Sasuke NAKAO and Tadahiro WATANABE: Chromosome number of *Edgeworthia Gardneri* MEISSN. (With English Summary, P277). Japan. J. Breeding Vol. 16. No. 4 1966.

Synopsis. The chromosome number of *Edgeworthia Gardneri* from Nepal Himalaya is 108 at root-tip cells and is concluded to be 12 X. The morphological characteristics of the Himalayan species are very similar to the Japanese species, *E. papyrifera*. When the Himalayan species is compared with the artificially induced Japanese octoploid plants, the former has a larger stomata more chloroplasts in them and longer hairs on the leaves but shorter fiber cells in the bark.

ヒマラヤミツマタの染色体数

中尾 佐助*・渡部 忠広**

(*大阪府大農学部 **京都学芸大学)

I. 緒 言

ミツマタ (*Edgeworthia papyrifera* SIEB. & ZUCC.) は製紙原料樹種として、わが国においては各地に栽植されている。原産地はアジア大陸といわれ、わが国へは古く徳川時代に渡来したものであろう (貝原益軒, 大和本草)。また慶長 19 年 (1614) ごろより駿河地方において、ミツマタを栽培し、駿河半紙を製出した (白井光太郎, 日本博物年表)。

ネパール国にはミツマタと種を異にする *Edgeworthia Gardneri* MEISSN が野生しており (HOOKER & JACKSON 1893, 倉田 1949), 同地方では重要な製紙原料である (西川 1961)。HOOKER (1885) は "The Flora of British India" において、中央および東部ヒマラヤ、ネパール、シツキム地方の標高 5,000~7,000ft. に産する *E. Gardneri* と、支那および日本に産する *E. papyrifera* は、諸形質の間に区別がみられず、両種は同一種であろうと述べた。また同氏 (HOOKER 1885) は "Curtis's Bot. Mag." において、ミツマタはヒマラヤ地方が原産地であつて、支那および日本に渡来したものであろうと述べた。CHITTENDEN (1951) は "Dictionary of Gardening" において、*E. Gardneri* は *E. papyrifera* に極めてよく似ているが、常緑である、萼片の外側の毛茸の長さが短かい、絹糸光沢が少ないなどの点がちがつていると述べている。上原 (1959) は *E. Gardneri* を "ヒマラヤミツマタ" と呼び、両種はよく似ているが、外観がやや異なる。著者 (中尾 1960) は数次のヒマラヤ探険においてしばしば *E. Gardneri* の大群落に出会うことがあつた。ヒマラヤのミツマタは日本のミツマタによく似ているが、一層大きく生長し、樹高も高く、節間も長い。葉は時に日本のミツマタの倍ほど長い

ものもあり、早春咲く花も日本のものより大きく、両種は明らかに別種である。さらに著者 (中尾) は 1962 年 8 月ネパール国の探険において、標高およそ 2,100m の地点において *E. Gardneri* の集団から種子を採集して、同年は冷蔵庫内に貯蔵し、1963 年 4 月播種し 5 個体の植物を育てることができた。1965 年 6 月生存した 2 個体 (No. 1, No. 2) について、体細胞染色体数、気孔の長さ、毛茸の長さ、単せん維細胞の長さなどの諸形質についてしらべることができたので、ここにその観察結果の概要を報告する。

著者 (中尾) の採集したミツマタ属の種子が果して、HOOKER らのいう *E. Gardneri* と全く同種のものであるのか否か、同地方には尚他にミツマタ属の種があるかもしれないということについても疑問は残るが、現在これを明らかにすることはできない。

II. 実験材料および方法

ネパール国より持ち帰り 1963 年播種した *E. Gardneri* の種子は約 100 粒であつて 5 個体の植物を育てることができた。原産地の採集では、時期が成熟期を過ぎていたので、残果を採集した関係上良好な種子が少なく、また種子の貯蔵性も低いと考えられ、これらの原因で種子の発芽は不良となつたかも知れない。供試植物は常緑性であるため、冬季間は最低温度 15°C の温室内に保護した。体細胞染色体数の観察には根端を 0.002 モルの 8-オキシキノリンで、23°C、約 3 時間処理し、ついで 0°C で 24 時間冷蔵し、醋酸アルコールで固定し、フオイルゲンで染色するおしつぶし法に拠つた。供試植物はすでに 3 年生であるけれども、いまだ花芽を着けないので、花粉母細胞の染色体数 (n) の調査や、花、花粉、種子などの観察はすべて今後に残されている。

またヒマラヤのミツマタの諸形質を比較するため、日

1965 年 11 月 15 日受領

Fig. 1. Left, somatic metaphase ($2n=36$ chromosomes) in *E. papyrifera*. $\times 960$.
Center and right, somatic metaphase ($2n=108$ chromosomes) in *E. Gardneri*. $\times 850$.

