

大分県林試研報，第7号

針葉樹の核型に関する研究

佐々木義則

KARYOTYPE STUDIES ON SOME CONIFERS

By Yoshinori SASAKI

Bull. Ooita Pref. For. Expt. Stn., No.7

大分県林業試験場

大分県日田市有田

昭和51年12月

Ooita Prefectural Forest Experiment Station

Arita, Hita, Ooita, Japan

December, 1976

大分県林業試験場研究報告，第7号，1976

## 針葉樹の核型に関する研究

大分県林業試験場

育林研究室

佐々木義則

---

Bull. Ooita Pref. For. Expt. Stn., No.7, 1976

## KARYOTYPE STUDIES ON SOME CONIFERS

By Yoshinori SASAKI

Laboratory of Silviculture

Ooita Prefectural Forest Experiment Station

## 序 文

基礎—大学、応用—公立、実用—民間といった研究分担が論議の対象になっているようだが、端的にいつて、これら研究の自主性と自由な発展を期待する上からいつて、分離分業は、研究機関の自主性を損なうことはあつても益することはないと思われる。

たしかに複雑な社会にあつては、分業論も一般論としては成り立ち、かなりの成果を収めている分野もあるが、研究の分野では、どこまでが基礎研究であり、どこまでが応用研究であるかを区切ることは、この本質からいつて不可能に近い。つまり、応用といわれる領域があるとしても、その過程で、いわゆる基礎的な研究テーマが派生する可能性は、これまでの経験からいつて充分ありうる現象であり、これから起る現象に対応し解決するためには、普段からの基礎的研究の蓄積が要求される。

かかる見地から、多年に亘り培つてきた研究態様を改め、ただ便利さのために改革を急ぐ必要はないと考える。

しかしながら、これまでの態様で充分とは決していえない。今迄のように林業生産が複雑な環境と、長期に亘る生育条件ということで、諦めに似た無力感があつたことも否定できまい。

これを機会に研究機関のあり方について話し合う必要があると思う。當場でも、この際、論議を尽し、確めあつて、よりよい研究機関にしたいと願つている。この冊子は、かかることを念願において、研究報告№7として報告するものである。

この研究に當つた當場育林科・佐々木義則研究員の多年にわたる努力もさることながら、当初から、ご指導を賜つた宮崎大学農学部教授・農学博士 黒木嘉久先生、同助教授・農学博士 野上寛五郎先生に深甚の謝意を表するものである。

昭和 51 年 11 月

大分県林業試験場長

坂 本 砂 太

# 針葉樹の核型に関する研究

佐々木 義 則

## KARYOTYPE STUDIES ON SOME CONIFERS

By Yoshinori SASAKI

---

### 要 旨

---

核型は植物の類縁関係や進化の経路を知る上で、また交雑育種の基礎としても重要なものであるが、林木では核型分析のおこなわれているものは少ない。このようなことから、ヒノキ科、マツ科、およびナンヨウスギ科の数種について、細胞遺伝学的研究をおこなった。本研究においては、アリゾナイトスギ、イタリアサイプレス、オニヒバ、ベニヒ、アカエゾマツ、ヨーロッパトウヒ、カナダトウヒ、メルテンスツガ、ダグラスモミ、およびブラジルアラウカリアの計10種の核型を決定した。さらに、イトスギ属2種、ヒノキ属4種およびトウヒ属3種について、染色体の形態の統計的処理に基づいた核型分析をおこなった。これらの研究から、樹種間の類縁関係や、交雑育種などの基礎的資料を得ることができた。

---

### SYNOPSIS

---

The karyotype is very important to study the process of evolution, the relationship between the plants, and also the basic research for the breeding by crossing. The karyotype analysis has not been tried enough. So there are very few reports about the tree species especially. Such being the reason, the cytogenetical studies has been carried out and discussed on the ten species of Cupressaceae, Pinaceae and Araucariaceae. The name of species on which the karyotype decision was made were as follows; *Cupressus arizonica* Greene, *Cupressus sempervirens* L., *Libocedrus decurrens* Torr., *Chamaecyparis formosensis* Matsum., *Picea Glehnii* Mast., *Picea excelsa* Link, *Picea canadensis* B S P, *Tsuga Mertensiana* Sarg., *Pseudotsuga Douglasii* Carr., and *Araucaria brasiliana* A. Rich.. And then the karyotype analysis based on statistical analysis of the chromosomes morphology were carried out on the two *Cupressus* species, four *Chamaecyparis* species and three *Picea* species. From the results of these investigations, the basic informations about the relationship of the species and for the study of breeding by crossing etc. could be obtained.

# 針葉樹の核型に関する研究

## 目 次

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 要 旨(和文および英文)       | (頁) |
| 緒 言                | 1   |
| I 材料および方法          | 3   |
| 〔I〕材 料             | 3   |
| 〔II〕方 法            | 4   |
| 1. プレパラート作製法       | 4   |
| 2. 染色体の測定法         | 7   |
| 3. 染色体の形態の表わし方     | 8   |
| 4. 相同染色体の決定法       | 8   |
| 5. 核型の表示法          | 8   |
| 6. 実験結果の信頼性        | 9   |
| 7. 樹木分類法           | 10  |
| II 実験結果および考察       | 11  |
| 〔I〕ヒノキ科の核型および核型分析  | 11  |
| 1. イトスギ属の核型        | 11  |
| (1) アリゾナイトスギ       | 11  |
| (2) イタリアサイプレス      | 15  |
| (3) イトスギ属2種の核型分析   | 20  |
| 2. オニヒバ属の核型        | 22  |
| (1) オニヒバ           | 22  |
| 3. ヒノキ属の核型         | 27  |
| (1) ベニヒ            | 27  |
| (2) ヒノキ属4種の核型分析    | 31  |
| 4. ヒノキ科の全体的考察      | 36  |
| (1) 染色体数           | 36  |
| (2) 動原体の位置         | 36  |
| (3) 付随体染色体および二次狭窄  | 37  |
| 〔III〕マツ科の核型および核型分析 | 39  |
| 1. トウヒ属の核型         | 39  |
| (1) アカエゾマツ         | 39  |
| (2) ヨーロッパトウヒ       | 44  |
| (3) カナダトウヒ         | 50  |
| (4) トウヒ属3種の核型分析    | 54  |
| 2. ツガ属の核型          | 59  |
| (1) メルテンスツガ        | 59  |
| 3. トガサワラ属の核型       | 64  |
| (1) ダグラスモミ         | 64  |
| 4. マツ科の全体的考察       | 69  |
| (1) 染色体数           | 69  |
| (2) 動原体の位置         | 70  |
| (3) 二次狭窄           | 73  |
| 〔III〕ナンヨウスギ科の核型    | 75  |
| 1. ナンヨウスギ属の核型      | 75  |
| (1) ブラジルアラウカリア     | 75  |
| III む す び          | 80  |
| IV 摘 要             | 82  |
| 文 献                | 85  |
| SUMMARY(英 文)       | 91  |
| 付 表                | 103 |

# KARYOTYPE STUDIES ON SOME CONIFERS

## CONTENTS

|   | Page |
|---|------|
| SYNOPSIS( in Japanese & English )                         |      |
| INTRODUCTION .....  | 1    |
| I MATERIALS AND METHODS .....                             | 3    |
| [I] MATERIALS .....                                       | 3    |
| [II] METHODS .....  | 4    |
| 1. Preparation of root meristems .....                    | 4    |
| 2. Measurement of chromosomes .....                       | 7    |
| 3. Indication of chromosomes morphology .....             | 8    |
| 4. Decision of homologous chromosomes .....               | 8    |
| 5. Indication of karyotype .....                          | 8    |
| 6. Confidence of experimental results .....               | 9    |
| 7. Classification of tree species .....                   | 10   |
| II RESULTS AND DISCUSSION .....                           | 11   |
| [I] KARYOTYPE DECISION AND                                |      |
| ANALYSIS IN SOME CUPRESSACEAE SPECIES .....               | 11   |
| 1. Cupressus .....  | 11   |
| (1) <i>C. arizonica</i> Greene .....                      | 11   |
| (2) <i>C. sempervirens</i> L. ....                        | 15   |
| (3) Karyotype analysis of two Cupressus species .....     | 20   |
| 2. Libocedrus .....                                       | 22   |
| (1) <i>L. decurrens</i> Torr. ....                        | 22   |
| 3. Chamaecyparis .....                                    | 27   |
| (1) <i>C. formosensis</i> Matsum. ....                    | 27   |
| (2) Karyotype analysis of four chmaecyparis species ..... | 31   |
| 4. Discussion on the Cupressaceae species .....           | 36   |
| (1) Chromosome number .....                               | 36   |
| (2) Centromeric position .....                            | 36   |
| (3) Satellite and secondary constriction .....            | 37   |
| [II] KARYOTYPE DECISION AND                               |      |
| ANALYSIS IN SOME PINACEAE SPECIES .....                   | 39   |
| 1. Picea .....  | 39   |
| (1) <i>P. Glehnii</i> Mast .....                          | 39   |
| (2) <i>P. excelsa</i> Link .....                          | 44   |

|  |     |
|--|-----|
| (3) <i>P. canadensis</i> B S P .....                       | 50  |
| (4) Karyotype analysis of three <i>Picea</i> species ..... | 54  |
| 2. <i>Tsuga</i> .....                                      | 59  |
| (1) <i>T. Mertensiana</i> Sarg. ....                       | 59  |
| 3. <i>Pseudotsuga</i> .....                                | 64  |
| (1) <i>P. Douglasii</i> Carr. ....                         | 64  |
| 4. Discussion on the Pinaceae species .....                | 69  |
| (1) Chromosome number .....                                | 69  |
| (2) Centromeric position .....                             | 70  |
| (3) Secondary constriction .....                           | 73  |
| [III] KARYOTYPE DECISION IN AN                             |     |
| ARAUCARIACEAE SPECIES .....                                | 75  |
| 1. <i>Araucaria</i> .....                                  | 75  |
| (1) <i>A. brasiliana</i> A. Rich. ....                     | 75  |
| III CONCLUSION .....                                       | 80  |
| IV SUMMARY ( in Japanese ) .....                           | 82  |
| REFERENCE .....  | 85  |
| SUMMARY ( in English ) .....                               | 91  |
| APPENDIX TABLE .....                                       | 103 |

## 緒 言

最近の木材不足は、我国だけではなく世界的にも慢性化しつつあり、将来においてもこのような状態が長く続くものと予想される。このような情勢のため、木材の量的増産および質的向上の一方法として「材木育種」が今までより以上に重要視されるようになってきた。諸種の育種法のうち、主要なものは、交雑育種法であり、その重要性は将来とも変ることはないと思われる。

交雑育種は優良な形質をもつ品種あるいは個体の間に交雑をおこない、人為的に雑種を作り、その子孫から両者のよいところをあわせもつ品種を育成したり、特定の交雑組合わせを作ることによって、表現型としては、両親のどちらにも認められない優良な形質を表わす新品種を創成する場合もあり、積極的な育種法である。近年、農・園芸作物における交雑育種の研究、およびこれに基く顕著な実用上の改良には、全く目をみはるものが多い。

これらと同じ成果を、すぐ林木にも期待することは、その性質上困難と思われる。しかしながら、欧州カラマツ (*Larix europaea* D C.) × 日本カラマツ (*Larix leptolepis* Gordon) の雑種の成長が、いずれも例外なく両親より10~20%増加した例などからも示されるように、その将来性には非常に大きいものがあると考えられる。

交雑育種においては、二つの分類群が近縁であると雑種ができやすく、その稔性はきわめて高いが、遠縁であると雑種ができにくく稔性が低下するかあるいは不稔となる傾向がある。このような交配能力の有無や稔性の強さを推定するには、植物群の眞の類縁関係や系統を解明する必要がある。従来の交雑育種法には、科学的裏付けが乏しく、十分な育種効果をあげることができなかった。

このような背景のもとで、育種学および遺伝学の基礎資料を得るために、細胞遺伝学 (Cytogenetics) という分野が発展してきた。これはそれぞれの個体について、染色体の数や形態すなわち核型 (Karyotype) を調べ、さらに核型の構成要素を比較検討、すなわち核型分析 (Karyotype analysis) をおこなって、遺伝的類縁関係などを追求する方法である。

核型は、生物の種類によって一定しており、外界の条件によっても容易に変化せず、類縁関係、進化の経路、およびゲノムの推定などに示唆を与えることは、すでによく知られている。核型がこのような面で重要な働きをしていることがわかったのは、今世紀に入って間もない頃であり、それを決定的にしたのは ROSENBERG (70, 71) のモウセンゴケの染色体の観察であったといわれている。一方、動物の分野においては、1930年頃からショウジョウバエの唾腺染色体の発見以後に始められ、この20年ほどの間に著しい発展をし、特に人類については、1959年における先天性異常と染色体異常との関連性の発見に端を発し、現在では臨床医学と結びつき、臨床細胞遺伝学といわれる新分野が開拓され、めざましい発展を遂げている。



このように、細胞遺伝学の分野が著しく発展したのは、染色体の物理的、化学的構造の解明、およびそれにもなった研究方法の進歩によるところが大きい。初期の頃は、その方法の貧困さのため、染色体数でさえも論争的になっていたが、現在では、前処理、固定、加水分解、染色などの化学的処理法、およびプレパラート作製法の進歩にともなって、大きな前進を遂げている。しかしながら、植物の分野においては、まだ染色体数に関する研究が多く、詳細な核型にまでふれているものはきわめて少い。この主な原因は、染色体が適当に収縮し、細胞内によく散らばり、かつ正常な形態をした中期の分裂像を作りだすミクロテクニクが、非常にむずかしいことによるものと考えられる。

林木のこの分野における研究では、染色体数に関する報告は、かなり多くなされているが、詳細な核型まで解明されている樹種はきわめて少い。殊に造林学上重要な位置にある針葉樹については、SAX et al (88)、MEHRA et al (51, 52)、SANTAMOUR (80)、SAYLOR (89, 90, 91)、MORGENSTERN (57)、SIMAK (97, 98)、MERGEN (93)、SARKAR (81)、四手井ら (95)、黒木 (37)、諸見里 (58) らが研究をおこなっているが、まだ解明されていない樹種も多数にのぼり、また、詳細な核型の決定および核型分析までおこなわれているものは稀である。

詳細な核型の研究をおこなうためには、その前提条件として、まず明瞭なプレパラートを作製することである。この問題に関して、黒木 (37) は従来の処理方法を種々改良し、前処理および固定時に 5～7℃ の低温処理を併用することにより、また、近年諸見里 (58) は、冷・温処理法を用いることによってきわめて良好なプレパラートを得ることができた。

さらに、核型の決定および分析をおこなうためには、染色体の形態を数量化し、その数値を比較検討しなければならないが、この際、黒木 (37) は統計分析の概念を導入し、数値の正確性および客観性を向上させ、核型の研究に大きな進歩をもたらした。

そこで、筆者は主に黒木 (37) の方法を用い、ヒノキ科 (Cupressaceae) の 4 種、マツ科 (Pinaceae) の 5 種、およびナンヨウスギ科 (Araucariaceae) の 1 種の計 10 種について、核型の決定および核型分析をおこなったので、若干ではあるがここに報告する。

本研究を遂行するにあたり、直接御懇篤なる御指導を賜った宮崎大学農学部教授農学博士黒木嘉久先生および同助教授農学博士野上寛五郎先生に、深甚なる謝意を表す。

また、本研究遂行上、多大の御援助を賜った宮崎大学事務官北郷すえ子氏、南九州大学講師戸田義宏氏、農林省林業試験場北海道支場農林技官吉武孝氏、大分県立日田高校教諭武山純一氏、長崎県庁奥山博氏、鹿児島県庁安楽幸治氏、大分県庁犬丸康久氏、当场主任諫本信義氏に深謝の意を表する次第である。

なお、本研究報告の印刷にさいしては、当场長坂本砂太氏、同次長野村貢氏、同研究部長飯田達雄氏、同指導調査室長北口内記氏、および同指導調査室林業専門技術員江田昭二氏の多大の御高配によるところが大きい。付記して謝意を表するものである。

## I 材料および方法

### 〔I〕材 料

実験に用いた材料は、第1表に示すとおりである。

なお、一樹種ごとに多数のプレパラートを作製し、この中から最も良好なものを数枚選んで、核型の決定および分析に用いたが、各樹種ごとの枚数は、第2表のとおりである。

なお、各々の樹種についての分布、形態などの概要は、付表1に示すとおりである。

第1表 実験に用いた材料

Table 1. Materials used in this investigation

| 科 名<br>Family           | 属 名<br>Genus         | 種 名<br>Species                       | 種子採取場所 (採取年)<br>Source (collected year)              |
|-------------------------|----------------------|--------------------------------------|--|
| ヒノキ<br>Cupressaceae     | イトスギ<br>Cupressus    | アリゾナイトスギ<br>C. arizonica Greene      | イタリア (1969)<br>Italy                                 |
|                         |                      | イタリアサイプレス<br>C. sempervirens L.      | イタリア (1969)<br>Italy                                 |
|                         | オニヒバ<br>Libocedrus   | オニヒバ<br>L. decurrens Torr.           | アメリカ西部 (1971)<br>Western part of U.S.A.              |
|                         | ヒノキ<br>Chamaecyparis | ベニヒ<br>C. formosensis Matsum.        | 台湾 (1971)<br>China                                   |
| マツ<br>Pinaceae          | トウヒ<br>Picea         | アカエゾマツ<br>P. Glehnii Mast.           | 北海道 (1969)<br>Hokkaido, Japan                        |
|                         |                      | ヨーロッパトウヒ<br>P. excelsa Link          | 欧州 (1971)<br>Europe                                  |
|                         |                      | カナダトウヒ<br>P. canadensis BSP          | アメリカ, ウィスコンシン州 (1971)<br>Wisconsin, U.S.A.           |
|                         | ツガ<br>Tsuga          | メルテンスツガ<br>T. Mertensiana Sarg.      | アメリカ アイダホ州 (1969)<br>Idaho, U.S.A.                   |
|                         | トガサワラ<br>Pseudotsuga | ダグラスモミ<br>P. Douglasii Carr.         | カナダ ブリティッシュコロンビア州 (1971)<br>British Columbia, Canada |
| ナンヨウスギ<br>Araucariaceae | ナンヨウスギ<br>Araucaria  | ブラジルアラウカリア<br>A. brasiliana A. Rich. | ブラジル (1968)<br>Brazil                                |

第2表 核型の決定および分析に用いたプレパラート

Table 2. Number of plates used for the decision and analysis of karyotype

| 種名<br>Name of species                       | プレパラート数<br>No. of plates |
|---|--------------------------|
| アリゾナイトスギ<br><i>C. arizonica</i> Greene      | 3                        |
| イタリアサイプレス<br><i>C. sempervirens</i> L.      | 3                        |
| オニヒバ<br><i>L. decurrens</i> Torr.           | 3                        |
| ベニヒ<br><i>C. formosensis</i> Matsum.        | 3                        |
| アカエゾマツ<br><i>P. Glehnii</i> Mast.           | 3                        |
| ヨーロッパトウヒ<br><i>P. excelsa</i> Link          | 3                        |
| カナダトウヒ<br><i>P. canadensis</i> BSP          | 3                        |
| メルテンスツガ<br><i>T. Mertensiana</i> Sarg.      | 3                        |
| ダグラスモミ<br><i>P. Douglasii</i> Carr.         | 4                        |
| ブラジルアラウカリア<br><i>A. brasiliana</i> A. Rich. | 3                        |

## II) 方法

### 1. プレパラート作製法

プレパラート作製法は、大きく分けると、パラフィン埋蔵法と押しつぶし法の2方法があるが、筆者は押しつぶし法を用いた。

押しつぶし法によって、根端の染色体を観察する場合、細胞分裂の中期で分裂を停止させ、かつ染色体が適当に短縮され、染色体が通直で、しかも動原体、および二次狭窄や付随体を明確に観察できることが必要である。

筆者は、良好な中期分裂像およびプレパラートを得るため、下記のような処理方法を用いた。

(1) 発根法

殺菌処理を行なった種子を恒温器内で発芽させ、根が約 5 mm 程度伸長したものを切断し実験に供した。

なおブラジルアラウカリアは、鉢栽培で 20 ~ 30 cm の高さまで育成し、その根端を用いた。

(2) 前処理法

切り取った根端 (約 5 mm) を、8-オキシキノリン水溶液 (0.002 mol/l) に浸漬し、5 ~ 7℃ で 24 ~ 48 時間前処理をした。

(3) 固定法

根端を、8-オキシキノリン水溶液から取り出して水洗したのち、アルコール・酢酸液に浸漬し 5 ~ 7℃ で 24 ~ 48 時間固定した。

なお、固定液のアルコールと酢酸の配合比を樹種によって変えることにより、鮮明な像を観察することが出来た。

(4) 加水分解法

水洗したのち、1N-HCL に材料を浸漬し、60 ± 1℃ で 4 ~ 9 分間加水分解をおこなった。

(5) 染色法

軽く水洗したのち、無色塩基性フクシン液で染色した。

(6) 押しつぶし法

以上の処理をおこなった材料を、スライドガラス上へのせ、分裂組織の部分を取り出し、45% 酢酸水溶液を 1 ~ 2 滴落とし、カバーガラスを重ねて、押しつぶし法によりプレパラートを作製した。この際、鮮明な分裂像を得るため、細胞膜が破れて染色体が流れ出ない程度に軽く何度もたたき、細胞および染色体の重なりを少なくして、顕微鏡観察をおこなった。

なお、各樹種ごとに良好な像が得られた処理時刻および時間などについては第 3 表、第 4 表に示した。

第3表 樹種別処理表（1）

Table 3. Treatments by tree species (1)

| 種名<br>Name of species               | 時期<br>Month              | 処理開始時刻 (A.M.)<br>Starting time  |                        |
|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|------------------------|
|                                     |                          | 前処理<br>Pretreatment             | 固定<br>Fixing           |
|                                     |                          | アリゾナイトスギ<br><i>C. arizonica</i> | 3月 ~ 4月<br>Mar. ~ Apr. |
| イタリアサイプレス<br><i>C. sempervirens</i> | 4月 ~ 5月<br>Apr. ~ May    | 9:30 ~ 10:00                    | 10:00 ~ 10:45          |
| オニヒバ<br><i>L. decurrens</i>         | 3月<br>Mar                | 9:10 ~ 9:20                     | 9:20 ~ 9:40            |
| ベニヒ<br><i>C. formosensis</i>        | 9月 ~ 10月<br>Sept. ~ Oct. | 8:30 ~ 8:45                     | 9:00 ~ 9:30            |
| アカエゾマツ<br><i>P. Glehnii</i>         | 11月<br>Nov.              | 6:30 ~ 9:00                     | 7:00 ~ 9:00            |
| ヨーロッパトウヒ<br><i>P. excelsa</i>       | 9月 ~ 10月<br>Sept. ~ Oct. | 8:45 ~ 9:00                     | 9:00 ~ 9:15            |
| カナダトウヒ<br><i>P. canadensis</i>      | 10月<br>Oct.              | 9:00 ~ 9:15                     | 9:00 ~ 9:30            |
| メルテンスツガ<br><i>T. Mertensiana</i>    | 2月<br>Feb.               | 9:00 ~ 9:15                     | 9:20 ~ 9:45            |
| ダグラスモミ<br><i>P. Douglasii</i>       | 9月 ~ 10月<br>Sept. ~ Oct. | 8:45 ~ 9:15                     | 9:00 ~ 9:30            |
| ブラジルアラウカリア<br><i>A. brasiliana</i>  | 11月 ~ 12月<br>Nov. ~ Dec. | 9:00 ~ 9:20                     | 9:20 ~ 9:40            |

第4表 樹種別処理表 (2)

Table 4. Treatments by tree species (2)

| 種名<br>Name of species               | 処理時間<br>Time of treatments         |                             |                                    | 固定液比<br>エチルアルコール<br>: 酢酸<br>Fixing solution<br>ethylalcohol:<br>acetic acid |
|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|---|
|                                     | 前処理(時間)<br>Pretreatment<br>(hours) | 固定(時間)<br>Fixing<br>(hours) | 加水分解(分)<br>Hydrolysis<br>(minutes) |   |
| アリゾナイトスギ<br><i>C. arizonica</i>     | 4 8                                | 2 4                         | 6 ~ 7                              | 2 : 1   |
| イタリアサイプレス<br><i>C. sempervirens</i> | 4 8                                | 2 4                         | 6 ~ 7                              | 2 : 1   |
| オニヒバ<br><i>L. decurrens</i>         | 2 4                                | 2 4                         | 4 ~ 5                              | 3 : 1   |
| ベニヒ<br><i>C. formosensis</i>        | 2 4                                | 2 4                         | 9                                  | 2 : 1   |
| アカエゾマツ<br><i>P. Glehnii</i>         | 2 4                                | 2 4                         | 6                                  | 3 : 1   |
| ヨーロッパトウヒ<br><i>P. excelsa</i>       | 2 4                                | 2 4                         | 5                                  | 3 : 1   |
| カナダトウヒ<br><i>P. canadensis</i>      | 2 4                                | 4 8                         | 5                                  | 3 : 1   |
| メルテンスツガ<br><i>T. Mertensiana</i>    | 2 4                                | 2 4                         | 6                                  | 3 : 1   |
| ダグラスモミ<br><i>P. Douglasii</i>       | 2 4                                | 2 4                         | 6 ~ 7                              | 3 : 2   |
| ブラジルアラウカリア<br><i>A. brasiliiana</i> | 2 4                                | 4 8                         | 6 ~ 7                              | 2 : 1   |

## 2. 染色体の測定法

染色体の測定にあたっては、染色体が良く散らばり、また形態が正常とみられるプレパラートについて、顕微鏡写真をとり、1700~3000倍に拡大した写真を作製し、位相差顕微鏡で再度詳細な観察をおこないながら、写真上の染色体に縁どりをして、各染色体に順次番号を付し、ディバイダーを用いて精密な測定をおこなった。

この場合、動原体および二次狭窄の部分で染色体がくびれ、そこには非染色性の間隙があり、これらの間隙はプレパラートによって差異があり、また、押しつぶしなどの影響を受けて、しばしば付随体はその染色体から分離していることがあるので、これらの間隙は測定から除外した。

### 3. 染色体の形態の表わし方

#### (1) 染色体の長さ

染色体の大きさは、前処理および固定などの処理方法や、分裂時間のわずかなずれによっても影響を受け、プレパラート間では勿論、同一のプレパラートの中に含まれている個々の細胞間においても、著しい収縮差が観察される。従って、細胞間の収縮差を除去せず、実測長をそのまま用いて染色体を比較しても意味がなくなる。そのために、「同一核内に含まれる全ての染色体の収縮率は同じ程度である」という仮定のもとに次に示す HENEEN (17) の方法に従った。

$$\text{相対長} = \frac{\text{個々の染色体の長さ}}{\text{全染色体の長さの総和}} \times 100$$

#### (2) 動原体の位置

動原体の位置は、SAYLOR (90)、HENEEN (17) の方法に従い、長腕に対する短腕の比率で表わすことにした。

#### (3) 二次狭窄の位置

二次狭窄の位置は、動原体から二次狭窄までの長さを測定し、その存在する腕の長さに対する比率で示すことにした。

#### (4) 付随体

付随体染色体は、付随体の長さも相対長に含めたが、腕長比の算出には含めなかった。また、その大きさは、付随体を有する腕に対する比率、または腕長（短腕＋長腕）に対する比率で示すことにした。

### 4. 相同染色体の決定法

HENEEN (17) は *Agropyron* 属の研究において、個々の染色体について相対長および腕長比を算出し、グラフの横軸に相対長、縦軸に腕長比をとって各々の染色体の位置を決め、接近しているものを相同染色体とみなすことにしているが、筆者もこの方法によった。

### 5. 核型の表示法

核型の表示法は、研究材料および目的によって種々の方法が試みられているが、筆者は篠遠 (96) の方法に従った。その方法は下記のとおりである。

#### (1) 染色体全体による表わし方

染色体を長いものから短いものへと順次配列し、相対長および腕長比に統計的な差がなく、他の

識別拠点によっても区別できないものは同一グループとし、長さの大きいグループから順次ABC……の記号を付した。

## (2) 動原体の表わし方

動原体の位置は、ABC……の右肩にot, st, sm, mの記号をつけ、それぞれ、端部、次端部、次中部、中部を表わした。

それぞれの腕長比は、端部が0.001～0.250、次端部が0.251～0.500、次中部が0.501～0.750、中部が0.751～1.000である。

## (3) 二次狭窄の表わし方

二次狭窄はcsで表わし、ABC……の短腕にある場合には左肩に、長腕にある場合には左下につけることにした。

## (4) 付随体の表わし方

付随体はtの記号を用い、短腕に存在するときは左肩に、長腕に存在するときは左下につけることにした。

# 6. 実験結果の信頼性

## (1) 同一種内のプレパラート間の検定

測定誤差や同一細胞内の染色体の収縮率は、すべて同じ程度であるという仮説に誤りがあれば、当然プレパラート間に差があらわれてくると考えられるので、次のとおり、資料の信頼性について検討した。なお、相対長はその性質上任意の値をとりえないので、プレパラート間の検定に用いることはできない。

同一細胞内のどの染色体も収縮率が同じであれば、腕長比は異なる細胞間においても、当然同じ値となるはずであるから、この腕長比の値を用いて分散分析をおこない、プレパラート間および染色体間に差(5%水準)があるかどうかの検定をおこなった。この結果、プレパラート間に差がなく、個々の染色体間に差が認められる場合は、さらに相対長についても分散分析をおこない、個々の染色体間に差(5%水準)があるか否かを検定した。

個々の染色体間に、腕長比および相対長で差が認められる場合は、さらに個々の染色体の腕長比および相対長について、平均値相互間の比較検定(5%水準)をおこない、これらの結果および染色体識別の重要な根拠である二次狭窄や付随体の有無を考慮して、個々の染色体相互間の識別判定をおこなった。

## (2) 同一属内の種間の比較

同一の属に属する種間の比較は、ひとまとめにして、まず腕長比および相対長について分散分析をおこない、染色体間の差の有無を検定した。その結果、種間の染色体間に差が認められる場合は



種内の検定と同様な方法で、各染色体相互間の識別判定をおこなった。

また、二次狭窄および付随体を有する染色体の比較については、それぞれの間の腕長比および相対長に差がない場合は、動原体から二次狭窄までの相対長や、付随体の相対長を用いて差の有無を検定した。

