Kōdō MAEKI: A comparative study of chromosomes in 15 species of the Japanese Pieridae (Lepidoptera-Rhopalocera). Jap. Jour. Genet., 33 (1958): 349~355.

# 日本産シロチョウの染色体研究

## 前 木 孝 道

関西学院大学生物学教室

昭和33年7月7日受領

UDC: 595.78: 576.312

#### Résumé

The present paper reports the chromosomes of 15 Japanese species of the Pieridae with particular concern to the systematic relationship among them. The numerical and morphological relations here established are referable to Table 1 and Figures 1-32. The author wishes to deal with some cytotaxonomical evidence in the following.

The chromosome number in the studied species of the Pieridae shows a wide range of variation ranging from 17 to 61 in haploid; between these extremes the following numbers, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 and 54, occur. This is interesting in comparison with the situation occurring in the Papilionidae, since in the latter the chromosome number is not generally less than 30.

The chromosomes of the butterflies so far reported are uniformly dot-like in form, being rather smooth in outline, while the chromosomes of *Leptidea amurensis* are characterized by a somewhat angular outline. Further, there occur two "Sammelchromosomen" in this species; probably the formation of the "Sammelchromosomen" can be accounted for on the basis of the union of some dot-like elements.

It is interesting to know that Leptidea morsei and Leptidea sinapis are distinctly different in their chromosome constitution. Leptidea morsei was found to possess 54 dot-like chromosomes (n), while in Leptidea sinapis Lorković ('41) reported an individual variation of the chromosome number ranging from 28 to 41, together with the occurrence of the chromosomes of V- and cylinder-like shape. The chromosomes of Leptidea morsei are identical with those of Leptidea morsei major (Lorković '50) in general appearance. It is further noticeable that Leptidea amurensis shows the haploid number of 61 which is highest in the Pieridae so far as the observations go.

A chromosomal dimorphism was found to occur in *Pieris rapae*: there are two groups of animals, one having n, 26 and the other n, 25. The dimorphism is due to the presence of a m-chromosome: the individuals having n, 26 contain a m-chromosome in the haploid set. They are rather frequent in occurrence showing the frequency of 60%.

Pieris melete and P. napi are closely related in many morphological characters, while the chromosomes of these two species differ from each other. The former species is characterized by the basic number of 27 (n), though there is a variation of the chromosome number ranging from 27 to 31 due to the inclusion of the supernumerary chromosomes which vary from 1 to 4. Pieris napi shows a constant number of n, 26.

It was found that the species of *Colias* and *Gonepteryx* are characterized by the haploid number of 31 respectively, while those of *Aporia* show n, 25. No such a constancy in number occur in the species belonging to *Leptidea*, *Eurema*, and *Pieris*.

シロチョウ科 (Pieridae) の染色体研究は現在までに Henking ('90), Denking ('90,'91,'92), Doncaster ('12), Beliajeff ('30), Federley ('38,'42) Lorković ('41,'50) 等により欧州種を材料として 19種の報告がある。一方において日本におけるこの分野の研究は 著者によって今日までに7種類が報告されている (前木 '53 a, b)。日本における Pieridae は Leptidea, Eurema, Gonepteryx, Cotias, Anthocaris,

Hebomoia, Pieris 及び Aporia の 8 属 17 種が産する。著者がここで染色体を報告出来る種は 15 種である。この 15 種のうち既に欧州種において研究されているものは 6 種あり,残りの 9 種は著者によって初めて研究された種類である。この研究に用いた材料のうち,Leptidea morsei は伊藤邦昭氏により飼育された蛹であり,Leptidea amurensis は斎藤和夫氏並びに棟方明陽氏により採集された個体である。その他の種は著者が 1951 年から 1957 年の間に日本の各地において採集した雄の成体,飼育した幼虫,蛹より得た精巣である。固定液は Allen P.F.A.3 液、Allen B-3 液,Bende 液を用い,Paraffin 法により切片は  $10\,\mu$  で切断し,Heidenhain の iron-haematoxylin と light green で染色した。図はアツベ描画装置により画いた。

稿を草するにあたり、 御懇篤なる御指導に与った恩師北海道大学牧野佐二郎教授に 深く感謝の意を表する。また御親切な御援助を賜った関西学院大学小島吉雄教授,並びに材料を提供して下さった北海道美唄市伊藤邦昭氏,弘前大学斎藤和夫氏,北海道学芸大学函館分校棟方明陽氏に感謝する。