本のミツマタの代表的品種である静岡種の人為八倍体(西山, 渡部 1958)を対照区とした。

以下本報告において, *E. Gardneri* をヒマラヤミツマタと呼び, 日本の *E. papyrifera* を単にミツマタと呼ぶことにする。

III. 実験結果

1. ヒマラヤミツマタの体細胞染色体数

No. 1 植物については 10 核板, No. 2 植物については 25 核板について染色体数を算えた。その結果両個体とも約 $2n=108$ であることを確かめた(第 1 図)。染色体数が多いため明瞭な標本を得ることがむづかしく, 異数性, 混数性については確めることが困難であつた。

ミツマタ属の基本染色体数 $X=9$ とするならば(西山・渡部 1958), ヒマラヤミツマタは 12 倍体 ($12X$) とみることができる。日本のミツマタは $2n=36$ であつて四倍体 ($4X$) であるのに対し, ヒマラヤミツマタが 12 倍体 ($12X$) であることは極めて注目に値する点である。

2. ヒマラヤミツマタの外部形態

ヒマラヤミツマタと, 日本のミツマタの主要品種である静岡種や高知種とをくらべてみると, 樹木の外形は非常によく似ている。分枝はミツマタに特有な三叉性である。又下高は静岡種より高く, 高知種よりも低く, この点はあたかも静岡種と高知種の F_1 (西山・渡部 1960) に類似している。分枝回数は極めて少ないため樹冠は疎であり, この点は高知種によく似ている。幹萌芽性という点では静岡種に似ている——高知種は根萌芽性である——。枝条の表皮は緑色ないし淡緑色であつて, この点は高知種に似ている。すでに 3 年生であるにも拘らず, 未だ稚樹のような淡緑の幹色を呈している。この点

静岡種や高知種は 3 年生になればすっかり成熟し, 赤褐色の幹色を呈している。供試植物は 3 年生となり, 樹勢もかなり大きいにも拘らず花芽を着けない。静岡種は 1 年生で花芽を着けるものがあり, 高知種は当初 2, 3 年は花芽を着けない。このような点はヒマラヤミツマタが高倍数体であるため, 倍数体の一般的特徴である晩熟性によるものか, あるいは生育環境のちがいがから, ヒマラヤミツマタ本来の成育を示し得ない結果にもよるものかも知れない。ヒマラヤミツマタの葉の形はミツマタよりやや大形であり, ミツマタが細長い剣状であるのに対し, ヒマラヤミツマタはやや丸味をおびた剣状であり, 葉の表面には毛茸が密生し, ミツマタの毛茸より長い。日本のミツマタは秋季落葉するが, ヒマラヤミツマタは常緑性である。

3. 気孔の大きさ

成熟葉の裏面の表皮をはぎ, 気孔の長さを測り第 1 表に示した。表皮をうすくはぎとすることは, 葉肉が極めて厚いため困難であつた。このようなことはミツマタの人為倍数体(西山・渡部 1958)の場合においては全くみられない点である。ヒマラヤミツマタの No. 1, No. 2 の両個体の間において大きな差がみられるが, これは個体変異によるものであろう。また静岡種の人為八倍体と比較すると両個体とも気孔の長さはかなり大きい。

4. 気孔の孔辺細胞内における葉緑粒数

気孔の孔辺細胞を約 2% の沃度沃度加里液で染色し, その内にある葉緑粒数を算えた(第 2 表)。葉緑粒数が多いため正確に算えることは困難な場合があつた。その結果 No. 1 と No. 2 の間には差はみられなかつた。ちなみに調査した気孔の長さ, 毛茸の長さ, 単せん維細胞の長さなどの諸形質は No. 1 と No. 2 の間において個

Fig. 2. Shizuoka variety of *E. papyrifera*. (left, one plant) and *E. Gardneri* (right, two plants). Both are 3-year-old seedlings.