## 7. 樹木分類法

樹種の分類には、牧野(45)、佐藤(84)など種々の方法があるが、筆者は、上原(114)の分類法に従った。

## II 実験結果および考察

### [ I ] ヒノキ科 ( Cupressaceae ) の核型および核型分析

#### 1. イトスギ属 ( Cupressus )

##### (1) アリゾナイトスギ ( Cupressus arizonica Greene )

##### 1) 実験結果

本種の体細胞染色体は、第1図に示すとおりで、染色体数は  $2n = 22$  であった。また、相同染色体の決定例は、第2図に示すとおりであり、これらの染色体組に不等対は見られなかった。なお、二次狭窄を有する染色体を2対観察した。

各染色体の相対長および腕長比の平均値は、第5表に示すとおりであり、相対長は4.00～5.60、腕長比は0.719～0.965の範囲であった。

第5表 アリゾナイトスギの相対長および腕長比

Table 5 Relative length and arm ratio of the chromosomes of *C. arizonica*

| 染色体番号<br>Chromosome<br>No. | 相 対 長<br>Relative length    |                   | 腕 長 比<br>Arm ratio          |                   |
|----------------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|
|                            | 平均値 ± 標準偏差<br>M. V. ± S. D. | 変異係数<br>C. V. (%) | 平均値 ± 標準偏差<br>M. V. ± S. D. | 変異係数<br>C. V. (%) |
|                            | I                           | 5.60 ± 0.35       | 6.25                        | 0.892 ± 0.007     |
| II                         | 5.05 ± 0.15                 | 2.97              | 0.965 ± 0.018               | 1.91              |
| III                        | 4.83 ± 0.19                 | 3.93              | 0.868 ± 0.014               | 1.57              |
| ④ <sup>s</sup>             | 4.69 ± 0.18                 | 3.84              | 0.884 ± 0.019               | 2.09              |
| V                          | 4.65 ± 0.24                 | 5.16              | 0.960 ± 0.014               | 1.47              |
| ⑥ <sup>s</sup>             | 4.50 ± 0.14                 | 3.11              | 0.786 ± 0.029               | 3.69              |
| VII                        | 4.38 ± 0.23                 | 5.25              | 0.961 ± 0.017               | 1.72              |
| VIII                       | 4.15 ± 0.15                 | 3.61              | 0.874 ± 0.011               | 1.20              |
| IX                         | 4.09 ± 0.27                 | 6.60              | 0.788 ± 0.023               | 2.86              |
| X                          | 4.08 ± 0.24                 | 5.88              | 0.719 ± 0.009               | 1.22              |
| XI                         | 4.00 ± 0.19                 | 4.75              | 0.941 ± 0.014               | 1.43              |

Remark ; Mark  $\textcircled{\text{S}}$  shows the chromosomes having a secondary constriction on the short arm

分散分析の結果、腕長比はプレパラート間に差がなく、各々の染色体間に差が認められた（第6表）。また、相対長も各々の染色体間に差が認められた（第7表）。

第6表 アリゾナイトスギの腕長比分散分析表

Table 6. Analysis of variance of arm ratio of *C. arizonica*

| 要 因<br>S. V.                  | 自由度<br>D. F. | 平方和<br>S. S. | 平均平方<br>M. S. | 分 散 比<br>F |
|-------------------------------|--------------|--------------|---------------|------------|
| 全 体<br>Total                  | 65           | 0.4191       |               |            |
| 染 色 体 間<br>Within chromosomes | 10           | 0.4035       | 0.04035       | 130.16**   |
| プレート間<br>Between plates       | 5            | 0.0003       | 0.00006       | 0.19       |
| 誤 差<br>Errors                 | 50           | 0.0153       | 0.00031       |            |

Remark: \*\* - significant at 1% level

第7表 アリゾナイトスギの相対長分散分析表

Table 7. Analysis of variance of relative length of *C. arizonica*

| 要 因<br>S. V.                  | 自由度<br>D. F. | 平方和<br>S. S. | 平均平方<br>M. S. | 分 散 比<br>F |
|-------------------------------|--------------|--------------|---------------|------------|
| 全 体<br>Total                  | 65           | 16.9346      |               |            |
| 染 色 体 間<br>Within chromosomes | 10           | 14.2823      | 1.42823       | 29.62**    |
| 誤 差<br>Errors                 | 55           | 2.6523       | 0.04822       |            |

Remark ; \*\* - significant at 1% level

さらに、各々の染色体の腕長比および相対長についてのあらゆる相互間の比較をおこない、これらの結果をまとめて、各染色体相互間の識別判定を示すと、第8表のとおりである。すなわち、第Vと第VII染色体は識別できず、また、第IIIと第IV染色体は相対長および腕長比に差はないが、第IV染色体が二次狭窄を有することから識別できた。

第8表 アリゾナイトスギの染色体識別判定表

Table 8. Significance of morphological difference of the chromosomes of *C. arizonica*

| Chromosome No.    | XI | X | IX | VIII | VII | (VI) <sup>s</sup> | V | (IV) <sup>s</sup> | III | II | I |
|-------------------|----|---|----|------|-----|-------------------|---|-------------------|-----|----|---|
| I                 | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   | ○                 | ○ | ○                 | ○   | ○  | ○ |
| II                | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   | ○                 | ○ | ○                 | ○   | ○  |   |
| III               | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   | ○                 | ○ | ○                 | ○   |    |   |
| (IV) <sup>s</sup> | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   | ○                 | ○ |                   |     |    |   |
| V                 | ○  | ○ | ○  | ○    | ×   | ○                 |   |                   |     |    |   |
| (VI) <sup>s</sup> | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   |                   |   |                   |     |    |   |
| VII               | ○  | ○ | ○  | ○    |     |                   |   |                   |     |    |   |
| VIII              | ○  | ○ | ○  |      |     |                   |   |                   |     |    |   |
| IX                | ○  | ○ |    |      |     |                   |   |                   |     |    |   |
| X                 | ○  |   |    |      |     |                   |   |                   |     |    |   |
| XI                |    |   |    |      |     |                   |   |                   |     |    |   |

Remark ; 1) Mark ○ means the significant difference at 5% level.  
 2) Mark × means the no significant difference at 5% level.

また、二次狭窄の位置は、第9表に示すとおりであり、第IV、第VI染色体は、それぞれの短腕に二次狭窄を有しており、その位置はいずれも腕の中央から動原体よりであった。

第9表 アリゾナイトスギの二次狭窄の位置

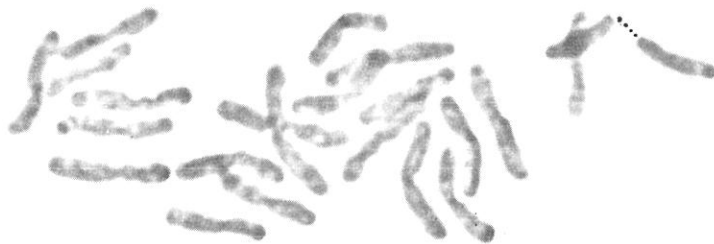
Table 9. Position of secondary constriction of *C. arizonica*

| 染色体番号<br>Chromosome No. | 平均値<br>M. V. | ± 標準偏差<br>± S. D. | 変異係数 (%)<br>C. V. |
|-------------------------|--------------|-------------------|-------------------|
| IV (短腕)<br>Short arm    | 0.339        | ± 0.008           | 2.27              |
| VI (短腕)<br>Short arm    | 0.367        | ± 0.011           | 3.11              |

以上の結果から、アリゾナイトスギの核型は次の式で表わされる。

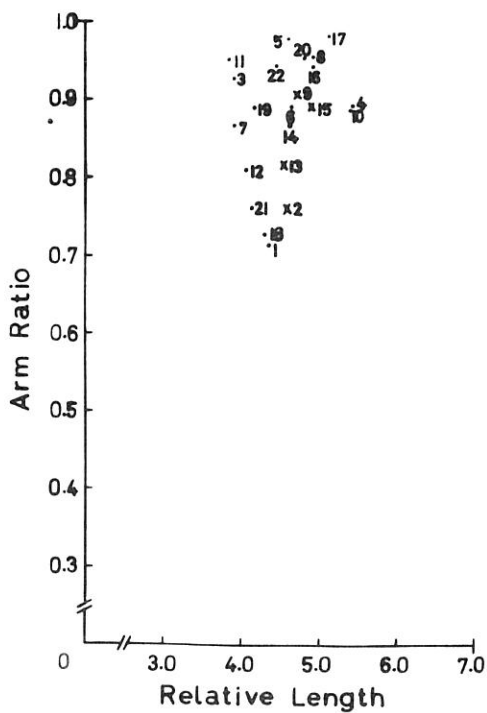
$$K(22) = 2A^m + 2B^m + 2C^m + 2^{c^s}D^m + 2E^m + 2E^m + 2^{c^s}F^m + 2G^m + 2I^{sm} + 2J^m$$

なお、核型模式図は、第3図に示すとおりである。



第1図 アリゾナイトスギの体細胞染色体

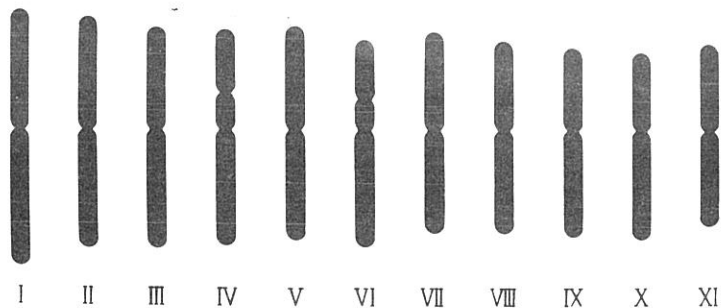
Fig.1 Somatic chromosomes of *C.arizonica*



第2図 アリゾナイトスギの相同染色体の決定例

Fig. 2 One example of homologous chromosomes in *C. arizonica*

- Remarks; 1) Mark × shows the chromosome having a secondary constriction  
 2) Pair of homologous chromosomes;  
 1-18, 2-13, 3-11, 4-10, 5-22, 6-14, 7-19,  
 8-17, 9-15, 12-21, 16-20



第3図 アリゾナイトスギの核型模式図

Fig. 3 Idiogram of chromosomes of *C. arizonica*

## 2) 考 案

本種の染色体については、MEHRA et al (51)が $n = 11$ であることを、またHUNZ-IKER (19)が $2n = 22$ であることを報告しているが、核型に関する詳細な報告はない。

筆者は、本種の染色体数は $2n = 22$ であることを確認した。染色体を大きさの順に配列するとその間に急激な長さの変化はなく、動原体の位置は、1対だけが次中部で、他はすべて中部である。なお、第IV、第VI染色体は、それぞれの短腕に二次狭窄を有することを観察し、ヒノキ科の種の特徴である1対の付随体染色体は観察されなかった。

## (2) イタリアサイプレス (*Cupressus sempervirens* L.)

### 1) 実験結果

本種の体細胞染色体は、第4図に示すとおりで、染色体数は $2n = 22$ であった。また、相同染色体の決定例は、第5図に示すとおりであり、これらの染色体組に不等対は見られなかった。

なお、二次狭窄を有する染色体を2対観察した。

各染色体の相対長および腕長比の平均値は、第10表に示すとおりであり、相対長は4.04～5.38、腕長比は0.726～0.977の範囲であった。

第10表 イタリアサイプレスの相対長および腕長比

Table 10. Relative length and arm ratio of the chromosomes of *C. sempervirens*

| 染色体番号<br>Chromosome<br>No. | 相 対 長<br>Relative length  |                  | 腕 長 比<br>Arm ratio        |                  |
|----------------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|------------------|
|                            | 平均値 ± 標準偏差<br>M.V. ± S.D. | 変異係数<br>C.V. (%) | 平均値 ± 標準偏差<br>M.V. ± S.D. | 変異係数<br>C.V. (%) |
| I                          | 5.38 ± 0.24               | 4.46             | 0.905 ± 0.016             | 1.78             |
| II                         | 5.02 ± 0.15               | 2.99             | 0.977 ± 0.010             | 1.00             |
| III                        | 4.93 ± 0.16               | 3.25             | 0.950 ± 0.010             | 0.09             |
| ④ <sup>s</sup>             | 4.86 ± 0.24               | 4.94             | 0.808 ± 0.032             | 3.95             |
| V                          | 4.49 ± 0.09               | 2.00             | 0.959 ± 0.016             | 1.69             |
| ⑥ <sup>s</sup>             | 4.44 ± 0.08               | 1.80             | 0.841 ± 0.065             | 7.68             |
| VII                        | 4.33 ± 0.16               | 3.70             | 0.974 ± 0.010             | 1.00             |
| VIII                       | 4.22 ± 0.21               | 4.98             | 0.914 ± 0.019             | 2.07             |
| IX                         | 4.17 ± 0.16               | 3.84             | 0.868 ± 0.017             | 2.00             |
| X                          | 4.13 ± 0.11               | 2.66             | 0.812 ± 0.023             | 2.80             |
| XI                         | 4.04 ± 0.18               | 4.46             | 0.726 ± 0.026             | 3.55             |

Remark ; Mark ○<sup>s</sup> shows the chromosome having a secondary constriction on the short arm

分散分析の結果、腕長比はプレバート間には差がなく、各々の染色体間に差が認められた(第11表)。また、相対長も各々の染色体間に差が認められた(第12表)。

第11表 イタリアサイプレスの腕長比分散分析表

Table 11. Analysis of variance of arm ratio of *C. sempervirens*

| 要 因<br>S.V.                | 自由度<br>D.F. | 平方和<br>S.S. | 平均平方<br>M.S. | 分散比<br>F |
|----------------------------|-------------|-------------|--------------|----------|
| 全 体<br>Total               | 65          | 0.4361      |              |          |
| 染色体間<br>Within chromosomes | 10          | 0.3968      | 0.03968      | 53.62**  |
| プレート間<br>Between plates    | 5           | 0.0025      | 0.00050      | 0.68     |
| 誤 差<br>Errors              | 50          | 0.0368      | 0.00074      |          |

Remark ; \*\* - significant at 1% level

第12表 イタリアサイプレスの相対長分散分析表

Table 12. Analysis of variance of relative length of  
 C. sempervirens

| 要因<br>S. V.                | 自由度<br>D. F. | 平方和<br>S. S. | 平均平方<br>M. S. | 分散比<br>F |
|----------------------------|--------------|--------------|---------------|----------|
| 全体<br>Total                | 65           | 12.9392      |               |          |
| 染色体間<br>Within chromosomes | 10           | 11.3550      | 1.13550       | 39.43**  |
| 誤差<br>Errors               | 55           | 1.5842       | 0.02880       |          |

Remark ; \*\*—significant at 1% level

さらに、各々の染色体の腕長比および相対長についてのあらゆる相互間の比較をおこない、これらの結果をまとめて、各染色体相互間の識別判定を示すと、第13表のとおりである。すなわち、第IIと第III、第Vと第VII染色体は、識別できなかった。

第13表 イタリアサイプレスの染色体識別判定表

Table 13. Significance of morphological difference of  
 the chromosomes of C. sempervirens

| Chromosome No.    | XI | X | IX | VIII | VII | (VI) <sup>S</sup> | V | (IV) <sup>S</sup> | III | II | I |
|-------------------|----|---|----|------|-----|-------------------|---|-------------------|-----|----|---|
| I                 | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   | ○                 | ○ | ○                 | ○   | ○  |   |
| II                | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   | ○                 | ○ | ○                 | ×   |    |   |
| III               | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   | ○                 | ○ | ○                 |     |    |   |
| (IV) <sup>S</sup> | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   | ○                 | ○ |                   |     |    |   |
| V                 | ○  | ○ | ○  | ○    | ×   | ○                 |   |                   |     |    |   |
| (VI) <sup>S</sup> | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   |                   |   |                   |     |    |   |
| VII               | ○  | ○ | ○  | ○    |     |                   |   |                   |     |    |   |
| VIII              | ○  | ○ | ○  |      |     |                   |   |                   |     |    |   |
| IX                | ○  | ○ |    |      |     |                   |   |                   |     |    |   |
| X                 | ○  |   |    |      |     |                   |   |                   |     |    |   |
| XI                |    |   |    |      |     |                   |   |                   |     |    |   |

Remark ; 1) Mark ○ means the significant difference at 5% level.  
 2) Mark × means the no significant difference at 5% level.



また、二次狭窄の位置は、第14表に示すとおりであり、第IVおよび第V染色体は、それぞれの短腕に二次狭窄を有しており、その位置はいずれも腕の中央から動原体よりであった。

第14表 イタリアサイプレスの二次狭窄の位置

Table 14. Position of secondary constriction of *C. sempervirens*

| 染色体番号<br>Chromosome No. | 平均値 ± 標準偏差<br>M.V. ± S.D. | 変異係数 (%)<br>C.V. |
|-------------------------|---------------------------|------------------|
| IV (短腕)<br>Short arm    | 0.377 ± 0.007             | 1.91             |
| V (短腕)<br>Short arm     | 0.400 ± 0.010             | 2.53             |

以上の結果から、イタリアサイプレスの核型は、次の式で表わされる。

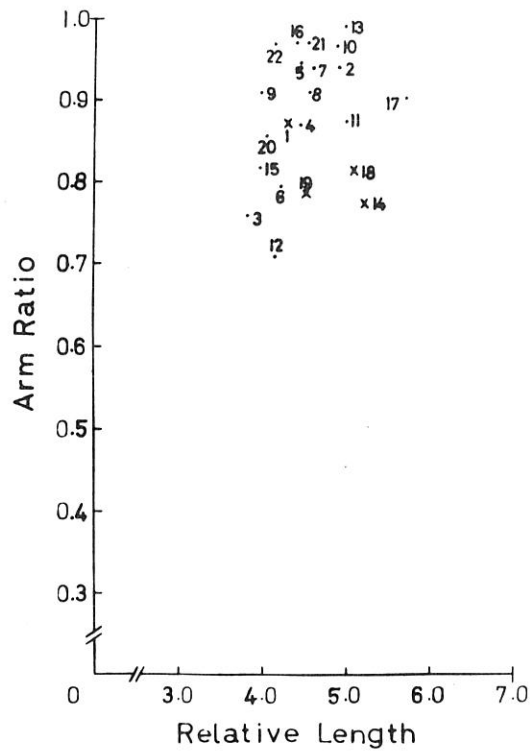
$$K(22) = 2A^m + 2B_1^m + 2B_2^m + 2^{cs}C^m + 2D_1^m + 2D_2^m + 2^{cs}E^m + 2F^m + 2G^m + 2H^m + 2I^{sm}$$

なお、核型模式図は、第6図に示すとおりである。



第4図 イタリアサイプレスの体細胞染色体

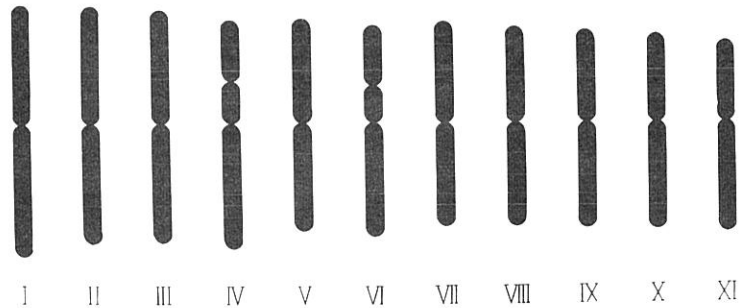
Fig. 4 Somatic chromosomes of *C. sempervirens*



第5図 イタリアサイプレスの相同染色体の決定例

Fig. 5 One example of decision of homologous chromosomes in *C. sempervirens*

- Remarks; 1) Mark × shows the chromosome having a secondary constriction  
 2) Pair of homologous chromosomes;  
 1-19, 2-7, 3-12, 4-20, 5-21,  
 6-15, 8-9, 10-13, 11-17, 14-18,  
 16-22



第6図 イタリアサイプレスの核型模式図

Fig.6 Idiogram of chromosomes of *C. sempervirens*

## 2) 考 察

本種の染色体については、MEHRA et al (51) および HUNZIKER (19) が、 $2n = 22$ であることを報告している。また、MEHRA et al (51) は、動原体の位置については、次端部のものが1対、その他のものはすべて中部または次中部であり、二次狭窄を有する染色体が1対存在することを報告している。

筆者は、本種の染色体数は  $2n = 22$  であることを確認した。染色体を大きさの順に配列すると、その間に急激な長さの変化はなく、動原体の位置は1対だけ次中部で、他はすべて中である。なお、第IV、第V染色体は、それぞれの短腕に二次狭窄を有することを観察したがヒノキ科の種の特徴である1対の付随体染色体は観察されず、MEHRA et al (51) の告とは多少異なっている。

## (3) イトスギ属2種の核型分析

アリゾナイトスギおよびイタリアサイプレスの2種について、核型の比較をおこなった。その結果は次のとおりである。

### 1) 染色体数

両種の染色体数は、ともに  $2n = 22$  であった。

### 2) 動原体の位置

動原体の位置は、両種ともに中部が10対、次中部が1対であった。

### 3) 二次狭窄の位置

両種ともに、第IVおよび第VI染色体の短腕に二次狭窄を有しており、その位置はいずれも腕の中央から動原体よりであった。

#### 4) 同型染色体数

両種の腕長比および相対長について分散分析をおこない、それぞれの差の有無を検定した結果は、第15表、第16表に示すとおりで、いずれも染色体間に有意差が認められた。

第15表 イトスギ属2種の腕長比分散分析表

Table 15. Analysis of variance of arm ratio of two Cupressus species

| 要因<br>S.V.                 | 自由度<br>D.F. | 平方和<br>S.S. | 平均平方<br>M.S. | 分散比<br>F |
|----------------------------|-------------|-------------|--------------|----------|
| 全体<br>Total                | 131         | 0.8577      |              |          |
| 染色体間<br>Within chromosomes | 21          | 0.8029      | 0.03823      | 76.77**  |
| 誤差<br>Errors               | 110         | 0.0548      | 0.00050      |          |

Remark ; \*\* - significant at 1% level

第16表 イトスギ属2種の相対長分散分析表

Table 16. Analysis of variance of relative length of two Cupressus species

| 要因<br>S.V.                 | 自由度<br>D.F. | 平方和<br>S.S. | 平均平方<br>M.S. | 分散比<br>F |
|----------------------------|-------------|-------------|--------------|----------|
| 全体<br>Total                | 131         | 29.8738     |              |          |
| 染色体間<br>Within chromosomes | 21          | 25.6373     | 1.22082      | 31.70**  |
| 誤差<br>Errors               | 110         | 4.2365      | 0.03851      |          |

Remark ; \*\* - significant at 1% level

さらに、各々の染色体の腕長比および相対長についてのあらゆる相互間の比較をおこない、これらの結果をまとめて、各染色体相互間の識別判定をおこなった。これをもとにして、同型とみなされる染色体を対応させて示すと、第17表のとおりであり、両種の間には同型のも

が6対共有されていることがわかった。

第17表 イトスギ属2種の染色体の比較

Table 17. Comparison of the chromosomes of two Cupressus species

| 樹種<br>Tree species                  | 同型染色体番号<br>Number of same type chromosome |         |     |                |        |                |        |      |    |    |    |   |                |                |      |
|-------------------------------------|---|---------|-----|----------------|--------|----------------|--------|------|----|----|----|---|----------------|----------------|------|
|                                     | I   | II      | III | ④ <sup>S</sup> | V      | ⑤ <sup>S</sup> | VII    | VIII | IX | X  | XI |   |                |                |      |
| アリゾナイトスギ<br><i>C. arizonica</i>     |   |         |     |                |        |                |        |      |    |    |    |   |                |                |      |
| イタリアサイプレス<br><i>C. sempervirens</i> |   | II, III |     |                | V, VII |                | V, VII | IX   | X  | XI |    | I | ④ <sup>S</sup> | ⑤ <sup>S</sup> | VIII |

<注> 同型染色体は、5%水準で差がないものを示す。

Remark; Same type chromosomes are no significant at 5% level

#### 4) 考 察

イトスギ属の種の付随体染色体について、MEHRA et al (51)はシダレイトスギ(*C. funebris* Endl.) およびオホイトスギ(*C. torulosa* D. Don)に、それぞれ1対存在することを報告している。しかし、筆者の観察結果ではアリゾナイトスギおよびイタリアサイプレスの2種にはこれがなく、二次狭窄を有する染色体が2対存在し、ヒノキ科の他の種ときわめて異なっている。動原体の位置については、中部または次中部のものが大多数を占める点で、この両種ともに同科の他の種と類似している。また、この両種間には同型染色体が6対存在しており、比較的近縁の種のように思われる。

## 2. オニヒバ属 (*Libocedrus*)

### (1) オニヒバ (*Libocedrus decurrens* Torr.)

#### 1) 実験結果

本種の体細胞染色体は、第7図に示すとおりで、染色体数は  $2n = 22$  であった。

また、相同染色体の決定例は、第8図に示すとおりであり、これらの染色体組に不等対はみられなかった。なお、付随体染色体を、1対観察した。

各染色体の相対長および腕長比の平均値は、第18表に示すとおりであり、相対長は4.13～5.35、腕長比は0.347～0.988の範囲であった。

第18表 オニヒバの相対長および腕長比

Table 18. Relative length and arm ratio of the chromosomes of *L. decurrens*

| 染色体番号<br>Chromosome<br>No. | 相 对 長<br>Relative length  |                 |                           | 腕 長 比<br>Arm ratio |      |  |
|----------------------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|--------------------|------|--|
|                            | 平均値 ± 標準偏差<br>M.V. ± S.D. | 変異係数<br>C.V.(%) | 平均値 ± 標準偏差<br>M.V. ± S.D. | 変異係数<br>C.V.(%)    |      |  |
|                            | I                         | 5.35 ± 0.36     | 6.70                      | 0.988 ± 0.004      | 0.35 |  |
| II                         | 4.79 ± 0.16               | 3.40            | 0.948 ± 0.012             | 1.31               |      |  |
| III                        | 4.75 ± 0.06               | 1.35            | 0.741 ± 0.022             | 3.01               |      |  |
| IV                         | 4.62 ± 0.24               | 5.16            | 0.776 ± 0.025             | 3.18               |      |  |
| V                          | 4.55 ± 0.62               | 13.67           | 0.487 ± 0.027             | 5.55               |      |  |
| VI                         | 4.53 ± 0.22               | 4.83            | 0.837 ± 0.021             | 2.48               |      |  |
| VII                        | 4.50 ± 0.33               | 7.39            | 0.883 ± 0.020             | 2.23               |      |  |
| VIII                       | 4.33 ± 0.29               | 6.71            | 0.917 ± 0.020             | 2.17               |      |  |
| IX                         | 4.27 ± 0.32               | 7.55            | 0.975 ± 0.014             | 1.46               |      |  |
| ⊗ <sup>T</sup>             | 4.19 ± 0.13               | 3.14            | 0.347 ± 0.024             | 6.82               |      |  |
| XI                         | 4.13 ± 0.45               | 10.91           | 0.647 ± 0.029             | 4.44               |      |  |

Remark ; Mark ⊗<sup>T</sup> shows the chromosome having a satellite

分散分析の結果、腕長比はプレパレート間に差がなく、各々の染色体間に差が認められた(第19表)。また、相対長も各々の染色体間に差が認められた(第20表)

第19表 オニヒバの腕長比分散分析表

Table 19. Analysis of variance of arm ratio of *L. decurrens*

| 要 因<br>S.V.                | 自由度<br>D.F. | 平方和<br>S.S. | 平均平方<br>M.S. | 分散比<br>F. |
|----------------------------|-------------|-------------|--------------|-----------|
| 全 体<br>Total               | 65          | 2.6340      |              |           |
| 染色体間<br>Within chromosomes | 10          | 2.6100      | 0.2610       | 62.143**  |
| プレート間<br>Between plates    | 5           | 0.0032      | 0.0006       | 1.50      |
| 誤 差<br>Errors              | 50          | 0.0209      | 0.0004       |           |

Remark ; \*\* - significant at 1% level

第20表 オニヒバの相対長分散分析表

Table 20. Analysis of variance of relative length of *L. decurrens*

| 要因<br>S.V.                 | 自由度<br>D.F. | 平方和<br>S.S. | 平均平方<br>M.S. | 分散比<br>F. |
|----------------------------|-------------|-------------|--------------|-----------|
| 全体<br>Total                | 65          | 12.9316     |              |           |
| 染色体間<br>Within chromosomes | 10          | 7.0833      | 0.7083       | 6.66 **   |
| 誤差<br>Errors               | 55          | 5.8483      | 0.1063       |           |

Remark ; \*\* - significant at 1% level

さらに、各々の染色体の腕長比および相対長についてのあらゆる相互間の比較をおこない、これらの結果をまとめて、各染色体相互間の識別判定を示すと、第21表のとおりであり、すべての染色体が各々識別できた。

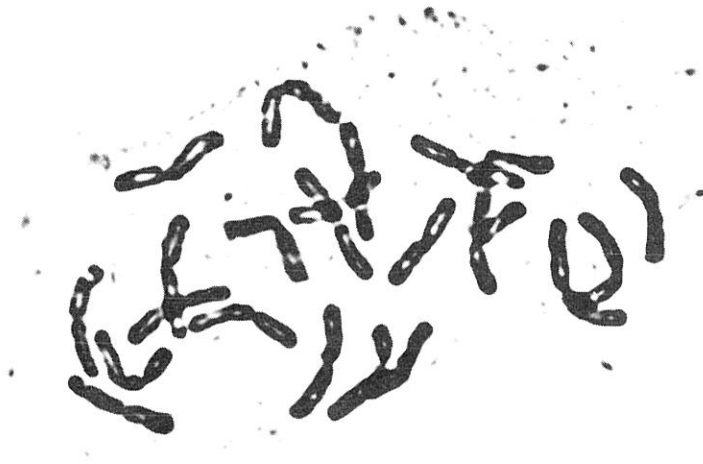
第21表 オニヒバの染色体識別判定表

Table 21. Significance of morphological difference of the chromosomes of *L. decurrens*

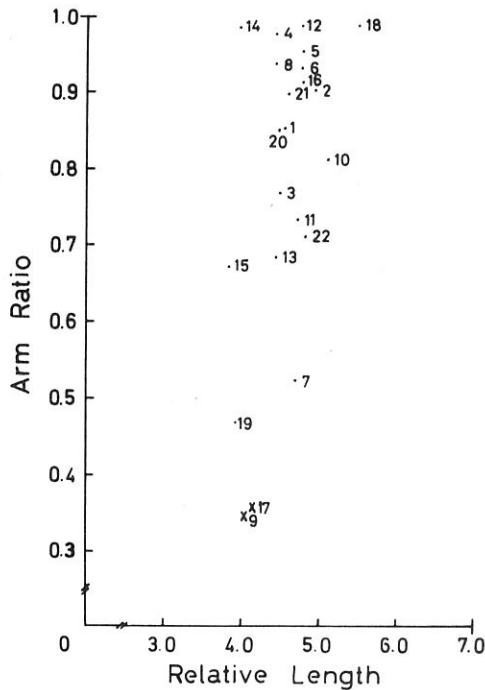
| Chromosome No.   | XI | (X) <sup>T</sup> | IX | VIII | VII | VI | V | IV | III | II | I |
|------------------|----|------------------|----|------|-----|----|---|----|-----|----|---|
| I                | ○  | ○                | ○  | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○   | ○  |   |
| II               | ○  | ○                | ○  | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○   |    |   |
| III              | ○  | ○                | ○  | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  |     |    |   |
| IV               | ○  | ○                | ○  | ○    | ○   | ○  |   |    |     |    |   |
| V                | ○  | ○                | ○  | ○    | ○   |    |   |    |     |    |   |
| VI               | ○  | ○                | ○  | ○    |     |    |   |    |     |    |   |
| VII              | ○  | ○                | ○  |      |     |    |   |    |     |    |   |
| VIII             | ○  | ○                |    |      |     |    |   |    |     |    |   |
| IX               | ○  | ○                |    |      |     |    |   |    |     |    |   |
| (X) <sup>T</sup> | ○  |                  |    |      |     |    |   |    |     |    |   |
| XI               |    |                  |    |      |     |    |   |    |     |    |   |

Remark ; Mark ○ means the significant difference at 5% level

また、第X染色体は付随体染色体であり、その短腕に付随体が存在し、その大きさは、付随する腕に対する比率で示すと、1.85であった。



第7図 オニヒバの体細胞染色体  
 Fig. 7 Somatic chromosomes of *L. decurrens*



第8図 オニヒバの相同染色体の決定例  
 Fig. 8

One example of decision of homologous chromosomes in *L. decurrens*

Remarks;

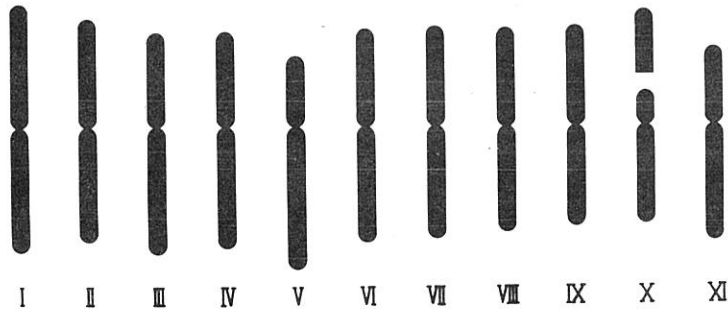
- 1) Mark × shows the SAT chromosome
- 2) Pair of homologous chromosomes;  
 1-20, 2-21, 3-10, 4-14,  
 5-6, 7-19, 8-16, 9-17,  
 11-22, 12-18, 13-15



以上の結果から、オニヒバの核型は、次の式で表わされる。

$$K(22) = 2A^m + 2B^m + 2C^{sm} + 2D^m + 2E^{st} + 2F^m + 2G^m + 2H^m \\ + 2I^m + 2J^{st} + 2K^{sm}$$

なお、核型模式図は、第9図に示すとおりである。



第9図 オニヒバの核型模式図

Fig.9 Idiogram of chromosomes of *L. decurrens*

## 2) 考 察

オニヒバ属の種については、ペアウテア (*L. Bidwillii* Hook. f.) について HAIR et al (13) が、チリショウナンボク (*L. chilensis* Endl.) について STIFF (101) および HUNZIKER (19) が、また、カワカ (*L. Doniana* Endl.) については、LANE (42) および HAIR et al (14) が、それぞれ  $n = 11$  または  $2n = 22$  であることを報告しているが、本種の核型についての詳細な報告はない。

筆者は、本種の染色体数は  $2n = 22$  であることを観察した。染色体を大きさの順に配列すると、最大から最小の染色体に至るまで漸次小さくなっており、その間に急激な長さの変化は認められない。動原体の位置は、中部のものが7対、次中部のものが2対、次端部のものが2対である。ヒノキ科に属する種の動原体の位置は、中部または次中部のものが大部分を占めることが特徴であるとされているが、本種には次端部のものが2対存在しており、ヒノキ科の中では多少異なった存在と考えられる。また第X染色体は短腕に付随体を有しており、その大きさを付随する腕および腕長(短腕+長腕)に対する比率で表わすと、それぞれ1.85、0.48であり、付随体の方がその存在する腕よりかなり大きく、またヒノキ科の他の種と比較しても非常に大きいことが特徴的である。

3. ヒノキ属 (*Chamaecyparis*)

(1) ベニヒ (*Chamaecyparis formosensis* Matsum.)

