

## オオバヤシャブシ (8x) × ヒメヤシャブシ (2x)

の  $F_1$  植物染 郷 正 孝<sup>1)</sup>Masataka SOMEGO : Interspecific Hybrid between  
*Alnus sieboldiana* and *A. pendula*

**要 旨** : ハンノキ属ヤシャブシ節4種の種の成因を知るため、ゲノム分析を目的とした種間交雑を1974年に実施した。そのなかで、オオバヤシャブシ (8x) × ヒメヤシャブシ (2x) の交配から多くの雑種苗が得られ、その1年生時における特性を明らかにすることができたので報告する。

1年生雑種苗の生長、および気孔の大きさなどの形質は、いずれも両親種の中間を示し、これまでに知られた法則性と一致していた。

染色体数は  $2n=35$  が算定され、両親の染色体数から期待される数と一致し、人為5倍性植物であることが明確になった。

今後は、花粉母細胞における減数分裂時の染色体の行動を観察し、ヒメヤシャブシおよびオオバヤシャブシのゲノムの異同を解明して、ヤシャブシ節における種の形成について知見を得たいと考えている。

## 1. ま え が き

林木とくに倍数性系列を有する広葉樹類の育種にあたって、各樹種のゲノム組成を明らかにすることが必要である。

筆者はそのような広葉樹類の一例として、邦産ハンノキ属ヤシャブシ節4種をとりあげて研究を進めているが、人工交配による人為5倍性雑種を得て若干の知見を得たので報告する。

4種の細胞学的特性については、さきに体細胞染色体数に関する報告<sup>1)</sup>がある。筆者は花粉母細胞における減数分裂時の染色体およびその行動を観察し、ヒメヤシャブシは  $n=7$  の2倍性種であり、他のヤシャブシ、ミヤマヤシャブシおよびオオバヤシャブシの3種は、いずれも  $n=28$  の8倍性種であることを明らかにした<sup>2)3)</sup>。

ヒメヤシャブシが2倍性種であることから、これが節内の他の8倍性3種の基本植物であろうと考えられ、これらのゲノムの異同性を明らかにする上にも特に重要な種であると考ええる。

1974年より、これら4種のゲノム分析を目的として種間交雑を実施しているが、そのうち、多くの雑種苗が得られ、生育も良好であったオオバヤシャブシ (8x) × ヒメヤシャブシ (2x) の交配組合せについて、1年生交雑苗における細胞学的な観察を行い、真の雑種植物であることの確認を得た。他の組合せから得られた雑種苗 (4系統、各20個体) についても同様な調査を進めている。

この報告をまとめるにあたって、ご助言、ご指導を頂いた林業試験場造林部長 戸田良吉博士および同四国支場調査室長 中平幸助博士に対してお礼を申し上げます。

## 2. 材料および方法

交配母材は、旧林試構内（東京，目黒）で育成したオオバヤシャブシ No. 1, No. 2, No. 3 の3個体と、農技研放射線育種場構内（茨城，大宮）のヒメヤシャブシ No. 4, No. 5 の2個体である（Table 1）。

交配は1974年に実施し、同年秋に球果を採取した。調整後、結果率および1球果当たりの種子数などから稔性に関する調査を行い、翌1975年春に、ガラス室内で、赤土を入れた素焼鉢にタネをまきつけ、発芽率を調べた。

交配時の袋かけは、花粉飛散期の約1か月前とし、オオバヤシャブシについては2月中旬、ヒメヤシャブシについては3月下旬に、それぞれパラフィン二重袋をかけた。1袋内には、それぞれ雌花が10個程度入るように枝を調整した。交配に用いた花粉は、雄花の着生する枝を花粉飛散期の約1か月前に採取し、水切りした後、基部を浸水して温室内（20～25℃）で開花させ花粉を採取、デシケーターにおさめ冷所に保存した。

