

パーオキシダーゼ同位酵素による ブナ天然林の繁殖様式の研究

橋詰隼人[※]・杉本直[※]

A Study of the Breeding System in Natural Forests of Buna (*Fagus crenata* BLUME) Using the Peroxidase Isozyme Technique

Hayato HASHIZUME[※] and Sunao SUGIMOTO[※]

Summary

A study of the breeding system in a secondary forest of *Fagus crenata* was performed using the peroxidase isozyme technique. The results obtained are summarized as follows :

1. It was found in the comparison of isozyme bands between mother trees and open-pollinated progenies that the greater part of the progenies was within the limits from 0 to 1 in disagreement counts in the presence of bands.
2. It was found that trees with a similar isozyme pattern were growing within an area of 30 to 35m radius from the mother trees.
3. There was a considerable difference in fecundity among mother trees.

緒 言

近年拡大造林によって広葉樹資源が減少し、有用広葉樹の確保が重要な課題の一つになってきた。ブナは冷温帯の代表的樹種で、日本列島の南から北まで広く分布し、その蓄積はわが国広葉樹の中で最も多く、材は木工業の原料として良質で、林業上重要な樹種である。筆者らはブナ林造成の重要性を認識し、基礎研究として、種子の生産、採種林施業、天然更新、人工造林などの研究を行ってきたが¹⁻⁸⁾、最近森林遺伝学の立場からブナ林の研究に取り組み、本研究を行なった。

ブナは普通有性繁殖を行なうので、天然林は雑多な遺伝子型から構成されていると考えられる。筆者らはさきに⁹⁾、葉のパーオキシダーゼ同位酵素を分析して中国地方のブナ林の遺伝変異を調べ、産地によって遺伝子の構成状態が異なること、また産地によって林分内変異に大小があることを認めた。

※ 鳥取大学農学部造林学研究室 Laboratory of Silviculture, Faculty of Agriculture, Tottori University, Tottori 680

本研究は昭和 54, 55 年度文部省科学研究費による研究である。

ブナの天然更新や採種林を考える場合には、その林分の遺伝子の構成状態や繁殖様式などを知ることが重要である。すなわち、個々の樹木の親子兄弟関係、1本の母樹の繁殖区域、母樹の繁殖力などがわかれば、母樹の残し方に遺伝学的配慮を加えることができる。本研究は少数の母樹から成立したと思われる二次林で、このような問題について研究したものである。

本研究は昭和54, 55年度文部省科学研究費補助金によってなされた。付記して感謝の意を表する。

材 料 と 方 法

1. 調査林分

ブナ林の繁殖様式の研究は大山の文珠堂(大山国有林106林班)と鳥取大学蒜山演習林西の谷(23林班)の二つの林分で行なった。大山, 文珠堂の林分は標高970m, 南西斜面(S 20°W), 傾斜角6~8°, 安山岩の砂礫質土壌である。製炭によって成立したと思われる二次林で, 胸高直径70~100cmの母樹が20~50mおきに点在し, その間に直径40cm以下の幼壮齡木が密生している(写真1)。



写真1 調査林分, 母樹および二次林の成立状況

A~C: 大山, 文珠堂の林分, D~E: 蒜山, 西の谷の林分

ha当り立木本数は1,100本、ブナの本数混交率は約60%、平均林齢は60年である。蒜山、西の谷の林分は標高700m、北東斜面(N40°E)、傾斜角30~35°、褐色森林土である。胸高直径50cm以上の母樹が主として尾根筋に残存し、その間に直径30cm以下の幼壯齡木が散在している。ブナの本数混交率は約40%であったが、1974年にブナ以外の広葉樹を除伐し、現在採種林として利用している。平均林齢は55年である(写真1)。

2. 実験材料

実験の材料としてブナの葉を用いた。まず母樹とその子供群との間のパーオキシダーゼ同位酵素の関係をj知るために、5本の母樹および母樹別にタネをとって養成した3年生実生苗から試料を採取した。次に大山の文珠堂および蒜山の西の谷の林分から試料を採取した。文珠堂の林分においては、60×60mの区域内の85本(母樹4本、子供81本)から、西の谷の林分においては90×60mの区域内の101本(母樹9本、子供92本)から試料を採取した。試料採取木は、胸高直径を測定し、さらに測量して樹木位置図を作った。試料の採取は、同位酵素のパターンが安定した1979年9月下旬に行なった。採取した試料は電気泳動実験に用いるまで、-20℃のフリーザーに入れて、冷凍保存した。

3. 電気泳動実験

パーオキシダーゼ同位酵素の分析は、水平式デンブengel電気泳動法を応用して、実験方法書にそって行なった。¹¹⁾電気泳動は、不連続系の緩衝液系で行なった。¹²⁾緩衝液系は次の通りである。

