 26. 59	137. 02. 12	利賀村上百瀬石仏	423
6	49	88-93-00	990	36. 22. 03	136. 49. 52	上平村ブナオ峠	612
7	240	89-94-99	1070	36. 29. 23	137. 20. 09	大山町長棟清水平	504
8	238	89-94-01	1110	36. 27. 31	137. 21. 23	大山町長棟大又谷	830
9	241	89-94-99	1120	36. 29. 28	137. 20. 10	大山町長棟清水平	521
10	239	89-94-01	1140	36. 27. 32	137. 21. 37	大山町長棟大又谷	437
11	233	89-94-99	1310	36. 29. 42	137. 26. 20	大山町有峰西坂森谷	329
12	232	89-94-99	1320	36. 29. 43	137. 26. 19	大山町有峰西坂森谷	473
13	234	89-94-99	1390	36. 29. 42	137. 25. 56	大山町有峰西坂森谷	788

\*)西暦の下二桁で示す。

表2. 調査プロットの立地環境.

環境因子	略号	単位	平均	最小	最大
標高	ALT	m	445	50	1400
温量指数	WI	月・°C	82	49	101
年降水量	PRC	mm	2572	2264	3729
年最大積雪深	SNW	cm	157	44	397
集落からの距離	DST	m	1200	100	9300
斜面位置	SLP		55	3	100
斜面方向	DRC		49	0	100

表3. 各環境因子の相関行列.

	標高	温量指数	年降水量	年最大積雪深	集落からの距離	斜面位置	斜面方向
標高	1.00						
温量指数	-0.95	1.00					
年降水量	0.37	-0.40	1.00				
年最大積雪深	0.91	-0.83	0.37	1.00			
集落からの距離	0.59	-0.56	0.49	0.56	1.00		
斜面位置	-0.06	0.04	-0.10	-0.17	-0.11	1.00	
斜面方向	0.00	-0.06	-0.06	-0.06	0.00	0.03	1.00

$$\text{温量指数} = \sum_{i=1}^{12} \Delta T_i, (\Delta T_i = T_i - 5, \text{ただし } \Delta T_i < 0 \text{ の時 } \Delta T_i = 0, T_i; i \text{ 月の平均気温})$$

$$\text{斜面位置} = 100 \frac{\text{プロットから谷までの距離}}{\text{プロットを含む谷から尾根までの直線距離}}$$

$$\text{斜面方向} = 100 \frac{|\text{プロット設置斜面の真北からの差分方位角}|}{180^\circ}$$

気候値メッシュ・ファイルにより,三次メッシュ(1キロメッシュ)単位で任意地点の気候値を比較的高い精度で推定することができる。しかし,1キロメッシュ内の微地形の影響は無視されるため,気温についてはメッシュ内の平均標高と調査地との標高差から気温遞減率(-0.6/100m)を用いて補正した。富山県での実測値に対する気候値メッシュ・ファイルの推定偏差は,温量指数,年降水量,年最大積雪深で,それぞれ $\pm 2.0$ ・月, $\pm 151$ mm, $\pm 22$ cmである(石田1991a))。

なお,富山県の地形的特性から,温量指数,年最大積雪深は標高と高い相関がある(表3)。

#### 4. ブナ林の分布環境

##### 4.1 出現種

全調査を通じて 40 科 63 属 103 種の樹種を記録した。調査プロットで最優占樹種(最も胸高断面積割合が高かった樹種)となった樹種は 25 種であった。特に上位 4 種のコナラ, ミズナラ, ブナ, アカマツは最優占樹種となる頻度が高く, これらの樹種の何れかが最優占種となっていたプロット数は全プロット数の 81.4% に達した。なお, 以下ではプロットの林分名を, そのプロットの最優占樹種名を冠して呼ぶ。

##### 4.2 環境傾度分析

Canonical Correspondence Analysis( CCA, ter Braak( 1985, 1986 ))を用い, 出現頻度が 5% 以上であった 44 種について林分の樹種構成( 胸高断面積割合 )と環境因子との関係を調べた( 表 2, 図 2 )。

