

カラマツ属の交雑育種に関する研究

倉橋 昭夫*

Improvement of Larches by Species Hybridization

Akio KURAHASHI

目 次

第1章 序	2	第3章 苗の形態的形質(分枝性)	15
第2章 種間・変種間の交雑稔性	4	I 材料と方法	15
I 材料と方法	5	I-1 材 料	15
I-1 供試交配木及び導入母材料	5	I-2 調査方法	15
I-2 交配の方法	5	II 結 果	16
I-3 球果と種子の計測	5	II-1 種間雑種 F ₁ 家系における変異	16
I-4 養 苗	5	II-1-1 Gk, Gc 及び L の二面交雑家系 (Gr.-I)	16
II 結 果	5	II-1-2 Gs と L の二面交雑家系(Gr.-II)	18
II-1 種間交雑 F ₁ 世代	8	II-1-3 Gs, Gp, L と La の種内, 種間交雑 家系(Gr.-III)	20
II-1-1 ダフリアカラマツ変種(特に千島 系グイマツ: Gk 及びチョウセン カラマツ: Gc) とカラマツ(L) の 二面交雑(Gr.-I)	8	II-2 種間雑種 F ₂ , 戻し及び三系交雑家系 における変異	22
II-1-2 ダフリアカラマツ変種(Gk, Gs, Gp), アメリカカラマツ(La) 及び カラマツ(L) の二面交雑(Gr.-II)	10	II-2-1 Gk×L の F ₂ 及び戻し交雑家系 (Gr.-IVa)	22
II-1-3 樺太系グイマツ(Gs), ホクシカラ マツ(Gp), カラマツ(L) とアメリ カカラマツ(La) の種内, 種間交 雑(Gr.-III)	10	II-2-2 Gp×L の F ₂ 及び戻し交雑家系 (Gr.-IVb)	24
II-2 種間交雑 F ₂ , 戻し及び三系交雑世代	10	II-2-3 Gk×L 及び D×L との三系交雑 家系(Gr.-IVc)	24
II-2-1 Gk×L の F ₂ 及び戻し交雑 (Gr.-IVa)	12	II-3 種・変種間の比較(Gr.-V)	25
II-2-2 Gp×L の F ₂ 及び戻し交雑 (Gr.-IVb)	12	III 考 察	25
II-2-3 Gk×L 及び D×L との三系交雑 (Gr.-IVc)	13	III-1 カラマツ類種・変種の分枝性	25
III 考 察	14	III-2 雑種世代における分枝性の変異	27
		III-3 苗齢による分枝性の変異	28
		第4章 苗の植物季節学的諸形質	29
		I 材料と方法	30
		I-1 開芽期	30
		I-2 頂芽形成, 黄葉及び落葉の各期	30
		II 結 果	30

* 東京大学農学部附属北海道演習林
University Forest in Hokkaido, Faculty of Agriculture, University of Tokyo.

II-1 開芽期	30	(1) Gk, Gs, L 及び種間雑種家系	57
II-2 頂芽形成, 黄葉及び落葉の各期	31	(2) 戦後導入の植栽木	58
II-2-1 種間雑種 F ₁ 家系における変異 (Gr. I, II, III)	31	II-2 特殊立地条件下における生育と被害	59
II-2-2 種間雑種 F ₂ , 戻し及び三系交雑 家系における変異 (Gr. IV)	34	II-2-1 標高別造林適応試験地	59
II-2-3 種・変種間の比較 (Gr. V)	36	II-2-2 低湿地造林適応試験地	60
III 考察	37	II-2-3 寡雪寒冷地造林適応試験地 (十勝支庁浦幌町)	61
III-1 各雑種世代の植物季節学的諸形質の 変異	37	III 考察	62
III-2 開芽期と晩霜害	37	III-1 各雑種世代の生長と健全性	62
III-3 生長期後半における各形質の発現時期 と耐凍霜性	38	III-2 種及び雑種の諸害に対する耐性	63
III-4 頂芽形成期と日長反応	39	III-2-1 無機的要因の害 (とくに気象害)	63
第5章 耐鼠性と耐兔性	40	III-2-2 生物害 (とくに病害)	64
I 材料と方法	40	(1) ナラタケ病	64
II 結果	41	(2) エンケリオブシス胴枯病	65
II-1 耐鼠性	41	(3) 先枯病及び落葉病	66
II-1-1 G _j と L の F ₁ , F ₂ 及び戻し交雑家 系苗の比較 (Gr. II, IV)	41	第7章 材質	66
(1) 室内実験	41	I 材料と方法	68
(2) 野外実験	42	II 結果	68
II-1-2 G _p × L の戻し交雑家系苗の比較 (Gr. IVb)	43	II-1 根元及び幹の曲り	68
II-1-3 G _j と L の正逆家系苗の比較 (Gr. I, II)	43	II-2 容積密度数	68
II-2 耐兔性	45	II-3 繊維傾斜度	69
III 考察	46	III 考察	69
第6章 生長と健全性	46	第8章 雑種次代の生産	70
I 材料と方法	47	I 雑種率の変動とその原因	70
II 結果	48	II 雑種 F ₁ 種子生産システム	71
II-1 苗畑及び試験地における生長の比較	48	II-1 雑種採種園	71
II-1-1 種間雑種 F ₁ 家系 (Gr. I, II, III)	48	II-2 雑種採種林	72
II-1-2 種間雑種 F ₂ , 戻し及び三系交雑 家系 (Gr. IV)	54	III 雑種苗の判別方法	72
II-1-3 種・変種間の比較	57	第9章 総合考察	72
		I カラマツ属交雑育種の対象と目標	72
		II カラマツ属の種及び雑種の評価	75
		要旨	78
		引用文献	81
		Summary	84
		写真説明	85

第1章 序

カラマツ (*Larix kaempferi* SARGENT) は、我が国唯一のカラマツ属の自生種である。陽性の樹種で、広い範囲の水分条件に耐え耐寒性があり、しかも生長が早いので、主分布域のある本州中部ばかりでなく、東北地方や北海道においても広く植栽されている。特に北海道ではトドマツと

並ぶ重要な造林樹種の一つとして1983年現在その造林面積は49万haに及ぶ(面積比33.7%)。反面、造林面積の増大に伴って諸種の気象因や生物因による被害も増え、特に野兎鼠の食害は造林上の大きな問題となっている。すでに早く1900年頃から、北海道では造林地のカラマツがグイマツ(*L. gmelinii* var. *japonica* PILGER)に比べて激しく野兎鼠の食害をうけることが知られていた。

林木の種間交雑は、他の植物と同様に、生物害や気象害に対する抵抗性を高めるための有効な手段の一つとして早くから注目され活用されている。カラマツ属については、1907年にダンケルドカラマツ(*L. eurolepis* HENRY=*L. kaempferi*×*L. decidua*)の優秀性が明らかにされて以来、ヨーロッパ諸国において種間交雑に対する関心が高まり、1926年ごろから活発に研究が行われた(S.-LARSEN 1956, DIMPFLMEIER 1959)。

ダンケルドカラマツが発見された動機は、両親種のそれを凌駕する旺盛な生長にあったが、交雑育種上注目された主な理由はヨーロッパカラマツ(*L. decidua* MILL.)に比べてカラマツ癌腫病 larch canker (*Lachnellula willkommii* による)に対する抵抗性が高いことであった。ヨーロッパカラマツは、その天然分布のないヨーロッパ北西部においても重要な造林樹種として用いられていたところから、その後本病以外の諸害に対する抵抗性を高める目的の種間交雑も盛んに行われた(S.-LARSEN 1956)。

1950年代後半までの諸外国におけるカラマツ類交雑育種の研究については高橋(延)(1962)による詳細な紹介がある。その後も、特に西及び北ヨーロッパ諸国で研究が進められ同じくヨーロッパカラマツとカラマツ両種による雑種 F₁ の良好な生長を報ずる例が多い(WEBER 1969, COOK 1974, KIELLANDER 1976, MACHANICEK & PRUDIC 1978, RECK 1980)。

一方、我が国において最初のカラマツ類種間交雑の仕事が行われたのは、1936~1938年北海道での石原・松川(1936, 1941)によるカラマツとグイマツ及びチョウセンカラマツ(*L. gmelinii* var. *olgensis* PILGER)の間のそれであった。そしてその時期は、ヨーロッパ諸国にさほど遅れていない(S.-LARSEN 1956, DIMPFLMEIER 1959, WRIGHT 1962, '76)。石原・松川の雑種カラマツ育成の主要な目的は、野鼠食害に対する抵抗性を高めてカラマツ造林地の被害を軽減することであり、その成果に期待が寄せられたが、第二次大戦によって研究そのものが中断した。しかし、戦後になって柳沢(1955)は石原らの残したカラマツ雑種を調査し、これらの雑種は生長が良く、特に耐鼠性においてカラマツに勝ることを報告した。

このようにわが国でのカラマツ類の交雑は、カラマツの耐鼠性を高めることを最重点目標として始められた。しかし、カラマツの植栽地が北海道一円に拡大されるに伴って道南地方において発生した先枯病の被害も各地に広がり、各種病害に対する抵抗性育種も耐鼠性と並ぶ重要課題となってきた。

東京大学北海道演習林(以下[演習林]という)においては、第二次大戦後間もない1952年にチョウセンカラマツ、そして1956年にグイマツの植栽木が周囲のカラマツ植栽木からの自然受粉によって高い率で雑種次代を産する事実が知られ、さらにその後これら次代苗の野鼠食害に対する抵抗性が相当に高いことも判明して、以来カラマツ属並びに主要林木の種間交雑育種の研究が演習林の主要研究課題の一つとなった(高橋(延)ら1961)。

幸い演習林内の外来樹種見本林、樹木園などにおける植栽木の大半が着花年齢に達していたため、それらを利用して各種の交雑試験が実施された。また、これまでの経験に基づいて新たに導

入された樹種及びその産地についてもその植栽適性の検定と並んで交雑母材料としての利用も活発に行われた（高橋(延)ら 1974, 濱谷ら 1975）。

こうして演習林はある意味では北海道における戦後のカラマツ類交雑育種の先駆的な役割を果たしてきたのであるが、特に雑種 F_1 世代の植栽初期における特性についてはかなりの事実を明らかにし、大きな成果を挙げることができた。これらの雑種は、人工および自然交雑によって比較的容易に種子を生産し、カラマツ程度の生長を示し、しかも耐鼠性が高いことが確かめられて、北海道内の最も有望な造林樹種とみなされるようになって、北海道内における林木育種研究諸機関によっても更に幅広い研究調査が推進されつつある（高橋(延)ら 1968）。

ただ、演習林で初期に行われた交雑試験は、必ずしもそのすべてが二面交雑によるものではなかったため、従来報告には特に正逆交雑に関する各種情報が不足しており、残された問題もかなり多かった。しかし、その後も二面交雑も含む数多くのカラマツ類雑種家系が反復育成されて、諸形質の変異やその年齢に伴う変化についても多くの資料が蓄積されている。

筆者は、演習林における林木育種研究開始時からこの研究に関与し、特にカラマツ類交雑育種については、当時の高橋延清林長（現名誉教授）の御指導の下に、大半の研究の計画立案・実施に当たってきた。得られた成果の多くはその都度発表してきたが、まだ全体を大観した報告は行っていない。

本論文は、1955年から1985年までの約30年間演習林においてプログラムに基づいて行った二面交雑試験の結果並びにそれによって得られた各種雑種世代の諸形質を、主に演習林内の苗畑、樹木園、植栽試験地等において調査した結果についてまとめたものである。本論文は、主として種間交雑による雑種第一代を対象としているが、併せて戻し交雑、第二代あるいは三系（三種間）交雑の各世代の特性やその利用の可能性など、育種、育林上の諸問題についても触れ、更にカラマツ属各種・変種の導入成果についても述べる。

本研究の遂行に当って常に暖かい励ましと御指導を頂き、また論文の作成に当って御校閲をお願いした東京大学農学部森林植物学講座教授濱谷稔夫博士に心からお礼を申し上げる。

また、元北海道演習林長高橋延清名誉教授、前北海道演習林長畑野健一博士と現北海道演習林長教授渡邊元博士には終始御指導と御鞭撻を仰ぎ、また、柴田前講師及び高橋郁雄教官からそれぞれ専門の立場での貴重な御教示をいただいた。佐々木忠兵衛、小笠原繁男、高橋康夫の各氏をはじめ育種試験掛並びに佐藤昭一氏ほか樹木園の方々には材料の整理調整、交配、育苗及び直接調査について、また試験地の設定、手入れ等については北海道演習林の多くの職員の御協力を得た。これらの方々には心からお礼を申し上げる。

第2章 種間・変種間の交雑稔性

本研究で使用した苗はすべて、演習林内で所定の交配計画に基づいて行った人工交雑あるいは自然交雑によって得られた家系のものと、内外の研究機関から種子を導入して育成されたものである。交配の行われたのは、主として1961年から1971年までの11年間である。一方、導入は1958年から1972年までの15年間にわたって行われている。

ここでは、交配計画と交雑稔性を中心に述べる。

簡略をはかるため以下本論文における種・変種名の表示は、次の略号を用いる。

D: ヨーロッパカラマツ *L. decidua*。Dp: ポーランドカラマツ *L. d. var. polonica*。G: ダフリ

アカラマツ *L. gmelinii*; Gc: チョウセンカラマツ *L. g. var. olgensis* (朝鮮半島産); Gm: マンシュウカラマツ同 (中国東北産); Gg: ダフリアカラマツ *L. g. var. gmelinii*; Gk: グイマツ *L. g. var. japonica* (南千島産); Gs: 同 (樺太産) [なお, グイマツのうち, 千島又は樺太の産地が不明のものあるいは, 両者区別なしに表現される場合は Gj を以て示す]; Gp: ホクシカラマツ *L. g. var. principis-rupprechtii*. H: ヒマラヤカラマツ *L. griffithii*. L: カラマツ *L. kaempferi* (= *L. leptolepis*). O: セイブカラマツ *L. occidentalis*. La: アメリカカラマツ *L. laricina*. S: シベリアカラマツ *L. sibirica*. なお, 以下の記述においては, ダフリアカラマツの2変種の各産地系統即ち, チョウセンカラマツの Gc, Gm 並びにグイマツの Gs, Gk を交雑育種の立場から, 変種の下位の系統として略号を以て呼称する。なお, 種間交雑または雑種を示すのに両親を結ぶ記号として (×) 及び (·) を区別して用いる。(×) は, 例えば, Gk×L ならば Gk を雌性親, L を花粉親とする交配またはその交雑家系を示すのに用い, (·) は正逆組合せの両方即ち Gk×L と L×Gk を一括する場合に用いる。

I 材料と方法

I-1 供試交配木及び導入母材料

表-1 に, 本論文の各研究に使用した交配母樹の概要を示す。いずれも演習林内の植栽木である。交配計画実施の年に雌球花の着花が比較的多かった植栽木の中から生長と樹形の良好な個体が供試木として選ばれた。年によって着花に変動が見られるので, 各実験に必ずしも同じ個体が使われたわけではない。

表-2 に, 交配の進行と平行して内外から導入された材料の産地及び種内交雑に用いた演習林内採種木の植栽木の起源を一括して示す。

I-2 交配の方法

交配隔離には, パーチセロファン交配袋を用いた。人工授粉は, 交配年の気象条件によって僅かな変動があるが, すべて4月下旬から5月上旬にかけての間に行われた。各年の自然状態で花粉の飛散が始まる1~2週間前に雄花芽の多い枝を切り取り, 温室内で水耕して集められた花粉を交配に用いた。なお交配から球果採取までの各作業を行う時期と球花や球果の発育・成熟段階との関係については濱谷ら(1974)及び佐々木ら(1976)の報告のとおりである。

I-3 球果と種子の計測

球果は, 交配組合せごとの収穫球果の中から任意に30個を抽出して, 長さと最大直径を測定した。また, 全球果から全ての種子を取り出して秤量し, 1,000粒当りの重量と容積を求めた。

I-4 養苗

種子は, 翌年の春にそれぞれ得られた全量を苗畑に反復なしで播いた。養苗は, 通常の方法によったが, 特に播種床での間引きと床替時の選苗は行っていない。

II 結 果

各交配実験は一定の計画に基づいて進められてきたが, 年々の着花状況やそれまでの成果を踏まえ適当な修正を加えた。以下, 実験の性質や年度によって, 交雑実験及び得られた次代家系を Gr. I~IV の4群にまとめ, 各々について実験結果を整理して述べることにする。また, 比較のための種内交雑および導入による家系群は Gr. V とする。

表-1 人工交配供試木の記録

Table 1. Records of main participant trees for crossing

樹種 Species, races of hybrids	供試木 番号 Tree no. V-	胸高直径 (cm) D. B. H	樹高 (m) T. H.	枝下高 (m) Clear trunk height	樹冠直径 (m) Crown diameter	植栽年 Year of planting ¹⁾	調査年 measurement ²⁾	試験地 番号 Planted in [] ³⁾	家系群 番号 Group no. concerned
D ⁴⁾	573	19	14.4	3.8	3.7	1958A	1976	1004	V
Gc	78	32	20.5	3.9	6.0	1917	1963	1001	I
	79	28	20.5	4.7	6.0	1917	1963	1001	I
Gk	87 ⁵⁾	20	6.8	1.4	6.4	1954A	1970	4507	IV
	90 ⁵⁾	18	8.2	1.7	5.0	1954A	1970	4507	II
	92	17	10.3	1.9	5.3	1935	1963	1002	I
	93	16	9.5	1.5	4.0	1935	1963	1002	I
Gp	81	22	11.2	2.0	5.9	1936	1965	1002	III
	474	18	10.7	2.0	4.6	1936	1965	1002	III
Gs	551	18	11.2	1.7	7.5	1948	1969	4521	II
	552	9	6.1	1.3	6.4	1948	1969	4521	II
	556	20	12.8	2.3	6.4	1948	1969	4521	III
	557	20	10.8	1.6	7.0	1948	1969	4521	III
L	73	52	26.0	5.3	16.3	1908	1963	4526	I
	74	43	25.0	2.6	10.0	1908	1963	4526	I
	76	32	13.1	2.0	8.6	1936	1965	1002	III
	307	57	30.0	10.0	11.0	1915	1964	4501	II
	507	51	29.8	8.0	9.3	1917	1964	4523	II
La	568	20	9.0	1.5	5.7	1955	1965	1001	III
	558	16	13.0	3.0	4.3	1958A	1974	1004	III
	559	17	13.0	2.5	4.5	1958A	1974	1004	III
	560	11	7.6	2.3	3.9	1964	1974	1006	II
D×L ⁶⁾	563	24	17.5	3.6	5.7	1958A	1976	1004	V
	564	18	14.0	3.2	4.3	1958A	1976	1004	V
Gk×L ⁷⁾	549	18	17.1	2.0	4.7	1959	1976	1023	IV
	550	18	14.1	2.0	5.4	1959	1976	1023	IV
	565 ⁸⁾	21	9.9	2.0	5.3	1969A	1976	1001	V
	566 ⁸⁾	17	9.5	2.0	5.6	1969A	1976	1001	V
Gp×L	553	15	16.3	3.0	3.6	1962	1976	1024	IV
(V-81×	554	18	16.3	3.0	4.3	1962	1976	1024	IV
V-76)	555	19	14.8	2.0	3.8	1962	1976	1024	IV

¹⁾ 通常は春植である。ただし A 印は秋植。

²⁾ 調査は秋季におこなわれた。

³⁾ [] は東京大学北海道演習林の試験地番号。

^{4, 6)} デンマーク Hørsholm 樹木園より導入植栽した S-129 と S-130 よりそれぞれ選抜。

⁵⁾ 1954 年秋に見本林 [1002] より移植。

⁷⁾ 千島系グイマツ採種林 [4507] において得られた天然雑種。

V-565 と V-566 は 1969 年秋に樹木園 [1001] へ移植。

⁸⁾ 1969 年秋に [1023] より移植、同時に梢端を切断。

¹⁾ Planting was usually done in springs, but for those marked with A in autumn.

²⁾ Measurement was carried out usually in autumns.

³⁾ [] : Registered number of experimental field in the Tokyo Univ. Forest in Hokkaido.

^{4, 6)} These are individuals selected out of the families, S-129 and S-130, respectively, both introduced from Arboretet Hørsholm, Denmark.

⁵⁾ Transplanted from the sample plantation [1002] in autumn 1954.

⁷⁾ Natural hybrids got from a Gk seed stand [4507], pollinated by Japanese larch.

⁸⁾ Transplanted from the experimental plantation [1023] in autumn 1969.

The tops of them were trimmed at that time.

表-2 種内交雑・導入母材料の起源
Table 2. Source of the Gr.-V

整理番号 Temporary no.	種・変種 Species or varieties	S 番号 S-no.	種 子 産 地 Provenances or sources of the families	家系・植栽試験地 Exper. field where families were planted
1*	S	350	Krasnojarsk, Baical-Region, U.S.S.R., 50°N, 110°E	1006
2*	Gg	1801	U.S.S.R.	1053
3	Gs	1377	[4508] Crossed in 1964	1040
4	Gk	1367, 1385	[4507] Crossed in 1964	1040
5	Gk	1459	Shibetsu, Prov. Nemuro (1930)	1040
6	Gk	1460	Numakawa, Wakkanai, Prov. Souya (1929)	1040 1002
7*	Gm	895	Mts. Hsiaohsingan Ling, Heilungchiang, China	1033 1003 1006
8*	Gm	1807	Punkaharju, Finland (cult.)	1053
9	Gc	1387~1398	[1001] (1917), [4518] (1914). 9 families	1039 1004
10*	Gp	1292	China (details not known)	1039 1004
11*	La	599	Guysborough, Nova Scotia, Canada, 45°N	1006
12*	O	1117	Flathead, Montana, U.S.A., 48° 12' N, 113° 43' W, 1230 m	Not planted out
13*	Dp	2128	Blizyn, Poland, 51° 10' N, 20° 45' E, 345 m	1008
14*	D	1142	Farum, Sjaelland, Denmark, 56° N, 12° E	1002 1006
15*	D	1143	Denmark (cult.)	1002 1006
16	L	1399~1411	[4501] (1915), [4523] (1917), [4526] (1908), 9 families	1043
17	L	1418~1436	Private forests in Hokkaido, 10 families	1042
18	L	1449~1455	Mt. Fuji alt. 2,300~2,400 m,	1044
19*	H	605	Dombang, Sikkim, India, 28° N, 90° E	1001

* 戦後の導入材料.

* Materials introduced after the World War II (1945).

表-3 Gr.-I の球果と種子の記録¹⁾
 Table 3. Records of cones and seeds of the Gr.-I¹⁾

♀	種子と苗 Seed and seedlings						球果 Cones
	♂						
	L		Gc		Gk		数と大きさ Number & size
	73	74	78	79	92	93	
L	73	1019 ²⁾ 20 ³⁾	1020 17	880 16	570 11	416 18	400 ⁴⁾ 2.33 ⁵⁾ 0.98 ⁶⁾
	74	230 15	276 17	576 15	290 8	165 7	331 2.17 1.00
Gc	78	820 24	540 21	430 15	400 12	420 14	734 1.76 1.23
	79	705 16	430 11	93 6	210 8	100 8	476 2.00 1.09
Gk	92	230 12	80 9	60 11	78 9	140 12	129 2.12 1.18
	93	110 13	79 9	85 11	57 10	70 8	107 1.84 1.14

¹⁾ 1961年人工交配実施.

²⁾ 1年生得苗木数.

³⁾ 圃場種子発芽率(%).

⁴⁾ 採種木当り收穫球果数.

⁵⁾ 平均球果長(cm).

⁶⁾ 平均球果長幅比.

¹⁾ Crossings performed in 1961.

²⁾ Number of seedlings in the seed bed at the end of the first autumn.

³⁾ Seed germination percentage in the seed bed.

⁴⁾ Number of cones obtained from each female parent.

⁵⁾ Average length of the cones (cm).

⁶⁾ Ratio of the length to the width of the cones.

各交配組合せと得られた球果及び種子の性状ならびに圃場発芽率と得苗木数を各群別に表-3~8に示す。

II-1 種間交雑 F₁ 世代

F₁ 世代を対象とする種間交雑は、LとG各変種を中心にLaを加えて行ったもので二面交雑を基本とする次の3群の交配実験からなる。

II-1-1 ダフリアカラマツ変種(グイマツ(千島系): (Gk)及びチョウセンカラマツ: (Gc)とカラマツ(L)の二面交雑(Gr.-I)

この実験は、Gk, Gc及びLの間の交雑能力(crossability)と雑種強勢の程度を調べることを目的とするもので、1961年に各2本の母樹を選び、それらの間で相互交雑を行って30組合せの人工交雑家系が得られた(表-3)。

これらの30家系は、母樹組合せによって種子発芽率に6~24%の違いはあるが、いずれもある程度の数のF₁ 苗を産しており、大半は苗の数が100本以上となった。正逆家系間の発芽率の

表-4 Gr.-II (A), (B) の球果と種子の記録¹⁾

Table 4. Records of cones and seeds of the Gr.-II (A) and the annex (B)¹⁾

(A)

♀	種子と苗 Seeds and seedlings				球果 Cones			
	♂				自然受粉 Open pollination	人工受粉 Artificial pollination	自然受粉 Open pollination	
	L		Gs					
	507	307	551	552				
L	507	3.22 ²⁾ 2 ³⁾ 0.1 ⁴⁾	4.33 1547 49.1	4.70 746 27.1	4.55 103 6.7	4.17 437 35.9	154 ⁵⁾ 57.8 ⁶⁾ 2.46 ⁷⁾ 1.27 ⁸⁾	62 64.0 2.37 1.26
	307	1633	355	874	143	677	221 57.3	46 62.0
		45.1	6.6	37.1	19.0	43.3	2.13 1.35	2.09 1.38
Gs	551	3.09 438 34.6	3.81 581 40.1	2.44 30 3.6	3.56 388 35.8	2.99 264 20.1	219 21.0 2.04 2.17	52 25.1 1.91 2.00
	552	338	528	694	33	60	156 34.0	22 34.5
		29.0	30.5	38.7	4.4	7.8	2.39 1.99	2.13 1.99

(B)

交配組合せ Combination	球果 Cones				種子 Seeds		
	5)	6)	7)	8)	2)	3)	4)
L×Gp 507×474	22	67.0	2.45	1.28	4.62	494	33.4
L×Gp 307×474	27	62.0	2.11	1.41	3.50	602	35.9
L×Gp 307×81	38	66.0	2.03	1.39	2.96	837	33.3
L×Gk 307×90	71	51.6	2.16	1.34	2.76	622	16.9
La×L 560×307	130	24.4	1.99	2.01	1.75	20	0.6
La×Gs 560×551	147	20.8	1.88	2.00	1.70	98	3.2
La Open 560 Open	470	15.2	1.76	1.93	1.49	102	1.4

¹⁾ 1968年人工交配実施.

²⁾ 種子 1,000 粒重量 (g).

³⁾ 1 年生得苗木本数.

⁴⁾ 圃場種子発芽率 (%).

⁵⁾ 採種木当り収穫球果数.

⁶⁾ 球果当り種子粒数.

⁷⁾ 平均球果長 (cm).

⁸⁾ 平均球果長幅比.

¹⁾ Crossings performed in 1968.

²⁾ Weight of 1,000 seed grains (g).

³⁾ Number of seedlings in the seed bed at the end of the first autumn.

⁴⁾ Seed germination percentage in the seed bed (%).

⁵⁾ Number of cones obtained from each female parent.

⁶⁾ Number of seed grains per cone.

⁷⁾ Average length of the cones (cm).

⁸⁾ Ratio of the length to the width of the cones.

差は概して小さく、組合せ間に一定の傾向は認められなかった。

II-1-2 ダフリアカラマツ変種 (Gk, Gs, Gp), アメリカカラマツ (La) 及びカラマツ (L) の二面交雑 (Gr.-II)

1968年にGr.-Iの追加実験として行われた(倉橋ら1976)。GsとLの間の完全な二面交雑では、両樹種2本づつの母樹を用いたので自殖を含めて16の家系が得られている(表-4A)。

そのほかに、 F_1 以降の世代(Gr.-IV)との比較のために、LとGpまたはGkを組合せた交配を行い、更にLaを組合せた交配も行った(表-4B)。Gの各変種のうちでもGcは、この頃からエンケリオプシス胴枯病(後述)による被害が顕著になってきたので交雑母材料から除かれた(高橋(郁)ら1971)。

人工及び自然受粉いずれにおいてもL種内交配家系の種子発芽率がGsのそれよりも明らかに高い。種間交雑では、Gs×L家系がLよりはGsに近く、かつ逆交雑家系よりは常に高い値を示す。L×Gs家系は、概ねGsよりは劣り、しかも家系による変動が大きい。

各々の樹種の中では、2本の母樹の間で明らかな稔性の違いがみられ、特にL×Gsの4家系においてそれが著しい。自殖家系の種子発芽率は他の事例のとおり低い。

L×Gpの種子発芽率約30%は、L×Gs家系中の高い値に匹敵する。La×L, La×Gsにおける発芽率の低さ(5%以下)は自然受粉でも同様である。

本実験のGs・L家系の種子発芽率は、演習林で繰り返し行ってきた同じ組合せの交雑の中では最も高い方に属する。その結果、各組合せに十分な得苗があり、その後の動物実験(第5章)と材質調査(第7章)にも寄与しえた。

II-1-3 樺太系グイマツ (Gs), ホクシカラマツ (Gp), カラマツ (L) とアメリカカラマツ (La) の種内、種間交雑 (Gr.-III)

この実験は、Laと他の3種・変種との間の交雑能力と雑種強勢の程度を調べることを目的とするもので、1969年に各々2本づつの母樹の間で部分的な二面交雑を行って7自殖を含む46組合せの人工交配家系が得られた(表-5)。

種子発芽率は、Gr.-I, IIと比較して極端に悪く、GpのV-81を雌性親とした組合せを除いて、ほとんどのものが5%に満たない。しかし、自然受粉によるものは、Laを除くどの雌性親の家系も一様に高い値を示しているため、交配作業の過程でどこかに全体に人工交雑家系の発芽率を低くする何らかの欠陥があったものと思われる。La組合せ家系の種子発芽率が低い点はGr.-IIにおいても同じであり、FOWLER et al. (1970)の結果とも一致する。なお、本研究の場合、La供試木の樹齢の低いことも影響していると考えられる。

このような発芽率の低さを補うため、ほぼ同じ設計の人工交配を翌年も実施したが、もっと悪い結果しか得られなかった。

上述のようなGr.-I, II及びIIIの種子発芽率から、年によって多少の変動があるが、LとG各変種との間の交雑親和力はかなり高いものであると認められる。年による変動は、おそらく人工交配の処理の中で十分でない部分があったことによるものであろう。

II-2 種間交雑 F_2 , 戻し及び三系交雑世代

種間雑種 F_1 世代に優れた特性を示した各形質が F_2 世代あるいは戻し交雑や三系交雑の世代でどのような現れ方をし、またそれが育種上どの程度利用性をもつかを明らかにするため、1950年代後半に人工及び自然交雑によって得られたすでに着花段階に達している各種 F_1 世代の植栽

表-5 Gr. IIIの球果と種子の記録¹⁾
Table 5. Records of cones and seeds of the Gr. III¹⁾

		種子と苗						球果 Cones		
		Seed and seedlings								
♀	L	La		Gp	Gs		自然受粉 Open pollination	人工受粉 Artificial pollination	自然受粉 Open pollination	
		558	599	474	81	556				557
L	76	568	599	474	81	556	557			
	4.50 ²⁾	4.92	4.38	4.04	4.48	-	-	121 ⁵⁾	85	
	5 ³⁾	34	15	7	6	-	-	60.2 ⁶⁾	77.7	
	0.3 ⁴⁾	2.40	1.0	0.1	0.6	0.8	-	2.89 ⁷⁾ 1.46 ⁸⁾	2.65 1.26	
L	3.40	2.61	2.89	3.19	2.98	-	-	204	54	
	53	62	9	3	21	-	-	66.0	41.9	
	4.9	2.2	0.4	0.3	0.5	-	-	2.55 1.25	3.13 1.44	
	1.25	1.25	1.16	1.39	-	1.33	1.26	416	125	
La	558	24	1	7	-	33	23	28.0	33.3	
	0.7	0.8	0.1	1.1	-	2.1	2.6	1.76 1.98	1.78 1.89	
	1.11	1.11	1.18	1.11	-	1.20	1.01	583	142	
	82	36	65	2	-	166	213	30.4	30.0	
Gp	2.0	1.3	2.4	0.1	-	6.1	5.2	1.87 2.05	1.83 1.99	
	3.75	3.14	-	-	3.26	3.41	3.39	57	52	
	19	4	-	1	14	8	8	28.9	26.7	
	7.7	1.7	-	0.3	5.2	2.7	3.7	1.78 1.41	1.67 1.33	
Gs	-	7.48	-	-	8.35	-	6.77	16	15	
	-	60	-	29	-	2	216	45.4	17.0	
	-	33.5	-	21.5	-	0.9	37.6	2.16 1.34	2.78 1.75	
	-	-	1.70	1.80	1.82	1.95	1.94	245	133	
Gs	-	-	6	55	295	1	69	36.0	36.1	
	-	-	0.3	0	3.1	13.7	4.9	1.86 1.69	1.84 1.86	
	-	-	3.05	2.95	2.57	2.77	2.59	199	71	
	-	-	1	0	22	87	0	31.2	27.9	
Gs	-	-	0.1	0	5.7	5.8	8.2	1.93 1.63	1.89 1.64	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

¹⁾ 1969年人工交配実施。

²⁾⁻⁸⁾ 表-4と同じ。

¹⁾ Crossings performed in 1969.

²⁾⁻⁸⁾ The same as those of Table 4.

表-6 Gr.-IVa の球果と種子の記録¹⁾Table 6. Records of cones and seeds of the Gr.-IVa¹⁾

♀	種子と苗 Seeds and seedlings					球果 Cones			
	♂								
	Gk×L		L	Gk	自然受粉 Open pollination	人工受粉 Artificial pollination		自然受粉 Open pollination	
	549	550	307	87					
Gk×L	549	33 ²⁾ 5.8 ³⁾	167 40.2	869* 46.0	479* 32.2	222 33.2	21 ⁴⁾ 2.69 ⁵⁾ 1.78 ⁶⁾	16 2.55	1.81
	550	86 21.5		309* 28.7	381* 44.8	54 18.7	8 2.86 2.07	6 2.93	2.14
	566	(370**) 18.4)		901** 30.9	563** 20.4	390** 19.0	43** 2.83 2.13	30** 2.65	1.98
L	307	243 22.0	95 16.7	9 4.7	(622* 16.9)	181 21.5	29 2.17 2.01	26 1.30	1.31
Gk	87	8 3.0	2 0.7			289 42.0	14 1.83 2.17	22 1.74	1.79

¹⁾ 人工交配は無印 1970 年, * 1968 年, ** 1971 年に実施。() のうち V-566 には V-565, V-307 には V-90 を授粉した。

²⁻⁶⁾ 表-3 と同じ。

¹⁾ Most of the crossings performed mainly in 1970, while those single-asterisked in 1968 and double-asterisked in 1971.

For the crossings shown in the parentheses, V-565 and V-90 were used as pollinators in the place of V-549 and V-87, respectively.

²⁻⁶⁾ The same as those of Table 3.

木を用いて下記のような一連の交雑実験を行った。交配は 1968, '70 及び '71 年の 3 か年に実施された (表-6~8)。

II-2-1 Gk×L の F₂ 及び戻し交雑 (Gr.-IVa)

カラマツ類及び雑種生長比較試験地 [1023] (1959 年植栽) 内の推定 Gk×L F₁ 雑種集団 (S-306) の中から 4 本の個体 (V-549, V-550, V-565 及び V-566) を選んで交配に用いた。S-306 は、グイマツ (Gk) 採種林 [4507] から 1956 年の自然受粉によって得た実生個体の集団で、周辺の L 成木林からの花粉による天然雑種と思われる実生苗のみが選ばれている。つまり、この実生苗の集団は各母樹が特定されていない。そこで母樹として最も確度の高い個体のうち、[4507] 中の Gk 着花木 V-87 と L 成木林中の V-307 をそれぞれ戻し交雑用の交配木に当てた (表-6)。また、F₁ 世代 4 個体の自然受粉によって得られた苗は、[1023] 及び周辺の状況からみて、隣接 L 林分から飛散した花粉の汚染による僅かな率の戻し交雑を除くと、その大半は F₂ 世代の雑種になっているとみて差支えない。

種子発芽率は、極端に悪い Gk×(Gk×L) の 2 家系を除くと、大半の家系が F₁ に劣らぬ高い値を示し、従って十分な数の苗が得られた (この材料の一部は Gr.-II と共に耐鼠性実験にも供された)。

II-2-2 Gp×L の F₂ 及び戻し交雑 (Gr.-IVb)

1958 年の人工交雑による Gp×L (V-81×V-76) 家系 (S-412) の中から 3 本の個体 (V-553, V-554 及び V-555) が選ばれ、1968 年春にこれらを雌性親とする戻し交配を行った (表-7)。

表-7 Gr.-IVb の球果と種子の記録¹⁾

Table 7. Records of cones and seeds of the Gr.-IVb¹⁾

♀	種子と苗 Seeds and seedlings			球果 Cones		
	♂			人工受粉 Artificial pollination	自然受粉 Open pollination	
	Gp 81	L 76	自然受粉 Open pollination			
553	150 ²⁾ 11.7 ³⁾	932 44.5	173 15.1	49 ⁴⁾ 3.12 ⁵⁾ 1.93 ⁶⁾	26 2.60 1.87	
Gp×L 554	301 11.9	1655 50.2	458 21.1	75 3.32 1.85	48 3.02 1.78	
555	130 16.7	420 37.9	51 20.0	29 3.16 1.75	4 2.96 1.66	

¹⁾ 1968 年人工交配実施。

²⁻⁶⁾ 表-3 と同じ。

¹⁾ Crossings performed in 1968.

²⁻⁶⁾ The same as those of Table 3.

表-8 Gr.-IVc の球果と種子の記録¹⁾

Table 8. Records of cones and seeds of the Gr.-IVc¹⁾

♀	種子と苗 Seeds and seedlings			球果 Cones			
	♂			人工受粉 Artificial pollination	自然受粉 Open pollination		
	Gk 87	Gc 78	D 573				
Gk×L 565			360 ²⁾ 34.5 ³⁾	115 16.7	23 ⁴⁾ 2.75 ⁵⁾ 1.92 ⁶⁾	15 2.53 1.74	
566	563 20.4	267 11.2	709 28.4	390 19.0	144 2.77 2.02	30 2.65 1.98	
D×L 563	207 15.3	243 19.7		58 5.7	24 4.42 2.09	12 4.07 2.00	
564	354 29.3	475 39.5		167 9.0	20 4.46 2.28	22 3.97 2.18	

¹⁾ 1971 年人工交配実施。

²⁻⁶⁾ 表-3 と同じ。

¹⁾ Crossings performed in 1971.

²⁻⁶⁾ The same as those of Table 3.