ゲル用緩衝液：トリス5.58g、水酸化リチウム0.12g、クエン酸1.44g、ホウ酸1.18g、蒸留水1ℓ。

電極用緩衝液：ホウ酸11.8g、水酸化リチウム1.2g、蒸留水1ℓ。

ゲルは実験の前日に作った。電気泳動用水解デンブengel(和光純薬製)27.5gとゲル用緩衝液250mlをけん濁加熱して、6本の泳動容器に分注した。次に中肋を除いたブナの葉0.3gを乳鉢で磨碎し、蒸留水2mlを加えて粗抽出液を作り、東洋汙紙No.50に吸収させ、これをゲルの原点に挿入した。電気泳動は併泳動方式を採用し、1個の泳動容器内に検定試料と対照区(母樹1号)の二つの試料を挿入した。泳動には電極用緩衝液1,000mlを用い、B. P. B.によって泳動距離を容器ごとに補正した。電気泳動は7℃の恒温器の中で行ない、最初の10分間は100Vで、その後120分間は300Vの定電圧下で泳動させた。分離後ゲルを水平に切断し、下半分を染色に用いた。パーオキシダーゼの発色にはA. E. C.を用いた。染色用試薬は次の通りである。

3-アミノ-9-エチルカルバゾール63mg、β-ナフトール43.2mg、アセトン20ml、トリス酢酸緩衝液10ml、3%過酸化水素水1ml、蒸留水70ml。

バンドの位置および濃度の測定には、デンシトメーター(東洋科学製、DMU-2型)を使用した。デンシトメーターの測定値から、バンドの濃度を次の通り5段階に分けた。1:ピークの高さ0~20mm、2:21~40mm、3:41~60mm、4:61~80mm、5:81mm以上。

4. 計算・解析

計算・解析は電算機(M200, Mark II, ソード社, BASIC言語使用)によって行なった。同位酵素パターンの類似性の判定は不一致数によった。¹¹⁾ 不一致数はバンドの有無による不一致数と濃度を加味した不一致数の二つについて計算した。前者は, 2個の試料について対応するバンドが有るか無いかを調べ, 有れば不一致数0, 無ければ1とし, その合計値をバンドの有無の不一致数とした(表1)。後者は, 対応するバンドについて濃度の差を計算し, それらを合計して求めた(表1)。

表1 不一致数の計算例

Table 1 An example of calculation of disagreement counts

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	不一致数
試料 1	1	1	2	1	0	3	0	5	2	
試料 2	0	2	2	3	3	0	2	1	4	
有無の差(x)	1	0	0	0	1	1	1	0	0	$\sum_i x_i = 4$
濃度の差(y)	1	1	0	2	3	3	2	4	2	$\sum_i y_i = 18$

結果と考察

1. 母樹と自然交雑子供群との間の同位酵素パターンの関係

天然林における繁殖様式を研究するためには, まず1本の母樹とその子供群との間にパーオキシダーゼ同位酵素についてどのような関係があるかを知る必要がある。さいわい苗畑で母樹別にタネをとって育苗していたので, 5本の母樹とその子供群との間の同位酵素のパターンを比較した(表2)。

表2 母樹と自然交雑子供群との間の同位酵素パターンの変動

Table 2 Variation of isozyme pattern between mother tree and offsprings

母 樹 Mother tree	調査した 子供の数 No. of offsprings investi- gated	母樹と比較してバンド数に変化のあ った子供の数 ^{**} No. of offsprings which brought about changes in band number						バンドの有無の不一致数別子 供数 No. of offsprings in different disagreement counts					
		- 4	- 3	- 2	- 1	0	1	0	1	2	3	4	
蒜山, 西の谷	No. 3	10			6	2	5	2	5	3			
	No. 5	10			7	3		3	7				
	No. 8	10	1	2	1	4	2	2	4		3	1	
蒜山, 苗代谷	No. 3	10			1	1	7	2	7	2		1	
	No. 5	9				2	7		7	2			
合 計	49		1	2	2	20	21	7	21	20	3	4	1
			53(100)										
%	100		(1.9)	(3.8)	(3.8)	(37.7)	(39.6)	(13.2)	42.9	40.8	6.1	8.2	2.0
			90.5						83.7				

^{**}母樹と比較して, 1個体のなかであるバンドが増加し, 他のバンドが減少する場合があります, 各々を個体数に算入したので, 子供数の合計が調査した子供数と一致しない。

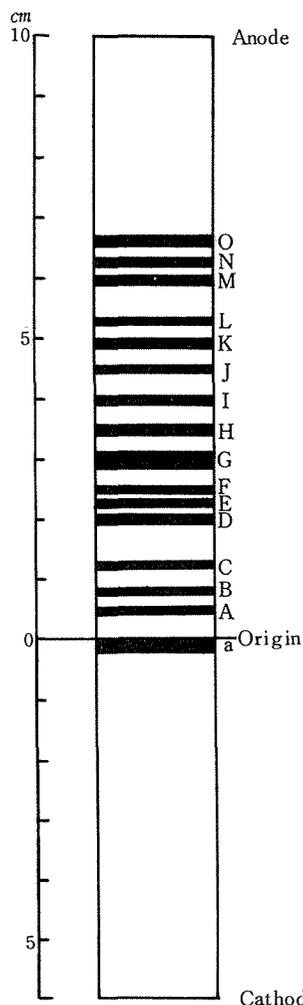


図1 ブナの葉のパーオキシダーゼ同位酵素の模式図
Fig.1 Diagram showing pattern of peroxidase isozymes in leaves of *Fagus crenata*.

