2. In *D. virilis*, no fundamental differences in emerging activity exist between the *wild* race and the *w*-race. However, the *st*-race acts somewhat differently, showing large percentage of emerging individuals during 11-14 hours (Table 1). Cross-experiments, *wild* × *st* and *st* × *w*, show that this character of *st*-race behaves as recessive to that of *wild* race, in accordance with the morphological expression of eye colors in these two races (Tables 3, 4 and 5).

3. In *D. melanogaster*, no remarkable differences can be found out in the emergence activity between the *wild* race on the one hand and the *w*-, *st*-, *vg*- and *dp*-race on the other. However, the *se*-race behaves somewhat characteristically, i. e., the number of individuals emerging during 2-5 hours is far smaller and that emerging during 11-14 hours is fairly larger than in other races. Cross-experiment, *wild* × *se*, shows that this character of the *se*-mutant behaves rather as dominant to that of the *wild* race, in spite of recessive nature of *se*-gene as a determinant of the external morphological expression of eye color (Tables 6, 7 and 8). Flies (*wild* race) that emerging during 5-8 hours (A series) and 14-23 hours (B series) were successively selected covering 12 generations, but no remarkable differences in the modes of emergence were observed in both series.

Tosihide Yosida 1949. Chromosome studies in the Coleoptera. III. The structure and formative elements of the sex chromosomes of *Luperodes praeustus* Motsch., with a consideration on their evolution. *Jap. Jour. Genet.* 24: 156~162 (With English résumé, p. 161~162)

鞘翅目昆虫の染色體研究 III

カラフトクロウリハムシの性染色體の構成要素について¹⁾

吉 田 俊 秀

北海道大学理学部動物学教室

昭和 24 年 1 月 25 日受領

ある染色體が他の染色體に結合して行動する場合、吾々はこれを接着型染色體 (Multiple chromosome) と名付け、これが性染色體を含む場合には接着型性染色體 (Multiple sex chromosome) と名付けた。接着型性染色體の発見は de Sinety (1901) が直翅類の *Leptimia* において見たのが最初で、その後 McClung (1917) がやはり直翅類の *Hesperotettix*, *Mermiria* の数種において同様な性染色體の発見をなしその行動について詳細な研究をなした。その他、小熊 (1921, 1946) の研究せる カマキリ科数種における X_1X_2-Y 型、及び King & Bea-

1) Contribution No. 221 from the Zoological Institute, Faculty of Science, Hokkaido University, Sapporo. 文部省科学研究費 (遺伝の総合研究) の補助による研究。

ms (1938) によるバツタ科の *Paratylotropidia brunneri* の X_1X_2 -Y 型の性染色体も性染色体と常染色体の結合に由来すると考えられている。しかし鞘翅目におけるこの型の報告は甚だ少く，Asana, Makino & Niiyama (1942) によるタマムシ科3種類 (*Julodis whitthilli*, *Sternocera laevigata* 及び *S. nitidicollis*) の研究が，その最も代表的なものである。著者がこの度観察せるカラフトクロウリハムシ *Luperodes praeustus* Motsch. の性染色体も，恐らくこの型の性染色体であろうと思われる。ここに観察の結果を報告し，併せてその構造と進化の由来について考察をしてみたいと思う。

稿を草するにあたり有益なる御助言を賜つた小熊捍博士ならびに終始御懇篤なる御指導を賜つた恩師牧野教授に深甚の謝意を表す。

観 察 結 果

1. 精原細胞の染色体： 精原細胞における染色体数は $2n=32$ で，その中2箇は特に大きな染色体である(第1, 2図)。その1箇は顕著なるV型を呈し，他の1箇はJ形である。V形の染色体は著しい3節よりなる構造をもつていて，1つの腕は單なる棒状か或は紡錘糸着点近くにややくびれがみられ，他の1腕はその先端部近くに腕曲があつて，2節状の構造を示している。J形染色体は2節からなる構造をもつている(第1, 2, 16, 17図)。雄の性染色体の構成上からみて，性染色体の普通一般の常識からいえば，V形の染色体がX染色体で，J形の染色体がY染色体であることは，疑問の余地はない。この種類のような大きなY染色体は，著者が今までに観察した鞘翅目昆虫の中では異例であつて，他の多くの種類は短小な棒状または点状の染色体であつた。