1) 実験結果

本種の体細胞染色体は、第10図に示すとおりで、染色体数は  $2n = 22$  であった。  
 また、相同染色体の決定例は、第11図に示すとおりであり、これらの染色体組に不等対はみ  
 られなかった。なお、付随体染色体を、1対観察した。

各染色体の相対長および腕長比の平均値は、第22表に示すとおりであり、相対長は 3.74  
 ~ 6.00、腕長比は 0.595 ~ 0.974 の範囲であった。

第22表 ベニヒの相対長および腕長比

Table 22. Relative length and arm ratio of the chromosomes  
 of *C. formosensis*

| 染色体番号<br>Chromosome<br>No. | 相 対 長<br>Relative length |                  | 腕 長 比<br>Arm ratio      |                  |
|----------------------------|--------------------------|------------------|-------------------------|------------------|
|                            | 平均値±標準偏差<br>M.V. ± S.D.  | 変異係数<br>C.V. (%) | 平均値±標準偏差<br>M.V. ± S.D. | 変異係数<br>C.V. (%) |
| I                          | 6.00 ± 0.27              | 4.55             | 0.960 ± 0.020           | 2.08             |
| II                         | 5.44 ± 0.13              | 2.35             | 0.974 ± 0.009           | 0.96             |
| III                        | 5.44 ± 0.42              | 7.80             | 0.893 ± 0.026           | 2.93             |
| ④ <sup>T</sup>             | 4.46 ± 0.25              | 5.64             | 0.805 ± 0.009           | 1.11             |
| V                          | 4.42 ± 0.14              | 3.26             | 0.907 ± 0.013           | 1.43             |
| VI                         | 4.38 ± 0.20              | 4.47             | 0.835 ± 0.029           | 3.42             |
| VII                        | 4.36 ± 0.11              | 2.60             | 0.953 ± 0.017           | 1.76             |
| VIII                       | 4.00 ± 0.30              | 7.49             | 0.672 ± 0.013           | 1.90             |
| IX                         | 3.93 ± 0.22              | 5.47             | 0.745 ± 0.017           | 2.22             |
| X                          | 3.82 ± 0.20              | 5.21             | 0.595 ± 0.011           | 1.89             |
| XI                         | 3.74 ± 0.25              | 6.66             | 0.803 ± 0.018           | 2.27             |

Remark; Mark ④<sup>T</sup> shows the chromosome having a satellite

分散分析の結果、腕長比はプレパラート間に差がなく、各々の染色体間に差が認められた  
 (第23表)。また、相対長も各々の染色体間に差が認められた(第24表)。

第23表 ベニヒの腕長比分散分析表

Table 23. Analysis of variance of arm ratio of  
C. formosensis

| 要因<br>S.V.                 | 自由度<br>D.F. | 平方和<br>S.S. | 平均平方<br>M.S. | 分散比<br>F. |
|----------------------------|-------------|-------------|--------------|-----------|
| 全体<br>Total                | 65          | 0.9263      |              |           |
| 染色体間<br>Within chromosomes | 10          | 0.9093      | 0.09093      | 284.16**  |
| プレート間<br>Between plates    | 5           | 0.0008      | 0.00016      | 0.50      |
| 誤差<br>Errors               | 50          | 0.0162      | 0.00032      |           |

Remark; \*\*—significant at 1% level

第24表 ベニヒの相対長分散分析表

Table 24. Analysis of variance of relative length of  
C. formosensis

| 要因<br>S.V.                 | 自由度<br>D.F. | 平方和<br>S.S. | 平均平方<br>M.S. | 分散比<br>F. |
|----------------------------|-------------|-------------|--------------|-----------|
| 全体<br>Total                | 65          | 37.1522     |              |           |
| 染色体間<br>Within chromosomes | 10          | 33.9335     | 3.39335      | 57.99**   |
| 誤差<br>Errors               | 55          | 3.2187      | 0.05852      |           |

Remark; \*\*—significant at 1% level

さらに、各々の染色体の腕長比および相対長についてのあらゆる相互間の比較をおこない、これらの結果をまとめて、各染色体相互間の識別判定を示すと、第25表のとおりであり、すべての染色体が各々識別できた。

以上の結果から、オニヒバの核型は、次の式で表わされる。

$$K(22) = 2A^m + 2B^m + 2C^{sm} + 2D^m + 2E^{st} + 2F^m + 2G^m + 2H^m \\ + 2I^m + 2J^{st} + 2K^{sm}$$

なお、核型模式図は、第9図に示すとおりである。

第 25 表 ベニヒの染色体識別判定表

Table 25. Significance of morphological difference  
 of the chromosomes of *C. formosensis*

| Chromosome No. | XI | X | K | VIII | VII | VI | V | ④ | III | II | I |
|----------------|----|---|---|------|-----|----|---|---|-----|----|---|
| I              | ○  | ○ | ○ | ○    | ○   | ○  | ○ | ○ | ○   | ○  |   |
| II             | ○  | ○ | ○ | ○    | ○   | ○  | ○ | ○ | ○   |    |   |
| III            | ○  | ○ | ○ | ○    | ○   | ○  | ○ | ○ |     |    |   |
| ④              | ○  | ○ | ○ | ○    | ○   | ○  | ○ |   |     |    |   |
| V              | ○  | ○ | ○ | ○    | ○   | ○  |   |   |     |    |   |
| VI             | ○  | ○ | ○ | ○    | ○   |    |   |   |     |    |   |
| VII            | ○  | ○ | ○ | ○    |     |    |   |   |     |    |   |
| VIII           | ○  | ○ | ○ |      |     |    |   |   |     |    |   |
| K              | ○  | ○ |   |      |     |    |   |   |     |    |   |
| X              | ○  |   |   |      |     |    |   |   |     |    |   |
| XI             |    |   |   |      |     |    |   |   |     |    |   |

Remark; Mark ○ means the significant  
 difference at 5% level

また、第Ⅳ染色体は付随体染色体であり、その短腕に付随体が存在し、その大きさは、付随する腕に対する比率で示すと、0.43であった。

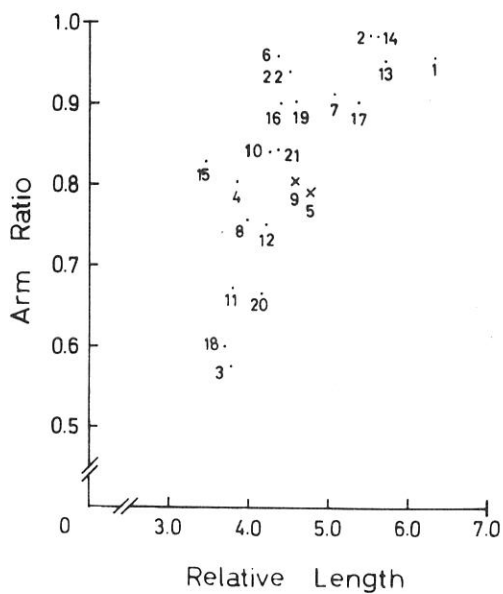
以上の結果から、ベニヒの核型は次の式で表わされる。

$$K(22) = 2A^m + 2B^m + 2C^m + 2^t D^m + 2E^m + 2F^m + 2G^m + 2H^{sm} \\
 + 2I^{sm} + 2J^{sm} + 2K^m$$

なお、核型模式図は、第12図に示すとおりである。



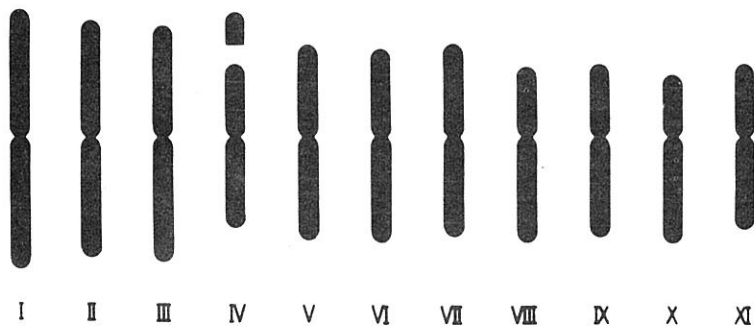
第10図  
 ベニヒの体細胞染色体  
 Fig. 10  
 Somatic chromosc  
 of *C. formosensi*



第11図 ベニヒの相同染色体の決定例

Fig. 11 One example of decision of homologous chromosomes in *C. formosensis*

Remarks; 1) Mark × shows the SAT chromosomes  
 2) Pair of homologous chromosomes;  
 1-13, 2-14, 3-18, 4-15, 5-9, 6-22,  
 7-17, 8-12, 10-21, 11-20, 16-19



第12図 ベニヒの核型模式図

Fig. 12 Idiogram of chromosomes of *C. formosensis*

2) 考 察

ヒノキ属の種においては、ローソンヒノキ (*C. lawsoniana* Parl.) について、SAX et al (88) が  $n=11$  であることを報告している。また、黒木 (37) は、本邦産のヒノキ (*C. obtusa* S. et Z.), サワラ (*C. pisifera* S. et Z.), ヒムロ (*C. pisifera* var. *squarrosa* Beiss. et Hochst.) の3種について、核型分析をおこない、それぞれの種の染色体数は  $2n=22$  であり、1対の付随体染色体が存在することなどを報告している。しかしながら、本種についての詳細な核型の報告はない。

筆者は、本種の染色体数は  $2n=22$  であることを観察した。染色体を大きさの順に配列すると、その大きさは第Iから第III染色体までは漸次減少し、第IIIと第IV染色体の間にはやや著しい差があり、第IV染色体以下は漸次減少している。動原体の位置は、中部のものが8対、次中部のものが3対であり、ヒノキ属の他の種と類似している。また、第IV染色体は短腕に付随体を有しており、その大きさを付随する腕および腕長 (短腕+長腕) に対する比率で示すと、それぞれ 0.43、0.19 であった。

(2) ヒノキ属4種の核型分析

核型がすでに報告されているヒノキ、サワラ、ヒムロ (37) とベニヒの4種について、核型の較をおこなった。

その結果は次のとおりである。

1) 染色体数

4種の染色体数は、ともに  $2n=22$  であった。

2) 動原体の位置

動原体の位置は、第26表に示すとおりであり、中部および次中部のものが大多数を占め、次端部のものは、ヒノキの第VI染色体の1対だけであった。

第26表 ヒノキ属4種の動原体の位置

Table 26. Centromeric position of four *Chamaecyparis* species

| 種名<br>Name of species                           | 中部<br>Median | 次中部<br>Submedian | 次端部<br>Subterminal |
|---|--------------|------------------|--------------------|
| ヒノキ<br><i>C. obtusa</i>                         | 6            | 4                | 1                  |
| サワラ<br><i>C. pisifera</i>                       | 7            | 4                | 0                  |
| ヒムロ<br><i>C. pisifera</i> var. <i>squarrosa</i> | 8            | 3                | 0                  |
| ベニヒ<br><i>C. formosensis</i>                    | 8            | 3                | 0                  |

3) 付随体染色体

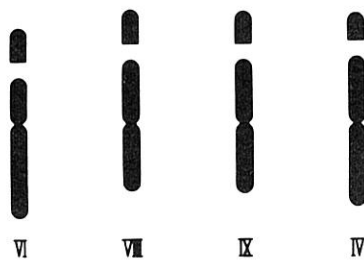
ヒノキ属4種について、付随体の大きさをその付随する腕の長さおよび腕長（短腕+長腕）に対する比率で表わし、各々の種について比較して示すと、第27表、第13図のとおりである。

これらの結果から、ヒノキ属4種においては、付随する腕および腕長に対する割合は、ヒノキが最大であり、ベニヒが最小であった。

第27表 ヒノキ属4種の付随体の大きさ

Table 27. Satellite of four Chamaecyparis species

| 種名<br>Species                                   | 付随体染色体の番号<br>SAT-chromosome No. | 存在する腕<br>Arm possessing a satellite | 存在する腕に対する割合<br>Ratio to the arm | 腕長（短腕+長腕）に対する割合<br>Ratio to the chromosome (short arm + long arm) |
|---|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|---|
| ヒノキ<br><i>C. obtusa</i>                         | VI                              | 短腕<br>Short arm                     | 0.89                            | 0.30  |
| サワラ<br><i>C. pisifera</i>                       | VIII                            | 短腕<br>Short arm                     | 0.54                            | 0.26  |
| ヒムロ<br><i>C. pisifera</i> var. <i>squarrosa</i> | IX                              | 短腕<br>Short arm                     | 0.50                            | 0.24  |
| ベニヒ<br><i>C. formosensis</i>                    | IV                              | 短腕<br>Short arm                     | 0.43                            | 0.19  |



第13図 ヒノキ属4種の付随体染色体（左からヒノキ、サワラ、ヒムロ、ベニヒ）  
Fig. 13 SAT chromosomes of four Chamaecyparis species  
( from left on *C. obtusa*, *C. pisifera*, *C. pisifera* var. *squarrosa* and *C. formosensis* )

4) 同型染色体数

ヒノキ属4種の腕長比および相対長について分散分析をおこない、それぞれ差の有無を検定した結果は、第28表、第29表に示すとおりであり、いずれも染色体間に差が認められた。

第28表 ヒノキ属4種の腕長比分散分析表

Table 28. Analysis of variance of arm ratio of four Chamaecyparis species

| 要因<br>S.V.                 | 自由度<br>D.F. | 平方和<br>S.S. | 平均平方<br>M.S. | 分散比<br>F. |
|----------------------------|-------------|-------------|--------------|-----------|
| 全体<br>Total                | 351         | 8.3447      |              |           |
| 染色体間<br>Within chromosomes | 43          | 7.8687      | 0.18300      | 118.06**  |
| 誤差<br>Errors               | 308         | 0.4760      | 0.00155      |           |

Remark ; \*\*—significant at 1% level

第29表 ヒノキ属4種の相対長分散分析表

Table 29. Analysis of variance of arm ratio of four Chamaecyparis species

| 要因<br>S.V.                 | 自由度<br>D.F. | 平方和<br>S.S. | 平均平方<br>M.S. | 分散比<br>F. |
|----------------------------|-------------|-------------|--------------|-----------|
| 全体<br>Total                | 351         | 193.9731    |              |           |
| 染色体間<br>Within chromosomes | 43          | 174.5742    | 4.05987      | 64.46**   |
| 誤差<br>Errors               | 308         | 19.3989     | 0.06298      |           |

Remark ; \*\*—significant at 1% level

さらに、各々の染色体の腕長比および相対長についてのあらゆる相互間の比較をおこない、これらの結果をまとめて、各染色体相互間の識別判定をおこなった。これをもとにし、同型とみなされる染色体を対応させて示すと、第30表のとおりであり、ヒノキ属4種の間には、3対の同型染色体が含まれていることがわかった。



第30表 ヒノキ属4種の染色体の比較

Table 30. Comparison of the chromosomes of four *Chamaecyparis* species

| 樹種<br>Tree species                              | 同型染色体番号<br>No. of same type chromosome |     |     |    |    |                 |     |      |     |    |    |     |
|---|--|-----|-----|----|----|-----------------|-----|------|-----|----|----|-----|
|   | I                                      | II  | III | IV | V  | VI <sup>T</sup> | VII | VIII | IX  | X  | XI |     |
| ヒノキ<br><i>C. obtusa</i>                         |  |     |     |    |    |                 |     |      |     |    |    |     |
| サワラ<br><i>C. pisifera</i>                       | I                                      | II  |     |    | V  |                 | VII |      | X   | XI |    | III |
| ヒムロ<br><i>C. pisifera</i> var. <i>squarrosa</i> |  | II  | III |    | VI |                 | V   | VIII | X   |    | XI |     |
| ベニヒ<br><i>C. formosensis</i>                    | I                                      | III |     |    | V  |                 | VII | VI   | IX* | X  |    |     |

| 樹種<br>Tree species                              | 同型染色体番号<br>No. of same type chromosome |    |                   |    |   |    |     |      |                 |      |    |  |
|---|--|----|-------------------|----|---|----|-----|------|-----------------|------|----|--|
|   | I                                      | II | III               | IV | V | VI | VII | VIII | IX              | X    | XI |  |
| ヒノキ<br><i>C. obtusa</i>                         |  |    |                   |    |   |    |     |      |                 |      |    |  |
| サワラ<br><i>C. pisifera</i>                       | IV                                     | VI | VIII <sup>T</sup> | IX |   |    |     |      |                 |      |    |  |
| ヒムロ<br><i>C. pisifera</i> var. <i>squarrosa</i> |  |    | IX <sup>T</sup>   |    | I | IV | VII |      |                 |      |    |  |
| ベニヒ<br><i>C. formosensis</i>                    |  |    |                   |    |   |    |     | II   | IV <sup>T</sup> | VIII | XI |  |

Remarks ; 1) Same type chromosomes are no significant at 5% level.  
 2) Mark \* shows that it has no significant difference from *C. obtusa* and *C. pisifera*, but has significant difference from *C. pisifera* var. *squarrosa*.

さらに、各種相互間の同型および異型染色体数を示すと、第31表のとおりであり、ベニヒとの間の同型染色体数は、ヒノキとの間に7対、サワラとの間に6対、ヒムロとの間には4対存在することがわかった。

第31表 ヒノキ属4種の同型および異型染色体数

Table 31. Number of same and different type chromosomes of four *Chamaecyparis* species

|                                      |   | 同 型 染 色 体 数                     |                           |  |                              |
|--------------------------------------|---|---------------------------------|---------------------------|--|------------------------------|
|                                      |   | Number of same type chromosomes |                           |  |                              |
| Number of different type chromosomes | Species   | ヒノキ<br><i>C. obtusa</i>         | サワラ<br><i>C. pisifera</i> | ヒムロ<br><i>C. pisifera</i><br>var. <i>squarrosa</i> | ベニヒ<br><i>C. formosensis</i> |
|                                      | ヒノキ<br><i>C. obtusa</i>                         |                                 | 6                         | 7  | 7                            |
|                                      | サワラ<br><i>C. pisifera</i>                       | 5                               |                           | 5  | 6                            |
|                                      | ヒムロ<br><i>C. pisifera</i> var. <i>squarrosa</i> | 4                               | 6                         |  | 4                            |
|                                      | ベニヒ<br><i>C. formosensis</i>                    | 4                               | 5                         | 7  |                              |

### 5) 考 察

ヒノキ属の種については、杉原(102)がサワラについて、黒木(37)はヒノキ、サワラおよびヒムロについてそれぞれ1対の付随体染色体が存在することを報告し、さらに黒木(37)はヒノキ科に属する種は1対の付随体染色体を有することが特徴であると述べている。ベニヒもその例にもれず、1対の付随体染色体が存在していることがわかった。また、動原体の位置についても、中部または次中部のものが大多数を占める点において、ベニヒは同属の上記3種とよく類似しているといえる。また、同型染色体数についてみると、ベニヒは上記3種の中では、ヒノキと比較的近縁であるものと推定される。

ヒノキ属の種の交雑育種について、野原(62)らは、ヒノキおよびサワラの人工交雑種を育成し、その特性を調べたところ、針葉の気孔分布型、気孔分布面積および針葉長などは、正逆交雑のいずれの場合も母方に似た数値を示し、子葉の形態はサワラ型が優性を示し、根および葉数もサワラに近かったと報告している。また、福原(10)らも、ヒノキとサワラの相互交雑をおこない、球果の形質を調べたところ、種間交雑種の球果の直径および高さの平均値は小さく、また、種子の稔性も低いことから、交雑親和性が低いために、受精が順調におこなわれないのだろうと述べている。このようなことから、ヒノキ属の種は比較的に生殖的分化が進んでいるものと考えられる。

#### 4. ヒノキ科の全体的考察

##### (1) 染色体数

ヒノキ科に属する種の染色体数については、平吉(18)、金沢(25)、柴田(94)、杉原(102)黒木(37)、SAX et al(88)、STIFF(101)、MEHRA et al(51)、HUNZIKER(19)、HAIR et al(13, 14)、LANE(42)らの多くの研究があり、その結果はほとんどの樹種において、 $n=11$ または $2n=22$ であることが報告されている。

筆者が研究をおこなったイトスギ属2種、オニヒバ属1種、およびヒノキ属1種もすべて $2n=22$ であり、異数性および倍数性のもは認められなかった。

##### (2) 動原体の位置

ヒノキ科の種の動原体の位置に関しては、SAX et al(88)、MEHRA et al(51)、黒木(37)らの報告があり、中部または次中部のものが大多数であると述べている。中でも、黒木はヒノキ属3種、アスナロ属2種、ネズコ属2種、コノテガシワ属1種、ビャクシン属2種の計10種について、核型分析をおこなっている。これらの黒木の報告と筆者が研究をおこなった種についてまとめると第32表のとおりであり、中部および次中部のものが大多数を占めるという点で、ほぼ一致した結果となっている。

第32表 ヒノキ科の種の動原体の位置

Table 32. Centromeres of some Cupressusceae species

| 属名<br>Genus          | 種名<br>Species                              | 中部<br>Median | 次中部<br>Submedian | 次端部<br>Subterminal | 研究者<br>Investigator |
|----------------------|--|--------------|------------------|--------------------|---------------------|
| ヒノキ<br>Chamaecyparis | ヒノキ<br>C. obtusa                           | 6            | 4                | 1                  | KUROKI (1969)       |
|                      | サワラ<br>C. pisifera                         | 7            | 4                | 0                  | KUROKI (1969)       |
|                      | ヒムロ<br>C. pisifera var. squarrosa          | 8            | 3                | 0                  | KUROKI (1969)       |
|                      | ベニヒ<br>C. formosensis                      | 8            | 3                | 0                  | Present author      |
| アスナロ<br>Thujaopsis   | アスナロ<br>T. dolabrata                       | 7            | 4                | 0                  | KUROKI (1969)       |
|                      | ヒノキアスナロ<br>T. dolabrata var. Hondai Makino | 7            | 4                | 0                  | KUROKI (1969)       |
| ネズコ<br>Thuja         | ネズコ<br>T. Standishii                       | 6            | 4                | 1                  | KUROKI (1969)       |
|                      | ニオイヒバ<br>T. occidentalis                   | 6            | 5                | 0                  | KUROKI (1969)       |

Table 32. (continued)

| 属名<br>Genus        | 種名<br>Species                       | 中部<br>Median | 次中部<br>Submedian | 次端部<br>Subterminal | 研究者<br>Investigator |
|--------------------|-------------------------------------|--------------|------------------|--------------------|---------------------|
| コノテガシワ<br>Biota    | コノテガシワ<br><i>B. orientalis</i>      | 10           | 0                | 1                  | KUROKI (1969)       |
| ビャクシン<br>Juniperus | ネズミサシ<br><i>J. rigide</i>           | 8            | 2                | 1                  | KUROKI (1969)       |
|                    | エンピツビャクシン<br><i>J. virginiana</i>   | 9            | 1                | 1                  | KUROKI (1969)       |
| イトスギ<br>Cupressus  | アリゾナイトスギ<br><i>C. arizonica</i>     | 10           | 1                | 0                  | Present author      |
|                    | イタリアサイプレス<br><i>C. sempervirens</i> | 10           | 1                | 0                  | Present author      |
| オニヒバ<br>Libocedrus | オニヒバ<br><i>L. decurrens</i>         | 7            | 2                | 2                  | Present author      |

Remark; KUROKI (1969) — Karyotype studies on important conifers,  
Bulletin of the Miyazaki University Forests,  
No. 5: 1 — 103

### (3) 付随体染色体および二次狭窄

ヒノキ科の種には、1対の付随体染色体が存在することを、杉原(102)はサワラについて、SAX et al (88)はネズミサシについて、MEHRA et al (51)はシダレイトスギおよびオホイトスギについて、また、黒木(37)はヒノキ属3種、アスナロ属2種、ネズコ属2種、コノテガシワ属1種、ビャクシン属2種の計10種について報告している。二次狭窄については、MEHRA et al (51)が、イタリアサイプレス、ニオイヒバの変種 *Thuja occidentalis* var. *compacta*、カクミヒバ属 (*Tetraclinis*) の2種、マオヒバ属 (*Callitris*) の7種に、それぞれ1対の二次狭窄が存在することを報告している。また、MEHRA et al (51)はコノテガシワについて、1対の付随体染色体と1対の二次狭窄が存在すると述べている。

筆者が研究したヒノキ科4種のうち、ベニヒおよびオニヒバの2種については、それぞれ1対の付随体染色体を、また、アリゾナイトスギおよびイタリアサイプレスの2種については、それぞれ2対の二次狭窄を有する染色体を観察した。

付随体の大きさについて、黒木(37)の報告と筆者の研究結果とを対比させて示すと、第33表のとおりである。また、二次狭窄の位置について、イトスギ属2種を比較して示すと第34表のと

おりである。

第33表 ヒノキ科の種の付随体の大きさ

Table 33. Satellite of some Cupressusceae species

| 種名<br>Species   | 付随体染色体の番号<br>SAT chromosome No. | 存在する腕<br>Arm possessing a satellite | 存在する腕に対する割合<br>Ratio to the arm | 腕長(短腕+長腕)に対する割合<br>Ratio to the chromosome (short arm+long arm) | 研究者<br>Investigator |
|---|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|---|---------------------|
| ヒノキ<br><i>C. obtusa</i>                                     | VI                              | 短腕<br>Short arm                     | 0.89                            | 0.30  | KUROKI (1969)       |
| サワラ<br><i>C. pisifera</i>                                   | VIII                            | 短腕<br>Short arm                     | 0.54                            | 0.26  | KUROKI (1969)       |
| ヒムロ<br><i>C. pisifera</i> var.<br><i>quarrosa</i>           | IX                              | 短腕<br>Short arm                     | 0.50                            | 0.24  | KUROKI (1969)       |
| ベニヒ<br><i>C. formosensis</i>                                | IV                              | 短腕<br>Short arm                     | 0.43                            | 0.19  | Present author      |
| アスナロ<br><i>C. dolabrata</i>                                 | VI                              | 長腕<br>Long arm                      | 0.43                            | 0.22  | KUROKI (1969)       |
| ヒノキアスナロ<br><i>C. dolabrata</i> var.<br><i>hondai</i> Makino | VI                              | 長腕<br>Long arm                      | 0.39                            | 0.20  | KUROKI (1969)       |
| ネズコ<br><i>C. Standishii</i>                                 | VI                              | 短腕<br>Short arm                     | 0.41                            | 0.20  | KUROKI (1969)       |
| ニオイヒバ<br><i>C. occidentaris</i>                             | V                               | 短腕<br>Short arm                     | 0.45                            | 0.21  | KUROKI (1969)       |
| コノテガシワ<br><i>C. orientalis</i>                              | XI                              | 短腕<br>Short arm                     | 1.33                            | 0.39  | KUROKI (1969)       |
| ネズミサシ<br><i>C. rigida</i>                                   | VI                              | 短腕<br>Short arm                     | 1.89                            | 0.43  | KUROKI (1969)       |
| コンピツバクシン<br><i>C. virginiana</i>                            | VI                              | 短腕<br>Short arm                     | 1.65                            | 0.39  | KUROKI (1969)       |
| オニヒバ<br><i>C. decurrens</i>                                 | X                               | 短腕<br>Short arm                     | 1.85                            | 0.48  | Present author      |

