Pieris rapae の染色体について

前 木 孝 道

関西学院大学・生物学教室

昭和 33 年 7 月 24 日受領

UDC: 595. 78: 576. 312

Résumé

The chromosomes of the cabbage butterfly, *Pieris rapae*, have been studied by several investigators with different results: Beliajeff ('30) reported n , 25 for Russian forms, Federley ('38) gave n , 26 for Finnish forms, Lorković ('41) informed n , 25 for Yugoslavian forms, and the present author ('53) found n , 26 for Japanese forms. It is interesting to know that the chromosomes of *Pieris rapae* reported by Federley ('38) and by the present author ('53) differ slightly, either in number or in morphology, from those of Russian and Yugoslavian forms studied by Beliajeff and Lorkovic.

Morphologically *Pieris rapae* from Europe is very closely related to *Pieris rapae* from Japan. Recently some Japanese lepidopterists have reported the occurrence of *Pieris mannii* in Shikoku, while most authors are doubtful for its occurrence. The present author was undertaken re-examination of the chromosomes of *P. rapae* based on the material collected in various localities, with particular reference to the question as to the occurrence of *P. mannii* in Shikoku. For investigation, the testes of *P. rapae* were adopted as material; they were presented by mature imagoes of 235 specimens which were collected in the following districts: Shikoku (Kêchi, Kubokawa, Uwajima, Matsuyama, Niihama, Takamatsu), Honshu (Nishinomiya, Osaka) and Hokkaido (Hakodate, Sapporo, Asahigawa).

It was found that there occurs a chromosomal dimorphism in *Pieris rapae*: there are two groups of animals, one having n , 26 and the other n , 25. The presence of a m-chromosome seems to cause the dimorphism as mentioned above: the individuals having n , 26 contain a m-chromosome in the haploid set, while those of n , 25 carry no such element. The n , 26 individuals are rather frequent in occurrence with a frequency of 65%. It seems most likely that the n , 26 individuals are of an ancestral type, and that the n , 25 individuals are derived from the former as a result of the disappearance of the m-chromosome.

Considered from the results of the chromosome study of *P. rapae*, it is difficult to discuss the occurrence of *P. mannii* in Shikoku.

モンシロチョウ *Pieris rapae* は日本産蝶類のうちでは全国的に最も普通のもので、幼虫はアブラナ科植物の害虫で、その飛翔期間は寒地の札幌においても 5 月から 10 月に及び、四国、九州の暖地では 3 月から 11 月末までその姿をみることが出来る。この種は欧洲から東洋にかけて所謂旧北区に広く分布しており、北米及びニュージーランドの分布は欧洲からの侵入によるものといわれる。

Pieris rapae についての染色体研究の歴史を一覧すると、先づ最初の研究者 Beliajeff ('30)

はロシアの Moskau 地方において採集した4個体の幼虫における20個の精母細胞分裂の観察から $n, 25$ (I) の染色体数を報告している。次に Federley ('38) はフィンランドの Helsingfors でとった雌雄の個体において、11個の精母細胞 (I, II) と25個の卵母細胞における分裂から $n, 26$ (I, II) を報告し、更に Lorković ('41) はユーゴスラビアの Zagreb 及び Podsused における8個体の雄を材料として $n, 25$ (I, II) を報告した。著者 ('53) は札幌市北海道大学附属農場で採集した雄の幼虫、蛹、成体6個体を材料として10個の精母細胞分裂の観察結果から $n, 26$ (I, II) と報告した。*Pieris rapae* は欧州から極東にかけて最も普通種でありながら、何故に各国の研究者によって染色体数が異なるのか、著者 ('56) は以前から非常に興味を持っていたが、著者 ('53) の観察は Federley ('38) の $n, 26$ (I, II) と一致する故に、その観察結果については少しの疑いも持たずに数年を経過した。