2. 卵原細胞の染色体： 卵原細胞における染色体数は精原細胞の場合と同様に $2n=32$ であるが，大きいV形の染色体が1対見られ，J形染色体は存在しない。即ち雌においては，2箇のV形染色体によつて代表されるX-X型である(第3図)。

3. 常染色体の形態： 常染色体は一般に短小なる棒状かまたは末端近く，もしくは中央部にわずかに縊れの存在する染色体である。これらが次中部附着の染色体であるか，或は中部附着の染色体であるかについては，今は明言できない。

4. 成長期におけるX及びY染色体の行動： 精原細胞の分裂が終つて成長期に入ると，染色体は糸状にほぐれてしまうが，その頃の核を詳細にしらべてみると比較的太い1箇の染色糸が核膜にそつて存在するのが認められる。それをたどつてみると，その一端は異常凝縮をなした染色質仁に結合している。この染色質仁は初期の間はうすくぼんやりしているが，時期の進むにしたがつて，はつきりと染色体の形態を表わしてくる。即ち染色糸の先端に染色質仁を結合した複合的構造をもつた染色体が存在しているということが，これでわかる。時期の進行するにしたがつて，糸状にほぐれていた染色糸の部分はだんだんと短縮を始める。詳細に検してみると，この特別な染色体の糸状の部分において，その一端に結合している，別なやや小形の染色糸が存在していることに気がつく。この染色糸の他端には小さいけれども，はつきりした濃縮部が附着している(第4, 5図)。この2つの染色糸がいつ結合したかは明らかでないが，恐らくシナップシスの頃に起つたものではないかと考えられる。多くの細胞を観察したが，決して側面的接合はみられなかつた。シナップシスの終りからディプロテン期になると，この特別な染色体の染色質仁の部分は，はつきりと色素をとつて一定の形をなした染色体として現われてくる。やがてまた糸状の部分も除々に凝縮を始めて染色体としての形態をとるようになる。こ

の時期における特別なこの染色体の形態をみると、二つの腕からなる染色体の一端に、その一方の腕とほぼ等大の染色体が接着している構造をもっていることがわかる。ここにおいて二つの腕よりなる大形の染色体が X で、その一端に接着している棒状の染色体が Y であることは疑うべくもない。これは尙、X 染色体の一腕が 2 節構造をなし、Y にもくびれが存在することにより明らかである。成長期において X 染色体が異常凝縮をなす部分と、糸状の染色体

図はすべてカメラルシダを用い、3500× にて写す。

第 1—2 圖 精原細胞の染色体、 $2n=32$, X-Y.

第 3 圖 卵原細胞の染色体、 $2n=32$, X-X.

第 4 圖 シナツプシス期。

第 5 圖 デイプロテン期。

第 6—7 圖 デイアキネシス期。

第 8 圖 第一分裂中期の極面観。

第 9 圖 第一分裂中期の側面観。

第 10—11 圖 第二分裂中期の極面観で、第 10 図は Y 染色体を、第 11 図は X 染色体を受けとつた細胞。

第 12—15 圖 第一分裂中期の X-Y 染色体。

第 16—17 圖 精原細胞の X 及び Y 染色体。

の部分とから成るということは、前者の凝縮部分が眞の X であつて、後者の染色糸の部分は常染色体であることを暗示するものである。即ちここにいわゆる X 染色体は、眞正の X に常染色体が接着した接着型 X 染色体に他ならないのである。と同時に X の一腕に接合している Y 染色体も成長期には絲狀の染色糸に解体するから、常染色体の性質をもっていることは疑ない。これは X 染色体に接着している常染色体部と相同な常染色体であらうと考えられる。