親と子供群との間の同位酵素パターンとの関係については調査データが少ないが、川述ら¹⁰⁾がスギの自家受精子供群のパーオキシダーゼ同位酵素を調べたところによると、同位酵素のパターンは親子の間で必ずしも一致せず、親に比べて子供のバンド数が増加する場合や減少する場合などがみられた。またバンドの有無の不一致数は1~7の範囲にあり、かなり変動がいちじるしい。林木は雑種性が強いので、ブナの場合も前述のような変動が生じたものと思われる。

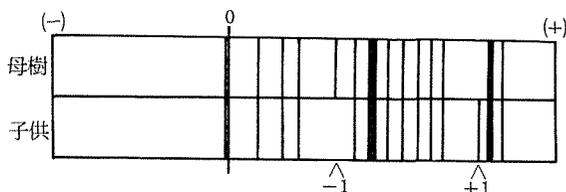


図2 母樹のバンドと子供のバンドの比較
Fig.2 Comparison of isozyme bands between mother tree and offspring.
子供のバンドが母樹に対して+1, -1の場合を示す。バンドの有無の不一致数は2である。

ブナの葉のパーオキシダーゼ同位酵素は一侧に1本、十側に15本認められる(図1)。母樹と子供群との間の比較は、バンド数の違いと(図2)、バンドの有無および濃度を加味した不一致数によって判定した。バンド数についてみると、-4~+1の違いがあり、母樹と同数のものが40%、1本少ないものが38%で、90%が±1の範囲内にあった。バンドの有無の不一致数では、0が43%、1が41%で、84%は不一致数0~1の範囲内にあった。また濃度を加味した不一致数でも88%の個体が不一致数0~5の範囲に含まれていた(図3)。

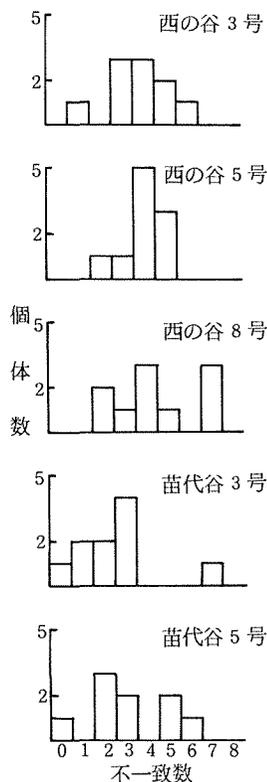


図3 母樹と子供群との間の同位酵素パターンの変動
—濃度を加味した不一致数の変化—
Fig.3 Variation of isozyme pattern between mother tree and offsprings. Changes in disagreement counts calculated by both presence and concentration of bands.

2. ブナ林の繁殖構造

(1) 繁殖の実態

大山, 蒜山のブナ林とも古い炭窯の跡があり, 伐採によって成立した二次林であると考えられる。胸高直径の分布についてみると(表3)両林分とも胸高直径40cm以下と50cm以上の二つのグループ

表3 調査林分における胸高直径階別本数分布
Table 3 Distribution of diameter breast height in two stands

林分 Stand	個体数 No. of trees	胸高直径 Diameter breast height (cm)										直径50cm以上			
		10	11	21	31	41	51	61	71	81	91	101	平均	個体数	%
大山, 文珠堂	85	21	41	12	7	0	1	0	1	1	0	1	19.3	4	4.7
蒜山, 西の谷	101	40	41	11	0	0	3	1	1	1	1	2	18.1	9	8.9

に分けられる。樹齢は胸高直径30cmのもので約80年, 50cmで130年, 1mで250年と推定された。ブナは普通胸高直径30cm以上, 樹齢70, 80年以上にならないと結実しない。また最近数年間の観察でも直径40cm以下のものはほとんど結実していないので, 直径50cm以上を母樹群, 40cm以下を子供群とした。大山, 文珠堂の林分では, 60×60mの区域に母樹が4本あり, 母樹間距離は23~49mで(表6), 母樹の周囲に直径40cm以下の幼壯齡木が成立していた(図5, 写真1, A~C)。蒜山, 西の谷の林分では, 60×90mの区域に母樹が9本あり, 母樹間距離は8~68mで(表7), 母樹と母樹との間に直径30cm以下の幼壯齡木が成立していた(図6, 写真1, D~E)。

(2) 調査林分および母樹の遺伝的構成状態

大山, 文珠堂および蒜山, 西の谷の林分における個体当たり同位酵素バンド数の変異を表4に示す。

表4 調査林分における個体当たり同位酵素バンド数の変異
Table 4 Variation in number of peroxidase isozyme bands per tree in two stands

林分 Stand	個体数 No. of trees	個体当たりバンド数 No. of isozyme bands per tree						平均値 Average (M±σ)	変異係数 Coefficient of variation (%)
		10	11	12	13	14	15		
大山, 文珠堂	85	1	9	17	28	26	4	12.95 ± 1.11	8.57
蒜山, 西の谷	101	0	0	3	13	48	37	14.18 ± 0.74	5.22

個体当たり平均バンド数は文珠堂が12.95本, 西の谷が14.18本で, 西の谷の方が多かった。しかし, 標準偏差および変異係数は文珠堂の方が値が大きく, 西の谷の林分は文珠堂の林分に比べて同位酵素の変異が小さいといえる。