CCA の第 1 軸, 2 軸, 3 軸の固有値は, それぞれ, 0.51, 0.08, 0.05 であり, 解析対象となった林分全体の主たる分布傾向は第 1 軸によって説明された。第 1 軸上には, スコアが小さい順にコナラ林, アカマツ林, ミズナラ林, ブナ林が配置し, この配列は標高, 温量指数, 年最大積雪深と関連が深いことが示された( 図 2, 3 )。ブナ林は主に, 標高で 600 m 以上, 温量指数で 75 ・月以下, 年最大積雪深で 2 m 以上の範囲に分布していた。第 1 軸の分布傾向は良く知られる森林帯の垂直分布( 吉良( 1949 ), 山中( 1979 ))に対応するものであろう。この傾向は頻度分布によって表すとさらに明瞭に示された( 図 4 )。

ブナの胸高断面積割合は年最大積雪深 2 m 以上で高い値を示し, ブナの分布の中心が年最大積雪深 1 m 以上の地域にあるとした丸山( 1991 )の指摘と矛盾しなかった。ブナは, 多雪環境

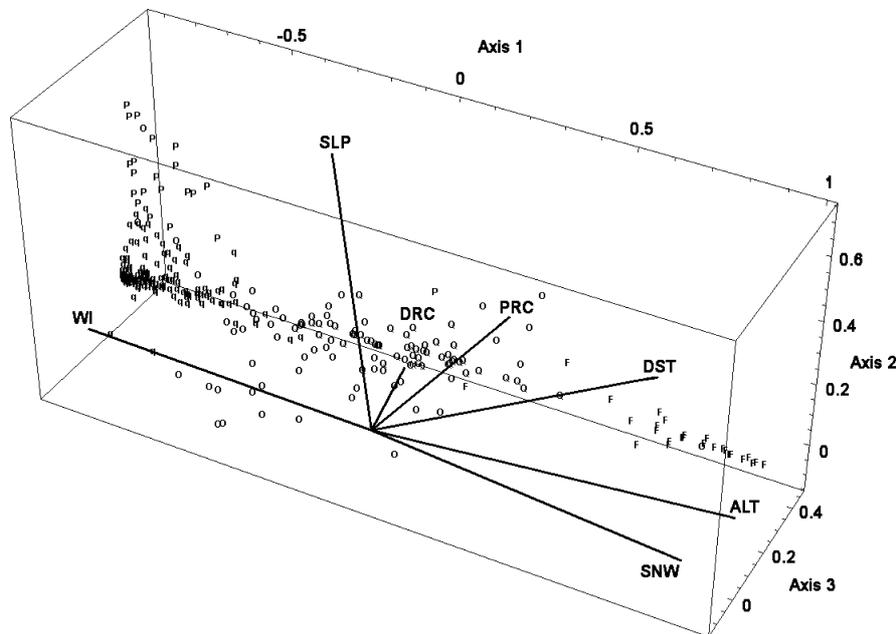


図 2. Canonical Correspondence Analysis によるプロットの散布図. 環境因子の略号は表 2 を参照. p: アカマツ林, q: コナラ林, Q: ミズナラ林, F: ブナ林, o: その他.