交配時には、これらの花粉をオオバヤシャブシについてはNo. 2およびNo. 3の2個体、およびヒメヤシャブシについてはNo. 4, No. 5の各2個体のものを、それぞれ等量に混合して交配に供した。花粉を混合した理由は、交配組合せを単純化するためである。

交配組合せは、オオバヤシャブシとヒメヤシャブシ2種間の正逆交配とし、その対照には自然交配のものを用いた。

受粉作業は、雌花の成熟期を見計らって行い、花粉銃を使用して2～3回の受粉を行った。

1976年春、1年生に生育した稚苗につき、各30個体の苗高、根元直径の測定を行い、スンプ法による葉の気孔孔辺細胞の長径を、葉あたり100気孔、個体あたり3葉、種あたり5個体について測定した。

細胞学的観察は、両親種の自然交配苗および $F_1$ 苗から、それぞれ5個体を選び、パーミキュライトに移植し、根の生長を促し、その根端の生長点組織を採取した。

前処理は、colchicin (0.002%) 水溶液で1時間、および8-oxyquinoline (0.002 mol) 溶液で2時間の浸漬処理を行った。

固定はCarnoy液（アルコール3：氷酢酸1）で12時間行い、そのあと加水分解を1N-HClで12時間、常温下で行い、aceto-orceinで染色し、おしつぶし法でプレパラートを作製し2,000倍で検鏡した。

Table 1. ハンノキ属ヤシャブシ節2種の交配母樹  
Parental trees used for interspecific crossing between two  
*Alnus* species of sect. *Bifurcatus*

種 Species	樹高 Height in meter	年 齢 Age	材料の生育地 Locality of sampled plants (cultivated)
<i>A. sieboldiana</i>			
No. 1	2.5	6	林業試験場（東京，目黒） Government Forest Experiment Station (Meguro, Tokyo)
No. 2	4.0	5	
No. 3	6.0	15	
<i>A. pendula</i>			
No. 4	3.3	10	放射線育種場（茨城，大宮） Institute of Radiation Breeding (Oomiya, Ibaraki)
No. 5	2.5	10	

Table 2. ヒメヤシャブシ, オオバヤシャブシの種間交雑における稔性  
Fertility of interspecific crossing between *A. pendula* and *A. sieboldiana*

交雑組合せ Cross combination	交配袋数 Isolation bags	雌花数 Female flowers	球果数 Matured cones	結果率 Cone setting (%)	種子数 Seeds yield	球果あたりの種子数 Seeds per cone	発芽種子数 Germinated seeds	発芽率 Germination (%)
<i>A. sieboldiana</i>								
No. 1 (open)	—	30	22	73.3	5,698	259	5,582	97.9
No. 2 (open)	—	25	20	80.0	4,040	202	3,917	96.9
No. 3 (open)	—	10	9	90.0	2,070	230	1,860	89.8
(Average)	(—)	(21.7)	(17.0)	(81.1)	(3,936)	(230.3)	(3,786)	(94.8)
<i>A. sieboldiana</i> No. 1 × <i>A. pendula</i> No. 4, 5*	10	130	107	82.3	31,565	295	30,301	96.0
<i>A. sieboldiana</i> No. 2 × <i>A. pendula</i> No. 4, 5*	10	100	94	94.0	20,868	222	20,741	97.0
<i>A. sieboldiana</i> No. 3 × <i>A. pendula</i> No. 4, 5*	5	45	41	91.1	7,298	178	7,079	97.0
(Average)	(8.3)	(91.7)	(80.7)	(89.1)	(19,910)	(231.7)	(19,373)	(96.6)
<i>A. pendula</i>								
No. 4 (open)	—	20	12	60.0	672	59	336	50.0
No. 5 (open)	—	20	9	45.0	492	48	259	60.0
(Average)	(—)	(20.0)	(10.5)	(52.5)	(582)	(53.8)	(295)	(55.0)
<i>A. pendula</i> No. 4 × <i>A. sieboldiana</i> No. 2, 3	5	45	4	8.8	1,200	30	2	0.2
<i>A. pendula</i> No. 5 × <i>A. sieboldiana</i> No. 2, 3	3	27	2	7.4	66	33	0	0
(Average)	(4.0)	(36.0)	(3.0)	(8.3)	(633)	(31.5)	(1)	(0.1)

\*: 混合花粉 Mixed pollen.