種子発芽率は、いずれを雌性親としても、(Gp×L)×Gp 家系の方が (Gp×L)×L 家系に比べてかなり劣っている。F₂ と推定される自然受粉家系に比べても若干劣っている。L×Gp F₁ 家系の発芽率が 33.3% の高さを示すことから考えると、(Gp×L)×Gp の低発芽率はこの年の V-81 花粉の異常か他の何らかの原因の存在を想定させる。

II-2-3 Gk×L 及び D×L との三系交雑 (Gr.-IVc)

D×L はいわゆるダンケルト雑種カラマツ (Dunkeld hybrid larch) の組合せに当り、とくに良好な生長と幹の通直性によって古くから注目されている。また、一般に D は先枯病に弱いといわれているが、第二次大戦後に導入された D×L 家系は、植栽地において先枯病に対する十分な抵

表-9 1958~1972年に実施した交雑の種・変種内・間組合せごとの平均圃場種子発芽率(%)

Table 9. Germination percentages (in the seed-bed) of the seed lots obtained from all crossings performed in the years from 1958 to 1972, averaged to each combination between species and/or varieties (%)

♀	♂								自家受粉	自然受粉
	L	Gk	Gs	Gc	Gm	Gp	S	La	Selfs	Open pollination
L	20.9	8.6	9.6	16.3	18.0	16.0	2.2	0.4	2.0	22.2
Gk	18.2	14.6	22.2	10.3	-	-	-	-	0.9	26.0
Gs	17.3	14.0	21.1	-	-	7.1	1.1*	0.1	1.5	22.6
Gc	17.9	7.1	-	10.9	-	-	3.7*	-	0	17.2
Gm	50.0	-	-	-	-	-	-	0*	1.7	22.2
Gp	30.2	43.0	11.2	-	-	9.9	-	0.1*	0.5	32.4
La	1.3	-	3.6	-	0.7*	0.3*	-	1.3	0.3	5.4

-: 実施なし.

* 枯死消滅.

-: Non-performance.

* Died off.

抗性と健全な生育を示している(高橋(延)ら1974)。ただ、この雑種 F_1 世代は野兎鼠の食害に弱いので、Gk 又は Gc との三系交雑によってどの程度耐兎鼠性を高めることができるかその可能性を検討することにした。一方、Gk×L については、落葉病に対する抵抗性を高めることを狙いとして D との三系交雑を行った(表-8)。

D×L の F_1 2 個体(V-563, V-546)と D の 1 個体(V-573)は、Arboretet Hørsholm, Denmark から導入された S-130 及び S-129 家系(オンコ沢育種樹木園[1004]に1958年に植栽)(高橋(延)ら1974)の中からそれぞれ選ばれた。Gk×L の F_1 2 個体は、Gr-IVa に用いたものと同じである。花粉親の V-78 (Gc) と V-87 (Gk) は、Gr- I 及び IVa でも使用された。

種子発芽率は、いずれの組合せにおいても10%以上であった。ただ、同時に行った(Gk×L)×La の交配からは1本の苗も得られなかった(表-8では省略)。すでに示したように(表-4, 5), La は L 及び Gk との種間交雑においてもその発芽率が低い。

Gr-IVa~IVc の各家系の種子発芽率を比較していえることは、種間交雑に際してある程度の稔性を示す組合せの場合、その F_2 戻し交雑および三系交雑にもそれに近い稔性が期待できるということである。

III 考 察

東京大学北海道演習林における1958年以来の種内と種間の人工および自然交雑(自殖を含む)によって得られた多数の家系の圃場種子発芽率を種・変種内・間組合せごとの平均としてまとめてみたものを表-9に示す。

表-9に示した種・変種間の組合せの数は、正逆を別々に数えて28である。そのうちLa及びSに係わりのあるものはすべて発芽率が低く、その半数の組合せでは得られた苗がすべて枯死して1本も残っていない。

交雑組合せはG各変種とLとの間で最も数多く作られたが、得られた家系は概して種子発芽率が高く、これらの雑種が比較的容易に得られることを示している。またG各変種を雌性親にする方が花粉親とするよりも高い種子発芽率が得られる。G各変種における花粉稔性が激しく変動

し、しかも一般にLの花粉稔性より低いことがこのような違いを生ずる主要な原因であると考えられている。とくにGj花粉には年や個体によって異常花粉粒の含まれる割合が極めて高く、このような花粉は稔性も低いと思われる(倉橋ら1986)。

G各変種及びLとLaとの間では、少数の次代苗しか得られなかったが、少なくとも交雑の可能性はないとはいえない。

要するに、種間交雑に関する研究はマツ、トウヒ、モミ、ヒノキ、ハコヤナギ属などの諸属をはじめとする多くの林木で広く行われてきたが、その中で、カラマツ属は人工、自然受粉ともに交雑稔性の高い方であるといえる(WRIGHT 1962, '76, 千葉 1973)。

本研究及びヨーロッパ諸国における研究の成果(高橋(延)ら1962)を総合すると、カラマツ属のうちカラマツ節 Sect. *Larix* (Sect. *Pauciseriales* Patsch.) に含まれるこれらの種が相接して植栽される所では、しばしば高い率で自然雑種を生ずる。つまり、L, G (変種を含む), S, D, 及びLaの5種は相互の交雑稔性がかかなり高く、これらの間ではまだあまり種間の分化・隔離が進んでいないと考えられる。

そのほか、OとL, La, Gcとの間の少数の節間交雑も行われた(表-9では省略)。

F₁以降の世代即ちF₂, 戻し及び三系の交雑に対しても、正・逆を独立に数えて、F₂3, 戻し6, 三系6, 計15組合せのものが行われた。これらの雑種を通じて、F₁世代がある程度の交雑稔性を示す種の組合せならば、F₂, 戻し及び三系交雑においても同様に高い稔性が期待できるといえる。

第3章 苗の形態的形質(分枝性)

カラマツ属の種や変種の間では、実生2年生即ち1年生苗を春に床替して2年目の生長を経た秋季に主茎の当年伸長部分を比べると、側枝の形成状態がかかなり異なっている(以下の論議では、側枝の中でも主として2年目に形成されるものを対象とする)。例えば、GkとGcは全体に側枝形成数が少なく、多くの苗は当年に全く側枝を形成しないが、対象的にLの苗では基部から中部あるいはこれよりやや上方まで密に側枝が形成される。このように主茎からの側枝(但し、側枝の中の短枝は含まれない)の形成状態は種によって差があり重要な識別形質の一つとなる。

ここでは、種内、種間交雑家系の側枝形成関係の諸形質における変異の現れ方を中心に述べる。

I 材料と方法

I-1 材料

第2章に述べたGr.-I~Vの各材料は演習林内山部苗畑(標高230 m)において育苗されたものである。

表-10に、各材料の床替本数、分枝性など各形質(植物季節学的各形質や苗高など)に対する苗畑での調査観察本数並びに主な定植試験地を一括して示した。苗畑における調査観察は、主として、山出し苗齢である2年生時の性状を対象に行った。

I-2 調査方法

2年目の伸長生長が停止する秋季に次の項目について計測した。

主幹長(主条)(l ; cm): 2年目に伸長した主茎の全長。

側枝高(h ; cm): 同上の基部から最上位に形成された側枝までの主茎の長さ。

側枝数(b): h の中に形成された側枝の数。

表-10 床替・調査本数

Table 10. Numbers of seedlings transplanted and examined

家系群番号 Gr. no.	交配年 Year of crossing	家系数 No. of families	床替本数 Transplanted		調査本数 Examined		主な植栽 試験地 Main plantation []
			家系当り Per family	計 Total	家系当り Per family	計 Total	
I	1961	30	*	13,575	200	5,173	1033
II	1968	24	150×2 ¹⁾	5,482	50×2	2,023	1048, 50
III	1969	29	*	1,959	100	1,145	1053
IVa	1968	8	150×2	1,774	50×2	772	1052
〃	1970	12	*	926	100	788	1041
〃	1971	5	120×3	1,560	35×3	525	1056
IVb	1968	10	150×2	1,915	50×2	760	1051
IVc	1971	12	120×3	3,240	35×3	1,155	1056
Va	1964	40	84×3	6,780	35×3	3,320	1040-47
〃	1966	16	50×2	4,291	50×2	1,605	1040-47
Vb	-	9	*	7,551	200	913	1002, 3

*: 1年生苗を反復なしで全数床替.

¹⁾ 反復数.

*: All seedlings were transplanted without replication.

¹⁾ Number of replication.

苗高 (L ; cm)。

側枝密度 (100 b/l)。

側枝相対(比)高 (100 h/l)。

以下、側枝形成状態についての論議は主として側枝数、側枝密度及び側枝相対高の3通りについて行われる。

II 結 果

Gr.-I~Vの各家系2年生苗の側枝数、側枝密度及び側枝相対高について頻度分布(百分率)と平均値をそれぞれ図-1~5に示した。但し、Cr.-III, IVbc及びVは側枝数だけを示す。

II-1 種間雑種 F_1 家系における変異

II-1-1 Gk, Gc 及び L の二面交雑家系 (Gr.-I)

図-1に、2年生苗の分枝性の3種の項目のヒストグラムと家系別平均値の変異幅を示す。ただし、ヒストグラムは、母樹が違ってあまり差異がないなどの理由によって同一の樹種組合せごとにとまとめて示す。即ち、種内交雑ではいずれも1組の正逆家系を種間交雑では2組の正逆家系を含んだ値である。

こうしてまとめた3項目の頻度分布図をみると、各組合せとも b と b/l が互によく似た形をとるのに対し、 h/l は若干分散の幅が広がる。そのうち、Lの b と b/l は比較的正規分布に近い分布型を示すが、GcとGkのそれはL型ないしそれに近い型を示す。従ってその平均値も、LのものはGc, Gkに比べて著しく大きな値となり、冒頭に述べたように、Lには幹に高い密度で側枝を形成する個体が多く、GcとGkにはそうした個体の少ないことが、数字の上でも明らかである。 h/l のヒストグラムでも、Lは幅広く分散した分布を示し平均値も大きい、GkはL字型で

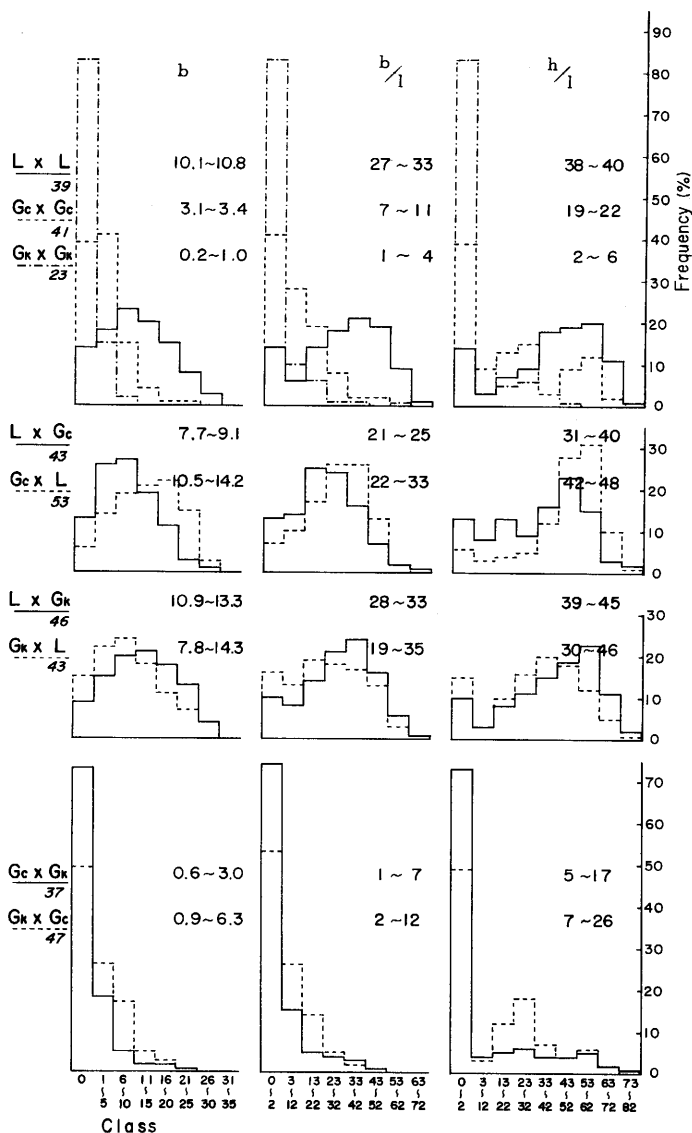


図-1 Gk, Gc 及び L の二面交雑家系 2 年生苗の分枝性 3 項目の頻度分布 (Gr-I)

注 1) イタリック数字は平均苗高を示す。立体数字は家系平均値の変異幅を示す。

2) b : 側枝数。 b/l : 側枝密度 (%)。 h/l : 側枝相対高 (%)。

Fig. 1. Histograms in three items of lateral branchlet formation on 2-year-old seedlings of Gr-I.

N. B. 1) Italic numeral letters represent average height of seedlings. Block numerals represent ranges of average in every character.

2) b : No. of lateral branchlets. b/l : Density of lateral branchlets (%). h/l : Relative height of lateral branchlets (%).

平均値が小さく、Gc は両者の中間的な位置にある。

L・Gk 及び L・Gc における 3 項目のヒストグラムは、L のそれに非常によく似ており、平均値においても同様である。Gc・Gk のそれは、もともと両親間の差が少なく、両親の分布型とほぼ同

表-11 Gk, Gc 及び L 家系 2 年生苗の分枝性項目間の相関係数 (Gr.- I)

Table 11. Correlation coefficient between the items of lateral branchlet formation in the intraspecific families Gr.- I

交雑組合せ Combination	側枝数と側枝高 b & h	側枝数と主軸長 b & l	側枝密度と側枝相対高 b/l & h/l	個体数 n
L×L 73×74	0.938**	0.867**	0.849**	213
L×L 74×73	0.875**	0.728**	0.781**	217
Gc×Gc 78×79	0.807**	0.551**	0.652**	203
Gc×Gc 79×78	0.595**	0.312**	0.545**	106
Gk×Gk 92×93	0.811**	0.387**	0.822**	193
Gk×Gk 93×92	0.922**	0.078	0.860**	74

** 1%水準で有意.

** Significant at 1% level.

表-12 Gs と L の二面交雑家系 2 年生苗の分枝性項目間の相関係数 (Gr.- II)

Table 12. Correlation coefficient between the items of lateral branchlet formation in every family of Gr.- II

交雑組合せ Combination	側枝数と側枝高 b & h	側枝数と主軸長 b & l	個体数 n
L×L 507×307	0.815**	0.759**	111
L×L 307×507	0.879**	0.870**	106
Gs×Gs 551×552	0.796**	0.143	100
Gs×Gs 552×551	0.930**	-0.004	109
L×Gs 507×551	0.608**	0.562**	110
Gs×L 551×507	0.688**	0.360**	110
L×Gs 507×552	0.751**	0.614**	50
Gs×L 552×507	0.793**	0.678**	111
L×Gs 307×551	0.660**	0.539**	102
Gs×L 551×307	0.686**	0.473**	108
L×Gs 307×552	0.766**	0.704**	97
Gs×L 552×307	0.731**	0.469**	109

** 1%水準で有意.

** Significant at 1% level.

じである。

種内・種間交雑の正逆家系間では差異はほとんど認められず、極めてよく一致した分布型を示す。

表-11 に、種内交雑家系における分枝性 3 項目間の相関係数を示す。 b と h との間でも、従って b/l と h/l との間でも各家系とも相関が非常に高い。つまり、側枝の形成状態あるいは分枝性の表示法として、 b と h のどちらを用いても十分に他方を反映させることができる。

II-1-2 Gs と L の二面交雑家系 (Gr.- II)

Gr.- II は、本研究の中では圃場の設計配置と管理が最も適切十分に行われたものである。図-2 に分枝性の 3 項目のヒストグラムを、正逆家系の比較ができるように組合せて示した。

種内、種間交雑ともに正逆家系間では極めてよく一致した分布型を示している。

L 家系のヒストグラムは 3 項目とも Gr.- I のそれより一層正規分布に近い。Gs 家系は Gr.- I

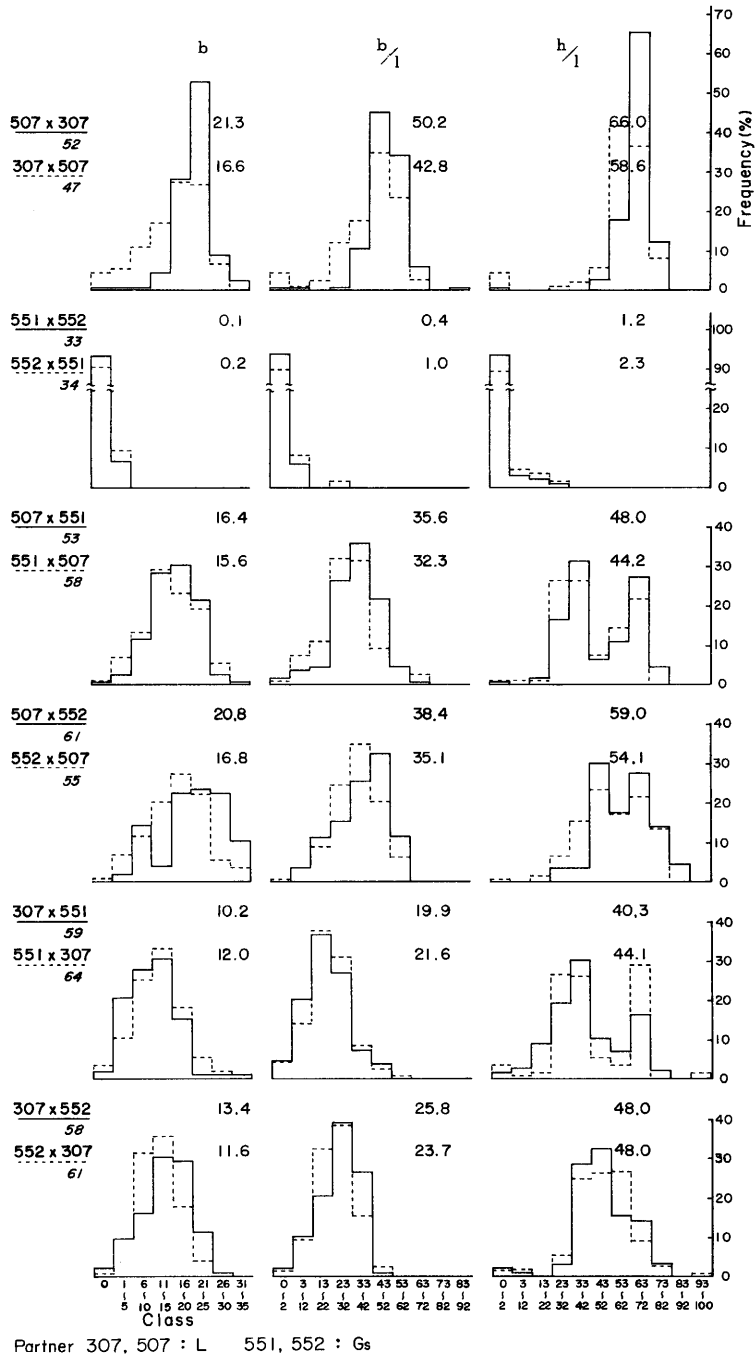


図-2 Gs と L の二面交雑家系 2 年生苗の分枝性 3 項目の頻度分布 (Gr.-II)
 注) 図-1 参照.

Fig. 2. Histograms in three items of lateral branchlet formation on 2-year-old seedlings of Gr.-II.
 N. B.) Refer to the notes in Fig. 1.

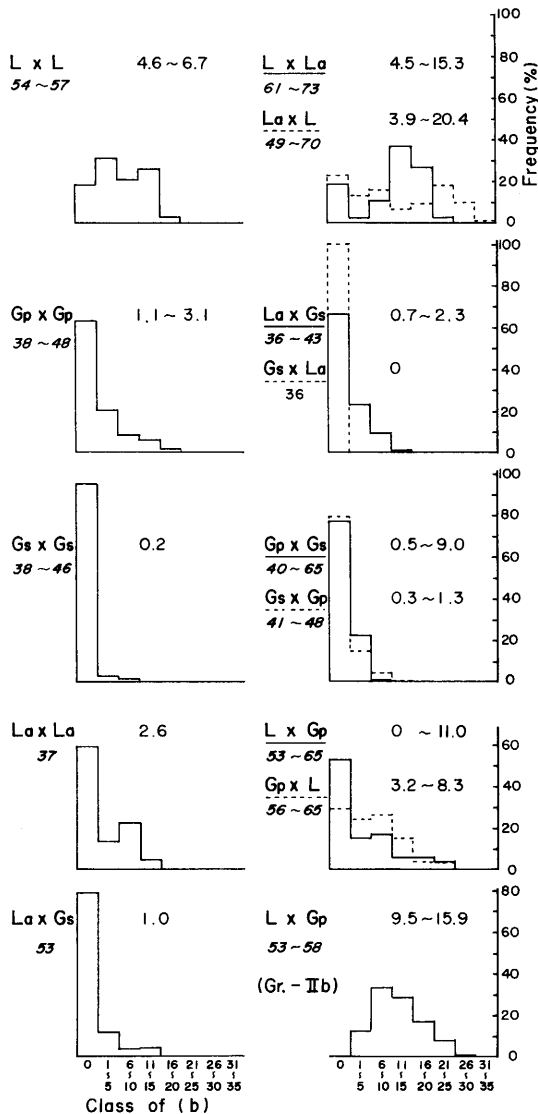


図-3 Gs, Gp, L と La の種内・種間交雑家系 2 年生苗の側枝形成数 (b) の頻度分布
注) 図-1 参照。

Fig. 3. Histograms in the number of lateral branchlets (b) on 2-year-old seedlings of Gr.-III.

N. B.) Refer to the notes in Fig. 1.

の Gk とほぼ同じ L 字型の分布を示す。雑種 F₁ 家系の多くは L 家系より若干分散の大きい正規分布を示すが、h/l においては分布の山が二つに割れる傾向が認められる。

雑種 F₁ 家系の平均値は、3 項目とも両親種家系のほぼ中間か L の方へ多少偏った位置にある。しかし、雑種家系中の半兄弟家系間で比べると、L では V-507 の方が V-307 より大きく、また Gs では V-552 の方が V-551 より僅かながら大きな値を示す。

表-12 に Gr.-II の分枝性各項目間の相関係数を示した。b と h との間に L, Gs とともに高い相関の認められる点は Gr.-I の場合と同様である。雑種 F₁ 家系もこれよりはやや低いがかかなり高い相関を示す。b と l との相関は、L 家系では高いが、Gs 家系では極めて低い。雑種 F₁ 家系の場合には、両者の中間よりむしろ L に近い値を示している。

II-1-3 Gs, Gp, L と La の種内、種間交雑家系 (Gr.-III)

Gr.-III は、家系ごとの得苗数が少なかったため、図-3 に Gr.-I と同様に同種の種内、種間交雑組合せをまとめて側枝形成数 (b) のヒストグラムを示す。

L のヒストグラムは、多少左に偏っているが、Gr.-I, II に示した L の基本的な形からは大きく外れていない。Gs のものも、Gr.-II のそれとよく似ている。Gp と La は、L 又は逆 J 形を示し、Gr.-I の Gc の場合に似ている。

L × Gp のヒストグラムは、Gr.-I の L · Gc F₁ 家系などよりもかなり左に偏っている。この組合せは苗の本数が少なかったの

で、図-3 の右下段に Gr.-II (B) の L × Gp F₁ 家系のを合わせ示したが、恐らくこの方がこの雑種の基本的なヒストグラムであると考えられる。L · La 雑種 F₁ のヒストグラムは L の枠内に含まれる。

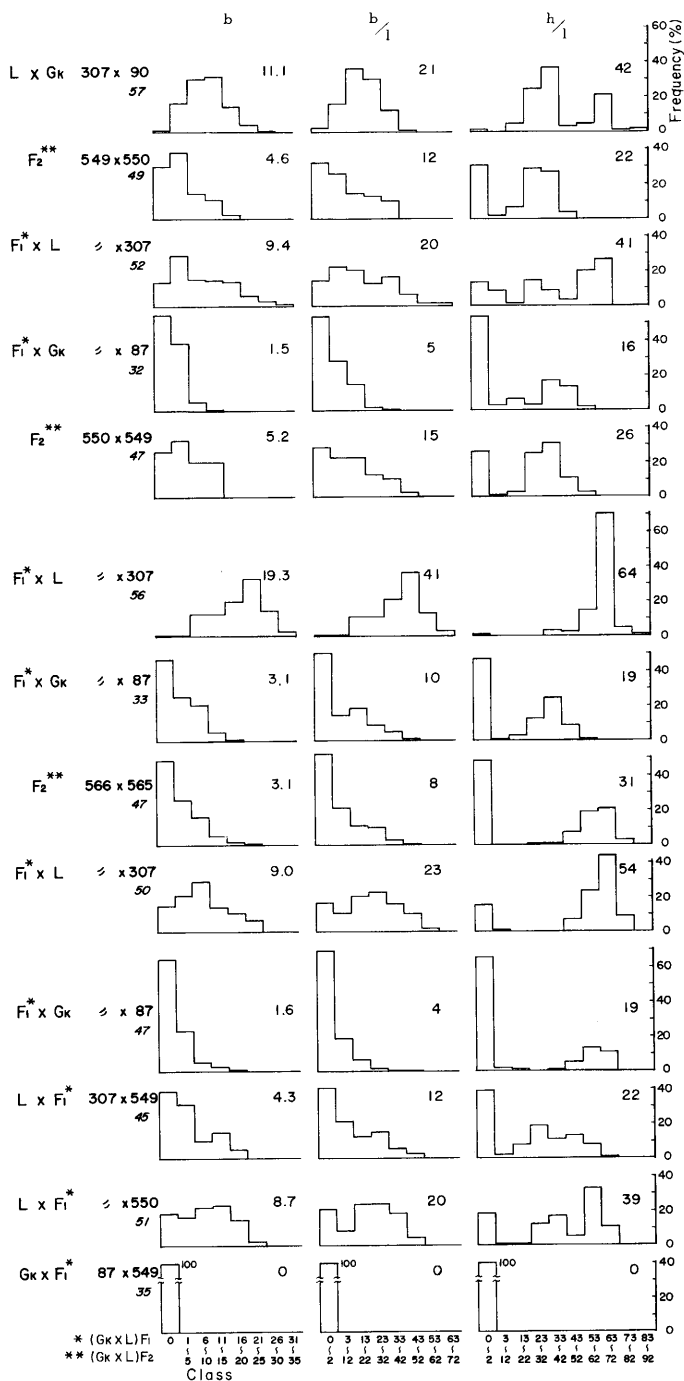


図-4 Gk×LのF₁, F₂、及び戻し交雑家系2年生苗の分枝性3項目の頻度分布(Gr.-IVa)
 注) 図-1 参照.

Fig. 4. Histograms in three items of lateral branchlet formation on 2-year-old seedlings of Gr.-IVa.

N. B.) Refer to the notes in Fig. 1.

表-13 Gk・L の F₁, F₂ 及び戻し交雑家系 2 年生苗の分枝性項目間の相関係数 (Gr.-IVa)

Table 13. Correlation coefficient between the items of lateral branchlet formation in every family of Gr.-IVa

交雑組合せ Combination		側枝数と側枝高 <i>b</i> & <i>h</i>	側枝数と主軸長 <i>b</i> & <i>l</i>	個体数 <i>n</i>
(L×Gk) F ₁	307×90	0.705**	0.653**	109
(Gk×L) F ₂	549×550	0.793**	0.456**	102
" ×L	549×307	0.883**	0.759**	108
" ×Gk	549×87	0.873**	0.341*	110
(Gk×L) F ₂	550×549	0.817**	0.488**	84
" ×L	550×307	0.643**	0.543**	110
" ×Gk	550×87	0.879**	0.404*	109
(Gk×L) F ₂	566×565	0.789**	0.406*	104
" ×L	566×307	0.812**	0.680**	103
" ×Gk	566×87	0.779**	0.278	108
L ×(Gk×L)	307×549	0.860**	0.646**	101
" × "	307×550	0.887**	0.739**	71
Gk ×(Gk×L)	87×549	0	0	8

* ** 5%及び1%水準で有意。

* ** Significant at 5% and 1% level, respectively.

Gs, Gp 及び La の間の雑種は両親の差異も少なく、ほとんど両親種のヒストグラムの型に含まれる。

II-2 種間雑種 F₂, 戻し及び三系交雑家系における変異

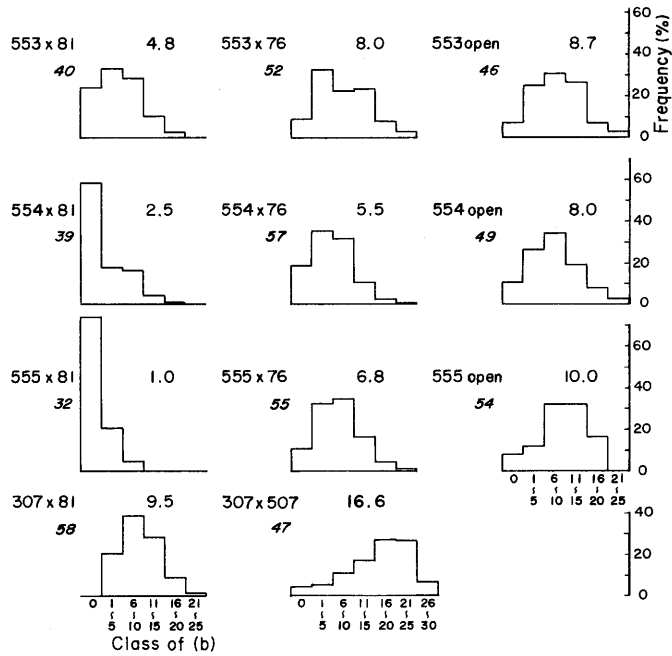
II-2-1 Gk×L の F₂ 及び戻し交雑家系 (Gr.-IVa)

図-4 に、Gk×L の F₂ 及び戻し交雑家系の分枝性の 3 項目のヒストグラムと平均値を示す。Gr.-I 及び II でみられたように、いずれの家系でも *b* と *b/l* はお互いに類似したヒストグラムを示すが、*h/l* の頻度分布はこれらとは多少異なった形をしている。

雑種 F₂ 家系はその *b* と *b/l* のヒストグラムが F₁ 家系のそれより左に偏し従って平均値が小さい。V-549・V-550 正逆家系の間では顕著な差異がない。戻し交雑家系の間では、(Gk×L)×L は F₁ 又は L の家系に近いヒストグラムと平均値を示している。しかし、逆の L×(Gk×L) 家系の中に F₁ よりかなり小さくなるものがあり、この値にはやや疑問がある。一方、(Gk×L)×Gk は L への戻し交雑家系とは反対に Gk の方にヒストグラムが偏り、平均値においても著しく小さい。そして逆の Gk×(Gk×L) (V-87×V-549) 家系には側枝を形成する個体が全く認められていない。

各雑種世代における 3 項目の標準偏差の最小を示す家系と最大を示す家系の幅で示すと、雑種 F₂ (*b*: 4.7~6.5; *b/l*: 11.3~13.0; *h/l*: 16.0~30.2), F₁×L (*b*: 4.4~8.2; *b/l*: 13.0~15.0; *h/l*: 8.8~24.8), L×F₁ (*b*: 5.3~6.6; *b/l*: 13.5; *h/l*: 21.0~23.0), F₁×Gk (*b*: 2.3~3.9; *b/l*: 6.8~7.2; *h/l*: 19.0~24.8) となる。これらの値を Gr.-II における雑種 F₁ の場合と比べると、雑種 F₂ 及び戻し交雑家系の *h/l* が最大値がやや大きくまた家系による変動も大きい、*b* と *b/l* は雑種 F₁ とあまり変わらない標準偏差を示している。

表-13 に Gr.-IVa の各家系における分枝性各項目間の相関係数を示した。*b* と *h* との相関は、雑種 F₂ 及び戻し交雑いずれの家系においても高く、この関係は雑種 F₁ の場合とあまり変わらない。一方、*b* と *l* との相関は、3 本の供試木 V-549, V-550 及び V-566 のいずれを雌性親とした場合で



Partner 553, 554, 555 : (Gp x L) F₁
 76, 307, 507 : L, 81 : G_p

図-5 Gp x L の F₁, F₂ 及び戻し交雑家系 2 年生苗の側枝形成数 (b) の頻度分布 (Gr.-IVb)
 注) 図-1 参照.

Fig. 5. Histograms of the number of lateral branchlets (b) on 2-year-old seedlings of Gr.-IVb.
 N. B.) Refer to the notes in Fig. 1.

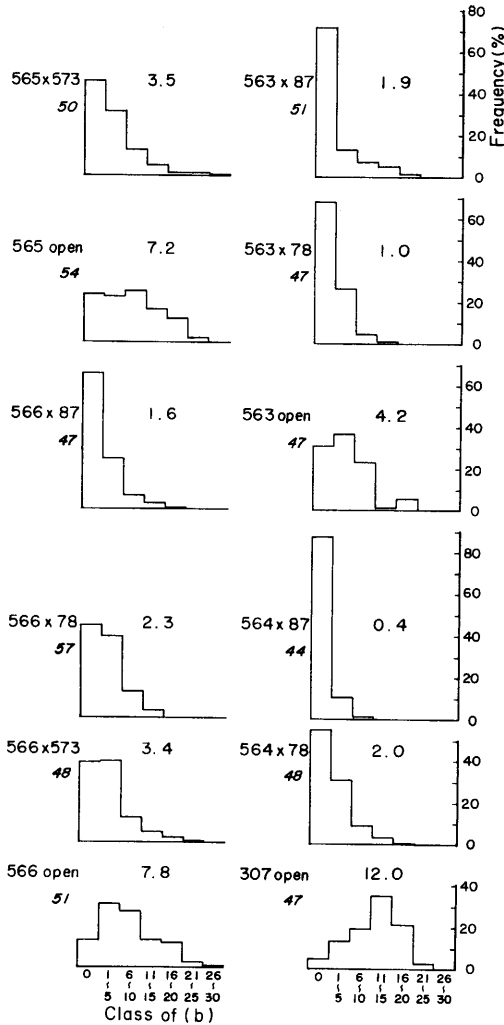
表-14 Gp x L の F₁, F₂ 及び戻し交雑家系 2 年生苗の分枝性項目間の相関係数 (Gr.-IVb)

Table 14. Correlation coefficient between the items of lateral branchlet formation in every family of Gr.-IVb

交雑組合せ Combination		側枝数と側枝高 b & h	側枝数と主軸長 b & l	個体数 n
(Gp x L) x Gp	553 x 81	0.815**	0.431**	55
" x L	553 x 76	0.758**	0.497**	102
" Open	(F ₂)	0.790**	0.414**	97
(Gp x L) Gp	554 x 81	0.855**	0.502**	99
" x L	554 x 76	0.715**	0.337**	109
" Open	(F ₂)	0.868**	0.573**	112
(Gp x L) Gp	555 x 81	0.927**	0.360**	50
" x L	555 x 76	0.686**	0.480**	116
" Open	(F ₂)	0.795**	0.432**	26
(L x Gp) F ₁	507 x 474	0.813**	0.694**	108
"	307 x 81	0.686**	0.403**	108
"	307 x 474	0.749**	0.551**	104

** 1%水準で有意.

** Significant at 1% level.



Partner 565,566 : (Gk x L)F₁, 563,564 : (D x L)F₁
573 : D, 87 : Gk, 78 : Gc, 307 : L

図-6 Gk x L 及び D x L の三系交雑 2 年生苗の側枝形成数 (b) の頻度分布 (Gr.-IVc)
注) 図-1 参照。

Fig. 6. Histograms of the number of lateral branchlets (b) on 2-year-old seedlings of Gr.-IVc.
N. B.) Refer to the notes in Fig. 1.