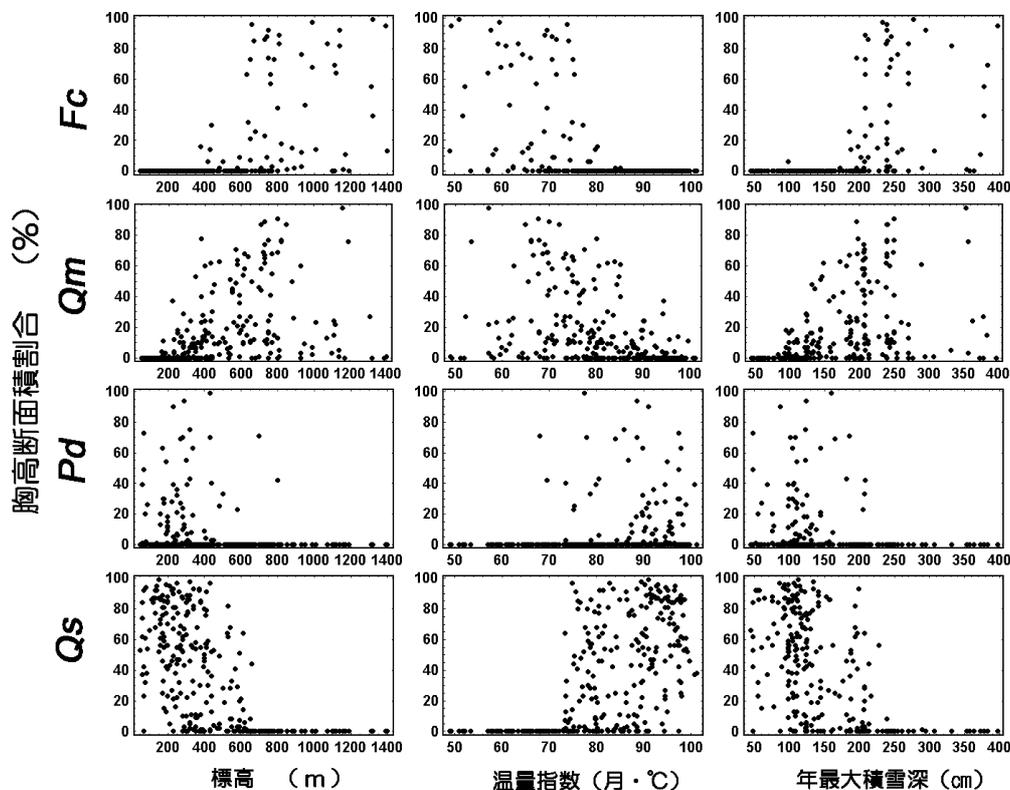


図3. 主要樹種の胸高断面積割合と標高, 温量指数, 年最大積雪深の関係. *Fc*: ブナ, *Qm*: ミズナラ, *Pd*: アカマツ, *Qs*: コナラ.

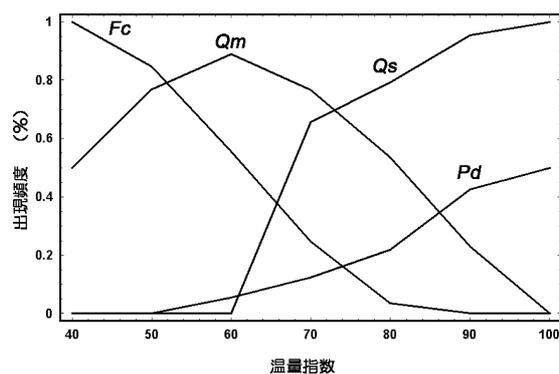


図4. 温量指数と出現頻度. *Fc*: ブナ, *Qm*: ミズナラ, *Pd*: アカマツ, *Qs*: コナラ.

下で幹が直立する性質があること(紙谷(1984)), 積雪下で実生が発根し定着できること(橋詰(1991)), 開葉時期がはやく春先の林内入射光を有効に利用できること(丸山(1991))など, 他の樹種と比較して多雪環境下で有利な特性を多く持っているとされる.

ブナの分布域の温量指数の最大値は 85 ・月で、吉良(1949)の指摘と一致した。Kure and Yoda(1984)は、日本海側では太平洋側と比較してブナの垂直分布の下限が低く、温量指数 100 ・月を上回る地域でもブナが分布すると指摘している。確かに彼らが指摘するように、富山県内でも低地ブナ林が点在する。しかし、当地域で普通にブナ林が出現するのは、吉良(1949)が指摘したように温量指数 85 ・月以下の地域であった。

また、ブナは、「集落からの距離」が大きくなるに従い優占度が高くなる傾向も示した。

コナラ林とアカマツ林は、第 1 軸上でほぼ重なり合った分布を持っていたが、斜面位置と関連の深い第 2 軸によって分離した(図 2)。コナラ林とアカマツ林はほぼ等しい標高帯に出現するものの、稜線に近づくほどアカマツ林の出現頻度が高くなることを示すものと考えられる。

第 3 軸は、林分の分布に斜面方向が関与していることを示唆した(図 2)。標高帯ごとにプロットを抽出し、コナラ、アカマツ、ミズナラ、ブナの主要 4 樹種について、南斜面と北斜面における平均胸高断面積割合の比  $NS$  を以下の式から算出した。

$$NS_i = \left( \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n BA_{ij} \right) / \left( \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m BA_{ik} \right)$$

ここで南向き斜面(南東, 南, 南西斜面)に位置していたプロット  $j$  の総数を  $n$ , 北向斜面(北東, 北, 北西斜面)に位置していたプロット  $k$  の総数を  $m$ , 各プロットにおける樹種  $i$  の胸高断面積割合を  $BA_i$  とする。

コナラ以外の樹種では分布帯の下部で北斜面における平均胸高断面積割合が高く、標高帯の上部でその関係が逆転していた(図 5)。標高帯と南北斜面の平均胸高断面積割合の比の関係で