No. 1~5: 個体番号 Numbers designating individual plants (cf. Table 1)

### 3. 結 果

1974年に行った交配の適期は、その雌花の発達状況から、オオバヤシャブシは3月中旬であり、ヒメヤシャブシは4月中旬であった。

球果の成熟期は、ヒメヤシャブシは10月下旬であり、オオバヤシャブシは11月下旬であった。

これらには生育場所の違いや、個体によって若干の遅速があった。また、受粉適期から球果の成熟に要する期間は、ヒメヤシャブシは7か月、オオバヤシャブシは8か月を必要とした。

#### 1) 雑種の交雑稔性

両親種および雑種 ( $F_1$ ) の稔性については Table 2 に示した。

結果率 (球果数/雌花数 $\times 100$ ) は、オオバヤシャブシの自然交配が平均 81% を示し、ヒメヤシャブシは 51% で、種間に差が認められる。

種間交雑組合せでは、オオバヤシャブシ (8x)  $\times$  ヒメヤシャブシ (2x) の組合せにおいて、母親の自然交配における値よりも高い 89% の結果率を示したが、その逆交雑であるヒメヤシャブシ  $\times$  オオバヤシャブシでは、わずか 9% であり低率であった。

1 球果内に含まれる種子数をみると、オオバヤシャブシの自然交配では平均 230 個が数えられ、ヒメヤシャブシは平均 54 個であった。球果の大きさや形状、およびタネについても同様に両親間には相違がみられる<sup>4)</sup>。

種間雑種から得られた 1 球果内の種子数は、オオバヤシャブシ  $\times$  ヒメヤシャブシの交配組合せの場合、平均 232 個で、さきの母親の自然交配のものを 100 として比較すると 101 の値となり、両者に差異は認められない。しかし、逆交雑のヒメヤシャブシ  $\times$  オオバヤシャブシでは、平均 32 個であり、その自然交配を 100 とすると 58 程度であり、この交配組合せでは、稔性の低下の傾向を示している。

発芽率をみると、オオバヤシャブシの自然交配では平均 95% であり、ヒメヤシャブシは 55% であった。

種間交雑では、オオバヤシャブシ  $\times$  ヒメヤシャブシの場合、平均 97% と高い発芽率を示し、多くの雑種苗が得られた。しかし、その逆交雑であるヒメヤシャブシ  $\times$  オオバヤシャブシではわずか 0.1% にすぎず、その苗 (2 個体) は発芽後 4 か月目に枯死、消失し、雑種を得ることができなかった。

一般に染色体数を異にする種間交雑の稔性は、染色体数の多い種を母親にし、少ない種を父親とした場合に稔性があり、その逆では不稔であることが、ミツマタ、ハンノキ、カバノキ類の種間交雑実験で知られている<sup>5)6)7)</sup>。本実験もその典型的な一例である。

発芽したオオバヤシャブシ  $\times$  ヒメヤシャブシの雑種は、両親種の自然交配苗と同様、生育の途中で消失する個体はほとんどなく、満 1 年生時においても健全であった。

#### 2) 雑種苗の生長

1 年生時 (1976 年春) の生育状況は、Fig. 1 および Photo. 1 ( $A_1$ ,  $B_1$ ,  $C_1$ ) に示す。

両親種の自然交配および雑種の各 30 個体の平均苗高は、オオバヤシャブシ (14.3 cm  $\pm$  6.3) が最も大きく、ついで雑種 (11.7 cm  $\pm$  2.1)、ヒメヤシャブシ (6.1 cm  $\pm$  1.7) の順で、根元直径の大きさも同順であった。つまり雑種の生長は両親種のほぼ中間である。