第34表 イトスギ属2種の二次狭窄の位置

Table 34. Position of secondary constriction of two  
 Cupressus species

| 種名<br>Species                       | 染色体番号<br>Chromosome No. | 存在する腕<br>Arm having a secondary constriction | 存在する腕に対する割合<br>Ratio to the arm |
|-------------------------------------|-------------------------|--|---------------------------------|
| アリゾナイトスギ<br><i>C. arizonica</i>     | IV                      | 短腕<br>Short arm                              | 0.34                            |
|                                     | VI                      | 短腕<br>Short arm                              | 0.37                            |
| イタリアサイプレス<br><i>C. sempervirens</i> | IV                      | 短腕<br>Short arm                              | 0.38                            |
|                                     | VI                      | 短腕<br>Short arm                              | 0.40                            |

すなわち、イトスギ属を除いたヒノキ科の種には、各々1対の付随体染色体が存在しており、付随する腕はアスナロ属の2種以外はすべて短腕である。このことはヒノキ科の種の大きな特徴とも考えられる。したがって、イトスギ属の種は、ヒノキ科の中では非常に特異な存在と考えられる。

## 〔II〕 マツ科 (Pinaceae) の核型および核型分析

### 1. トウヒ属 (*Picea*)

#### (1) アカエゾマツ (*Picea Glehnii* Mast.)

##### 1) 実験結果

本種の体細胞染色体は、第14図に示すとおりで、染色体数は  $2n=24$  であった。

また、相同染色体の決定例は、第15図に示すとおりであり、これらの染色体組に不等対はみられなかった。なお、二次狭窄を有する染色体を、3対観察した。

各染色体の相対長および腕長比の平均値は、第35表に示すとおりであり、相対長は 2.96 ~ 5.21、腕長比は 0.565 ~ 0.987 の範囲であった。

第35表 アカエゾマツの相対長および腕長比

Table 35. Relative length and arm ratio of the chromosomes of *P. Glehnii*

| 染色体番号<br>Chromosome<br>No. | 相 对 長<br>Relative length |                  | 腕 長 比<br>Arm ratio      |                  |
|----------------------------|--------------------------|------------------|-------------------------|------------------|
|                            | 平均値±標準偏差<br>M.V. ± S.D.  | 変異係数<br>C.V. (%) | 平均値±標準偏差<br>M.V. ± S.D. | 変異係数<br>C.V. (%) |
| I                          | 5.21 ± 0.14              | 2.69             | 0.954 ± 0.024           | 2.50             |
| ② <sup>L</sup>             | 4.56 ± 0.20              | 4.34             | 0.949 ± 0.011           | 1.14             |
| ③ <sup>S</sup>             | 4.52 ± 0.24              | 5.27             | 0.883 ± 0.032           | 3.59             |
| IV                         | 4.42 ± 0.12              | 2.62             | 0.837 ± 0.026           | 3.08             |
| V                          | 4.41 ± 0.26              | 5.96             | 0.987 ± 0.005           | 0.54             |
| VI                         | 4.40 ± 0.15              | 3.45             | 0.961 ± 0.008           | 0.85             |
| VII                        | 4.36 ± 0.26              | 5.99             | 0.885 ± 0.008           | 0.85             |
| ⑧ <sup>L</sup>             | 4.25 ± 0.20              | 4.70             | 0.729 ± 0.145           | 1.99             |
| K                          | 3.91 ± 0.21              | 5.46             | 0.603 ± 0.206           | 3.41             |
| X                          | 3.69 ± 0.27              | 7.40             | 0.782 ± 0.009           | 1.20             |
| XI                         | 3.34 ± 0.14              | 4.23             | 0.902 ± 0.009           | 1.01             |
| XII                        | 2.96 ± 0.08              | 2.72             | 0.565 ± 0.006           | 1.12             |

Remarks ; 1) Mark ○<sup>S</sup> shows the chromosome having a secondary constriction on the short arm  
 2) Mark ○<sup>L</sup> shows the chromosome having a secondary constriction on the long arm

分散分析の結果、腕長比はプレパラート間に差がなく、各々の染色体間に差が認められた（第36表）。また、相対長も各々の染色体間に差が認められた（第37表）。

第36表 アカエゾマツの腕長比分散分析表

Table 36. Analysis of variance of arm ratio of *P. Glehnii*

| 要 因<br>S.V.                | 自由度<br>D.F. | 平方和<br>S.S. | 平均平方<br>M.S. | 分散比<br>F. |
|----------------------------|-------------|-------------|--------------|-----------|
| 全 体<br>Total               | 71          | 1.3120      |              |           |
| 染色体間<br>Within chromosomes | 11          | 1.2952      | 0.1177       | 433.24**  |
| プレート間<br>Between plates    | 5           | 0.0018      | 0.0004       | 1.34      |
| 誤 差<br>Errors              | 55          | 0.0149      | 0.0003       |           |

Remark ; \*\*— significant at 1% level

第37表 アカエゾマツの相対長分散分析表

Table 37. Analysis of variance of relative length of  
 P. Glehnii

| 要因<br>S.V.                 | 自由度<br>D.F. | 平方和<br>S.S. | 平均平方<br>M.S. | 分散比<br>F. |
|----------------------------|-------------|-------------|--------------|-----------|
| 全体<br>Total                | 71          | 26.4662     |              |           |
| 染色体間<br>Within chromosomes | 11          | 24.0881     | 2.1898       | 55.25**   |
| 誤差<br>Errors               | 60          | 2.3781      | 0.0396       |           |

Remark ; \*\* - significant at 1% level

さらに、各々の染色体の腕長比および相対長についてのあらゆる相互間の比較をおこない、これらの結果をまとめて、各染色体相互間の識別判定を示すと、第38表のとおりであり、すべての染色体が識別できた。なお、第Ⅲと第Ⅳ染色体は、それぞれ相対長および腕長比に差は認められなかったが、第Ⅲ染色体が二次狭窄を有することから、各々識別できた。

第38表 アカエゾマツの染色体識別判定表

Table 38. Significance of morphological difference  
 of the chromosomes of P. Glehnii

| Chromosome No. | XII | XI | X | IX | Ⅷ <sup>L</sup> | VII | VI | V | IV | Ⅲ <sup>S</sup> | Ⅱ <sup>L</sup> | I |
|----------------|-----|----|---|----|----------------|-----|----|---|----|----------------|----------------|---|
| I              | ○   | ○  | ○ | ○  | ○              | ○   | ○  | ○ | ○  | ○              | ○              | ○ |
| Ⅱ <sup>L</sup> | ○   | ○  | ○ | ○  | ○              | ○   | ○  | ○ | ○  | ○              | ○              |   |
| Ⅲ <sup>S</sup> | ○   | ○  | ○ | ○  | ○              | ○   | ○  | ○ | ○  | ○              |                |   |
| IV             | ○   | ○  | ○ | ○  | ○              | ○   | ○  | ○ |    |                |                |   |
| V              | ○   | ○  | ○ | ○  | ○              | ○   | ○  |   |    |                |                |   |
| VI             | ○   | ○  | ○ | ○  | ○              | ○   |    |   |    |                |                |   |
| VII            | ○   | ○  | ○ | ○  | ○              |     |    |   |    |                |                |   |
| Ⅷ <sup>L</sup> | ○   | ○  | ○ | ○  |                |     |    |   |    |                |                |   |
| IX             | ○   | ○  | ○ |    |                |     |    |   |    |                |                |   |
| X              | ○   | ○  |   |    |                |     |    |   |    |                |                |   |
| XI             | ○   |    |   |    |                |     |    |   |    |                |                |   |
| XII            |     |    |   |    |                |     |    |   |    |                |                |   |

Remark ; Mark ○ means the significant difference at 5% level



二次狭窄の位置は、第39表に示すとおりであり、第Ⅲ染色体は短腕に、また、第Ⅱおよび第Ⅷ染色体は長腕にそれぞれ二次狭窄を有しており、これら3対の染色体の二次狭窄の位置はそれぞれ存在する腕のほぼ中央部であった。

第39表 アカエゾマツの二次狭窄の位置

Table 39. Position of secondary constriction of P. Glehnii

| 染色体番号<br>Chromosome No. | 平均値±標準偏差<br>M.V. ± S.D. | 変異係数(%)<br>C.V. |
|-------------------------|-------------------------|-----------------|
| Ⅱ (長腕)<br>Long arm      | 0.470 ± 0.045           | 9.49            |
| Ⅲ (短腕)<br>Short arm     | 0.565 ± 0.053           | 9.36            |
| Ⅷ (長腕)<br>Long arm      | 0.566 ± 0.055           | 9.64            |

以上の結果から、アカエゾマツの核型は、次の式で表わされる。

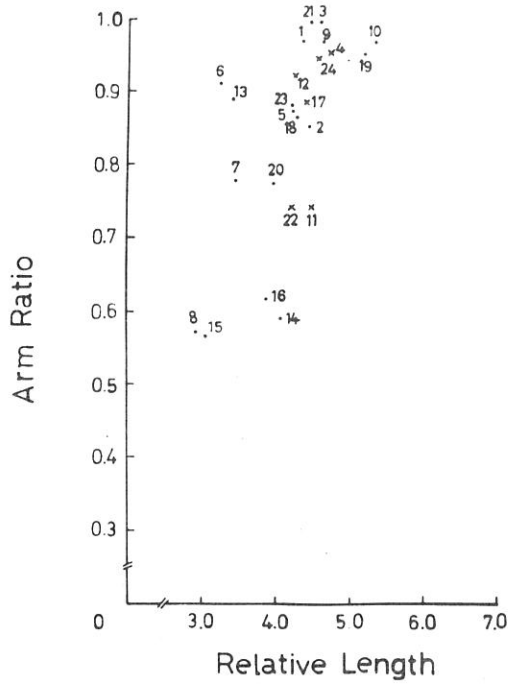
$$K(24) = 2A^m + 2csB^m + 2^{cs}C^m + 2D^m + 2E^m + 2F^m + 2G^m + 2csH^{sm} + 2I^{sm} + 2J^m + 2K^m + 2L^{sm}$$

なお、核型模式図は、第16図に示すとおりである。



第14図 アカエゾマツの体細胞染色体

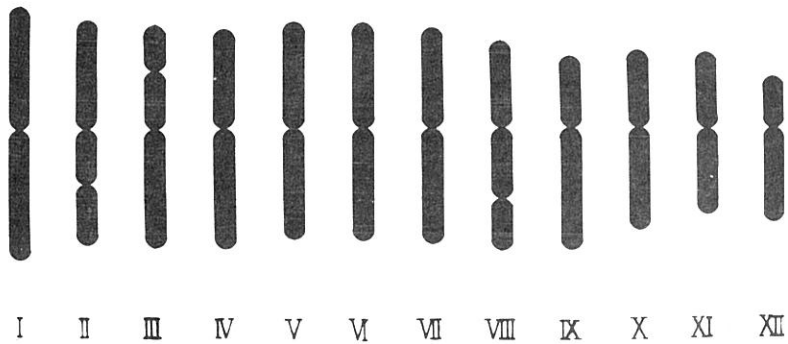
Fig.14 Somatic chromosomes of P. Glehnii



第15図 アカエゾマツの相同染色体の決定例

Fig. 15 One example of decision of homologous chromosomes in *P. Glehnii*

Remarks; 1) Mark × shows the chromosome having a secondary constriction  
 2) Pair of homologous chromosomes;  
 1-9, 2-18, 3-21, 4-24, 5-23, 6-13, 7-20,  
 8-15, 10-19, 11-22, 12-17, 14-16



第16図 アカエゾマツの核型模式図

Fig. 16 Idiogram of chromosomes of *P. Glehnii*

2) 考 察

本種について、外山ら(113)が、染色体数は $2n=24$ であり、二次狭窄を有する染色体が4対存在することを報告しているが、詳細な核型の研究はまだなされていない。

筆者は、本種の染色体数が $2n=24$ であることを確認した。染色体を大きさの順に配列すると、その大きさは第Iから第X染色体までは漸次減少し、第XI、第XII染色体はやや急に小さくなっている。動原体の位置は、中部が9対、次中部が3対であり、このうち、第III染色体は短腕に、また第IIおよび第VIII染色体は長腕にそれぞれ二次狭窄を有しており、外山ら(113)の報告とは多少異なった結果が得られた。

(2) ヨーロッパトウヒ (*Picea excelsa* Link)

1) 実験結果

本種の体細胞染色体は、第17図に示すとおりで、染色体数は $2n=24$ であった。また、相同染色体の決定例は、第18図に示すとおりであり、これらの染色体組に不等対はみられなかった。なお、二次狭窄を有する染色体を3対観察した。

各染色体の相対長および腕長比の平均値は、第40表に示すとおりであり、相対長は2.97～4.79、腕長比は0.463～0.984の範囲であった。

第40表 ヨーロッパトウヒの相対長および腕長比

Table 40. Relative length and arm ratio of the chromosomes of *P. excelsa*

| 染色体番号<br>Chromosome<br>No. | 相 对 長<br>Relative length |                  | 腕 長 比<br>Arm ratio      |                  |
|----------------------------|--------------------------|------------------|-------------------------|------------------|
|                            | 平均値±標準偏差<br>M.V. ± S.D.  | 変異係数<br>C.V. (%) | 平均値±標準偏差<br>M.V. ± S.D. | 変異係数<br>C.V. (%) |
| I                          | 4.79 ± 0.37              | 7.67             | 0.934 ± 0.017           | 1.81             |
| Ⓜ <sup>S</sup>             | 4.68 ± 0.18              | 3.81             | 0.984 ± 0.004           | 0.44             |
| Ⓜ <sup>L</sup>             | 4.63 ± 0.22              | 4.84             | 0.865 ± 0.025           | 2.92             |
| IV                         | 4.61 ± 0.14              | 2.95             | 0.884 ± 0.020           | 2.22             |
| Ⓜ <sup>S</sup>             | 4.53 ± 0.10              | 2.26             | 0.950 ± 0.013           | 1.44             |
| VI                         | 4.24 ± 0.10              | 2.27             | 0.783 ± 0.024           | 3.11             |
| VII                        | 4.17 ± 0.16              | 3.80             | 0.912 ± 0.013           | 1.44             |
| VIII                       | 4.10 ± 0.28              | 6.77             | 0.966 ± 0.019           | 1.93             |
| IX                         | 3.96 ± 0.22              | 5.64             | 0.634 ± 0.030           | 5.35             |
| X                          | 3.60 ± 0.16              | 4.41             | 0.668 ± 0.015           | 2.31             |
| XI                         | 3.57 ± 0.31              | 8.63             | 0.904 ± 0.018           | 1.98             |
| XII                        | 2.97 ± 0.14              | 4.57             | 0.463 ± 0.024           | 5.26             |

Remarks ; 1) Mark Ⓜ<sup>S</sup> shows the chromosome having a secondary constriction on the short arm.  
2) Mark Ⓜ<sup>L</sup> shows the chromosome having a secondary constriction on the long arm.

分散分析の結果、腕長比はプレパラート間に差がなく、各々の染色体間に差が認められた(第41表)。また、相対長も各々の染色体間に差が認められた(第42表)。

第41表 ヨーロッパトウヒの腕長比分散分析表

Table 41. Analysis of variance of arm ratio of P. excelsa

| 要因<br>S.V.                 | 自由度<br>D.F. | 平方和<br>S.S. | 平均平方<br>M.S. | 分散比<br>F. |
|----------------------------|-------------|-------------|--------------|-----------|
| 全体<br>Total                | 71          | 1.7421      |              |           |
| 染色体間<br>Within chromosomes | 11          | 1.7154      | 0.15594      | 38.128**  |
| プレート間<br>Between plates    | 5           | 0.0042      | 0.00083      | 2.03      |
| 誤差<br>Errors               | 55          | 0.0225      | 0.00041      |           |

Remark ; \*\*—significant at 1% level

第42表 ヨーロッパトウヒの相対長分散分析表

Table 42. Analysis of variance of relative length of P. excelsa

| 要因<br>S.V.                 | 自由度<br>D.F. | 平方和<br>S.S. | 平均平方<br>M.S. | 分散比<br>F. |
|----------------------------|-------------|-------------|--------------|-----------|
| 全体<br>Total                | 71          | 22.8273     |              |           |
| 染色体間<br>Within chromosomes | 11          | 20.1015     | 1.82741      | 40.22**   |
| 誤差<br>Errors               | 60          | 2.7258      | 0.04543      |           |

Remark ; \*\*—significant at 1% level

さらに、各々の染色体の腕長比および相対長について、あらゆる相互間の比較をおこない、これらの結果をまとめて、各染色体相互間の識別判定を示すと、第43表のとおりであり、すべての染色体が識別できた。なお、第Ⅲと第Ⅳ、第Ⅰと第Ⅴ染色体は、それぞれ相対長および腕長比に差は認められなかったが、第Ⅲおよび第Ⅴ染色体がともに二次狭窄を有することからそれぞれ識別できた。

第43表 ヨーロッパトウヒの染色体識別判定表

Table 43. Significance of morphological difference of the chromosomes of *P. excelsa*

| Chromosome No.     | XII | XI | X | IX | VIII | VII | VI | (V) <sup>s</sup> | IV | (III) <sup>t</sup> | (II) <sup>s</sup> | I |
|--------------------|-----|----|---|----|------|-----|----|------------------|----|--------------------|-------------------|---|
| I                  | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   | ○  | ○                | ○  | ○                  | ○                 | ○ |
| (II) <sup>s</sup>  | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   | ○  | ○                | ○  | ○                  | ○                 |   |
| (III) <sup>t</sup> | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   | ○  | ○                | ○  | ○                  |                   |   |
| IV                 | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   | ○  | ○                | ○  |                    |                   |   |
| (V) <sup>s</sup>   | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   | ○  | ○                |    |                    |                   |   |
| VI                 | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   |    |                  |    |                    |                   |   |
| VII                | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    |     |    |                  |    |                    |                   |   |
| VIII               | ○   | ○  | ○ | ○  |      |     |    |                  |    |                    |                   |   |
| IX                 | ○   | ○  | ○ |    |      |     |    |                  |    |                    |                   |   |
| X                  | ○   | ○  |   |    |      |     |    |                  |    |                    |                   |   |
| XI                 | ○   |    |   |    |      |     |    |                  |    |                    |                   |   |
| XII                |     |    |   |    |      |     |    |                  |    |                    |                   |   |

Remark ; Mark ○ means the significant difference at 5% level

二次狭窄の位置は、第44表に示すとおりであり、第IIおよび第V染色体は短腕に、また、第III染色体は長腕にそれぞれ二次狭窄を有しており、これらの位置は、3対とも腕の中央から先端よりであった。

第44表 ヨーロッパトウヒの二次狭窄の位置

Table 44. Position of secondary constriction of *P. excelsa*

| 染色体番号<br>Chromosome No. | 平均值 ± 標準偏差<br>M.V. ± S.D. | 変異係数(%)<br>C.V. |
|-------------------------|---------------------------|-----------------|
| II (短腕)<br>Short arm    | 0.555 ± 0.006             | 1.13            |
| III (長腕)<br>Long arm    | 0.521 ± 0.014             | 2.77            |
| V (短腕)<br>Short arm     | 0.545 ± 0.008             | 1.38            |

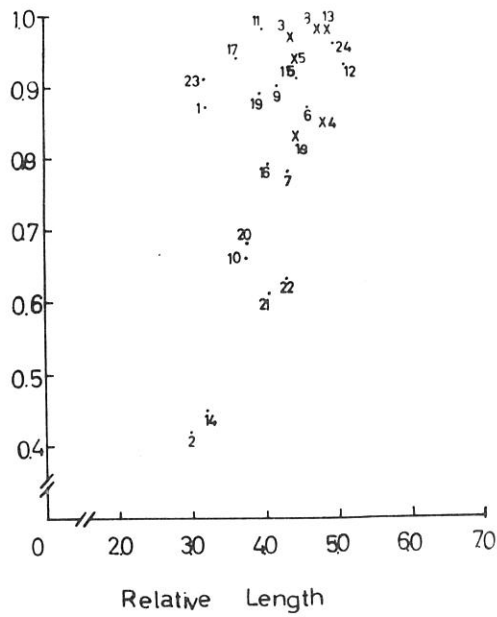
以上の結果から、ヨーロッパトウヒの核型は、次の式で表わされる。

$$K(24) = 2A^m + 2^{cs} B^m + 2^{cs} C^m + 2D^m + 2^{cs} E^m + 2F^m + 2G^m + 2H^m + 2I^{sm} + 2J^{sm} + 2K^m + 2L^{st}$$

なお、核型模式図は、第19図に示すとおりである。

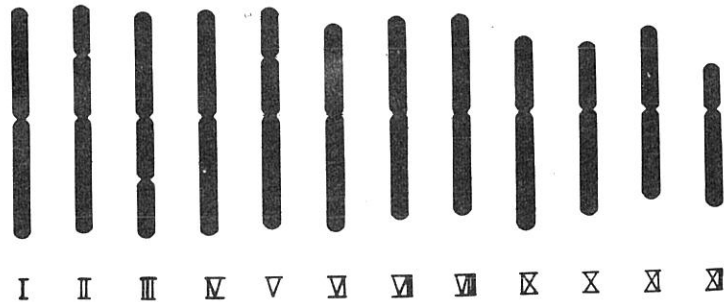


第17図 ヨーロッパトウヒの体細胞染色体  
 Fig. 17 Somatic chromosomes of *P. excelsa*



第18図 ヨーロッパトウヒの相同染色体の決定例  
 Fig. 18 One example of decision of homologous chromosomes  
 in *P. excelsa*

- Remarks; 1) Mark × shows the chromosome having a secondary constriction  
 2) Pair of homologous chromosomes;  
 1-23, 2-14, 3-5, 4-18, 6-15, 7-16,  
 8-13, 9-19, 10-20, 11-17, 12-24,  
 21-22



第19図 ヨーロッパトウヒの核型模式図

Fig. 19 Idiogram of chromosomes of *P. excelsa*

## 2) 考 察

本種の染色体数については、SAX et al (88)、外山ら(113)、ORLENKO(6)、TERASMAA(109)らが、 $n=12$ または $2n=24$ であることを報告しており、筆者の観察結果と一致している。動原体の位置に関しては、SAX et al は9対が“isobrachi”で、3対が“heterobrachi”であると述べ、TERASMAAは中部のものが9対、次のものが2対、次端部のものが1対であることを報告しており、筆者の結果と一致している。また、二次狭窄については、外山らが4対、TERASMAAが第Ⅲ、第Ⅴ、第Ⅹ染色体の短腕および第Ⅱ、第Ⅴ染色体の長腕に計5対、ORLENKOがヨーロッパトウヒの変種(*var. europaea typica*)について、第Ⅷ、第Ⅹ染色体の短腕に、それぞれ1対存在することを報告しており、筆者の観察結果とは多少異なっている。

本種について、TERASMAA(109)はかなり詳細な核型の研究をおこなっているが、その結果を改算し、筆者の結果と比較して示すと、第45表、第46表のとおりである。

第45表 ヨーロッパトウヒの相対長および腕長比の比較

Table 45. Comparison of the karyotype of *P. excelsa* with results of the investigation of TERASMAA (1971)

| 染色体番号<br>Chromosome No. | 相対長 Relative length |                        |                 | 腕長比 Arm ratio |                        |                 |
|-------------------------|---------------------|------------------------|-----------------|---------------|------------------------|-----------------|
|                         | TERAS-<br>MAA       | 筆者<br>Present<br>study | 差<br>Difference | TERAS-<br>MAA | 筆者<br>Present<br>study | 差<br>Difference |
| I                       | 5.27                | 4.79                   | + 0.48          | 0.935         | 0.934                  | + 0.001         |
| II                      | 4.76                | 4.68                   | + 0.08          | 0.909         | 0.984                  | - 0.075         |
| III                     | 4.64                | 4.63                   | + 0.01          | 0.893         | 0.865                  | + 0.028         |
| IV                      | 4.60                | 4.61                   | - 0.01          | 0.935         | 0.884                  | + 0.051         |
| V                       | 4.32                | 4.53                   | - 0.21          | 0.758         | 0.950                  | - 0.192         |
| VI                      | 4.32                | 4.24                   | + 0.08          | 0.909         | 0.783                  | + 0.126         |
| VII                     | 4.26                | 4.17                   | + 0.09          | 0.909         | 0.912                  | - 0.003         |
| VIII                    | 4.26                | 4.10                   | + 0.16          | 0.909         | 0.966                  | - 0.057         |
| IX                      | 3.81                | 3.96                   | - 0.15          | 0.578         | 0.634                  | - 0.056         |
| X                       | 3.62                | 3.60                   | + 0.02          | 0.680         | 0.668                  | + 0.012         |
| XI                      | 3.30                | 3.57                   | - 0.27          | 0.794         | 0.904                  | - 0.110         |
| XII                     | 2.87                | 2.97                   | - 0.10          | 0.472         | 0.463                  | + 0.009         |

Remark ; The results of TERASMAA was calculated by the method of the present author.

第46表 ヨーロッパトウヒの二次狭窄の比較

Table 46. Comparison of secondary constriction of *P. excelsa* with results of the investigation of TERASMAA (1971)

| 染色体番号<br>Chromosome No. | TERASMAA の研究結果<br>Results of TERASMAA                |  | 筆 者<br>Present study                                 |  |
|-------------------------|--|--|--|--|
|                         | 存在する腕<br>Arm having a<br>secondary c-<br>onstriction | 存在する腕に対<br>する割合<br>Ratio to<br>the arm | 存在する腕<br>Arm having a<br>secondary c-<br>onstriction | 存在する腕に対<br>する割合<br>Ratio to<br>the arm |
| II                      | 長 腕<br>Long arm                                      | 0.592                                  | 短 腕<br>Short arm                                     | 0.555                                  |
| III                     | 短 腕<br>Short arm                                     | 0.533                                  | 長 腕<br>Long arm                                      | 0.521                                  |
| V                       | 長 腕<br>Long arm                                      | 0.467                                  | 短 腕<br>Short arm                                     | 0.545                                  |
| VI                      | 短 腕<br>Short arm                                     | 0.698                                  | —  | —                                      |
| X                       | 短 腕<br>Short arm                                     | 0.523                                  | —  | —                                      |

Remark ; The results of TERASMAA was calculated by his idiogram.



すなわち、相対長では第I染色体に差が認められるが、他はほぼ類似した値となっている。また、腕長比では第V，第VI，第XII染色体において、TERASMAAの結果とはかなり差異が認められる。二次狭窄に関しては、その数では2対の差があるが、位置については、第II，第IIIおよび第V染色体に、それぞれ1対存在する点において、TERASMAAの結果と一致している。しかしながら、それらの存在する腕は、筆者の結果とは全く異っている。

(3) カナダトウヒ (*Picea canadensis* BSP)

1) 実験結果

本種の体細胞染色体は、第20図に示すとおりで、染色体数は $2n=24$ であった。また、相同染色体の決定例は、第21図に示すとおりであり、これらの染色体組に不等対はみられなかった。なお、二次狭窄を有する染色体を3対観察した。

各染色体の相対長および腕長比の平均値は、第47表に示すとおりであり、相対長は、2.97～5.21、腕長比は0.520～0.988の範囲であった。

第47表 カナダトウヒの相対長および腕長比

Table 47. Relative length and arm ratio of the chromosomes of *P. canadensis*

| 染色体番号<br>Chromosome<br>No. | 相 对 長<br>Relative length |                  | 腕 長 比<br>Arm ratio      |                  |
|----------------------------|--------------------------|------------------|-------------------------|------------------|
|                            | 平均値±標準偏差<br>M.V. ± S.D.  | 変異係数<br>C.V. (%) | 平均値±標準偏差<br>M.V. ± S.D. | 変異係数<br>C.V. (%) |
| I                          | 5.21 ± 0.21              | 3.95             | 0.932 ± 0.016           | 1.70             |
| ② <sup>s</sup>             | 4.84 ± 0.07              | 1.37             | 0.930 ± 0.014           | 1.48             |
| ③ <sup>l</sup>             | 4.53 ± 0.29              | 6.33             | 0.959 ± 0.017           | 1.80             |
| ④ <sup>s</sup>             | 4.52 ± 0.17              | 3.71             | 0.842 ± 0.016           | 1.87             |
| V                          | 4.48 ± 0.35              | 7.71             | 0.988 ± 0.005           | 0.46             |
| VI                         | 4.47 ± 0.16              | 3.54             | 0.929 ± 0.021           | 2.21             |
| VII                        | 4.21 ± 0.33              | 7.78             | 0.837 ± 0.026           | 3.07             |
| VIII                       | 3.85 ± 0.24              | 6.36             | 0.945 ± 0.023           | 2.38             |
| IX                         | 3.74 ± 0.16              | 4.16             | 0.701 ± 0.012           | 1.65             |
| X                          | 3.69 ± 0.23              | 6.33             | 0.602 ± 0.019           | 3.13             |
| XI                         | 3.36 ± 0.42              | 12.63            | 0.814 ± 0.016           | 1.96             |
| XII                        | 2.97 ± 0.40              | 13.35            | 0.520 ± 0.006           | 1.21             |

Remarks ; 1) Mark  $\text{O}^s$  show the chromosome having a secondary constriction on the short arm.

2) Mark  $\text{O}^l$  shows the chromosome having a secondary constriction on the long arm.