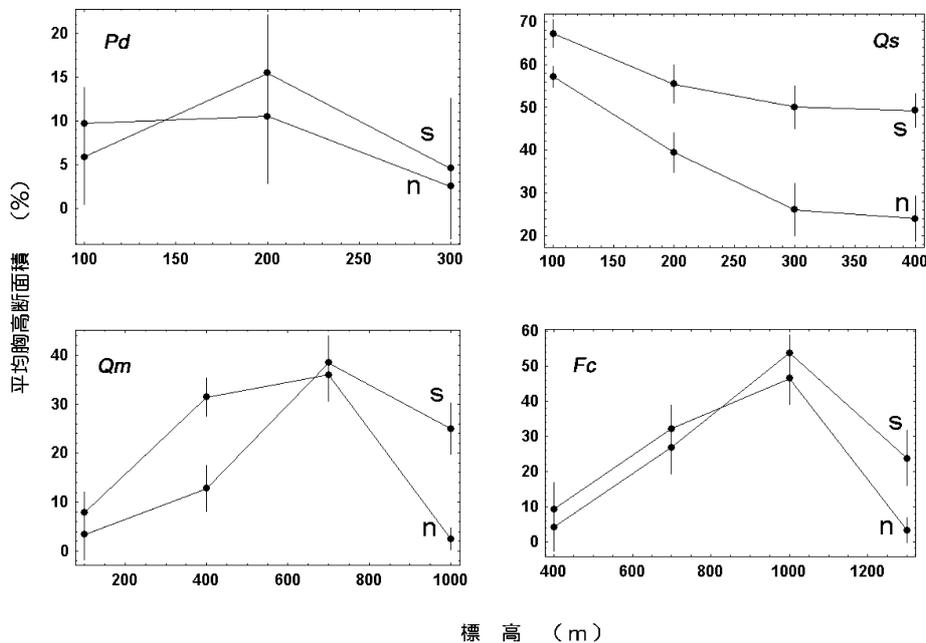


図 5. 標高帯別の平均胸高断面積割合。s: 南西, 南, 南東斜面の平均, n: 北西, 北, 北東斜面の平均値。垂直線は標準誤差を示す。Fc: ブナ, Qm: ミズナラ, Pd: アカマツ, Qs: コナラ。

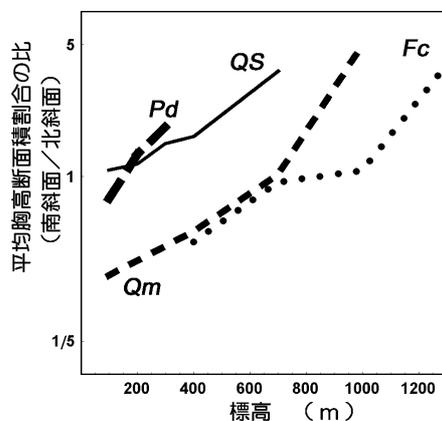


図 6. 標高帯と南北斜面での平均胸高断面積割合の比. *Fc*: ブナ, *Qm*: ミズナラ, *Pd*: アカマツ, *QS*: コナラ.

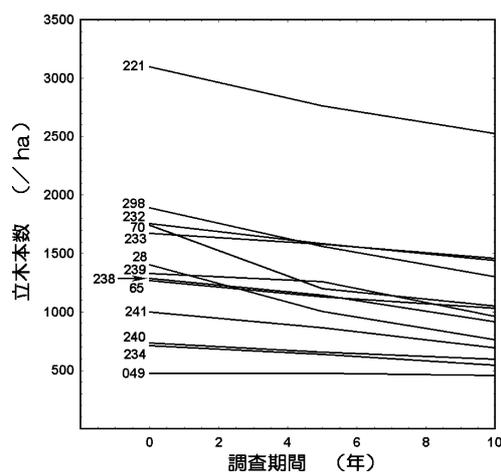


図 7. 立木密度の経年変化.

は、いずれの樹種も右上がりの傾向を示し、標高が高くなるに従い南斜面での優占度が高くなる傾向が認められた(図 6)。なお、森林帯の下限が北斜面で下降、上限が南斜面で上昇する現象が北米サンタ・カタリーナ山地の森林分布の概念図に示されている(Whittaker(1965))。

## 5. ブナ林の動態

### 5.1 本数密度

調査対象とした 13 プロットすべてで、本数密度の減少が認められた(図 7)。小さいサイズの木が成長し計測対象木となる場合もあるが、新加入の個体よりも枯死していく個体の割合が高かった。林木の枯死は、樹木間の競争による自然間引きによるものがほとんどであり、生存率はサイズが大きいものほど高かった(図 8, 表 4)。