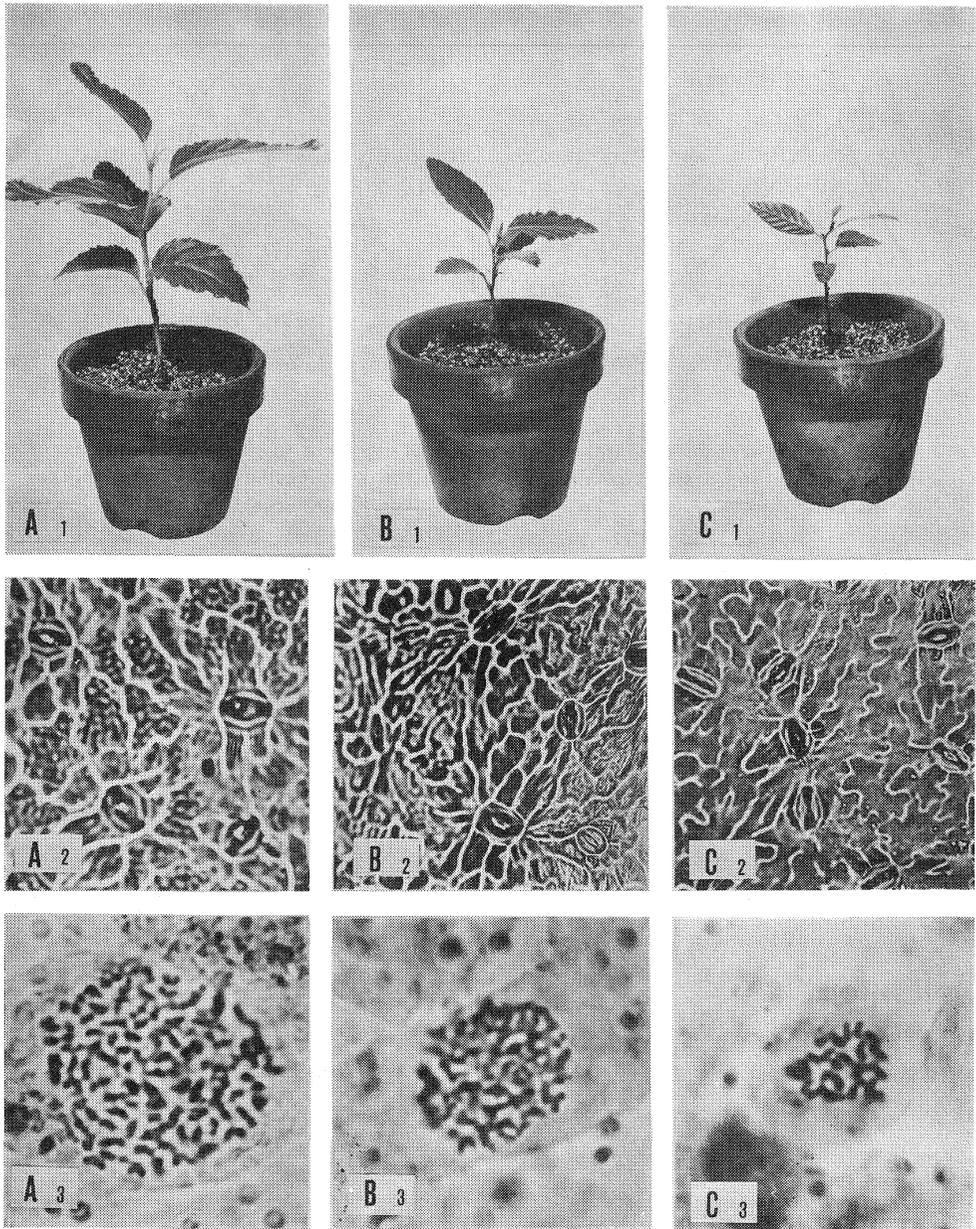


Photo. 1 両親種およびオオバヤシャブシ × ヒメヤシャブシ 種間雑種の稚苗、  
気孔および染色体

Seedlings, stomata and chromosomes of the interspecific  
hybrid and the parental species.