X の常染色体部(染色糸の部分)と Y 染色体の凝縮の速度には幾分の差異がある。Y 染色体の方が比較的早く凝縮し、而もその末端部の方が著しい。又 X 染色体の糸狀部の凝縮も末端部の方が早く、眞正の X に近い部分は概して凝縮が遅い。ディアキネシス期に入ると X 及び Y 染色体は長大なる結合染色体として、その顯著なる存在は他の染色体から明瞭に識別される(第 7, 8 図)。

5. **第一分裂の染色体** 第一分裂中期には $n=16$ の染色体が数えられ、その中 1 箇の著しく大形の染色体が X-Y 複合体である(第 8 図)。側面観においては、X-Y 複合体は“コ”の字形をした一連の大きな染色体として現われる(第 9 図)。X 染色体は V 形をなしており、その一端に J 形の Y 染色体が、その短腕をもつて結合しているために、このような“コ”の字型を呈するものと考えられる。第 12—15 図は第一分裂中期の X-Y 複合体の側面観を示したものである。V 形を呈した X 染色体の中で紡錘糸に直角をなして現われる一腕は、成長期の時において観察された、眞正の X 染色体の部分で、紡錘糸に平行した他の一腕は明らかに 2 節の構造を示し、これは成長期において染色糸にほぐれた部分である。一方 J 形の Y 染色体は、その短腕をもつて X 染色体と結合しているために、長腕が常に紡錘糸に対して直角の位置をとる。Y が X に結合する状態は常に必ず“コ”の字形、或はまた逆向の“コ”の字形をなして決して“Z”字形または逆向の“Z”字形を示さない(第 12—15 図)。もし Y が自由な位置において X と結合するものならば、“Z”字形の結合も可能であらうと思われるが、それが一度も観察されないということは注目すべき現象であるが、その理由については今の所、全く不明である。

6. **第二分裂の染色体** X 及び Y 染色体を受けとつた 2 組の細胞は各々 $n=16$ の染色体数をもつことは明らかであるが、構成において異なる。第 10 図は J 形の Y 染色体を受けとつた細胞であり、第 11 図は V 形の X 染色体をうけとつた細胞である。X 及び Y 染色体は第二分裂において均等的に分裂することはいうまでもない。

III. X 及び Y 染色体の構造ならびに生成に関する考察

成長期における性染色体の行動をみると、X 染色体は染色質仁の部分と糸狀にほぐれる染色糸の 2 部分からなつている。また染色糸の部分が凝縮をなしてでき上つた染色体をみると、2 節からなつていることがわかる。この 2 節をかりに A, B と符号をつける。一方 Y 染色体も X の染色糸の部分と同様な 2 節の構造をもっている。これを a, b とする。さきの A, B を 2 箇の常染色体とみなすと、X 染色体は眞正の X 染色体の部分と、これに糸狀にほぐれる 2 箇の常染色体の結合せる $X+A+B$ なる接着型染色体であり、Y 染色体は $a+b$ なる構成をもつ常染色体の接着型である。X 及び Y 染色体の構造を模式的に画いてみると、第 18—20 図の如くなるであらう。第 18, 19 図は精原細胞の X と Y 染色体で第 20 図は第一分裂における X-Y 複合体である。

X 及び Y 染色体の構造とその成長期における行動から推察して、X 染色体の A, B 腕と

Y 染色体の a, b とは本来は相同の 2 箇の常染色体であつたものと解釈して不都合はないもの

第 18—20 圖 X 及び Y 染色体の構成の模式図。

第 18 図は X, 第 19 図は Y, 第 20 図は
第一分裂における X-Y 複合体。

と思う。即ち相同の Aa, Bb なる 2 箇の常染色体が 2 回の結合によつて、このような複雑な接着型性染色体になつたものであらうと考えるのである。著者はここに接着型性染色体の進化の由來を單に常染色体と X 染色体の結合という現象によつて説明してきた。2 箇の棒状染色体が末端において結合して 1 箇の V 形染色体を形成することは、多くの例によつて証明されている。また接着型性染色体の由來に関しても、性染色体

