

Kontyû, 37 (2): 179-186. 1969

クワガタムシ科 5 種の染色体¹⁾

阿部 東²⁾・工藤貢次³⁾・近藤 格⁴⁾・斎藤和夫
弘前大学理学部生物学教室

A chromosome study in five species of Lucanidae
(Insecta: Coleoptera)

By Azuma Abe, Kohji Kudoh, Itaru Kondoh, and Kazuo Saitoh
Department of Biology, Hirosaki University, Hirosaki

クワガタムシ科 (Lucanidae), 特にクワガタ亜科 (Lucaninae) の昆虫は, 我々が日常親しんでおり, かつ分類学的研究も詳しくなされているにもかかわらず染色体細胞学的研究は意外に少なく, これまでに日本ではノコギリクワガタ *Prosopocoilus inclinatus* Motschulsky の染色体が調べられているに過ぎない (牧野 1956, Smith 1953, 1960, 利岡・山本 1937). また Virkki は *Dorcus parallelipedus* L. の染色体を検しているが (Smith 1960 による), クワガタムシ類にかんする我々の細胞学的知見は大変貧弱であると言わねばならない.

この報告では, まず基礎的知見をうるために行なつた固定材料によるクワガタ亜科 4 属 5 種についての染色体細胞学的所見を述べる.

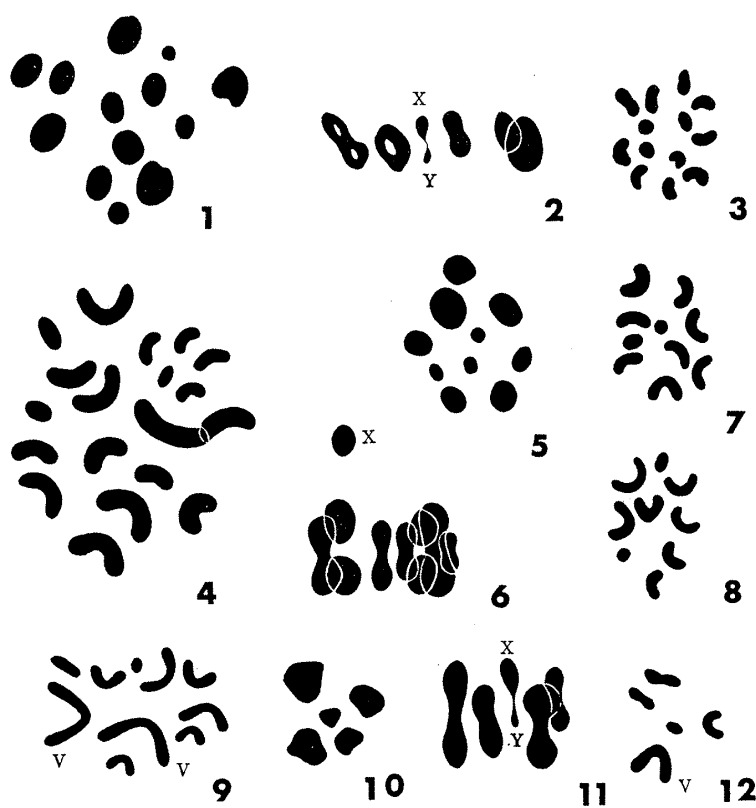
材 料 と 方 法

青森県内で採集された成虫の精巢を用いた. Allen P.F.A.-3 液で固定後, パラフィン法によつて 10 μ の連続切片をつくり, Heidenhain の鉄ヘマトキシリンで染色, 総合倍率 3,200 倍で検鏡した. この研究では中期染色体の観察と染色体数の調査に主力を注いだが, 観察は良好な中期核板についてのみ行ない, 極面観での観察細胞数を夫々の種について記してある. 染色体のスケッチには Abbe の装置を用いた. 付図の極面図には観察例中の代表的な中期像を示し, また観察した中期像に共通する特徴が認められた場合には, それをその種の核型の特徴として記述した. なお, 核型の分析は動原体部を明らかにした上でなされるべきであると思われるので, この報告では各種毎の核型の分析はさし控える. また, ノコギリクワガタでは別に酢酸ダーリヤ法による精巢のおしつぶし標本をつくつて補足的観察も行なつた. なお, 学名は野村 (1963) に, 性染色体の対合様式の区分は Smith (1953) に従つた.