表-15 に各家系の分枝性項目間の相関係数を示す。b と h の間にはいずれの家系にも高い相関が認められた。

このように Gr.-IVc も Gr.-IVa, b に類似した傾向を示している。

Gr.-IVa~c における分枝性についての結果を総合すると、雑種 F₂ 世代の各項目の値は、概して

も F₁ x L > F₂ > F₁ x Gk の順に左側のものほどその相関が高くなり、L の相関係数の値に近づく。

II-2-2 Gp x L の F₂ 及び戻し交雑家系 (Gr.-IVb)

図-5 に Gr.-IVb, 即ち Gp x L 人工雑種 F₁ (V-81 x V-76) に対する戻し交雑と F₂ (天然交雑による) 世代の各家系における側枝形成数のヒストグラムと平均値を示す。

戻し交雑では、どの F₁ 供試木を雌性親にとっても (Gp x L) x L の方が (Gp x L) x Gp より大きい値を示している。

各雑種世代ごとの標準偏差の最小と最大は雑種 F₂: 5.5~5.7, (Gp x L) x L: 4.8~6.0, (Gp x L) x Gp: 1.8~4.7 であり、Gr.-II (B) の L x Gp 雑種 F₁ の値 (4.5~5.2) と大差がない。

表-14 に各家系の分枝性項目間の相関係数を示す。b と h との間にはいずれの家系においても高い相関が認められた。

このような Gr.-IVb の傾向は、上記 IVa の場合とよく近似している。

II-2-3 Gk x L 及び D x L との三系交雑家系 (Gr.-IVc)

三系雑種は、(Gk x L) x Gc 及び (Gk x L) x D と (D x L) x Gk 及び (D x L) x Gc の 4 通りである。比較のために、各雌性親から得た雑種 F₂ (自然交雑) 家系と L 家系を含めてある。

図-6 に各家系の側枝形成のヒストグラムと平均値を示す。いずれの三系交雑家系も雑種 F₂ 家系よりも左に偏して L 字形のヒストグラムを示し、花粉親に用いた種の分枝性の影響が濃く現れている。

表-15 Gk×L 及び D×L の三系交雑家系 2 年生苗の分枝性項目間の相関係数 (Gr.-IVc)
 Table 15. Correlation coefficient between the items of lateral branchlet formation in every family of Gr.-IVc

交雑組合せ Combination	側枝数と側枝高 <i>b</i> & <i>h</i>	側枝数と主軸長 <i>b</i> & <i>l</i>	個体数 <i>n</i>	
(Gk×L)×D	565×573	0.735**	0.276**	101
" Open (F ₂)		0.676**	0.005	95
(Gk×L)×Gk	566×87	0.779**	0.278**	108
" ×Gc	566×78	0.757**	0.399**	103
" ×D	566×573	0.660**	0.257**	106
" Open (F ₂)		0.589**	0.341**	106
(D×L)×Gk	563×87	0.839**	0.316**	106
" ×Gc	563×78	0.783**	0.345**	105
" Open (F ₂)		0.753**	0.506**	51
(D×L)×Gk	564×87	0.743**	0.131	107
" ×Gc	564×78	0.701**	0.307**	104
L Open	307×(L)	0.664**	0.612**	101

** 1%水準で有意.

** Significant at 1% level.

F₁ のそれより小さく、用いた雌性親による変動が大きい。戻し交雑及び三系交雑雑種の場合は 1/2 の親となった種（この場合は花粉親）の特徴の方へ偏っており、その中には一定の明白な傾向が認められる。

II-3 種・変種間の比較 (Gr.-V)

第2章で述べた通り、上記の各交雑材料のそれと平行して、人工及び自然交雑あるいは導入による種内家系苗の育成と諸形質の観察調査を行った。供試材料（表-2）はその種子を生産あるいは入手した経緯が様々で、従って材料としての精粗の差も大きい。

図-7 に各実生家系の側枝形成数のヒストグラムと平均値を示した。

Gk (材料 No. 4~6) と L (16, 17) のヒストグラムは、これまでに示したそれぞれの基本的な分布型と同じである。富士高地産の L (18) は L (16, 17) とは異なって側枝数がやや少なく左に偏った分布を示している。G 各変種は、その間に僅かな差異はみられるが、いずれも L 字型か左に偏った分布を示し、L (18) に近い。

D 及び北米北西部に天然分布域をもつ O (*L. occidentalis*) は G 各変種と風じ頻度分布様式のグループに属する。S (*L. sibirica*) と H (*L. griffithii*) は全く側枝を形成しない点で特異である。

III 考 察

以上本章では、カラマツ属の多くの種や変種を用いて各々の種内及び種間で作ったいろいろな世代の交雑家系について、その 2 年生実生苗の当年伸長主茎における側枝形成状況を観察比較し、分枝性と名付けられるこの形質が重要な識別ないし標識形質となることを示した。

III-1 カラマツ類種・変種の分枝性

本研究で扱ったカラマツ属の種・変種には、基本的には次の三つの分枝性のタイプが認められる (参照: 関 1941, 柳沢 1958)。

L-type (多枝型): 当年伸長主茎の基部から中部又はそれより僅かに上まで密度が高く、多数

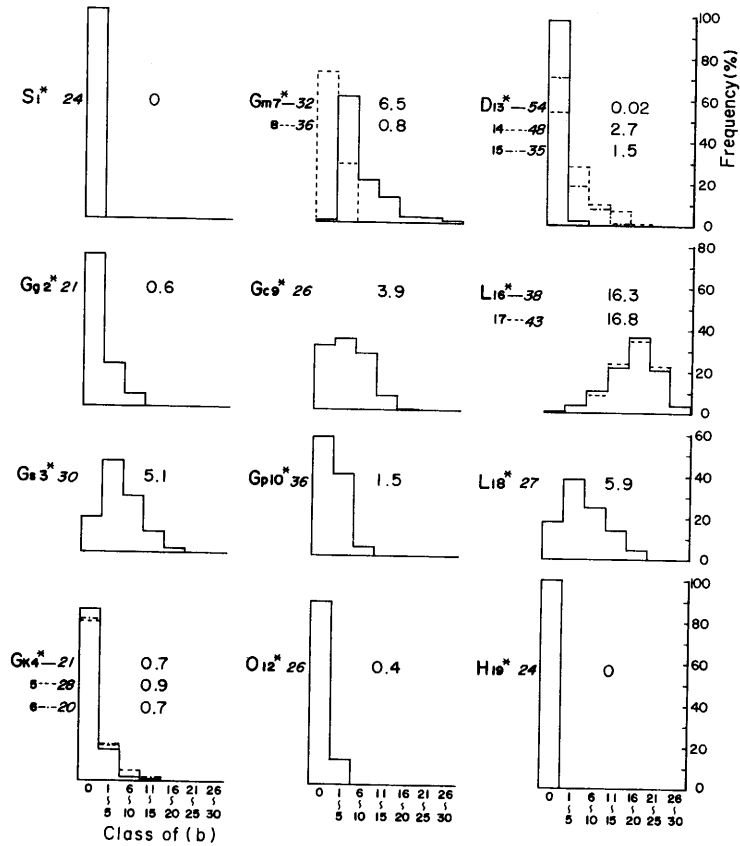


図-7 カラマツ類種・変種の2年生苗における側枝形成数の頻度分布(Gr-V)
注) 図-1 参照. *表-2 参照.

Fig. 7. Histograms of the number of lateral branchlets (b) on 2-year-old seedlings of Gr-V.
N. B.) Refer to the notes in Fig. 1. *cf. Table 2.

の側枝を形成し、各種のヒストグラムの多くは正規分布ないしそれに近い型を示す。この type には L だけが属する。

G-type (寡枝型): 側枝の形成は少なく疎である。この中で、側枝数はそれ程多くないがかなり上方まで形成するものを G₁-type, 基部に僅かの側枝しか形成しないものを G₂-type とする。このタイプのヒストグラムは多く L 字形ないし、左偏りとなる。多くの種、変種がここに属して、富士高地産の L 家系もこれに近い。

S-type (無枝型): 全て又は大半の苗が当年伸長主茎上に全く側枝を形成しないもので、S と H が属し、O 及び D の一部もこれに近い。

上述によって明らかなように、L は分枝性によって他のカラマツ属樹種から完全に区別される。L は分枝性 3 項目とも正規分布ないしそれに近い頻度分布を示し、かつ側枝数が 0 ないし 1 ~ 5 の階級にピークをもつ L 字形の分布を示す G 各変種とは対象的である。G 各変種に代表さ

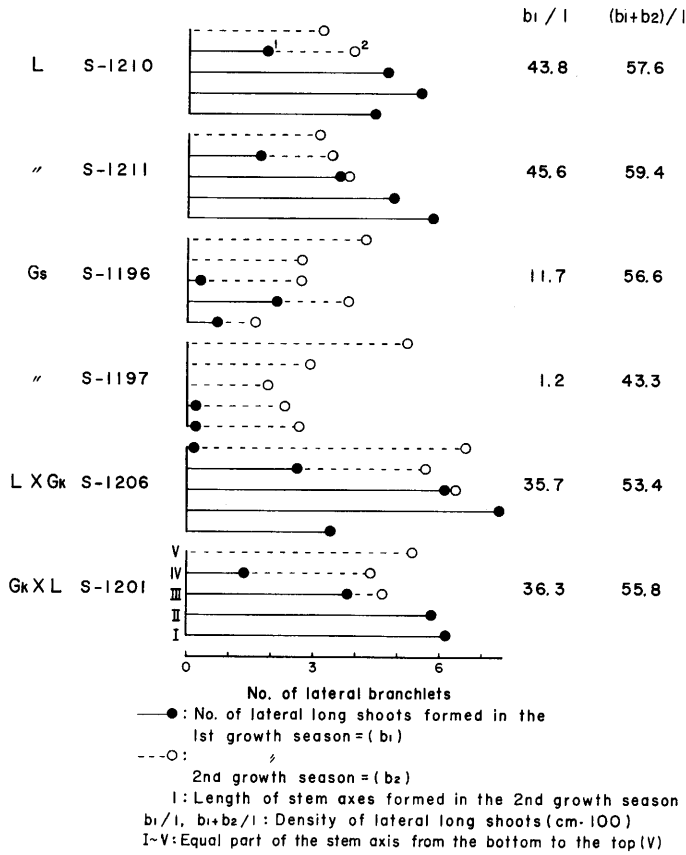


図-8 2年生伸長主茎上に同年及び翌年に形成された側枝の数

Fig. 8. Number of lateral branchlets formed in the same and the next seasons, on the stem axes which were grown in the 2nd year.

れるグループの中には顕著な差異が認められない。G 各変種、D 及び La などは L と S の中間に位置する。

G 各変種については、古い植栽と戦後導入の材料によってかなりの数量が調べられた。しかし、D と La の方は、天然分布の広い割に調査材料も少なかった。従って、更に多数の産地や材料について検討する必要がある。

III-2 雑種世代における分枝性の変異

上に認められた分枝性の三つの基本型は、種・変種の組合せによって各雑種世代において様々な現れ方を示す。L と他種・変種との雑種 F₁ 家系は両親種家系の中間より L の方に偏った値を示す。その F₂ 及び戻し交雑世代では、雌性親とした供試木によって変動が大きい。しかし、概して F₂ は F₁ よりも各項目の値が小さくなっている。また戻し交雑家系の多くは、F₁ の位置から戻す親種の方へ多少とも偏った値を示している。三系雑種にも戻し交雑と同様のことがいえる。

G 各変種及び La はいずれも G-type に属し、これらの間の雑種 F₁ はすべて同じ型の分枝性となる。

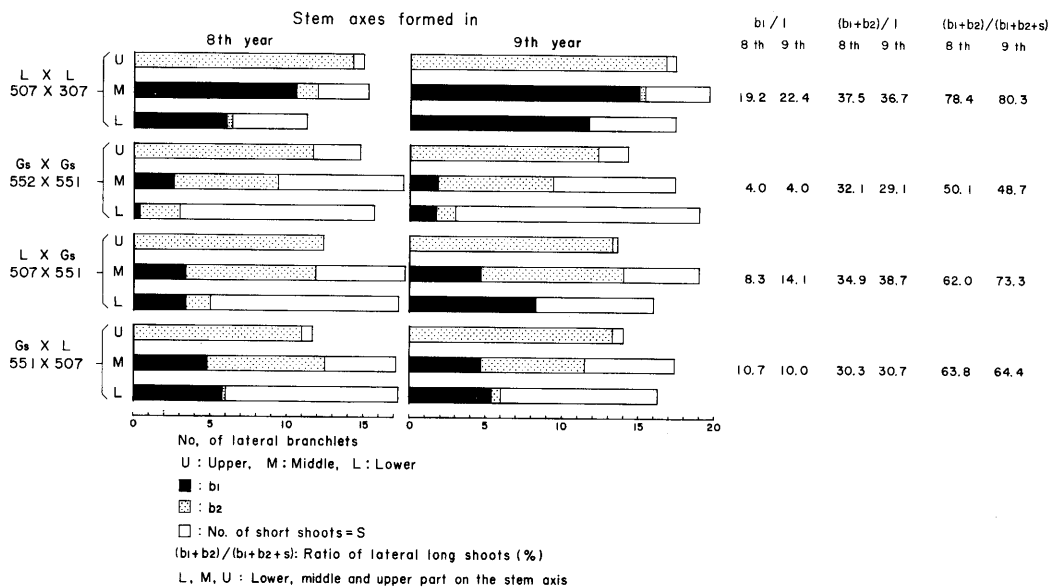


図-9 10年生植栽木の8,9年次主茎上に伸長年と翌年に形成された側枝の数(Gr.-II)

Fig. 9. Number of lateral branchlets formed on the stem axes, grown in the 8th and 9th years, on 10-year-old seedlings of Gr.-II.

種間交雑の正逆家系間では、いずれの組合せにおいてもほとんど違いがない。

このように分枝性は、とくに多枝型のLと寡枝または無枝型の種・変種との間のいろいろな雑種世代における両親(種)の遺伝的關係を形態的に表現する標識形質として極めて有用である。

既に述べたように、側枝形成数(b)と側枝高(h)の間にはいずれの種、変種及び雑種においても高い相関が認められることから分枝性の表示にはどちらか一方を用いれば十分である。

分枝性に係わる二つの形質(b, h)は、栽培・環境条件によって影響もされるが、実際に広く利用できるものである(関1941, 大島ら1974, 梶ら1974, 千葉・永田1976)。

III-3 苗齢による分枝性の変異

これまで論じた分枝性は、前に断ったように、2年生時の苗の当年伸長主茎上に同年に形成される側枝を対象としたものである。ところで、この2年生時伸長主茎部分には更に3年目の生長期にも側枝が形成され、特に上半部に集中する。そして、このような傾向は、他の種・変種においても共通してみられる。

図-8は、Gs, L及びGk・L雑種 F_1 の6家系の2年生苗を床替して前年伸長主茎上に2年次と3年次に形成された側枝数を調査した結果を示したものである。これによると次のような傾向が認められる。

形成される側枝の総数は、Gs家系では2年次に少なく3年次に多いが、L家系では3年次より2年次に多い。また、両年の合計ではGsよりLの方が多く、Gk・Lは更にそれより多い。側枝密度(b/l)と比べると、初年次には $L > Gk \cdot L > Gs$ の順になり種・雑種間の差がかなり大きい、両年次の合計による側枝密度ではその差が極めて小さくなる。

上記のような関係は、図-9に示すとおり樹齢10年時に調査したGr.-IIの植栽木の8,9年次の

主茎上において伸長年と翌年に形成された側枝についてもほぼ同様に認められた。Gj, L 及びそれらの雑種 F₁ の側枝形成の特性は、10 年時においてもなお持続されている。梶・畠山(1984)によれば、北海道内大樹町及び新得町の試験地における9年生の G_j × L は L に比べて枝密度が低く、耐風性や耐雪性に優れているという。

第4章 苗の植物季節学的諸形質

苗の植物季節学的諸形質について論ずる前に、これと伸長生長との関係について検討しておく必要がある。G 各変種, L 及びその雑種 F₁ を主なる対象として述べる。

図-10 に、試験地[1033] (標高 480 m, 1964 年植栽) に定植後3年目すなわち5年生時の Gr-I の生長曲線を示す。本調査地では、苗の主軸頂芽から新主条が肉眼的にはじめて見られるようになる時期は各家系とも6月上～中旬である。頂芽は5月上旬に開芽を始めるから開芽後新条が伸び始めるまでには約1ヶ月を要したことになる。

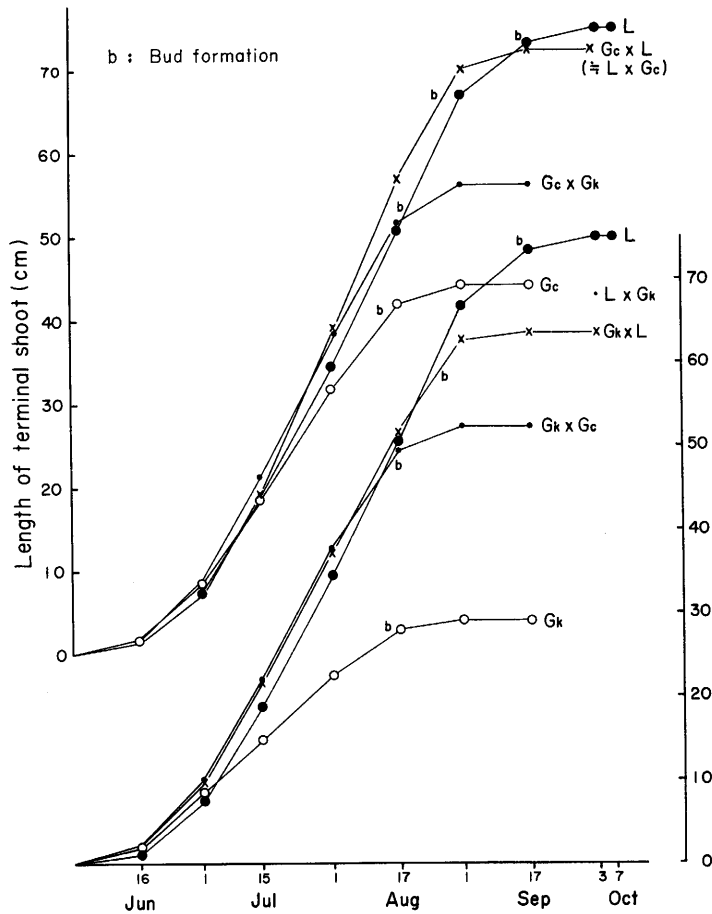


図-10 Gk, Gc 及び L 二面交雑家系の植栽後3年目の生長曲線: 試験地[1033]

Fig. 10. Growth curve of the diallel-cross families of Gk, Gc and L in the third year after planted in [1033].

6月6日の時点では、いずれの家系も新主条の長さがまだ測定できないほど短く、伸長生長開始時期には、種・雑種の間でほとんど差がない。

Gk と Gc は、6月中旬から7月初めにかけての伸長生長速度がLに僅かに優っているが、その後Lより生長が遅くなり、1ヶ月以上も早く頂芽を形成して伸長を停める。G各変種の樹高生長がLより劣るのは、このように伸長生長時期の著しく短いことが原因である。しかし、Gc・Gk雑種F₁は伸長生長が著しく旺盛で、頂芽形成が両親種より数日遅く従って伸長量も遙かに大きい。

LとG両親種との雑種F₁は、初期から9月初めまでの伸長生長はLよりいくらか優っているが、10～15日早く頂芽を形成し生長を停める。つまり、雑種F₁は生長時間の長さはG変種とLの中間であるが、初期の生長速度がLよりやや大きいために、全体の樹高生長がL程度になるといえよう。なお、厳密には肉眼的観察による頂芽形成期と伸長停止期は同じでない。

上述の生長特性にはいくつかの植物季節学的形質が関与する。本章ではそのうち、上の開芽期及び頂芽形成期のほか黄葉期と落葉期についてGr-I～Vの2年生苗木を対象に観察分析を行った。

I 材料と方法

I-1 開芽期

1976年春に、試験地[1033]に定植後満2年を経たGr-Iの各家系20本づつを対象に開芽期の観察記録を行った。

各植栽木の所定の芽の位置は、茎と最上位の輪生状枝の1本の主軸上でそれぞれ頂芽と適当な側芽各1個、計4個の芽について鱗片がほころび新葉が現れた時点をもその芽の開芽日とした。4月30日(0点)より起算した日数で表わし、調査は、4月26日から隔日に行い20本の平均値を以て各家系の値とした。

I-2 頂芽形成、黄葉及び落葉の各期

第3章と同じGr-I～Vの2年生苗木について、側枝形成と平行して観察記録を行った。

苗(植栽木)の梢端の針葉が側方に開きその中心に肉眼的に認識できる頂芽が初めて認められた時点をもその個体の頂芽形成日とした。Gr-I(1963年)については9月2日より、他の材料については7月中旬より2～4日間隔に観察記録を行った。各時期は7月31日(0点)より起算した日数で表した。また苗木各個体のほぼ半分の針葉が黄葉または落葉した時点をもその黄葉期及び落葉期とし、9月20日(0点)より2～4日間隔で観察記録を行った。

II 結 果

II-1 開芽期

Gr-IのGk, Gc及びLの二面交雑家系を種内、種間の交雑組合せごとにまとめ、それぞれの平均値をとると、4個の調査対象芽の中で、通常最も早く開芽する枝の側芽と最も遅い主茎の頂芽との間に種内交雑家系ではGk 2.6日、Gc 5.6日そしてL 6.3日の日数差がある。また、雑種家系はそれぞれ両親種の間の日数差を示す。調査対象全30家系についての輪生状枝側芽と茎の頂芽との開芽日の相関は、高い($r=0.734^{**}$)。種内交雑家系の茎頂芽の平均開芽日は、Gk 3.2(5月3日)、Gc 7.0(5月7日)、L 8.0(5月8日)で、最も早いGkと遅いLとの間に5日の開きが認められる。

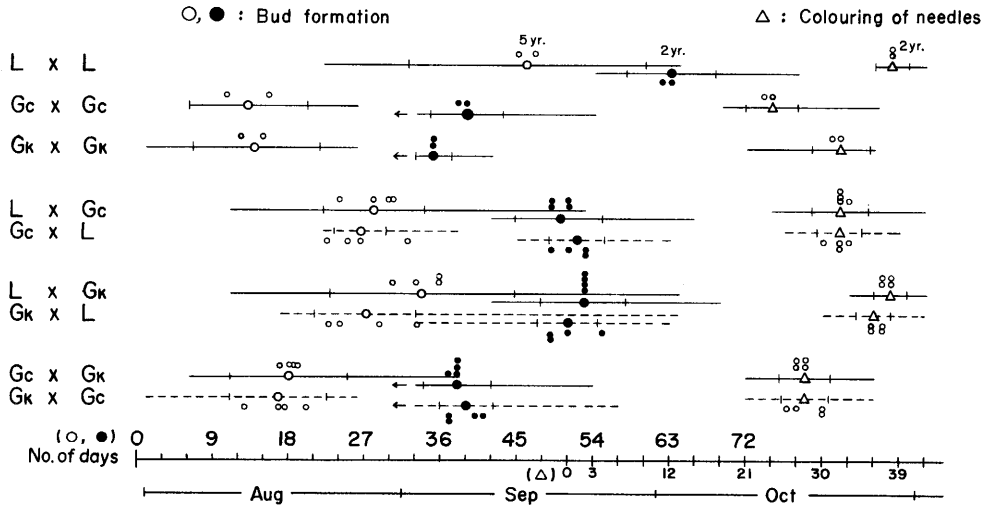


図-11 Gk, Gc 及び L 二面交雑家系における 2 及び 5 年生時の頂芽形成期と 2 年生時の黄葉期 (Gr.- I)
注) 各記号: 変異幅, 標準偏差, 所属全家系平均及び家系ごとの平均.

Fig. 11. Variations in the times of terminal bud formation at the age of 2 and 5 years and that of colouring of needles at the age of 2 years of Gr.- I.
N. B.) Symbols: Range, standard deviation, mean of all families and mean of each family.

概して開芽の早い種, 変種あるいは雑種ほど枝の側芽の開芽から茎の頂芽の開芽までの日数が少なく, 新条の伸長開始の時期が早く, またその後の伸長速度も早い傾向がみられる。

II-2 頂芽形成, 黄葉及び落葉の各期

II-2-1 種間雑種 F₁ 家系における変異 (Gr.- I, II, III)

(1) Gk, Gc 及び L の二面交雑家系 (Gr.- I)

図-11 に, Gr.- I の 2 年生時の苗の頂芽形成期と黄葉期及び 5 年生時の頂芽形成期について家系を同種の組合せごとにまとめた平均値, 標準偏差及び変異幅を示す。図には同じ組合せに属する家系毎の平均値も○印で合わせ示した。

頂芽形成期: 種内交雑家系 2 年生時の頂芽形成期は, Gk と Gc では 8 月下旬から 9 月上・中旬まで, L では 9 月下旬から 10 月中旬までの間で約 30 日の差がある。ただし, この年の調査を始めた 9 月 2 日の時点で Gk は 50%, Gc は 24% の苗が既に頂芽を形成していたので, この点も考慮に入れておく必要がある。同様に Gc・Gk においても 15 及び 11% の苗が頂芽形成に入っていた。

L と G 両変種との雑種 F₁ 家系の頂芽形成期の中心は 9 月中旬ないし下旬で, その平均値は両親種の値のほぼ中間に位置する (ただし, 上述の点を考慮すると雑種 F₁ 家系の位置は L の方へやや偏っているというべきである)。Gc・Gk 雑種 F₁ 家系の値は, 両親種家系のものほとんど変わらない。

各組合せの正逆家系間ではほとんど差異がみられない。

5 年生時の頂芽形成期は, いずれの家系においても 2 年生時のそれより 20~25 日早まり, 全 30 家系における両者の相関は高い ($r=0.95^{**}$)。

黄葉期: 種内交雑家系間では, 早い方から Gc, Gk そして L の順となり, Gk と Gc は頂芽形成

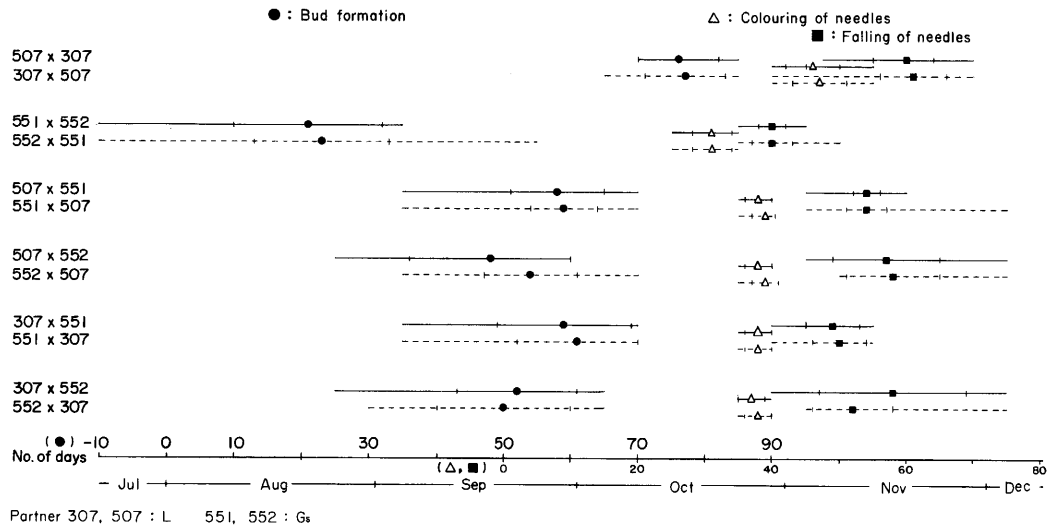


図-12 GsとLの二面交雑家系の2年生時における頂芽形成、黄葉及び落葉の各期(Gr.-II)
注) 記号は図-11と同じ。

Fig. 12. Variations in the times of terminal bud formation, colouring and falling of needles at the age of 2 years of Gr.-II.

N. B.) Symbols the same with those in Fig. 11.

期と順位が逆転する。また、変異幅は頂芽形成期のそれより狭くとくにLが著しい。この傾向は雑種にもみられる。

同じ1963年に調査したGr.-Iの交配供試木親木の黄葉期(黄葉50%の時点)は、Gc V-78: 10月5日, V-79: 10月3日, Gk V-92: 10月16日, V-93: 10月23日, L V-73: 10月22日, V-74: 10月18日であった。

この順序は上記の種内交雑家系の順序とほぼ等しいといえる。例外的にV-93はGkの中でもとくに黄葉の遅い個体である。

種間雑種F₁家系は、それぞれ両親種家系の中間かそれより1~3日Lの方へ偏った値を示す。Gc・Gkは両親種家系のほぼ中間に位置する。正逆家系間の差異はいずれも極めて小さい。

(2) GsとLの二面交雑家系(Gr.-II)

図-12にGr.-IIの各形質の値をまとめて示す。

頂芽形成期: 調査は頂芽形成を最初に認めた7月20日から2~4日の間隔で行った。

種内交雑家系の平均頂芽形成日は、Gs(8月22日)とL(10月17日)の間に56日の開きがあり、GsはLに対し標準偏差が約2倍、全期間の幅も2ないし3倍と大きい。

雑種F₁家系の頂芽形成期は、両親種家系に挟まれているが、各家系の平均値は中間か若干Lの方へ偏っている。標準偏差も家系によってL又はGsに似て変動する。

交配に用いた2本ずつの母樹のうち、Gsの場合V-551の半兄弟家系はV-552のそれより平均値で5日ないし11日遅い。Lの場合はその差が小さい。

正逆家系間の差異は、V-507・V-552の組合せが6日の違いを示すほかはすべて2日以内で、いずれも有意差は認められない。

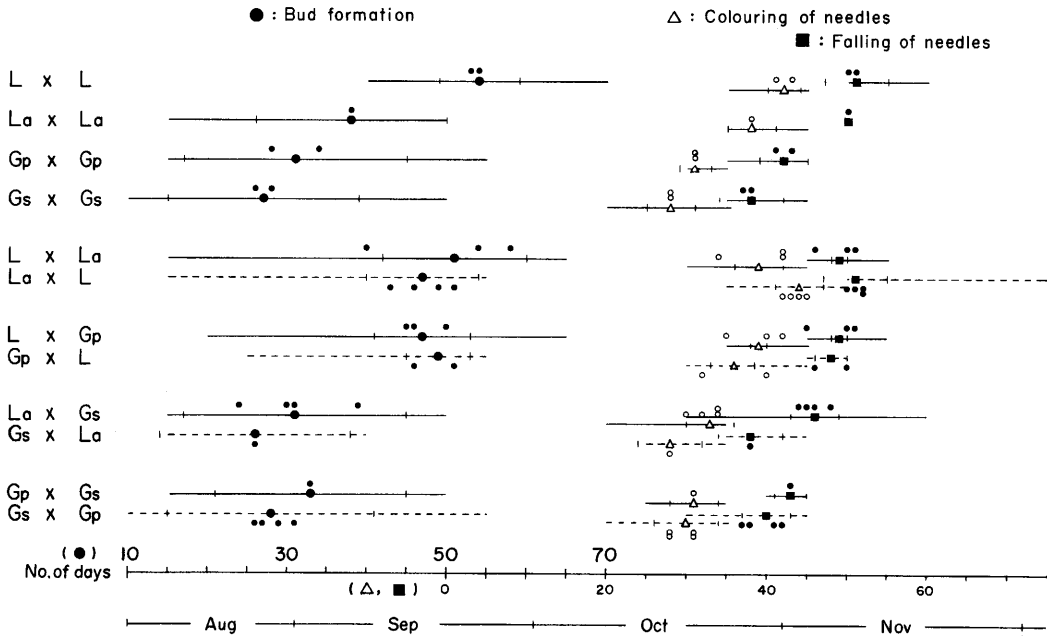


図-13 Gs, Gp, L 及び La 種内・種間交雑家系の 2 年生時における頂芽形成、黄葉及び落葉の各期 (Gr.-III)

注) 記号は図-11 と同じ。

Fig. 13. Variations in the times of terminal bud formation, colouring and falling of needles at the age of 2 years of Gr.-III.

N. B.) Symbols the same with those in Fig. 11.

黄葉・落葉期：種内交雑家系では、Gs が黄葉期の平均で 16 日、落葉期の平均で 21 日 L より早い。一方、雑種 F₁ 家系では、黄葉期は両親種家系のほぼ中間、そして落葉期は中間ないしやや L 寄りに偏っている。ここでは GsV-552 の半兄弟家系の落葉期が V-551 のものよりやや遅く、頂芽形成期とは逆の関係を示している。正逆家系間では、V-307・V-552 組合せの落葉期に 6 日の違いがみられるほかはいずれも差は 1 日である。

(3) Gs, Gp, L 及び La の種内、種間交雑家系 (Gr.-III)

図-13 は、Gr.-III の観察結果を種内及び種間交雑組合せごとにまとめたもので、家系別の値は平均値のみを示す。

頂芽形成期：種内交雑家系では、平均値の早い方から Gs (8 月 27 日)、Gp (8 月 31 日)、La (9 月 7 日) そして L (9 月 24 日) の順となり、La は G 両変種より約 1 週間遅い。前 3 者は変異幅も大きく標準偏差が L の 2 倍以上である。

Gp・L 及び La・L 家系の各形質は、それぞれ両親種の間で L の方へ偏った平均値を示す。La・L 雑種の中には、母樹によって L よりも遅いものもあり、家系による変動が大きい。

La・Gs の場合は両親種の間で Gs の方へ偏った平均値を示すが、やはり家系間の変動が大きい。

Gp・Gs はもともと Gp と Gs の差異も小さく、ほぼ同じ時期に重なっている。

正逆家系間の差はいずれも5日以内で、Gr-I, IIの場合ととくに変わっていない。

黄葉・落葉期：黄葉期の平均値は、早い方からGs(10月16日), Gp(10月20日), La(10月27日), L(10月31日), また落葉のそれはGs(10月27日), Gp(10月31日), La(11月8日)そしてL(11月9日)の順である。Laの値は黄葉・落葉期共にLに近い。

両親種の平均値に開きのあるGs・LaとGp・L家系の場合には、すべてこの平均値の間にあり、黄葉期はほぼ中間のそして落葉期は遅い親種の方に多少偏った値を示し、この点はGr-IIの場合とよく似ている。ただし、両形質ともGs×Laのみは早い方のGsとほとんど変りない平均値である。両親種の平均値が接近しているGs・GpとLa・Lの家系は、両親種とほぼ時期が重なる。

II-2-2 種間雑種 F_2 , 戻し及び三系交雑家系における変異(Gr-IV)

図-14に、Gr-IVa~cの各家系の頂芽形成期と黄葉期を同じ組合せの雌性親を同じくする家系ごとにまとめて示す。

頂芽形成期：Gr-IVaのGk×L雑種 F_1 を交配親とする F_1 ・Lは F_1 そのものまたは次代 F_2 よりも明らかにLの方へ、一方、 F_1 ・GkはGkの方へ偏った値を示している。また、 F_2 に当たる家系はすべて多少とも F_1 より早くなる。なお、 F_2 , F_1 ・L及び F_1 の標準偏差はそれぞれあまり変わらないが、 F_1 ・Gkの値はこれらよりいくらか大きい。

Gr-IVbに属する各雑種家系($Gp \times L = F_1$ とする)の頂芽形成期は、いずれを雌性親とする場合も早い方から $F_1 \times Gp - F_2$ open— $F_1 - F_1 \times L$ の順となる。 $F_1 \times L$ は F_1 (V-307×V-81)と同じかそれよりもややLの方へ偏る。標準偏差は、IVbの場合と同じく大きい方から $F_1 \times Gp \geq F_2$ open $> F_1 \times L$ の順に並ぶ。

Gr-IVcの(Gk×L)×Gc, (D×L)×Gc及び(D×L)×Gkの各三系交雑家系は、それらの雌性親の自然交雑による F_2 家系よりも頂芽形成期が早い。一方、(Gk×L)×Dのそれは自然交雑の F_2 家系とほぼ同じ時期になっている。前三者の標準偏差は(Gk×L)×Dのそれよりも大きい。

Gr-IVaとIVcに分かれているが、同じV-566を雌性親とする F_2 , 戻し及び三系雑種家系について頂芽形成期の早い方からその花粉親を並べると、V-78(Gc)≒V-87(Gk), V-565(F_1), V-573(D), そしてV-307(L)の順となり、各雑種世代とその花粉親は頂芽形成期の順序が一致する。

このように、三系雑種には戻し交雑と同様に1/2親(この場合は花粉親)として組み入れられる種の影響が強く現れる。

黄葉期：Gr-IVa, bに属する各雑種家系の黄葉期の期間と標準偏差は、頂芽形成期のそれと比べてかなり短く小さい。この傾向は雑種 F_1 世代でも認められるものである。また、平均値にみられる雑種家系の順位関係は、頂芽形成期の場合と非常に似ている。ただ例外的に($Gp \times L$)×L家系の黄葉期が($Gp \times L$) F_2 家系とほぼ同時であり、またGk×(Gk×L)[V-87×V-549]の黄葉期が冬芽形成期に比してやや遅い。

Gr-IVcの三系雑種も同時に黄葉期の期間と標準偏差が頂芽形成期のそれに比べて短く小さい。Gr-IVaとIVcのV-566を雌性親とする各雑種世代家系の黄葉の早い順から花粉親名で示すと、V-78(Gc), V-87(Gk), V-565(F_1), V-307(L), V-573(D)の順となり、ここでも花粉親そのものの順序と一致することがわかる。

以上、Gr-IVにみられる頂芽形成期と黄葉期の遺伝的傾向や母樹や種の組合せについての関係は、分枝性(第3章)の場合と非常によく似ている。

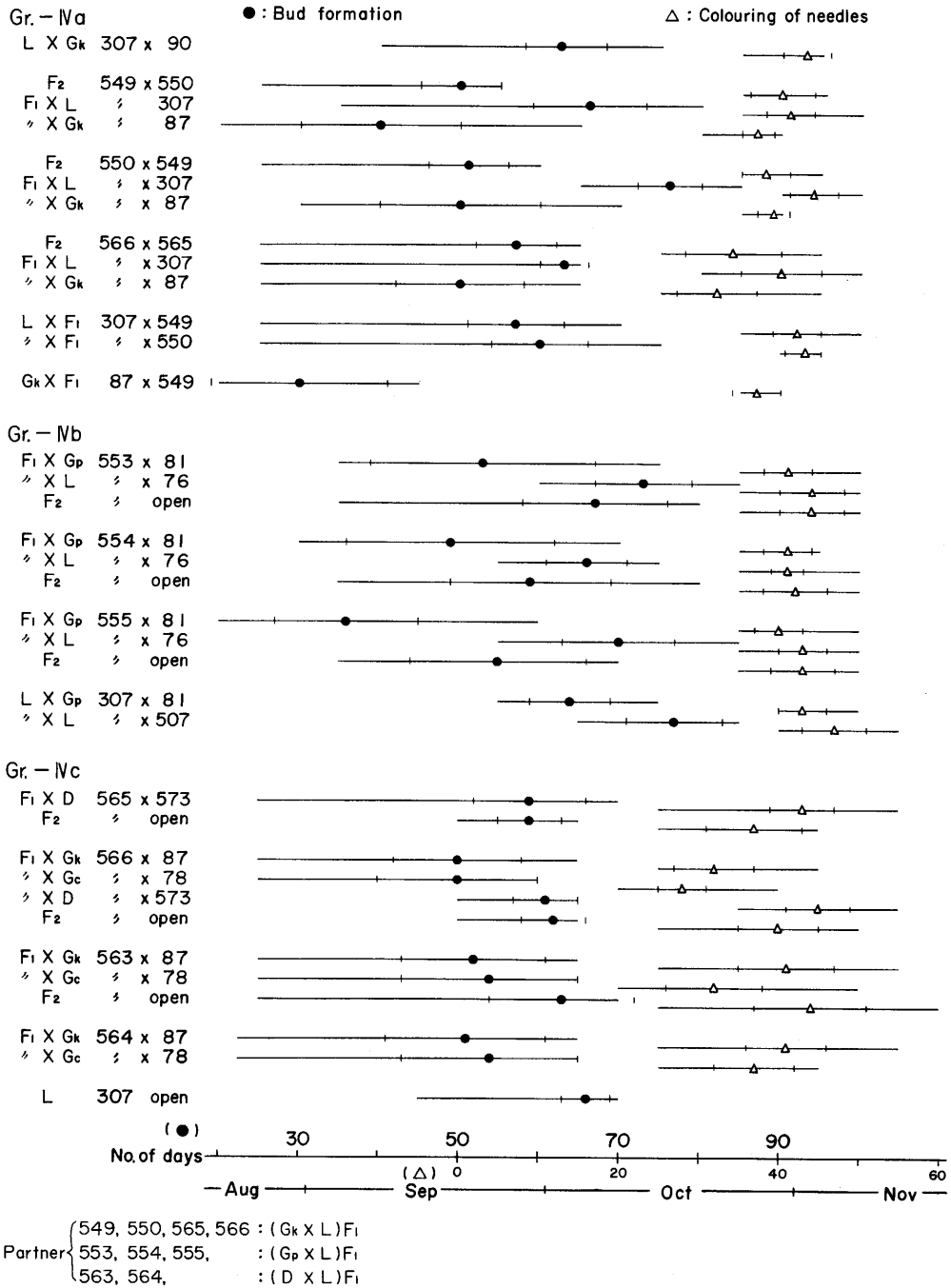


図-14 種間雑種 F₁ 及び F₂ と戻し及び三系交雑の各家系 2 年生時における頂芽形成期と黄葉期 (Gr.-IV) 注) 記号は図-11 と同じ。

Fig. 14. Variations in the times of terminal bud formation and colouring of needles at the age of 2 years of Gr.-IV.