#### 観 察

Leptidea amurensis: 1957 年8月弘前で斎藤氏により採集された 20 個体,及び函館山で棟方氏により採集された 2 個体が材料である。 この種の染色体は第 1,2,図にみる如く第一,第二精母細胞分裂において n, 61 で,その中には大形の染色体が 2 個存在する。この 61 個の染色体は他の蝶類にみられる如き点状の染色体ではなくて, 多少角ばった形態を持っていることが特徴である (第 1,2 図)。

Leptidea morsei: 1957 年 11 月伊藤氏により飼育された 2 頭の蛹が材料である。 この種では第一分裂で等大の染色体が 54 個観察された。 この染色体は第 3 図にみるように小形であるが、前種の染色体と比較してより完全な点状の形態を持っている。 この種の染色体については既に Lorković ('41, '50) により、第一分裂でn, 54 の報告がある。

Eurema hecabe: 1952 年夏西宮で採集した個体を材料として、第一、第二分裂で n, 31 で ある (第 4, 5 図)。

Eurema laeta: 1953 年秋大阪府下で採集した個体を材料として第一・第二分裂でn, 29である(第6,7図)。

Gonepteryx rhamni: 1955 年7月北アルプス山麓地帯で採集した3個体を材料として、第一・第二精母細胞でn, 31 である。この種の核型は Gonepteryx mahaguru と非常によく似た核型を持っている(第8, 9図)。この種の染色体については既に Beliajeff ('30) が第一・第二分裂でn, 31, Federley ('38) と Lorković ('41) が同じく第一・第二分裂でn, 31~32 を報告している。

Colias erate: 1951 年札幌, 1952 年京都, 西宮で採集した幼虫・成体を材料として, 第一・第二精母細胞で n, 31 である (第12,13 図)。

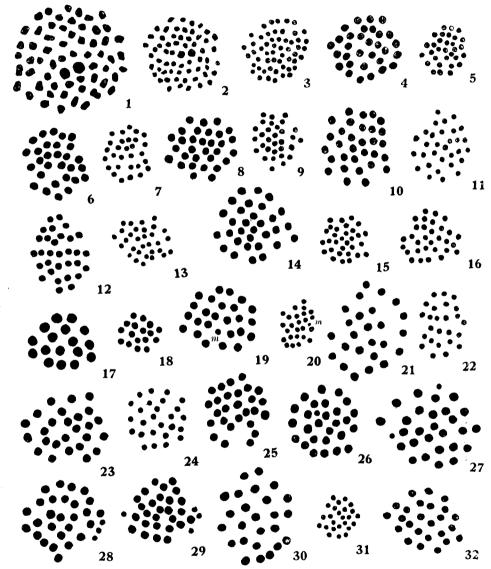
Colias palaeno: この種は日本アルプスにおける 有名な高山蝶である。 1955 年北アルプス 蝶ヶ岳 (2600 m) にて採集した 6 個体の成体が材料である。 この種の染色体は第一・第二精母 細胞で n, 31 と決定した (第 14,15 図)。 Federley ('38, '42) によると, この種の染色体は n, 31~32 である。しかし著者の材料には,n, 32 の細胞はみられなかった。

 $Anthocaris\ scolymus$ : 1952 年 4 月西宮で採集した個体を材料として,第一精母細胞において明確に n, 31 である。 この染色体は他の Pieridae の染色体と比較して形が小さい (第 16 図)。

Hebomoia glaucippe: 1953 年 4 月屋久鳥安房において採集した材料で第一・第二分裂において染色体数は n, 17 であった。この染色体数は著者の研究した Pieridae に属する種の中で

は最も少い数であり、染色体も他の種と比較して大形である(第17,18 図)。

Pieris rapae: 日本において最も普通にみられるこの種には、各地(旭川・札幌・函館・京都・大阪・西宮・高知・宇和島・松山・新居浜・高松)の個体において核型に異った 200 つの型が観察される。 即ち n, 25 と n, 26 の個体が各地に混棲している。 この両者の個体数の比は