- 1) 青森県の昆虫に関する調査 (弘前大学動物形態学研究室) 16.
- 2) 現所属: 五所川原市県立五所川原農林高校.
- 3) 弘前市柴田女子高校.
- 4) 十和田市伝法寺中学校.

観 察 結 果

1) ミヤマクワガタ *Lucanus maculifemoratus* Motschulsky の染色体：南郡平賀町葛川産 (17-VI-1965) の1頭の精巢を検した。精原細胞の良好な分裂像は見当らなかつたが、成熟分裂の中期像は観察できた。20ヶの細胞で第1分裂中期の染色体を検したが、染色体数は $n=13$ である (第1図)。側面観で相同染色体の対合状態を詳細に調べると大小の染色体より成る一対が識別される (第2図)。これは性染色体対であつて大きい方は X 染色体



Figs. 1-3. *Lucanus maculifemoratus*. 1. Metaphase-I, $n=13$. 2. First division, side view. 3. Metaphase-II, $n=13$. X: X-chromosome. Y: Y-chromosome.

Figs. 4-8. *Prosopocoilus inclinatus*. 4. Spermatogonial metaphase, $2n=19$. 5. Metaphase-I, $n=10$. 6. Meta-anaphase-I, side view. 7. Metaphase-II, $n=10$. 8. The same, $n=9$.

Figs. 9-12. *Nipponodorcus rubrofemoratus*. 9. Spermatogonial metaphase, $2n=10$. 10. Metaphase-I, $n=5$. 11. The same, side view, $n=5$. 12. Metaphase-II, $n=5$. V: Metacentric chromosome.

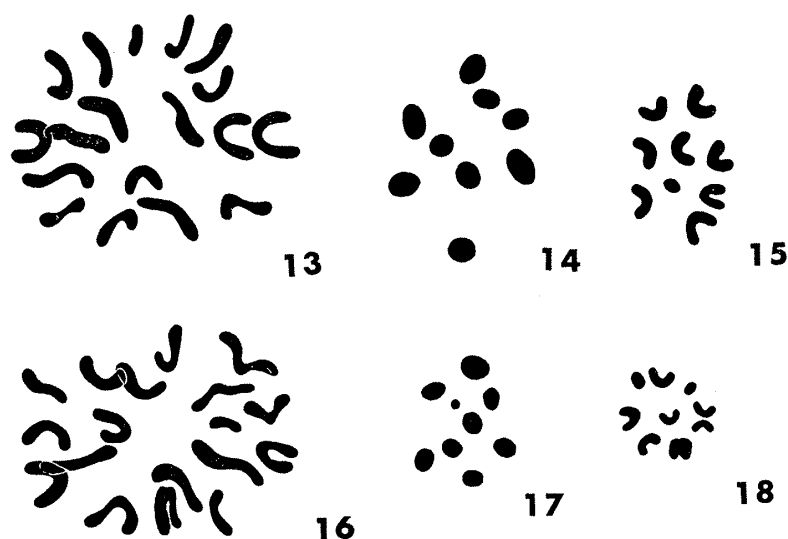
Bottom bar: 10μ .

(第2図のX), 小さい方はY染色体(第2図のY)と思われる. 第2図のXY対の対合状態は Xy_r 型に相当すると思われる. 第2分裂の中期染色体は32ケの細胞で検したが, 染色体数は何れも $n=13$ であつた(第3図). 第1分裂側面観で識別される大小染色体の対がXY対でXとYとが両極に分れれば, 第2精母細胞では染色体数が $n=13=12A+X$, $12A+Y$ となるが, 第2分裂中期でXとYを識別することは実際上大変むづかしいので, Xークラス, Yークラスの中期像を区別して示すことを差し控えた.