天然林において家系分析を行なう場合には, 母樹間に遺伝的にどの程度の違いがあるか知る必要がある。隣接する母樹の間のパーオキシダーゼ同位酵素の変異がいちじるしくなれば, その林分の個々の樹木の親子関係を明らかにすることは困難である。各母樹のパーオキシダーゼ同位酵素のパター

表5 母樹の保有バンド一覧

Table 5 Pattern of peroxidase isozyme bands in mother trees

母樹 Mother tree	同位酵素のバンド Isozyme bands [※]															バンドの数 No. of bands		分画型 Type of isozyme bands		
	a	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	一側		+側	
大山, 文珠堂	No. 1	+	-	-	1	-	1	1	4	1	1	1	1	1	2	1	1	12	A(-)D(-)	
	No. 2	+	2	-	1	1	-	5	5	2	1	1	1	1	3	2	1	1	13	E(-)F(5)M(3)
	No. 3	+	1	-	1	-	1	-	4	1	1	1	1	1	1	2	1	1	12	D(-)F(-)
	No. 4	+	1	1	-	1	1	-	5	2	1	1	1	1	2	2	1	1	13	B(1)F(-)
	No. 5 ^{※※}	+	1	-	1	1	1	-	4	2	1	1	1	1	-	2	1	1	12	—
蒜山, 西の谷	No. 1	+	1	-	1	1	1	5	3	2	2	1	1	2	3	3	1	14	H(3)N(3)	
	No. 2	+	1	-	1	1	1	5	3	2	2	1	1	-	3	1	1	13	H(3)M(-)	
	No. 3	+	1	-	1	1	1	4	1	1	1	1	1	-	4	2	1	13	M(-)	
	No. 4	+	1	-	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	4	2	1	14	G(2)N(4)	
	No. 5	+	1	-	1	1	1	-	5	1	1	1	1	1	2	3	2	1	13	F(-)
	No. 7	+	1	-	1	1	1	4	3	3	3	2	1	1	3	1	1	14	H(3)I(3)J(3)	
	No. 8	+	1	-	1	1	-	1	4	2	1	1	1	1	1	2	1	1	13	E(-)
	No. 9	+	1	-	1	1	1	1	5	2	1	1	1	1	3	3	1	1	14	M(3)
	No. 10	+	1	-	1	-	1	1	2	3	1	1	1	1	1	3	1	1	13	D(-)G(2)H(3)

※ バンドの濃度をデンスitomーターで測定した。- : バンドなし, + : バンド不明瞭, 1 : ピークの高さ 0 ~ 20 mm, 2: 21 ~ 40 mm, 3: 41 ~ 60 mm, 4: 61 ~ 80 mm, 5: 81 mm 以上。

※※ 調査林分に隣接した母樹。

表6 大山, 文珠堂の林分における母樹間距離と母樹間における同位酵素バンドの不一致数

Table 6 Distance among mother trees and the disagreement counts of isozyme bands among mother trees in a stand of Daisen-Monjudo

母樹間距離 Distance among mother trees (m)	母樹No. 1	不一致数 Disagreement counts ¹⁾							
		母樹No. 1		母樹No. 2		母樹No. 3		母樹No. 4	
		a	b	a	b	a	b	a	b
	No. 1			3	12	※2	2	5	8
	No. 2	49.0				3	12	4	10
	No. 3	27.5	27.0					3	6
	No. 4	26.0	27.5	23.0					

1) a : バンドの有無の不一致数, b : 濃度を加味した不一致数。

※ : 類似度の高い組合わせを示す。

を 表 5 に, 母樹間の距離と母樹間における同位酵素バンドの不一致数を表 6 ~ 7 に示した。文珠堂の林分においては, 母樹 1 号と 3 号の間は不一致数が小さく, 直径もほぼ同程度で, 近親個体と考えられる。しかし, 他の母樹についてはバンドの有無の不一致数が 3 以上, 濃度を加味した不一致数が 6 以上で, かなりかけはなれており, 母樹の判別は 1 号と 3 号の間を除き, 比較的容易であった。西の谷の林分においては, 母樹間のバンド数の変異は小さく, バンドの有無の不一致数は 0 ~ 2 であった。しかし, 濃度を加味した不一致数は 4 ~ 12 で, 割合大きかった。不一致数からみると, 母樹 1 号と 2 号, 3 号と 4 号, 5 号と 9 号は近親個体と考えられ, 次の 4 号と 5 号, 2 号と 7 号, 8 号と 9 号が近縁度が高く, 母樹群は斜面上部の 1 号, 2 号, 7 号と斜面中, 下部の 3 号 ~ 9 号の 2 群に分けられそうである (図 4)。

を 表 5 に, 母樹間の距離と母樹間における同位酵素バンドの不一致数を表 6 ~ 7 に示した。文珠堂の林分においては, 母樹 1 号と 3 号の間は不一致数が小さく, 直径もほぼ同程度で, 近親個体と考えられる。しかし, 他の母樹についてはバンドの有無の不一致数が 3 以上, 濃度を加味した不一致数が 6 以上で, かなりかけはなれており, 母樹の判別は 1 号と 3 号の間を除き, 比較的容易であった。西の谷の林分においては, 母樹間のバンド数の変異は小さく, バンドの有無の不一致数は 0 ~ 2 であった。しかし, 濃度を加味した不一致数は 4 ~ 12 で, 割合大きかった。不一致数からみると, 母樹 1 号と 2 号, 3 号と 4 号, 5 号と 9 号は近親個体と考えられ, 次の 4 号と 5 号, 2 号と 7 号, 8 号と 9 号が近縁度が高く, 母樹群は斜面上部の 1 号, 2 号, 7 号と斜面中, 下部の 3 号 ~ 9 号の 2 群に分けられそうである (図 4)。