N. B.) Symbols the same with those in Fig. 11.

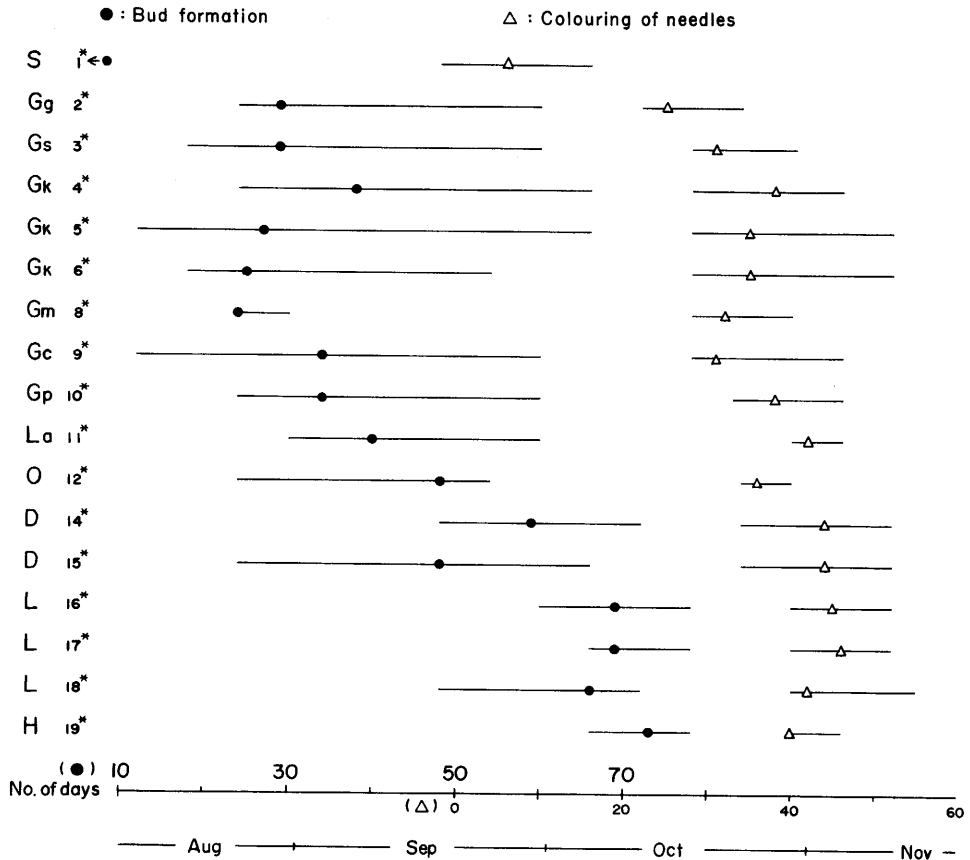


図-15 カラマツ類種・変種の2年生苗における頂芽形成及び黄葉期(Gr.-V)

注) 記号は図-11と同じ。*表-2参照。

Fig. 15. Variations in the times of terminal bud formation and colouring of needles at the age of 2 years of Gr.-V.

N. B.) Symbols the same with those in Fig. 11. *cf. Table 2.

II-2-3 種・変種間の比較(Gr.-V)

図-15は、表-2に掲げた各材料の頂芽形成期と黄葉期の期間と平均値を示す。本図における種・変種の配列は、天然分布域の平均的緯度の高いものほど上になるようになっている。

図-15のとおり種・変種各材料の原産地の緯度と頂芽形成期との間には高い負の相関が認められる。黄葉期においてもほぼ平行的な関係はあるが相関はやや低い。頂芽形成期の最も早いS(*L. sibirica*)と最も遅いH(*L. griffithii*)の間で約100日の差がある。この両者は、それぞれカラマツ属の天然分布域の最北と最南の位置を占めるものである。

Sの幼苗は夏至を過ぎて程なく頂芽を形成して伸長生長を停止するため、全種の中で最も伸長生長期間が短く、従って伸長量も小さい。逆に、Hは頂芽形成が最も遅くそれに伴って新条のホルク化も遅れるため、早霜害や凍害によって生育出来ない。

既に述べたようにG各変種の頂芽形成期間(8月中旬から9月中・下旬まで)は非常に長い。

La, O及びDは、G各変種とLとの中間(9月中または10月上旬まで)に位置する。これら3

種の天然分布域は広いので、分枝性と同様に、更に産地による変異についても検討する必要がある。

Lの産地あるいは母樹家系による変異は、これまで演習林における調査ではあまり大きくない。富士高地の家系でさえ他の産地より1週間程度早いだけである(倉橋ら1973)。

前述のように、黄葉期にみられる種・変種間の関係は頂芽形成期のそれとほぼ平行的である。Gの変種・系統の間では、次の三つのグループの間で黄葉期に明らかな差がみられる。(数値小:黄葉早い) $Gg < Gs, Gc, Gm < Gk, Gp$ (大:遅い)。

以上の結果は、Gr-I~IVで交雑親として示された種内家系の頂芽形成・黄葉両期を総合した順位関係とほとんど異ならない。

III 考 察

III-1 各雑種世代の植物季節学的諸形質の変異

カラマツ属のほとんどの種・変種の苗や植栽木は短い期間に一斉に開芽し、それらの差異は小さい。しかし、この短い期間内でもG各変種とLとの雑種 F_1 世代の開芽期は両親の中間に位置する。

一方、秋季の頂芽形成、黄葉、落葉の早晚には、種・変種間に顕著な変異が見られる。そして、これらの中で種間雑種をつくると、両親種の形質発現期が早・晩に分かれる場合には、中間的な値を示し、いずれかにそろう場合には雑種もそれにならう。

G各変種の頂芽形成期はLより40~50日早く、全期間の幅が大きい。両者間の雑種 F_1 世代の頂芽形成期は平均値で両者の中間かややLに偏っている。戻し交雑家系は戻す親種の方に偏った値を示す。本研究で作られた各三系雑種においても戻し交雑と同様の傾向が認められた。

以上要するに、カラマツ属の種内及び種間雑種の植物季節学的諸形質における関係には、それらの分枝性の場合とよく似た傾向が認められる。従って、特に頂芽形成期は種(変種)・雑種間に特徴的な表現をとるため天然雑種苗判別の有効な指標となる。

III-2 開芽期と晩霜害

林木の晩霜害は、その種の開芽の早晚としばしば密接に関係して生ずる。北海道では、苗畑や若い造林地での開芽後まもないトドマツが晩霜害を受けた状態がよく観察される。同様の被害は *Abies* や *Picea* の導入植栽木でも見られる。

Lの開芽後の晩霜害については、本州には報告があるが(藤井ら1965)、北海道での観察例は極く少ない(酒井1968, 倉橋ら1970)。北海道中央の平地では、カラマツ類の幼齢植栽木の開芽期は4月下旬から5月上旬にかけて1週間ほどの内に集中してみられるが(佐々木ら1971)、やはり晩霜害を受けることはほとんどない。

そこで参考までに、高寒冷地造林適性を調べる目的で、1964年と'68年に大雪山白楊平(標高840m)の国有林内に試験地を設けて調査観察した結果のうち耐凍霜性に関する部分について以下にふれる(倉橋ら1970)。

後で述べる秋・初冬季の早霜害に比べて開芽以後盛夏以前の晩霜害は、7月に入って氷点下の低温を記録した1968, '70の両年のみに認められた。両年とも伸び始めた長さ5~10cmの新条の極く先端部が褐・黒変して屈曲あるいは下垂する症状を呈し、秋から冬にかけての被害とは明らかに区別できる。他の年には、新条が伸び出す前の開葉まもない新葉に被害を受けた形跡すら

みられなかった。

概観して伸長開始の早い S や Gk が若干害を受けやすいといえるが、1968年7月4日のように全ての種、雑種の新条が既に5~10 cm以上に伸びていてそこに低温(-1.4°C以下)障害を受けた場合には、種や雑種の間で耐性にあまり差がみられない。中では La が他より僅かに強く、L が弱いようにみられた。しかし、被害後の再生回復力では、L が強く Gk や S は弱い。

Gj と L との伸長開始期からみると、晩霜害多発の可能性がある地域では、伸長開始の若干早い Gj の方に僅かながら被害の危険性が大きいといえよう。白楊平試験地においても僅かにその傾向が認められる。しかし実際に北海道で、両者の伸長開始期の差異が決定的に左右するほどの晩霜害はないように思われる。

いずれにしても、カラマツ類は冬芽の鱗片がほころび針葉の先端が開き始めてから20日ばかりを経なければ当年の軟らかい新条が伸び出さないで、その間に晩霜による被害を回避しているように考えられる。

III-3 生長期後半における各形質の発現時期と耐凍霜性

L は、北海道東・北部地方の苗畑では苗木が遅くまで生長を続け、年によっては早霜あるいは初冬の低温によって木化の不十分な梢端部が先枯れ型の凍害を起こす。道央部でも時に同様の被害がみられる (HAMAYA et al. 1968)。L は再生力が旺盛なのでこうした弱度の被害が翌年の生長に大きな影響を与えることはあまりないが、床替えや山出しの歩止りを低下させることがある。しかし、樹齢に伴って秋の生長停止期も早まるので、低山域の植栽地ではこのような凍害を受けることはほとんどなくなる。

カラマツ属の種・変種は、春の開芽期とは対照的に、秋季の植物季節学的各形質の発現時期に大きな変異を示す。また、これら各形質の発現あるいは変化の主要時点と耐凍性増大過程との間に高い相関が認められる (HAMAYA et al. 1968)。

凍結実験によると、Gj 3年生苗は、演習林山部苗畑での自然日長及び温度変動の条件下では9月下旬に-5°Cに対する耐凍性を獲得する。苗はその後ゆっくりとその耐凍性を増大し、10月下旬には-15°Cに耐え、ついで11月下旬以降には-25°Cに耐えるようになる。一方、L 苗ははじめ全く耐凍性を示さず、Gj より約1ヶ月遅れて10月下旬にやっと-5°Cに耐えるようになり、以後急速にその値をまして Gj とほぼ同様に-25°Cに耐えるようになる。両種の雑種 F₁ はその中間の変化をたどり、その変異幅は両親種よりはるかに大きい (HAMAYA et al. 1968)。

Gj, L 及び両者の雑種の苗が-5°Cに対する耐凍性を獲得する時期は、それぞれ頂芽を形成してから約30日後である。

要するに、秋から初冬にかけて耐凍性を獲得し始める時期には、種や雑種の違いがあるが、厳冬期の耐凍性には大きな開きがない。

前述の大雪山・白楊平カラマツ類試験植栽地において、秋から初冬にかけての耐凍霜性を調査した結果によると (高橋(延)ら 1970)、S はいずれの年も全く被害を受けていない。Gk, Gm, La, D も被害の小さい方である。しかし、L は毎年しかも最大の被害を受けている。雑種 F₁ 世代の中では、Gk×L と Gp×Gk が強く、とくに Gp×Gk は被害が少ない。G 各変種と L との雑種 F₁ も毎年被害が少ない。

植栽後4年間に梢端部が受けた凍霜害の程度をみると、初霜の早晚と関係することは明白である。すなわち、被害の大部分は9月上旬から10月上旬の間に起きた初霜の害と考えられ、厳冬期

の凍害とみなされるものはほとんどない。このことは室内凍結実験 (HAMAYA et al. 1968) の結果ともよく一致する。

以上要するに、カラマツ類種・変種間、特に Gj と L との耐凍性の違いは厳冬期の低温よりむしろ初霜に対する耐性の有無によって決められる。そして、両種の種間雑種は中間的な耐早霜性を示す。

III-4 頂芽形成期と日長反応

上述のように、苗や植栽木の頂芽形成期は、種や雑種の、あるいは産地を異にする集団ごとの耐凍性の獲得時期や時に産地そのものを判定するための重要な指標形質となる。

小早川 (1944) は、L と Gj における伸長生長と日長との関係を調べた。それによると両者とも長日条件下で生長を持続し、短日条件下で抑制するが、L が生長を持続するのに必要な日長時間の限界が 10~12 時間であるのに対し Gj のそれは 12~14 時間である。つまり Gj の方が L よりも日長反応が敏感で、短日による生長量の減少が大きい。一方、浅田ら (1965) も、日長反応に関する試験を行い、Gj については上の結果を支持したが、L についてはやや異なる結果を得た。永田 (1966) は、L と S の長日処理を行い、両者ともに苗高の増加が認められるが、後者の方がその効果が大きいと述べている。

1970 年に、山部苗畑と東京大学演習林田無試験地とで自然日長・温度条件下における栽培を行い、L と Gj の日長反応を比較した。

夏至ころの自然日長は、山部 (43°13' N) 16 時間 40 分くらい、田無 (35°41' N) 15 時間 40 分くらいで、その間に約 1 時間の差がある。

L の頂芽形成期は、平均値で山部が 9 月 27 日 (伸長量 51 cm)、田無が 10 月 15 日 (同 52 cm) で、各々の日の自然日長は山部で約 12 時間、田無ではそれ以下である。一方、Gj は山部では 8 月 17 日 (同 34 cm) に、そして田無では 6 月 6 日の (同 6 cm) に頂芽を形成するが、その時の自然日長は共に約 14 時間である。これらの自然日長はいずれも小早川 (1944) のいう生長持続限界日長に近い。

山部での L の頂芽形成が田無より半月以上早くなっているのは、北海道における秋口の気温の早い低下も影響しているように考えられる。Gj は田無では夏至前に頂芽を形成してしまい、山部との伸長生長の差が顕著である。

これとは別に 1968 年に山部苗畑で、Gj, L 及び雑種 F₁ を用いて 6 月 22 日から 9 月 22 日までの 3 ヶ月間 1 ヶ月おきに処理開始時間をずらし、日没後 2 時間 30 分照明 (自然日長+2 時間 30 分の明期) の長日化と日没前 2 時間 30 分暗室化 (自然日長-2 時間 30 分の明期) の短日化の両処理を行った。短日、対照及び長日の各処理による生長期間は Gj が 86 日 (伸長量 11 cm), 128 日 (同 27 cm) と 144 日 (同 25 cm), Gj×L が 93 日 (同 14 cm), 141 日 (同 42 cm), 175 日 (同 44 cm), そして L が 101 日 (同 14 cm), 153 日 (同 39 cm), 185 日 (同 25 cm) となり、Gj×L は両種の平均的な生長期間を示したが、伸長量は短日下では両種と同じく著しく低下させたが、長日下では Gj×L だけが伸長量を増している。

このように、カラマツ類を育成しようとする場合はまず、親種とともに生長停止ないし頂芽形成に対する日長反応について、またそれによって植栽適応範囲を予知しておくことが必要であろう。

第5章 耐鼠性と耐宧性

野鼠の食害に対してGjがLより強いことは早くから知られていた。戦後の導入材料についても数多くの室内動物実験が実施され野外植栽試験地での観察調査が行われたが、カラマツ属の中ではやはりGjが最も耐鼠性の強いことが確認された(千葉・永田1963, 高橋(延)・西口1966)。

G各変種とLとの種間雑種の耐鼠性に関しても上と平行して動物実験が行われ、特にGk及びGsは抵抗性が十分実用に耐える程度の雑種F₁を産することが明らかにされている(千葉・永田1963, 高橋(延)・西口1966, 千葉1967)。また、GjとLの正逆家系の耐鼠性は雌性親からの影響をより強く受ける傾向が認められている(高橋(延)・西口1966)。

耐鼠性については、これらの諸報告以後さらにGjとLの雑種F₁, F₂及び戻し交雑世代のエゾヤチネズミ食害実験を1971年からの4年間実施したので(小笠原ら1974, 1975), 以下その結果について総括してGjとLの各雑種世代の耐鼠性の位置づけを試みる。

耐宧性は耐鼠性と高い相関を示すことが明らかにされている(千葉・永田1963, 高橋(延)・倉橋1967)。耐宧性については、Gr-Iの植栽木における被害を中心に触れる。

I 材料と方法

耐鼠性の動物実験には、Gr-II, III及びIVの主として3年生苗の主茎2年生部分が用いられた(他の年齢の苗を用いる場合も2年生即ち前年伸長部分が用いられた)。また、Gr-Iの10年生植栽木を正逆家系間の検定材料として用いた。

室内実験には個別摂食法(高橋(延)・西口1966)と集団摂食法(千葉・永田1963)とがあるが、従前の実験ではほぼ類似した結果が得られている。そこで初めに、より簡便な後者の方法を試みた。ところが、実験Iの雑種F₁がこれまでの知見とやや異なる同時摂食量の順位を占めた。そこで更に確認の意味をこめて、個別摂食法及び2家系ごとの集団摂食という両方の折衷的方法による追加実験を行った。実験各法の具体的内容は次の通りである。

実験I：8家系集団摂食法

毎回各家系1本の苗木の主茎2年生部分から長さ5cmのピース4本をとり、飼育箱内でそれぞれ全家系を含む4個のブロックに配列して一時に7頭に摂食させ、これを2~4回反復する。

実験II(1)及びIV：2家系個別摂食法

毎回各家系4本の苗木より苗木1本当たり3~4本計14本のピースをとり、個室内の14頭に両家系1本ずつのピースを比較摂食させ、これを2~3回反復する。

実験II(2), III及びV：2(3)家系集団摂食法

毎回各家系4本の苗木より各々4本ずつ計16本、合わせて32本のピースを一時に7頭に摂食させる(ただし、実験IIIは3家系×苗2本×ピース4本=計24本とする)。これを2~4回反復する。

各方法とも、摂食時間は夕方16時より翌朝8時までの16時間であった。この前後に試料を秤量して1本当たり被食減少量を求め実験時間中の水分消失量を概算補正してから簡明のため100倍した値を以て被食量とした。また、全ての実験につき、以下の判定基準に従って供試ピースの食害程度を調べた。完全に樹皮が咬食あるいは剥脱され全長全周にわたって木質部が現れたもの

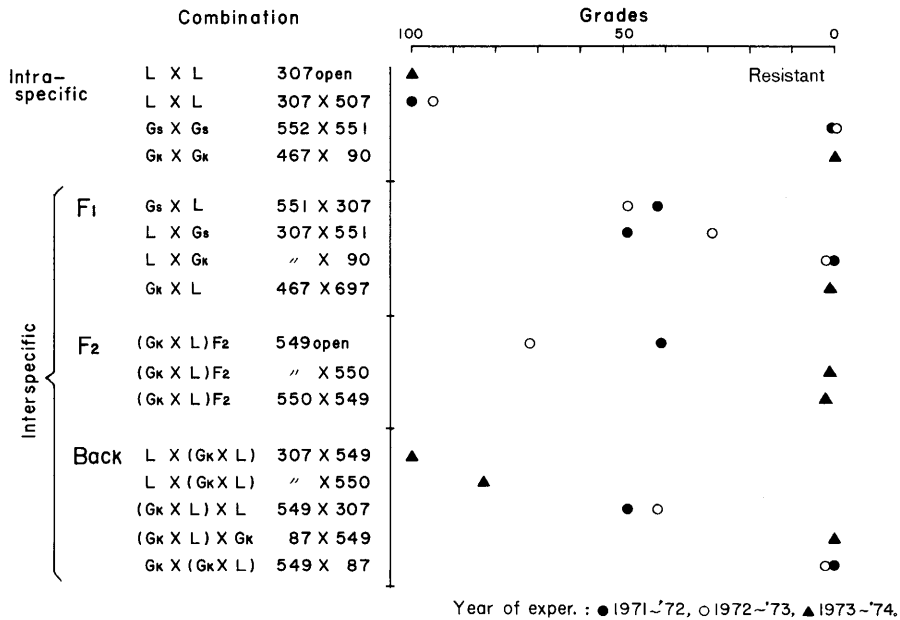


図-16 Gj と L の各雑種世代の野鼠食害度

Fig. 16. Grades of vole-gnawing in various generations of hybrids between Dahurian larch and Japanese larch.

を 100 とし、以下その割合によって 75, 50, 25, 1 (歯跡あり), 0 (全く食害なし) と食害の評点 (食害度) を付した。実験は 1971 年 11 月~'74 年 2 月の間に行われた。

なお、実験 I に用いた材料を、平行して行った野外食害試験にも供した。

野兎の食害調査は、[1033] 植栽地の Gr.- I について、1966, '67 の両年に各 1 回づつ行われた。

II 結 果

II-1 耐鼠性

II-1-1 Gj と L の F₁, F₂ 及び戻し交雑家系苗の比較 (Gr.- II, IV)

(1) 室内実験

育苗の年が異なるので、実験は 1971 年後半から 1974 年晩冬までの 3 回の冬期間に亘って行われた。

実験 I : 図-16 に、8 家系集団摂食法による 3 冬それぞれの食害度を示した。苗齢は 1971~'72 年が 3 年生、そして翌冬が 4 年生である。前の 2 冬はそれぞれ 4 回反復の平均値で、また後の 1 冬は 2 回反復の平均値で示してある。

はじめに前 2 冬の結果についてみると、(Gk X L) F₂ の食害度は、Gs・L のそれに近く、L X Gk より明らかに大きい。種間の戻し交雑のうち、耐鼠性の低い L を花粉親とした (Gk X L) X L は (Gk X L) F₂ 及び Gs・L と、そして耐鼠性の高い Gk を交配した (Gk X L) X Gk は L X Gk 及び Gs X Gs とほぼ同じ値を示している。以上の結果について分散分析を行うと、危険率 1 または 5% 水準の有意差で種及び雑種家系を食害度の大きい方から次のように三つにグループ分けできる。

$L \times L \gg (Gk \times L) F_2 \text{ open}, Gs \times L, L \times Gs, (Gk \times L) \times L > (Gk \times L) \times Gs, L \times Gk, Gs \times Gs.$

実験年の間及び種・雑種家系と実験年の交互作用に有意差はない。換言すれば、種・雑種各家系の被食の順位は、その苗齡の違い及び各年度別個に捕獲されたエゾヤチネズミの違いによってほとんど影響を受けていない。

このグループ分けによって、各雑種世代のうち $(Gk \times L) F_2$ と $(Gk \times L) \times L$ がすでに高橋(延)・西口(1966)によって耐鼠性比較の実用基準とみなされている Gc (本実験の $Gs \cdot L$ がそれと同水準の耐鼠性をもつ)と同程度のかかなり高い耐鼠性を有することが示されている。その他の種・雑種世代の比較では、 L の食害度が著しく大きく Gj のそれが小さい点では従来の知見(千葉・永田1963, 高橋(延)・西口1966)と変わらない。しかし、 F_1 世代家系の順位にはこれらと必ずしも一致しない点がある。しかも、この F_1 の L 親木には共通に $V-307$ が使われているから、 Gj に $V-90$ (Gk) と $V-551$ (Gs) のいずれを用いたかによって順位にこのような差異が生じたものであり、その差異は即ち Gk と Gs の差に帰するものと考えられる。なお、 Gs と L の正逆家系の間にも高橋(延)・西口(1966)とはかなり異なった結果が示されている。

後の1冬(1973~74年)の実験には、 $Gr-IVa$ のうち1970年の人工交配によって育成された苗の3年生のものを供し、これに比較のために $Gk \times L$ と $Gk \times Gk$ を加えた。この時の結果では、危険率1%の有意差で、種・雑種家系を次のようなグループに分けることができる。実験の反復の間には有意差が認められなかった。

$L \times L, L \times (Gk \times L) [V-307 \times V-549] > L \times (Gk \times L) [V-307 \times V-550] \gg (Gk \times L) F_2, Gk \times L, Gk \times (Gk \times L), Gk \times Gk.$

即ち、ここに含まれる雑種各世代のうちの F_1, F_2 及び $Gk \times (Gk \times L)$ と $Gk \times Gk$ の5家系の食害度がいずれも無視できるほど小さいが、 $L \times (Gk \times L)$ 家系の食害度は $L \times L$ と同じかほぼそれに近い。また、 $(Gk \times L) \times L [V-549 \times V-307]$ の食害度が $(Gk \times L) F_2$ または $Gs \times L$ のそれに近かった前2冬の結果に比べれば、逆交雑 $[V-307 \times V-549, V-307 \times V-550]$ 即ち L を雌性親にした方が明らかに耐鼠性が劣るかのようと思われる。

実験Ⅱ(1), (2): 実験Ⅰで認められた差異が集団摂食法と個別摂食法の間的方法的違いに依って生じた疑いも残るので、更に個別摂食法(実験Ⅱ(1))と折衷法(実験Ⅱ(2))による実験を行ってこの点の解明を試みた。

結果を要約すると、同じグループ内で耐鼠性の順位に若干の変動があったほかは実験Ⅰの結果と大きく相違するところがない。ただ、強いグループのうちでも $L \times Gk [V-307 \times V-90]$ と $(Gk \times L) \times Gk [V-549 \times V-87]$ の間では、実験Ⅰの結果と異なって明らかに前者の食害度が大きく、その差は有意であった。弱いグループのうちでは、 $L \times (Gk \times L)$ が明らかに L より強く、また実験Ⅰで認められた同じ組合せの家系間の差も見出されなかった。なお、この実験でも、 Gk 及び Gs と L との種間交雑 F_1 家系間では、明らかに有意差が認められた。この場合も食害度の関係が $Gs \times L > L \times Gk$ となり、これまでの多くの反復実験による報告(高橋(延)・西口1966)と一致しない。

(2) 野外実験

1971年春、カラマツの野鼠食害激害地区として知られる民有地(山部町東24線)に3年生苗を2反復で配植し、1972, '73年の春にそれぞれ越冬後の植栽苗木の全部分を対象に、上記の基準に従って食害度を記録した。

表-16 野外試験地における Gj・L の各交雑世代家系の食害度比較

Table 16. Comparison of grades of voles-gnawing among various generations of hybrids between Dahurian larch and Japanese larch in field

交雑組合せ Combination	食 害 度 Grade of vole-gnawing		
	1971~72	1972~73	Mean
L ×L 307 open	31	68	50
" ×L ASFL-1×307	28	50	39
" ×L " ×507	17	37	27
L ×Gk ASFL-1× 87	0	3	2
" ×Gk " × 90	0	0	0
Gj ×L 545 ×307	1	0	1
(Gk×L)×L 549 ×307	10	15	13
" ×Gk 549 × 87	0	0	0
Gj ×Gs 545 ×551	0	0	0
Gs ×Gs 551 open	0	0	0

ASFL-1: 早期着花性特殊個体.
ASFL-1: A precocious clone.

表-16 にこの調査の結果を示した。ここに (Gk×L) F₂ は含まれていないが、2回の越冬中に各々の種・雑種の家系が示した被害の程度は上の室内実験の結果とほぼ同じ傾向を示している。両冬とも、Lの食害度が大きく、Gjのそれが小さい。また、(Gk×L)×Lの食害度はL×Gkよりは多少大きいGの1/2~1/5程度である。(Gk×L)×Gkに全く食害のない点も室内実験と同じである。

II-1-2 Gp×Lの戻し交雑家系苗の比較(Gr.-IVb)

実験Ⅲ: Gp×LのF₁にLとGpを戻し交雑した2家系(V-544×V-76及びV-554×V-81)とL×L1家系(V-307×V-507)合せて3家系の間で、集団摂食法による比較が行われた。その結果は次の通りで、3者の間に有意な差が認められる。

$$L \times L \gg (Gp \times L) \times L \gg (Gp \times L) \times Gp.$$

本来Gpの耐鼠性がLのそれに勝るもので、当然Gpとの戻し交雑家系もLのものに比べて強い。そしてこの傾向は、上述のGk×LのGk及びLに対する戻し交雑家系の場合においても認められたものである。

II-1-3 GjとLの正逆家系苗の比較(Gr.-I, II)

高橋(延)・西口(1966)の報告と今回得られた結果のうち、とくに正逆交雑家系間の差に関するものは重要な問題である。そこで、なお検討を要する他の事項も含めて実験ⅣとⅤを行った。

実験Ⅳ: 表-17に、Gr.-IIの正逆家系ごとに2家系の個別摂食法によって被食量と食害度を示し、t検定は被食量から求めた。この表にみられる通り、正逆家系間の被食量・食害度の関係は必ずしも一様ではなく、両者にほとんど差のない母樹組合せとLを雌性親にした方が有意に耐鼠性が劣る組合せとがある。即ち、実験No.4~12のうち、LにV-307を用いた組合せは前者に当り、V-507を用いた場合は後者に当る。この事実は、Lを雌性親にしたGjとの種間雑種家系がその逆家系より耐鼠性において劣る場合も少なくないことを示す。種間雑種における耐鼠性の発現は、ある特定の種・変種の一方向的な影響力の支配下におかれるというよりは、むしろ母樹間の交互作用によって左右され、時には増幅して一層顕著になるものであると考えるのが正しいであらう。

表-17 Gs と L の正逆家系間の被食量・食害度の比較 (Gr.-II)

Table 17. Comparison of amounts and grades of vole-gnawing between the reciprocal hybrid families of Saghalien larch and Japanese larch (Gr.-II)

実験番号 Exper. no.	樹種・雑種 Species or hybrids	被食量 (食害度) と差の有意性 Amounts (grades) and significance	t 検定 t-test
L×Gs : Gs×L			
1	76×556 : 556×76	72 (41) > 39 (22)	2.32
2	" "	103 (56) ≧ 53 (34)	4.56
3	" "	69 (39) = 59 (34)	0.67
4	507×551 : 551×507	75 (49) ≥ 55 (35)	1.19
5	" "	102 (73) ≥ 72 (53)	1.90
6	507×552 : 552×507	75 (44) ≧ 44 (28)	3.36
7	" "	102 (64) ≧ 56 (32)	4.45
8	307×551 : 551×307	57 (29) = 70 (32)	0.85
9	" "	60 (36) = 60 (36)	0
10	" "	87 (36) = 101 (48)	0.52
11	307×552 : 552×307	46 (31) = 44 (24)	0.24
12	" "	47 (30) = 50 (38)	0.32
L×Gs : Gc×Gc			
13	76×556 : 78×310	114 (70) > 71 (52)	2.40
14	" "	127 (75) ≧ 76 (77)	4.56
15	507×552 : 78×310	51 (35) < 82 (77)	2.63
16	" "	83 (65) = 88 (65)	0.38

表-18 Gk と L の正逆家系間被食量・食害度の比較 (Gr.-I)

Table 18. Comparison of amounts and grades of vole-gnawing between the reciprocal families of Kurile larch and Japanese larch (Gr.-I)

交雑組合せ Combination	被食量 (食害度) Amounts (grades)
L × Gk 73×92	102 (52)
Gk × L 92×73	20 (20)
L × Gk 73×93	71 (43)
Gk × L 93×73	58 (34)
L × Gk 73×92	113 (52)
L × Gk 73×93	45 (29)
Gk × L 92×73	69 (32)
Gk × L 93×73	62 (31)

2年生部分を用いて実験を行った (表-18)。その結果、4家系の被食量・食害度の間に次のような関係が得られた。

$$L \times V-92 > V-92 \times L$$

$$\vee \quad \parallel$$

$$L \times V-93 = V-93 \times L$$

う。

なお、実験 No. 1~3 も概して L を雌性親にした方が被害が多いが、実験回ごとに差を異にするので更に検討を要する。また、実験 No. 13~16 における二つの L×Gs 家系のうち一つは対照の Gc より僅かに強く、他の一つは多少弱い。しかし、実用的にはこれらはほぼ同等の耐鼠性を有するものとみなしてよかろう。

実験 V: 実験 IV の結果を更に他の材料によっても追試しておく必要があると考え、Gr.-I ([1033] に植栽) に属する Gk (母樹: V-92 及び V-93) と L (V-73) の間の正逆交雑 4 家系 (樹齢 10 年となる) について枝の

表-19 Gk, Gc 及び L 二面交雑家系植栽木の野兎食害比較 [1033]
Table 19. Comparison of damages of Gr.- I by hare-gnawing in [1033]

交雑組合せ Combination	食害個体率 Ratios of individuals gnawn (%)				食害度 ²⁾ Grade of damage	供試家系数 No. of families examined
	平均 Mean	1965~'66 最小~最大 ¹⁾ Min.~Max.	平均 Mean	1966~'67 最小~最大 ¹⁾ Min.~Max.		
L × L	24.8	23.6~26.0	38.4	31.9~44.9	1.36	2
Gc × Gc	1.9	1.2~ 1.9	2.0	1.4~ 2.6	0.04	2
Gk × Gk	1.8	1.7~ 1.8	0.4	0.0~ 0.7	0.01	2
L × Gc	23.3	20.6~25.9	8.5	3.5~14.2	0.22	4
Gc × L	24.3	11.5~32.7	3.1	1.8~ 4.4	0.08	4
L × Gk	16.3	11.1~21.7	6.4	1.1~12.0	0.21	4
Gk × L	15.5	11.1~19.4	1.6	0.0~ 3.9	0.04	4
Gc × Gk	2.5	0.0~ 5.8	0.9	0.0~ 2.7	0.02	4
Gk × Gc	5.5	2.8~11.4	1.4	0.0~ 3.9	0.04	4

¹⁾ 家系間変異幅。

²⁾ 食害度 (0~4: 無害~激害), 1966~'67 年の値。

¹⁾ Range of variation among the families.

²⁾ Grade of damage (0~4: harmless~severe).

つまり、供試 4 家系中 1 家系が明らかに他より弱く、この結果には、上記 Gr.- II の結果とよく似た点がある。

II-2 耐兎性

野兎食害の調査は、試験地 [1033] に植栽されており耐鼠性実験にも供された Gk, Gc 及び L の二面交雑家系について実施された。この材料の試験地への植栽は 1964 年 5 月に行われており、植栽後第 2 及び 3 回目の越冬中 (1965~'66 及び 1966~'67) に野兎の食害を受け、その被害程度には種内・種間の交雑家系間、あるいは被害年度間に顕著な差異が認められた (高橋 (延)・倉橋 1967)。越冬 2 回目以降に被害が出るのは、この頃から積雪上に梢端が現れかみ切り食害を受けるためである。

表-19 に、交雑組合せごとにまとめた 2 ケ年の食害個体率と 3 回目越冬時の食害度を示す。

食害個体率は年によって異なるが L で大きく全体の 1/4~1/3 になる。一方、Gc 及び Gk では無視できるほど小さく、両者の間にもまた両者の雑種との間にもほとんど差はない。L と G 両変種との雑種 F₁ の食害個体率は年によってかなり変動し、Gc・L は年によって両親種のいずれに偏り、Gk・L は両親の中間か Gk に偏った値を示す。

以上の結果から推定される様に、カラマツ類の種・雑種の耐兎性には、各々の耐鼠性ととの間に極めて高い相関のあることが報告されている (千葉・永田 1963, 高橋 (延)・岩本 1963, 大島ら 1975)。

もちろん、野鼠の場合と異なり、カラマツ類の幼齡植栽木が野兎の食害によって枯死することは稀である。しかし、連続して食害を受ければ幹の形状も悪くなり生長も落ちて林木としての価値が著しく低下する (畠山・梶 1982)。

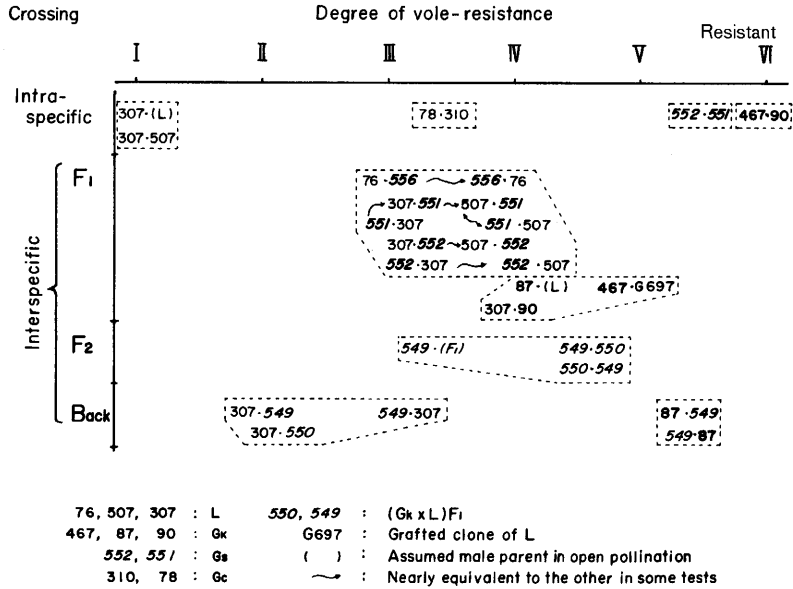


図-17 G・L 各雑種世代の耐鼠性の位置づけ

Fig. 17. Ordination of vole-resistance of various generations of hybrids between Dahurian larch varieties and Japanese larch.

III 考 察

Gj と L の F₁, F₂ 及び戻し交雑世代の耐鼠性に関する上記一連の実験の結果と従来の知見はほぼ図-17 のとおり次の 3 点に要約することができる。

(i) 雑種 F₁ 世代の耐鼠性は、両親種の間からやや強い方の親種に偏った値を示す。F₂ 世代の耐鼠性はそれより若干劣る程度であるが、戻し交雑家系は更に戻す側の親種に偏っている。千葉・永田(1976)も、これとほぼ同様の傾向を認めている。

(ii) カラマツ類中最高の耐鼠性を示す Gj のうちでも、樺太産(Gs)と千島産(Gk)とでは L との種間雑種の耐鼠性に明らかな差があり後者がより優れている。このことは高橋(延)・西口(1966)が、既に初期の実験結果から推定していた。

(iii) 各交雑世代で L を雌性親とする家系がその逆交雑家系に劣るといふ、2, 3 の事例はあるが、一般的な傾向とは認められない。千葉・永田(1966)も、ほぼ同様のことを認めている。

以上のような Gj と L との各雑種世代の耐鼠性にみられる傾向は、既に分枝性及び植物季節学的各形質において認められたものとよく似ている。

第 6 章 生長と健全性

北海道におけるカラマツ(L)の造林は明治中期に始まり、後期あたりから急速にその面積が増加した。更にそれから昭和初期にかけては Gk, Gs, Gc, D など数多く植栽された。それらの観察を通じて知られたところでは、平地の大部分における生長は、L が最も良好であり、ついで Gc, Gs, Gk の順となっている。Gs と Gk は、南西部では Gc よりかなり生長が劣り差も大きい、北部では L との間にも比較的差がない(高橋(延)ら 1968)。第二次大戦後これらの種・変種は、戦

表-20 野外試験地の概要
Table 20. Outline of experimental fields

家系群 Group No.	試験地番号 Field No.	林小班 Compartment	標高 Alt. (m)	年度 Year	面積 Area (ha)	家系数 No. of families	反復 Replica- tion	プロット当り本数 No./plot	山出し苗齢 Age of seed- lings when outplanted
—	1023	74 j ³	300	1959	0.32	7	2	102	2
I	1033	71 d ²	480	1964	1.65	30	1	60~200	2
V	1040	74 j ¹	300	1968	0.40	13	1	50~105	3
II	1048	74 j ¹	300	1971	0.73	18	2	90	2
IVb	1051	73 d ²	470	1971	0.37	10	2	44~ 88	2
IVa	1052	73 d ²	470	1971	0.39	8	2	44~110	2
III	1053	74 n ¹	300	1972	0.38	58	2	10	2
IVac	1056	65 c	400	1974	0.80	12	2	40~120	2

¹⁾ 植栽：各年4月下旬~5月上旬。

²⁾ 植栽密度：3,000本/ha。

¹⁾ Outplanted in late April or early May each year.

²⁾ Density: 3,000 seedlings/ha.