2) ノコギリクワガタ *Prosopocoilus inclinatus* Motschulsky の染色体: 北郡市浦村(10-VII-1965, 1♂) および板柳町産(28-VII-1966, 1♂; 10-VIII-1966, 1♂)の3頭の精巣を検した. 精原細胞の中期染色体は全個体で合計25ケの細胞で観察された. 染色体数は $2n=19$ である(第4図). 従つて性染色体は一つであると考えられる. 第4図に示した核板についてみる限りでは, この $2n$ 染色体群は短棒状の3ケとV型乃至J型の染色体16ケより成るといえる. 第1分裂中期の染色体は1個体において22ケの細胞で観察したが, 染色体数は $n=10$ である(第5図). 中〜後期の側面観では1極に先行する染色体が一つ認められるが, これは性染色体(X染色体)と考えられる(第6図のX). 第2分裂中期の染色体は全個体において合計16ケの細胞で観察したが, これらのうち10ケは $n=10$ (第7図), 6ケは $n=9$ (第8図)であつた. 前者は性染色体(X染色体)を含み, 後者は含まないと考えられる.

弘前市青女子産(28-VII-1966)の1頭で行なつたおしつぶし標本による観察でも, 第1分裂で $n=10$ の染色体が認められ, 横面観では先行する染色体が一つ認められた(第19, 20図). また第2分裂では染色体数10と9の第2精母細胞が認められた(第21, 22図).

3) アカアシクワガタ *Nipponodorcus rubrofemoratus* Vollenhoven の染色体: 西郡十二湖(13-VIII-1965, 1♂) および北郡板柳町産(11-VIII-1966, 1♂)の2頭の精巣を検し, 精原細胞および精母細胞の中期染色体は両個体で共に観察できた. 精原細胞の中期染色体は合計28ケの細胞で観察したが, 染色体数は $2n=10$ である(第9図). この図に示されるように $2n$ 染色体には, 他の8ケより明確に区別できる一対の大型のV型染色体が含まれ(第9図のV), 観察した28ケの精原細胞でこの一対は常に識別された. 性染色体は2ケ含まれていると考えられるが, 第9図の核板では短棒状の1ケがX染色体, 点状の1ケがY染色体かと推定される. 第1分裂中期の染色体は17ケの細胞で検したが, 染色体数は $n=5$ である(第10図). 第11図には $n=5$ の染色体が認められる横面観を示すが, 大小染色体の対が一つ認められる. これは性染色体対で, ミヤマクワガタと同じく大きい方がX染色体(第11図のX), 小さい方はY染色体(第11図のY)であろう. 矢張り Xy_r 型の対合と思われる. 第10図の n 染色体群中の最小の染色体は恐らくXY対であろう. 第2分裂中期の染色体は合計15ケの細胞で観察したが何れも染色体数は $n=5$ である(第12図). 上述の観察結果より考えられる通りアカアシクワガタでも第2精母細胞は2種類であつて, 夫々XまたはY染色体を含むと思われる. 第2分裂でも大型のV染色体は識別されるが(第12図のV), XとYとを区別することは実際上大変むづかしいので, 両クラスを区別して図示することを控えた. 第12図の像はYクラスでないかと思われる.



Figs. 13-15. *Macrodorcas rectus*. 13. Spermatogonial metaphase, $2n=18$. 14. Metaphase-I, $n=9$. 15. Metaphase-II, $n=9$.

Figs. 16-18. *Macrodorcas binervis*. 16. Spermatogonial metaphase, $2n=18$. 17. Metaphase-I, $n=9$. 18. Metaphase-II, $n=9$.

Bottom bar: $10\ \mu$.