と常染色体の單なる結合であると考えられていた。しかし White (1940) はこれら接着型或は複合型 (X_1X_2Y など) の性染色体の由來を轉座の機構によつて説明した。これはショウジョウバエやその他の実験遺傳学より得られた知識に根拠をもつた説明である。事實は別としても、轉座の機構をとり入れることによつて、非相同染色体間の結合を、巧妙に説明することができる。即ち、2 染色体間の接着する部分には、轉座によつておきかえられた相同なる部分が存在し、その相引力によると仮定した説明である。Hughes-Schrader (1946) は最近直翅類のナナフシ科の *Isagoras schraderi* において X-O 型から X-Y 型性染色体の生じた例を報告し、それが 2 回の轉座に起因すると説明している。カラフトクロウリハムシの性染色体の構成過程も、轉座による説明をとり入れると興味深く解釈できる。この場合に二つの説明が可能である。(1) 相同の常染色体 B, b が他の常染色体 A, a の末端に轉座したとすれば、A, a 染色体はそれぞれ AB 及び ab の構成をもつた染色体となる。その中の AB 染色体が X に轉座すれば、 $X+A+B$ なる接着型性染色体となり、AB 染色体に相同なる ab 染色体は二次的に Y 染色体になつたと考える。(2) 常染色体 A, a の中、A 染色体が最初 X に轉座する。次に B, b 染色体の B 染色体が $X+A$ 染色体に轉座して、ここに $X+A+B$ なる染色体が構成され、別に b 染色体が a 染色体に轉座して $a+b$ なる構成となつたと考えられる。¹⁾ いずれも結果においては同じである。しかしこれを説明するに充分なる資料が不足しているし又近縁種間における性染色体の比較研究をなす必要があるから、これらについては詳細なる検討を加えた上で後日発表したいと思つている。いまは唯、この種類の性染色体の生成は 2 箇の常染色体と X 染色体との間の轉座によつて説明が可能であるというだけにとどめておく。

要 約

1. カラフトクロウリハムシ *Luperodes praeustus* Motsch. の染色体数は δ $2n=32$, $n=16$ である。

2. 常染色体は短小な棒状、または J 形或は V 形からなつてゐるが、X 染色体は特別に大きな V 形を呈し、Y 染色体もまた大きな J 形を呈する。

1) 日本遺伝学会札幌談話会第 98 回例会 (昭和 23 年 11 月 27 日) において轉座によるカラフトクロウリハムシの性染色体の生成過程を説明した。

3. 成長期における性染色体の行動から X 染色体は本来の真正染色体に A, B という常染色体が結合し, A, B 染色体の相手の a, b 染色体が別個に結合して Y 染色体になったと考えられる。

4. この種類の接着型性染色体の由来に関しては, X 染色体と, 2 対の常染色体との間に 2 回の転座が起つたとして説明することができるが, その詳細については, 他日多くの資料を得た上で発表する。

参 考 文 献

- Asana, J. J., Makino, S. & Niiyama, H. 1942. A chromosomal survey of some Indian insects IV. On the sex chromosomes of some species of beetles (Coleoptera). *Cytologia* 12: 187-205.
- Hughes-Schrader, S. 1946. Reversion of XO to XY sex chromosome mechanism in a phasmid. *Chromosoma* 3: 52-65.
- King, R. L. & Beams, H. W. 1938. The multiple chromosomes of *Paratilitoropidia brunneri* Scudder (Orthoptera; Acrididae). *J. Morph.* 63: 289-300.
- McClung, C. E. 1914. A comparative study of the chromosomes in Orthopteran spermatogenesis. *J. Morph.* 25: 653-749.
- 1917 The multiple chromosomes of *Hesperoptettix* and *Mermiria* (Orthoptera). *J. Morph.* 29: 219-605.
- Oguma, K. 1921. The idiochromosome of Mantis. *J. Coll. Agric. Sapporo* 10: 1-27.
- 小熊捍 1946. カマキリの核型と系統。染色体 1: 1-5.
- Schrader, F. 1928. The sex chromosomes. Berlin.
- de Sinety, R. 1901. Recherches sur la biologie et l'anatomie des Phasmes. *La Cellule* 19.
- White, M. J. D. 1940. The origin and evolution of multiple sex-chromosome mechanisms. *J. Genet.* 40: 303-336.
- 吉田俊秀 1944. 鞘翅類の染色体研究, I. テントウムシ科及びハムシ科 10 種の染色体比較研究。遺伝雑 20: 107-115.
- 1946. 鞘翅目昆虫の染色体研究, II. オホテントウムシに見られた成熟分裂の異常に就いて。生物 1: 218-223.