前の造林地から生産された第二世代によって植栽地を拡大していったが、その場合も生長順位の傾向は戦前のもので変わっていない。第6章では、Gr.-I~Vの各群の材料が苗畑から植栽地にいたる過程の各年齢でどのような生長経過を辿ったかを吟味し、それによってこれらの種、変種そして、それらの間の雑種の生育特性と健全性について考察する。植栽地や試験地によっては様々な生物害（主として病害）や気象害などが発生して生長や健全性にもかなりの影響を与え種、雑種、家系の間で顕著な差がみられるので、被害に対する耐性も含めた生長特性の比較を行う。

I 材料と方法

本研究に用いた材料の苗畑における床替・調査本数は表-10のとおりである。表-20に各群を定植した試験地の概況を示す。各試験地では、プロット毎に数列づつ植栽木の胸高直径と樹高を測定した。

これらの試験地は、演習林内の山火再生林（明治44年火災）を人工林化するために年次計画で皆伐した区域に設けられ、標高は、500m以下、土壌は塩基飽和度中庸の褐色森林土である。いずれも3000本/ha植栽であるが、[1056]だけは2,500本/haとなっている。どの試験地も春4月下旬~5月上旬植栽である。一般的な施業に準じた保育作業が行われ、下刈は植栽後3~5年間実行された。農地に隣接する[1040],[1048],[1053]の3試験地を除いて、いずれも試験地周囲に高さ2~3mの野兎防除用の金網を張った。それにも拘らず、前章で述べたように、[1033]では金網の破損部から侵入した野兎によって食害を受けている。また周囲の植栽地と同じように、植栽後3~5年間毎年毒餌散布が行われたので、各試験地とも野鼠による被害はほとんどなかった。

表-20に示した試験地のほかにも、本研究の過程で作出された雑種苗は、演習林内に設定された標高別及び低湿地向けの造林試験地と十勝支庁浦幌での道東寡雪地向けの生育適応試験地にも比較植栽された。

表-21 Gk, Gc 及び L 二面交雑家系 (Gr.- I) の試験地 [1033] における生育経過

Table 21. Growth of the diallel-cross families (Gr.- I) between Kurile, Korean and Japanese larch in [1033]

交雑組合せ Combination	生存率 (%) Survival rate				胸高直径 (cm) D.B.H.				樹高 (m) Height			
	5 yr.*	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20
L × L	87.0	81.6	80.5	76.3	3.3	9.6	13.0	14.6	3.5	8.6	13.4	16.5
Gc × Gc	57.0	13.6	11.9	10.1	1.4	6.1	9.3	12.9	2.2	5.2	9.3	12.2
Gk × Gk	67.0	26.4	21.1	19.9	0.5	2.3	4.1	7.2	1.5	2.8	4.7	7.7
L × Gc	79.7	69.0	67.7	64.0	3.4	9.1	12.2	15.0	3.9	8.9	13.7	17.2
Gc × L	85.2	71.5	70.4	66.3	3.5	9.3	12.5	14.8	3.9	8.9	13.5	16.9
L × Gk	79.7	68.1	65.3	61.2	3.1	8.7	11.3	14.3	3.6	8.1	12.5	15.8
Gk × L	78.7	63.5	60.4	57.4	2.7	8.2	11.3	14.9	3.2	7.3	11.4	14.5
Gc × Gk	79.7	47.5	41.4	34.5	1.8	6.0	8.7	11.6	2.6	5.8	9.8	13.1
Gk × Gc	76.0	51.9	46.0	39.2	1.9	5.7	8.6	12.1	2.7	5.6	9.2	12.2

* 植栽後の年数.

* Number of years after planted.

II 結 果

II-1 苗畑及び試験地における生長の比較

II-1-1 種間雑種 F₁ 家系 (Gr.- I, II, III)

(1) Gk, Gc 及び L 二面交雑家系 (Gr.- I) 試験地 [1033]

Gr.- I は、床替苗畑の土壤が悪くその条件も一様でなかったため、試験地植栽後の生長経過が比較検討の対象となる (倉橋ら 1984)。

表-21 に、供試材料の植栽後 20 年間の生長経過を示した。ただし、反復植栽区が設けられていない、また母樹を異にしても同一樹種組合せの家系間にあまり差がない、などの理由によって樹種組合せごとにまとめ、それぞれ平均値を以て示した。即ち種内交雑では 1 組の正逆家系の、そして種間交雑では 2 組の正逆家系の値を含んでいる。

生長: 表-21 によって、植栽後 20 年間の直径及び樹高生長を比較すると、その傾向が次の 3 群の間で大きく異なっている。(i) L とその雑種, (ii) Gc と Gc・Gk, (iii) Gk。

種内交雑家系群間つまり種間の比較では L の生長が最も優れており、以下 Gc, Gk の順に劣る。

Gc・L 及び Gk・L の各雑種は、ほぼ L と同じかそれに近い直径・樹高生長を示しているが、それらの間では前者の方がどの樹齢の時でも僅かながら優っており、とくに樹高生長では L よりも上である。

Gc・Gk 雑種は植栽後 5 年の時点では、明らかに Gc, Gk のいずれよりも優れた生長を示していたが、それ以降は Gc と同じ程度の生長である。

各雑種はいずれも、両親種のうち上位にある親に近い生長を示している。また、種・雑種間の生長の優劣は植栽後 5 年時までではほぼ定まり、以後この関係を 20 年後まで持続している。僅かに Gc・Gk 雑種のみが若干異なる生長経過を示したことは上述の通りである。

表-22 二面交雑家系(Gr. I)の植栽後20年時の胸高直径と樹高

Table 22. Height and D.B.H. of the diallel cross families (Gr. I) in 20 years after planting

♀	♂					
	L		Gc		Gk	
	73	74	78	79	92	93
L	73	14.1	14.6	15.4	14.1	14.9
		15.8	17.0	17.8	16.0	15.7
L	74	15.0	14.8	15.3	14.2	13.9
		17.2	16.7	17.2	16.1	15.3
Gc	78	14.7	14.1	12.4	9.7	11.3
		16.8	17.1	11.9	12.9	12.4
Gc	79	15.9	14.6	13.2	12.5	12.9
		16.9	16.8	12.4	14.2	13.0
Gk	92	14.6	14.9	13.2	11.1	7.4
		15.2	12.7	11.8	11.7	8.2
Gk	93	16.0	14.0	12.1	11.9	7.0
		15.2	14.8	12.4	12.9	7.1

各欄上段：胸高直径 (cm), 下段：樹高 (m).

Upper: D.B.H. (cm), Lower: Height (m).

次に、相互交雑の正逆家系間と同種の組合せで母樹を異にする家系間の差の有無をみるために、表-22に全家系の植栽後20年時の平均の直径と樹高を示した。これによって、Gk・L及びGc・L各家系の直径を比べると、Lを花粉親とした方が家系間の幅が僅かに大きい程度である。要するに、対応する正逆家系間に顕著な差異は見出されず、もちろん、交雑母樹による違いもそれほど大きくはない。

生存率：いずれの種・雑種の植栽当年秋の調査では、95%以上の高い活着率を示していた。ところが、表-21によると、植栽後5年目及び10年目には生存率の間に顕著な違いが生じている。そして10年目以降になるといずれも生存率低下の度合いが緩やかとなり、やや安定する。

枯死の主な原因としてはいずれの種・雑種にも共通しているのはナラタケ病である。特に植栽初期の衰弱・枯死はナラタケ病によるものが多く、中でもGkとその雑種に顕著であった。残りの枯死の大半はエンケリオプシス胴枯病によるものと認定されたが(高橋(郁)ら1971)、本病は植栽7年目(1970年)には試験地の全域に拡がり、Gc及びその雑種家系は大半の植栽木が罹病した。ただ、Gc・Lだけはこの時点ですでに樹高5m(胸高直径約5cm)に達して積雪深を抜け出しており、僅かな下枝が枯れた程度で本病による全株の枯死は少なかった。しかし、まだ樹高の低かったGc・Gk各家系は、ほとんど全株が積雪下で本病菌の侵害を受けて衰弱したところを更にナラタケ病に侵され枯死木が激増する結果となった。L及びGkの家系には枯死に至る程の本病による被害は見られなかった。

Lの生存率が高いのは、この種が上記両病に対してカラマツ類中最も強く、しかも本植栽地では、最大の弱点である野鼠食害に対してほぼ完全な防除措置がとられ、被害が皆無に近かったためである。野兎害にも枯死にいたるほどの食害は見られなかった。

Gc・L 及び Gk・L は両病に強い L の特性を受け継いで L 寄りの生存率を示したものと思われる。

Gc・Gk は前述のようにかなり枯死率が高いが、それでも Gc からナラタケ病、そして Gk からエンケリオプシス胴枯病に対する抵抗性をいく分か受け継いでいるらしく、いずれの親種よりも生存率が高くなっている。

いずれの交雑組合せも正逆家系間にとくに著しい差異を認めることはできない。

上述によって明らかなように、本試験地では、主としてナラタケ病とエンケリオプシス胴枯病が単独であるいは複合して各種・雑種家系の生存率を決めてきた。しかし、植栽後 10 年以上となると、両病の感染・蔓延の期間を過ぎる一方で植栽木の抵抗力が高まり、いずれの家系でもそれが原因で枯死する個体は少なくなっている。

なお、Gc と L の種間雑種は生長が旺盛で当初期待されていたが、その後エンケリオプシス胴枯病被害が顕在化するにつれて種間交雑プログラムから除かれた。

(2) Gs と L の二面交雑家系 (Gr.-II) 試験地 [1048]

表-4 に示した通り、各家系の得苗数が多く苗畑における実験計画も概ね充足された。また、試験地が条件のほぼ均一な耕作跡地に設けられたので、植栽後 10 年間の枯死木も自殖家系を除いて皆無に近い。しかし、試験地に植栽して 3 年目の 1973 年頃から先枯病と落葉病の発生がみられたので、その被害調査も併せて行われた (倉橋ら 1976)。

生長: 図-18 に苗畑 2 年生時苗高、試験地 7 及び 12 年生時の樹高と胸高直径のヒストグラム、平均値及び標準偏差を示す。

苗畑 2 年生時の平均苗高を比べると、L 家系が明らかに Gs 家系に勝り、雑種家系はいずれも L と同じかそれよりやや大きい値を示している。そして正逆家系間には、種内、種間いずれの組合せにおいても有意な差は認められない。これまで、苗畑養苗期間中の L×Gs がその逆交雑より生長がよいと報告されたこともあるが (高橋(延)ら 1962)、これは正逆で交配母樹を違えた場合のものである。2 年生苗高の変異幅には種内、種間交雑家系間であまり違いがない。

定植後は、5 年生 (定植 3 年目) 頃から V-552 を片親とする雑種家系が一様に V-551 のそれらに劣る樹高生長を示すようになり、7 年生以降その傾向が更に著しくなっている。即ち、半兄弟雑種家系間に明らかな生長の差が認められる。樹高の変異幅は明らかに L 家系が Gs 家系より狭い。雑種各家系のそれは L より広く家系間の変動が大きい。

7 及び 12 年生時の胸高直径は、それぞれの時の樹高の場合と似た関係を示している。雑種各家系は L 家系に比べると概して樹高の割に胸高直径の値が小さい。後述するように、落葉病罹病性の違いがこれに関連すると考えられている。

正逆家系間では、V-551・V-552 の 7 年生時を除くと、2, 5 及び 12 年生時のいずれにも有意な差はない。

上述のように V-552 を片親とする半兄弟雑種家系は生長が鈍く変異幅が大きい、更に従来カラマツ類であり観察されたことのないような異常な個体が高率に出現する。これらの個体は縮れるように曲った枝が鋭角に出て樹冠が狭く、しかも生長が遅い。7 年生時の出現率はそれぞれ V-507×V-552 27.3%, V-552×V-507 24.7%, V-307×V-552 2.7%, そして V-551×V-552 0.7% で、他の家系には全く見られなかった。特に V-507・V-552 に出現頻度が高いことはその生長の遅いことと関連して興味深い。これらの家系には苗畑 2 年生時に既にこの特徴をもつ個体が

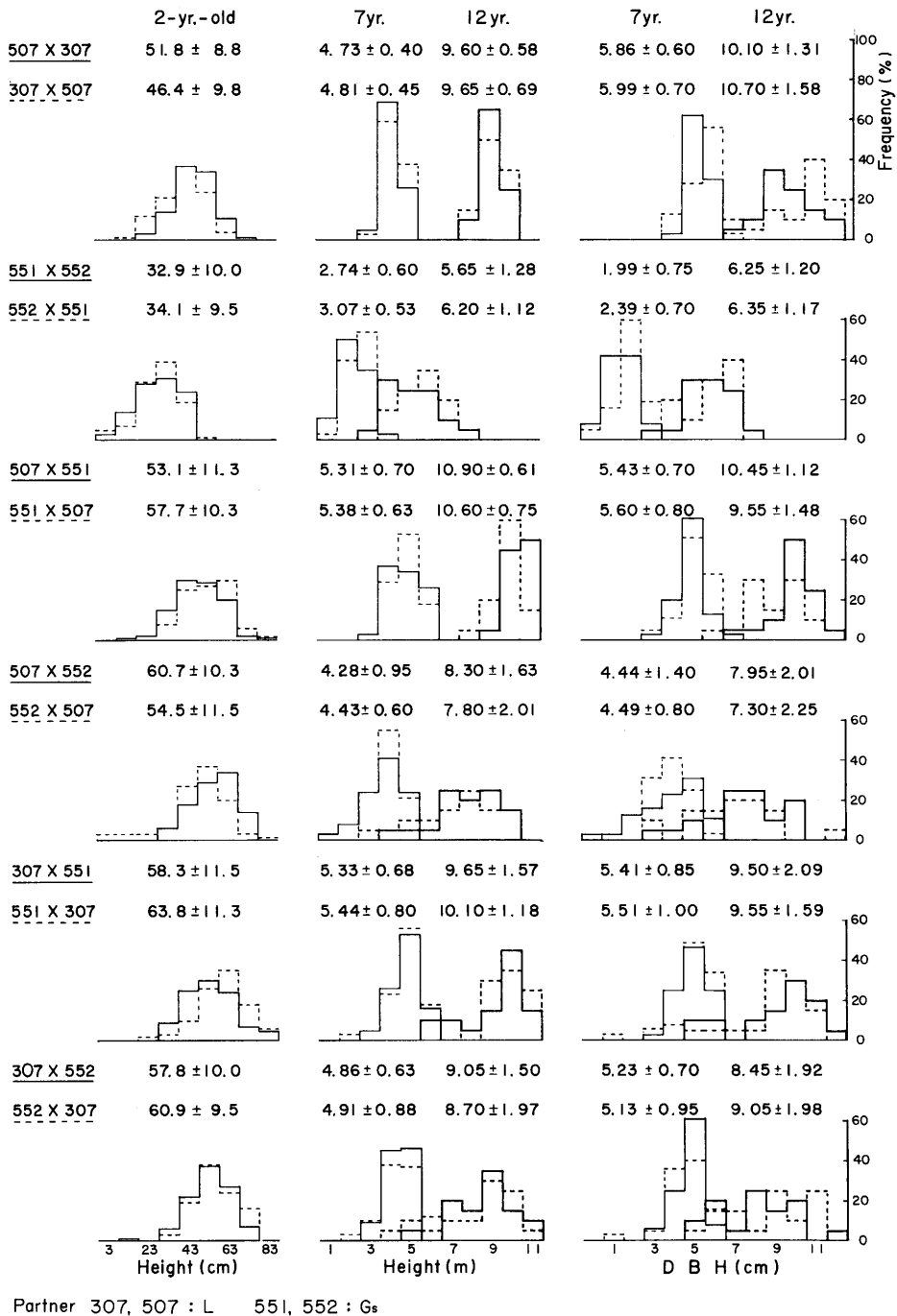


図-18 G_sとLの二面交雑家系(Gr.-II)の樹高及び胸高直径の変異[1048]

Fig. 18. Variation of height and D. B. H. in the diallel cross families between Saghalien larch and Japanese larch (Gr.-II) planted in [1048].

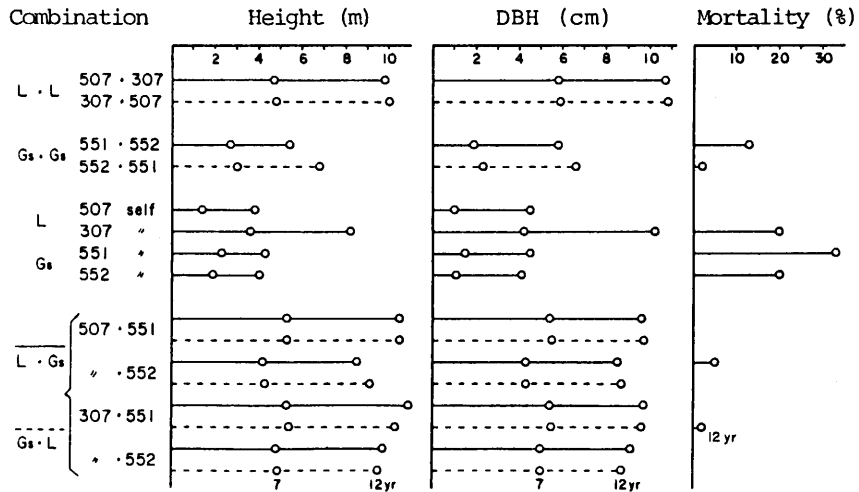


図-19 試験地[1048]におけるGsとLの二面交雑家系(Gr.-II)の生長経過

Fig. 19. Growth of the diallel cross families between Saghalien larch and Japanese larch (Gr.-II), planted in [1048].

数本観察されていたが、5年生頃から更に顕著になった。しかもこれらの個体は先枯病と落葉病に特に罹り易い。

図-19に、自殖を含む各家系の生長及び枯死率の経過を示す。

2年生時の自殖各家系(V-307を除いて十分な数の苗が得られていない)は外観上種内交雑家系とあまり変わらず、はっきりと自殖の影響を示すような苗木は1本もなかった。しかし図-19で明らかなように、7年生時以降4家系とも明らかに生長が減退し、衰弱・枯死する個体が増えている。

先枯病と落葉病：演習林ではもともとこれら両病の被害が極めて少なく、感受性の特に大きい一部の種を除くと、これまでL及びGj·Lなどに特記すべき被害を生じたことはほとんどなかった(高橋(延)ら1966, 濱谷ら1975)。

しかし、本試験地でも植栽3年目あたりから両病が発生し植栽木の生長に影響を与えているのが観察された。ここではその状況について調査した結果を中心に述べる。

表-23に、7年生時(1975年)の先枯病と落葉病の罹病程度の調査を示す。

先枯病に対しては、種内交雑家系は共に罹病度が極めて低く、その差も小さい。これらに比べれば雑種各家系の罹病度は高く、母樹組合せによる変動が大きい。正逆家系間に有意差は認められていない。

V-307の自殖家系は種内交雑家系に比べて明らかに罹病しやすい。

落葉病に対しては、ほとんど全ての個体が罹病し、いずれの家系も100%またはそれに近い罹病個体率を示してその間に差がない。しかし、罹病度を比べると、種内交雑家系の間では明らかにGsの値がLより大きく、従来の知見と異なる。また雑種家系はすべてLよりも弱く、GsとLの中間の値を示す家系からGsよりも罹病度の大きい家系までの変異が認められる。半兄弟家系間の開きも大きい。正逆家系間では、V-307·V-552を除き差異は少ない。

表-23 GsとLの二面交雑家系7年生時の先枯病及び落葉病の罹病程度 [1048]

Table 23. Severity of two diseases, shoot blight and needle cast, in Gr.-II families at the age of 7 years in [1048]

交雑組合せ Combination	先 枯 病 Shoot blight		落 葉 病 Needle cast	
	罹病度 Severity	個体数 (%) Ratio of affected trees	罹病度 Severity	個体率 (%) Ratio of affected trees
L × L 507×307	0.4	35	2.5	9.8
L × L 307×507	0.2	22	2.8	97
Gs × Gs 551×552	0.4	35	4.8	100
Gs × Gs 552×551	0.3	29	5.8	100
L 307 self	2.0	93	4.0	100
Gs 551 self	0.0	0	4.1	100
Gs 552 self	0.0	0	5.7	100
L × Gs 507×551	0.9	57	3.5	100
Gs × L 551×507	0.7	55	2.9	98
L × Gs 507×552	1.4	78	6.8	100
As × L 552×507	1.5	80	6.5	100
L × Gs 307×551	1.2	83	3.7	100
Gs × L 551×307	1.1	80	3.5	100
L × Gs 307×552	1.7	90	5.5	100
Gs × L 552×307	1.3	78	3.7	100

罹病度：罹病した小枝及び針葉の概略の百分比によって0～9の10段階にクラス分け。

Severity of diseases: Evaluated in ten classes (0~9) on the basis of the percentages of affected branchlets and needles.

表-24 Gs, Gp, L と La の種内・種間交雑家系 (Gr.-III) の試験地 [1053] における生育

Table 24. Growth of the larch and hybrid families of Gr.-III in [1053]

交雑組合せ Combination	家系数 No. of families	樹高 (m) Height			胸高直径 (cm) D. B. H.		枯死率 (%) Mortality	
		2-yr.-old	5	7	7	5	7	
L × L	2	0.56 (0.54~0.57)*	2.5	4.3 (4.1~4.5)*	4.6	31	44 (38~50)*	
La × La	1	0.37	1.6	3.2	2.7	27	39	
Gp × Gp	2	0.43 (0.38~0.48)	1.3	2.8 (2.7~2.9)	2.0	44	52 (43~60)	
Gs × Gs	2	0.42 (0.38~0.46)	1.6	3.0 (2.9~3.0)	2.2	34	50 (50, 50)	
L × La	3	0.67 (0.61~0.73)	2.5	4.4 (4.2~4.7)	4.6	23	39 (34~46)	
La × L	4	0.62 (0.46~0.70)	2.4	4.4 (3.9~4.9)	4.3	5	20 (16~25)	
L × Gp	3	0.60 (0.53~0.65)	2.2	4.2 (3.6~4.9)	4.0	22	30 (15~50)	
Gp × L	3	0.61 (0.56~0.65)	2.4	4.4 (4.2~4.7)	4.5	15	57 (50~64)	
La × Gs	4	0.39 (0.36~0.43)	1.8	3.5 (3.0~3.9)	3.0	17	51 (38~65)	
Gs × La	1	0.36	1.5	3.2	2.2	20	20	
Gp × Gs	3	0.47 (0.40~0.54)	1.6	3.2 (2.9~3.3)	2.7	34	64 (43~83)	
Gs × Gp	4	0.44 (0.41~0.48)	1.6	3.2 (3.1~3.3)	2.5	13	38 (33~45)	

* 平均 (家系間の変異幅).

* Mean (Range of variation among the families).

この場合も V-307 の自殖家系は種内交雑家系よりも明らかに罹病度が大きい。

この交雑に用いられた Gs 2 母樹とくに V-552 は、上述で明らかのように、特異な形状を呈ししかも罹病性の高い次代個体を生ずる。従ってその意味では劣悪な遺伝性を持つ個体であるといえる。交配 4 母樹の各林分内における生育状態をみると、V-507 及び V-307 は樹高生長の良いグループに、また V-551 は中程度のグループに入るが、V-552 は樹高が低く生育のあまり良くないグループに属する。しかし、外見上はいずれも両病の被害をほとんど受けていない。

以上要するに、Gs の供試 2 個体 V-551 と V-552 の間には先枯病及び落葉病の罹病性にかなりの開きがあり、しかも L の 2 個体 V-507 及び V-307 との交配ではその組合せ能力に差があることも示している。このことは、Gs と L の間で生長がよく耐病性の高い種間雑種を得るためには、L 内よりも Gs 内で組合せ能力の高い個体を選抜する方がより効果的であることを示唆するものである。また、これら Gs・L 雑種の次代検定は比較的早期に達成できるようである。

千葉・永田(1980)も Gj と L の雑種の落葉病罹病性に同様の傾向を認めている。

(3) Gs, Gp, L 及び La の種内、種間交雑家系 (Gr.-III) 試験地 [1053]

2, 5, 7 年生時の樹高と胸高直径及び枯死率を交雑組合せごとにまとめて表-24 に示す。

苗畑 2 年生時の苗高比較では、種内交雑家系のうち L が明らかに他の 3 種・変種に優れている。La は Gp や Gs と同じ程度の生長である。

種間雑種のうち、L・La と L・Gp は L と同じ程度かそれよりもやや優れた生長を示し、La・Gs と Gs・Gp はそれぞれの両親種と同じ程度である。La・L の中に非常に旺盛な生長を示す家系が現れる。いずれの組合せでも正逆家系間の差異は少ない。

上述のような傾向は 7 年生時においても概ね変わっていない。また、Gr.-I において認められたところに近似している。

枯死率については、本試験地がヨーロッパトウヒ林分の伐採跡に設置されたものであるため、植栽 3 年目あたりから大発生したナラタケ病が原因して多くの個体を枯死に導き 7 年生時のその値が種内、種間交雑家系のいずれも著しく高いものとなっている。

II-1-2 種間雑種 F₂, 戻し及び三系交雑家系 (Gr.-IV) 試験地 [1051], [1052], [1056]

表-25 に、Gr.-IV 各家系の苗畑 2 年生時の苗高の平均値と標準偏差を示す。また図-20 に、これらの家系が各試験地 [1051], [1052], [1056] において、7 及び 12 年生時に示した樹高、胸高直径及び枯死率を一括して示す (倉橋ら 1975, '85)。

Gr.-IVa のうち Gk×L の F₁ を雌性親とした F₂ 及び交雑各家系の 2 年生苗高の平均値は、V-549, V-550 及び V-566 いずれの場合 (Gk×L)×L > (Gk×L) F₂ > (Gk×L)×Gk の順となる。そして上位二者には F₁ 家系と同じ程度の生長を示す家系がある。また戻し交雑両家系はそれぞれの逆交雑家系とほぼ同じ生長である。

図-20 にみられるように、家系間の 2 年生時の生長優劣の関係はさらに 12 年生時までほとんど変わらなく維持されている。12 年生時の枯死率では (Gk×L)×Gk が最も大きい値を示す。枯死原因の多くはナラタケ病にあり、これに弱い Gk を交雑した家系の枯死率が高くなったものである。

Gr.-IVb の場合も、2 年生苗高の平均には 3 雌性親に共通して (Gp×L)×L > (Gp×L) F₂ > (Gp×L)×Gp の関係が認められる。そして上位二者が F₁ あるいは L 家系と同じ程度の生長を示す点は Gr.-IVa と同じである。家系間のこの生長優劣の関係はさらに 7 及び 12 年生時まで維持さ

表-25 Gr.-IV a, b, c 各供試家系 2 年生時苗高の平均値及び標準偏差

Table 25. Mean and standard deviation of the height of the 2-year-old seedlings of Gr.-IV a, b, c

家系群番号 Gr. no.	交雑組合せ Combination	苗 高 Height (cm)		調査本数 Seedlings measured	
		平 均 Mean	標 準 偏 差 ± S.D.		
IVa	(L×Gk) F ₁	307×90	57.0	11.0	109
	(Gk×L) F ₂	549×550	49.2	10.5	102
	" ×L	549×307	51.7	13.8	107
	" ×Gk	549× 87	32.1	6.5	109
	(Gk×L) F ₂	550×549	46.7	9.9	84
	" ×L	550×307	55.5	10.0	109
	" ×Gk	550× 87	33.0	9.5	105
	(Gk×L) F ₂	566×565	47.1	9.2	104
	" ×L	566×307	50.3	10.2	103
	" ×Gk	566× 87	46.3	10.3	108
	L ×(Gk×L)	307×549	45.4	11.5	101
" ×(Gk×L)	307×550	51.3	14.8	71	
Gk ×(Gk×L)	87×549	35.0	17.3	8	
IVb	(Gp×L) F ₂	553 open	46.3	12.3	94
	" ×L	553× 76	51.9	8.8	101
	" ×Gp	553× 81	39.7	10.0	45
	(Gp×L) F ₂	554 open	49.1	11.8	100
	" ×L	554× 76	56.2	7.8	107
	" ×Gp	554× 81	38.3	10.0	83
	(Gp×L) F ₂	555 open	53.9	12.8	25
	" ×L	555× 76	54.5	7.8	116
	" ×Gp	555× 81	31.3	7.8	39
	(L×Gp) F ₁	307×474	53.3	11.3	90
	"	307× 81	57.6	9.5	108
	L ×L	307×507	46.4	9.8	106
	" ×L	507×307	51.8	8.8	111
IVc	(Gk×L) F ₂	565 open	54.1	11.8	95
	" ×D	565×573	49.9	10.8	101
	(Gk×L) F ₂	566 open	47.1	9.2	104
	" ×D	566×573	48.6	10.5	106
	" ×Gc	566× 78	49.9	11.5	105
	(D×L) F ₂	563 open	46.5	11.3	51
	" ×Gk	563× 87	51.1	11.3	106
	" ×Gc	563× 78	47.1	10.8	106
	(D×L) ×Gk	564× 87	43.7	10.2	107
	" ×Gc	564× 78	48.1	13.5	104

れていたが、12 年生時には (Gp×L)×Gp は全個体が枯死・消滅した。この結果、7 及び 12 年生時の枯死率の大きさはいずれの雌性親の場合も生長とは逆に (Gp×L)×Gp > (Gp×L) F₂ > (Gp×L)×L の順となっている。枯死の原因は主としてエンケリオブシス胴枯病であった。

Gp は [1033] における Gr.-I の Gc と同様にこの病害に極めて弱い。一方、L は高い抵抗性を示す (高橋(郁)ら 1971, 倉橋 1978)。従って、戻し交雑家系が戻す親種の方へ近よった抵抗性を示す傾向はナラタケ病抵抗性の場合と同様である。

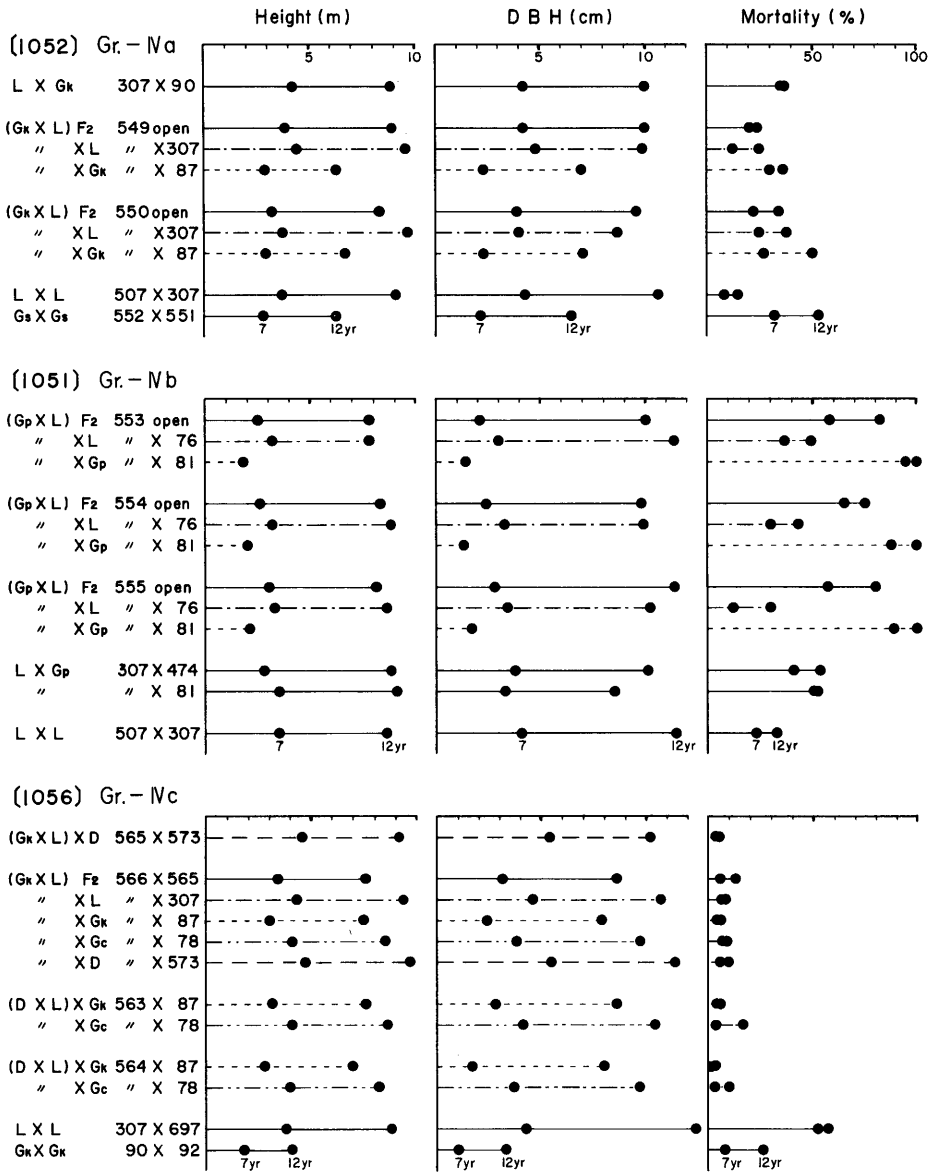
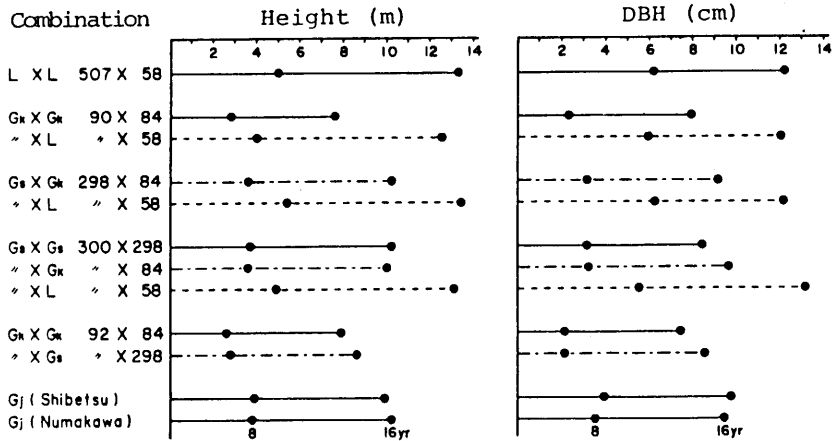


図-20 雑種 F₂ 戻し及び三系交雑家系 (Gr.-IV) の試験地 [1051], [1052] 及び [1056] における生長比較
 Fig. 20. Growth of F₂, back-cross and triple-cross hybrid offsprings of larches (Gr.-IV) planted in [1051], [1052] and [1056].

Gr.-IVc の苗畑 2 年生時の苗高には各家系間にあまり生長の差が見られなかった。しかし、試験地 [1056] に定植後はかなり差を生じた。

[1056] における樹高生長では [1052] と同様、(Gk×L) F₂ が (Gk×L)×L にやや劣る。Gk×L に対する三系交雑としては、(Gk×L)×D が良好な生長を示しているが、この組合せは先枯病を



N.B. 1) 50 - 105 three-year-old seedlings per each family were planted in May 1968.
 2) Alt. : 300 m; area : 0.40 ha.

図-21 試験地[1040]におけるGk, Gs, L及び種間雑種家系の生長比較

Fig. 21. Comparison of growth of Kurile, Saghalien and Japanese larch and their hybrids planted in [1040].

高める危険を伴う。L×Lの枯死率が著しく高いのは野鼠の食害によるものである。D×LのF₁は耐鼠性の低いのが通例であるが、これに耐鼠性の高いGkまたはGcを三系交雑して耐鼠性を高めることができるという報告(千葉・永田 1976)があり、本試験地でも同じ組合せはいずれも食害を受けていなかった。本試験地ではまた、ナラタケ病による枯死・消失が上記2試験地より著しく少なかったため、全体に枯死率が低くなった。

II-1-3 種・変種間の比較

(1) Gk, Gs, L及び種間雑種家系(Gr.-Vの一部を含む) 試験地[1040]

Gjのうち二つの地理的変異GkとGsが区別され共にLと共に重要な育種母材料であることはすでに述べた。ここでは便宜上この両者を変種と呼称する。

[1040]には、両変種の内部及び相互交雑、これらとLとの雑種F₁の各家系、さらに比較用に根室支庁標津(記録では千島原産)と宗谷支庁沼川(同じく樺太南部原産、一部に千島産が植えられたとの記録もある)の造林地から得られた自然受粉家系が植栽されている。

図-21に、[1040]における各家系の樹高及び直径生長の経過を示した。[1048]に隣接し同じく農耕跡地植栽のため、野兎鼠食害とナラタケ病による枯死は全く認められない。

16年生の樹高では演習林植栽母樹間でGsはGkに勝り、両者の交雑家系ではGsに近い値を示すものからGkに近いものまでの変異が認められる。標津及び沼川産の家系は演習林産Gs家系とほぼ同じ程度の生長である。

雑種家系のうちでも、Gs×L両家系はGk×L家系よりも樹高生長が優れている。

[1040]には隣接する[1048]のような先枯病罹病木がなく、種内・種間交雑いずれの家系も健全な生育を示している。従って同じGsのうちでも母樹によって罹病性にかかなりの差異があると思われる。

表-26 見本林[1002]におけるカラマツ類の生育経過

Table 26. Comparison of growth of larches and hybrids in the show plantation [1002]

樹種 Species	S-番号 S-No.	産地又は起源 Provenance	樹高 (m) Height				胸高直径 (cm) D. B. H.				現存数 No. of trees
			6 yr. ¹⁾	10	15	26	6	10	15	26	
L	294	長野・南安曇	5.0	8.1	12.7	21.0	5.1	7.9	13.7	20.1	38
Gj	-	山部栽植	3.7	6.2	9.8	15.5	2.7	5.7	11.9	15.2	19
La	132	Ontario, Canada	4.2	7.4	10.8	15.5	4.1	7.7	12.2	17.1	47
La	261	Wisconsin, U. S. A.	4.3	7.4	11.6	18.5	4.0	7.2	13.0	20.9	28
O	131	British Columbia, Canada	1.5	3.5	4.3	6.5	0.7	3.0	4.2	7.1	3
D	62	Rörkop, Denmark	3.0	5.1	7.8	11.4	3.1	6.8	14.0	20.6	16
D	129	Hørsholm, Denmark	4.2	7.4	11.6	19.0	4.7	8.4	14.9	23.5	41
D	262	Baden, Germany	3.9	7.9	10.6	17.5	3.9	8.4	15.3	22.0	32
D	264	Bavaria, Germany	3.2	6.0	9.8	13.0	3.2	6.7	13.1	20.0	20
S	316	Krasnojarskij, U. S. S. R.	1.4	3.2	6.4	11.0	0.7	2.9	7.1	12.4	24
D×L	130	Hørsholm, Denmark	5.4	9.5	13.5	21.5	5.9	9.4	15.6	22.2	46
Gc×L ²⁾	-	山部栽植	4.6	8.2	13.4	20.0	4.8	7.7	14.5	20.2	36
Gp×L ²⁾	-	"	5.3	9.2	14.5	21.0	5.8	7.9	14.9	22.5	43
Gj×L ²⁾	-	"	-	-	13.5	21.0	-	-	15.6	23.8	21

¹⁾ 植栽後の年数 (植栽 1958 年秋, S-316 は 1962 年春).