A : *A. sieboldiana*,  $2n=56$  (8x), B : Hybrid,  $2n=35$  (5x),

C : *A. pendula*,  $2n=14$  (2x)

1 : Seedlings, 2 : Stomata, 3 : Chromosomes.

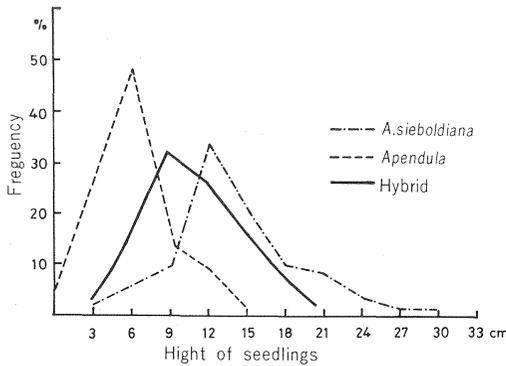


Fig. 1 両親種およびオオバヤシャブシ×ヒメヤシャブシの種間雑種の生長 (1年生)

Height growth of one-year old seedlings of the interspecific hybrid and the parental species.

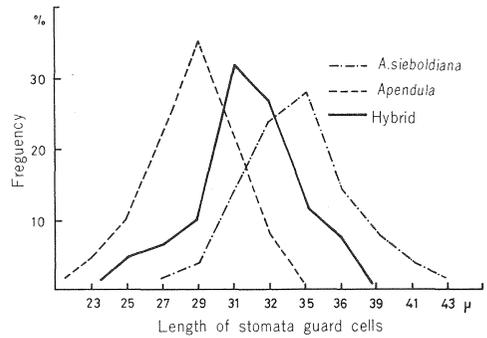


Fig. 2 両親種およびオオバヤシャブシ×ヒメヤシャブシの種間雑種苗の気孔の大きさ

Length of stomata guard cells of the interspecific hybrid and the parental species.

### 3) 雑種の気孔孔辺細胞の大きさ

雑種の外部, 内部形態の詳細については, 今のところ未調査であるが, 器官および組織の形質のうち葉形については Photo. 1 (A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>) にみられるように, 雑種は両親種のはほぼ中間型を示している。

なお, 葉の裏面に現われた気孔孔辺細胞の長径をスンプ法によって測定した結果は Fig. 2 に示す。これも前形質と同様に, オオバヤシャブシ (33μ±2.4), 雑種 (31μ±3.0), ヒメヤシャブシ (28μ±5.9) の順に大きく, 雑種はここでも両親種の中間を示した (Photo. 1, A<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>)。

以上のように雑種苗の生長に関する形質および気孔孔辺細胞の大きさなどは, いずれも両親種の形質の中間型を示している。これまで報告された4倍性種グルチノーザハンノキと2倍性種コバノヤマハンノキの交配によって得られた3倍性雑種においても, カバノキ属の染色体数を異にする種間交雑についても, 形質の変化が染色体数に比例的なことが報告されており<sup>6)7)</sup>, 本雑種もこれらの傾向と一致している。

### 4) 雑種の染色体数

両親種のオオバヤシャブシおよびヒメヤシャブシと, その雑種の根端組織から観察された体細胞染色体数は Table 3, Fig. 3 および Photo. 1, A<sub>3</sub>, B<sub>3</sub>, C<sub>3</sub> に示すとおりである。