Figs. 1~32. Chromosomes of 15 species of Pieridae. 1, 2, Leptidea amurensis (I, II). 3, Leptidea morsei (I). 4.5, Eurema hecabe (I, II). 6, 7, Eurema laeta (I, II). 8, 9, Gonepteryx rhamni (I. II). 10, 11, Gonepteryx mahaguru (I, II). 12, 13, Colias erate (I, II). 14, 15, Colias palaeno (I, II). 16, Anthocaris scolymus (I). 17, 18, Hebomoia glaucippe (I, II). 19, 20, Pieris rapae (n, 26, I, II). 21, 22, Pieris rapae (n, 25, I, II). 23, 24, Pieris napi (I, II). 25, 26, 27, 28, 29, Pieris melete (n, 27, 28, 29, 30, 31, I). 30, 31, Aporia hippia (I, II). 32, Aporia crataegi (I). X 3500. (I), 1st meiotic metaphase. (II), 2nd meiotic metaphase.

n, 25 のものが 40%, n, 26 のものは 60% を占めている (第 19, 20, 21, 22 図)。前者は後者に みられる小形な m-chromosome が消失したものである。それ故,現在までこの種に関する染 色体の報告は,研究者により n, 25 とするもの,n, 26 とするものがあって混乱していた。その研究の歴更をみると,Beliajeff ('30) は n, 25 (I),Federley ('38) は n. 26 (I, II),Lorković ('41) は n, 25 (I, II) であった。

*Pieris napi*: 1951 年と1953 年に札幌で採集した材料で調らべた結果, この種は Henking, Federley, Lorkonić による報告とは異り明らかに第一・第二分裂で n, 26 の染色体を有する(第 23, 24 図)。

Pieris melete: この種に関しては既に著者 ('53) が報告した如く, 札幌・松本・西宮で採集した個体でn, 27 を基本数として, それに $1\sim4$  の過剰染色体が附加されて, 図にみる如くn, 27 から 31 までの染色体が観察される (第 25 $\sim$ 29 図)。

Aporia hippia: この種は日本アルプスにおける有名な高山蝶である。1955 年7月日本アルプスの上高地 (1500 m) において採集した個体を材料として第一・第二精母細胞において、染色体数 n, 25 を確認した (第 30,31 図)。

Aporia crataegi: 1951 年定山溪において採集した個体を材料として,第一精母細胞分裂でn, 25 である (第 32 図)。この種は前種と同じ属の近縁な種であるが,染色体は数も同数であり,核板の様子も非常によく似ている。 この 2 種における精巣の色彩は両者とも黒色をしていて,他の蝶類のそれとは異る。

### 考 祭

Pieridae に属するすべての種において、成熟分裂は蛹の精巣においても、また成体の精巣に おいても観察しうる。 しかしながら,分裂している細胞数は他の蝶類の場合と同様に少い。ま た Pieridae のすべての種において,精巣の形は完全に接合した球形で,精巣外皮の色彩も赤 色である。上述の諸点に関して Papilionidae に属する種では,著者 ('57) が先に報告した如 く種々の型が存在したが、Pieridae においてはすべての種が同一な型に収斂されている。しか しながら、Aporia 属の2種のみは精巣の赤い色素層が厚く外観的には黒色にみえる。また Leptidea 属の春型の成体では成熟分裂は観察できない。しかし夏の成体から得た精巣は正常な 成熟分裂を行っている。この春型及び夏型の精巣の大きさを比較すると、春型のものは夏型の 精巣の 1/10 程度で、非常に軟かで多少細長い形をして背面正中央線上に横たわっている。 著 者が長年にわたって Leptidea 属の種を採集しながら、その染色体の観察に失敗していたのは、 その材料が春型から得たものであった為である。 この春型の精巣は,Nymphalidae の成体で 越冬した個体にみられる精巣の性状と全く同じである。即ち成体で越冬した個体の精巣は夏型 のものの 1/10 から 1/20 の大きさしかなく,成熟分裂も春には全く行わず, その精巣は完成 された正常な有核精子と異常な無核精子によって充たされている。Leptidea 属の春型が何故と のような性状を持つに至ったか、恐らくこの種における春型は越冬した蛹から発生したもので あるが、同じく蛹で越冬する Papilionidae のがんじような蛹と比較して 冬期間における低温 の影響により、このような性状を持つに至ったものではないかと考察される。

Pieridae の染色体数に関しては、Hebomoia glaucippe の n, 17 から Leptidea amurensis の n, 61 の間に分布しており、Papilionidae のすべての種が n, 30 以上であるのと比較して非常に異る。この n, 30 以下の染色体数は n, 29, 28, 27, 26, 25, 17 であって、これらは n, 31 の基本数より由来したものと考えられる。これら染色体数の変化の原因は後述する Pieris rapae