Résumé

The chromosomes were investigated in male germ cells of *Luperodes praeustus* Motsch. (Chrysomelidae; Coleoptera) with special regards to the structure of the sex chromosomes. The number of chromosomes was determined as 32 in diploid and 16 in haploid (Figs. 1, 2, 8, 10, 11). The male of the present species was found to possess the sex chromosomes of an unequal X-Y pair, a large V-shaped element representing the X and a little smaller J-shaped one the Y. The female was ascertained to be homogametic for the X, since the large V-shaped element is present in a paired condition (Fig. 3). The autosomes are relatively small in size as compared with the X and Y; they appear in the form of curved rod and obscure V, on account of the presence of a remarkable constriction in each.

From the observations through the meiotic prophase, it was pointed out that the sex chromosomes are multiple in structure. The X consists of three components, resulted

in the fusion of the original X-element with two autosomes (A and B). The Y chromosome is also of multiple nature, being composed of the a and b elements which are homologous for A and B respectively (Figs. 18-20). It is noticeable that in early prophase nuclei of meiosis, the autosomal parts of both X and Y take the form of the chromonema thread, while the original X-part remains as the heteropycnotic condensed body (Figs. 4, 5).

In conjugation the Y associates with the autosomal arm of the X. At the first metaphase, the XY complex stands vertical on the equatorial plate, with the autosomal arm of the X parallel to the axis of the spindle (Figs. 9, 12, 13, 14, 15). In the first division, the X and Y separate, and migrate to opposite poles, resulting two sorts of secondary spermatocytes, the X-class and the Y-class (Figs. 10, 11).

Tatsuo Omura 1949. On at-random connection of chromosomes in the aeschnid dragonfly, *Ictinus rapax*. *Jap. Jour. Genet.* 24: 162~165 (With English résumé, p. 165).

ウチワトンボの 1 種 *Ictinus rapax* の生殖細胞に 於ける染色體間の連結に就いて

小 村 達 夫

北海道大学農学部動物学教室

昭和 24 年 1 月 25 日受領

いわゆる染色糸による染色体の相互間に於ける連結は異翅目昆虫の精原細胞又は卵原細胞に於いて屢々観察されて居る所である。Schrader(1941) はパナマで採集した Pentatomidae の *Edessa* に属する 11 種の染色体研究を行い、*Edessa irrorata*, *E. costalis* 及び *E. rufo-marginata* に於いて、各染色体の両端に於ける異質染色質の部分が互に連結する事を見出し、それが Diffuse period で消失する如く見えるが、*E. irrorata* では Diakinesis に於いても尙連結が保たれ、各四分子間に極めて特異な連結が現れる事を図示し、往々それが中期に迄及ぶと述べて居る。

牧野教授はさきに Asana and Makino (1935) の共同研究として発表した印度産の蜻蛉の中、ウチワトンボの 1 種 *Ictinus rapax* の染色体を研究した当時、上に述べた様な四分子間の染色体連結を見出した。今回、牧野教授は其のプレパラートによつて著者に此の研究を委された。爰に其の結果を報告する。研究を指導され且貴重なプレパラートを貸與せられた北大理学部牧野教授に深謝の意を表する。

此の材料は印度ボンベイ郊外に於いて J. J. Asana 博士に依つて採集されたもので、フレンミング強液或は改良ブアン液 (P.F.A₃) で固定され、ハイデンハイン氏鉄・ヘマトキシリン及びライト・グリーンによつて染色された。

本種はヤンマ科 (Aeschnidae), Gomphinae 亞科に属し、染色体は極めて大きく、トンボ科 (Libellulidae) やヤンマ科 (Aeschnidae) の他の種では之に匹敵するものがない。小熊博