分散分析の結果、腕長比はプレパラート間に差がなく、各々の染色体間に差が認められた(第48表)。また、相対長も各々の染色体間に差が認められた(第49表)。

第48表 カナダトウヒの腕長比分散分析表

Table 48. Analysis of variance of arm ratio of  
 P. canadensis

| 要因<br>S.V.                 | 自由度<br>D.F. | 平方和<br>S.S. | 平均平方<br>M.S. | 分散比<br>F. |
|----------------------------|-------------|-------------|--------------|-----------|
| 全体<br>Total                | 71          | 1.5141      |              |           |
| 染色体間<br>Within chromosomes | 11          | 1.4972      | 0.1361       | 463.67**  |
| プレート間<br>Between plates    | 5           | 0.0026      | 0.0005       | 1.67      |
| 誤差<br>Errors               | 55          | 0.0143      | 0.0003       |           |

Remark ; \*\*—significant at 1% level

第49表 カナダトウヒの相対長分散分析表

Table 49. Analysis of variance of relative length of  
 P. canadensis

| 要因<br>S.V.                 | 自由度<br>D.F. | 平方和<br>S.S. | 平均平方<br>M.S. | 分散比<br>F. |
|----------------------------|-------------|-------------|--------------|-----------|
| 全体<br>Total                | 71          | 31.7884     |              |           |
| 染色体間<br>Within chromosomes | 11          | 27.3629     | 2.4875       | 33.73**   |
| 誤差<br>Errors               | 60          | 4.4255      | 0.0738       |           |

Remark ; \*\*—significant at 1% level

さらに、各々の染色体の腕長比および相対長について、あらゆる相互間の比較をおこない、これらの結果をまとめて、各染色体相互間の識別判定を示すと、第50表のとおりであり、すべての染色体が各々識別できた。なお、第Ⅱと第Ⅵ、第Ⅳと第Ⅶ染色体は、相対長および腕長比に差はないが、第Ⅱおよび第Ⅳ染色体がそれぞれ二次狭窄を有することから、各々識別できた。

第50表 カナダトウヒの染色体識別判定表

Table 50. Significance of morphological difference of the chromosomes of *P. canadensis*

| Chromosome No. | XII | XI | X | IX | VIII | VII | VI | V | ④ <sup>s</sup> | ③ <sup>l</sup> | ② <sup>s</sup> | I |
|----------------|-----|----|---|----|------|-----|----|---|----------------|----------------|----------------|---|
| I              | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   | ○  | ○ | ○              | ○              | ○              |   |
| ② <sup>s</sup> | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   | ○  | ○ | ○              | ○              |                |   |
| ③ <sup>l</sup> | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   | ○  | ○ | ○              |                |                |   |
| ④ <sup>s</sup> | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   | ○  | ○ |                |                |                |   |
| V              | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   | ○  |   |                |                |                |   |
| VI             | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   |    |   |                |                |                |   |
| VII            | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    |     |    |   |                |                |                |   |
| VIII           | ○   | ○  | ○ | ○  |      |     |    |   |                |                |                |   |
| IX             | ○   | ○  | ○ |    |      |     |    |   |                |                |                |   |
| X              | ○   | ○  |   |    |      |     |    |   |                |                |                |   |
| XI             | ○   |    |   |    |      |     |    |   |                |                |                |   |
| XII            |     |    |   |    |      |     |    |   |                |                |                |   |

Remark ; Mark ○ means the significant difference at 5% level

二次狭窄の位置は、第51表に示すとおりであり、第Ⅱ，第Ⅳ染色体は短腕に、また、第Ⅲ染色体は長腕にそれぞれ1対存在している。その位置は、第Ⅱ染色体は腕の中央から動原体よりに、第Ⅲ染色体は腕のほぼ中央部に、また第Ⅳ染色体は腕の中央から先端よりであった。

第51表 カナダトウヒの二次狭窄の位置

Table 51. Position of secondary constriction of *P. canadensis*

| 染色体番号<br>Chromosome No. | 平均値 ± 標準偏差<br>M.V. ± S.D. | 変異係数 (%)<br>C.V. |
|-------------------------|---------------------------|------------------|
| Ⅱ (短腕)<br>Short arm     | 0.419 ± 0.026             | 6.22             |
| Ⅲ (長腕)<br>Long arm      | 0.501 ± 0.025             | 5.01             |
| Ⅳ (短腕)<br>Short arm     | 0.553 ± 0.024             | 4.42             |

以上の結果から、カナダトウヒの核型は、次の式で表わされる。

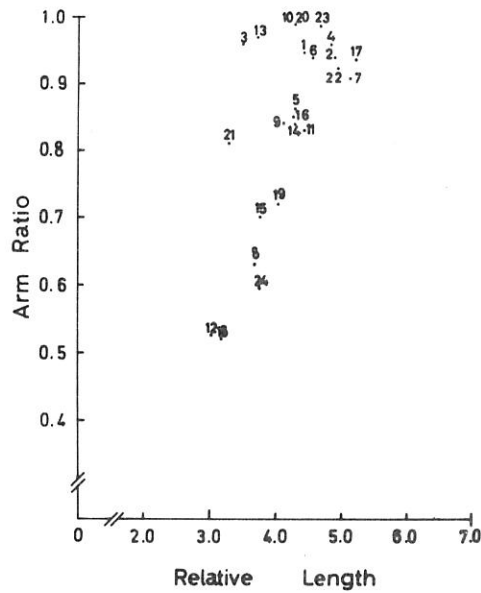
$$K(24) = 2A^m + 2^{cs}B^m + 2^{cs}C^m + 2^{cs}D^m + 2E^m + 2F^m + 2G^m + 2H^m + 2I^{sm} + 2J^{sm} + 2K^m + 2L^{sm}$$

なお、核型模式図は、第22図に示すとおりである。



第20図 カナダトウヒの体細胞染色体

Fig. 20 Somatic chromosomes of *P. canadensis*



第21図 カナダトウヒの相同染色体の決定例

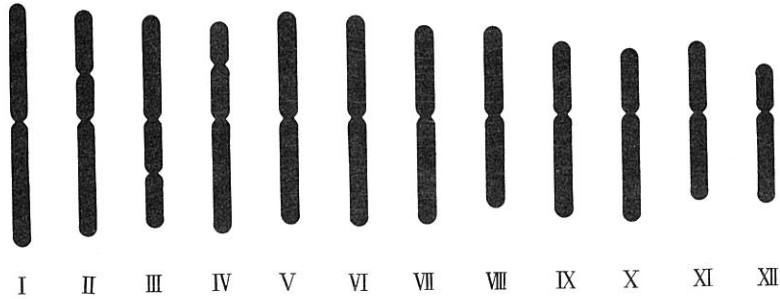
Fig. 21 One example of decision of homologous chromosomes in *P. canadensis*

Remarks; 1) Mark × shows the chromosome having a secondary constriction

2) Pair of homologous chromosomes;

1-6, 2-22, 3-13, 4-23, 5-16, 7-17,

8-24, 9-21, 10-20, 11-14, 12-18, 15-19



第22図 カナダトウヒの核型模式図

Fig. 22 Idiogram of chromosomes of *P. canadensis*

## 2) 考 察

本種については、SAX et al (88)、STIFF (101)らが、 $2n=24$ であることを報告しているが、核型に関する詳細な報告はない。

筆者は、本種の染色体数が $2n=24$ であることを確認した。染色体を大きさの順に配列すると、その間に急激な大きさの変化は認められない。動原体の位置は、中部のものが9対、次中部のものが3対であり、このうち、第II、第IV染色体は短腕に、また第III染色体は長腕にそれぞれ二次狭窄を有することを観察した。

### (4) トウヒ属3種の核型分析

前述のアカエゾマツ、ヨーロッパトウヒ、およびカナダトウヒの3種について、核型の比較をえた。こなつた。

その結果は次のとおりである。

#### 1) 染色体数

トウヒ属3種の染色体数は、それぞれ $2n=24$ であった。

#### 2) 動原体の位置

動原体の位置は、第52表に示すとおりであり、3種ともに中部および次中部のものが多数を占め、次端部のものはヨーロッパトウヒの第XII染色体の1対だけであった。

第52表 トウヒ属3種の動原体の位置

Table 52. Centromeric position of three *Picea* species

| 種名<br>Name of species          | 中部<br>Median | 次中部<br>Submedian | 次端部<br>Subterminal |
|--------------------------------|--------------|------------------|--------------------|
| アカエゾマツ<br><i>P. Glehnii</i>    | 9            | 3                | 0                  |
| ヨーロッパトウヒ<br><i>P. excelsa</i>  | 9            | 2                | 1                  |
| カナダトウヒ<br><i>P. canadensis</i> | 9            | 3                | 0                  |

3) 二次狭窄

トウヒ属の3種について、二次狭窄を有する染色体を、それぞれ3対観察したが、これらをまとめて示すと、第53表のとおりであり、これらのうち2対は第Ⅱおよび第Ⅲ染色体に存在する点で、3種とも共通した結果となった。

第53表 トウヒ属3種の二次狭窄の位置

Table 53. Position of secondary constriction of three *Picea* species

| 種名<br>Species                  | 染色体番号<br>Chromosome No. | 存在する腕<br>Arm having a secondary constriction | 存在する腕に対する割合<br>Ratio to the arm |
|--------------------------------|-------------------------|--|---------------------------------|
| アカエゾマツ<br><i>P. Glehnii</i>    | Ⅱ                       | 長腕<br>Long arm                               | 0.470                           |
|                                | Ⅲ                       | 短腕<br>Short arm                              | 0.565                           |
|                                | Ⅷ                       | 長腕<br>Long arm                               | 0.566                           |
| ヨーロッパトウヒ<br><i>P. excelsa</i>  | Ⅱ                       | 短腕<br>Short arm                              | 0.555                           |
|                                | Ⅲ                       | 長腕<br>Long arm                               | 0.521                           |
|                                | V                       | 短腕<br>Short arm                              | 0.545                           |
| カナダトウヒ<br><i>P. canadensis</i> | Ⅱ                       | 短腕<br>Short arm                              | 0.419                           |
|                                | Ⅲ                       | 長腕<br>Long arm                               | 0.501                           |
|                                | Ⅳ                       | 短腕<br>Short arm                              | 0.553                           |

4) 同型染色体数

トウヒ属3種の腕長比および相対長について分散分析をおこない、それぞれ差の有無を検じた結果は、第54表、第55表に示すとおりであり、いずれも染色体間に有意差が認められた。

第54表 トウヒ属3種の腕長比分散分析表

Table 54. Analysis of variance of arm ratio of three Picea species

| 要因<br>S.V.                 | 自由度<br>D.F. | 平方和<br>S.S. | 平均平方<br>M.S. | 分散比<br>F. |
|----------------------------|-------------|-------------|--------------|-----------|
| 全体<br>Total                | 215         | 4.5702      |              |           |
| 染色体間<br>Within chromosomes | 23          | 4.5098      | 0.1961       | 653.67**  |
| 誤差<br>Errors               | 192         | 0.0604      | 0.0003       |           |

Remark ; \*\*—significant at 1% level

第55表 トウヒ属3種の相対長分散分析表

Table 55. Analysis of variance of relative length of three Picea species

| 要因<br>S.V.                 | 自由度<br>D.F. | 平方和<br>S.S. | 平均平方<br>M.S. | 分散比<br>F. |
|----------------------------|-------------|-------------|--------------|-----------|
| 全体<br>Total                | 215         | 81.0946     |              |           |
| 染色体間<br>Within chromosomes | 23          | 71.5611     | 3.1114       | 62.66**   |
| 誤差<br>Errors               | 192         | 9.5335      | 0.0497       |           |

Remark ; \*\*—significant at 1% level

さらに、各々の染色体の腕長比および相対長についてのあらゆる相互間の比較をおこない、これらの結果をまとめて、各染色体相互間の識別判定をおこなった。これをもとにして、同とみなされる染色体を対応させて示すと、第56表のとおりであり、トウヒ属3種の間に共する同型染色体は、わずか1対のみであった。

第56表 トウヒ属3種の染色体の比較

Table 56. Comparison of the chromosomes of three *Picea* species

| 樹種<br>Tree species             | 同型染色体番号<br>No. of same type chromosome |                |                |                |      |     |    |     |                |    |    |                |
|--------------------------------|--|----------------|----------------|----------------|------|-----|----|-----|----------------|----|----|----------------|
|                                | アカエゾマツ<br><i>P. Glehnii</i>            | I              | ② <sup>L</sup> | ③ <sup>S</sup> | IV   | V   | VI | VII | ⑧ <sup>L</sup> | IX | X  | XI             |
| ヨーロッパトウヒ<br><i>P. excelsa</i>  |  |                |                |                | VIII | I   | IV |     |                |    | XI | ② <sup>S</sup> |
| カナダトウヒ<br><i>P. canadensis</i> | I                                      | ③ <sup>L</sup> |                | VII            | V    | VI* |    |     | X              |    |    |                |

| 樹種<br>Tree species             | 同型染色体番号<br>No. of same type chromosome |                |    |     |    |   |     |                |      |    |    |     |
|--------------------------------|--|----------------|----|-----|----|---|-----|----------------|------|----|----|-----|
|                                | アカエゾマツ<br><i>P. Glehnii</i>            |                |    |     |    |   |     |                |      |    |    |     |
| ヨーロッパトウヒ<br><i>P. excelsa</i>  | ③ <sup>L</sup>                         | ⑤ <sup>S</sup> | VI | VII | IX | X | XII |                |      |    |    |     |
| カナダトウヒ<br><i>P. canadensis</i> |  | ② <sup>S</sup> | ** |     |    |   |     | ④ <sup>S</sup> | VIII | IX | XI | XII |

- Remarks ; 1) Same type chromosomes are no significant at 5% level.  
 2) Mark \* shows that it has no significant difference from the chromosome I of *P. excelsa*, but has significant difference from the chromosome VI of *P. Glehnii*.  
 3) Mark \*\* shows that it has no significant difference from the chromosome V of *P. excelsa* about relative length and arm ratio, but has significant difference about position of secondary constriction.

さらに、各種相互間の同型および異型染色体数を示すと、第57表のとおりであり、相互間の同型染色体数は、アカエゾマツとヨーロッパトウヒの間には4対、アカエゾマツとカナダトウヒの間には5対、ヨーロッパトウヒとカナダトウヒの間には2対それぞれ存在していることがわかった。

第57表 トウヒ属3種の同型および異型染色体数

Table 57. Number of same and different type chromosomes of three *Picea* species

| 異型染色体数<br>Number of different type chromosomes | 同型染色体数<br>Number of same type chromosomes |         |                                |                               |
|--|---|---------|--------------------------------|-------------------------------|
|  | Species                                   | Species | アカエゾマツ<br><i>P. Glehnii</i>    | ヨーロッパトウヒ<br><i>P. excelsa</i> |
|  |   |         | カナダトウヒ<br><i>P. canadensis</i> |                               |
|  | アカエゾマツ<br><i>P. Glehnii</i>               |         | 4                              | 5                             |
|  | ヨーロッパトウヒ<br><i>P. excelsa</i>             | 8       |                                | 2                             |
|  | カナダトウヒ<br><i>P. canadensis</i>            | 7       | 10                             |                               |



## 5) 考 察

トウヒ属の種の染色体数については、多くの研究者によって、 $n=12$ または $2n=24$ であることが報告されており、筆者の結果もこれと一致している。

本属の種の動原体の位置に関しては、多くの報告がある。すなわち、SAX et al (88) はアメリカハリモミ (*P. pungens* Engelm.) について、“isobrachial „ が9対、“heterobrachial „ が3対、MEHRA et al (51) はヒマラヤハリモミ (*P. Morinda* Link) について、中部および次中部のものが9対、次端部のものが3対、MORGENSTERN (57) はアカトウヒ (*P. rubra* Link) およびクロトウヒ (*P. mariana* BSP) について、中部のものが9対、次中部のものが3対、BURLEY (3) はシトカハリモミ (*P. sitchensis* Carr.) について、中部が9対で次中部が3対、また、KRUKLIS (35) はチョウセントウヒ (*P. obovata* Ledeb.) について、“isobrachial „ が9対で、“heterobrachial „ が3対であると、それぞれ報告している。このように、トウヒ属の種の動原体の位置については、ほとんどの報告において、中部のものが9対、次中部のものが3対と述べられているが、筆者の場合もまったく同じ結果が得られた。

トウヒ属の種の二次狭窄については、MEHRA et al (51) がヒマラヤハリモミ (*P. Morinda* Link) について3対、SANTAMOUR (80) がトウヒ (*P. jezoensis* var. *hondensis* Rehd.) について2対、黒木 (40) がバラモミ (*P. polita* Carr.) について2対以上、BURLEY (3) がシトカハリモミ (*P. sitchensis* Carr.) の第Ⅲ染色体に、MOIR et al (56) がシトカハリモミについて5対、SKUPCHENKO (99) がチョウセントウヒ (*P. obovata* Ledeb.) について、第Ⅱおよび第Ⅲ染色体に、外山ら (113) はアカエゾマツおよびヨーロッパトウヒについて4対、またTERASMAA (109) はヨーロッパトウヒについて、第Ⅲ、第Ⅵ、第Ⅹ染色体の短腕、および第Ⅱ、第Ⅴ染色体の長腕に存在することをそれぞれ報告している。このように、トウヒ属の二次狭窄に関しては、多くの報告がなされているが、その数では1~5対、また存在する染色体および腕においても、かなりの差異が認められる。しかしながら、前述の多くの報告と筆者の結果とを総合してみると、二次狭窄の数は3~4対、また二次狭窄を有する染色体のうちの2対は、第Ⅱおよび第Ⅲ染色体に存在するものと推定される。

アカエゾマツ、ヨーロッパトウヒ、およびカナダトウヒの3種間に共通する同型染色体は1対だけであることから、これらの3種は生殖的分化がかなり進んでいるものと推定される。また、本邦産のアカエゾマツを、外国産のヨーロッパトウヒおよびカナダトウヒの2種と比較した場合、同型染色体数からみて、カナダトウヒとの間の方が近縁であるものと考えられる。

トウヒ属の種間交雑については、石原ら(21)の報告があり、カナダトウヒ×エゾマツの相反交雑が最も良く、ヨーロッパトウヒはエゾマツおよびカナダトウヒとの雑種を作らず、アカエゾマツを母親にした時は、エゾマツはかからず、ヨーロッパトウヒおよびカナダトウヒとは10%内外の稔性であったと述べている。原田ら(15)も、エゾマツ、アカエゾマツ、ヨーロッパトウヒ、およびカナダトウヒについて、種間交雑をおこなった結果、カナダトウヒ×エゾマツ以外は、あまり良い結果が得られなかったと報告している。また柳沢(120)は、石原らによって育成されたカナダトウヒ×エゾマツのF<sub>1</sub> 雑種について追跡調査をおこない、外部および内部形態は両者の中間型であり、結実した種子の内容充実率は非常に小さく(最高2%)、雑種強勢の傾向は認められないことなどを報告している。

これらの報告から、トウヒ属の種間交雑においては、その遺伝的親和性はかなり低いものと考えられる。ここで、筆者が研究をおこなったトウヒ属3種について、石原および原田らの種間交雑結果をまとめてみると、アカエゾマツ×ヨーロッパトウヒ、およびアカエゾマツ×カナダトウヒは10%内外の稔性であったが、ヨーロッパトウヒ×カナダトウヒには雑種ができなかったことになり、筆者の核型分析の結果とよく一致しているものと考えられる。

## 2. ツガ属(*Tsuga*)

### (1) メルテンスツガ(*Tsuga Mertensiana* Sarg.)

#### 1) 実験結果

本種の体細胞染色体は、第23図に示すとおりで、染色体数は $2n=24$ であった。また、相同染色体の決定例は、第24図に示すとおりであり、これらの染色体組に不等対はみられなかった。なお、二次狭窄を有する染色体を、3対観察した。

各染色体の相対長および腕長比の平均値は、第58表に示すとおりであり、相対長は、3.18～4.81、腕長比は0.440～0.965の範囲であった。

第58表 メルテンスツガの相対長および腕長比

Table 58. Relative length and arm ratio of the chromosomes of *T. Mertensiana*.

| 染色体番号<br>Chromosome No | 相 对 長<br>Relative length  |                  |                           | 腕 長 比<br>Arm ratio |  |  |
|------------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|--------------------|--|--|
|                        | 平均値 ± 標準偏差<br>M.V. ± S.D. | 変異係数<br>C.V. (%) | 平均値 ± 標準偏差<br>C.V. ± S.D. | 変異係数<br>C.V. (%)   |  |  |
| ① <sup>S</sup>         | 4.81 ± 0.20               | 4.16             | 0.965 ± 0.019             | 2.00               |  |  |
| II                     | 4.74 ± 0.25               | 5.27             | 0.880 ± 0.019             | 2.13               |  |  |
| III                    | 4.67 ± 0.16               | 3.43             | 0.965 ± 0.022             | 2.32               |  |  |
| IV                     | 4.64 ± 0.21               | 4.53             | 0.830 ± 0.025             | 3.00               |  |  |
| ⑤ <sup>L</sup>         | 4.53 ± 0.25               | 5.52             | 0.964 ± 0.022             | 2.29               |  |  |
| VI                     | 4.21 ± 0.20               | 4.75             | 0.908 ± 0.032             | 3.49               |  |  |
| VII                    | 4.07 ± 0.19               | 4.67             | 0.789 ± 0.028             | 3.51               |  |  |
| VIII                   | 3.99 ± 0.27               | 6.77             | 0.527 ± 0.022             | 4.19               |  |  |
| IX                     | 3.96 ± 0.31               | 7.83             | 0.724 ± 0.021             | 2.86               |  |  |
| X                      | 3.66 ± 0.23               | 6.28             | 0.585 ± 0.021             | 3.56               |  |  |
| XI                     | 3.55 ± 0.22               | 6.20             | 0.677 ± 0.017             | 2.53               |  |  |
| ⑫ <sup>L</sup>         | 3.18 ± 0.15               | 4.72             | 0.440 ± 0.022             | 4.91               |  |  |

Remarks ; 1) Mark ○<sup>S</sup> shows the chromosome having a secondary constriction on the short arm.  
2) Mark ○<sup>L</sup> shows the chromosome having a secondary constriction on the long arm.

分散分析の結果、腕長比はプレパラート間に差がなく、各々の染色体間に差が認められた(第59表)。また、相対長も各々の染色体間に差が認められた(第60表)。

第59表 メルテンスツガの腕長比分散分析表

Table 59. Analysis of variance of arm ratio of *T. Mertensiana*

| 要 因<br>S.V.                | 自由度<br>D.F. | 平方和<br>S.S. | 平均平方<br>M.S. | 分散比<br>F. |
|----------------------------|-------------|-------------|--------------|-----------|
| 全 体<br>Total               | 71          | 2.1999      |              |           |
| 染色体間<br>Within chromosomes | 11          | 2.1688      | 0.19716      | 366.48**  |
| プレート間<br>Between plates    | 5           | 0.0015      | 0.00030      | 0.56      |
| 誤 差<br>Errors              | 55          | 0.0296      | 0.00054      |           |

Remark ; \*\*—significant at 1% level

第60表 メルテンスツガの相対長分散分析表

Table 60. Analysis of variance of relative length of *T. Mertensiana*

| 要因<br>S.V.                 | 自由度<br>D.F. | 平方和<br>S.S. | 平均平方<br>M.S. | 分散比<br>F. |
|----------------------------|-------------|-------------|--------------|-----------|
| 全体<br>Total                | 71          | 21.1886     |              |           |
| 染色体間<br>Within chromosomes | 11          | 18.1857     | 1.65325      | 33.03**   |
| 誤差<br>Errors               | 60          | 3.0029      | 0.05005      |           |

Remark ; \*\* - significant at 1% level

さらに、各々の染色体の腕長比および相対長について、あらゆる相互間の比較をおこない、これらの結果をまとめて、各染色体相互間の識別判定を示すと、第61表のとおりであり、すべての染色体が各々識別できた。

第61表 メルテンスツガの染色体識別判定表

Table 61. Significance of morphological difference of the chromosomes of *T. Mertensiana*

| Chromosome No.     | (XII) <sup>L</sup> | XI | X | IX | VIII | VII | VI | (V) <sup>L</sup> | IV | III | II | (I) <sup>S</sup> |
|--------------------|--------------------|----|---|----|------|-----|----|------------------|----|-----|----|------------------|
| (I) <sup>S</sup>   | ○                  | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   | ○  | ○                | ○  | ○   | ○  | ○                |
| II                 | ○                  | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   | ○  | ○                | ○  | ○   | ○  |                  |
| III                | ○                  | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   | ○  | ○                | ○  | ○   |    |                  |
| IV                 | ○                  | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   | ○  | ○                | ○  |     |    |                  |
| (V) <sup>L</sup>   | ○                  | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   | ○  | ○                |    |     |    |                  |
| VI                 | ○                  | ○  | ○ | ○  | ○    | ○   |    |                  |    |     |    |                  |
| VII                | ○                  | ○  | ○ | ○  | ○    |     |    |                  |    |     |    |                  |
| VIII               | ○                  | ○  | ○ | ○  |      |     |    |                  |    |     |    |                  |
| IX                 | ○                  | ○  | ○ |    |      |     |    |                  |    |     |    |                  |
| X                  | ○                  | ○  |   |    |      |     |    |                  |    |     |    |                  |
| XI                 | ○                  |    |   |    |      |     |    |                  |    |     |    |                  |
| (XII) <sup>L</sup> |                    |    |   |    |      |     |    |                  |    |     |    |                  |

Remark ; Mark ○ means the significant difference at 5% level

また、二次狭窄の位置は、第62表に示すとおりであり、第I染色体は短腕に、第Vおよび第XII染色体は長腕に、それぞれ二次狭窄を有しており、これらの位置はいずれも腕の中央から先端よりであった。

第62表 メルテンスツガの二次狭窄の位置

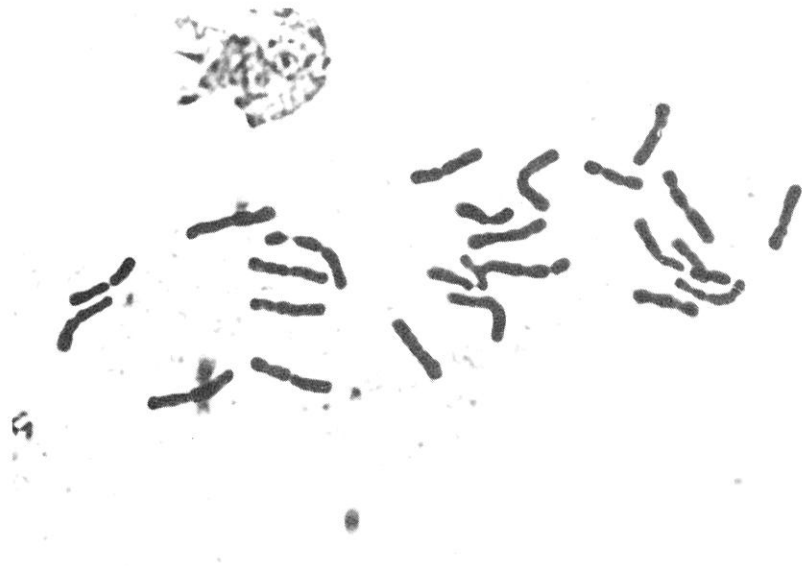
Table 62. Position of secondary constriction of T. Mertensiana

| 染色体番号<br>Chromosome No. | 平均値 ± 標準偏差<br>M.V. ± S.D. | 変異係数(%)<br>C.V. |
|-------------------------|---------------------------|-----------------|
| I (短腕)<br>Short arm     | 0.544 ± 0.021             | 3.90            |
| V (長腕)<br>Long arm      | 0.561 ± 0.024             | 4.21            |
| XII (長腕)<br>Long arm    | 0.592 ± 0.018             | 2.95            |

以上の結果から、メルテンスツガの核型は、次の式で表わされる。

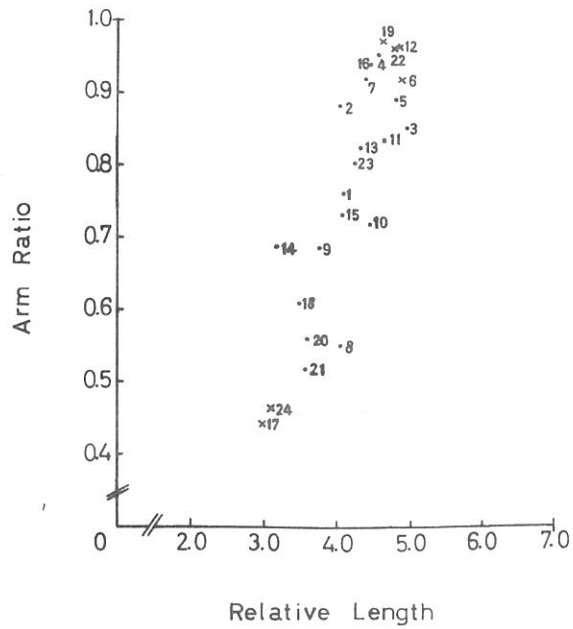
$$K(24) = 2^{cs} A^m + 2B^m + 2C^m + 2D^m + 2^{cs} E^m + 2F^m + 2G^m + 2H^{sm} + 2I^{sm} + 2J^{sm} + 2K^{sm} + 2^{cs} L^{st}$$

なお、核型模式図は、第25図に示すとおりである。



第23図 メルテンスツガの体細胞染色体

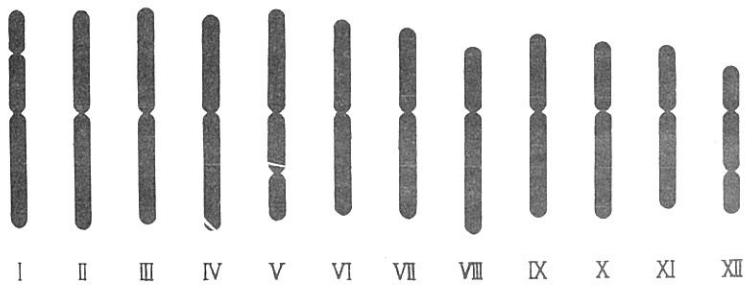
Fig. 23 Somatic chromosomes of T. Mertensiana



第 24 図 メルテンスツガの相同染色体の決定例

Fig. 24 One example of decision of homologous chromosomes in *T. Mertensiana*

- Remarks; 1) Mark × shows the chromosome having a secondary constriction  
 2) Pair of homologous chromosomes;  
 1-23, 2-7, 3-5, 4-16, 6-22, 8-21, 9-14,  
 10-15, 11-13, 12-19, 17-24, 18-20