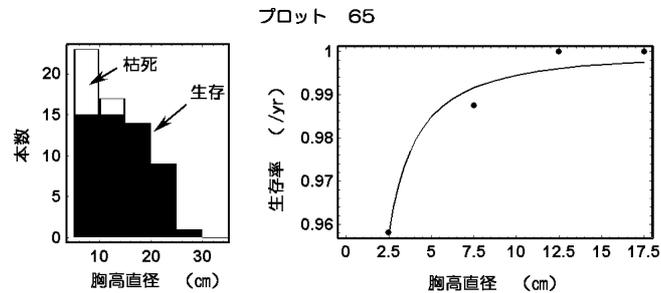


図 8. 立木の頻度分布および胸高直径と生存率の関係 .

表 4. 期首胸高直径 (DBH) と胸高直径成長量 ( $\Delta$ DBH) および生存率の回帰曲線の各係数 .

Plot	$\Delta$ DBH (mm/yr) = a DBH <sup>b</sup>			生存率 (n/yr) = 1 - a DBH <sup>b</sup>		
	a	b	r	a	b	r
28	0.0452	1.1	0.82	-0.49	-0.87	0.82
49	0.0384	1.0	0.45	計算不可		
65	0.0062	2.1	0.76	-0.16	-1.46	0.98
70	0.0010	2.7	0.82	-0.49	-1.47	0.99
221	0.0004	3.0	0.81	-0.61	-1.63	1.00
232	0.2094	0.5	0.46	-0.04	-0.22	0.45
233	0.0746	0.9	0.60	-0.04	-0.36	0.34
234	0.2199	0.7	0.78	-0.19	-0.89	0.80
238	0.0208	1.4	0.68	-0.28	-0.93	0.92
239	0.0036	2.0	0.75	-0.13	-0.60	0.87
240	0.0003	2.6	0.77	-0.75	-1.22	0.98
241	0.1097	0.9	0.50	-1.02	-1.35	0.99
298	0.1497	0.9	0.56	-0.11	-0.46	0.53

ブナと、より成長の速いミズナラ(プロット 298)やウダイカンバ(プロット 232)等の樹種が混交する林分では、成長速度の差によって階層化が生じ林分の上層に成長の速い樹種、中・下層にブナが分布していた(図 9)。成長の速い樹種はブナと比較して大きなサイズ・クラスでの枯死率が高かった。

## 5.2 林分成長

胸高直径の成長量は、大きな胸高直径を持つ個体ほど大きい傾向があった(図 10, 表 4)。成長量が小さいか、もしくはマイナス成長を示した個体の多くは、次回の計測時に枯死している場合が多かった。マイナス成長は樹勢衰退にともなう幹含水率の低下による材の収縮に起因するものと思われる。

林分材積は、全体として時間の経過とともに増加する傾向を示していた(図 11)。プロット 232 では、林冠層を構成していたウダイカンバが枯死したため林分材積が減少した(図 9)。林分材積の成長量と林分材積の間に相関はなく、平均  $3.3 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{年}$  であった。角張(1980)は、新潟県苗場山のブナ林 8 プロットで 10 年間に  $16 \sim 38 \text{ m}^3$  の材積成長が認められ、期首材積を 100

