チョウチンゴケ科数種の構造的性染色体 I.

小 野 莞 爾*

Kanji ONO*: Structural Sex-chromosomes in Some Species of Mniaceae I.

Received January 9, 1967

Abstract

Karyological studies were made on three dioecious species of Mniaceae from Japan with special reference to the structural sex-chromosomes. *Mnium japonicum* and *M. cuspidatum* var. *trichomanes* were found to have structural sex-chromosomes similar to those of *M. maximowiczii* previously reported¹⁾. The structural sex-chromosomes X and Y of the three species are the longest heterochromosomes (H) of the complement of each female gametophyte and male gametophyte. And, they are similar to each other in total length and in the position of constriction at metaphase of mitosis. The heteropycnotic part of Y, on the other hand, was found to be larger than that of X. The karyotypes of three species studied can be formulated:

$$\begin{cases} \text{♀ } K(n)=7=V(H_1X)+V(H_2)^{nh}+2v+J+j+m(h) \\ \text{♂ } K(n)=7=V(H_1Y)+V(H_2)^{nh}+2v+J+j+m(h) \end{cases}$$

辰野・瀬川¹⁾はさきにチョウチンゴケ科のツルチョウチンゴケ (*Mnium maximowiczii*) に構造的性染色体 structural sex-chromosome を発見した。これは、従来動植物の性染色体が、一般に雌雄の間で数や大きさなどの形態的な差で見わけられていたのとは異なり、雌雄の染色体の内部の構造の差で区別される新しい型の性染色体である。すなわち、ツルチョウチンゴケの場合は、雌雄の核板中最大で、しかもとくに多くの異質染色質を持つ異質染色体 (H) が、異質染色質の量と分布をたがいに異にするのである。その後瀬川²⁻⁵⁾は構造的性染色体を多くの苔類で発見している。しかし、蘚類における構造的性染色体は、上記ツルチョウチンゴケの他には *Hypnum* 属などのわずかに 8 種で報告されているにすぎない (矢野⁶⁾)。筆者は蘚類における構造的性染色体の例を増すため、その発見につとめているが、本報告では、上記ツルチョウチンゴケの詳細な再観察と、そのほか新たに発見したナガバチョウ

チンゴケ (*M. japonicum*)、コツボゴケ (*M. cuspidatum* var. *trichomanes*) の 2 種の構造的性染色体について報告する。

観察方法ならびに核型表示法はさきの辰野・小野⁷⁾の場合と同様である。

観 察 結 果

ツルチョウチンゴケ (*Mnium maximowiczii*)

本種は広島市付近産のもので観察した。

本種の染色体数は、さきに下斗米・小山⁸⁾、辰野⁹⁾、辰野・矢野¹⁰⁾、辰野・瀬川¹⁾および辰野・小野⁷⁾が報告しているごとく、雌雄ともに $n=7$ である (Figs. 3, 6, 18, 21)。さきに辰野・小野⁷⁾は、本種の雌株の 7 個の染色体を、中期の relative length, form percent (F%) から、形態的に A, B, C, D, E, F, m に区別した。本研究では、さらに雌株と雄株の染色体をあわせて観察し、これを詳細に比較した。その結果、少くとも中期においては、雌雄の染色体間に、形および大きさの区別は認められない (Figs. 3, 6, 18, 21; Table 1)。

A 染色体は、雌雄ともに中期核板中最長で、長

* 広島大学理学部植物学教室 Botanical Institute, Faculty of Science, Hiroshima University, Hiroshima, Japan.