たまたまこのような時期に江崎 ('55) は *Pieris rapae* 類似の *Pieris mannii* が果して日本に産するや否やの疑問を提出した。彼の論文によれば、*Pieris mannii* (Mayer, 1851) は Verity ('08, '11, '47) により最初は *Pieris rapae* の変種として後には独立種として取扱われており、その間に Powell ('09) により卵、幼虫、蛹が研究され、また雄外部生殖器官の比較、*P. rapae* との交配実験が Lorković ('28) により行われ、その F_1 はすべて不妊であることから現在では別種とされるようになったと述べられてある。また *Pieris mannii* の世界の分布については、“この種の確実な分布地域はフランス西部及び南部、スペイン、イタリア、スイス南部、バルカン諸国、南ロシア、トルコ等であるが、Verity の旧著によると、さらに北米合衆国、支那及び日本に及んでいるとのべている。この日本における記録は Oberthür ('09) が四国産の標本から記載したもので、江崎は Oberthür が恐らく少数の標本で日本にも *Pieris mannii* がいるとしたことには、かなりの疑問を示している。江崎は欧州産の *Pieris mannii* と *Pieris rapae* との主なる区別点を列挙しているが、それらは非常に微妙な差異であってその区別はなかなか困難であり、このような差異ならば個体変異の方が更に著しいこともあるので、多数の標本を集めなければその決定は難しい。しかし日本から記録のある以上、われわれとして黒白を明らかにする必要があると結んでいる。

江崎の投じたこの一石は昆虫学者の間に大きな波紋を生じ、今まで忘れられていた *Pieris mannii* の存在について多大の注目を引く結果となった。次いで八木 ('56) は *Pieris rapae* と *Pieris mannii* との鱗粉の形態並びに内部構造の電子顕微鏡像の相異から四国・高知市附近には *Pieris rapae* と共に *Pieris mannii* が存在すると述べて多くの昆虫学者の注目を集めた。八木は鱗粉の発生をしらべると、最初1個の細胞が続けて2回の分裂を繰返して4個の細胞となり、この4個の細胞から1個の鱗粉が形成されるので、細胞が分化した最後の生産物として形成された同一部位における鱗粉の形態並びに内部構造の様式は、それぞれの種における特性を示しているとのべている。

著者は前述の如く、*Pieris rapae* の染色体数は $n, 26$ (I, II) であることを確く信じていた。Lorković ('41) の論文並びに牧野 ('56) の「動物染色体数綜覧」によれば、*Pieris mannii* は $n, 25$ (I, II) で、この核型には *P. rapae* にみられる1個の小形染色体は存在せず、その染色体数は明らかな相異を示している。そこで著者は染色体数の相異から *P. mannii* の存在を確かめようとの意図のもとに1957年5月高知附近に重点を置き広く四国各地(第1図; 高知蟹橋・高知日章・窪川・宇和島・松山・新居浜・高松)に採集旅行を行い145個体の成虫を採集した。その後、大阪・西宮・函館・札幌・旭川の各地で90個体を採集し合計235個体を研究材料として用いた。固定は P. F. A-3 液と Carnoy 液で行い Paraffin 法により 10μ で切断、Heidenhain

第 1 図 採集地：四国（高知日章・高知螢橋・窪川・宇和島・松山・新居浜・高松），本州（西宮・大阪），北海道（函館・札幌・旭川）

haematoxylin と light green で染色した。何故に四国に採集の重点を置いたかといえは、*Pieris mannii* は Oberthür ('09) によって四国の材料で記録されており、また最近の八木 ('56) の研究も四国産の個体を材料としたものであることによる、多くの個体数を採集した理由は、*Pieris mannii* が極く限られた地域に少数しか存在しなかった場合を考慮したからであり、また、*Pieris rapae* と *Pieris mannii* の個体数の比率を求めたいと考えたからである。

著者の行った四国産の *Pieris rapae* に関する染色体調査の結果は次の通りである。染色体数に関しては $n, 26$ の個体と $n, 25$ の個体とが存在することがわかり、著者の期待していた $n, 25$ の個体の存在が実証された。しかしこの $n, 25$ の個体は高知附近のみならず、四国の各地に広く分布している（第1表）。