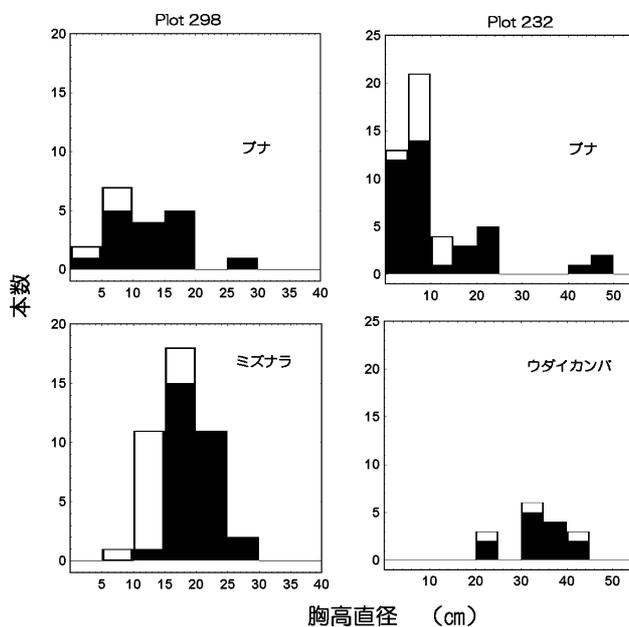


図 9. プナと陽樹が混交するプロットでの胸高直径の頻度分布。白抜きは 10 年間の観察期間で枯死したもの。

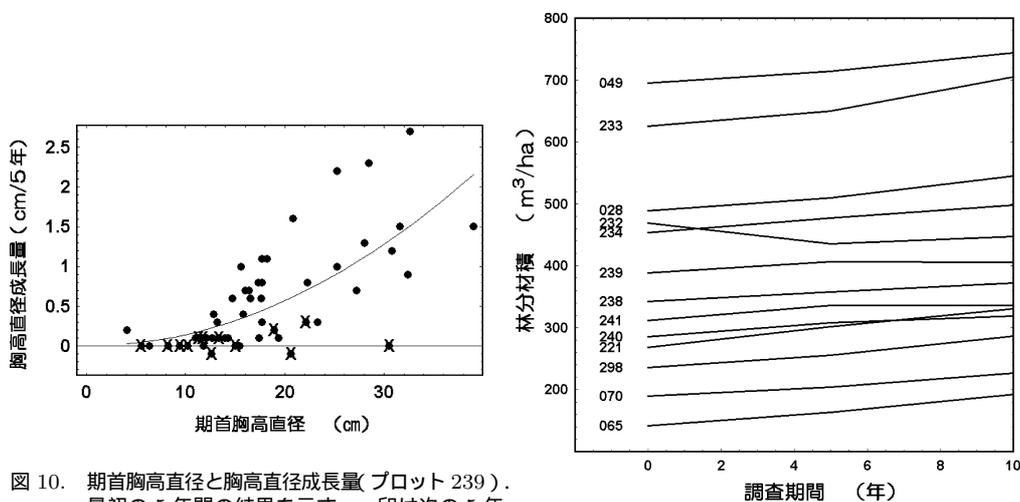


図 10. 期首胸高直径と胸高直径成長量(プロット 239). 最初の 5 年間の結果を示す。x印は次の 5 年間で枯死した林木を示す。

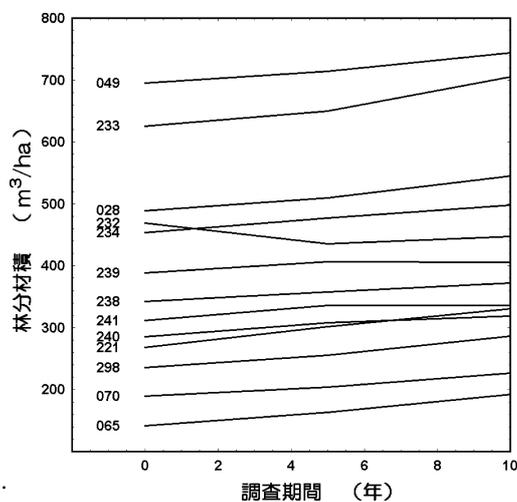


図 11. 林分材積の経年変化。

とした場合の期末材積が 97~107 であったことを報告している。今回の調査結果と角張の結果を比較すると、年材積成長量は近い値を示した。しかし、期首と期末の林分材積比は、今回の調査の方が 95~137(10年換算)と大きく、材積の小さい林分ほど高い値をとった(図 12)。

5.3 ブナの優占度

ブナの優占度は、13プロットで各2回、合計26回の再測のうち23例で前回の計測結果を上回った(図13)。プロット28と234では、わずかな優占度の減少が認められたが、いずれもブナの倒木が原因となっていた。10年間では、すべてのプロットでブナの優占度が増加した。林分が強度の攪乱を受けなかった場合、ブナの優占度は林分の蓄積やブナの混交割合にかかわらず時間経過とともに増加する傾向があった。Yoshida and Kamitani(1997)は、年輪解析から、ブナ混交林では林分の発達に伴いブナの優占度が増加すると推測した。本研究の固定調査地における追跡調査の結果は、彼らの見解を支持した。

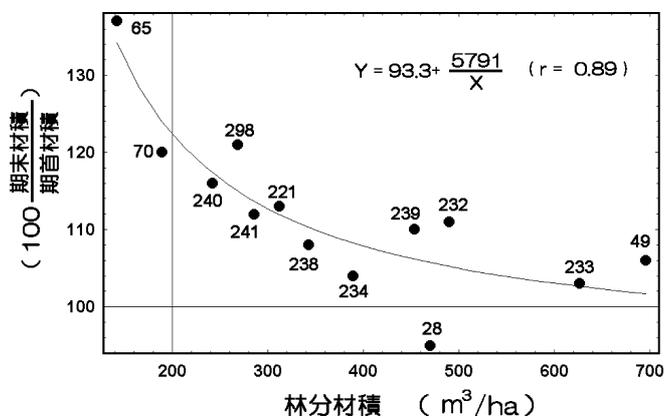


図 12. 10 年間の林分材積成長.