4) コクワガタ *Macrodorcas rectus* Motschulsky の染色体: 北郡板柳町産(10-VIII-1966) の1頭の精巢を検し, 精原, 精母細胞の中期染色体を共に観察できた。精原細胞の中期染色体を12ヶの細胞で観察したが染色体数は $2n=18$ である(第13図)。従つて2ヶの性染色体が含まれると考えられる。代表的な中期像を第13図に示した。第1分裂および第2分裂の中期染色体は夫々12ヶおよび18ヶの細胞で観察されたが, 何れも染色体数は $n=9$ である(第14, 15図)。第1分裂の横面観で性染色体を識別できるような像は見当らなかった。精原細胞の2ヶの性染色体がX染色体とY染色体であつて, 第1分裂で両極にわかれれば第2精母細胞にはXークラスとYークラスができる。しかし第1分裂でX, Y染色体を確認していないし, また第2分裂で性染色体を識別することは実際上大変むづかしいので, 第2分裂では両クラスを区別して図示することはしなかった。

5) スジクワガタ *Macrodorcas binervis* Motschulsky の染色体: 北郡板柳町(16-VII-1966, 1♂) および 南郡平賀町葛川産(10-VIII-1966, 1♂) の2頭の精巢を検し, 中期の $2n$ および n 染色体は両個体で共に観察できた。精原細胞の中期染色体は合計7ヶの細胞で観察されたが染色体数は $2n=18$ である(第16図)。前種同様, 性染色2ヶ(XおよびY染色体)を含むと考えられる。第16図は代表的な中期像である。第1分裂および第2分裂の



Figs. 19-22. *Prosopocoilus inclinatus*. All are from the acetic dahlia squash-materials. 19, 20. Metaphase-I, side view. $n=10$ in each. 21. Metaphase-II, $n=10$. 22. The same, $n=9$. X: X-chromosome.
Bottom bar: 10μ .

中期染色体は夫々 12 枚、9 枚の細胞で観察したが染色体数は共に $n=9$ である (第 17, 18 図)。第 1 分裂の横断観で性染色体対を確認できなかったし、第 2 精母細胞での性染色体の識別はむづかしいので、第 2 分裂では X—, Y—クラスの区別は行なわなかった。

考 察

まず所検の 5 種の染色体数について考察する。既述の通りミヤマクワガタ *Lucanus maculifemoratus* では精原細胞の中期染色体を検するに至らなかった。しかし精母細胞についての観察から推してこの種の $2n$ 染色体数は 26 と思われる。ノコギリクワガタ *Prosopocoilus inclinatus* はこれまでに細胞学的に調べられた本邦では唯一のクワガタムシ科の種であつて、利岡・山本 (1937) によつて雄の染色体数が $2n=19$, $n=10$ (I), 10, 9(II) と報告されている。この結果は我々の今回の結果と一致している。アカアシクワガタ *Nipponodorcus rubrofemoratus*, コクワガタ *Macrodercas rectus* およびスジクワガタ *Macrodercas binervis* は近似の種であつてコクワガタとスジクワガタは共に $2n=18$, $n=9$ (I, II) であるから染色体数は全く相等しい。これに対してアカアシクワガタは $2n=10$, $n=5$ (I, II) であるが、今コクワガタとスジクワガタが夫々性染色体を 2 枚含むとすれば $2n$ の常染色体数は 16 となり、アカアシクワガタの $2n$ のそれと比較すると丁度 2 倍となる。またアカアシクワガタはかつて *Macrodercas* 属にいれられていたが (湯浅・中根 1950), 現在

はこれから分離されて *Nipponodorcus* 属にいれられているのは周知の通りである。染色体数の倍加は種の分化の有力な要因となりうることからすれば、アカアシ、コ、スジクワガタにみられたこの染色体数の関係はクワガタムシ類の系統進化を考察する上に重要であろう。なお、*Macrodorcas* に近い一種 *Dorcus parallelopipedus* でも $2n=18$, $n=9$ (I) の染色体数が認められている (Smith 1960)。

次に核型に若干言及しておきたい。すでに述べてある通りアカアシクワガタでは大型の V 型染色体が識別され、所検の範囲では $2n$ 染色体には一対、第 2 分裂で一つが常に認められている。従つてこれはアカアシクワガタの核型の特徴の一つと考えられよう。更にヒメオオクワガタ *Nipponodorcus montivagus* の核型が判れば *Nipponodorcus* と *Macrodorcas* の関係を一層詳しく知りうることになる。