Pieris rapae は平地性の蝶であり、四国のように中央に山岳地帯を抱えこんで島の周辺部を平地がとりまいている地形では、幼虫食草の分布と考えあわせて *Pieris mannii* がいるとすれ

第 1 表 染色体数 (n) と個体数並びにその採集地

採集地	(n),	25,	26,	27,	25・26,	26・27,	28,
高知(螢橋)		17	31	4		4	1
高知(日章)		4	17				
窪川		5	8				
宇和島		8	5	1		1	
松山		7	7	1		1	
新居浜		5	7				
高松		6	4	2			
西宮		5	13				
大阪		11	17				
函館		1	5				
札幌		6	19	1			
旭川		4	7				
計		79	140	9	2	4	1

ば当然、四国の海岸線に沿った各地にみられ、また本州・九州にもいるものと思われる。そこで著者は大阪・西宮・函館・札幌・旭川の各地に採集して染色体数の調査を行ったところ、意外にこれらの地方にも、すべて $n, 26$ と $n, 25$ の個体が存在することがわかった。著者は今まで *Pieris rapae* は $n, 26$ と確信していたので $n, 25$ の個体が高知附近のみから見出されたのならば著者の期待通りであるが、四国の各地は勿論、更に本州・北海道にも $n, 25$ の個体が存在することになっては、外部形態の上から *Pieris rapae* と *Pieris mannii* との確たる区別のつかない現在においては、*Pieris rapae* の染色体数は個体によって $n, 26$ と $n, 25$ のものが存在すると訂正せざるを得なくなった。このことは Beliajeff ('30), Lorković ('41) による観察結果とも一致することになり、先に述べた *Pieris rapae* についての研究者による染色体数の違いは、たまたまそれ等の研究に用いられた材料が $n, 26$ の個体であったか、或は $n, 25$ の個体であったかの違いに原因すると考えられるに至った。

この $n, 26$ の核型は等大の点状染色体 25 個と小型染色体 (m-染色体)¹⁾ 1 個とから形成されている (第 4, 5, 12 図)。一方において、 $n, 25$ の核型は等大の点状染色体 25 個のみから成

Figs. 2-10: Chromosomes of *Pieris rapae*. 2, 10, 25 chrams. (I). 3, 25 chrams. (II). 4, 8, 9, 26 chrams. (I). 5, 26 chrams. (II). 6, 27 chrams. (I). 7, 28 chrams. (I). m, m-chromosome. (I), 1st spermatocyte. (II), 2nd spermatocyte. $\times 3500$.

っていて、この核板では小形な m-染色体が欠けている (第 2, 3, 11 図)。しかしこの m-染色体が完全に欠けている個体は稀であり、 $n, 25$ の細胞においてもその細胞質中に m-染色体の存在するものが多い (第 10 図)。また $n, 26$ の細胞の分裂に際して他の染色体が中期に赤道板を形成している時、この m-染色体だけが核板からはづれた位置を占める場合 (第 8 図)、あるいは分裂の末期において他の染色体群はそれぞれの極に集合しているのに、m-染色体ははまだ赤道面にとどまっている場合などが観察された (第 9 図)。 $n, 25$ 細胞の細胞質中の m-染色体は細胞膜に近い位置から細胞の中心部、即ち核質に接近した位置まで種々の段階をもつて存在する。著者は便宜上、分裂中期の細胞で細胞質と比較して透明な核質内に m-染色体の存在するものは $n, 26$ の個体とし、不透明な細胞質内に m-染色体の存在するものを $n, 25$ の個体として区別した。その結果第 1 表に示す結果を得た。この第 1 表にみられる $n, 25 \cdot 26$, $n, 26 \cdot 27$, $n, 27$, $n, 28$ の個体は 1 個体内に $n, 25$ と $n, 26$ の細胞, $n, 26$ と $n, 27$ 細胞, $n, 27$ の細胞, $n, 28$ の細胞が観察された場合であり、その個体数は総計 16 個体で全個体数からみるとそう多い数では

1) Wilson ('25) にしたがって m-染色体としておく。

Figs. 11-12. Chromosomes of *Pieris rapae*. 11, 25 chros. (I).
12, 26 chros. (I). m, m-chromosome. (I), 1st spermatocyte.
× 2000.