にみられる如き消失によるか,融合して大形の染色体を形成するかによるものと思われる。 それを裏づけする事実として,著者の研究した Pieridae の中で最も少い染色体数をもつ Hebomoia glaucippe (n, 17) の染色体は,他の種の染色体よりも大形である。 また欧州において Federley,Lorković により研究された Pieris brassica (n, 15) の染色体も彼等の論文を見ると非常に大形な染色体である。他の Family においても,これを支持する事実は相当あるが,その代表的な種は Brenthis ino (n, 14) である。また Pieridae に属する Leptidea morsei (n, 54, I) は第一分裂における染色体が他の種の第一分裂におけるものよりも小形であり,逆の立場から染色体数とその大きさの関係を示している。

染色体の形に関しては、すべて点状染色体であるが、ただ1種 Leptidea amurensis においては図にみる如く多少、角ばった点状である。また、この種には2個の大形な染色体が存在するが、これは恐らく染色体の融着によって形成された典型的な"Sammelchromosomen"と考えられる。

Leptidea morsei の染色体は Lorković により研究された欧州の Leptidea sinapis の染色体とは全く異る。Lorković によれば L. sinapis の染色体は n, 28~41 であり,その間には異数関係がみられ,染色体の形状も蝶類には珍らしい V 形,棒形の染色体が存在する。L. morsei は最近まで Leptidea sinapis morsei という学名で呼ばれ,L. sinapis の亜種とされていたが,この種の染色体は蝶類にみられる典型的な点状染色体であり,第一・第二精母細胞において一律に n, 54 で,L. sinapis とは細胞学的には相当に異った種で,明らかに別種であるとする Lorković の意見と一致する。然しながら,L. morsei は Lorković により研究された欧州の L. morsei major と全く同じ核型を持っており,この両者の間には密接な関係が存在する。外部形態学的には L. morsei と非常に類似している L. amurensis は,著者により初めてその核 Table 1. The species studied and their chromosome numbers

Species under investigation	Chromosome number (n)
Pieridae	
Dismorphiinae	
Leptidea amurensis Menetries	61 (I, II)
L. morsei Fenton	54 (I)
Pierinae	
Eurema hecabe mandarina	31 (I, II)
E. laeta bethesba Janson	29 (I, II)
Gonepteryx rhamni maxima Butler	31 (I, II)
G. mahaguru niponica Verity	31 (I, II)
Colias erate poliographus Motschulsky	31 (I, II)
C. palaeno sugiianii Esaki	31 (1, II)
Anthocaris scolymus Butler	31 (I, II)
Hebomoia glaucippe shirozui Kurosawa et Omoto	17 (I, II)
Pieris rapae crucivora Boisduval	25,26 (I,II)
P. melete pseudonapi Verity	27, 28, 29, 30, 31 (1, 11)
P. napi nesis Fruhstorfer	26 (1,11)
Aporia hippia japonica Matsumura	25 (I, II)
A. crataegi adherbal Fruhsaorfer	25 (I, II)

(1), primary spermatocyte. (11), secondary spermatocyte. The arrangement of the species was based on the classification table by Esaki and Shirozu (1951).

型が研究されたが、この種では n=61 であり前述の "Sammelchromosomen" がみられ、L. sinapis, L. morsei 及び L. morsei major とは核型の上で相当なひらきがある。

Pieris rapae の染色体については著者 ('53) が先に札幌種を材料として n, 26 を報告した。 その後この種の染色体数については少しの疑いももたずに数年を経過したが,近年になつて八木 ('56) は Pieris rapae における鱗粉配列の電子顕微鏡像の相異から,四国 (高知) には P. rapae 類似の P. mannii が存在すると報告した。Lorković ('41) の観察によると P. mannii は n, 25 (I, II) であり,たまたま著者は前述のごとく P. rapae の染色体数は n, 26 であると確く信じていたため, P. rapae と P. mannii の区別を核型の違いから明瞭にする意図のもとに,日本各地に約 300 個体の P. rapae を採集した。その詳細な報告は別の機会に譲るとして,今ことでは Pieris mannii の問題にはふれずに,細胞学的な立場だけから P. rapae を眺めると明らかにその核型には n, 26 と n, 25 の 2 型があり, n, 26 の個体数は n, 25 のものに較べて大で,その比率は前者が 60%,後者は 40% を占めている。n, 26 の核型のなかには 1 個の 1 一染色体が存在するが,10 のものにはこの 11 の一染色体が存在するが,12 のものにはこの 12 のものにはこの 13 のはでは特別である細胞では消失してまったく存在しない。これらの結果より 14 の個体は 15 の個体は 16 の 17 の一染色体の消失によって導かれた個体群であると考えられる。