表7 蒜山, 西の谷の林分における母樹間の距離と母樹間における同位酵素バンドの不一致数

Table 7 Distance among mother trees and the disagreement counts of isozyme bands among mother trees in a stand of Hiruzen-Nishinotani

		不一致数 Disagreement counts ¹⁾																	
		母樹No.1		No.2		No.3		No.4		No.5		No.7		No.8		No.9		No.10	
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b		
母樹間距離 Distance among mother trees (m)	母樹No.1			**1	4	1	9	0	9	1	6	0	7	1	9	0	6	1	9
	No.2	7.5				0	7	1	11	2	8	**†	5	2	7	1	6	2	7
	No.3	13.0	9.5					**1	4	2	5	1	10	2	6	1	7	2	8
	No.4	24.0	19.0	11.0						**†	5	1	12	1	8	0	7	1	6
	No.5	35.5	31.5	22.5	12.0							1	11	2	7	**1	4	2	9
	No.7	54.5	48.0	52.5	53.0	58.0								1	8	0	9	1	8
	No.8	47.5	40.0	41.5	37.5	40.5	20.0									**†	5	2	6
	No.9	65.5	58.0	55.5	47.5	43.5	42.0	25.0										1	7
	No.10	67.5	61.0	55.0	45.0	36.0	59.5	40.0	20.5										

1) a : バンドの有無の不一致数, b : 濃度を加味した不一致数。

※, ※※ : 類似度の高い組合わせを示す。

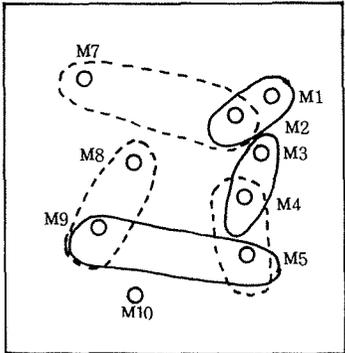


図4 蒜山, 西の谷の林分における母樹間の近縁関係

Fig.4 Degree of genetic relation among mother trees in a stand of Hiruzen-Nishinotani. 実線の部分: 近縁度が最も強い, 点線の部分: 近縁度がやや強い。

次に調査林分内の個体を母樹群と子供群とに分けて同位酵素のパターンを比較してみると(表8), 平均バンド数は両林分とも母樹群よりも子供群の方が少し少なかった。またA~F, K~MおよびOの10バンドで出現頻度に差がみられた。

(3) 繁殖構造

母樹と自然交雑子供群との間の同位酵素パターンの変動から, バンドの有無の不一致数が0~1のものおよび濃度を加味した不一致数が0~5のものを, ある1本の母樹の子供とみると, その家系の約85%の個体が判別できるはずである。しかし, 現実の林分にこの基準を適用して家系分析を行なうことは困難であった。大山, 文珠堂の林分では, 同位酵素パターンの変動が大きいため, この基準だけではごく一部の個体しか判別できなかった。蒜山, 西の谷の林分では, 逆に

表8 二つの林分における母樹群と子供群の同位酵素パターンの比較

Table 8 Comparison of isozyme pattern between mother trees and offsprings

林分 Stand	母樹子供別 Mother tree or off spring	個体数 No. of trees	平均胸高直 Average d. b. h. (cm)	平均バンド数 Average band number	各バンドの出現頻度 Frequency of each band (%)																
					a	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
大山, 文珠堂	母樹群	4	79.3	13.5 ± 0.50	100	75	25	75	50	75	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	子供群	81	16.3	12.93 ± 1.12	100	90	7	93	85	53	25	100	100	100	100	100	96	61	84	100	99
蒜山, 西の谷	母樹群	9	77.1	14.67 ± 0.47	100	100	0	100	89	89	89	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	子供群	92	12.3	14.13 ± 0.77	100	100	0	99	75	94	75	100	100	100	100	100	100	99	74	100	98

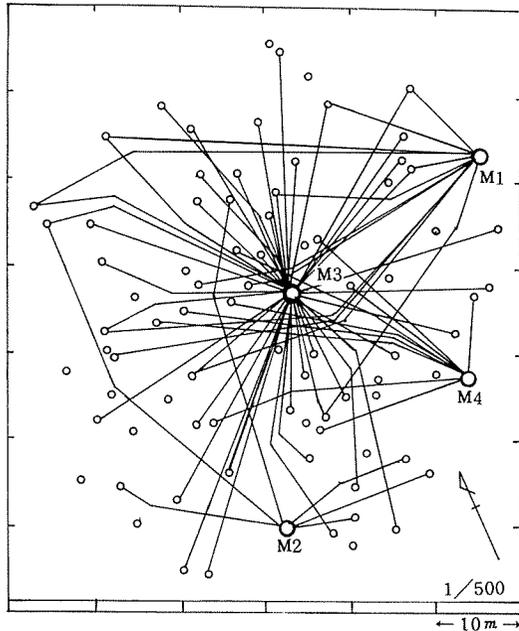


図5 大山, 文珠堂のブナ林における家系図
Fig.5 Family map of 85 trees in a secondary beech forest of Daisen-Monjudo.