これらの 5 種および *Dorcus parallelopipedus* の性決定様式をみると第 1 表に示す通りであつてミヤマクワガタ、アカアシクワガタおよび *D. parallelopipedus* は何れも雄ヘテロの XY 型である。コクワガタとスジクワガタでは上記の通りまだ X, Y を確認していない。あるいは性染色体が識別される程の分化をとげていないと想定もされるので、これらの性染色体は更に検討が必要であるが、恐らくは XY 型と推定される。このような雄の XY 型とは別にノコギリクワガタが雄 XO 型であることがここで注目される。この種の雄はほかのクワガタムシ類の雄のようにもともとは XY であつて、それが Y の消失によつて XO となつたのか、それともはじめから性染色体を一つもつただけであつたかは今の所全く判らない。この関係を探る一つの方法としても同属のオキナワノコギリクワガタ *Proso-pocoilus dissimilis* やタカサゴノコギリクワガタ *P. motschulskii* の細胞学的検索が望まれる訳である。

性決定様式が XY 型のこれらのクワガタムシ類では、第 1 分裂で XY 対ができるがミヤマクワガタとアカアシクワガタは X_{y_1} 型、*Dorcus parallelopipedus* が neo-XY 型 (Smith 1960) であつて対合様式は一様ではない。この類の系統分化を考えるにはこれらの異同も考慮する必要がある。

Table 1. Chromosome numbers and sex-determining mechanism of lucanid beetles studied so far.

Species	Chromosome numbers; Sex-determining mechanism in the male (Reference)
Lucaninae	
<i>Lucanus maculifemoratus</i>	13 (I, II); XY (Present study)
<i>Prosopocoilus inclinatus</i>	{ 19 g, 10 (I), 10, 9 (II); XO (Toshioka & Yamamoto 1937 and present study)
<i>Nipponodorcus rubrofemoratus</i>	10 g, 5 (I, II); XY (Present study)
<i>Macrodorcas rectus</i>	18 g, 9 (I, II); Probably XY (Present study)
<i>Macrodorcas binervis</i>	18 g, 9 (I, II); Probably XY (Present study)
<i>Dorcus parallelopipedus</i>	18 g, 9 (I); XY (Smith 1960)

g: Spermatogonium, I: Primary spermatocyte, II: Secondary spermatocyte.

要 約

青森県内で採集されたクワガタムシ科 (Lucanidae) の 4 属 5 種について雄の染色体を調べた。それらの種名、染色体数および性決定様式を一括して第 1 表に示したが、観察結果は次のように要約される。

ミヤマクワガタ *Lucanus maculifemoratus* は染色体数が $n=13$ (I, II) であつて、第 1 分裂で XY 対を識別できる (第 1, 2, 3 図)。ノコギリクワガタ *Prosopocoilus inclinatus* は $2n=19$, $n=10$ (I), 10, 9(II) である (第 4, 5, 7, 8, 19, 20, 21, 22 図)。この結果は利岡・山本 (1937) の観察と一致する。第 1 分裂では、一極に向つて先行する性染色体 (X 染色体) が認められる (第 6, 19, 20 図)。アカアシクワガタ *Nipponodorcus rubrofemoratus* は $2n=10$, $n=5$ (I, II) であつて (第 9, 10, 11, 12 図)、大型の V 型染色体が精原細胞には一対、第 2 精母細胞に一ヶ含まれている (第 9 図の V, 第 12 図の V)。またこの種でも第 1 分裂で XY 対を識別できる (第 11 図)。コクワガタ *Macrodercas rectus* (第 13, 14, 15 図) とスジクワガタ *Macrodercas binervis* (第 16, 17, 18 図) は染色体数は同じであつて共に $2n=18$, $n=9$ (I, II) である。性染色体構成は雄が XY と推定される。従つて XO 型であるノコギリクワガタはこれらのうちでは特異な種である。なお、第 1 分裂での XY 対を比較すると対合様式はミヤマクワガタとアカアシクワガタが rod 型であつて neo-XY 型である *Dorcus parallelipedus* と異つている。またアカアシクワガタとコクワガタおよびスジクワガタの染色体数の関係が注目される。