ない。これら $n, 27$ 及び $n, 28$ の細胞をみると染色体は小形な染色体が 2 個～3 個 $n, 25$ の核板に加わったものである(第 6～7 図)。これら $n, 27$ 及び $n, 28$ は m -染色体そのものの数的変異か、また m -染色体に更に過剰染色体が加わったものか、現在は十分な材料が手許にないので、他日再びふれたいと思う。

上述の如く *Pieris rapae* には $n, 25 \sim 28$ までの染色体数が観察されたが、このうち殆んどものは $n, 25$ と $n, 26$ とであり、その比率は前者が 35%、後者は 65% を占めている。この $n, 25$ の細胞と $n, 26$ の細胞との関係を少しく考察してみたい。多くの動物においてその例がみられるように、核板を形成している染色体の中で最も小形な染色体、すなわち m -染色体はその他の染色体に先がけて消失し、染色体構成の変化を起す事実が知られている。たとえば小熊('30)の蜻蛉目昆虫においてその好例がみられる。ここにのべる *Pieris rapae* も $n, 26$ を原始型として $n, 25$ の個体群は m -染色体の消失によって導かれたものではないかと考えられる。i) $n, 26$ の個体、ii) $n, 25$ でありながら細胞質中のいろいろな位置に m -染色体が未だみられる個体、iii) 完全に m -染色体が消失した $n, 25$ の個体、以上の個体群はそれぞれ $n, 26$ から $n, 25$ へ向って一連の変化への段階を示しているように思われる。これら染色体数の変異は当然その生物における外部形態に差異を生ぜしめる原因となるのではあるまいか。これはしかし単なる考察であって、何等の直接的な細胞学的拠証はない。今後に残された細胞遺伝学上の一課題である。

著者は最初の考えでは外部形態的に区別の困難な *Pieris rapae* と *Pieris mannii* の 2 種をそれぞれの染色体構成の違いから区別しようと意図したが、*Pieris rapae* の染色体数については Beliajeff('30) 及び Lorković('41) の $n, 25$ と Federley('38) 及び著者('53) の $n, 26$ とがあり、このたび著者が四国を中心として日本各地で見出した $n, 25$ の *Pieris rapae* は果して全部 Beliajeff, Lorković の研究材料となった *Pieris rapae* であるか? 或はまた Oberthur('09), 八木('56) のいうところの *Pieris mannii* であるか? またこの $n, 25$ の個体群には *Pieris rapae* の $n, 25$ の個体と *Pieris mannii* ($n, 25$) とが混在しているのか? これ等の個体の間において細胞学的に染色体構成の差異が見出せない以上、この 2 種の区別をすることは困難となった。ここにおいて染色体の相異から蝶の分類学に材料を提供しようと思った最初の意図するところとは異って、逆に外部形態学的研究から力を借りなければならなくなった。即ち著者が四国各地で採集したすべての個体は顕微鏡標本と対照して $n, 26$ と $n, 25$ とに区別して、九州大学江崎悌三教授の許へ送付したが、その結論を聞かないうちに江崎教授は物故され

た次第である。ともあれ、この *Pieris mannti* の日本における分布については多くの人々が疑問を持って居り、八木 ('56) の電子顕微鏡像による鱗粉形態の差異も単なる変異によるものであって、日本各地の *Pieris rapae* を電子顕微鏡で調べると恐らくあちこちから *Pieris mannii* の如き電子顕微鏡像が出てくるのではないかと述べている昆虫学者もいる。