Table 1. Variation of stomata length in *Edgeworthia Gardneri*

Individual no.	Ploidy	Degree of ocular micrometer ($1 \div 3.3 \mu$)														No. of cells	M $\pm$ σ	C. V. **	Ratio	t-value
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25						
Shizuoka*	8 x	1	8	25	39	36	18	17	4	1	1				150	16.71 $\pm$ 1.56	9.34	100	7.601***	
No. 1	12 x		1	2	6	19	24	26	31	19	12	6	3	1	150	19.38 $\pm$ 2.01	10.37	116		
No. 2	12 x			5	19	27	48	27	13	5	4	2			150	18.09 $\pm$ 1.58	8.73	108		

* Artificially induced octoploid of *E. papyrifera*. ** Coefficient of variation.

*** Significant at 0.1% level.

Table 2. Variation of chloroplast number in guard cells of stomata

Individual no.	Ploidy	Number of chloroplasts							No. of cells	$M \pm \sigma$	C. V.	Ratio	t-value
		17	21	25	29	33	37	41					
Shizuoka	8x	7	64	40	11	3			125	25.31 ± 3.20	12.64	100	15.368***
No. 1	12x				19	60	38	8	125	32.26 ± 2.92	9.05	127	
No. 2	12x		3	40	62	18	2		125	31.69 ± 2.92	9.21	125	

*** ***Significant at 0.1% level.

体変異による大きな差異を示したが、葉緑粒数においては有意差がみられなかつたことは注目される。

5. 毛茸の長さ

葉の表面や、裏面、葉脈の上にも毛茸が密生している。毛茸は単細胞で針状である。成熟した葉の裏面表皮にある毛茸の長さを測つて第3表に示した。No. 1とNo. 2の間には毛茸の長さにちがいがみられるが、これ

は個体変異によるものであろう。またミツマタの人為八倍体の毛茸の長さと比較すると30~50%ほど長い。

6. 単せん維細胞の長さ

ヒマラヤミツマタはネパール地方では重要な製紙原料である(西川 1961)。ヒマラヤミツマタの単せん維の長さをしらべるため、樹皮部の小片をとり、塩酸と濃硝酸の等量混合液(Schulzの解離液)に浸し、2, 3分間

Table 3. Variation of hair length in *Edgeworthia Gardneri*

Individual no.	Ploidy	Length of hairs ($1 \div 10 \mu$)						No. of hairs	$M \pm \sigma$	C. V.	Ratio	t-value
		40	60	80	100	120	140					
Shizuoka	8x	23	20	7				50	64.70 ± 15.12	23.38	100	7.354***
No. 1	12x		10	18	11	11		50	102.20 ± 22.25	21.77	158	
No. 2	12x		22	22	6			50	86.50 ± 14.50	16.76	134	

*** Significant at 0.1% level.

Table 4. Length of single fiber of white bark in *Edgeworthia Gardneri*

Individual no.	Ploidy	Length of single fibre (mm)						No. of fibres	$M \pm \sigma$	C. V.	Ratio	t-value
		4.5	5.3	6.1	6.9	7.7	8.5					
Shizuoka	8x		2	22	16	9	1	50	6.98 ± 0.52	7.45	100	20.866***
No. 1	12x	28	18	4				50	4.92 ± 0.46	9.35	70	
No. 2	12x	43	5	2				50	4.63 ± 0.34	7.34	65	

煮沸したのち、水中で十分洗滌し、解剖顕微鏡下において、針先きで単せん維をバラバラにほぐし、スライド上に移し、その長さを顕微鏡下において測定し、これとミツマタの人為八倍体の単せん維の長さを比較した（第4表）。それによると No. 1 と No. 2 の間には個体変異が著しい。静岡種の人為八倍体と比較した場合、これまでの諸形質とちがって、単せん維の長さはヒマラヤミツマタの方が著しく短かく、静岡種の人為五倍体が示す程度の長さしか示さなかつた（渡部 1964）。

西川（1961）によれば一般にせん維原料として適するせん維は、せん維素に富み、リグニンやペクチンを含むことが少なく、柔軟でなければならない。特に和紙は強じんを主とするもので、せん維細胞の長いことが要求されるという。ヒマラヤミツマタの製紙原料としての価値はひとり、単せん維細胞の長さ如何によつてきまるものでなく、剥皮収量、紙料歩止り、単せん維の長さ、幅と紙質の関係などを実地に試験しなければ決定できない問題であろうが、若しヒマラヤミツマタがこの程度の単せん維細胞の長さしか示さないのであれば、和紙原料としての価値は低いといわざるを得ない。