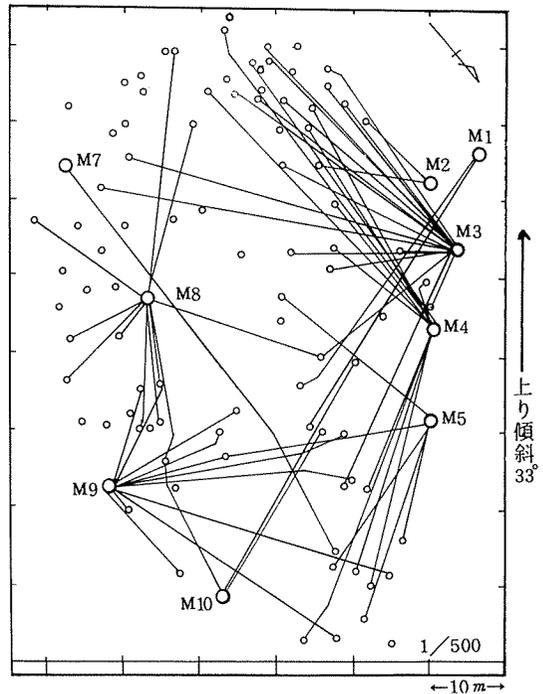


図6 蒜山, 西の谷のブナ林における家系図
Fig.6 Family map of 101 trees in a secondary beech forest of Hiruzen-Nishinotani.

同位酵素パターンの変動が少ないために、この基準では大部分の個体が同じ家系に属すること

になった。そこで、特定バンドの有無、バンド間の濃度の相対的關係などによって、母樹の同位酵素の分面型を決定し(表5)、不一致数と分面型の両方から親子関係を判定し、家系図を描いた(図5~6)。家系判定の基準は、バンドの有無の不一致数が0~1のものおよび濃度を加味した不一致数が0~5のものは無条件で子供とし、それ以外のは分面型によって判定した。ただし、バンドの有無の不一致数が3以上、濃度を加味した不一致数が8以上のものは子供としなかった。

家系図によると、各母樹の家系はかなり錯そうしている。家系の広がり、すなわち繁殖距離は文珠堂の林分では母樹から平均24m、最大53m、西の谷の林分では平均26m、最大61mであった。斜面方向との関係については、文珠堂(緩斜地)では全方向にほぼ均等に、西の谷(急斜地)では横方向よりも上下方向が繁殖距離が長く、また子供数も多かった(表9)。

表9 蒜山, 西の谷の林分における子供群の母樹からの距離と移動方向
Table 9 The distance from mother tree to offsprings and the direction of migration in a stand of Hiruzen-Nishinotani

母樹からの距離 Distance from mother tree	上方向 Upward	下方向 Downward	横方向 Horizontal	計 Total
近距離(0~20m)	9本	10本	3本	22本
中距離(21~40m)	15	11	3	29
遠距離(41~60m)	5	2	0	7
極遠距離(61m以上)	0	1	0	1
計	29	24	6	59
平均距離	27.6m	25.1m	20.1m	

備考 傾斜角33°の急斜地。

各母樹の繁殖率は母樹によってかなり差があった(表10)。母樹ごとの比較面積が一定でないので、確実なことはいえないが、調査区域内の全子供数に対する各母樹の子供の比率を計算してみると、文

表 10 母樹別繁殖率[※]

Table 10 Difference in fecundity among mother trees

母 樹 Mother tree	母 樹 の 胸高直径 D. b. h. (cm)	母樹からの距離別繁殖率 Fecundity in different distances from mother tree (%)				母樹別繁殖率 Fecundity in different mother trees		
		10m 範囲	20m 範囲	30m 範囲	35m 範囲	個 体 数	%	
大山, 文珠堂	No. 1	76	20.0	25.0	12.9	14.6	12/81	14.8
	No. 2	104	16.7	16.0	9.1	7.1	6/81	7.4
	No. 3	85	36.4	38.6	47.4	51.9	42/81	51.9
	No. 4	52	25.0	12.5	15.0	16.3	9/81	11.1
蒜山, 西の谷	No. 1	93	0	0	0	0	2/92	2.2
	No. 2	87	0	12.5	6.3	4.7	2/92	2.2
	No. 3	75	66.7	42.9	37.5	35.3	17/92	18.5
	No. 4	60	33.3	18.2	16.0	21.1	12/92	13.0
	No. 5	106	0	7.7	17.2	15.2	5/92	5.4
	No. 7	51	0	0	0	0	1/92	1.1
	No. 8	110	0	24.1	18.2	16.2	11/92	12.0
	No. 9	61	12.5	38.8	28.0	22.0	11/92	12.0
	No. 10	51	0	8.3	6.3	8.6	3/92	3.3