謝辞：日頃鞭撻下さる弘前大学理学部生物学教室内田 一教授 および文献の調査に多大の便宜を与えられた北海道教育大学札幌分校生物学教室竹内 恭教授 にあつくお礼を申し上げる。

文 献

- 牧野佐二郎 1956 動物染色体数総覧, 改訂増補版; 北隆館, 東京.
 野村 鎮 1963 クワガタムシ科; 原色昆虫大図鑑, 2: 103-110.
 Smith, S. G. 1953 Chromosome numbers of Coleoptera; Heredity, 7(1): 31-48.
 — 1960 Chromosome numbers of Coleoptera (II); Can. J. Genet. Cytol., 2(1): 66-88.
 利岡静一・山本泰二 1937 甲虫の染色体数表; 植動, 5(7): 1338-1344.
 湯浅啓温・中根猛彦 1950 鞘翅目, くわがたむし科; 日本昆虫図鑑, 改訂版, 1302.

Résumé

The chromosomes of five species of lucanid beetles were studied in male germ cells (Table 1).

The haploid chromosome number established for *Lucanus maculifemoratus* was 13 (Figs. 1 and 3) and an XY-pair of rod-association (Smith 1953) was distinguishable in the first division (Fig. 2). These findings confirm that the diploid

number of the chromosomes is 26 in this species. The diploid complement of *Prosopocoilus inclinatus* was 19 in number (Fig. 4), and ten elements were observed at metaphase-I (Fig. 5). An unpaired X-chromosome showing a precocious migration to one of poles was distinguished in this species (Figs. 6, 19 and 20). As a result of the first division, two kinds of the secondary spermatocytes, 10 and 9 in n , were produced (Figs. 7, 8, 21 and 22). The former is the X-class cell and the latter the non-X-class one. The chromosome number of this species established in this study coincides with that reported previously by Toshioka and Yamamoto (1937). This species is quite unique in its sex-determining mechanism (XO-♂), because the other lucanid species so far studied have an XY sex-determining mechanism in the male (Table 1). The diploid complement of *Nipponodorcus rubrofemoratus* was 10 in number (Fig. 9) and characterized by a pair of large chromosomes of metacentric nature (Fig. 9, V). This element was also distinguishable with easiness in the second division (Fig. 12, V). The haploid complement of this species was thus 5 in number (Figs. 10, 11 and 12). An XY-pair of rod-association was also recognized in the first division (Fig. 11). The chromosomes of two allied species of *Macrodorcas* here under study were uniformly $2n=18$ and $n=9$ in number (Figs. 13-18). It is evident that the diploid complement of these two species comprizes two sex-chromosomes, probably an X and a Y, respectively.

新 著 紹 介

Pacific Insects Monograph 19

I. W. B. Thornton and S. K. Wong, 1968: The Peripsocid Fauna (Psocoptera) of the Oriental Region and the Pacific. 158 pp.

著者の 1 人 Thornton 氏は最近までホンコン大学におられたので我が国の昆虫学者で面識のある方もあると思う。このモノグラフには東洋区および太平洋諸島の マドチャタテ 科 5 属 107 種 (57 新種を含む) がまとめてある。特にマラヤ, フィリピン, パプア, ポリネシア地区から多くの新種が記載された。邦産種 3 属 8 種も記録されている。また台湾, 香港, 或はネパール等からの新種もあり, 最近の我が国昆虫学者の活動地域をカバーしていて, 見逃せない文献である。著者の種群の特徴や分布に関する考察は興味深い。定価 1,440 円 (上製 1,800 円), 送料共。申し込みは九大農学部昆虫学教室内パンフィック・インセクト宛。
(平嶋義宏)