著者（中尾）のヒマラヤ探険において、Nepal paper, Kashmir paper と呼ばれる現地産の和紙を得たが、その原料植物はジンチヨウゲ属（*Daphne*）とミツマタ属（*Edgeworthia*）の二つであつた。製紙原料としてはジンチヨウゲ属が品質がすぐれ上質紙の製紙に使用され、ミツマタ属は劣等な紙の材料として使用されていることを確めた（中尾 1960）。この原因の一つはあるいはヒマラヤミツマタの単せん維細胞の長さが短いことにあるか

も知れない。しかしこの点はさらに観察個体数を増して確める必要があろう。

IV. 考 察

ミツマタ属（*Edgeworthia*）は種が極めて少ないものである。Index Kewensis (HOOKER & JACKSON 1893) によると、*E. papyrifera* SIEB. & ZUCC. は支那、日本、ヒマラヤに分布している。日本にあるものはこの一種のみである。*E. Gardneri* MEISSN. がネパール、シツキム、中央および東部ヒマラヤに分布する。*E. chrysantha* LINDLEY が支那に、*E. longipes* LACE が印度支那、上部ビルマなどに、*E. albiflora* NAKAI, *E. tomentosa* NAKAI が支那、雲南などに分布すると述べている。しかし同氏らによると、*E. papyrifera*, *E. chrysantha*, *E. tomentosa* は同一種であり、また大井（1953）によると、*E. papyrifera*, *E. chrysantha*, *E. tomentosa* も同一種であると述べているので、ミツマタ属（*Edgeworthia*）には果して種がいくらあるのか不詳である。しかしその分布の中心はヒマラヤ地方と考えることができる。

細胞学的な研究は極めて少なく、*E. papyrifera*, の染色体数は $2n=36$ で四倍体（4X）であろうということが確められているに過ぎない（SUGIURA 1936, 中平 1954, 西山・渡部 1958）。*E. Gardneri* についてはネパール地方に産する野生のミツマタであり、その特性や用途については述べられているが、細胞学的な観察についてはこれまで報告されていないようである。今回その体細胞染色体数は $2n=108$ であつて、これは 12 倍体（12X）とみられることが明らかとなつた。そして直ち

に問題となる点は *E. Gardneri* と *E. papyrifera* の類縁関係についてであろうが、この点については両種間の交雑をおこない、 F_1 種子の発芽、 F_1 植物の成熟分裂の観察などによつて、両種のゲノムの相同性などが調べられなければならないであろう。

ヒマラヤミツマタの倍数体の成立については、交雑、倍加の機構を経てかかる高倍数体が成立したのであるのか、または異常な生殖過程である無接合生殖 (apomixis) などに由来して倍数体が成立したのか不明である。ジンチョウゲ科 (*Thymelaeaceae*) で Apomictic に倍数体が成立した例としては、ガンピ属の *Wikstroemia indica* において、三倍性植物 ($2n=27$)、低六倍性植物 ($2n=52?$) が Apomictic に成立したことが報告されている (WINKLER 1904)。

E. papyrifera は四倍体 ($2n=36=4X$) であり、*E. Gardneri* は著者らの観察によると 12 倍体 ($2n=108=12X$) とみられる。*E. papyrifera* の原産地もヒマラヤ地方といわれる点から考えて、いわばヒマラヤは *Edgeworthia* の変異の中心地とも考えられるので、同地方にはこの他にもミツマタ属の倍数系列が存在するのではあるまいかということも考えられる。倍数体が異なる生態的環境に分布している例は多数報告されている。例へばケゼニゴケ *Dumortiera hirsuta* (辰野 1938)、クロユリ *Fritillaria camtschatcensis* (松浦 1935)、禾本科の *Eragrostis cambessediana* (HAGERUP 1932) などや、フジウツギ *Buddleja* では $2X$ -植物が、日本、中央アジア、インド、マレーシア、ニューギニアにわたつて分布し、 $4X$ -, $8X$ -, $16X$ -植物がヒマラヤ地方、支那西南部に分布しているという (JANAKI AMMAL 1954)。