²⁾ 天然雑種.

¹⁾ Number of years after planted (planted in autumn 1958, but S-316 only in spring 1962).

²⁾ Natural hybrids.

(2) 戦後導入の植栽木

北海道演習林では 1953 年頃から、カラマツ類としてはそれまで北海道への導入例が少なかったヒマラヤ、シベリヤ及び北アメリカ産が重点的に導入された (表-2)。これらの材料は、育苗後順次育種樹木園や各種試験地に植栽され、早いものではすでに 20 年以上を経過して、初期生育の特性や適応性等が明らかになっている (高橋(延)ら 1974, 濱谷ら 1975)。また既に着花を始めた個体は交配木としても供試されている (表-1)。

表-26 に、演習林における戦後導入カラマツ類の中で最も古いもの——見本林[1002]——の生育状況を示す。ここには D×L との比較のために Gk, Gc 及び Gp と L との各天然雑種も植栽されている。

種及び変種のうちでは、L が最も優れた樹高生長を示し、La, D, Gj の順に続き、S と O が悪い。La, D 及び O は先枯病の被害が著しく、とくに D はそのために産地間の樹高の変動が大きい。La は幼齡時よりとくに雌花を分化する習性があり、また幹が蛇行する。S は演習林内の他の植栽地では胴枯病によってその大部分が枯死・消滅し、この試験地でのみ健全に生育しているのであるが、前述のように、最も生長期が短くそのために伸長量も劣っている。

見本林以外の試験地では、G の大陸系各変種は S と同様に積雪下の胴枯病によって生存率が低くなっている。他に *L. lyallii*, *L. griiffithii*, 及び *L. potaninii* も導入されたが生育不良と凍害のために生育できなかった。

デンマークより種子で導入された D×L は、生長が早く幹が通直で先枯病の被害も少ない。

見本林や他の植栽地における生育状況を総合すると、島嶼系の Gk, Gs と L が北海道における

表-27 標高別造林適応試験地におけるカラマツ類の植栽後約 20 (18~22) 年目の生育状況
 Table 27. Comparison of growth of larch species and hybrids about 20 (18~22) years after planted in the plots of different altitudes

樹種・雑種 Species & hybrids	生存率 (%) Survival ratio				樹高 (m) Height				胸高直径 (m) D. B. H.			
	530*	730	930	1100	530	730	930	1100	530	730	930	1100
Gj×L	45	35	46	20	12.9	11.9	10.5	6.3	12.9	14.1	13.4	10.4
Gj	24	19	19	3	9.6	10.7	6.4	3.8	10.9	15.1	9.3	4.7
L	34	14	7	0	14.2	12.3	8.8	-	17.2	18.4	15.7	0
La	38	12	7	0	9.8	7.1	5.1	-	9.9	11.1	6.6	-
Gc×L	23	10	0.4	0	13.2	12.5	7.9	-	13.1	16.1	13.1	-
Gc	14	0	0	0	12.1	-	-	-	13.7	-	-	-
S	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-

* 各試験地を標高 (m) で示す。

植栽: 1959~'63 年. 調査: 1981 年 6 月.

* Altitude (m) of the plot.

Planted in 1959~'63. Surveyed in June 1981.

カラマツ種間交雑母材料として有用であるといえる。

II-2 特殊立地条件下における生育と被害

カラマツ類雑種は、その造林適性をみるために通常の林地のほか比較的條件の厳しいところにも試験的に植栽された。ここではこれらのうち、北海道演習林内に設定されている高寒冷地 (標高別) 向け及び低湿地向けの造林試験地と、演習林外の道東寡雪寒冷地向けの浦幌試験地における生育状況の結果について述べる。

II-2-1 標高別造林適応試験地

1959 年演習林の主峰大麓山 (1,459.5 m) の前山地域に、主要造林樹種及び雑種の高寒冷地での造林適性の比較を目的として標高を異にする 4 試験地 ([3020] 530 m, [3021] 730 m, [3022] 930 m, [3023] 1100 m; 1ヶ所種・雑種当たり植栽本数は 224 本×2 反復) が設けられた。

1981 年 6 月に行った調査観察に基づいてカラマツ類の樹齢約 20 年生時 (植栽が 1959 年から '63 年にわたったので樹齢 20~24 年となる) の生育状況についてまとめた結果を表-27 に示す (倉橋ら 1982)。

供試材料は、L (日光産), Gj (稚内・沼川栽植), Gc (演習林栽植), La (カナダ産) 及び S (ソ連産) の 5 種と演習林内で見出した二つの天然雑種 Gj×L 及び Gc×L である。

生存率は、種や雑種または植栽区によって大きく異なるが、いずれの値もかなり低く、特に S は全植栽区に 1 本も生残っていない。更にほとんどの種・雑種について、植栽区の標高が高くなるにつれて生存率の低くなる共通の傾向が指摘される。しかし、その通減の仕方に違いがあり、L, Gc, Gc×L 及び La は標高 700 m 以上で急に生存率を低下させるのに対し、Gj と Gj×L は 900 m 台まではほぼ同じ値を持続し特に Gj×L はこの中では最も高い 40% 代の値を保持する。即ち、後のグループの方が前のグループより高標高の厳しい環境条件に耐えて生き残ることができる。

枯死の主な原因としては、植栽時の特別な事情による活着不良を除けば、どの種・雑種にも共通してナラタケ病が挙げられる。特に植栽当初の衰弱・枯死苗中にはナラタケ病罹病個体が著し

表-28 低湿地造林適応試験地 [3044] における L, Gj 及び雑種の生育状況

Table 28. Comparison of growth of larches and their hybrids in [3044] under wet condition

樹種・雑種 Species & hybrids	生存率 (%) Survival ratio	樹高 (m) Height	胸高直径 (cm) D.B.H.
L	46.7	11.4	10.5
Gj	79.3	9.8	8.8
Gj×L	79.3	12.0	13.7
Gc×L	59.3	11.0	12.6

植栽: 1956年. 調査: 1981年11月.
Planted in 1956. Surveyed in Nov. 1981.

が L などに比較して高標高地でも生育できるのは、雪圧による根元曲りが少なく、また秋の冬芽形成と木化も早いことが作用していると考えられる。

L, Gj 及び Gj×L の三者について標高に対する伸長量減率を比べると、生存率の場合と同様に、Gj×L が両親種に比べてその割合が少ないといえる。

II-2-2 低湿地造林適応試験地

1956年以降演習林内に主要造林樹種及び雑種の低湿地に対する造林適性の比較を目的とした試験地が数箇所設けられた。ここでは、1981年11月に調査した [3044] 試験地 (1965年植栽: 種・雑種当りの植栽本数は 50本×3反復) の植栽後 17年目 (樹齢 19年) の生育状況 (表-28) を中心に述べる (倉橋ら 1982)。

供試材料は、Gj, L, Gj×L 及び Gc×L の 2種, 2雑種で、すべて北海道演習林で育苗したものである。

試験地の土壌は、河岸段丘堆積物からなる塩基飽和度中庸なグライ森林土であり、そこでの晩秋の地下水位は 40~50 cm である。

[3044] での生存率は高い方から $Gj = Gj \times L > Gc \times L > L$ の順となり、L の値が最も低い。野兎鼠の食害が認められなかったので、枯死の多くは過湿土壌条件下での苗の活着不良とその後の生育不良によるものと考えられる。因みにカラマツ類以外の樹種で 70% 以上の生存率を示したのはヤチダモ 86.7% で、ケヤマハンノキ 68.0% がこれに次いだ。

この試験地では、植栽 3年目までの枯死率の調査が行われたが (高橋(延)ら 1968), 特に Gc×L と L とに植栽早々から枯死が多く、3年間でかなり高い率に達している。一方、Gj と Gj×L は過湿条件に耐えて生育し枯死率も低かった (高橋(延)ら 1968)。

Gj はその自生地ではしばしば低湿地に生育するため L より高い耐水湿性を有すると見られている (高橋(延)ら 1968)。また、Gj の方がより浅根性である (千葉・小川 1965)。このことは 1981年に [1048] の Gs, L 及び Gs×L について行った根系調査によっても確認され、雑種 F₁ の根系が両親の間隔的な形態を示すことも観察された (倉橋ら 1982)。

以上要するに、本試験地のように地下水位が高く土壌の堅密な立地でも浅根性で耐水湿性のある Gj と Gj×L は比較的よく生育することができる。Gj×L は L とほぼ同じかやや優る樹高及び

く多かった (岩本ら 1973, 柴田・岩本 1973)。更にその上に L では野兎鼠の食害, S, Gc×L 及び La では野兎鼠食害とエンケリオプシス胴枯病 (高橋(郁)ら 1979) による衰弱枯死が加わった。これらに比べて Gj と Gj×L は野兎鼠食害及び胴枯病に対する耐性の高い分だけ生存率も高くなっている。Gj×L との比較では、どの植栽区でも Gj の生存率が低いが、これは Gj よりもナラタケ病に強い L の影響を受けたものであろう。

要するに、本山域では野兎鼠食害に積雪害及び病害が複雑に係わり合い、種や雑種の生存率を決めているといえる。その中で Gj×L

表-29 演習林内（山部）と浦幌における植栽後7年目のカラマツ類及び雑種の生育比較
 Table 29. Comparison of growth of larches and their hybrids in the seventh year after planted at Yamabe and Urahoro

樹種・雑種 Species & hybrids	生存率 (%) Survival ratio		樹高 (m) Height		胸高直径 D. B. H.	
	Y*	U*	Y	U	Y	U
L	93	86	6.1	5.0	7.8	5.8
Gk	87	71	2.7	3.1	2.0	2.5
Gs	93	86	4.4	3.9	4.3	3.6
Gc	0	84	-	4.0	-	4.0
S	27	86	2.4	2.1	1.9	1.9
Gk×L	100	90	6.0	5.5	7.0	5.8
Gk×L	84	97	5.5	5.7	6.0	6.4
Gs×L	96	100	6.2	4.9	7.3	5.1
L×Gs	94	100	6.4	5.5	7.4	6.3
Gc×L	74	96	6.4	5.5	7.4	6.2

* Y=演習林（山部）標高 300 m, U=浦幌 100 m.

¹⁾ 植栽: 1970年5月, 調査: 1976年10月.

²⁾ 種・雑種当りの植栽本数: (16~32)×2 反復.

* Y=Yamabe alt. 300 m, U=Urahoro 100 m.

¹⁾ Planted in May 1970, and surveyed in Oct. 1976.

²⁾ (16~32)×2 two-year-old seedlings were planted for each family.

胸高直径を示している。

II-2-3 寡雪寒冷地造林適応試験地（十勝支庁浦幌町）

演習林域では、Gの大陸系各変種とS及びこれらの雑種の幼齡植栽木は、融雪期に積雪下の部位に発生する激しい枝・胴枯病あるいは雪むれによって生存率が極めて低い。そこで、これらの種や雑種の寡雪地における生育適応性を検定する目的で、寒冷だが比較的積雪の少ない東部太平洋岸の浦幌と演習林内において比較植栽試験を行った（倉橋 1978）。

表-29に、両植栽地における植栽後7年目の種・雑種の生育状況を示す。

演習林内でのGcとSは、胴枯病が主因となって全滅またはそれに近い状態である。一方、浦幌では比較的健全で同病の被害もなく、16及び14%という枯死も他の原因によるものである。同様にGc×Lの枯死率も山部の方が明らかに大きい。しかし、同病罹病性の低いその他の種・雑種の枯死率は両植栽地の間であまり大きな差がない。いずれにしても、同病による被害が多雪地で多く寡雪地では少ないという違いは明らかである。

両植栽地の間で各々の種及び雑種の樹高と胸高直径を比べると、GkとGk×L1家系を除いて山部の方が浦幌にやや優り、雑種家系は両植栽地ともL程度の生長を示している。

北海道内のカラマツ類次代・試植検定林に関するいくつかの調査結果（成田 1974, 北海道林木育種場 1974, 千葉・永田 1976）によると、Gc及びその雑種F₁は概して積雪の少ない地域ほど生存率が高く、その生育も良好である。

表-30 [1023]試験地におけるカラマツ類種・雑種の植栽後22年間の生長経過

Table 30. Comparison of growth of larches and their hybrids for 22 years after planted in [1023]

項目 Items	年数 No. of years after planted	樹種・雑種 Species & hybrids				
		Gj	Gc	L	Gj×L	Gc×L
胸高直径 (cm)	8	4.9	5.4	8.6	8.4	7.9
D. B. H.	13	7.7	8.9	11.5	11.0	12.5
	18	10.9	12.3	15.1	14.7	17.2
	22	12.0	13.5	16.5	16.1	20.6
樹高 (m)	8	5.2	5.5	7.2	7.9	7.9
Height	13	8.3	9.5	11.3	12.2	10.9
	18	11.8	14.6	15.8	16.0	14.9
	22	14.3	17.4	18.4	19.2	16.0
材積 (m ³)	8	0.006	0.008	0.024	0.024	0.022
Stem volume	13	0.021	0.034	0.059	0.059	0.059
	18	0.058	0.090	0.134	0.138	0.144
	22	0.082	0.118	0.171	0.155	0.164
立木本数/ha	8	2,896	2,932	3,103	3,066	2,982
Tree number	13	2,853	1,937	3,045	3,052	2,780
	18	1,725	1,514	1,799	1,769	1,637
	22	1,725	1,470	1,776	1,769	1,637

植栽：1959年4月，2年生苗。

Two-year-old seedlings were planted in April 1959.

III 考 察

III-1 各雑種世代の生長と健全性

カラマツ類の種や雑種の今後の生長過程を予測しかつ比較基準とするために，前出[1023]試験地——雑種を含むカラマツ類の生長比較試験地としては北海道内で最も古いものの一つである——における生育経過を表-30に示した（高橋(延)ら1967）。[1023]は前年まで畑として耕作していたところに設けられており，ナラタケ病及び野鼠食害による初期の枯死がどの家系にもほとんどみられなかった。二つの雑種Gj×LとGc×Lは植栽後22年間Lと変わらない生長経過を示している。そして，1986年秋現在で植栽後28年を経過したことになるが，雑種及びLの優位はなお失われていない。

石原・松川によって育成され北海道・野幌に植栽されていたL×Gjにも，同じように30年生時までLと同じかそれより優位の生長を示す個体が含まれていたという（岸田・宮島1978）。

[1033]におけるGr-Iも生存率はナラタケ病やエンケリオプシス胴枯病によって多少低いが，生長量の順位は[1023]の傾向と非常によく似ている。

Gs・L二面交雑家系の[1048]における樹齢12年生までの生育経過は，GsとLの交雑に当って留意すべきいくつかの重要な傾向性を示している。それはほぼ次の五つに要約される。

(i) LとGsの間では明らかにLの方が生長に優れている。雑種家系はいずれもLと同程度の生長を示すが，Lに比して樹高の割に胸高直径の値が小さい。

(ii) 雑種家系は母樹の組合せによって生長に顕著な差異を生じ，更にその劣る家系ほど先枯病及び落葉病に罹病しやすい。従って，耐病性の面で交雑組合せ能力の高い個体を選抜するこ

とが可能である。

(iii) 正逆家系間には、生長、先枯病罹病性ともに有意な差異は認められないが、落葉病罹病性に家系によって多少の差異がある。

(iv) G_j の二つの地理的系統 (レース), 即ち G_s と G_k には各々の間のみならず各々の中の個体間にも先枯病と落葉病の罹病性にかなりの変異が認められる。

(v) 自殖家系は種内交雑家系に比べて明らかに生長と健全性が劣る。

その他の試験地を含む全試験地の成果を要約すると、カラマツ類各種雑種世代の生育には次の五つの傾向が指摘される。

(vi) G_k 又は G_p と L との種間雑種の F_1 , F_2 及び戻し交雑各世代は 12 年生ころに樹高・胸高直径に次のような優劣関係を示す。

$$F_1, F_1 \cdot L > F_2 > F_1 \cdot G_k, F_1 \cdot G_p.$$

(vii) これらの世代の枯死率の大きさは上と全く逆の関係にある。同様の傾向は雑種 F_1 世代の家系間において認められ、生長旺盛な家系ほど枯死率が低い。

(viii) F_2 世代は F_1 世代に比べていくらか生長と健全性が劣り、その家系内変動も大きい。

(ix) エンケリオプシス胴枯病及びナラタケ病に対する抵抗性で F_1 世代は両親種の中間に位置する。戻し交雑家系の抵抗性はこれより更に戻し親種の方へ接近した値を示す。この傾向は耐鼠性の場合にも認められたものである。

(x) 三系交雑では、 $(G_k \times L) \times D$ が優れた生長を示す。おそらく D からの落葉病抵抗性に対する遺伝的寄与によるものであろう。

上述から想定されるように、雑種 F_1 と親種との戻し交雑は、カラマツ類雑種の耐病性を高める手段の一つとなりえよう。 $G_j \cdot L$ の F_1 世代は、 L に比べて落葉病とナラタケ病に対する抵抗性が著しく劣るが、これを L と交雑することによって、ある程度抵抗性を高めることができる。この戻し交雑世代が実用に耐える耐鼠性と生長力をそなえることはすでに示されている。なお、 G_p など G の大陸系変種は日本海沿岸地域や演習林のような融雪の遅い多雪地では、 L との雑種 F_1 あるいは F_1 と L の戻し交雑のいずれの世代をとってもエンケリオプシス胴枯病耐病性に危惧が残り、現状では実用造林に应用できる見込みは全くない。

III-2 種及び雑種の諸害に対する耐性

L は、北海道全域に広く人工造林されていることでも明らかのように、その気候に対して極めて高い適応性を有するといえる。従って、 L の気象害は年によって地域的または局所的に起きるのみで常習的なものはない。 L の成林及び生育を左右する要因はむしろ様々な生物害であり、その最大のものは野鼠、野兎の食害であろう。これに対しては十分な配慮と対策が要求され、上述の各試験地での L の生存率が比較的高いのは、野兎・鼠の防除がほぼ完全に行われたためである。

他の種についても、既にふれたように、第二次大戦前の導入では比較的良好に生育できた G_c がその後の新規植栽に際してはほぼ全滅されるという新しい胴枯性の病害が問題である。

III-2-1 無機的要因の害 (とくに気象害)

上述のように、低標高域ではよく生育する L も、標高別植栽試験地で見られる通り、500 m 以上の高標高域では生育が著しく落ちるので、その造林可能な上限は 500 m 程度とみるのが適当であろう (倉橋ら 1982)。標高別植栽試験地では、高標高ほど積雪期間も長く積雪量も多い。そ

のためいずれの種にも積雪による折損、雪むれあるいは倒伏が少なくなく、それがさらに病害や野兎鼠害を誘発して枯死に至らしめているようである。従って、積雪は特に高標高地での植栽木の生育を左右する最大の要因であるといえよう。

その中で、 $G_j \times L F_1$ は両親種や他のカラマツ類に比べれば厳しい立地条件に対してもよく耐えることが明らかになった。これは野兎鼠害及び胴枯病に対する抵抗性が高く、かつ雪圧による幹の曲りが少ないためである。

同じ亜高山帯領域でも前述の大雪山・白楊平のように霜害の多発するところでは、L は連年とくに早霜害を受けて梢端が枯れ、ほうき状の樹形となり、全く成林しない。その後こうした造林不成績地ではL に代って秋の生長停止の早い G_j が造林に用いられたが、逆に春の晩霜害、あるいはナラタケ病によってほとんど成林していない（倉橋ら 1970）。

低標高域のL 幼齡造林地では冠雪による幹曲り、幹折れなどの被害が大きい。10月中旬から11月上旬にかけて落葉前に降雪があったりすると被害が増幅される（梶・畠山 1984, 倉橋ら 1985）。

十勝支庁管内の大樹及び新得の両検定林における風雪害を受けた林齢9年生の G_j と $G_j \times L$ はL に比べて枝葉密度が低く風害に対する耐性も大きいという（梶・畠山 1984）。 G_j 及び $G_j \times L$ がL に比べて黄・落葉期が早いことも、晩秋から初冬の冠雪害に対して明らかな利点と考えられる。

カラマツ類の風害の例としては、近年では1981年8月の15号台風があり、十勝地方のL 造林地に甚大な被害を与えた。このとき演習林では、人工林の被害が天然林とは比べものにならないほど少なかったが、それでもカラマツ類造林地に局地的にかなり激しい被害を生じたところもみられた（倉橋ら 1982）。

演習林内で台風害を受けた試験地の一つである [1048] では、林齢11年時点のL 家系と雑種家系の間で被害個体率にはあまり差がなかったが、被害とくに根返りの率に差を生じ、雑種家系の値がやや高く出た。雑種の根系は両親種の間中間的な形態を示し、概してL より浅いことがその根返り率を高めにした最大の原因であると考えられる。しかし、Gs 家系はまだ樹高が低いためか被害を受けていない。

気象害のうち、早・晩霜害と日長並びに気温の変化に対応して現れる生長停止期及び開芽との関係については第4章ですでに述べた。

Ⅲ-2-2 生物害（とくに病害）

前述のように、カラマツ類種・雑種の幼齡木の枯死率が低標高域に設けた各試験地の位置によって大きく異なり、あるところでは相当に高い値を示す。しかし、野鼠の食害による枯死は [1056] のL 家系に見られただけであり、他の被害による枯死の如何に多いかが知られる。しかもその枯死の多くは、ナラタケ病とエンケリオブシス胴枯病による。先枯病と落葉病は、[1048] の例に見られるように生長にはかなりの影響を与えているが、それが直接原因して枯死に至らしめることはない。

以下、とくに植栽後約10年間の幼齡期に各々の種や雑種が示すこれらの諸病害に対する耐病性について考察する。

(1) ナラタケ病

本病は、ナラタケ菌が根を侵して枯死にいたらしめるもので、幼齡木にとって最も重要な病害

の一つである。

カラマツ類の植栽は、もともと無立木地や裸地を対象にすることが多いので、そのようなところでは本病はあまり問題にならない。しかし伐採跡地では、伐採後数年間伐根をもとに大量のナラタケ菌が発生し、植栽木が同菌に侵され易い条件となるといわれている。事実、広葉樹林やヨーロッパトウヒ林の伐採後に植栽された [1033], [1047], [1051], [1052] 及び [1053] の試験地では、この理由によって枯死率が非常に高くなっている。一方、[1040], [1048] 及び [1056] は、前二者が畑地跡そして後者が伐根の少ない林地であるため、本病による枯死木は全くまたはほとんど見られない。

このように、本病の発生には植栽される林地の条件によって顕著な差がある。一方、種や雑種間の罹病性には、いずれも本病に侵されるためあまり顕著な差がないが、その中で Gj が比較的罹り易く、L は罹りにくい。両種の雑種 F_1 は中間よりやや L 寄りである。

千葉・小川(1965)は、Gj は L に比して浅根性でありこれが本菌に侵され易く枯死率を高める原因になると述べている。つまり、Gj は野鼠には強いがナラタケ病には弱く、その植栽地の選定に当っては十分な配慮が必要である。

(2) エンケリオプシス胴枯病

本病は、高橋(郁)・佐保(1969)によって1960年代後半に我が国で初めて演習林の Gc 幼齡木から記録された新しい病害である。病原菌は *Encoeliopsis laricina* (ETTLINGER) GROVES で積雪の下になった若い植栽木や枝の幹の1~4年生部分を侵す。その病原性は極めて強く、特に Gc, Gm, Gp 及び S の植栽2, 3年の幼齡木を罹病して数年間で衰弱、枯死に至らしめるほどである(高橋(郁)ら1971)。本病は L と Gj に対しては枯死させる程の致命的な被害を与えることはないが、G 各変種の造林適地の選定あるいはそれらと L との交雑育種を進める上で十分留意すべき重要病害である。

国外では、北アメリカの British Columbia と Idaho の両州で O に、またヨーロッパではスイスで D にそれぞれの発生が報告されているが、我が国ではまだ北海道でしか知られていない。

G 各変種のうち Gc は Gj と共に第二次大戦前にも北海道に導入植栽されたことがあり、小面積ながら優良造林地として残っているところもある。何よりも明らかに L に勝る耐鼠性のため、北海道への導入成功種(あるいは可能種)の一つに数えられたこともある。しかし、田畑(1964)は樺太で Gc が不明の病原菌によって全滅した事例のあることを報告し、この種の北海道への導入の危険性を示唆していた。この被害もおそらく本病によるものであろう(高橋(郁)ら1971)。

北海道中部地域に植栽された場合の本病に対する罹病性を主として演習林の試験・観察結果によって比べると、種・変種はほぼ次のように分けられる(倉橋1978)。

高い感受性あり：Gg, Gc, Gm, Gp, S, O

感受性あり　　：D, La

やや耐性あり　：Gs, Gk

高い耐性あり　：L

G の変種の中では、島嶼系の Gk, Gs は比較的罹病の度合が少なく、むしろ L に近い耐性を示す。一方、大陸系の変種は非常に感受性が高く、それらと L との雑種 F_1 も両親種の間位置しながらなおかなり高い感受性を示す。

Gp×L 雑種 F₁ の戻し交雑家系は、それぞれの親種の方へ偏った耐性を示し、その限りでは耐鼠性の場合とほぼ同様の傾向にあるといえる。しかし、L との戻し交雑家系の本病に対する耐性の程度ではまだ十分であるとはいえない。

すでに述べたように、G 各変種は、第二次大戦後原産地から新規に導入したものばかりでなく、演習林内の古い植栽木から採種育苗したものも、激しく本病に冒された。一世代北海道での生育を経験することによって次代に抵抗性の淘汰効果が現れるとは考えられないから、この間に発生条件に大きな変化があったものと考えられる。本病の病害から考えると、現段階で実際に北海道において造林またひいては交雑に使えるのは L と G_j (G_s, G_k) のみであろう。

(3) 先枯病及び落葉病

落葉病と先枯病もカラマツ類の重要病害である。そしてこれに対しても種や変種間に罹病性の差があり、特に G_j と L を比べると、落葉病に対しては G_j の方が罹りやすく、先枯病に対しては逆に L の方が罹りやすいか両者ほぼ同じである。また、これらの種間雑種は両病ともにほぼ中間の罹病性をもつと、1960 年代後半まで主として植栽地における被害状況の調査結果からいわれていた(千葉・永田 1963, 佐藤ら 1962, 高橋(延)・佐保 1961, 高橋(延)ら 1966, 柳沢・斉藤 1960, 横沢・村井 1958)。

更に 1970 年代以降は、水野(1973) がほぼ同じ傾向を認めているのに対し、畠山ら(1973) は、G_j にはその先枯病罹病性にかかなりの系統間変動があってある系統は L よりも罹病性が高く、その傾向は雑種にもうけつがれる、という従来とは多少異なる結果を得ている。千葉・永田(1972) は L についても落葉病及び先枯病に対する耐病性個体の選抜を行っている。

演習林及び近隣では、もともと両病の被害が極めて少なく(高橋(延)ら 1966, 高橋(延)ら 1974), 先枯病では D, La, O, 落葉病では O と G の各変種など感受性の大きいものは別として、これまで L や L・G_j などに特記すべき被害を生じたことはなかった。

しかし、上述の通り 1971 年設定の [1048] 次代検定試験地で G_s と L の二面交雑家系に植栽 3 年目あたりから両病が発生して生長にも影響を及ぼし、また同じ組合せの母樹を異にする家系の間に罹病性の顕著な差異のあることも認められた。一方、同じ G_j の G_k と G_s の間で生物害抵抗性に差のあることが、先枯病(畠山ら 1973) でも、また野鼠食害(第 5 章)でも知られていた。

このように、G_j の先枯病及び落葉病に対する抵抗性には、地理的系統ないし産地間のみならず同じ系統・産地内個体間にもかなりの変異があることが明らかにされた。今後更に、これらの変異による種間交雑についての研究が必要であると考えられる。

第 7 章 材 質

カラマツの造林地では樹幹の曲りなども材利用上いろいろな問題を生じるが、特に間伐材の材質で最大の欠点とされるのは回施木理である。従って、カラマツの優良木選抜に当っては幹の通直性と、さらに近年では繊維傾斜度の小ささに力点が置かれている。

カラマツ類各種の中では G_j・L の F₁ が、造林初期から幹が通直で曲がりも少ないことで早くに注目されていた。

[1023] での植栽後 11 年(樹齢 13 年)での幹曲りの調査によると、一番玉を 3.65 m にとった場合の最大矢高は L>G_c, G_c×L, G_j, G_j×L の関係となり、L の曲りが特に大きく、他の四者とは開きがあった。地上高 1.3 m までの根元曲りでも L>G_c×L, G_c, G_j, G_j×L という幹の場合と

表-31 GsとLの二面交雑家系[1048]植栽木の材質
 Table 31. The wood quality of the diallel cross families between Saghalien larch and Japanese larch planted in [1048]

交雑組合せ Combination	胸高直径 D. B. H. (cm)	樹高 Height (m)	曲り指数 Curvature index		幹 Trunk	幹曲り矢高 Bowed height (h_2)* (mm)	容積密度数 Bulk density (kg/m ³)		繊維傾斜度 Spiral grain (%)	
			根元 Stock	幹 Trunk			平均 Mean	最小~最大 Min.~Max.	平均 Mean	最小~最大 Min.~Max.
L × L	507 × 307	10.1	9.6	2.0 ± 0.73	3.6 ± 1.14	60.5 ± 24.8	358	290 ~ 411	5.0	2.3 ~ 6.8
L × L	307 × 507	10.7	9.7	2.2 ± 0.69	3.2 ± 0.88	53.5 ± 19.4	366	331 ~ 407	4.6	3.4 ~ 6.8
Gs × Gs	551 × 552	6.1	5.7	1.8 ± 0.67	3.9 ± 1.21	30.8 ± 9.6	403	359 ~ 441	4.3	2.6 ~ 6.3
Gs × Gs	552 × 551	6.4	6.1	1.9 ± 0.56	3.9 ± 0.89	30.6 ± 8.3	406	374 ~ 475	4.2	1.9 ~ 5.6
L	307 self	9.3	7.7	3.5 ± 1.18	4.3 ± 0.95	60.8 ± 20.3	357	328 ~ 387	2.6	1.7 ~ 3.4
L × Gs	507 × 551	10.4	10.9	1.5 ± 0.51	1.9 ± 0.64	28.4 ± 9.3	404	371 ~ 451	3.2	1.8 ~ 5.4
Gs × L	551 × 507	9.6	10.3	1.5 ± 0.61	2.0 ± 0.73	28.0 ± 8.9	404	371 ~ 426	4.3	1.9 ~ 7.1
L × Gs	507 × 552	7.9	8.3	1.5 ± 0.69	2.4 ± 1.04	24.4 ± 13.7	426	386 ~ 473	4.9	3.0 ~ 7.5
Gs × L	552 × 507	7.3	7.8	1.8 ± 0.77	2.8 ± 1.20	26.8 ± 8.3	403	343 ~ 462	5.2	3.9 ~ 7.3
L × Gs	307 × 551	9.6	9.8	1.7 ± 0.96	2.6 ± 1.22	37.5 ± 14.3	373	313 ~ 426	3.1	1.6 ~ 4.7
Gs × L	551 × 307	9.5	10.2	1.8 ± 0.52	2.7 ± 1.17	38.8 ± 16.0	384	327 ~ 418	2.9	1.4 ~ 4.2
L × Gs	307 × 552	8.5	9.0	1.7 ± 0.66	2.6 ± 1.14	28.3 ± 10.5	392	337 ~ 451	2.9	0.9 ~ 4.4
Gs × L	552 × 307	9.1	8.7	1.6 ± 0.58	2.7 ± 1.18	31.8 ± 8.5	387	300 ~ 438	3.6	0.4 ~ 5.9

h_2 本文参照.

h_2 referred to the text.

ほぼ同じ順位関係を示す（小野寺ら 1977）。上の調査以後も雑種家系の材質について、Gr-I [1033] と Gr-II [1048] の間伐材を用いた基礎的な試験を道立林産試験場に依頼して行った（滝沢・川口 1982, 滝沢ら 1982, 川口・滝沢 1983）。

これらの結果の中から、供試家系数と本数が十分に揃っている Gs と L の二面交雑家系 [1048] の植栽木の幹の曲り、容積密度及び繊維傾斜度の関係をまとめれば次の通りである。

I 材料と方法

植栽後 10 年経過した 1980 年 12 月（樹齢 12 年）に [1048] 植栽地の 13 家系について 25% の定量間伐（機械的に、各家系奇又は偶数列の 1 本おきに伐採）を行い、得られた 250 本（各家系 20 本づつ、ただし V-307 の自殖家系のみ 10 本）を供試した。供試木の胸高直径及び樹高の平均値を表-31 に示す。

供試木の幹を地上高 0~1.3 m と 1.0~4.0 m の部分に分け、それぞれの最大矢高（これを h_1 及び h_2 とする）を測定して、 h_1 の胸高直径に対する百分率を根元曲り、 h_2 の幹末口（地上高 4.0 m の直径： d ）に対する百分率を幹曲りと定めた。曲がり度合の表現としては、各値に 25% ごとに 1, 2, 3... と定めた指数を与えこれの家系平均を求めた。

更に各供試木の胸高上部で厚さ約 5 cm の円板を採取し、小ブロック及び半割円板について浮力法によって容積密度数を測定した。表-31 には半割円板から求めた値を示した。

また、全供試木の胸高附近で節など欠点のない部分から厚さ 5 cm 円板を採取し、割裂法によって繊維傾斜度を測定した。表-31 に示したのは、すべての年輪上の繊維傾斜度の平均値である。

II 結果

表-31 に、上に求めた大半の形質の平均値及び標準偏差あるいは最小~最大値を一括して示した。

II-1 根元及び幹の曲り

各家系とも根元曲りと幹曲りは相関がよく、両形質とも種内・種間交雑家系の間には次のような関係が認められる。

$$L \times L, Gs \times Gs > Gs \times L, L \times Gs.$$

つまり、雑種家系の根元・幹の曲りは、ともに種内家系のそれらより小さい。V-507 と V-551 の正逆両家系は幹曲りが他の組合せに比べて特に小さい。しかし、上の表示方法では d の大きさによって曲りの指数が左右される。そこで表-31 に合わせ示した h_2 の値をみると、 $L \times Gs, Gs \times L, Gs \times Gs$ は矢高の平均値で、V-307・V-551 の正逆家系が若干大きめのほかは、いずれも L 家系のおよそ半分の 30 mm 前後であり、標準偏差でも L のそれより小さい。

根元と幹の曲りのいずれにおいても種内・種間の正逆家系間に差異はない。

II-2 容積密度数

一般に L 家系は Gs 家系より容積密度が小さい。雑種家系は両者の中間の値から Gs と同じ程度の値まで組合せによって幅広い変異を示す。正逆家系間では、V-507・V-552 を除き差異はない。

II-3 繊維傾斜度

個体内の平均繊維傾斜度と最大繊維傾斜度との相関係数は全供試木を対象とする場合 0.723 であり、家系ごとに求めればより高い相関が得られると考えられている（川口・滝沢 1983）。

なお、上記材料の交配母樹からクローンが作られそれらが 9 年生になっているので同様な方法で胸高部位の繊維傾斜度を求めると、L では V-307: 4.3%, V-507: 6.8%, また Gs では V-551: 4.0%, V-552: 6.2% であった。つまり、同一種内の 2 接木クローンに 2~2.5% 程度の開きがみられる。

表-31 によると、これら母樹による種内各家系はいずれも小さい傾斜度をもつ母樹の方に近い値を示し、L と Gs の間でも、正逆家系間でも差は小さい。しかし、これらの種間雑種家系は 3% 内外の小さなものから 5% を超すものまで組合せによって幅広い変異を示している。それらの正逆家系の間には、L×Gs の方が Gs×L より繊維傾斜度が小さい傾向がある。また、V-307 と V-551 の半兄弟家系が V-507 と V-552 のそれより小さな値を示す点は接木クローンでみられた個体間差の傾向を反映している。

上記の傾向は、[1033] の L・Gk 雑種家系 (Gr- I) においてもほぼ同様である。

一方、[1023] の Gj×L 及び野幌植栽の L×Gj (岸田・宮島 1978) は L よりも繊維傾斜度が小さくないという。

このように実験によって相異なる結果が得られているのは、恐らくそれぞれ供試木間に個体差があり、またその組合せ能力に幅があることを示すものと考えられる。

III 考 察

Gs と L の二面交雑家系及び他の材料による材質調査の結果を要約すると以下の通りである。

(i) Gs・L 雑種 F_1 家系の立木の根元及び幹の曲りは、L 家系のそれよりはるかに小さく Gs 家系のそれと同じ程度であった。また、正逆家系間には差はなかった。同じ傾向は [1033] の Gk・L 雑種家系や [1023] の Gj×L にも認められた。

(ii) Gs・L の多くの家系で容積密度数は両親種の間か、あるいは Gs 家系と同じ程度の値を示した。一般に、正逆家系間に差異は認められなかったが、[1033] でのみ Gk×L の方にその逆家系よりやや大きな値を示す傾向があった。しかし、この場合の供試本数が僅か 3 本であったので、[1048] の結果の方がより真に近いものと考えられる。Gj・L については他の例についても同様の結果が得られている。

(iii) Gs・L 雑種 F_1 家系には一部両親種より繊維傾斜度の小さいものがあった。正逆家系では、[1033] の L・Gk の場合と同様に、概ね Gs×L より L×Gs の繊維傾斜度が小さい。

(iv) 幹の曲り、容積密度数及び繊維傾斜度のどの形質にも母樹の組合せ能力に差異が認められる。従って、形質ごとに一定基準以上の一般組合せ能力を示す個体を選抜することが可能であると思われる。

要するに、Gj・L 雑種 F_1 は幹の通直性及び容積密度の大きいこと、そして繊維傾斜度の小さいことで材質的に優れており、材質育種の見地から有望なものである。また将来における一層の材質改良の余地も大きい。

第8章 雑種次代の生産

北海道内では1950年代後半から雑種子生産のためGj・L雑種採種園(林)の造成が各地で行われてきた(初期にはGc・L雑種採種園も造成されたが前述の理由で今日では除外されている)。以下に、カラマツ類雑種として優秀性の認められたGj・L雑種F₁を得るための大量(事業用)種子生産システムについてその主な項目の基本的な考え方を述べ、それぞれの現状について概観する(倉橋1983, 倉橋ら1986)。もちろん、この考えは適当な修正を施せば他の雑種についても適用が可能である。

雑種子は以下の理由によって主としてGj母樹から採種される。(i) Gjの自然交雑次代家系の方がLからのものに比べて高い雑種率を示す。(ii) 多くの形質で正逆交雑家系間に差がない。(iii) 雑種苗はGj自然交雑家系中での判別がLの場合に比べて遙かに簡明容易である。従って、一般にGjを採種木としLを花粉親とする配植がなされる。