※繁殖率(%) = 1家系内の個体数 / 全個体数 × 100

珠堂の林分では母樹3号の子供が多く、2号と4号の子供はやや少なかった。西の谷の林分では、3号、4号、8号、9号の子供が多く、1号、2号、7号、10号の子供が少なかった。一般に直径の小さい母樹は繁殖率が低かったが、大きい母樹でも低いものがあり、繁殖率は直径の大きさと必ずしも比例しなかった。母樹の特性と思われる。結実調査によると^{1-2) 5)}、母樹によって着果数や種子の稔性に差があり、したがって繁殖率に差を生じたものと思われる。

次に母樹と子供群との間の類似性を不一致数を用いて検討した。酒井によると¹⁷⁾、同位酵素のバンド別出現率から不一致数が機会のみによって0, 1, 2, 3 ……となる確率を理論的に求めることができる。もし実際の林分で、親子兄弟があるために不一致数の減少があるならば、実測値と理論値は同じにならず、実測値は0, 1, 2の低い不一致数のところで多くならねばならない。それで、母樹と子供間の距離別に同位酵素バンドの不一致数の実測値と理論的期待値を計算した(表11~12)。文珠堂の林分においては、不一致数0の出現数は少なく、1以上が多かった。西の谷の林分では、不一致数1の出現数が最も多く、次いで2と0が多かった。両林分とも、不一致数0では理論値よりも実測値が小さく、不一致1と2では実測値の方が大きかった。不一致1, 2で実測値が理論値よりも大きいことは、親子兄弟関係の個体があることを示している。しかし、最も近縁関係の強い不一致0で実測値が理論値よりも低くなった理由はよくわからない。次に距離別にみると、文珠堂の林分では、母樹から30m地点まで、西の谷の林分では35m地点まで実測値と理論値との差が大きく、この範囲内に親子兄弟関係のある個体が多く成立しているのではないかと考えられる。種子の飛散調査によると³⁾、飛散距離は最大30mである。同位酵素からみた家系の広がり花粉親の影響も考えられるので、種子の飛散距離よりは大きくなるものと思われる。

表 11 大山, 文珠堂の林分における母樹と子供群間の距離と同位酵素バンドの不一致数との関係

Table 11 The relation between the distance from mother tree to offsprings and the disagreement counts of isozyme bands in a stand of Daisen-Monjudo

母樹4本, 子供81本, 組合わせ数324組

母樹と子供群間の距離 Distance between mother tree and off-springs (m)	Measured and theoretical values in different disagreement counts										母樹と子供群の組合わせ数 No. of combination (n)	実測値の理論値からの偏差平方和/組合わせ数 $\sum_{i=0}^4 (A_i - B_i)^2 / n$		
	バンドの有無の不一致数別出現数		0		1		2		3				4以上	
	実測値 (A _i)	理論値 (B _i)	実測値	理論値	実測値	理論値	実測値	理論値	実測値	理論値			実測値	理論値
6 ~ 10	0	0.5	3	2.7	3	5.8	11	6.9	7	8.1	24	1.08		
11 ~ 15	0	0.8	1	4.0	13	8.7	11	10.4	11	12.1	36	0.82		
16 ~ 20	1	0.9	6	4.6	14	9.9	9	11.8	11	13.8	41	0.83		
21 ~ 25	1	1.0	10	4.9	11	10.6	4	12.7	18	14.8	44	2.57		
26 ~ 30	0	0.9	7	4.5	6	9.7	13	11.5	14	13.4	40	0.58 ↓		
31 ~ 35	1	0.8	5	4.3	8	9.2	11	11.0	13	12.7	38	0.05 ↑		
36 ~ 40	0	0.7	2	3.4	7	7.3	11	8.7	10	9.9	30	0.26		
41 ~ 45	1	0.7	0	3.4	7	7.5	11	9.0	12	10.4	31	0.62		
46 ~ 50	0	0.5	3	2.4	10	5.1	1	6.1	7	6.9	21	2.41		
51 ~ 55	0	0.3	3	1.5	3	3.1	2	3.8	5	4.3	13	0.47		
56 ~ 60	1	0.1	0	0.7	0	1.5	2	1.7	3	2.0	6	0.78		
合計	5	7.2	40	36.4	82	78.4	86	93.6	111	108.4	324			
%		2.22		11.24		24.20		28.89		33.45				

表 12 蒜山, 西の谷の林分における母樹と子供群間の距離と同位酵素バンドの不一致数との関係

Table 12 The relation between the distance from mother tree to offsprings and the disagreement counts of isozyme bands in a stand of Hiruzen-Nishinotani