シロチョウ科 Pieridae は Federley ('38) の細胞学的研究により *Leptidea sinapis*, *Colias palaeno*, *Gonopteryx rhamni*, *Aporia crataegi* において核型の多様性が報告されており、著者 ('53, '58) もまた *Pieris melete*, *Pieris rapae* について、この2種の核型にいろいろのものが存在することを報告した。Federley ('38) 以来の研究者は Pieridae は未だ分化への途中の科であって、この科に属する種は現在動きつつあると述べているが、著者の研究では Pieridae の中で特に *Pieris* 属に核型の多様性という傾向が強いと思われ、この *Pieris rapae* と *Pieris mannii* の問題もこれと関連して一層の困難を吾人に与へている。目下、 $n, 25$ の個体と $n, 26$ の個体との間において交配実験を実施中であり、この結果が判明すれば、 $n, 25$ が果して何者であるか、即ち日本の *Pieris mannii* の存在について多少の批判ができることと思われる。

稿を終るにあたり、終始御懇篤なる御指導に与つ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。またいろいろと有益な御助言を戴いた関西学院大学小島吉雄教授並びに九州大学故江崎悌三教授に感謝する。

摘 要

Pieris rapae の染色体数については今迄に Beliajeff ('30) の $n, 25$ (I); Federley ('38) の $n, 26$ (I, II); Lorković ('41) の $n, 25$ (I, II); 著者 ('53) の $n, 26$ (I, II) の報告がある。これらの研究者により何故、*Pieris rapae* の染色体数が異なるのか著者は疑問に思っていた。近年、四国に *Pieris rapae* 類似の *Pieris mannii* ($n, 25$) が果して存在するか否かの問題が議論せられるようになり、著者は染色体の研究から *Pieris mannii* の存在を確かめようと四国各地(高知・窪川・宇和島・松山・新居浜・高松)において、*Pieris rapae* 145 個体、本州・北海道(西宮・大阪・函館・札幌・旭川)において 90 個体、合計 235 個体を採集し染色体の研究をした。

1. 日本各地の *Pieris rapae* には $n, 25$ と $n, 26$ の個体が存在する。
2. $n, 26$ の核型は $n, 25$ のものと比較して小形な m-染色体が1個多い。
3. $n, 25$ の細胞では、この m-染色体は細胞質の中に存在するか、或はまったく消失している。
4. *Pieris rapae* は $n, 26$ を原始型として $n, 25$ へと変化していくように思われる。
5. $n, 26$ と $n, 25$ の個体数の比率は前者が 65%, 後者は 35% を占めている。

Federley ('38) の研究以来、Pieridae は変化への途中にある科といわれ、核型の不安定な種を多く含んでいるが、果して日本に *Pieris mannii* が存在するか否かの問題も Pieridae の不安定性と関連して、細胞学的に *Pieris rapae* との区別がつかない以上この分野からの結論は下せない。

文 献

- Beliajeff, N. K. 1930. Die Chromosomenkomplexe und ihre Beziehung zur Phylogenie bei den Lepidopteren. Z. I. A. V. 54: 369-399.
- Esaki, T. 1955. *Pieris mannii* は日本に産するか。蝶と蛾 6 巻: 7-8.

- Federley, H. 1938. Chromosomenzahlen finnlandischer Lepidopteren. 1. Rhopalocera. *Hereditas* **24**: 397-365.
- Lorkovic, Z. 1941. Die Chromosomenzahlen in der Spermatogenese der Tagfalter. *Chromosoma* **2**: 155-191.
- Makino, S. 1956. A review of the chromosome numbers in animals. Revised Edition. Hokuryukan, Tokyo.
- Maeki, K. 1958. A chromosomal study in fifteen species of the Japanese Pieridae (Lepidoptera-Rhopalocera) Jap. J. G. **33**.
- Oguma, K. 1930. A comparative study of the spermatocyte chromosomes in allied species of the dragonfly. J. Fac. Sci Hokkaido Univ. Ser. VI. **1**: 1-32.