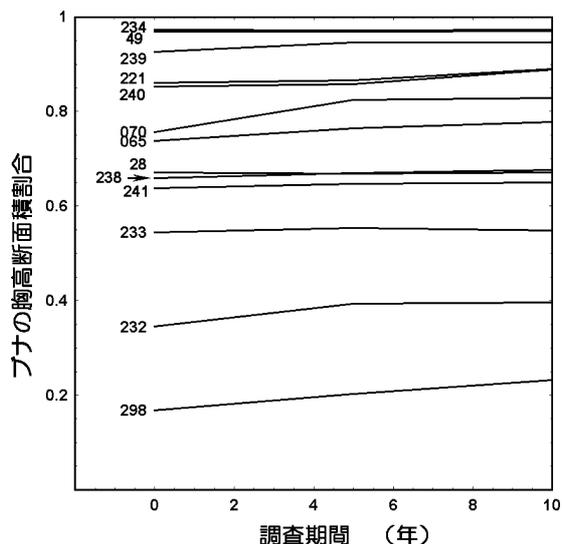


図 13. ブナ林の胸高断面積割合の経年変化.

## 6. まとめ

ブナが混交する森林では、ブナの優占度は時間の経過とともに増加する傾向が認められた。このことは、ブナはミズナラやウダイカンパ等の樹種と比較して初期成長が遅いものの、枯死率が低く、持続的に成長する性質に起因していた。今日、富山県の冷温帯域には、ブナとミズナラ等、より先駆種の性質を持つ樹種が混交する旧薪炭林が広く分布しており、その伐採頻度は低下する傾向にある。これらの森林が放置状態におかれた場合、ブナの優占度は、今後、時間の経過とともに増加して行くものと推測される。また、晩熟性のブナの本格的な種子生産の再開とともに、自然攪乱体制下で更新する森林へと回帰して行くものと考えられる。

## 謝 辞

この報告をまとめるにあたり毎木調査資料の一部を提供いただいた富山県林業技術センターの長谷川幹夫に、また同氏とともに貴重な助言を得た二ノ宮史絵に感謝する。

## 参 考 文 献

- 浅野 透(1983) ブナ林の再生過程, 大阪市立大学大学院理学研究科博士論文.
- 橋詰隼人(1991) ブナの種生態, 『ブナ林の自然環境と保全』(村井 宏, 山谷孝一, 片岡寛純, 由井正敏 編), 53-64, ソフトサイエンス社, 東京.
- Ishida, M. (1964). 10,000 spots forest survey, *Ann. Inst. Statist. Math.*, **16**, 255-276.
- 石田 仁(1990) 富山県の土地利用と森林の分布, 富山林技セ研報, **3**, 1-9.
- 石田 仁(1991a) 富山県における気候値メッシュファイル(気温・降水・積雪深)の特性, 日雪氷誌, **53**, 45-51.
- 石田 仁(1991b) 富山県における温量指数と森林の分布, 富山林技セ研報, **5**, 1-8.
- 石田 仁(1994) 富山県二次林の主要樹種の資源量 I. 推定結果, 富山林技セ研報, **8**, 6-13.
- 角張嘉孝(1980) ブナ天然林標高別成長量固定試験地について——個体の枯死と生長量の動態——, 日林論, **91**, 319-322.
- 角張嘉孝(1991) ブナ林の現存量・生産量・総生産量, 『ブナ林の自然環境と保全』(村井 宏, 山谷孝一, 片岡寛純, 由井正敏 編), 96-100, ソフトサイエンス社, 東京.
- 紙谷智彦(1987) 薪炭林としての伐採周期の違いがブナ-ミズナラ二次林の再生後の樹種構成におよぼす影響, 日林誌, **69**, 29-32.
- 吉良龍夫(1949) 『日本の森林帯』, 林業解説シリーズ, **17**, 日本林業技術協会, 札幌.
- 気象庁(1985) 気候値メッシュファイル(降水量)作成調査の報告, 測候時報, **52**, 357-378.
- 気象庁(1989a) 気候値メッシュファイル(気温)作成調査について, 測候時報, **56**, 1-16.
- 気象庁(1989b) 気候値メッシュファイル(積雪)作成調査について, 測候時報, **56**, 297-305.
- 小島忠三郎(1975) 主要樹種の天然分布と気候要因との関係についての数量化理論による解析——東北地方における数樹種について——, 林試研報, **271**, 1-26.
- Kure, H. and Yoda, K. (1984) The effects of Japan Sea climate on the abnormal distribution of Japanese beech forests, *Jpn. J. Ecol.*, **34**, 63-73.
- 丸山幸平(1991) ブナの生理・生態的特性, 『ブナ林の自然環境と保全』(村井 宏, 山谷孝一, 片岡寛純, 由井正敏 編), 70-83, ソフトサイエンス社, 東京.
- 松本光朗(1988) コナラ・ミズナラ・ブナ林の垂直分布および林分構造に関する地域間の比較, 日林論, **99**, 781-784.
- 宮脇 昭 編著(1977) 『富山県の植生』, 富山県.
- 村井 宏, 山谷孝一, 片岡寛純, 由井正敏 編(1991) 『ブナ林の自然環境と保全』, ソフトサイエンス