第 25 図 メルテンスツガの核型模式図

Fig. 25 Idiogram of chromosomes of *T. Mertensiana*

## 2) 考 察

SAX et al (88)は、コメツガ (*T. diversifolia* Mast.)、カナダツガ (*T. canadensis* Carr.)、およびカロライナツガ (*T. caroliniana* Engelm.) の染色体数について、 $n=12$ であることを報告している。また、SAX et al (88)は、カナダツガおよびカロライナツガの2種について、動原体の位置は“isobrachial”が9対で“heterobrachial”が3対であり、二次狭窄を有する染色体がそれぞれ1対存在しており、この両種はともによく類似していると述べている。しかし、本種に関しては、核型の詳細な報告はない。

筆者は、本種の染色体数が $2n=24$ であることを観察し、同属のコメツガ、カナダツガおよびカロライナツガと同数であることを確認した。染色体を大きさの順に配列すると、その大きさは最大から最小に至るまで漸次減少し、その間に急激な長さの変化は認められない。

動原体の位置は、中部が7対、次中部が4対、次端部のものが1対であり、SAX et al の報告とは多少異なっている。このうち、第I染色体は短腕に、また第Vおよび第XII染色体は長腕にそれぞれ二次狭窄を有することを観察した。

SAX et al (88)は、トウヒ属 (*Picea*) とツガ属 (*Tsuga*) の染色体の形態はよく類似していると述べているが、筆者の観察結果では、動原体の位置および二次狭窄を有する染色体の番号に大きな差異が認められることから、この二つの属の間にはあまり類似性はないものと考えられる。

## 3. トガサワラ属 (*Pseudotsuga*)

### (1) ダグラスモミ (*Pseudotsuga Douglasii* Carr.)

#### 1) 実験結果

本種の体細胞染色体は、第26図に示すとおりで、染色体数は $2n=26$ であった。

また、相同染色体の決定例は、第27図に示すとおりであり、これらの染色体組に不等対はみられなかった。なお、二次狭窄を有する染色体を、2対観察した。

各染色体の相対長および腕長比の平均値は、第63表に示すとおりであり、相対長は2.13～5.52、腕長比は0.368～0.966の範囲であった。

第63表 ダグラスモミの相対長および腕長比

Table 63. Relative length and arm ratio of the chromosomes of *P. Douglasii*

| 染色体番号<br>Chromosome<br>No. | 相 対 長<br>Relative length |                  | 腕 長 比<br>Arm ratio     |                  |
|----------------------------|--------------------------|------------------|------------------------|------------------|
|                            | 平均値±標準偏差<br>M.V.± S.D.   | 変異係数<br>C.V. (%) | 平均値±標準偏差<br>M.V.± S.D. | 変異係数<br>C.V. (%) |
| I                          | 5.52 ± 0.17              | 3.11             | 0.910 ± 0.023          | 2.51             |
| II                         | 5.09 ± 0.33              | 6.54             | 0.966 ± 0.014          | 1.46             |
| III                        | 5.00 ± 0.22              | 4.44             | 0.889 ± 0.025          | 2.79             |
| ④ <sup>+</sup>             | 4.85 ± 0.29              | 6.03             | 0.932 ± 0.018          | 1.97             |
| V                          | 4.69 ± 0.24              | 5.10             | 0.854 ± 0.021          | 2.40             |
| VI                         | 3.59 ± 0.20              | 5.47             | 0.425 ± 0.021          | 4.92             |
| ⑦ <sup>+</sup>             | 3.58 ± 0.15              | 4.29             | 0.515 ± 0.018          | 3.43             |
| VIII                       | 3.28 ± 0.18              | 5.48             | 0.471 ± 0.016          | 3.35             |
| IX                         | 3.28 ± 0.19              | 5.83             | 0.368 ± 0.016          | 4.37             |
| X                          | 3.19 ± 0.12              | 3.88             | 0.433 ± 0.015          | 3.57             |
| XI                         | 3.01 ± 0.23              | 7.68             | 0.470 ± 0.014          | 2.88             |
| XII                        | 2.79 ± 0.09              | 3.34             | 0.425 ± 0.017          | 4.05             |
| XIII                       | 2.13 ± 0.11              | 5.02             | 0.710 ± 0.020          | 2.84             |

Remark; Mark <sup>+</sup> shows the chromosome having a secondary constriction on the long arm

分散分析の結果、腕長比はプレパラート間に差がなく、各々の染色体間に差が認められた(第64表)。また、相対長も各々の染色体間に差が認められた(第65表)。

第64表 ダグラスモミの腕長比分散分析表

Table 64. Analysis of variance of arm ratio of *P. Douglasii*

| 要 因<br>S.V.                | 自由度<br>D.F. | 平方和<br>S.S. | 平均平方<br>M.S. | 分散比<br>F. |
|----------------------------|-------------|-------------|--------------|-----------|
| 全 体<br>Total               | 103         | 5.3054      |              |           |
| 染色体間<br>Within chromosomes | 12          | 5.2741      | 0.43951      | 1292.68** |
| プレート間<br>Between plates    | 7           | 0.0025      | 0.00035      | 1.03      |
| 誤 差<br>Errors              | 84          | 0.0288      | 0.00034      |           |

Remark ; \*\*-significant at 1% level



第65表 ダグラスモミの相対長分散分析表

Table 65. Analysis of variance of relative length of P.Douglasii

| 要因<br>S.V.                 | 自由度<br>D.F. | 平方和<br>S.S. | 平均平方<br>M.S. | 分散比<br>F. |
|----------------------------|-------------|-------------|--------------|-----------|
| 全体<br>Total                | 103         | 111.0469    |              |           |
| 染色体間<br>Within chromosomes | 12          | 107.1772    | 8.93143      | 210.05**  |
| 誤差<br>Errors               | 91          | 3.8697      | 0.04252      |           |

Remark ; \*\*—significant at 1% level

さらに、各々の染色体の腕長比および相対長について、あらゆる相互間の比較をおこない、これらの結果をまとめて、各染色体相互間の識別判定を示すと、第66表のとおりであり、すべての染色体が各々識別できた。

第66表 ダグラスモミの染色体識別判定表

Table 66. Significance of morphological difference of the chromosomes of P.Douglasii

| Chromosome No. | XIII | XII | XI | X | IX | VIII | Ⓐ | VI | V | Ⓓ | III | II | I |
|----------------|------|-----|----|---|----|------|---|----|---|---|-----|----|---|
| I              | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○ | ○  | ○ | ○ | ○   | ○  | ○ |
| II             | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○ | ○  | ○ | ○ | ○   | ○  |   |
| III            | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○ | ○  | ○ | ○ | ○   | ○  |   |
| Ⓓ <sup>+</sup> | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○ | ○  | ○ | ○ | ○   | ○  |   |
| V              | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○ | ○  | ○ | ○ | ○   | ○  |   |
| VI             | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○ | ○  | ○ | ○ | ○   | ○  |   |
| Ⓐ <sup>+</sup> | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○ | ○  | ○ | ○ | ○   | ○  |   |
| VIII           | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○ | ○  | ○ | ○ | ○   | ○  |   |
| IX             | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○ | ○  | ○ | ○ | ○   | ○  |   |
| X              | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○ | ○  | ○ | ○ | ○   | ○  |   |
| XI             | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○ | ○  | ○ | ○ | ○   | ○  |   |
| XII            | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○ | ○  | ○ | ○ | ○   | ○  |   |
| XIII           | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○ | ○  | ○ | ○ | ○   | ○  |   |

Remark ; Mark ○ means the significant difference at 5% level

二次狭窄の位置は、第67表に示すとおりであり、第IVおよび第VII染色体は、それぞれの長腕に二次狭窄を有しており、その位置はいずれも腕の中央から先端よりであった。

第67表 ダグラスモミの二次狭窄の位置

Table 67. Position of secondary constriction  
 of *P. Douglasii*

| 染色体番号<br>Chromosome No. | 平均値 ± 標準偏差<br>M.V. ± S.D. | 変異係数(%)<br>C.V. |
|-------------------------|---------------------------|-----------------|
| IV (長腕)<br>Long arm     | 0.635 ± 0.024             | 3.82            |
| VII (長腕)<br>Long arm    | 0.533 ± 0.030             | 5.61            |

以上の結果から、ダグラスモミの核型は、次の式で表わされる。

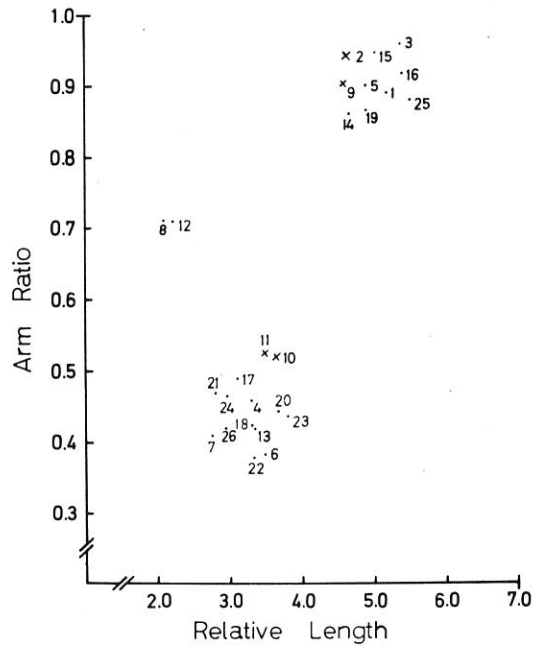
$$K(26) = 2A^m + 2B^m + 2C^m + 2csD^m + 2E^m + 2F^{st} + 2csG^{sm} + 2H^{st} \\
 + 2I^{st} + 2J^{st} + 2K^{st} + 2L^{st} + 2M^{sm}$$

なお、核型模式図は、第28図に示すとおりである。



第26図 ダグラスモミの体細胞染色体

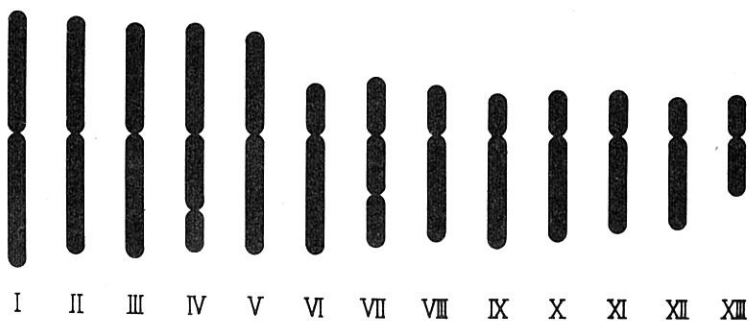
Fig. 26 Somatic chromosomes of *P. Douglasii*



第27図 ダグラスモミの相同染色体の決定例

Fig. 27 One example of decision of homologous chromosomes in *P. Douglasii*

- Remarks; 1) Mark × shows the chromosome having a secondary constriction  
 2) Pair of homologous chromosomes;  
 1-5, 2-9, 3-15, 4-17, 6-22, 7-26, 8-12,  
 10-11, 13-18, 14-19, 16-25, 20-23,  
 21-24



第28図 ダグラスモミの核型模式図

Fig. 28 Idiogram of chromosomes of *P. Douglasii*

## 2) 考 察

本種の染色体数については、SAX et al (88)、ZENKE (124)、BARNER et al (1)、CHRISTIANSEN (5)、THOMAS et al (110)、LIVINGSTON (44)らが、 $n=13$ または $2n=26$ であることを、一方、LANGLET (43)、DURRIEU — VABRE (7)は、 $2n=24$ であることを、また、同属のトガサワラ (*P. japonica* Beiss)、帝杉 (*P. sinensis* Dode) およびタイワントガサワラ (*P. Wilsoniana* Hayata) の3種について、DOERKSEN et al (6)は $n=12$ であることを報告している。本種の動原体の位置に関しては、SAX et al (88)は、中部が6対、“heterobrachial”が6対、および1対は完全な端部のものであることを、LIVINGSTON (44)は、中部が5対、次端部が6対、および端部が2対であることを報告している。このように、本種については多くの研究がなされているが、核型の詳細な報告はない。

筆者は、本種の染色体数が $2n=26$ であることを確認した。染色体を大きさの順に配列すると、第Vと第VI染色体の間には急激な長さの変化があり、これを境にして、第I~第V染色体と第VI~第VIII染色体の二つのグループに分けられ、それぞれのグループ内では大きな変化はない。動原体の位置については、中部のものが5対、次中部のものが2対、次端部のものが6対存在することを観察し、SAX et al およびLIVINGSTONが報告している端部のもは認められなかったが、中部および次端部のものが大部分を占める点においては、前述の研究者達の報告とほぼ一致している。13対の染色体中、第IVと第VII染色体は、それぞれの長腕に1対の二次狭窄を有しており、その位置はいずれも腕の中央から先端よりである。

マツ科に属する種は、染色体数が $2n=24$ であり、動原体の位置は中部または次中部のものが大多数を占めることが特徴であるとされているが、ダグラスモミは、染色体数が $2n=26$ であり、動原体の位置に関しても、中部および次端部のものが大部分を占めており、マツ科の他の種とはかなり異なっている。染色体の長さの違いによって、前述のように二つのグループに分けられ、また腕長比についても中部と、次中部および次端部の二つに分かれ、次中部および次端部のものが比較的多数存在する点は、黒木ら (40) によって報告されたモミ (*A. firma* S. et Z.) と類似しているものと思われる。

以上のようなことから、ダグラスモミは、マツ科の中ではかなり特異な存在と考えられる。

## 4. マツ科の全体的考察

### (1) 染色体数

マツ科の種については、非常に多くの報告があるが、その大部分は染色体数に関するものであり、詳細な核型にまでふれているものは少ない。

マツ科に属するもので、トガサワラ属を除いたすべての種の染色体数が、 $n = 12$ または $2n = 24$ であることは、これまでの多くの研究者によって認められている。

筆者が研究をおこなったマツ科5種のうち、トガサワラ属の1種だけが $2n = 26$ であり、トウヒ属3種およびツガ属1種はすべて $2n = 24$ であり、異数性および倍数性のもは認められなかった。

## (2) 動原体の位置

マツ科の種の動原体の位置に関しては、比較的多くの報告があり、それぞれの属によって、異なる特徴がでている。

筆者が研究をおこなったマツ科5種、およびこれまでの主な報告をとりまとめ、比較して示すと第68表、第69表のとおりである。

これらの結果から、トウヒ属においては、中部が9対で次中部が3対、または“isobrachial „が9対で、“heterobrachial „が3対であり、マツ属では中部が10~11対で次中部が1~2対であり、モミ属では中部が7対で次中部および次端部が5対、または“isobrachial „が7対で“heterobrachial „が5対ということになる。この他の属については、研究例が少ないので、それぞれの傾向はつかめないが、全体的にみると、マツ科の種は中部および次中部のものが大多数であると考えられる。しかしながら、トガサワラ属には、次端部のものが6対も存在しており、マツ科の中では本属の種は、きわめて特異な存在であると考えられる。

筆者の観察結果では、トウヒ属の3種においては、他の研究者とほぼ一致しているが、ツガ属1種およびトガサワラ属1種については、多少異なった結果が得られた。

第68表 マツ科の種の動原体の比較 (1)

Table 68. Comparison of the centromeric positions in some Pinaceae species (1)

| 属名<br>Genus  | 種名<br>Species            | 中部<br>Median | 次中部<br>Submedian | 次端部<br>Subterminal | 端部<br>Terminal | 研究者<br>Investigator |
|--------------|--------------------------|--------------|------------------|--------------------|----------------|---------------------|
| トウヒ<br>Picea | アメリカハリモミ<br>P. pungens   | 9*           | 3**              | 0                  | 0              | SAX et al(1933)     |
|              | ヒマラヤハリモミ<br>P. Morinda   | 9            |                  | 3                  | 0              | MEHRA et al(1956a)  |
|              | アカトウヒ<br>P. rubra        | 9            | 3                | 0                  | 0              | MORGENSTERN(1962)   |
|              | クロトウヒ<br>P. mariana      | 9            | 3                | 0                  | 0              | MORGENSTERN(1962)   |
|              | シトカハリモミ<br>P. sitchensis | 9            | 3                | 0                  | 0              | BURLEY(1964)        |
|              | チョウセントウヒ<br>P. obovata   | 9*           | 3**              | 0                  | 0              | KRUKLIS(1971)       |

Table 68. (continued)

| 属名<br>Genus          | 種名<br>Species             | 中部<br>Median | 次中部<br>Submedian | 次端部<br>Subterminal | 端部<br>Terminal | 研究者<br>Investigator                 |
|----------------------|---------------------------|--------------|------------------|--------------------|----------------|-------------------------------------|
| トウヒ<br>Picea         | アカエゾマツ<br>P. Glehnii      | 9            | 3                | 0                  | 0              | SKUPCHENKO (1975)<br>Present author |
|                      | ヨーロッパトウヒ<br>P. excelsa    | 9*           | 3**              | 0                  | 0              | SAX et al (1933)                    |
|                      |                           | 9            | 2                | 1                  | 0              | TERASMAA (1971)                     |
|                      |                           | 9            | 2                | 1                  | 0              | Present author                      |
|                      | カナダトウヒ<br>P. canadensis   | 9            | 3                | 0                  | 0              | Present author                      |
| ツガ<br>Tsuga          | カナダツガ<br>T. canadensis    | 9*           | 3**              | 0                  | 0              | SAX et al (1933)                    |
|                      | カロライナツガ<br>T. caroliniana | 9*           | 3**              | 0                  | 0              | SAX et al (1933)                    |
|                      | メルテンスツガ<br>T. mertensiana | 7            | 4                | 1                  | 0              | Present author                      |
| トガサワラ<br>Pseudotsuga | ダグラスモミ<br>P. Douglasii    | 6            | 0                | 6**                | 1              | SAX et al (1933)                    |
|                      |                           | 5            | 0                | 6                  | 2              | LIVINGSTON (1971)                   |
|                      |                           | 5            | 2                | 6                  | 0              | Present author                      |

Remarks ; \* - Isobrachial  
 \*\* - Heterobrachial

第 69 表 マツ科の種の動原体の比較 (2)

Table 69. Comparison of the centromeric positions in some Pinaceae species (2)

| 属名<br>Genus | 種名<br>Species                   | 中部<br>Median | 次中部<br>Submedian | 次端部<br>Subterminal | 研究者<br>Investigator                |
|-------------|---------------------------------|--------------|------------------|--------------------|------------------------------------|
| マツ<br>Pinus | クロマツ<br>P. Thunbergii           | 10           | 2                | 0                  | KUROKI (1969)<br>MOROMIZATO (1975) |
|             | アカマツ<br>P. densiflora           | 10           | 2                | 0                  | KUROKI (1969)<br>MOROMIZATO (1975) |
|             | アイノコマツ<br>P. densi - Thunbergii | 10           | 2                | 0                  | KUROKI (1969)                      |
|             | リュウキュウマツ<br>P. luchuensis       | 10           | 2                | 0                  | KUROKI (1969)<br>MOROMIZATO (1975) |
|             | 台湾アカマツ<br>P. Massoniana         | 10           | 2                | 0                  | KUROKI (1969)                      |
|             | フランスカイガンショウ<br>P. pinaster      | 11           | 1                | 0                  | KUROKI (1969)                      |
|             |                                 | 10           | 2                | 0                  | MOROMIZATO (1975)                  |

Table 69. (continued)

| 属名<br>Genus      | 種名<br>Species                   | 中部<br>Median | 次中部<br>Submedian | 次端部<br>Subterminal | 研究者<br>Investigator |  |
|------------------|---------------------------------|--------------|------------------|--------------------|---------------------|--|
| マツ<br>Pinus      | ベンゲットマツ<br><i>P. insularis</i>  | 10           | 2                | 0                  | MOROMIZATO (1975)   |  |
|                  | バンクスマツ<br><i>P. Banksiana</i>   | 11           | 1                | 0                  | KUROKI (1969)       |  |
|                  | スラッシュマツ<br><i>P. caribaea</i>   | 11           | 1                | 0                  | KUROKI (1969)       |  |
|                  | ストローブマツ<br><i>P. strobus</i>    | 11           | 1                | 0                  | MOROMIZATO (1975)   |  |
|                  | エチナータマツ<br><i>P. echinata</i>   | 11           | 1                | 0                  | KUROKI (1969)       |  |
|                  | バージニアマツ<br><i>P. virginiana</i> | 11           | 1                | 0                  | MOROMIZATO (1975)   |  |
|                  | テーダマツ<br><i>P. taeda</i>        | 11           | 1                | 0                  | MOROMIZATO (1975)   |  |
|                  |                                 |              |                  |                    |                     |  |
|                  |                                 |              |                  |                    |                     |  |
|                  |                                 |              |                  |                    |                     |  |
| モミ<br>Abies      | ギリシャモミ<br><i>A. cephalonica</i> | 7*           | 5**              | 0                  | SAX et al (1933)    |  |
|                  | コロラドモミ<br><i>A. concolor</i>    | 7*           | 5**              | 0                  | MERGEN et al (1963) |  |
|                  | ピンドローモミ<br><i>A. Pindrow</i>    | 7*           | 5**              | 0                  | SAX et al (1933)    |  |
|                  | ヨーロッパモミ<br><i>A. alba</i>       | 7*           | 5**              | 0                  | MEHRA et al (1956a) |  |
|                  | アルプスモミ<br><i>A. lasiocarpa</i>  | 7*           | 5**              | 0                  | MERGEN et al (1963) |  |
|                  | ノーブルモミ<br><i>A. nobilis</i>     | 7*           | 5**              | 0                  | MERGEN et al (1963) |  |
|                  | モミ<br><i>A. firma</i>           | 7            | 3                | 2                  | MERGEN et al (1963) |  |
|                  |                                 |              |                  |                    | KUROKI et al (1971) |  |
| カラマツ<br>Larix    | カラマツ<br><i>L. leptolepis</i>    | 6*           | 6**              | 0                  | SAX et al (1933)    |  |
|                  | ヨーロッパカラマツ<br><i>L. europaea</i> | 6*           | 6**              | 0                  | SAX et al (1933)    |  |
|                  |                                 |              |                  |                    |                     |  |
| ヒマラヤスギ<br>Cedrus | ヒマラヤスギ<br><i>C. Deodara</i>     | 11           | 11               | 1                  | MEHRA et al (1956a) |  |
|                  | レバノンシーダー<br><i>C. libani</i>    | 11*          | 1**              | 0                  | SAX et al (1933)    |  |
|                  |                                 |              |                  |                    |                     |  |

Remarks ; \* -Isobrachial  
\*\* -Heterobrachial

(3) 二次狭窄

マツ科の種の二次狭窄については、比較的多くの報告がなされているが、研究者または種によって、二次狭窄の数、所有する染色体の番号、および存在する腕に大きな差異が認められる。

筆者が研究をおこなったマツ科5種、およびこれまでの報告をとりまとめ、比較して示すと、第70表、第71表のとおりである。

これらの中で、トウヒ属およびマツ属については、かなり多くの報告がみられ、特にマツ属に関しては詳細な研究がなされており、黒木(37)は9種のものすべてに4対、また諸見里(58)は10種のものについて2~3対の二次狭窄が存在すると述べている。トウヒ属については、二次狭窄の数は1~5対とまちまちの結果が報告され、また存在する染色体の番号にも差異があり、その傾向ははっきりつかめないが、総合的にみると、トウヒ属の種は二次狭窄を3~4対所有し、そのうちの2対は第IIおよび第III染色体に存在するものと考えられる。

筆者の観察結果では、トウヒ属3種およびツガ属1種にはそれぞれ3対、トガサワラ属1種に2対の二次狭窄が存在し、これら5種の二次狭窄の位置は、それぞれ存在する腕のほぼ中央または先端よりであった。

第70表 マツ科の種の二次狭窄の比較 (1)

Table 70. Comparison of secondary constriction in some Pinaceae species (1)

| 種名<br>Name of species    | 二次狭窄の数<br>No. of secondary constriction (pairs) | 二次狭窄を有する染色体の番号<br>(存在する腕)<br>No. of chromosome having a secondary constriction (Arm having it) | 研究者<br>Investigator |
|--------------------------|---|--|---------------------|
| ヒマラヤハリモミ<br>P. Morinda   | 3   | —————  | MEHRA et al (1956a) |
| トウヒ *<br>P. jezoensis    | 2   | —————  | SANTAMOUR (1960)    |
| ハリモミ<br>P. polita        | Above 2   | —————  | KUROKI (1968)       |
| シトカハリモミ<br>P. sitchensis | 1   | III ( ——— )  | BURLEY (1964)       |
|                          | 5   | —————  | MOIR et al (1972)   |
| チョウセントウヒ<br>P. obovata   | 2   | II ( ——— ), III ( ——— )  | SKUPCHENKO (1975)   |
| アカエゾマツ<br>P. Glehnii     | 4   | —————  | TOYAMA et al (1967) |
|                          | 3   | II (L.A.), III (S.A.), VIII (L.A.)   | Present author      |



Table 70. (continued)

| 種名<br>Name of species   | 二次狭窄の数<br>No. of secondary constriction (pairs) | 二次狭窄を有する染色体の番号<br>(存在する腕)<br>No. of chromosome having a secondary constriction (Arm having it) | 研究者<br>Investigator |
|---|---|--|---------------------|
| ヨーロッパトウヒ<br><i>P. excelsa</i><br><br>**   | 4   | —————  | TOYAMA et al (1967) |
|   | 5   | II (L.A.), III (S.A.), V (L.A.)<br>VI (S.A.), X (S.A.)   | TERASMAA (1971)     |
|   | 2   | K (S.A.), X (S.A.)   | ORLENKO (1970)      |
|   | 3   | II (S.A.), III (L.A.), V (S.A.)  | Present author      |
| カナダトウヒ<br><i>P. canadensis</i>  | 3   | II (S.A.), III (L.A.), IV (S.A.)   | Present author      |
| カナダツガ<br><i>T. canadensis</i><br>カロライナツガ<br><i>T. caroliniana</i><br>メルテンスツガ<br><i>T. mertensiana</i> | 1   | —————  | SAX et al (1933)    |
|   | 1   | —————  | SAX et al (1933)    |
|   | 3   | I (S.A.), V (L.A.), XII (L.A.)   | Present author      |
| ダグラスモミ<br><i>P. Douglasii</i>   | Above 3   | —————  | LIVINGSTON (1971)   |
|   | 2   | IV (L.A.), VI (L.A.)   | Present author      |

Remark ; \* - *P. jezoensis* Carr. var. *hondensis* Rehd.  
 \*\* - *P. excelsa* Link. var. *europaea typica*.  
 S.A. - Short arm  
 L.A. - Long arm

第71表 マツ科の種の二次狭窄の比較 (2)

Table 71. Comparison of secondary constriction in some Pinaceae species (2)

| 種名<br>Name of species                | 二次狭窄の数<br>No. of secondary constriction (pairs) | 二次狭窄を有する染色体の番号<br>(存在する腕)<br>No. of chromosome having a secondary constriction (Arm having it) | 研究者<br>Investigator                |
|--------------------------------------|---|--|------------------------------------|
| クロマツ<br><i>P. Thunbergii</i>         | 4   | II (SA), V (SA), VII (LA), XI (SA)   | KUROKI (1969)<br>MOROMIZATO (1975) |
|                                      | 3   | III (SA), VI (SA), X (SA)  |                                    |
| アカマツ<br><i>P. densiflora</i>         | 4   | II (SA), IV (LA), VII (SA), K (SA)   | KUROKI (1969)<br>MOROMIZATO (1975) |
|                                      | 3   | I (LA), IV (LA), VIII (SA)   |                                    |
| アイノコマツ<br><i>P. densi-Thunbergii</i> | 4   | III (LA), IV (SA), VI (LA), VIII (SA)  | KUROKI (1969)                      |

Table 71. (continued)

| 種名<br>Name of species             | 二次狭窄の数<br>No of secondary constriction (pairs) | 二次狭窄を有する染色体の番号<br>(存在する腕)<br>No of chromosome having a secondary constriction (Arm having it) | 研究者<br>Investigator |
|-----------------------------------|--|---|---------------------|
| リュウキュウマツ<br><i>P. luchuensis</i>  | 4  | III (S.A.), V (L.A.), VIII (S.A.), X (S.A.)   | KUROKI (1969)       |
| 台湾アカマツ<br><i>P. Massoniana</i>    | 3  | III (S.A.), V (S.A.), X (S.A.)  | MOROMIZATO (1975)   |
| フランスカイガンショウ<br><i>P. pinaster</i> | 4  | I (S.A.), III (S.A.), V (L.A.), X (S.A.)  | KUROKI (1969)       |
| ベンゲットマツ<br><i>P. insularis</i>    | 4  | I (L.A.), IV (S.A.), V (L.A.), VII (S.A.)   | KUROKI (1969)       |
| バンクスマツ<br><i>P. Banksiana</i>     | 2  | II (S.A.), IV (S.A.)  | MOROMIZATO (1975)   |
| スラッシュマツ<br><i>P. caribaea</i>     | 2  | II (S.A.), V (S.A.)   | MOROMIZATO (1975)   |
| ストロブマツ<br><i>P. strobus</i>       | 4  | II (L.A.), IV (S.A.), VI (S.A.), VII (L.A.)   | KUROKI (1969)       |
| エチナータマツ<br><i>P. echinata</i>     | 4  | IV (L.A.), V (S.A.), VIII (S.A.), X (S.A.)  | KUROKI (1969)       |
| バージニアマツ<br><i>P. virginiana</i>   | 3  | II (S.A.), VII (S.A.), X (S.A.)   | MOROMIZATO (1975)   |
| テーダマツ<br><i>P. taeda</i>          | 4  | III (S.A.), V (S.A.), VI (L.A.), VII (S.A.)   | KUROKI (1969)       |
| ピンドロモミ<br><i>A. Pindrow</i>       | 3  | II (S.A.), V (S.A.), VII (S.A.)   | MOROMIZATO (1975)   |
| モミ<br><i>A. firma</i>             | 3  | II (S.A.), V (S.A.), X (S.A.)   | MOROMIZATO (1975)   |
| ヒマラヤスギ<br><i>C. Deodara</i>       | 2  | IV (S.A.), VIII (S.A.)  | MOROMIZATO (1975)   |
|                                   | 2  | —————   | MEHRA et al (1956)  |
|                                   | 4  | II (S.A.), III (L.A.), VI (L.A.), X (L.A.)  | KUROKI et al (1971) |
|                                   | 1  | —————   | MEHRA et al (1956a) |