両親種の染色体数は, オオバヤシャブシが 2n=56, ヒメヤシャブシ 2n=14 であり, これはさきに報告した花粉母細胞における減数分裂時の染色体数<sup>8)</sup>と一致している。

雑種の染色体数については, いずれの個体についても 2n=35 が算定され, 両親種の染色体数から期待

Table 3. 両親種および雑種の体細胞染色体数と倍数性  
Somatic chromosome number and polyploidy

Species	Somatic chromosome	Polyploidy
<i>Alnus sieboldiana</i>	2n = 56	8 x
Hybrid	2n = 35	5 x
<i>A. pendula</i>	2n = 14	2 x

Hybrid (*A. sieboldiana* × *A. pendula*)

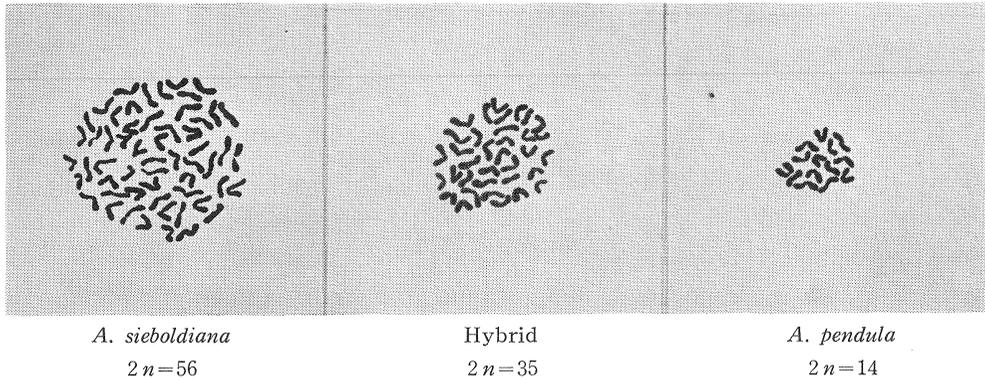


Fig. 3 両親種および雑種の染色体

Somatic chromosomes of parental species and the interspecific hybrid.

される数と一致し、明らかに雑種であり、ヤシャブシ節内における倍数性系列 ( $2x$ ,  $8x$ ) のなかの人為5倍性植物として確認された。

また、ヒメヤシャブシの染色体数については、これまで、 $2n=28$  の4倍性種という異説があったが、5倍性植物の作出から、実験的にも染色体数  $2n=14$  を明確にすることができた。

#### 4. 考 察

ハンノキ属の人為的な雑種形成に関する報告は、LARSEN (1942)<sup>9)</sup> が、8倍性種 *A. subcordata* を用いて4倍性種との間に6倍体を育成したことにはじまる。ついで千葉 (1962) のハンノキ節内のコバノヤマハンノキ ( $2x$ ) と、ヤマハンノキ ( $4x$ )、およびグルチノーザハンノキ ( $4x$ ) との交雑から得られた3倍体の育成などがある。

これらは主として雑種強勢などの育種的利用による高木性ハンノキ類の育成を計ることを目的として実施され、良い成績が得られた。

この実験は、ヤシャブシ節に含まれる4種について、それぞれ2倍性種 (ヒメヤシャブシ) と8倍性種 (ヤシャブシ、ミヤマヤシャブシ、オオバヤシャブシ) が存在することが明確になったことから<sup>9)</sup>、これら各種間のゲノム異同、とくにヒメヤシャブシが8倍性3種の基本種であるか否かが、問題として認識されるに至った。これらの問題は、4種相互間の交雑を行い、雑種植物の減数分裂を観察することによって解明できる。

1974年、このことを目的とした種間交雑を実施し、とくにオオバヤシャブシ ( $8x$ ) $\times$ ヒメヤシャブシ ( $2x$ ) の交配組合せのなかから多くの交雑苗が得られた。その雑苗の体細胞染色体数が予期どおり5倍性 ( $2n=35$ ) であったので、雑種であることが確認された。雑種植物の1年生時における生長、気孔の大きさは、いずれも両親種の間を示し、これまで知られた特性の法則性と一致する。