- 社，東京．
- 中島広吉(1948) 『北海道立木材積表』，林友会北海道支部，札幌．
- Nakashizuka, T. (1983). Regeneration process of climax beech (*Fagus crenata* Blume) forests III. Structure and development processes of sapling population in different aged gaps, *Jpn. J. Ecol.*, **33**, 409–418.
- Nakashizuka, T. (1984). Regeneration process of climax beech (*Fagus crenata* Blume) forests IV. Gap formation, *Jpn. J. Ecol.*, **34**, 75–85.
- 西本 孝(1991) 中部地方日本海側のブナ林の分類と序列づけ，*日生態誌*，**41**，109–123.
- Peters, R. (1997). *Beech Forest*, Geobotany, Vol. 24, Kluwer, Dordrecht.
- 杉田久志(1988) 多雪山地浅草岳における群落分布に関わる環境要因とその作用機構——ブナの生育状態に着目して——I. 積雪深と群落分布の関係，*日生態誌*，**38**，217–227.
- ter Braak, C. J. F. (1985). Correspondence analysis of incidence and abundance data, properties in terms of a unimodal response model, *Biometrics*, **41**, 859–873.
- ter Braak, C. J. F. (1986). Canonical correspondence analysis, a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis, *Ecology*, **67**, 1167–1179.
- Whittaker, R. H. (1965). Vegetation of the Santa Catalina mountains, Arizona, A Gradient analysis of the south slope, *Ecology*, **46**, 429–452.
- Yamamoto, S. (1989). Gap dynamics in climax *Fagus crenata* forests, *Bot. Mag. Tokyo*, **102**, 93–114.
- 山中二男(1979) 『日本の森林植生』，築地書館，東京．
- Yoshida, T. and Kamitani, T. (1997). The stand dynamics of a mixed coppice forest of shade-tolerant and intermediate species, *For. Ecol. Manag.*, **95**, 35–44.
- 由井正敏，楨原 寛，鎌田直人，五十嵐豊(1991) ブナ林の動物，『ブナ林の自然環境と保全』(村井宏，山谷孝一，片岡寛純，由井正敏 編)，93–234，ソフトサイエンス社，東京．

## Distribution and Dynamics of Beech (*Fagus crenata*) Forests in Toyama Prefecture

Megumi Ishida

(Toyama Forestry and Forest Products Research Center)

The distribution and dynamics of beech (*Fagus crenata*) forests have been surveyed in Toyama Prefecture located on the Japan Sea side of central Japan. The relationships among the distribution of beech forests and 7 environmental factors (altitude, warmth index, annual precipitation, annual maximum snow depth, distance from village, slope position, slope direction) were examined on the basis of stand data of 295 plots by canonical correspondence analysis. The distribution of beech forests was principally determined by environmental factors that have high correlation with altitudes, such as warmth indices and maximum snow depths. The upper limit of the vertical forest zone was higher on the south face slope. The relative basal areas of beech were increasing with distance from the nearest villages. For about 10 years, the densities of trees decreased in all 13 plots observed. The DBH (diameter at breast height of tree) growths and survival ratios of the trees were larger and lower, respectively, in trees with larger DBH. The relative basal areas of beech increased with time.