Remarks ; S.A. — short arm  
L.A. — long arm

### 〔III〕ナンヨウスギ科 (Araucariaceae) の核型

#### 1. ナンヨウスギ属 (Araucaria)

##### (1) ブラジルアラウカリア (Araucaria brasiliiana A. Rich.)

##### 1) 実験結果

本種の体細胞染色体は、第29図に示すとおりで、染色体数は  $2n=26$  であった。

また、相同染色体の決定例は、第30図に示すとおりであり、これらの染色体組に不等対はみられなかった。なお、付随体染色体を、1対観察した。

各染色体の相対長および腕長比の平均値は、第72表に示すとおりであり、相対長は、2.41～4.95、腕長比は0.159～0.970の範囲であった。

第72表 ブラジルアラウカリアの相対長および腕長比

Table 72. Relative length and arm ratio of the chromosomes of *A. brasiliana*

| 染色体番号<br>Chromosome<br>No. | 相 对 長<br>Relative length |  | 腕 長 比<br>Arm ratio     |  |  |
|----------------------------|--------------------------|--|------------------------|--|--|
|                            | 平均値±標準偏差<br>M.V.± S.D.   |  | 平均値±標準偏差<br>M.V.± S.D. |  |  |
|                            | 変異係数<br>C.V. (%)         |  | 変異係数<br>C.V. (%)       |  |  |
| I                          | 4.95 ± 0.22              |  | 4.44                   |  |  |
| II                         | 4.84 ± 0.15              |  | 3.10                   |  |  |
| III                        | 4.48 ± 0.17              |  | 3.79                   |  |  |
| IV                         | 4.34 ± 0.19              |  | 4.38                   |  |  |
| V                          | 4.28 ± 0.17              |  | 3.97                   |  |  |
| VI                         | 4.26 ± 0.44              |  | 10.33                  |  |  |
| Ⓞ <sup>T</sup>             | 3.99 ± 0.16              |  | 4.01                   |  |  |
| VII                        | 3.99 ± 0.03              |  | 0.75                   |  |  |
| IX                         | 3.97 ± 0.31              |  | 7.81                   |  |  |
| X                          | 2.93 ± 0.24              |  | 8.19                   |  |  |
| XI                         | 2.89 ± 0.17              |  | 5.88                   |  |  |
| XII                        | 2.67 ± 0.13              |  | 4.87                   |  |  |
| XIII                       | 2.41 ± 0.09              |  | 3.73                   |  |  |

Remark ; Mark Ⓞ<sup>T</sup> shows the chromosome having a satellite

分散分析の結果、腕長比はプレパラート間に差がなく、各々の染色体間に差が認められた(第73表)。また、相対長も各々の染色体間に差が認められた(第74表)。

第73表 ブラジルアラウカリアの腕長比分散分析表

Table 73. Analysis of variance of arm ratio of *A. brasiliana*

| 要 因<br>S.V.                | 自由度<br>D.F. | 平方和<br>S.S. | 平均平方<br>M.S. | 分散比<br>F. |
|----------------------------|-------------|-------------|--------------|-----------|
| 全 体<br>Total               | 77          | 5.4901      |              |           |
| 染色体間<br>Within chromosomes | 12          | 5.4621      | 0.45518      | 989.52**  |
| プレート間<br>Between plates    | 5           | 0.0006      | 0.00012      | 0.26      |
| 誤 差<br>Errors              | 60          | 0.0274      | 0.00046      |           |

Remark ; \*\*-significant at 1% level

第74表 ブラジルアラウカリアの相対長分散分析表

Table 74. Analysis of variance of relative length of *A. brasiliana*

| 要因<br>S. V.                | 自由度<br>D. F. | 平方和<br>S. S. | 平均平方<br>M. S. | 分散比<br>F. |
|----------------------------|--------------|--------------|---------------|-----------|
| 全体<br>Total                | 77           | 535695       |               |           |
| 染色体間<br>Within chromosomes | 12           | 506083       | 421736        | 92.57**   |
| 誤差<br>Errors               | 65           | 29612        | 0.04556       |           |

Remark ; \*\* - significant at 1% level

さらに、各々の染色体の腕長比および相対長について、あらゆる相互間の比較をおこない、これらの結果をまとめて、各染色体相互間の識別判定を示すと、第75表のとおりであり、すべての染色体が各々識別できた。

第75表 ブラジルアラウカリアの染色体識別判定表

Table 75. Significance of morphological difference of the chromosomes of *A. brasiliana*

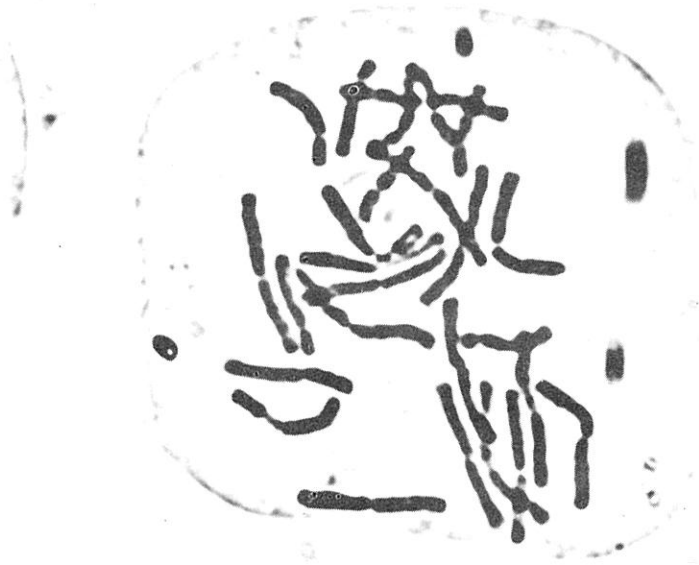
| Chromosome No.     | XIII | XII | XI | X | IX | VIII | (VII) <sup>T</sup> | VI | V | IV | III | II | I |
|--------------------|------|-----|----|---|----|------|--------------------|----|---|----|-----|----|---|
| I                  | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○                  | ○  | ○ | ○  | ○   | ○  | ○ |
| II                 | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○                  | ○  | ○ | ○  | ○   | ○  | ○ |
| III                | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○                  | ○  | ○ | ○  | ○   | ○  | ○ |
| IV                 | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○                  | ○  | ○ | ○  | ○   | ○  | ○ |
| V                  | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○                  | ○  | ○ | ○  | ○   | ○  | ○ |
| VI                 | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○                  | ○  | ○ | ○  | ○   | ○  | ○ |
| (VII) <sup>T</sup> | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○                  | ○  | ○ | ○  | ○   | ○  | ○ |
| VIII               | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○                  | ○  | ○ | ○  | ○   | ○  | ○ |
| IX                 | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○                  | ○  | ○ | ○  | ○   | ○  | ○ |
| X                  | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○                  | ○  | ○ | ○  | ○   | ○  | ○ |
| XI                 | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○                  | ○  | ○ | ○  | ○   | ○  | ○ |
| XII                | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○                  | ○  | ○ | ○  | ○   | ○  | ○ |
| XIII               | ○    | ○   | ○  | ○ | ○  | ○    | ○                  | ○  | ○ | ○  | ○   | ○  | ○ |

Remark ; Mark ○ means the significant difference at 5% level

また、第VII染色体は付随体染色体であり、その短腕に付随体が存在し、その大きさは付随する腕に対する比率で示すと、3.01であった。

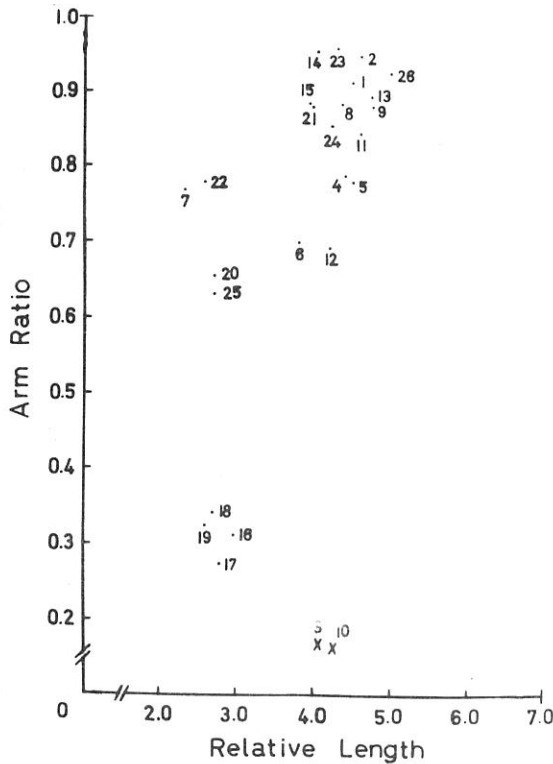
以上の結果から、ブラジリアラウカリアの核型は、次の式で表わされる。

$$K(26) = 2A^m + 2B^m + 2C^m + 2D^m + 2E^m + 2F^m + 2^t G^{ot} + 2H^m \\ + 2I^{sm} + 2J^{st} + 2K^{st} + 2L^{sm} + 2M^m$$



第29図  
ブラジリアラウカリアの  
体細胞染色体

Fig. 29  
Somatic chromosom  
of A. brasiliana

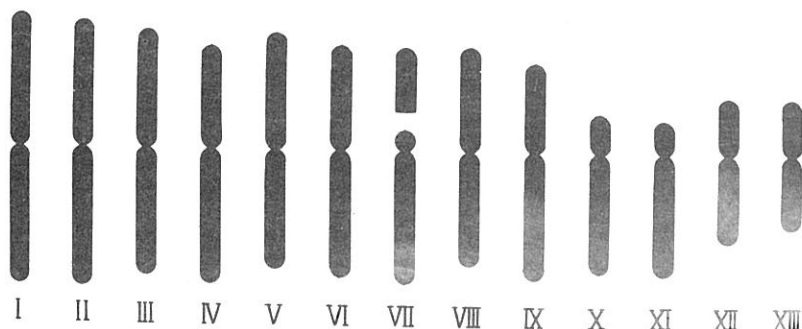


第30図  
ブラジリアラウカリアの相同染色体の決定例

Fig. 30  
One example of decision of homologous chromosomes in A. brasiliana

- Remarks ;
- 1) Mark × shows the SAT chromosome
  - 2) Pair of homologous chromosomes ;  
1-8, 2-26, 3-10, 4-5, 6-12, 7-22  
9-13, 11-14, 14-23, 15-21,  
16-17, 18-19, 20-25

なお、核型模式図は、第31図に示すとおりである。



第31図 ブラジルアラウカリアの核型模式図

Fig. 31 Idiogram of chromosomes of *A. brasiliana*

## 2) 考 察

ナンヨウスギ属の染色体については、FLORY (8) がヒロハノナンヨウスギ (*A. Bidwillii* Hook.) およびナンヨウスギ (*A. Cunninghamii* Sweet) について、STIFF (101) がシマナンヨウスギ (*A. excelsa* R. Br.) について、また、本種については、FLORY (8) およびSTIFF (101) が、それぞれ  $2n=26$  であることを報告している。同じ科のナギモドキ属 (*Agathis*) に関しては、HAIR et al (14) がナギモドキ (*A. australis* Salisb.) について、FLORY (8) がダンマルマツ (*A. robusta* Mast.) について、 $n=13$  または  $2n=26$  であることを報告している。このように、染色体数に関する研究は比較的多いが、本種に関しての詳細な核型の報告はない。

筆者は、本種の染色体数が  $2n=26$  であることを確認した。染色体を大きさの順に配列すると、第Iから第IX染色体までは漸次減少し、第X染色体以後は急に小さくなっており、変化に富んでいる。動原体の位置は、中部が8対、次中部が2対、次端部が2対、端部が1対であり、かなり変化に富んでいる。また、第VII染色体の短腕には付随体が存在しており、その大きさを、付随する腕および腕長 (短腕+長腕) に対する比率で示すと、それぞれ 3.01、0.41 であり、付随する腕よりきわめて大きいことが特徴的である。

主要針葉樹の染色体基本数は、スギ科が  $n=11$ 、ヒノキ科が  $n=11$ 、マツ科が  $n=12$  であるが、ナンヨウスギ科の種は  $n=13$  であり、マツ科トガサワラ属のダグラスモミ ( $n=13$ ) と並んで、染色体数が多く、また、動原体の位置に関しても、他の科の種に比べて変化に富んでおり、針葉樹の中ではかなり特異な存在と考えられる。

### III む す び

外国産針葉樹を中心として、3科、7属、10種、すなわち、ヒノキ科はイトスギ属2種、オニヒバ属1種、およびヒノキ属1種、マツ科はトウヒ属3種、ツガ属1種、およびトガサワラ属1種、ナンヨウスギ科はナンヨウスギ属1種について、それぞれ核型の決定および核型分析をおこなった。

その結果、ヒノキ科ではすべての種の染色体数が $2n=22$ であった。動原体の位置は中部および次中部のものが大部分を占め、その概略は中部が6～10対、次中部が1～5対であったが、オニヒバは他の種と異なり、次端部のものが2対存在していた。また、本科に属する種の大きな特徴の一つとして、付随体染色体が1対存在することが指摘されているが(37)、オニヒバおよびベニヒもその例にもれず、それぞれ1対づつ存在していた。しかし、イトスギ属の2種にはこれがなく、二次狭窄を有する染色体がそれぞれ2対存在することがわかった。また、付随体の大きさを、付随する腕に対する比率で比較してみると、ヒノキ属、アスナロ属、およびネズコ属の種は、概略、0.40～0.90倍(37)の大きさであるが、オニヒバは、1.85倍もあり、コノテガシワの1.33倍(37)、ネズミサシの1.89倍(37)、およびエンピツビャクシンの1.60倍(37)と並んで、付随する腕よりもかなり大きいことが特徴的である。このようなことから、ヒノキ科の種は遺伝的分化がかなり進んでいるものと推定され、また、これらの中でもイトスギ属の種は、きわめて特異な存在であるといえよう。

マツ科の種の染色体数は、トガサワラ属の $2n=26$ を除いたほかは、すべて $2n=24$ であった。本科の種の動原体の位置の概略は、トウヒ属では中部が9対で次中部が3対、ツガ属では中部が7対で次中部および次端部が5対であったが、トガサワラ属では中部が5対、次中部が2対で次端部が6対もありすでに報告されているマツ属の中部が10～11対、次中部が1～2対(37, 58)、モミ属の“isobrachial”が7対、“heterobrachial”が5対(40, 52, 53, 88)と比較しても、きわめて異質である。二次狭窄を有する染色体は、トウヒ属およびツガ属にそれぞれ3対、トガサワラ属では2対存在していた。マツ科の中においてすでに多くの報告がなされているものでは、マツ属の2～4対(37, 58, 89, 90, 95)がある。これまでの報告を総合的にみると、マツ科の種には2～4対の二次狭窄が存在するものと考えられる。また、ダグラスモミの染色体の長さ(相対長)が、第I～第V染色体と第VI～第XIII染色体の2つのグループに大きく分けられることから、ダグラスモミはマツ科の中では、かなり特異な存在といえる。

ナンヨウスギ科については、1種だけについて研究をおこなったが、染色体数は $2n=26$ 、動原体の位置は中部が8対、次中部が2対、次端部が2対、端部が1対と非常に変化に富んでおり、染色体の長さ(相対長)によって第I～第XI染色体と第X～第XIII染色体の2つのグループに分けられ、また、きわめて

大きな付随体(存在する腕の3.01倍)を1対有することが、興味をひかれる。

マツ科、ヒノキ科と並ぶ主要針葉樹はスギ科であるが、この科の種に関して黒木(37, 38, 39)は、詳細な核型の研究をおこなっており、スギ属(*Cryptomeria*)のスギ(*C. japonica* D. Don)について、染色体数は $2n=22$ であり、動原体の位置は中部が10対で次中部が1対であり、二次狭窄および付随体は全く存在しないことを、メタセコイア属(*Metasequoia*)のメタセコイア(*M. glyptostrobooides* Hu et Cheng)について、染色体数は $2n=22$ 、動原体の位置は中部が7対で次中部が4対であり、二次狭窄および付随体は全く存在しないことを、また、セコイアオスギ属(*Sequoiadendron*)のセコイアオスギ(*S. giganteum* Lindl.)については、染色体数が $2n=22$ 、動原体の位置は中部が7対で次中部が4対であり、二次狭窄および付随体は全く存在しないことを報告している。これらの報告からスギ科の種の染色体数は $2n=22$ であり、動原体の位置は中部および次中部のものが多く、二次狭窄および付随体は全く存在せず、従って前述のマツ科およびヒノキ科の種は、スギ科の種に比べて複雑な核型であり、遺伝的分化がかなり進んでいるものと推定される。

一般に、交雑育種においては、分類学上の類縁関係の近いものほど、その可能性が高いといわれている。従って、交雑親和性は類縁関係を推定し、またそれを基準として遺伝的分化の程度を知る上での、一つの重要な手段となっている。

このことについて、黒木(37)は、マツ属の9種について詳細な核型分析をおこない、核型の類似性と交雑親和性との間には、関連性があることを指摘している。また一方、諸見里(58)もマツ属の10種について詳細な核型分析をおこなって、種間交雑の親和性との関連性についてふれているが、親和性は概して低いのが普通であり、これはマツ属における種の核型が類似しているにもかかわらず、種間に核型にはあられない差異が存在するからであると述べている。

筆者が核型分析をおこなったアカエゾマツ、ヨーロッパトウヒ、およびカナダトウヒのトウヒ属3種に関しては、野原(62)および福原(10)らの種間交雑結果とよく一致しており、核型の類似性と交雑親和性との間には、ある程度の関連性があるものと考えられる。



## IV 摘 要

核型は生物の類縁関係、進化の経路を知る上で、また、育種の基礎資料としても重要な意味がある。筆者は前処理および固定時に低温処理をおこなうとともに、固定液のアルコールと酢酸の配合比、および処理時間を樹種ごとに変えることにより、鮮明な像を得ることができた。これらの方法を用いて、ヒノキ科、マツ科およびナンヨウスギ科の10種について核型の研究をおこない、つぎの結果を得た。

### I] ヒノキ科の核型

#### 1. イトスギ属

##### (1) アリゾナイトスギ

$$K(22) = 2A^m + 2B^m + 2C^m + 2^{cs}D^m + 2E_1^m + 2E_2^m + 2^{cs}F^m + 2G^m + 2H^m \\ + 2I^{sm} + 2J^m$$

##### (2) イタリアサイプレス

$$K(22) = 2A^m + 2B_1^m + 2B_2^m + 2^{cs}C^m + 2D_1^m + 2D_2^m + 2^{cs}E^m + 2F^m + 2G^m \\ + 2H^m + 2I^{sm}$$

(3) アリゾナイトスギとイタリアサイプレスの間には、6対の同型染色体があり、核型は類似している。両種とも付随体染色体がなく、二次狭窄をもつことがヒノキ科の他の種と異なっている。

#### 2. オニヒバ属

##### (1) オニヒバ

$$K(22) = 2A^m + 2B^m + 2C^{sm} + 2D^m + 2E^{st} + 2F^m + 2G^m + 2H^m + 2I^m \\ + 2^tJ^{st} + 2K^{sm}$$

#### 3. ヒノキ属

##### (1) ベニヒ

$$K(22) = 2A^m + 2B^m + 2C^m + 2^tD^m + 2E^m + 2F^m + 2G^m + 2H^{sm} + 2I^{sm} \\ + 2J^{sm} + 2K^m$$

##### (2) ヒノキ属の核型分析

ヒノキ、サワラ、ヒムロおよびベニヒの核型を比較すると、ヒノキとベニヒの核型が最も類似している。

#### 4. ヒノキ科の核型

ヒノキ科の種は1対の付随体染色体をもつものが多いが、イトスギ属の2種にはこれがなく、二次狭窄をもつ染色体が2対あり、同科の他の種とかなり異っている。

### 〔Ⅱ〕 マツ科の核型

#### 1. トウヒ属

##### (1) アカエゾマツ

$$K(24) = 2A^m + 2csB^m + 2^{cs}C^m + 2D^m + 2E^m + 2F^m + 2G^m + 2csH^m + 2I^{sm} \\ + 2J^m + 2K^m + 2L^{sm}$$

##### (2) ヨーロッパトウヒ

$$K(24) = 2A^m + 2^{cs}B^m + 2csC^m + 2D^m + 2^{cs}E^m + 2F^m + 2G^m + 2H^m + 2I^{sm} \\ + 2J^{sm} + 2K^m + 2L^{st}$$

##### (3) カナダトウヒ

$$K(24) = 2A^m + 2^{cs}B^m + 2csC^m + 2^{cs}D^m + 2E^m + 2F^m + 2G^m + 2H^m + 2I^{sm} \\ + 2J^{sm} + 2K^m + 2L^{sm}$$

##### (4) トウヒ属の核型分析

上記3種はいずれも3対の染色体に二次狭窄がある。また、これら3種には共通する同型染色体が少ないことから、生殖的分化が進んでいると推定される。核型の類似性と交雑親和性との関連性があることがわかった。

#### 2. ツガ属

##### (1) メルテンスツガ

$$K(24) = 2^{cs}A^m + 2B^m + 2C^m + 2D^m + 2csE^m + 2F^m + 2G^m + 2H^{sm} + 2I^{sm} \\ + 2J^{sm} + 2K^{sm} + 2csL^{st}$$

#### 3. ダグラスモミ属

##### (1) ダグラスモミ

$$K(26) = 2A^m + 2B^m + 2C^m + 2csD^m + 2E^m + 2F^{st} + 2csG^{sm} + 2H^{st} + 2I^{st} \\ + 2J^{st} + 2K^{st} + 2L^{st} + 2M^{sm}$$

#### 4. マツ科の核型

マツ科の種の染色体数は $2n=24$ が一般的であるが、ダグラスモミは $2n=26$ であった。

二次狭窄はダグラスモミが2対、他の種はすべて3対であった。動原体の位置は、ダグラスモミに次端部のものが5対あり、中部、次中部のものが大部分を占める他の種と異なっている。従って、ダグラスモミはマツ科の中では、きわめて特異なものと思われる。

### 〔Ⅲ〕 ナンヨウスギ科の核型

#### 1. ナンヨウスギ属

##### (1) ブラジルアラウカリア

$$K(26) = 2A^m + 2B^m + 2C^m + 2D^m + 2E^m + 2F^m + 2^t G^{ot} + 2H^m + 2I^{sm} \\ + 2J^{st} + 2K^{st} + 2L^{sm} + 2M^m$$

## 文 献

- 1) BARNER et al : The formation of pollen, the pollination mechanism, and the determination of the most favorable time for controlled pollination in *Pseudotsuga menziesii*, *Silvae Genetica*, 11 : 89-102, 1962.
- 2) BLAIR, A.: Karyotypes of five plant species with disjunct distributions in Virginia and the Carolinas, *Amer. J. Bot.*, 62(8) : 833-837, 1975.
- 3) BURLEY, J.: Karyotype Analysis of Sitka Spruce, *Picea sitchensis* (Bong.) Carr, *Silvae Genetica*, 13 : 127-132, 1964.
- 4) 千葉茂 : 苗畑にて選抜されたスギの3倍体, 林試研報, 49: 99-108, 1951.
- 5) CHRISTIANSEN, H.: On the Chromosomes of *Pseudotsuga macrocarpa* and *Pseudotsuga menziesii*, *Silvae Genetica*, 12 (4) : 124-129, 1963.
- 6) DOERKSEN et al : Karyotypes in the genus *Pseudotsuga*, *Forest Sci.*, 18 : 66-69, 1972.
- 7) DURRIEU - VABRE, A.: Chromosomes de *Pseudotsuga douglasii* CARRIERE, *Compt. Rend. Acad. Sci.*, (Paris) 246 : 3660-3663, 1958.
- 8) FLORY, W. S. : Chromosome Numbers and Phylogeny in Gymnosperms, *Jour. Arnold Arbor.*, 17 : 83-89, 1936.
- 9) 藤島弘純 : ムラサキツユクサ属の核型と減数分裂, 遺伝, 24 (4) : 78-79, 1970.
- 10) 福原橋勝 : ヒノキの交雑による品種改良に関する研究 (第1報), 75回日林講 : 212-214, 1964.
- 11) 船引洪三 : 根端細胞の核型分析, 農林漁業試験研究補助金による研究報告書 : 175-191, 1961
- 12) GORDON, A. G.: The taxonomy and genetics of *Picea rubens* and its relationship to *Picea mariana*, *Can. J. Bot.*, 54 : 781-813, 1976.
- 13) HAIR et al : Chromosomal Evolution of the Podocarpaceae, *Nature*, 181 : 1584-1586, 1958a.
- 14) ————— : Contributions to a Chromosome Atlas of the New Zealand Flora - I. *New Zealand Jour. Sci.*, 1: 617-628, 1958b.
- 15) 原田泰・柳沢聡雄 : 寒帯性樹種の品種改良試験, 第10報, 昭和15年日林講 : 111-126, 194
- 16) 林弥栄 : 日本産針葉樹の分類と分布, 農林出版 : 1960.
- 17) HENEEN, W. K.: Karyotype studies in *Agropyron Junceum*, *A. repens* and their spontaneous hybrids, *Hereditas*, 48 (3) : 471-502, 1962.
- 18) 平吉功・中村有一 : 森林植物の細胞学的並びに遺伝学的研究, 京都大学農学部講演集, 2: 90-97, 1943.

- 9) HUNZIKER, J. H. : Karyotype analysis in *Cupressus* and *Libocedrus*.  
Proc. 10th Int. Congr. Gent. McGill University, Montreal, Canada, 2:128-129, 1958.
- 0) 井上浩・他6名：植物系統分類の基礎。北隆館：1974.
- 1) 石原供三・松川篤治：主要林木の品種改良（第1報）球果植物2，3の交雑試験，昭和14年日林講：98-102, 1940.
- 2) 伊藤道夫：ユリを使った減数分裂と体細胞分裂の観察，遺伝，21（6）：50-54, 1967.
- 3) 岩川盈夫：林木育種の技術解説，林木育種協会：1961.
- 4) 香川冬夫：種属間交雑による作物育種学，産業図書：1957.
- 5) 金沢林助：木本植物の染色体数表。I 裸子植物，II 単子葉植物，染色体，5（6）：249-260, 1949.
- 6) 片山義勇：作物育種学，博友社：1956.
- 7) KATO, M. and SIMURA, T. : Cytogenetical Studies on *Camellia* Species, Japan. J. Breed., 21（5）：265-268, 1971.
- 8) 加藤幸雄・志佐誠：新植物生殖生理学，誠文堂新光社：1975.
- 9) 川崎次男：植物系統学概論，廣川書店：1971.
- 0) KHOSHOO, T. N. : Chromosome numbers in Gymnosperms, *Silvae Genetica*, 10（1）：1-9, 1960.
- 1) 木原均：細胞遺伝学，養賢堂：1951.
- 2) 古畑種基他：遺伝の実験法，裳華房：1960.
- 3) 小林貞：根端細胞分裂観察の改良，遺伝，22（11）：69-73, 1968.
- 4) 駒井卓：遺伝学に基づく生物の進化，培風館：1963.
- 5) KRUKLIS, M. V. : Caryological features of *picea obovata* Ldb. *Lesevedenie*, 2:76-84, 1971.
- 6) 黒木嘉久：林木の核型に関する研究（IV），カラマツおよびハリモミの染色体について，日林九支講，22:139-140, 1968.
- 7) ————：主要針葉樹の核型に関する研究，宮崎大演報，5:1-103, 1969(a).
- 8) ————：林木の核型に関する研究（V），メタセコイアの核型について，日林九支講，23:146-148, 1969(b).
- 9) ————：林木の核型に関する研究（VI），ギガントセコイアの核型およびギガントセコイアとメタセコイアの核型の比較，日林九支講，24:77-78, 1970.
- 0) ————・他1名：林木の核型に関する研究（VII），日林九支講，25:55-56, 1971.
- 1) 桑田義備：細胞学，培風館：1956.
- 2) LANE: Vide KHOSHOO, T. N. (1960) (Chromosome numbers in Gymnosperms)

- 43) LANGLET, O. : On variationen hos tallen (*Pinus silvestris* L.) och dess samband med klimatet, Svenska SkogsvFör. Tidskr., 32 : 87-110, 1943.
- 44) LIVINGSTON, G. K. : The Morphology and Behavior of Meiotic Chromosomes of Douglas - Fir, *Silvae Genetica*, 20 (3) : 75-82, 1971.
- 45) 牧野富太郎 : 新日本植物図鑑, 北隆館 : 1961.
- 46) 牧野佐二郎 : 最近の染色体研究, 哺乳動物染色体研究発達の史的景観, 遺伝, 27 (7) : 2-10, 1973.
- 47) ———— : 染色体識別法の発展, 研究技術開発のみちすじ, 遺伝, 29 (6) : 2-4, 1975.
- 48) 正宗敬 : 植物地理学新考, 北隆館 : 1956.
- 49) 松田清・宮島寛 : スギの不稔性に関する基礎的研究, 第4報, 87 回日林講要旨集 : 58, 1976.
- 50) 松尾孝嶺 : 育種学要論, 養賢堂 : 1971.
- 51) MEHRA, P. N. and KHOSHOO, T. N. : Cytology of conifers I, *Jour. Genet.*, 54 (1) : 165-180, 1956(a).
- 52) ———— and KHOSHOO, T. N. : Cytology of conifers II, *Jour. Genet.*, 54 (1) : 181-185, 1956(b).
- 53) MERGEN, F. et al : *Abies* Karyotype Analysis, *Silvae Genetica*, 12 : 63-68, 1963.
- 54) MICHAEL DENNIS, W. : Chromosome morphology of *Clematis*, subsection *Viornae* (*Ranunculaceae*) *Can. J. Bot.*, 54 : 1135-1139, 1976.
- 55) 三留三千男 : 農業実験計画法, 朝倉書店 : 1960.
- 56) MOIR, R. B. et al : Supernumerary Chromosomes in *Picea sitchensis* (Bong.) Carr, *Silvae Genetica*, 21 : 182-186, 1972.
- 57) MORGENSTERN, E. K. : Note on Chromosome Morphology in *Picea rubens* Sarg. and *Picea mariana* (Mill.) B. S. P., *Silvae Genetica*, 11 : 163-164, 1962.
- 58) 諸見里秀宰 : マツ属の二葉松類および三葉松類の核学的研究, 琉球大農学報, 22 : 592-678, 1975.
- 59) 中山包 : 発芽生理学, 内田老鶴圃 : 1960.
- 60) 新津恆良 他 : 現代生物学, 丸善株式会社 : 1969.
- 61) 西山市三 : 細胞遺伝学研究法, 養賢堂 : 1961.
- 62) 野原勇太 : 林木の1・2 遺伝試験について, 予報, (3), 御料林, 185 : 2-10, 1943.
- 63) 小野和夫 : 基礎植物学, 裳華房 : 1975.
- 64) 小野記彦・加藤幸雄 : 推計学入門, 内田老鶴圃新社 : 1968.
- 65) 太田次郎 : ムラサキツユクサを使った観察, 22 (4) : 59-62, 1968.
- 66) ORLENKO, E. G. : Analysis of the caryotype of some forms of *Picea* ex

- celsa growing in white Russian forests, In Vopr. genetiki i selktsii. SSR.: 234-239, 1970.
- 67) **PEDERICK, L. A.**: Chromosome Relationships Between Pinus species, *Silvae Genetica*, 19: 171-180, 1970.
- 68) 林木育種協会：日本の林木育種：1973.
- 69) 林野庁：原色日本林業樹木図鑑，地球出版：1964.
- 70) **ROSENBERG, O.**: Das Verhalten der Chromosomen in einer hybriden Pflanze. *Ber. deutsch. bot. Ges.*, 21: 110-119, 1903.
- 71) —————: Cytologische und morphologische Studien an *Drosera longifolia* × *rotundifolia*. *Kungl. Svenska Vet. - Akad. Handl.*, 43: 1-64, 1909.
- 72) 佐々木義則・黒木嘉久：林木の核型に関する研究（Ⅷ），アリゾナイトスギおよびイタリアサイプレスの核型について，日林九支講，25: 57-58, 1971.
- 73) —————・黒木嘉久：林木の核型に関する研究（Ⅸ），メルテンスツガの核型について，日林九支講，26: 141-142, 1973.
- 74) —————・犬丸康久・黒木嘉久：林木の核型に関する研究（Ⅹ），アカエゾマツの核型について，日林九支講，26: 143-144, 1973.
- 75) —————・黒木嘉久：林木の核型に関する研究（Ⅺ），ブラジルアラウカリアの核型について日林九支講，26: 145-146, 1973.
- 76) —————・黒木嘉久：林木の核型に関する研究（Ⅻ），オニヒバの核型について，日林九支講 27: 57-58, 1974.
- 77) —————・吉武孝・黒木嘉久：林木の核型に関する研究（Ⅼ），カナダトウヒおよびトウヒ属3種の核型分析について，日林九支講，27: 59-60, 1974.
- 78) —————・黒木嘉久：林木の核型に関する研究（ⅭⅤ），ベニヒおよびヒノキ属4種の核型分析について，日林九支講，28: 87-88, 1975.
- 79) —————・黒木嘉久：林木の核型に関する研究（ⅭⅥ），ダグラスモミの核型について，日林九支講，28: 89-90, 1975.
- 80) **SANTAMOUR, F. S.**: New Chromosome Counts in Pinus and Picea, *Silvae Genetica*, 9 (3): 87-88, 1960.
- 81) **SARKAR, P.**: Chromosome studies on Pinus species, (Abstr.) *Canad. J. Genet. Cytol.*, 5: 107, 1963.
- 82) 佐竹義輔：植物の分類，第一法規出版社：1969.
- 83) 佐藤敬二：実践林木育種，農林出版：1967.
- 84) 佐藤正己：有用植物分類学，養賢堂：1959.
- 85) 佐藤重平：基礎進化学，裳華房：1962.