I 雑種率の変動とその原因

演習林のGkとL混植の採種林[4507]において、両種からそれぞれ自然受粉種子を採取し、得られた苗の雑種率を調べたところ、Gkの家系には約50%、Lの家系には約30%の雑種を含んでいたが、年による変動範囲はそれぞれ21.3~74.7%と18.5~36.0%であった。このように、GjとLとの間で天然に生成される雑種の割合に大きな変動がみられる原因あるいは関連する要因を究明するためにいくつかの実験と調査を行い、以下の諸点を明らかにした(倉橋ら1986)。

(i) 開花期は、Gjの方がLより若干早い、いずれも4月下旬から5月上旬にかけてである。花粉飛散の始期でみると気温の高い年には両種ほぼ同時であり低い年に3、4日ほどずれるが、受粉可能期間がいずれも約1週間ほどあってその相当部分が重なっており、互いに受粉し種間交配する十分な機会がある。

(ii) 両種の花粉を等量混合して受粉するものと別々に2回又は複数回受粉するもの(二重受粉)との2通りの人工受粉を行ったところ、Gjを雌性親にした交配の方がLの場合より雑種率が高く、その傾向は自然受粉の場合とほぼ一致していた。ただ、L雌性親に混合受粉したときの雑種率は自然受粉の場合より概して低かった。

(iii) GjとLの相互交雑を行うと、一般にL×Gjの方がその逆交雑家系より種子発芽率が低い。また、L×Gj家系の種子発芽率は両親種母樹の種内交配家系より遙かに低いが、Gj×L家系の場合にはしばしばGj母樹の種内交配家系より高い種子発芽率が得られる。同じ組合せの正逆家系間にこのような種子発芽力の差異を生ずる主要な原因は、両種の花粉にあるものと推定された。

(iv) Gjの花粉には年や個体によって極めて高率に異常花粉粒が含まれることが知られているが、このような花粉は当然稔性も低いものと思われる。また開花前の厳寒期(1月下旬~2月上旬)に厳しい低温が反復して襲来した年に概して異常花粉粒の率が高いので、この低温が形成期のGj花粉に重大な影響を与えるものと想定される。

(v) 一般にGjはLより花粉飛散量が少ない。

(vi) Gjを雌性親とする交配の方がLの場合より自然受粉家系の雑種率が高いという現象は、上記特に(iv)と(v)に開花時の気象(特に気温と湿度)が複雑に関連して引き起こされる

るのであろう。

花粉の稔性と雑種率の関係、雑種苗の判別の難易など上記の諸事実を併せ考えると、Gj と L の雑種採種園(林)は Gj を雌性親とし L を花粉親とする構成にするのが最も効率的であるといえる。事実、昨今の雑種採種園はこの線に沿った形のものが多い。

II 雑種 F₁ 種子生産システム

II-1 雑種採種園

雑種採種園は下に示すように、構成するクローンの数あるいは性格の違いによっていくつかに分けられる。

複数クローン：多くの雑種採種園はこの方式のものである。Gj 及び L のそれぞれ複数の選抜木を用い、その接木クローンを混植する。混植の方法は、(i) 両種の交互列植、各列内のクローン配植はランダム。(ii) Gj 各採種木(ラメート)の L による包囲配植、(iii) 同じく Gj のクローンごとの列又は区画の L による包囲配植、のいずれかである。(ii) と (iii) は、Gj の種内交配の機会を減らし雑種率を高めることを狙った方法である。

演習林においては、これら 3 タイプの採種園がそれぞれに造られているが、そのうち (i) タイプに属するもので Gj 採種木に接木後約 25 年経った 1985 年に初めて多量の着果が認められた(倉橋ら 1985)。今後継続的な種子生産があるものと期待される。北海道内に造成されている雑種採種園には (i) タイプ又は (ii) の変形タイプが多い。

北海道内には、国有林(32.65 ha)、道有林(18.08 ha)及び試験研究機関合せて約 55 ha の雑種採種園が造成されている(林野庁 1984)。その大部分は Gj と L を組合せたものである。そのうち種子生産の多い北見林務署訓子府採種園(1963 年設定、11.5 ha)を例にとると、定植後 12 年目頃から着果があり、1982 年までに精選種子にして計 100 kg が生産された。そして、それから約 60%の雑種苗が得られている。他の地域では 1985 年に初めて多量の着果が認められた。

単一クローン：採種木に単一クローンを用いる方法で、西ヨーロッパ諸国では D・L の雑種採種園に採用されているが、北海道には例がない。ただ上の混植方法 (iii) はこれに準じたものである。

早期着果性クローン：上記演習林内雑種採種園の例でみられる通り、両種とくに Gj は成熟期に達するのが遅く、また結実周期が非常に長い。そこで、各地の Gj 植栽木の中から早期着花性個体(若齢の時から枝の前年伸長部分に多数の雌球花を着け始めしかも雄花形成が少ないという特殊な習性を示す個体；前掲 V-544, V-561 など)を選抜してクローン化し雑種採種木に利用しようとするものである(佐々木ら 1972, '81)。この方法は、雄性不稔個体を一代雑種の採種に利用する方法(山口 1982)と似ており、高率に雑種苗の得られる利点がある。

具体的なクローン化は、L 採種園(林)内の個体への高芽接ぎによる。1970 年に演習林内の 13 年生 L 実生木に約 50 個芽接ぎをしてふやした V-544 クローンは 5 年目に約 1,500 個の球果を着け、21,000 本の苗をもたらした。更に 10 年目には 3,300 個の球果、そして約 50,000 本の苗が得られている。このクローンは、3, 4 年ごとに多少の波があるが、連年何がしかの雌球果を着け、確実に Gj×L の F₁ 雑種種子を生産している点で、着果の早さとともに注目してよい(佐々木ら 1981, 倉橋ら 1985)。

これら早期着花性選抜木の人工及び自然交配雑種次代について諸種の検定を進めているが、最

も古いもので樹齢14年となる現在まで、生長量ではLに何ら劣るところがない。しかし、このような特殊な習性の遺伝性についてはいろいろ不安も残るので、現在なお、その特性や安全な利用の可能性などに関する基礎的な研究が慎重に続けられている(倉橋ら1984)。

II-2 雑種採種林

雑種採種園中のGj選抜木の若齡台木接木クローンにいつまでも着果が見られないため、演習林では成熟木の移植によって雑種採種林を仕立てる試みも早くから行われてきた。例えば、Gj採種林内へのL実生木の移植、L又はGjの各造林地へのGj又はL実生木の移植などである。

雑種採種林[4507](0.35 ha)もその一つで、1954年に種子生産を目的に当時19年生のGkを10 m間隔に移植したのであるが、周囲のL林分からの自然受粉によって非常に高い率でLとの雑種苗が含まれることが知られた(高橋ら1961)。そこで更に雑種率を高めて雑種採種林に転換する目的で、1966年秋に13年生のカラマツ造林木44本をGkの列間に移植した。1956年から1985年までの結実調査によると、30年間に並作以上がGkで7回、L(移植前は周囲の林分の記録)で12回記録されており、両者の差は著しい(倉橋ら1985)。しかし、この間に多量の雑種苗を生産し、諸種の実験や試験林造成に役立たせた。

このように、雑種採種林の造成や高芽接ぎによる雑種採種林の育成は、雑種採種園の着果が遅れている間のGj×L雑種F₁種子の大量生産手段として一定の役割を果たしてきたといえる。雑種採種園がある程度成長して種子生産に寄与するようになった今でも、なおこれらの方法の改善や新規開発は有用であると考えられる。

III 雑種苗の判別方法

Gj自然受粉家系苗の雑種苗の判別は、形態学的諸形質に関する前記の成果に基づいて、次のようにして行う。(i)播種当年の1年目床替の際、1年生苗を苗高によって2ないし3段階に大別し、その中の大きい方を選ぶ。(ii)こうして選抜された大きい苗の2年生時の秋に、まず2年目の主軸上に側枝を形成していない苗をGjとして除く。さらに側枝があって主軸の色がGj特有の暗紫褐色を呈するものを除き、残りを雑種F₁苗として扱う。冬芽形成期も有効な判別形質である。どうしてもL自然家系内から雑種苗を判別しなければならないときには、冬芽形成期と樹皮の特徴とが指標形質となる。

第9章 総合考察

I カラマツ属交雑育種の対象と目標

一般に、材木の種間交雑による育種は次の4段階を経て計画的に進められるべきであるとされている(WRIGHT 1962)。

- (i) 交雑可能な種組合せの決定。
- (ii) 少量反復生産による雑種の検定。
- (iii) 有望組合せ雑種の大量生産方法の確立。
- (iv) 所定の目的に対して最適の組合せ効果を示す個体、バイオタイプ(biotypes)ないし地方品種(races)の決定。

他の林木の種と同様、カラマツ属の交雑育種も育林の目的や地域等によって、その主たる対象が異なるはずである。

既に見たように、カラマツ属種間交雑の研究は、ヨーロッパ諸国で数多く行われているが、中でもDとLとの種間雑種は養苗時から樹齢30年ころにいたるまでどの段階でも両親より優れた生長を示すという。しかし、その生長や生存率は各地の植栽地で発生する霜害や癌腫病によって様々に変動する(S-LARSEN 1956, DIMPFLMEIER 1959)。

また、D×Sはフィンランドで有用な育成雑種であることが確かめられている。また、ソ連ではSとGとの間の天然雑種について分布や形態的特徴の研究が行われている(WRIGHT 1976)。アメリカ合衆国では、L, O, La, S及びG相互の間の交雑が行われており、その中ではL×Laの生長が速いという(LESTER 1972)。

海外におけるカラマツ属の種間交雑に関する研究は西及び北ヨーロッパを中心にDとLとの間で行われたものが圧倒的に多い。特徴的なのは、これらの交雑苗の検定植栽や造林はDの自生地よりもはるかに低標高域で行われていることである。また、雑種F₁の利用は外来種を広く導入植栽している国の方が盛んである(WRIGHT 1976)。

日本の国内でも、D・Lと推定されるものが、長野県下塩野苗畑(鯉淵 1953)や演習林(濱谷ら 1975)に第二次大戦前に植栽されており、同じ植栽のLと同じかそれよりやや優れた生長を示している。また、演習林に戦後に導入された材料も良好な生長を示すことは前述の通りである。しかし、北海道でこの組合せの種間交雑が積極的に取り上げられなかった最大の理由は、両親種ともに耐鼠性が低く交雑によってそれを高めうる見込みが無かったことである。

本論文でその有用性について論じたLとG各変種との種間雑種も、その交雑に関する研究は、北海道を除いて国内はおろか国外でも殆ど例がない。

ひるがえって、日本唯一のカラマツ属自生種であるLの造林上の問題について考えると、その自然分布域である本州中部においても、また主なる造林区域である北海道及び東北地方においても、その土地でL自体が示す程度の生長能力が維持されるならば、他の林木では最重要視される生長はそれほど気にしなくともよい。問題はむしろ、地域によって異なる環境ストレスや生物害がLにとって時に致命的な打撃を与えるので、これらに如何に対処するかであろう。中には例えば先枯病のように風衝を避ける生態的防除法の確立されたものもある。しかし、多くの害に対しては交雑育種によって抵抗性の獲得に併せてLそれ自体がもつ諸種の欠点の減殺等の諸目標のうち幾分かでも達成しようとするのが交雑育種の役割である。

この観点に立てば、環境条件の厳しい北海道で問題が多く、したがって交雑育種に対する関心の高かったのも当然である。歴史的にみても、石原・松川による国内で最初の交雑の試み(1936, '38)は、LとG_j及びG_cとの交配による耐鼠性の獲得が目的であった。

更に第二次大戦後の1952年に演習林で養苗中にG_j×Lの雑種と認識されたのを契機に、初めは耐鼠性育種を主目標としたが以降順次対象を広げて今日まで同演習林で筆者らによって継続されてきたLとG各変種との種間交雑の種々の試験や実験が、わが国におけるカラマツ属交雑研究の相当に大きな部分を占めている(高橋(延)・濱谷 1972, 濱谷・倉橋 1981)。

いずれにしても、カラマツ類樹種の種間交雑が他の林業樹種に比べてかなり容易であることが知られ、WRIGHTのいう第(i)段階は早くに達成されていたと言えよう。それ以後は、演習林や北海道内の他の研究機関で諸害、諸欠点に対する雑種間の反応の違いが反復して比較研究された(高橋(延)ら 1968, 高橋(延)・濱谷 1972, 濱谷・倉橋 1981)。そして、これによって北海道内全域に対する、あるいは各地域の特殊性に応じた最適の種間交雑組合せを選定し、更に雑種採種園

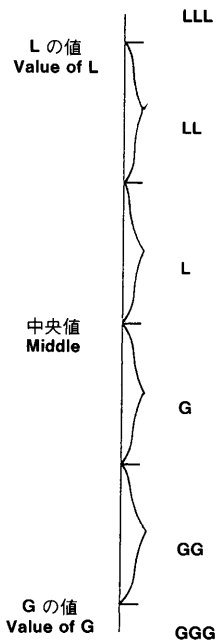


図-22 雑種における形質の現れ方
Fig. 22. Grades of heterosis

におけるそれらの F_1 種子の大量生産も可能になってきた。即ち、上述の第 (ii), (iii) 段階も既にある程度達成されたとみなすことができる。こうして、北海道の多くの地域においてカラマツ類の多種類の雑種のうちで $G_j \times L_{F_1}$ が最も優れた造林適性を示すことが示されている。

北海道内に設定されているカラマツ類雑種検定林（試験地）における生育状況を概観比較して $G_j \cdot L$ と $G_c \cdot L$ の各雑種は 10 年生前後のとき、検定林によっては L に勝つこともあるが、一般に L 程度の生長を示すものと理解されている（青柳 1976, 高橋(幸)・林 1978, 千葉・永田 1980, 黒丸ら 1985)。また、 $G_j \times L$ の雑種家系は幹が通直である事によって高く評価されている（滝沢・川口 1982, 滝沢ら 1982)。しかし、交雑の組合せに用いられる産地あるいは母樹によっては顕著な差異を見出すこともある（畠山ら 1973, 倉橋ら 1976, 黒丸ら 1985)。このことは、生長がよく耐病性と幹の通直性の高い $G_j \cdot L$ 雑種を得るためには、 G_j や L の産地や集団の中からこれらの形質について組合せ能力の高い個体を選抜する必要があることを示している。即ち、上述の第 (iv) 段階の研究をいかに効果的に進めるかが現在の最大の課題である（濱谷・倉橋 1981, 黒丸ら 1985)。

種間交雑は、両親のもつ望ましい形質を組合せるばかりでなく、試験地 [1048] の例で示したように、しばしば好ましくない形質も取込んで時にはそれを増大させる。そして望ましい形質でも両親種の間程度度の現れ方をしたのでは実用的に十分でないことがある。そこで、不良形質を減殺し、しかも優れた形質のみを保持増幅することを狙って、 $G_k \times L$ 及び $D \times L$ の F_1 世代について $F_1 \times F_1$ 、親種との戻し交雑及び三系交雑も試みられた。

これまでの成績では、 $(G_k \times L) F_2$ と $(G_k \times L) \times L$ の世代は概して、野鼠食害に対する十分な抵抗性をもっている（小笠原ら 1974, '75, 千葉・永田 1976)。しかし、 $G_k \times L$ の F_1 が L に比べて落葉病とナラタケ病に弱いので、 L との戻し交雑を行ったが、余りその効果はみられなかった。また、 $G_j \times L$ 及び $D \times L$ の F_2 、戻し及び三系の各交雑世代は、いずれも F_1 世代よりとくに優れた生長を示すとはいえなかった（千葉・永田 1980, 石倉・高橋 1984, 倉橋ら 1985)。

概して雑種 F_2 世代は、 F_1 世代よりもその形質変異の幅が広い。従って、それらを苗畑や植栽地で取扱う際の困難がより多くなる。 L との戻し交雑及び三系交雑については、 F_1 家系内で注意深く選ばれた個体を用いた一層の研究が望まれる。

$L_a \cdot L$ の F_1 は苗畑での伸長生長は旺盛であるが、林地へ出してから生長が鈍く、また先枯病にも弱い。

G の各変種又は産地・系統間の交雑家系は両親種となる変種又は産地・系統と同じ程度かそれに勝る生長を示すが、 L との組合せに比べれば明らかに劣る。

なお、 G_j 及び G_c の北海道より低緯度における本州中部での植栽は、生長停止を早めて（夏至ごろ）土用芽形成や生長低下等の弊害を伴うが—— L には北海道でもこのような日長効果はほと

表-32 GsとLの二面交雑家系(Gr.-II)における諸形質の比較

Table 32. Comparison of various characters in the diallel cross families between Saghalien larch and Japanese larch (Gr.-II)

形質 Characters	Gs	Gs×L	L×Gs	L	雑種強勢の程度 ¹⁾ Degree of heterosis
2年生 2-year-old					
苗高(cm) Height	33.5 (68) ²⁾	59.5 (120)	57.8 (117)	49.5	LLL
根元径(cm) Basal diameter	0.57 (72)	0.85 (108)	0.88 (111)	0.79	LLL
側枝数 No. of lateral branchlets	0.2 (1)	14.0 (74)	15.2 (80)	19.0	L, LL
側枝密度 Density of lateral branchlets	0.3 (1)	28.2 (61)	29.9 (64)	46.5	L
側枝相対高 Relative height of lateral blanchlets	1.8 (3)	47.6 (76)	48.8 (78)	62.3	LL
頂芽形成期 Terminal bud formation	8月22日 (0)	0 (63)	34日後 (59)	32日後 (59)	L
黄葉期 Colouring of needles	10月20日 (0)	0 (53)	8日後 (45)	7日後 (45)	L, G
落葉期 Falling of needles	10月29日 (0)	0 (70)	14日後 (75)	15日後 (75)	L, LL
野鼠食害量(g) Amounts of gnawing by voles	2 (1)	68 (42)	58 (36)	161	G
7年生 7-year-old					
樹高(m) Height	2.9 (60)	5.0 (104)	4.9 (102)	4.8	LLL
胸高直径(cm) D. B. H.	2.2 (37)	5.2 (88)	5.1 (86)	5.9	LL
12年生 12-year-old					
樹高(m) Height	5.9 (62)	9.3 (97)	9.5 (99)	9.6	LL
胸高直径(cm) D. B. H.	6.3 (61)	8.9 (86)	9.1 (88)	10.4	L
矢高(mm) Bowed height	31 (54)	33 (58)	30 (53)	57	GG, GGG
容積密度数(kg/m ³) Basic density	405 (112)	394 (109)	398 (110)	362	GG
繊維傾斜度(%) Spiral grain	4.3 (90)	4.0 (83)	3.5 (73)	4.8	GGG

¹⁾ 本文及び図-22 参照.

²⁾ (): L家系100に対する比.

¹⁾ Referred to the text and Fig. 22.

²⁾ (): Percentage to L family.

んどみられない(HAMAYA et al. 1968)——, この点, Gj×L及びGc×Lの生長停止期はLに近いものとなり弊害の少ないことが明らかにされている(浅田ら1965, 川崎ら1978)。しかし, これについての研究はその後あまり拡大されていない。

II カラマツ属の種及び雑種の評価

遺伝学や育種学では, 雑種強勢の程度を表すのに両親の平均を基準としてとる場合と優れたほうの親を基準とすることがある(鈴木・志賀1976)。

表-33 カラマツ類の種及び雑種の造林的判別表
 Table 33. Silvicultural evaluation table of larch species and hybrids

形質 Characters	種 Species										雑種 Hybrids			
	L	Gk	Gs	Gc	Gp	S	D	La	O	Gk·L	Gs·L	Gc·L	Gk·D	L
抵抗性 Resistance & tolerance														
野兎鼠 Gnawing of voles & hares	0	5	4.5	3	3	1	0	3	0	3.5	3	2	4	0
ナラタケ病 Root rot	4	1	1	2	2	-	-	-	-	3	3	3	2.5	-
先枯病 Shoot blight	2	4	1 (4)	3	3	4	0	1	0	3.5	3	3	3	1 (3)
落葉病 Needle cast	4	1	1	2	2	3	3	2	1	2	2	2	2	2
胴枯病 Canker	5	5	5	0	0	0	2	3	2	5	5	2	2	4
冠雪害 Snow	3	5	5	4	4	5	3	3	-	4	4	3	3	3
早霜害 Frost	1	5	5	4	4	5	3	5	3	3	3	2.5	4	2.5
平均 Average	2.7	3.7	3.2	2.6	2.6	3.0	1.8	2.8	1.2	3.4	3.3	2.5	2.9	2.1
生長・材積 Growth & quality														
樹高生長 Height	5	2	2.5	3	3	0	3	3	1	4	5	5	2.5	4.5
直径生長 Diameter	5	2	2.5	3	3	0	3	3	1	4	4	4.5	2.5	4
幹の通直性 Straightness	2	3	3	2	2	4	2	1	2	4	4	3.5	2.5	4
回施木理 Spiral grain	2	3	3	2	-	-	-	-	-	2.5	2.5	2	-	-
容積密度 Basic density	3	4	4	3.5	-	-	-	-	-	3.5	3.5	2.5	-	-
平均 Average	3.4	2.8	3.0	2.7	2.7	1.3	2.7	2.3	1.3	3.6	3.8	3.5	2.5	4.2
総合評価 Total evaluation	3.0	3.3	3.1	2.6	2.6	2.3	2.1	2.7	1.3	3.5	3.5	2.9	2.8	2.8

判別 (評価) クラス: 0 (最低), 1, 2, 3, 4, 5 (最良又は最高).

Evaluation classes: 0 (worst or lowest), 1, 2, 3, 4 and 5 (best or highest).

本論文では、種間雑種における形質の現れ方及び改良の程度を比較するのに造林量の圧倒的に多いLを基準とした雑種など各家系の相対値と、両親種GとLの間を25%ずつに区分した範囲の記号によって表される雑種強勢の程度(図-22)で以て示すことにした。

表-32に、交配と各種観察・実験がほぼ計画通り満足に行われた試験植栽[1048]の各時期に得られた各形質の測定資料に基づいて、この方法で算出した結果を示した。種内交配GsとLの値はいずれも1組の正逆家系の平均値で、また種間交雑は4家系ずつGs×LとL×Gsに分けてそれぞれの平均値を以て示した。

既に各章において述べた通り、雑種における各形質の現れ方は、それぞれ形質によって異なっている。黄葉期のように中央値即ち両親種の中間的な位置もあるが、概して生長、分枝性及び植物

季節学的諸形質はLに偏り、耐鼠性と材質はGに偏る傾向が認められる。その中で、両親種より優れて交雑効果（雑種強勢）の現れているとみなされる形質は、2年生時の苗高及び根元径と12年生時の繊維傾斜度である。また、生長に関する効果の程度は年齢によって変化している。

こうして、同じ種間の組合せでも形質によって現れ方が異なることが示されたが、GjとLとの組合せでは、雑種の生長は優位なLに寄り、頂芽形成期が中間に現れ、そして耐鼠性と特に材質は優位なGjに寄る点で、交雑改良の志向する方向と一致して好都合である。

上にみた雑種における形質発現の傾向は、母樹組合せを平均化した場合のことであるが、同一の種組合せでも交配親の遺伝的構成の違いによって、つまり母樹間や集団内の違いによってその現れ方が変動するのは当然である。なお、表-32に掲示した形質には種間の正逆交雑家系間であまり顕著な差異がない。

〔総合評価〕

これまでの多くの調査結果や表-32を参照して、造林上重要な抵抗性7個、生長と材質5個の形質に関連して各々の種・変種及び雑種がどのように評価されるかを判定し、これを0～5の6クラスによって表現したものを表-33に示す。表-33は1種の判別表であり、当然対象とする地域あるいはその広がりによって形質ごとに評価の異なるべきものである。そして、概ね総合評価の大きさによって当該地域に対する造林上の適性が判断される。以下にその要点について補足的に説明する。

(i) 第二次大戦後北海道内では、盛んにカラマツ属の導入植栽試験や諸検定が行われてきたが、現段階で種・変種として造林や交雑に用いられるのはL及びGjのみである。これら両者のGj・L雑種F₁は多くの形質で優れており、北海道内の大部分の植栽地で高い適合性と良好な生長を示す。また、多くの形質の優れた傾向は長期にわたって持続する。

(ii) 上述のように、表-33は厳密には異なる気候区分ごとに作成されるべきであり、例えば、東部の寡雪地では、Gcに致命的な害を与えるエンケリプシス胴枯病の発生が比較的少ない。しかし、ここに示した総合評価は、北海道の大部分の場所において適用できるものと考えられる。

(iii) 雑種の評価は、交配に供された母樹の属する集団の大きさが産地や品種等によってさまざまであるため一般組合せ能力を以て示してある。しかし、種、品種、産地及び個体によってそのレベルが異なるので、今後の高い組合せ能力をもつ母樹の選択が一層必要となる。

(i)と(ii)で触れたように、Gj・LのF₁は両親種の欠点を埋め合わせて育成中の多くの雑種の中で最も優れたものであり、その特徴は次のように要約される。

(a) 樹高生長は上位の親種即ちLの方に似てときにそれを上回り、その優れた性質は育苗から25年以上を経てなお持続している。ただ直径生長は樹高に比べてやや見劣りがする。

(b) 幹の通直性、容積密度数及び繊維傾斜度は優位の親種に似るかそれを上回り、この雑種は材質的にも優れているといえる。多雪地帯での根元曲りも明らかに少ない。

(c) 側枝形成の少ないGjと多いLの間に顕著な差があるが、雑種はその中間かLの影響をより強く受けた表現型をとる。しかし、Lに比べれば雑種の枝葉密度が小さいため冠雪害に対する耐性が大きく出る。

(d) 冬芽形成期は両親種の間の中間の位置をとり、早霜害に対しても中間的な耐性を示す。

(e) 耐鼠性は中間より強い方の親種に近い値を示す。GjのうちでもGkとGsの耐鼠性にGk>Gsの差があり、この点でこれらは二つの地理的品種に区別されてよい。耐雪性は耐鼠性と

高い相関を示す。

(f) 落葉病とナラタケ病に対する抵抗性では両親種の中間の値をとる。エンケリオブシス胴枯病に対してはGj, Lの両者だけがともに高い抵抗性をもつため、雑種の抵抗性も高い。先枯病に対してはLの方がGjより弱いが、Gsの中に一部弱い集団の存在が認められているので、交雑に当っては母樹・集団を吟味する必要がある。

(g) 雑種は高寒冷地や低湿地など不良立地に対する耐性が高い。高標高地での生存率が高いのは野兎鼠食害に対してLよりも耐性が高く、根元の曲りが少ないためである。低湿地では、Lより浅根性であることが適性を高めている要因の一つであると考えられる。

(h) その周囲にLが存在すると、Gj植栽木から自然受粉によって得られる苗の中には高率に天然雑種を含むが、Gj×Lの1, 2年生苗は多くの形質においてGjと異なり、Lによく似た特徴を表わすので、その判別が極めて容易である。特に分枝性と冬芽形成期は有効な判別形質である。

なお、最後に付言すれば、GjとLとの雑種 F_1 はこのように多くの優れた造林・材質的特性をもつ。しかし、その F_2 や戻し交雑世代にはまだ多くの問題が残されている。従って、種苗として人工造林に供せられるのはさし当たり雑種 F_1 世代に限られるべきであろう。また、その F_1 種苗の普及に当っては、十分慎重な系統管理が必要であることは言うまでもない。

今日、カラマツと併せて外国産のカラマツ属樹種が北海道に広く造林ないし植栽されている。しかも、既に述べたようにカラマツ類は相互によく自然の交雑をする。これらの交雑苗が天然に更新をする状況も十分に予想され、事実そうした事例も観察されている。従って、雑種 F_1 苗の普及と利用に当っては、遺伝子管理の立場からも慎重に配慮が必要である。

要 旨

カラマツは、旺盛な生長を示すために自然分布域を離れた北日本とくに北海道においては主要な造林樹種の一つとなっている。しかしその一方で、近年諸害とくに野鼠、病原菌などによる生物害が目立っている。これらの被害を回避する手段の一つとしては種間交雑による抵抗性の取込みが考えられる。東京大学北海道演習林でも、早くからカラマツ属各種とくにダフリアカラマツ各変種とカラマツとの種間交雑による優良造林材料の育成が重点研究課題の一つとされてきた。

筆者は1955年以来約30年間この課題に関与して、その中の多くの試験・実験に参画し、また自らも企画してきた。本論文はこれら筆者自身によってあるいは中心となって実施した研究の成果を体系的に整理して、カラマツ属が種間交雑に際して示す種々の形態的、遺伝的そして造林的な特性を明らかにし、更にそれらに基づいて優良な雑種の大量生産を図る方式について考究したものである。論文各章の主な内容は以下の通りである。

第2章 種・変種間の交雑稔性

カラマツ属はそのうちカラマツ節 Sect. *Larix* (Sect. *Pauciseriales*) に属する L, G (変種を含む), S, D 及び La の5種が相互に交雑稔性が高く、相接して植栽される所でしばしば高率の雑種を生ずることが知られている。以下、供試種及び変種は次の略号を以て示す。ヨーロッパカラマツ *L. decidua* (D), ダフリアカラマツ *L. gmelinii* (G), カラマツ *L. kaempferi* (L), アメリカカラマツ *L. laricina* (La), シベリアカラマツ *L. sibirica* (S)。これらのうち、Gはその変種を次のようにに区別する。var. *gmelinii* (Gg), var. *olgensis* (朝鮮産 Gc), 同 (満州産 Gm), var. *japonica* (産

地区分なし Gj), 同 (千島産 Gk), 同 (樺太産 Gs), var. *principis-rupprechtii* (Gp)。

G 各変種及び L の多数の個体が第二次大戦以前に北海道内に導入植栽されていた。これらを除くと大半の供試木は 1950 年代以降のものである。

本研究では、G 各変種と L との間の交雑組合せが最も数多く作られたが、得られた家系は概して種子発芽率が高く、比較的容易に雑種苗が得られた。Gj と L との間の交雑組合せは前者を雌性親にした方が花粉親とするよりは雑種次代の種子発芽率が高い (第 8 章参照)。G 又は L と La との間では、少数の次代苗が得られたのみである。

F₁ 世代がある程度の交雑稔性を示す種の組合せならば、その F₂、戻し及び三系の各交雑においても同様に高い稔性が期待できる。

第 3 章 苗の形態的形質 (分枝性)

苗の形態的形質のうち、2 年生時の当年伸長主幹軸からの枝の出方すなわち分枝性 (側枝密度及び側枝相対高) には種・変種によって特徴があり、苗の識別形質として利用できる。分枝性は多枝型: L; 寡枝型: G 各変種, La 及び D; 無枝型: S, の三つに類別された。

寡枝型間の組合せでは両親と変らない分枝性を示すが、G 各変種と L との正逆交雑 F₁ 家系ではいずれもが中間かやや L よりに傾く。従って、分枝性は G 各変種とくに Gj の採種木次代からの天然雑種苗判別に役立つ。

Gk×L 及び Gp×L の F₂ と戻し交雑の世代では、交配親による変動が大きい、概して F₂ の分枝性は F₁ よりその値が低くなり、また戻し交雑家系は F₁ から戻す親種の方へ偏った値を示す。三系雑種 (多く F₁ を雌性親とした) でも花粉親とした種・変種の特徴がよく現れる。いずれの世代においても正逆家系間にはあまり差がない。

第 4 章 苗の植物季節学的形質

カラマツ属の種・変種間には、生長シーズン前半の特に開芽期を中心とする形質にそれほど大きな差がない。G 各変種と L との開芽期の差は 3, 4 日で雑種は中間に入り、晩霜害に対する耐性の違いも少ない。

これに比べて後半の頂芽形成、黄葉、落葉の各期には顕著な差がある。例えば、G 各変種と比べて L は頂芽形成期が 40~50 日遅く、年によっては早霜害を受ける。両者の雑種 F₁ は中間又は L にやや偏った値を示し、早霜害抵抗性も中間的である。概して高緯度に自生するものほど 3 形質の発現時期が早く、種・変種間にある程度の地理的規則性が認められる。

各雑種世代におけるこれらの形質の現れ方には、分枝性の場合とよく似た遺伝的關係が見出された。また、特に頂芽形成期は種(変種)・雑種に特徴的な表現をとるため天然雑種苗判別の有効な指標となる。

第 5 章 耐鼠性と耐兔性

野鼠食害に対する抵抗性については、数多くの室内動物実験及び野外実験が行われた。それらの結果を総合すると、Gj と L の雑種 F₁ 世代の耐鼠性は両親種の間か強い方の Gj に多少偏った値を示し、Gc 程度の充分実用に応える耐鼠性を有するといえる。F₂ 世代は F₁ より多少劣る程度であるが、戻し交雑家系は戻す側の親種の方に近付く。種間交雑の正逆家系間では、L を雌性親とする家系がその逆交雑家系に劣るという少数の事例はあったが、一般的な傾向ではない。

カラマツ属最高の耐鼠性を示す Gj のうちでも、L との種間雑種で比べると明らかに Gs が Gk に劣る。また、野外実験では耐兔性と耐鼠性の間に高い相関が認められる。

第6章 生長と健全性

本研究で作出された雑種は、演習林内の苗畑、造林地のほか、高寒冷地、低湿地で、更には道東の寡雪地域等で試験植栽され、生長や健全性が比較検討された。

低山域では、LとGとの種間雑種 F_1 は上位のL程度の生長を示す。他の種・変種間雑種はこれより生長が劣る。Gj及びGcのLとの雑種 F_1 の旺盛な樹高生長は長く持続される（試験植栽で約25年経過）。同じ低山域においても種・変種及び雑種間で枯死率の変動が著しい。生長を支配する最も重要な生物的要因の一つは野鼠の食害である（第5章）。

主要病害に対する抵抗性でも雑種は両親種のほぼ中間かあるいはどちらかに偏った値を示す。落葉病にはD、Lがやや耐病性をもつ。本病は致命的ではないが徐々に重く進む。先枯病にはD、Laが最も弱く、Lも弱い方に入るが産地によってほとんど感染しないこともある。G各変種は強い方に入るが、最近Gsの中にGkに比べて劣るものが見出された。エンケリオプシス胴枯病は1960年代から積雪地でGc、Gp、Sに猛威をふるい、全滅させられた造林地もある。幸いLとGjは強いが、これらと前者の交雑による耐病性の増強はあまり期待できない。ナラタケ病にはすべての種・変種がかかり、G各変種が他よりやや弱い。

Gj×Lは、Lの造林限度を超える高寒冷地や低湿地の植栽試験でも他の種、雑種を抑えて最高の生存率及び生長を示す。

各雑種世代の生長及び健全性にも、前3章の形質とはほぼ同様の遺伝的傾向が見出される。

第7章 材質

GjとLの二面交雑家系植栽木について材質を調べた。雑種 F_1 家系の幹の通直性は上位のGjと同じかより優れており、容積密度と繊維傾斜度においては両親種の中間から上位のGjを上回るものまで幅広い変異を示す。

これら3形質には、同一組合せの正逆家系間の差異はあまりみられないが、交配親の組合せによる差異は顕著であった。従ってGjとLの間では選抜個体の交雑による材質改良の可能性が極めて高い。

第8章 雑種次代の生産

以上の各成果によって有望と認められた種間雑種は、その種子の大量生産を図るシステムの確立が必要である。そこで、その一環として雑種採種園(林)設計の基本的な問題についても検討を加えた。

演習林内のGj・L混植雑種採種林から得られた家系苗の雑種率を調べたところ、Gj次代の方がL次代より高率の雑種を含んでいた。そこで、これに関連していくつかの実験と調査を行い、次の諸点を明らかにした。① 両種の開花時期は4月下旬ないし5月上旬で、約1週間ほどの受粉可能期間の相当部分が重なるため、互いに受粉し交配する十分な機会がある。② しかし、年によって特にGjに異常花粉の割合が非常に高く花粉稔性の極めて低いことがある。また、花粉飛散量はLの方が遙かに多い。③ これと対応してGjとLの相互交雑では、一般にL×Gj家系の方がその逆及び種内交雑家系より発芽率が低い。つまり、雑種率の差は両種の花粉稔性の差に依ることは明白である。これらの事実と雑種苗の判別の難易などを併せ考えると、GjとLの雑種採種園(林)は、Gjを採種木、Lを花粉親とする構成にするのが最も有利である。

第9章 総合考察

LとDの種間交雑を中心とする諸外国と異なって、我が国（特に北海道）ではGの各変種とL

との交雑がカラマツ属交雑育種の中心的課題である。本研究の総合的な評価によって、その中でも Gj と L の雑種 F₁ が北海道では多くの地域で最も有望であることが示された。

各章で述べたように、雑種における形質の現れ方は、両親種の間かいずれかの方に多少偏る。また、交配母樹の組合せによってその値が変動し、組合せのための個体選抜の可能性も示唆された。

雑種採種園(林)の構成は、Gj を採種木、L を花粉親とするのが最も実用的であると考えられる。

キーワード：カラマツ属，交雑育種，北海道

引用文献

- 青柳正英. 1976. 宗谷地方の造林——天北地方の造林樹種について——. 北方林業 28: 127-131.
- 浅田節夫・赤井龍男・高橋延清. 1965. 信州地方におけるカラマツ属の成長について(予報). 76 回日林講: 234-236.
- 関 心鉉. 1941. チョウセンカラマツ内地種カラマツ育成苗の形態の相違について, 昭 16 日林講: 127-132.
- 千葉貞雄. 1967. 注目に値するグイマツを母樹とした自然交雑種の造林. 札幌営林局造林だより 8: 6-13.
- 千葉 茂. 1973. 交雑育種. 林木育種協会編「日本の林木育種」, 60-78. 林木育種協会, 東京.
- ・永田義明. 1963. カラマツ属育種に関する研究(1), 野兎鼠害に対する樹種間の差異. 日林北支講 13: 109-114.
- ・———. 1963. 同上(2), 落葉病・先枯病に対する樹種間の差異. 日林北支講 12: 114-119.
- ・———. 1972. 同上(4), 落葉病, 先枯病耐病性個体の選抜と成長状況. 北海道の林木育種 15(1): 28-30.
- ・———. 1976. 同上(5), カラマツ属交雑 F₁, 戻し交配, 三重雑種の耐鼠性と遺伝力. 王子製紙林木育種研究所報 No. 3: 33-44.
- ・———. 1976. カラマツ属の育種経過と現況. 王子製紙林木育種研究所報 No. 3: 29-32.
- ・———. 1980. カラマツ属育種に関する研究(8), カラマツ交雑種検定木の幼齢時における生育状況. 日林北支講 29: 95-98.
- ・小川 章. 1965. グイマツ, ニホンカラマツのナラタケ病発生率と根系について, 日林北支講 14: 48-53.
- COOK, D. B. 1974. LARSEN'S OWN—a spectacular hybrid larch. Proc. 21st NE Forest Tree Impr. Conf. Upper Darby, Pennsylv. USA; NE Forest Exper. Sta., 52-54, (cf. Pl. Br. Abs. 3112, 1975).
- DIMPLMEIER, R. 1959. Die Bastardierung in der Gattung Larix. Forstwiss. Forsch., (Beih. Forstwiss. Centralbl.) 12, 75pp.
- FOWLER, D. P., MACGILLIVRAY, H. G., MANLEY, S. A. M., & BONGA, J. A. 1970. Tree Breeding in the Maritimes Region, 1968-69. Proc. 12th Meet. Comm., Forest Tree Breeding in Can., Pt. 2, 3-13.
- 藤井真一・海上道雄. 1965. カラマツ造林地の寒害に関する研究・日林誌 47: 231-237.
- GOTHE, H., SCHÖBER, R. & BORK, H. 1980. Trials in crossing *Larix europaea* [*L. decidua*] (Schlitz provenance) and *Larix leptolepis*. Allgem. Forst-und Jagdzeit. 151(6/7): 101-112 (cf. For. Abs. 1330, 1981).
- HAMAYA, T. & KURAHASHI, A. 1981. Breeding of larch by species hybridization in Japan. Proc. XVII IUFRO World Congr. (Div. 2), 157-168.
- ・———. 佐々木忠兵衛・小笠原繁男. 1975. 北海道演習林樹木園及び見本林における所栽木本植物とその生育状況. 東大「演習林」 19: 14-54.
- ・———. SASAKI, C. & TAKAHASHI, Y.: 1974. Phenological investigations on external morphological development and growth of Japanese larch strobili and cones—Fundamental studies for crossing of larches, 1—. Bull. Tokyo Univ. For. 66: 223-237.
- ・———. TAKAHASHI, N. & SAKAI, A. 1968. Studies in frost-hardiness of the Japanese and the Dahurian larch and their hybrids. Bull. Tokyo Univ. For. 66: 197-239.
- 畠山末吉・梶 勝次. 1982. グイマツとカラマツとの種間雑種の耐野兎と耐風害性. 北海道の林木育種 25