倍数性と形質の増大については竹中 (1947) は、ゲノムを単位とする染色体数の増加は形質の増大をもたらすが、同質倍数体においては五倍体付近を最高として、六倍体になると逆増大を示す。異質倍数体においては、六倍体でもなお増大するが、さらに高倍数体になると遂に増大を停止し、あるいは負の増大率を示すと考え“ゲノムと細胞増大との関係法則 (Theory of genome-cell size relation)”と呼んだ。ヒマラヤミツマタとわが国のミツマタの人為八倍体の諸形質を比較した場合、気孔の長さ、気孔の孔辺細胞内の葉緑粒数・毛茸の長さなどの諸形質はいずれも増大を示しておるが、単せん維の長さにおいては著しい負の増大を示したことは注目に値する。しかしこの点についてはさらに観察個体数を増したり、ヒマラヤミツマタとミツマタの類縁関係についても究明しなければ断定的なことはいえないであろう。

V. 摘要

1. ヒマラヤミツマタの3年生について、根端細胞の染色体数をしらべ、約 $2n=108$ であることを確めた。ミツマタ属の基本染色体数 $X=9$ とすれば 12 倍体 ($12X$) とみることができる。
2. ヒマラヤミツマタの外形はわが国のミツマタに極めてよく似ているが、常緑性であり、葉もやや大きく、葉肉は極めて厚い。
3. 気孔の長さはミツマタの人為八倍体よりもさらに大きく、 $100:112$ の比である。
4. 気孔の孔辺細胞内の葉緑粒数もミツマタの人為八倍体よりも多く、 $100:126$ 比である。
5. 毛茸の長さもミツマタの人為八倍体のものより長く、 $100:146$ の比である。
6. 単せん維の長さはミツマタの人為八倍体より却つて短かく、 $100:68$ の比である。

参考文献

- HAGERUP, O. 1932. Über Polyploidie in Beziehung zu Klima, Ökologie und Phylogenie. Chromosomenzahlen aus Timbuktú. Hered. 16: 19~40.
- HOOKE, J. D. and B. D. JACKSON. 1893. Index Kewensis. Tomus I, Supple. 5, 6, 7.
- JANAKI AMMAL, E. K. 1954. The cyto-geography of the genus *Buddleia* in Asia. Science and Culture 19: 578~581.
- 倉田益二郎 1949. 特用樹種 朝倉書店 東京
- MATSUURA, H. 1935. On karyo-ecotypes of *Fritillaria camtschatcensis* (L.) Ker-Gawler. Jour. Fac. Sci. Hokkaido Imperial Univ. III (5): 219~232.
- 中尾佐助 1965. ヒマラヤにおける在来和紙の製造原料植物について 生活文化研究 13: 413~420.
- ・渡部忠広 1965. ネパール産のミツマタ 育種 15 (1): 63.
- 中平幸助 1954. 特用樹種の育種に関する研究 (3) ミツマタの品種間雑種 (F_1) について 林試報告 76: 73~79.
- 西川五郎 1961. 工芸作物学 農業図書 東京.
- 西山市三・渡部忠広 1958. 人為的倍数植物の研究 第20報 ミツマタの人為倍数体について 育種 8 (2): 75~82
- ・——— 1960. 人為的倍数植物の研究 第21報 ミツマタの品種間雑種 (静岡種×高知種) について 育種 10 (4): 228~232.
- 渡部忠広 1964. ミツマタの人為倍数体に関する研究 京学芸大紀要 B 25: 161~205.
- 大井次三郎 1953. 日本植物誌 至文堂 東京.
- SUGIURA, T. 1936. Studies on chromosome numbers in higher plants, with special reference to cytokinins, I. Cytologia 7.
- 竹中 要 1947. 倍数体が示す形態的特徴、殊に巨大性の極限 農学綜報 I: 85~144.

辰野誠次 1938. *Dumortiera hirsuta* (ケゼニゴケ) の Polyploidie と地理的分布について 植雑 52: 434~441.

上原敬二 1959. 樹木大図説 有明書房 東京
WINKLER, H. 1904. Über Parthenogenesis bei *Wikstroemia indica*. Ber. Deut. Bot. Ges. 22.

Summary

Edgeworthia Gardneri from Nepal Himalaya is studied in relation to its use as a possible source of paper materials. The study was done in comparison with the Japanese corresponding species, *E. papyrifera*. The Himalayan species has the chromosome number of 108 at root-tip cells so it is $12X$, because the basic chromosome number of *Edgeworthia* is $X=9$. The general morphological characteristics of the Himalayan species are almost similar

to the Japanese species which is usually tetraploid, but the former has larger and thicker leaves and is evergreen while the Japanese species is deciduous. When the Himalayan species is compared with the artificially induced Japanese octoploid plants, it has larger stomata cells, more chloroplasts in them and longer hairs on the leaves, but shorter fibre cells in the bark which are most important for paper materials.