一方、ヤシャブシ節内の種が関与してできたと考えられている自然雑種についての報告は、ミヤマハンノキとヒメヤシャブシの雑種、イワキハンノキ<sup>10)</sup>や、ヤシャブシとヒメヤシャブシの雑種、タルミヤシャブシ<sup>11)</sup>などがある。イワキハンノキは、現在も青森県中津軽郡の岩木山の中腹に生育していて、その特性などについて検討を加えているが、タルミヤシャブシは調査の結果、すでに枯死し、現存しないことを確

認している。このような自然雑種の生ずることは、さきの実験結果から十分考えられ、いずれも自然 5 倍体 ( $2n=35$ ) であろうと予測される。

また、ハンノキ属のハンノキ節などには、4 倍性種 ( $2n=28$ ) が多く存在するが、このヤシャブシ節には 2 倍性種と 8 倍性種のみが存在し、整倍数性 ( $2x, 4x, 8x$ ) を形成する場合の中間的な 4 倍性種が発見されていないことについても究明の余地がある。

#### 引用文献

- 1) 陣内 巖：ハンノキ属の細胞遺伝学的研究，昭和 39 年度文部省研究報告集録，農学編 (Ⅲ)，115～116，(1965)
- 2) 染郷正孝：ヤシャブシ (*Alnus firma* S. et Z.) の減数分裂について，86 回日林講集，(1975)
- 3) ————：ハンノキ属ヤシャブシ節 4 種の染色体数，林試研報，287，77～84，(1976)
- 4) 村井三郎：邦産ハンノキ類の植物分類地理学的研究 (Ⅱ) — 低木性樹種を含めた全樹種の比較研究，林試研報，154，21～72，(1963)
- 5) 中平幸助：特用樹種の育種に関する研究 (4) — ミツマタの人為六倍体について，育種雑，7(2)，112～118，(1957)
- 6) 千葉 茂：カバノキ属の育種に関する研究 (1) ケヤマハンノキ，コバノヤマハンノキの形態的特徴と染色体数の差異について，日林誌，44(9)，237～243，(1967)
- 7) JOHNSON H. : Studies on Birch species hybrids 1. *Betula verrucosa* × *B. japonica*, *B. verrucosa* and *B. pubescens* × *B. papyrifera*, Hereditas, xxxv, 115～135, (1949)
- 8) 千葉 茂：ハンノキ・ポプラ属の交雑並びに倍数性による育種に関する研究，王子林育研報，No. 1, (1966)
- 9) LARSEN, C. S. : Skovträförädlingen 1937～1942, Dansk Skovforen. Tidsskr., 406～440, (1942)
- 10) 水島正美：ハンノキ属の種間雑種，植物雑，32(1)，1～5，(1957)
- 11) 桧山庫三：ヤシャブシの新雑種，植物雑，37(5)，153～155，(1962)

**Interspecific Hybrid between *Alnus sieboldiana* and *Alnus pendula***Masataka SOMEGO<sup>(1)</sup>

## Summary

The interspecific hybrid plants between *A. sieboldiana* (8x) and *A. pendula* (2x) were obtained successfully by crossing. The fertility and seedling yield were high in the mating between these species when *A. sieboldiana* was used as a female parent. The hybrids were pentaploid with chromosome number  $2n=35$  as was expected from the chromosome numbers of parental species. Morphological characters of the hybrid seedlings were not very different from those of *A. sieboldiana* seedlings, but their growth and size of stomata were intermediate of the parental species. It is considered that this pentaploid plant is a valuable material to elucidate the constitution of genomes in octaploid species of sect. *Bifurcatus*.

---

Received January 23, 1979

(1) Silviculture Division