- 86) ————・石田寿老：生物の実験法，裳華房：1971.
- 87) 沢村正吾：Caffeine および 8-oxyquinoline のムラサキツユクサの生体分裂細胞に及ぼす作用，宇都宮大学研究論文，2：167-175，1952.
- 88) SAX, K. and SAX, H. J. : Chromosome number and morphology in the conifers, Jour. Arnold Arboretum, 14 : 356-375, 1933.
- 89) SAYLOR, L. C. : A Karyotypic analysis of selected species of pinus, Silvae Genetica, 10 (3) : 77-84, 1961.
- 90) ———— : Karyotype analysis of Pinus - group Lariciones, Silvae Genetica, 13 (6) : 165-170, 1964.
- 91) ———— : Karyotype Analysis of the genus Pinus - Subgenus Pinus, Silvae Genetica, 21 (5) : 155-163, 1972.
- 92) 関塚正：タマネギの根端における細胞分裂の頻度分布と組織の分化，遺伝，21 (2) : 47-51, 1967.
- 93) SHEFFER, R. D. and KAMEMOTO, H. : Chromosome numbers in the genus Anthurium, Amer. J. Bot., 63 (1) : 74-81, 1976.
- 94) 柴田寛三・尾越豊・中田銀佐久：松柏類植物の細胞学的研究 I，ヒノキ，スギ，マツ属数種の染色体数，染色体，29 : 1025-1028, 1956.
- 95) 四手井綱英・諸見里秀宰：アカマツおよびクロマツの核型分析 ( I )，日林誌，47 (8) : 271-274, 1965.
- 96) 篠遠喜人 他：遺伝学ハンドブック，技報堂：1956.
- 97) SIMAK, M. : Karyotype analysis of Larix decidua Mill., from different provenances, Medd. Stat. Skogsforskn inst., 51 (1) : 1962.
- 98) ———— : Karyotype analysis of Siberian larch, Medd. Stat. Skogsforskn inst., 17 : 1964.
- 99) SKUPCHENKO, L. A. : The caryotype of Picea obovata in the north of the Komi ASSR., Lesovedenie, 2 : 70-74, 1975.
- 100) 染郷正孝：イボタノキ属 ( Ligustrum ) 3種の染色体数，林試研報，263 : 73-78, 1974.
- 101) STIFF, M. L. : The geographical distribution and cytology of the Coniferales. Ph. D. Thesis, University of Virginia : 1952.
- 102) SUGIHARA, Y. : Fertilization and early embryogeny of Chamaecyparis pisifera, Sci. report Tohoku Univ., 13 : 9-14, 1938.
- 103) 高島文三：植物の染色体のみかた，遺伝，21 (12) : 1967.
- 104) 竹村嘉夫：接写と顕微鏡写真，共立出版：1964.
- 105) 田中克己：顕微鏡の使い方，裳華房：1962.
- 106) ————・浜清：顕微鏡標本の作り方，裳華房：1971.



- 2) 田中隆荘：植物進化と染色体，遺伝，30 (9)：7-11, 1976.
- 2) 田中義磨：基礎遺伝学，裳華房：1970.
- 1) TERASMAA, T. : Karyotype Analysis of Norway Spruce *Picea abies* (L.) Karst. *Silvae Genetica*, 20 : 179-182, 1971.
- 1) THOMAS, G. et al : A comparative karyotype analysis of *Pseudotsuga menziesii* Franco and *Pseudotsuga wilsoniana* (Hayata). *Silvae Genetica*, 17 : 138-143, 1968.
- 2) 戸田義宏：広葉樹の核型に関する研究 ( I ) , コナラ属の核型及び染色体数，日林九支講，23 : 148-150, 1969.
- 2) 外山三郎：松の不稔性に就て，宮大時報，(自然科学) I : 31-40, 1950.
- 3) TOYAMA, S. and KUROKI, Y. : (Studies on the karyotypes of forest trees. III On the thromosomes of some species of the Pinaceae). Rep. Kihara Inst. biol. Res., 19 : 161-162, 1967. (In Japanese).
- 4) 上原敬二：樹木大図説，有明書房：1959.
- 5) 宇多小路正：染色体の染め分け，遺伝，27 (7) : 32-37, 1973.
- 3) 和田文吾 他：基礎細胞学，裳華房：1972.
- 7) 渡辺皓：低温処理による植物染色体の退色反応，遺伝，29 (6) : 19-22, 1975.
- 3) YAMAGUCHI, S. : Cytogenetical studies in *Primula sieboldi* E. MORREN, Japan. *J. Breed.*, 23 (2) : 86-92, 1973.
- 3) YAMAMOTO, K. : Hybrid Plants between Two Races of *Vicia amphicarpa* having  $2n=10$  and  $2n=14$  Chromosomes, *Japan. J. Breed.*, 24 (2) : 73-80, 1974.
- 0) 柳沢聡雄：エゾマツとカナダトウヒのF<sub>1</sub> 雑種，林試研報，70 : 57-70, 1954.
- 1) 吉田俊秀：ネズミの染色体，遺伝，23 (6) : 9-15, 1969.
- 2) 吉武孝・佐々木義則・黒木嘉久：ヨーロッパトウヒの核型に関する研究，84回日林講，：228-230, 1973.
- 3) 湯浅明：細胞と実験，力書房：1954.
- 4) ZENKE, U. : (Studies on the course of meiosis in *Pseudotsuga taxifolia* Britton). *Z. Forstgenetik Forstpflanzenz.*, 2 : 96-102, 1953.

## KARYOTYPE STUDIES ON SOME CONIFERS

By Yoshinori SASAKI

### SUMMARY

The karyotype is very important to investigate the process of evolution, the relationship between the plants, and also important as the basic research for the breeding by crossing.

Up to now, the karyotype analysis has not been tried enough, especially, there are very few reports about the tree species.

The biggest trouble in the karyotype analysis is that chromosomes are long, and moreover their number is great, so that they are difficult to study in detail. Although there are many reports about the chromosome numbers, few investigations concerning the detailed karyotype have been taken (SAX et al, MEHRA et al, SANTAMOUR, SAYLOR, MORGENSTERN, SIMAK, SARKAR, TERASMAA, et al). And that there are very few reports which give statistical support to the karyotype analysis (KUROKI, MOROMIZATO et al).

In this type of investigation, the choice of the cytological technique is very important, and the success depends on the method. The problem of this investigation has been studied by many researchers among whom the study of SAYLOR (1961, 1964), KUROKI (1969) and MOROMIZATO (1975) et al seems to be especially excellent. According to the results of these investigations, recently the study of the karyotype have developed rapidly and its achievements have become a centre of attraction.

The author used the KUROKI's method (1969), and obtained satisfactory results. By using this method, the decision and analysis of the karyotype were made on the ten species of Cupressaceae, Pinaceae and Araucariaceae.

The abstracts of methods and results are as follows;

## MATERIALS AND METHOD

### [I] MATERIALS

Sources of materials are listed up in Table 1 (omitted).

### [II] METHOD

#### 1. Preparation

Seeds were germinated at 22 - 24 °C. When the roots of seeds had reached a length of 5 to 7 mm, root tips were pretreated in a 0.002M. 8-hydroxyquinoline solution for 24 - 48 hours at 5 - 7 °C. After the pretreatment, the root tips were fixed in ethylalcohol-acetic acid for 24 - 48 hours at 5 - 7 °C. After the hydrolyzation with 1N. hydrochloric acid for 4 - 9 minutes at 60 °C, root tips were stained by FEULGEN's solution. Slides were prepared by squash method in 45% - acetic acid.

The time of each treatments by tree species are shown in Table 3 and 4 (omitted).

#### 2. Measurement of chromosomes

The length of the chromosomes was measured from camera lucida drawings ( $\times 1,700-3,000$ ) with dividers. The regions of centromeres and secondary constrictions were omitted from measurements.

#### 3. Indication of chromosomes morphology

Length of chromosomes was shown by the relative length that was percentage of each chromosome length to total chromosome length of a cell (HENEEN's method). Centromeric position was shown by the arm ratio that was the ratio of short arm to long arm (HENEEN's method). Terminal was in the ratio of 0.001 to 0.250, subterminal was in the ratio of 0.251 to 0.500, submedian was in the ratio of 0.501 to 0.750, and median was in the ratio of 0.751 to 1.000. Position of secondary constriction was shown by the ratio of length from secondary constriction to ce-

ntromere to arm length having it. Length of satellite was shown by the ratio of the satellite length to the arm length having it.

#### 4. Determination of the homologous chromosomes

The chromosomes in each cell were arranged in the homologous pairs by inspection of the relative length, arm ratio, secondary constriction and satellite.

It was determined that the most nearest chromosome was homologous on the point diagram of relative length ( X - axis ) and arm ratio ( Y - axis ) ( HENEEN ' s method ).

#### 5. karyotype indication

Karyotype of each species was indicated by SHINOTOO ' s method ( 96 ).

#### 6. Statistical analysis of chromosomes morphology

In order to examine the morphological difference of the chromosomes, the author has done the analysis of variance and tested of significance of arm ratio within chromosomes and between plates, and also has done it of relative length within chromosomes.

In comparison of chromosomes morphology between different species, the author has done the analysis of variance and tested of significance of arm ratio and relative length within chromosomes.

#### 7. Classification of tree species

Tree species was classified by UEHARA ' s method ( 114 ).

### RESULTS AND DISCUSSION

#### [1] THE KARYOTYPE DECISION AND ANALYSIS IN SOME CUPRESSACEAE SPECIES

##### 1. Cupressus

##### (1) *C. arizonica* Greene

The chromosome number is  $2n=22$  in the root tips. Chromosome with relative length of 5.00 to 5.99 is two pairs (Chromosome

I and II), and that of 4.00 to 4.99 is nine pairs (Chromosome III - XI). Ten pairs of the 22 chromosome is median (Chromosome I - IX and XI), and only one pair is submedian (Chromosome X). Two pairs of the 22 chromosomes have a secondary constriction individually. Chromosome IV and VI have a secondary constriction in the shorter arm. According to the results of statistical analysis of chromosomes morphology, there is no significant difference between the chromosome V and VII, but significant between the rest at 5% - level.

The karyotype of *C. arizonica* is shown by the following formula ;

$$K(22) = 2A^m + 2B^m + 2C^m + 2^{cs}D^m + 2E_1^m + 2E_2^m + 2^{cs}F^m + 2G^m + 2H^m \\ + 2I^{sm} + 2J^m$$

(2) *C. sempervirens* L.

The chromosome number is  $2n=22$  in the root tips. Chromosomes with relative length of 5.00 to 5.99 is two pairs (Chromosome I and II), and that of 4.00 to 4.99 is nine pairs (Chromosome III - XI). Ten pairs of the chromosomes is median, and one pair is submedian (Chromosome XI). Chromosomes IV and VI have a secondary constriction in the shorter arm. According to the results of statistical analysis of chromosomes morphology, there is no significant difference between the chromosomes II and III, and between the chromosomes V and VII, but significant between the rest at 5% - level.

The karyotype of *C. sempervirens* is shown by following formula ;

$$K(22) = 2A^m + 2B_1^m + 2B_2^m + 2^{cs}C^m + 2D_1^m + 2D_2^m + 2^{cs}E^m + 2F^m + 2G^m \\ + 2H^m + 2I^{sm}$$

(3) Karyotype analysis of two *Cupressus* species

The chromosome numbers of both *C. arizonica* and *C. sempervirens* is  $2n = 22$ . The position of centromeres in the two species is almost median and only one pair is submedian. Both species have two pairs of a secondary constriction in the shorter arm of chromosome IV and VI. According to the results of statistical analysis on the chromosomes morphology, these two species have six pairs of same type chromosomes. Therefore these two species may be considered to be closely related.

As these species do not possess a pair of SAT-chromosomes that is the characteristic of the Cupressaceae species, it seems that the species of this genus has distant relation to another species of Cupressaceae.

2. *Libocedrus*

(1) *L. decurrens* Torr.

The chromosome numbers is  $2n = 22$  in the root tips. Chromosomes with relative length of 5.00 to 5.99 is one pair (Chromosome I), and that of 4.00 to 4.99 is ten pairs (Chromosome II - XI). Seven pairs is median (Chromosome I, II, IV, VI, VII, VIII, and X), two pairs is submedian (Chromosome III and XI), and two pairs is subterminal (Chromosome V and X). Chromosome X has a satellite on the shorter arm. The satellite is 1.85 times as long as the arm to which the satellite is attached. According to the results of statistical analysis of chromosomes morphology, there is significant difference between the all chromosomes at 5% - level.

The karyotype of *L. decurrens* is shown by the following formula ;

$$K(22) = 2A^m + 2B^m + 2C^{sm} + 2D^m + 2E^{st} + 2F^m + 2G^m + 2H^m + 2I^m + 2J^{tst} + 2K^{sm}$$

### 3. *Chamaecyparis*

#### (1) *C. formosensis* Matsum.

The chromosome numbers is  $2n=22$  in the root tips. Chromosomes with relative length of 6.00 to 6.99 is one pair (Chromosome I), that of 5.00 to 5.99 is two pairs (Chromosome II and III), that of 4.00 to 4.99 is five pairs (Chromosome IV - VIII), and that of 3.00 to 3.99 is three pairs (Chromosome IX - XI). Eight pairs is median (Chromosome I - VII and XI), and three pairs is submedian (Chromosome VIII - X). Chromosome IV has a satellite on the shorter arm. The satellite is 0.43 times as long as the arm to which the satellite is attached. According to the results of statistical analysis of chromosomes morphology, there is significant difference between the all chromosomes at 5% - level.

The karyotype of *C. formosensis* is shown by the following formula ;

$$K(22) = 2A^m + 2B^m + 2C^m + 2D^{tm} + 2E^m + 2F^m + 2G^m + 2H^{sm} + 2I^{sm} \\ + 2J^{sm} + 2K^m$$

#### (2) Karyotype analysis of four *Chamaecyparis* species.

The chromosome numbers of *C. formosensis* is similarly  $2n=22$ , compared with *C. obtusa*, *C. pisifera* and *C. pisifera* var. *squarrosa* that was studied by KUROKI (1969). The position of centromeres in the four species is almost median and submedian, and only one pair of *C. obtusa* is subterminal. These four species have one pair of a satellite on those shorter arm. There is a satellite on the chromosome VI of *C. obtusa*, the chromosome VIII of *C. pisifera*, the chromosome IX of *C. pisifera* var. *squarrosa*, and the chromosome IV of *C. formosensis*.

According to the results of statistical analysis on the chromosom-

es morphology, these four species have three pairs of same type chromosomes. And that there are seven pairs of the same type chromosome between *C. formosensis*, and *C. obtusa*, six pairs of that between *C. formosensis* and *C. pisifera*, and four pairs of that between *C. formosensis* and *C. pisifera*.

Therefore *C. formosensis* may be considered to be comparatively closely related to *C. obtusa*, compared with the three species.

#### 4. Discussion on the Cupressaceae species.

The chromosome numbers of four Cupressaceae species is  $2n=22$ . The centromeric position is almost median and submedian, but in *Libocedrus decurrens* two pairs of the chromosomes, whose centromere is subterminal, were seen. The characteristic of the species belonging to Cupressaceae is to have one pair of SAT-chromosome. Moreover, the SAT-chromosome of *Libocedrus decurrens* is larger than the arm to which the satellite is attached, and it is very different, compared with that of other species. Since there is not a pair of satellite but two pairs of secondary constriction on two Cupressus species, it seems that these species are very unique in Cupressaceae.

Therefore it may be said that the Cupressaceae species are comparatively progressive in genetic differentiation.

## (II) THE KARYOTYPE DECISION AND ANALYSIS IN SOME PINACEAE SPECIES

### 1. *Picea*

#### (1) *P. Glehnii* Mast.

The chromosome numbers is  $2n=24$  in the root tips. Chromosomes with relative length of 5.00 to 5.99 is one pair (Chromosome I), that of 4.00 to 4.99 is seven pairs (Chromosome II - VIII), that of 3.00 to 3.99 is three pairs (Chromosome IX -



XI ), and that of 2.00 to 2.99 is one pair (Chromosome XII). Nine pairs of the chromosomes is median (Chromosome I - VII, X and XI), and three pairs of that is submedian (Chromosome VIII, XI and XII). Three pairs of the 24 chromosomes have a secondary constriction. Chromosome II and VIII have a secondary constriction in the longer arm, and chromosome III has it in the shorter arm. According to the results of statistical analysis of chromosomes morphology, there is significant difference between the all chromosomes at 5% - level.

The karyotype of *P. Glehnii* is shown by the following formula ;

$$K(24) = 2A^m + 2csB^m + 2^{cs}C^m + 2D^m + 2E^m + 2F^m + 2G^m + 2csH^{sm} + 2I^{sm} + 2J^m \\ + 2K^m + 2L^{sm}$$

(2) *P. excelsa* Link

The chromosome numbers is  $2n = 24$  in the root tips. Chromosomes with relative length of 4.00 to 4.99 is eight pairs (Chromosome I - VIII), that of 3.00 to 3.99 is three pairs (Chromosome IX - XI), and that of 2.00 to 2.99 is one pair (Chromosome XII). Nine pairs of the chromosomes is median (Chromosome I - VIII and XI), two pairs of that is submedian (Chromosome IX and X), and one pair of that is subterminal (Chromosome XII). Three pairs of the 24 chromosomes have a secondary constriction. Chromosome II and V have a secondary constriction in the shorter arm, and the Chromosome III has it in the longer arm. According to the results of statistical analysis of chromosomes morphology, there is significant difference between the all chromosomes at 5% - level.

The karyotype of *P. excelsa* is shown by the following formula ;

$$K(24) = 2A^m + 2^{cs}B^m + 2csC^m + 2D^m + 2^{cs}E^m + 2F^m + 2G^m + 2H^m + 2I^{sm} + 2J^{sm} \\ + 2K^m + 2L^{st}$$

(3) *P. canadensis* B S P

The chromosome numbers is  $2n=24$  in the root tips. Chromosomes with relative length of 5.00 to 5.99 is one pair (Chromosome I), that of 4.00 to 4.99 is six pairs (Chromosome II - VII), that of 3.00 to 3.99 is four pairs (Chromosome VIII - XI), and that of 2.00 to 2.99 is only one pair (Chromosome XII). Nine pairs of the 24 chromosomes is median (Chromosome I - VIII and XI), and three pairs of that is submedian (Chromosome IX, X and XII). Three pairs of the 24 chromosomes have a secondary constriction individually. Chromosome II and IV have a secondary constriction in the shorter arm, and Chromosome III has it in the longer arm. According to the results of statistical analysis of chromosomes morphology, there is significant difference between the all chromosomes at 5% - level.

The karyotype of *P. canadensis* is shown by the following formula:  

$$K(24) = 2A^m + 2^{cs}B^m + 2csC^m + 2^{cs}D^m + 2E^m + 2F^m + 2G^m + 2H^m + 2I^{sm} + 2J^{sm} \\ + 2K^m + 2L^{sm}$$

(4) Karyotype analysis of three *Picea* species

The chromosome numbers of *P. Glehnii*, *P. excelsa* and *P. canadensis* are  $2n=24$ . The position of centromeres in the three species is almost median and submedian, and only one pair of *P. excelsa* is subterminal. These three species have individually three pairs of secondary constriction. *P. Glehnii* has those on the shorter arm of the Chromosome III and the longer arm of the Chromosome II and VIII, *P. excelsa* has those on the longer arm of the Chromosome III and the shorter arm of the Chromosome II and V, and *P. canadensis* has those on the longer arm of the Chromosome III and the shorter arm of the Chromosome II and IV. Therefore it seems that these three species have a tendency to possess a seco-

ndary constriction on the Chromosome II and III.

According to the results of statistical analysis of the chromosomes morphology, these three species have only one pair of the same type chromosome. And that there are four pairs of the same type chromosome between *P. Glehnii* and *P. excelsa*, five pairs of that between *P. Glehnii* and *P. canadensis*, and two pairs of that between *P. excelsa* and *P. canadensis*, So that the species of this genus may be comparatively progressive in genetic specialization.

## 2. *Tsuga*

### (1) *T. Mertensiana* Sarg.

The chromosome numbers is  $2n=24$  in the root tips. Chromosomes with relative length of 4.00 to 4.99 is seven pairs (Chromosome I - VII), and that of 3.00 to 3.99 is five pairs (Chromosome VIII - XII). Seven pairs of the 24 chromosomes are median (Chromosome I - VII), four pairs of that are submedian (Chromosome VIII - XI), and only one pair is subterminal (Chromosome XII). Three pairs of the 24 chromosomes have a secondary constriction individually. Chromosome I has a secondary constriction in the shorter arm, and Chromosome V and XII have it in the longer arm. According to the results of statistical analysis of chromosomes morphology, there is significant difference between the all chromosomes at 5% - level.

The karyotype of *T. Mertensiana* is shown by the following formula ;

$$K(24) = 2^{cs}A^m + 2B^m + 2C^m + 2D^m + 2_{cs}E^m + 2F^m + 2G^m + 2H^{sm} + 2I^{sm} + 2J^{sm} \\ + 2K^{sm} + 2_{cs}L^{st}$$

## 3. *Pseudotsuga*

### (1) *P. Douglasii* Carr.

The chromosome numbers is  $2n=26$  in the root tips. Chromosomes

with relative length of 5.00 to 5.99 is three pairs (Chromosome I - III), that of 4.00 to 4.99 is two pairs (Chromosome III and IV), that of 3.00 to 3.99 is six pairs (Chromosome VI - XI), and that of 2.00 to 2.99 is two pairs (Chromosome XII and XIII). Five pairs of the 26 chromosomes are median (Chromosome I - V), two pairs of that are submedian (Chromosome VI and XIII), and six pairs of that are subterminal (Chromosome VII and VIII - XII). Two pairs of the 26 chromosomes have a secondary constriction. Chromosome IV and VII have a secondary constriction in the longer arm. According to the results of statistical analysis of chromosomes morphology, there is significant difference between the all chromosomes at 5% level.

The karyotype of *P. Douglasii* is shown by the following formula ;

$$K(26) = 2A^m + 2B^m + 2C^m + 2csD^m + 2E^m + 2F^{st} + 2csG^{sm} + 2H^{st} + 2I^{st} + 2J^{st} \\ + 2K^{st} + 2L^{st} + 2M^{sm}$$

#### 4. Discussion on the Pinaceae species

The chromosome numbers of *Picea* and *Tsuga* are  $2n=24$ , but those of *Pseudotsuga* are  $2n=26$ . The centromeric position of *Picea* and *Tsuga* are almost median and submedian, but in *Pseudotsuga* there are six pairs of subterminal centromere. Although *Picea* and *Tsuga* have three pairs of secondary constriction, *Pseudotsuga* has two pairs of that. Therefore considering the chromosome numbers, centromeric position and secondary constriction, the *Pseudotsuga* species is very unique in Pinaceae.

### [III] THE KARYOTYPE DECISION IN AN ARAUCARIACEAE SPECIES

#### 1. *Araucaria*

- (1) *A. brasiliana* A. Rich.

The chromosome numbers is  $2n=26$  in the root tips. Chromosomes with relative length of 4.00 to 4.99 is six pairs (Chromosome I - VI), that of 3.00 to 3.99 is three pairs (Chromosome VII - IX), and that of 2.00 to 2.99 is four pairs (Chromosome X - XIII). Eight pairs of the 26 chromosomes are median (Chromosome I - VI, VIII and XIII), two pairs of that are submedian (Chromosome IX and XII), two pairs of that are subterminal (Chromosome X and XI), and only one pair is terminal (Chromosome VII). Chromosome VII has a satellite on the shorter arm. The satellite is 3.01 times as long as the arm to which the satellite is attached. According to the results of staistical analysis of chromosomes morphology, there is significant differences between the all chromosomes at 5% - level.

The karyotype of *A. brasiliana* is shown by the following formula ;

$$K(26) = 2A^m + 2B^m + 2C^m + 2D^m + 2E^m + 2F^m + 2G^{tot} + 2H^m + 2I^{sm} + 2J^{st} \\ + 2K^{st} + 2L^{sm} + 2M^m$$

#### ACKNOWLEDGEMNT

The author would like to acknowledge the continuing guidance and encouragement of Dr. KUROKI and Dr. NOGAMI ( Professor, Laboratory of silviculture, Colledge of Agriculture, Miyazaki University, Miyazaki, Japan ).

And then, pleased to acknowledge the considerable assistance of Mr. SAKAMOTO ( Head, Ooita prefectural forestry Experiment Station, Hita, Ooita, Japan ).

付表 - 1. 各樹種の形態、分布および用途の概略

| 樹種   | 樹高 (Hm)<br>直径 (Dm)     | 形態                                | 天然分布                                    | 用途           |
|--|------------------------|-----------------------------------|---|--------------|
| アリゾナイトスギ<br><i>C. arizonica</i> Greene         | H; 10~30<br>D; 1.0     | 樹冠; 広円錐形<br>樹皮; 赤褐色・暗赤褐色          | 米国西部                                    | 造園樹並木        |
| イタリアサイプレス<br><i>C. sempervirens</i> L.         | H; 20~45<br>D; 1.0     | 樹冠; 狭円錐形<br>狭円柱形<br>樹皮; 灰褐色       | 南欧、地中海沿岸、<br>南西アジア、アフガ<br>ニスタン以西        | 造園樹          |
| オニヒバ<br><i>L. decurrens</i> Torr.              | H; 30~60<br>D; 2.0~2.5 | 樹冠; 狭円錐形<br>樹皮; 鮮紅色<br>厚い (2.5cm) | 太平洋沿岸、海岸山<br>脈地帯 (米)<br>海拔 1,500~2,700m | 造園樹          |
| ベニヒ<br><i>C. formosensis</i><br>Matsum.        | H; 20~60<br>D; 2.0~7.0 | 樹形; ヒノキに似る<br>樹皮; 赤褐色             | 台湾<br>海拔 2,100~3,000m                   | 用材<br>造園樹    |
| アカエゾマツ<br><i>P. Glehnii</i> Mast.              | H; 30~40<br>D; 1.5     | 樹冠; 円錐形<br>樹皮; 帯紫赤褐色              | 北海道北部<br>カラフト                           | 用材<br>造園樹・盆栽 |
| ヨーロッパトウヒ<br><i>P. excelsa</i> Link.            | H; 30~70<br>D; 0.6~2.0 | 樹冠; 円錐形<br>樹皮; 帯紫赤褐色              | 北海道北部<br>カラフト                           | 用材<br>造園樹    |
| カナダトウヒ<br><i>P. canadensis</i><br>BSP.         | H; 15~50<br>D; 0.4~1.0 | 樹冠; 円錐形<br>円柱形<br>樹皮; 灰褐色         | アラスカ<br>カナダ<br>米国 (中部・東部)               | 用材<br>造園樹    |
| メルテンスツガ<br><i>T. Mertensiana</i><br>Sarg.      | H; 30~50<br>D; 1.5     | 樹冠; 狭円錐形<br>樹皮; 暗赤褐色              | 米国<br>アラスカより南下し<br>太平洋沿岸地方              | 用材           |
| ダグラスモミ<br><i>P. Douglasii</i> Carr.            | H; 60~90<br>D; 1.5~3.6 | 樹冠; 狭円錐形<br>樹皮; コルク質              | 太平洋沿岸地方<br>北メキシコ中部地方                    | 用材           |
| ブラジルアラウカリア<br><i>A. brasiliana</i> A.<br>Rich. | H; 30~60<br>D; —       | 樹形; 直幹性<br>円錐形                    | ブラジル南部<br>アルゼンチン                        | 用材           |

1976年11月 編 集

1976年12月 発 行

編集・発行所；大分県林業試験場

指導調査室

877 - 13 大分県日田市大字有田字佐寺原

TEL 09732 - 3 - 2146

印 刷 所；大分美術印刷センター

870 大分県大分市羽田 984 - 1

TEL 0975 - 69 - 1181