- (1): 6-11.
- ・藤谷光紀・梶 勝次・久保田泰則, 1973. 先枯病に対するニホンカラマツ及びグイマツ罹病性. 北海道の林木育種 16 (1): 18-22.
- 北海道林木育種場, 1974. 異郷土樹種試植検定林調査報告書——植栽5年目までの生育状況——. 87pp., 北海道林木育種場.
- 石原供三・松川篤治, 1939. 主要林木の品種改良 (第1報) 球果植物2・3の交雑試験. 昭14日林講: 98-102.
- ・——. 1941. 全上 (第2報) 第1代雑種に顕われる形質について. 昭16日林講: 126-131.
- 石倉信介・高橋幸男, 1984. グイマツ雑種 F₂ 世代の生長. 昭和58年度北海道林業研究論文集 136-137.
- 伊藤 正, 1982. 雑種カラマツ造林木の成績について——北海道営林局直轄区域内における実地調査——. 北海道の林木育種 25 (2): 22-32.
- 岩本巳一郎・柴田 前・今野 進, 1973. 標高別造林試験地の成績, その1——10年経過の生長——. 日林北支講 22: 76-80.
- 梶 勝次・畠山末吉, 1984. 雑種カラマツの耐風性と耐雪性——グイマツ雑種の樹冠の形態と被害との関係——. 95 回日林論: 303-306.
- ・——・藤谷光紀, 1974. 各世代のカラマツ雑種の特性 (II) ——グイマツ×ニホンカラマツ雑種 F₁ および戻し交雑種——. 85 回日林講: 172-173.
- 川口信隆・滝沢忠昭, 1983. 二面交雑家系カラマツ材の材質 (第3報). 林産試月報 368: 1-10.
- 川崎圭造・久道篤志・菅 誠・浅田節夫, 1978. カラマツ属のプロピナンスについて, 信州地方におけるプロピナンス・テスト. 日林中支講 26: 56-60.
- KIELLANDER, C. L. 1975. Some examples of hybrid vigour in *Larix*. 207-213, Dep. For. Genet., Roy. Coll. For., Stockholm, Sweden.
- 岸田昭雄・宮島 寛, 1978. 野幌産カラマツ交雑木の生長と材質. 北方林業 30(9): 6-12.
- 鯉淵 隆, 1953. 育苗叢書3 からまつ篇, 9~12, 全苗タイムス社, 東京.
- 小早川進, 1944. 日長が林木の栄養生長に及ぼす影響について (第1報). 東大演報 34: 83-119.
- 倉橋昭夫, 1978. カラマツ類幼齢木のエンケリオプシス胴枯病. 北海道の林木育種 21(1): 22-25.
- . 1983. カラマツ属の種間雑種苗の生産システム. 林木の育種 No. 128: 9-11.
- ・安達 守・濱谷稔夫, 1982. カラマツ種間雑種の不良立地における生育. 北海道の林木育種 25(1): 1-5.
- ・濱谷稔夫・佐々木忠兵衛・小笠原繁男, 1986. グイマツ・カラマツ種間交配における雑種率の変動とその原因. 東大演報 75: 87-117.
- ・佐々木忠兵衛・小笠原繁男, 1985. グイマツ・カラマツ雑種採種園・林の着果状況——東京大学北海道演習林の場合——. 北海道の林木育種 28(2): 15-16.
- ・——・——・濱谷稔夫, 1982. グイマツ・カラマツ交雑家系の風害. 日林北支講 31: 103-105.
- ・——・——・——. 1984. カラマツ類相互交雑家系の植栽後20年間の生長経過. 日林北支講 33: 119-121.
- ・——・——・——. 1984. グイマツ早期着花性個体の交雑次代の諸検定. 北海道の林木育種 27(2): 24-29.
- ・——・——・——. 1985. カラマツ類種間雑種 F₂, 戻し及び三系交雑世代の生長比較. 96 回日林論: 279-280.
- ・——・——・——. 1985. カラマツ産地試験25年間の結果. 96 回日林論: 289-290.
- ・——・——・高橋康夫・濱谷稔夫, 1975. グイマツ及びホクシカラマツの戻し及び第2代交雑家系の生長比較. 日林北支講 24: 116-119.
- ・——・——・——. 1976. グイマツ・カラマツ二面交雑家系の落葉病, 先枯病罹病性と生長. 日林北支講 25: 70-73.
- ・高橋延清・濱谷稔夫, 1970. カラマツ類晩霜害の一事例. 日林誌 52(1): 17-21.
- ・——・佐々木忠兵衛・濱谷稔夫, 1973. 富士高地産カラマツの樹型変異と北海道における次代の生育. 日林北支講 22: 134-139.
- 黒丸 亮・高橋幸男・畠山末吉, 1985. グイマツ F₁ 雑種の交配組合せ能力. 96 回日林論: 281-282.
- LANGNER, W. 1957. Gedanken zur Lärchenzüchtung auf Grund der Ergebnisse des Budinger Lärchenkreuzungsversuches. Silv. Genet. 6: 160-161.

- LARSEN, C. SYRACH. 1957. Genetics in silviculture. Transl. by M. L. ANDERSON, 224pp., Oliver & Boyd, Edinb. & London.
- LESTER, D. T. 1971. Research in forest genetics and tree breeding at the University of Wisconsin. 12-16, Dep. For. Coll. Agric. & Life Sci., Univ. Wis., Madison, USA (cf. Pl. Br. Abs. 3602, 1972).
- MACHANICEK, J. & PRUDIC, Z. 1978. Growth and biomass production of ten-year-old larch hybrids. Prace Vyzkumneho Ustavu Lesniho Haspodarstvi a Myslivosti No. 52: 23-38 (cf. Pl. Br. Abs. 6424, 1979).
- 水野仁志. 1973. カラマツ先枯病に対する樹種及び産地のちがいによる抵抗性の差異. 北海道の林木育種 **16** (1): 35-38.
- 永田義明. 1966. ソ連産カラマツ及びヨーロッパトウヒの長日処理について. 北海道の林木育種 **9**(1): 10-13.
- 成田一芳. 1974. シベリアカラマツの導入経過とエンケリオプシス胴枯病の被害について (付交雑カラマツの被害). 造林あさひかわ **6**: 9-17.
- 小笠原繁男・倉橋昭夫・濱谷稔夫. 1975. グイマツとカラマツの雑種各種の耐鼠性 (続報). 日林北支講 **23**: 47-49.
- . 高橋延清・倉橋昭夫・濱谷稔夫. 1974. グイマツとカラマツの雑種各種の耐鼠性. 日林北支講 **22**: 115-121.
- 小野寺重男・高橋政治・川口信隆. 1977. 北海道造林木の材質試験Ⅱ. カラマツとその F₁ 類. 道林産試報 **69**: 30-110.
- 大島紹郎・畠山末吉・久保田泰則. 1974. 各世代のカラマツ雑種の特性 (Ⅰ) ——グイマツ×ニホンカラマツ雑種 F₁ およびその複交配種——. 85 回日林講: 169-171.
- . 藤谷光紀・梶 勝次. 1975. 同上 (Ⅲ). ——カラマツ雑種の野兎被害と生長——. 86 回日林講: 162-163.
- RECK, S. 1977. Results of a field trial with European larch (*Larix decidua* MILL.) and hybrid larch (*L. eurolepis* HENRY). Silv. Genet. **26**: 95-101.
- . 1980. Analysis of the wood of hybrid larches. Allgem. forst-und Jagdzeit. **151**(6/7): 117-120 (cf. For. Abs. 1332, 1981).
- 林野庁. 1984. 林木の集団選抜育種に関する調査 (Ⅴ). 99pp., 東京.
- 酒井 昭. 1968. カラマツの幹の地ぎわの凍害. 日林誌 **50**: 111-113.
- 佐々木忠兵衛・倉橋昭夫・濱谷稔夫. 1971. 導入カラマツ属の季節学的調査資料. 日林北支講 **20**: 139-142.
- . 1976. カラマツ受粉適期の判別. 北海道の林木育種 **19**(2): 12-16.
- . 1981. 早期着花性グイマツの高芽接ぎによる F₁ 雑種の生産. 日林北支講 **30**: 178-180.
- . 小笠原繁男・中坪三平・濱谷稔夫. 1972. グイマツ特殊選抜個体の着花習性. 日林北支講 **21**: 71-77.
- 佐藤邦秀・横沢良憲・庄司次男・小島忠三郎. 1971. カラマツ先枯病に関する研究Ⅱ. 林試研報 **236**: 27-91.
- 柴田 前・岩本巳一郎. 1973. 標高別造林試験地の成績. その 2. ——10 年までの被害経過——. 日林北支講 **22**: 80-85.
- 鈴木 茂・志賀敏夫. 1976. 雑種強勢. 木原均監「植物遺伝学Ⅲ生理形質と量的形質」, 322-368, 裳華房, 東京.
- 田畑司門治. 1964. チョウセンカラマツの造林について. 北方林業 **16**: 365-366.
- 高橋郁雄. 1979. 北海道中央部における針葉樹の菌類相と病害に関する研究——主として子のう菌類, 不完全菌類及びさび菌類について——. 東大演報 **69**: 1-145.
- . 倉橋昭夫・高橋康夫. 1971. エンケリオプシス胴枯病によるグイマツ系カラマツ類幼齡植栽木の被害. 北方林業 **23**: 109-114.
- . 佐保春芳. 1969. カラマツ属樹木の新しい枝枯性病害. 日林北支講 **18**: 164-167.
- 高橋延清. 1962. カラマツ類の育種. 73 回日林講: 1-15.
- . 濱谷稔夫. 1973. 日本におけるカラマツ交雑育種. 北海道の林木育種 **15**(2): 7-10.
- . 倉橋昭夫. 1974. 北海道演習林育種樹木園における外来樹種の初期生育状況. 東大「演習林」 **18**: 29-66.
- . 岩本巳一郎. 1963. 主要造林樹種の野鼠. 野兎の野外食害実験. 日林北支講 **12**: 102-109.
- . 柴田 前. 1967. 雑種カラマツの生長比較 (8 年経過). 78 回日林講: 162-164.
- . 功力六郎・柴田 前. 1961. カラマツ類の品種改良に関する研究 (第 1 報) ——グイマツとニホンカラマツ人工交雑種 F₁ 苗生長と 2, 3 の特徴——. 日林北支講 **10**: 5-9.
- . 倉橋昭夫. 1967. カラマツ類交雑種の耐鼠性. 日林北支講 **16**: 105-109.

- ・———・濱谷稔夫. 1970. 大雪山白楊平におけるカラマツ類の植栽試験. 日林北支講 **19**: 69-74.
- ・西口親雄. 1966. 林木の耐鼠性に関する研究 (I) 針葉樹苗に対するエゾヤチネズミの摂食嗜好性. 東大演報 **62**: 153-172.
- ・———. 1966. 同上 (2) 雑種カラマツ F₁ 苗に対するエゾヤチネズミの摂食嗜好性. 東大演報 **62**: 173-188.
- ・佐保春芳. 1960. 各種カラマツ類の落葉病に対する抵抗性比較 (予報). 日林北支講 **9**: 18-20.
- ・———・高橋郁雄. 1966. 東京大学北海道演習林内で発生したカラマツ先枯病. 北方林業 **18**: 23-25.
- ・柳沢聡雄・久保田泰則. 1968. 雑種カラマツの生産と利用. (北海道林木育種叢書 8) 180pp., 北海道林木育種協会, 札幌.
- 高橋幸男・林 善三. 1978. 十勝地方における雑種カラマツ. 光珠内季報 No. **38**: 1-6.
- 滝沢忠昭・川口信隆. 1982. 二面交雑家系カラマツ材の材質 (第 1 報). 林産試月報 **362**: 1-9.
- ・倉橋昭夫・小笠原繁男・川口信隆. 1982. 同上 (第 2 報). 林産試月報 **367**: 1-8.
- WEBER, E. 1969. Sixteen years' trials with hybrid larches. Forstwiss. Cbl. **88**: 159-178 (cf. Pl. Br. Abs. 8649, 1970).
- WRIGHT, J. W. 1962. The genetics of forest tree improvement. 399pp., FAO, Rome.
- . 1976. Introduction to forest genetics. 463pp., Academic Press, New York.
- 山口彦之. 1982. 作物改良に挑む. 230pp., 岩波新書 **212**, 東京.
- 柳沢聡雄. 1955. 北海道におけるカラマツ属の育種. 林木育種協会第 3 回総会講演要旨. 10pp.
- . 1958. 外国樹種各論カラマツ属. 森林資源総合対策協議会編「早期育成林業」, 142-165, 東京.
- . 斉藤幹夫. 1960. カラマツ先枯病に対する耐病性. 北海道の林木育種 **3**(1): 25-29.
- 滝沢良憲・村井 三郎. 1958. 欧州カラマツ. ニホンカラマツおよび合の子カラマツにおける枝枯病の罹病状況. 68 回日林講: 254-256.

(1987 年 10 月 14 日受理)

Summary

Japanese larch (*Larix kaempferi*) has been planted widely in districts more northern than its natural distribution in central Honshu, because of its fast growth. Especially in Hokkaido, it was widely planted after World War II and is one of the important forest species for artificial plantation. Unfortunately, however, voles and hares gnaw the planted young larch trees and cause much damages.

At the Tokyo University Forest in Hokkaido, several *Larix* species were introduced about 1952, and a cross-breeding was made to obtain vole-resistant and fast-growing hybrids. The species used were mainly Japanese and Dahurian larches (*L. gmelinii* var. *japonica*, *L. gmelinii* var. *olgensis*, *L. gmelinii* var. *principis-rupprechtii*), among which Japanese larch is fast in growth rate and Kurile or Saghalien one (varieties of Dahurian larch) is excellent in vole-resistance.

This paper deals with studies of larch improvement along this line for 30 years since 1955 at the University Forest. The paper consists of the following chapters: preface; cross-ability among species or races; morphological characters, especially in lateral branchlets in seedlings; phenological characters in seedlings; resistance to voles and hares; growth, adaptability and other resistances; wood quality; propagation of hybrid progenies; synthesis and conclusions.

Seeds produced by both natural and artificial pollinations between Japanese and Dahurian larches had higher germination percentage and developed abundant F₁ hybrid seedlings having wide variations. As a result over 30 years experimental planting, the F₁ hybrids between Kurile or Saghalien larches and Japanese larch showed relatively useful characters, i.e., nearly the same growth rate as Japanese larch, an excellent stem form and an intermediate resistance as compared with the parent species. Differences in these

characters were not found apparently between reciprocal combinations produced by diallel-crossing.

Among them, the F_1 hybrid *L. gnelinii* var. *japonica* \times *L. kaempferi* appears most useful in Hokkaido. In effective propagation of this F_1 hybrid by natural pollination in the open, a higher pollen fertility is important. The seed orchards or stands consisting of Kurile larch as seed trees and Japanese larch as pollen trees are desirable.

The F_2 seedlings showed more wide variation in many characters than F_1 ones. Further studies may be need for using F_2 generation, back-crossing, and triple-crossing.

Key words: Japanese larch (*Larix kaempferi* SARGENT), hybrid, Hokkaido.

写真説明

Explanation of photographs

写真1 チョウセンカラマツ V-78 供試交配木の袋掛け

Photo. 1. Isolation for crossing on Gc participant tree (V-78) (April 29, 1961).

写真2～5 カラマツ及び樺太グイマツ供試交配木 (Gr.-II)

Photos. 2-5. Participant trees of Gr.-II (Feb. 19, 1982). 2: L V-507, 3: L V-307, 4: Gs V-551, 5: Gs V-552.

写真6～11 2年生苗の側枝形成状態

Photos. 6-11. Lateral branchlet formation on 2-year-old seedlings.

6～8: (Oct. 30, 1968)

6: From left; Gk, Gs, Gc and L. 7: From left; L \times L, L \times Gk, Gk \times L and Gk \times Gk. 8: From left; L \times L, Gc \times L and Gc \times Gc.

9～11: (Oct. 5, 1970)

9: From left; Gs \times Gs, L \times Gs, Gs \times L and L \times L (Gr.-II A). 10: From left; Gs \times Gs, La \times Gs, La \times L and L \times L (Gr.-II B). 11: From left; Gs \times Gs, (Gk \times L) \times Gk, (Gk \times L) \times L, and L \times L (Gr.-IVa).

写真12～14 苗畑2年生の生育状況 (播種2年目の秋) (Gr.-II, IV)

Photos. 12-14. Growth of 2-year-old seedlings at the nursery (in the 2nd. autumn after the germination, Oct. 26, 1970). 12: Left; L \times Gs, Right; L \times L. 13: Left; Gs \times Gs, Right; Gs \times L. 14: Nursery test of Gr.-II, IV.

写真15～17 野鼠の食害程度

Photos. 15-17. Grades of vole-gnawing (Nov.~Dec., 1971). 15: A set of eight species and hybrids. 16: Upper; L \times Gs, Lower; L \times Gk. 17: Upper; L \times Gs, Lower; Gs \times L.

写真18～21 [1048]試験地における植栽後15年のGr.-IIの生育状況

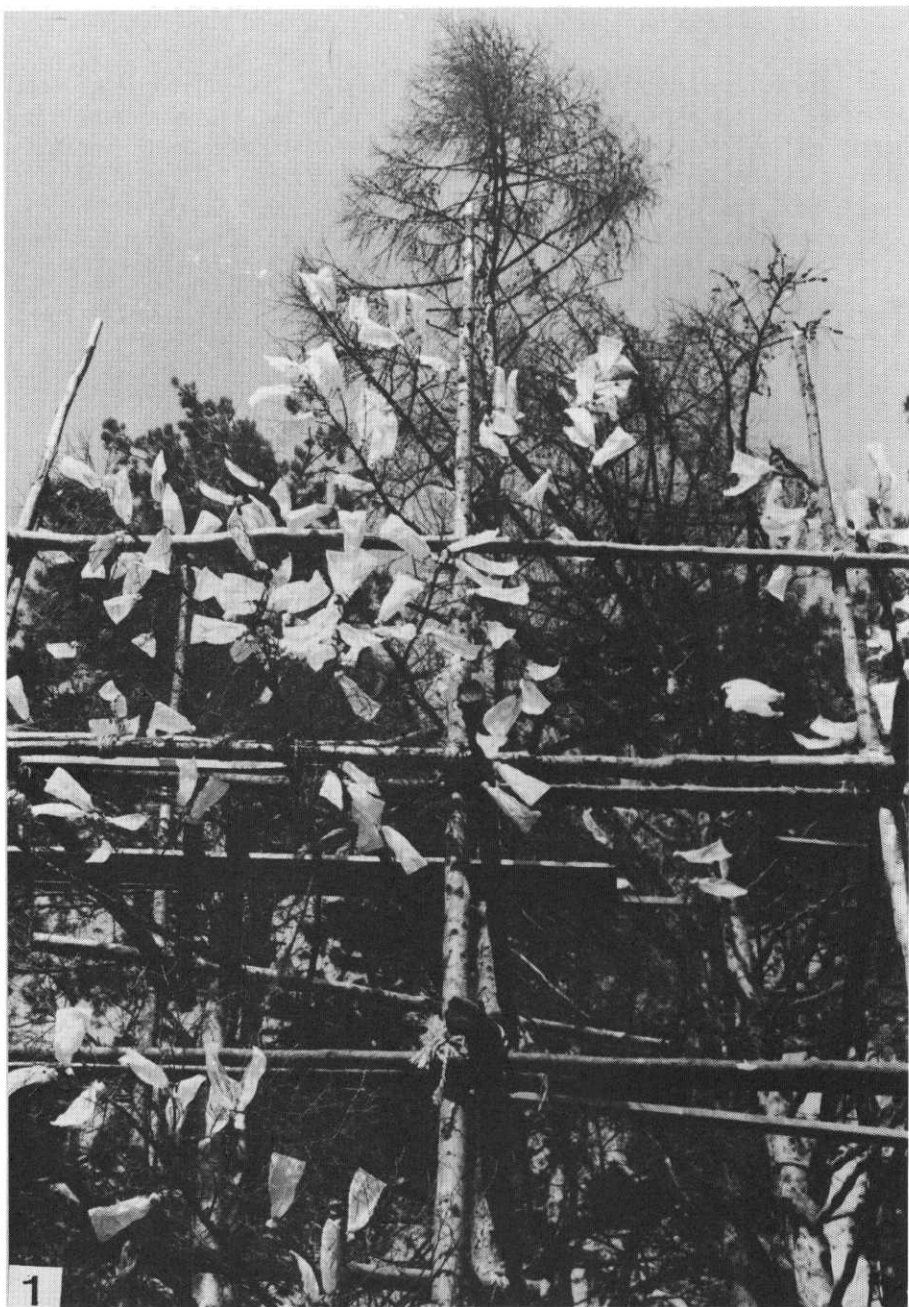
Photos. 18-21. Growth of Gr.-II 15 years after planted in [1048] (May 10, 1986). 18: L \times L V-507 \times V-307. 19: L \times Gs V-507 \times V-551. 20: Gs \times L V-551 \times V-507. 21: Gs \times Gs V-551 \times V-552.

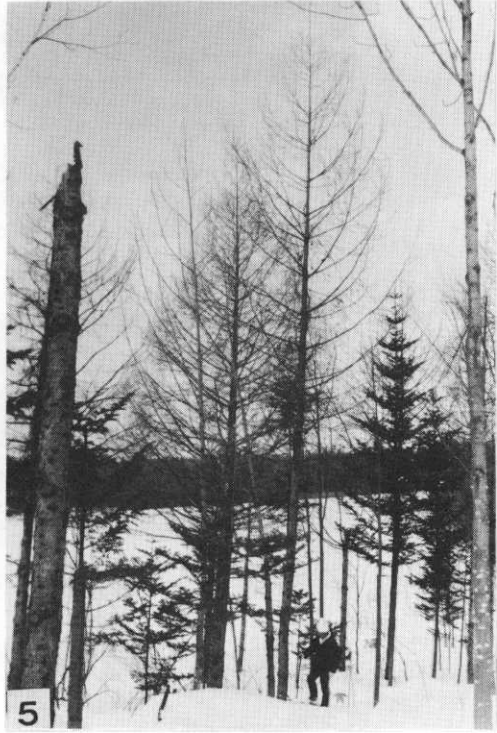
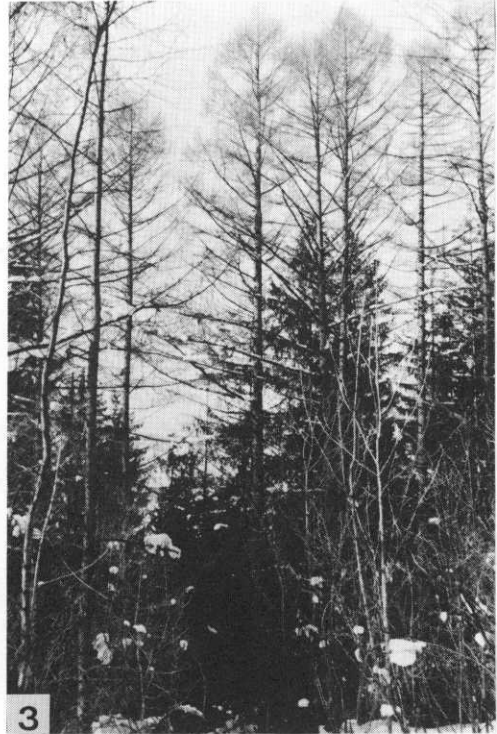
写真22～24 根元及び幹の曲り, 試験地[1048]

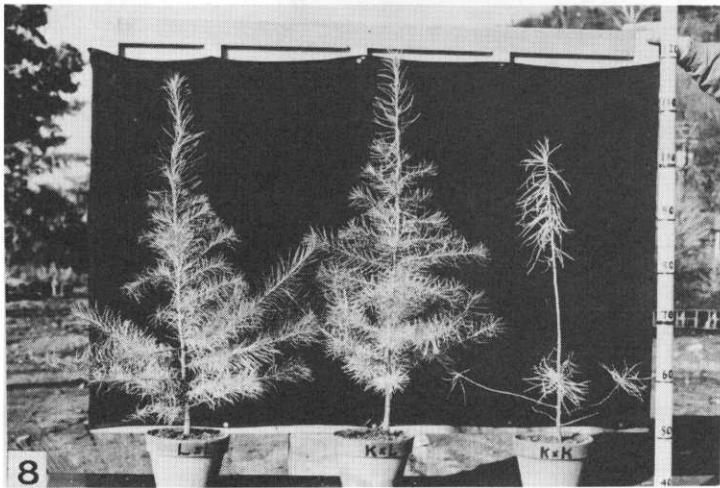
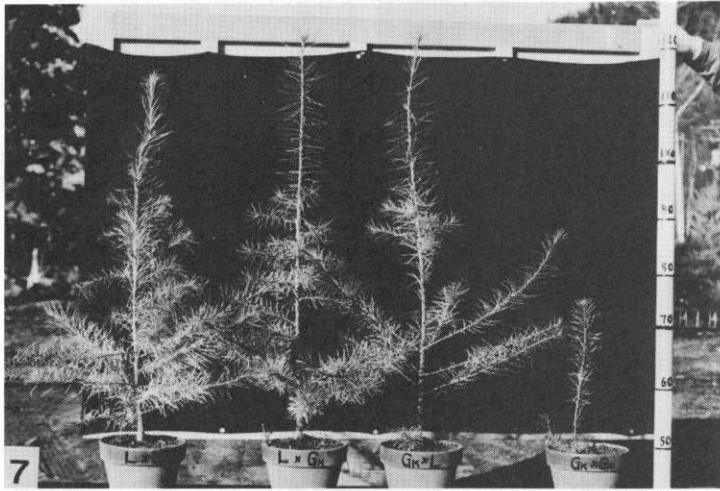
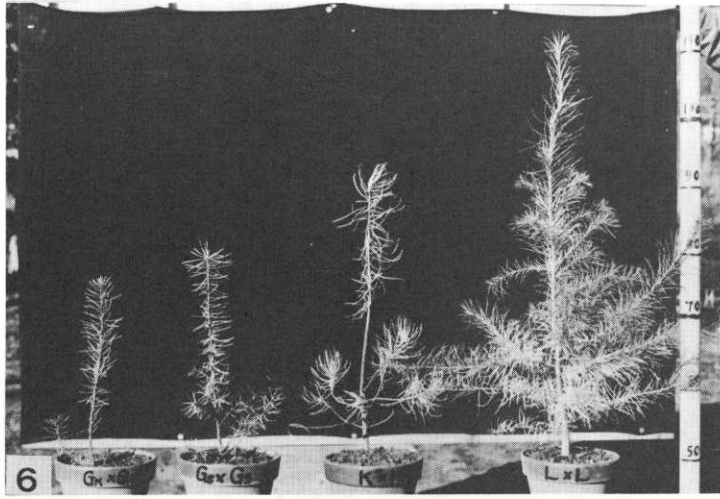
Photos. 22-24. Curvature of stock and trunk (Nov. 11, 1982). 22: Left; L \times Gs, Right; L \times L. 23: Gs \times L. 24: Gs \times Gs.

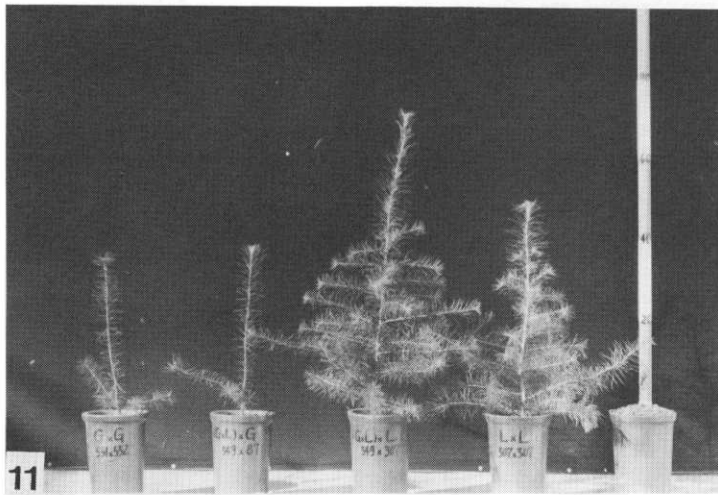
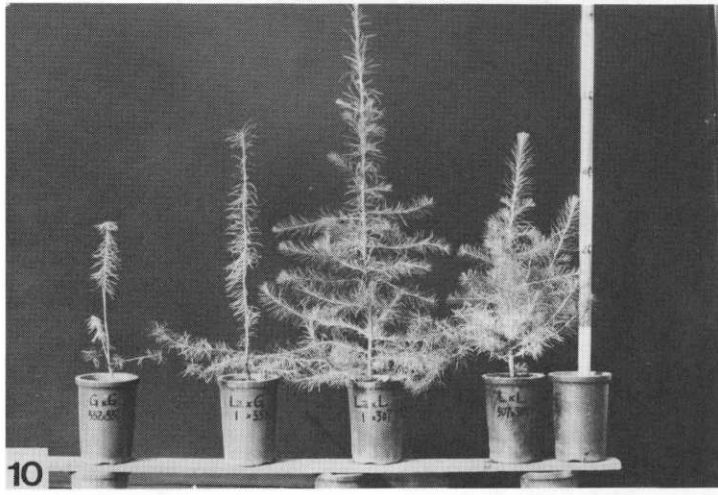
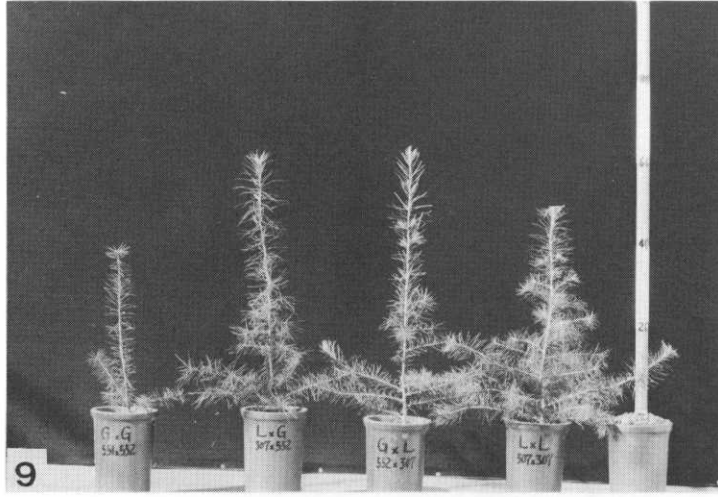
写真25 [1023]試験地における植栽後28年のGk \times Lの生育状況

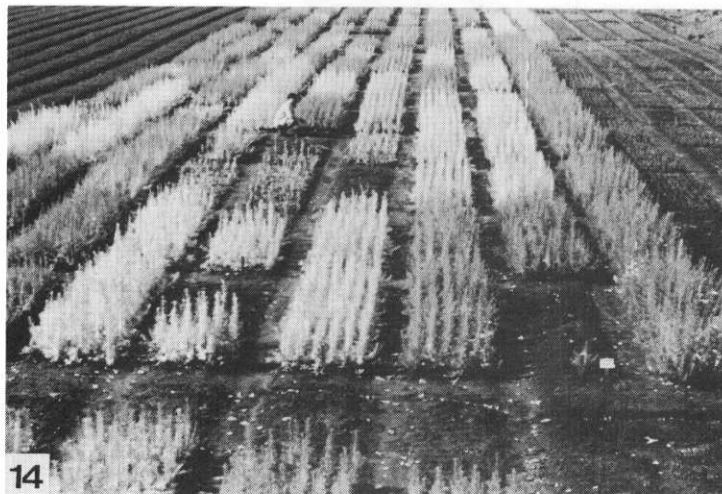
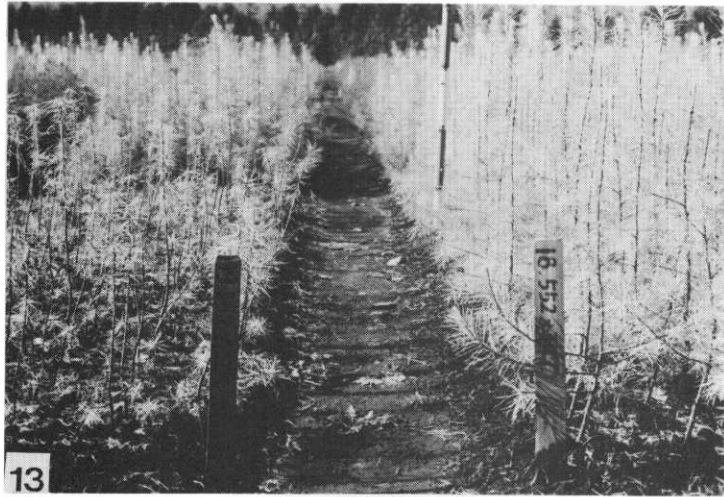
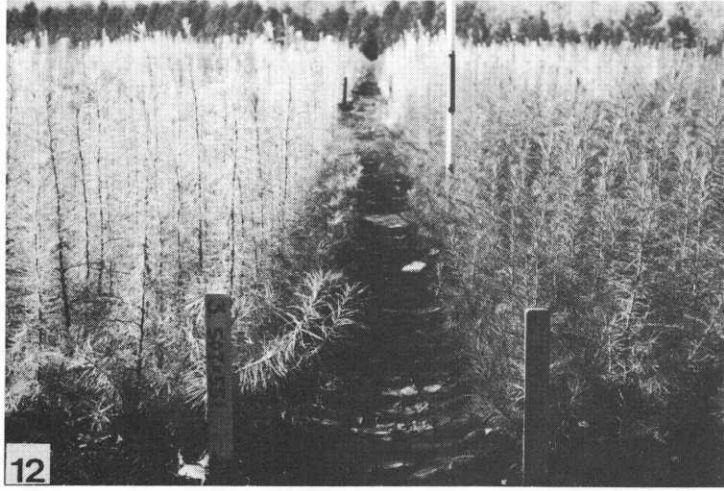
Photo. 25. Growth of F_1 hybrid Gk \times L of 28 years after planted in [1023] (May 15, 1987).

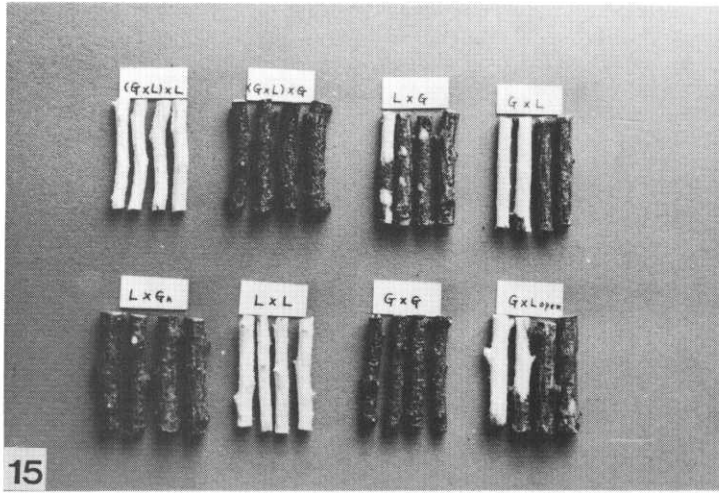




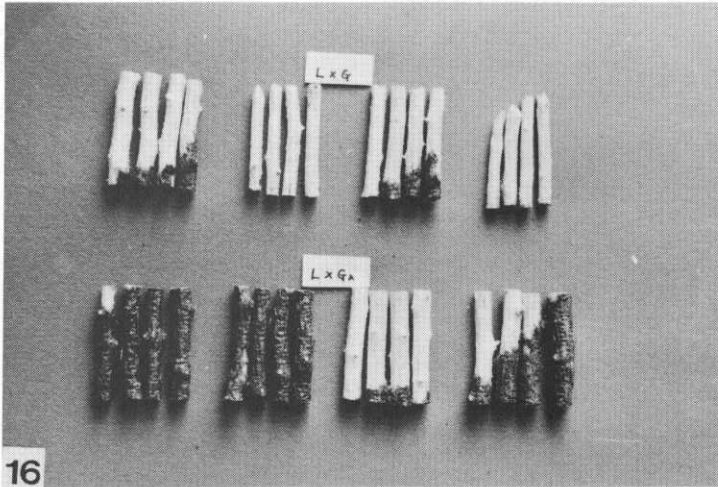




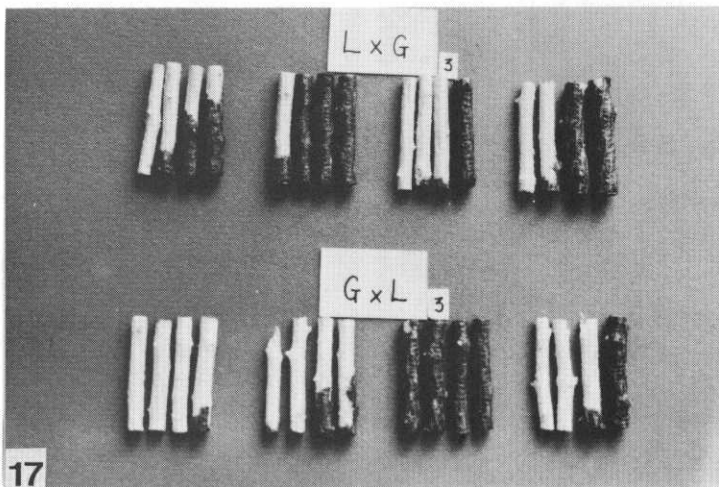




15



16



17