母樹9本, 子供92本, 組合わせ数828組

母樹と子供群間の距離 Distance between mother tree and off-springs (m)	Measured and theoretical values in different disagreement counts										母樹と子供群の組合わせ数 No. of combination (n)	実測値の理論値からの偏差平方和/組合わせ数 $\sum_{i=0}^4 (A_i - B_i)^2 / n$		
	バンドの有無の不一致数別出現数		0		1		2		3				4以上	
	実測値 (A _i)	理論値 (B _i)	実測値	理論値	実測値	理論値	実測値	理論値	実測値	理論値			実測値	理論値
1 ~ 5	1	0.7	0	1.2	1	0.8	1	0.2	0	0.1	3	0.73		
6 ~ 10	1	6.4	12	10.8	12	6.7	1	1.9	0	0.2	26	2.29		
11 ~ 15	4	9.1	19	15.4	11	9.6	3	2.6	0	0.3	37	1.11		
16 ~ 20	16	17.1	34	29.1	16	18.2	3	5.0	1	0.6	70	0.49		
21 ~ 25	13	15.9	24	27.0	25	16.9	3	4.7	0	0.5	65	1.33		
26 ~ 30	18	20.6	40	34.9	22	21.8	3	6.0	1	0.7	84	0.50		
31 ~ 35	23	22.3	42	37.9	19	23.6	7	6.5	0	0.7	91	0.44 ↓		
36 ~ 40	22	22.5	38	38.3	26	23.9	4	6.6	2	0.7	92	0.14 ↑		
41 ~ 45	17	19.3	41	32.8	17	20.5	4	5.7	0	0.7	79	1.12		
46 ~ 50	18	25.2	46	42.8	33	26.7	5	7.4	1	0.9	103	1.04		
51 ~ 55	15	16.7	28	28.2	21	17.6	3	4.9	1	0.6	68	0.27		
56 ~ 60	17	12.5	19	21.2	13	13.2	2	3.7	0	0.4	51	0.55		
61 ~ 65	3	5.2	14	8.7	2	5.4	2	1.5	0	0.2	21	2.11		
66 ~ 70	11	6.6	11	11.2	4	7.0	1	1.9	0	0.3	27	1.08		
71 ~ 75	2	2.4	1	4.2	6	2.6	0	0.7	1	0.1	10	2.33		
76 ~ 80	0	0.2	1	0.4	0	0.3	0	0.1	0	0	1	0.50		
合計	181	202.7	370	344.1	228	214.8	42	59.4	7	7.0	828			
%		24.48		41.56		25.94		7.17		0.84				

天然林の繁殖様式の研究は酒井^{13~17)}らによってスギ林、ヒバ林などで行なわれた。魚梁瀬スギの天然林においては、傾斜地に広がるスギ林の繁殖中心は傾斜の中央部に近いところにあり、傾斜地の中央部または上部の母樹から種子の散布が多く、母樹から20m以内に子樹が多い。しかし、80mぐらゐまで子樹が繁殖することも少なくないという。青森のヒバ林においては、半径20~25mの円内に親子兄弟がかたまって生育しているという。ブナ林の場合は母樹から30~35m以内に遺伝的に近縁な個体が多くみられた。ブナは種子繁殖を行ない、同位酵素の変異が小さく、また家系の広がりが大いことなどから繁殖様式の研究は困難であったが、この種の研究は採種林における母樹の選定などに役立つものと思う。

摘 要

少数の母樹から成立した二次林において、パーオキシダーゼ同位酵素の分析によって繁殖様式を研究し、次の結果をえた。

1. 母樹と自然交雑子供群との間のパーオキシダーゼ同位酵素の関係について、大部分の子供はパンドの有無の不一致数で0~1、濃度を加味した不一致数で0~5の範囲内にあった。
2. 1本の母樹の子供群は母樹から30~35mの区域内に多く成立していた。
3. 母樹によって繁殖率に差があり、子供を多く残すものと残さないものがあった。

文 献

- 1) 橋詰隼人・山本進一：中国地方におけるブナ林の結実(I)。日林誌，**56**：165~170，1974
- 2) ————：同上(II)。日林誌，**56**：393~398，1974
- 3) ————：ブナ林の成立過程に関する研究(I)。86回日林講，pp.226~227，1975
- 4) 橋詰隼人・野口和年：同上(III)。鳥大演報，**10**：31~50，1977
- 5) 橋詰隼人・福富章：ブナ林の結実におよぼす疎開伐の影響。88回日林論，pp.201~202，1977
- 6) ————：ブナの果実および種子の発達と成熟。日林誌，**60**：163~168，1978
- 7) 橋詰隼人・ブナ採種林の結実。90回日林論，pp.219~221，1979
- 8) ————：ブナ稚樹の生育特性と育苗の実際について。鳥大演報，**11**：55~69，1979
- 9) 池田武文・橋詰隼人：パーオキシダーゼ同位酵素からみた中国地方のブナ天然林の変異性。日林九支論，**32**：181~182，1979
- 10) 川述公弘ほか：スギ自家受精子供群の peroxylase isozyme について(予報)。日林九支論，**24**：60~61，1970
- 11) 九州林木育種場：パーオキシダーゼアイソグラム実験方法書。研究者会議資料，pp.28~37，1975
- 12) 西村慶二ほか：パーオキシダーゼアイソザイムの検出方法の検討。(1)デンブengel電気泳動法による検出。日林九支論，**32**：183~184，1979

- 13) 酒井寛一・宮崎安貞：家系分析法によるヒバ天然林の遺伝研究。81回日林講， pp. 150～152，
1970
- 14) 酒井寛一ほか：ヒバの天然更新の稚樹群における遺伝的変異。日林誌， **53**: 256～259, 1971
- 15) Sakai, K. and Miyazaki, Y.: Genetic studies in natural populations of forest trees. II. Family analysis: A new method for quantitative genetic studies, *Silvae Genetica*, **21**: 149～154, 1972
- 16) 酒井寛一：魚梁瀬スギ天然林の研究。林木の育種， **109**: 1～6, 1978
- 17) 酒井寛一ほか：魚梁瀬スギ天然林の遺伝子保存に関する調査報告書。関西林木育種場四国支場， pp. 1～71, 1978