Pieris melete pseudonapi と Pieris napi とは,その学名が示しているように外部形態的に非常に酷似した種である。この2種の染色体は P. melete においては,n, 27 を基本数として $1\sim4$  の過剰染色体が附加されて  $27\sim31$  の染色体が観察されるのに対して,P. napi は n. 26 の確立された核型を持っている。このように外部形態的には非常に類似した種であるが,細胞学的には明確な区別が存在する。

Colias, Gonepteryx, Aporia に属する種の染色体数は 31, 31, 25 という属における同一性を示している。然しながら Leptidea, Eurema, Pieris では, これらに属する種の間に染色体数の同一性はみられない。

上述の如く細胞学的立場から Pieridae をながめると、特に Pieris 属は P. rapae と P. melete において核型の多様性がみられ、細胞学的には相当に不安定な属であることを示している。 この事実に関しては、即ち Pieridae は動揺しつつある不安定な Family であるということは、Federley ('38) 以来の研究者によって述べられてきたが、著者も自身の観察結果から彼等の意見に賛成したい。然しながら、成熟分裂の時期、精巣の形態及び色彩、 並びに染色体数の諸点から考えると、この Family は Papilionidae よりは非常に分化した Family と思われる。この考察は現今において認められている鱗翅類の分類によく一致する。

#### 摘 要

我が国に産するシロチョウ科 (Pieridae) の昆虫 8 属 15 種の染色体を 観察した。 染色体数 とその形態は Table I と Figs.  $1\sim32$  に示した。

- 1. Pieridae に属するすべての種の精巣は、外皮の色彩は赤色であり、形態は完全に結合した球形である。
- 2. 正常な成熟分裂は成体の精巣においても幼虫, 蛹の時期のものと同様に観察することが出来る。
- 3. Leptidea amurensis の染色体のみは他の蝶類の染色体と異って多少角ばった形態を示し、また2個の大形ないわゆる"Sammelchromosomen"によって特長づけられる。
  - 4. 日本産の Leptidea morsei と欧州産の Leptidea sinapis との核型は染色体構成に関し

前木: 日本産シロチョウの染色体研究

て非常に異る。前者はn,54 で点状染色体のみからなり、後者はV形、棒形の染色体を含むn,28~41 の核型をもち、その間には倍数関係が存在する。

- 5. Pieris rapae には日本各地に n, 25 と n, 26 の個体が混在している。その比率は前者 が 40%, 後者が 60% である。n, 25 の核型は n, 26 の核型から m-chromosome が消失して出来た核型である。
- 6. Pieris napi は n, 26 で、Pieris melete は基本数 n, 27 に 1~4 個の過剰染色体が加わり、n, 27~31 の染色体数を持ち、外部形態的に類似しているこの 2 種も細胞学的には明らかな違いがある。
- 7. 染色体数とその大きさとの間には密接な関係があり、染色体数の少い種ほどその染色体は大きい。
- 8. *Pieris* 属は *P. rapae* と *P. melete* とにおいて核型の多様性がみられ、細胞学的には相当に不安定な属である。
- 9. Pieridae は動揺しつつある不安定な Family であるが、成熟分裂の時期、精巣の形態及び色彩、並びに染色体数の諸点から考えて、Family Papilionidae よりは非常に分化した Family と思われる。

#### 文 献

Beliajeff, N. K. 1930. Z. I. A. V. 54.

江崎悌三・白水 隆 1951. 日本の蝶. 新昆虫, 4-9.

Federley, H. 1938. Hereditas 24.

Lorkoviĉ, Z. 1941. Chromosoma 2.

\_\_\_\_\_ 1950 Glasnik 2.

Makino, S. 1956. A review of the chromosome numbers in animals. Hokuryukan, Tokyo. Maeki, K. 1953, Jap. Jour. Genet. 28.

\_\_\_\_\_ 1957 染色体 32.

\_\_\_\_\_ 1957 J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. VI, 13.

White, M. J. D. 1954. Animal Cytology and Evolution. Cambridge University Press.