さは $6.4\sim 6.5\mu$, ほぼ中央に一次狭窄を持つ V 型 ($F\%=45\sim 46$) で, さらにその一腕の端部近くに二次狭窄が見られる. なおこの A 染色体は, すでに前期および前中期で, 多くの異質染色質をもつ異質染色体であることが知られていて, H_1 で示されており (辰野・小野⁷⁾), しかもその異質染色質の量と分布が雌雄の間で異なるので, 構造的性染色体 X および Y とされている (辰野・瀬川¹⁾). すなわち両染色

体の短腕はともに 全部が 異質染色質で 区別がないが, 長腕の方に差があり, Y には基部と端部に, X には端部のみに見られ基部には認められないとして両染色体を区別している. しかし, 筆者の詳細な観察の結果では, 両染色体の長腕の基部には異質染色質が認められ, ただその量が X より Y の方がやや多い点で区別される ($X: 0.5\mu$, $Y: 1.7\mu$) (Figs. 2, 5, 17, 20, 7).

Figs. 1~6. Chromosomes and heteropycnosis of *Mnium maximowiczii*. (1~3) ♀ and (4~6) ♂ gametophytes. 1, 4, interphase; 2, 5, prometaphase; 3, 6, metaphase. $\times 4000$.

B染色体 (H_2) は、さきに雌株で報告されたごとく (辰野・小野⁷⁾), 中期ではその短腕の端部の異質染色質が negative heteropycnosis をして、染まらないので、短腕が著しく短く一見 J 型染色体に見えるが ($F\%=33\sim34$), 前中期では、この異質染色部が逆に濃染して明らかになるので、この部をあわせて測定すると、この染色体は本来 V 型である ($F\%=45\sim47$) (Table 1). なお、雄株の B 染色体は雌株のそれと、長さおよび $F\%$ において差が認められない. C~m 染色体もまた雌雄の間で同長同形で差が認められない. すなわち、C ($4.8\sim5.0\mu$) と D 染色体 (4.0μ) は狭窄を中央に持つ V 型 ($F\%=50$), E 染色体は A に次いで長い染色体 ($6.1\sim6.3\mu$) であるが、 $F\%=34\sim35$ で F 染色体 ($4.1\sim4.7\mu$, $F\%=28\sim32$) と共に J 型である. m 染色体は雌雄核板中最小で (1.1μ), 狭窄をほぼ中央に持つ V 型である ($F\%=45$). なおこの m は前期および前中期で濃染し、異質染色質からなるので h で示される.

さきに本種の雌株で指摘したごとく (辰野・小野⁷⁾), 中間期の核では、 H_1 , H_2 および h の一腕の異質染色質は仁中に入って小仁を作っている. これは雌株でも同様である (Figs. 1, 4, 16, 19).

よって、本種の核型は次のように示される.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{♀ } K(n)=7=V(H_1X)+V(H_2)^{nh} \\ \qquad \qquad \qquad +2v+J+j+m(h) \\ \text{♂ } K(n)=7=V(H_1Y)+V(H_2)^{nh} \\ \qquad \qquad \qquad +2v+J+j+m(h) \end{array} \right.$$

ナガバチョウチンゴケ (*Mnium japonicum*)

本種は広島県山県郡三段峡産のもので観察した. 本種の染色体数は雌雄とも $n=7$ (Figs. 9, 11) で、

さきにのべた辰野・小野⁷⁾の結果と同様である. 中期核板における染色体の形態は、さきにのべたツルチョウチンゴケのそれとほとんど同じであり、雌雄の間に相違が認められない.

本種では、まだ性染色体の報告はなかったが、筆者の観察では、本種でも A 染色体が、構造的性染色体 X および Y である. 両染色体は中期核板では、と

Fig. 7. Structural sex-chromosomes (X, Y) from prophase to metaphase of *Mnium maximowiczii*. a, prophase; b, prometaphase; c, metaphase. $\times 4000$.

Table 1. Measurements of somatic chromosomes of *Mnium maximowiczii*.

♀				♂			
Chromosome	Length (μ)	Relative length	Form %	Chromosome	Length (μ)	Relative length	Form %
A (X)	2.9+3.5=6.4	19.8	45	A (Y)	3.0+3.5=6.5	20.0	46
B	1.8+3.6=5.4	16.6	33(45)*	B	1.7+3.3=5.0	15.4	34(47)*
C	2.5+2.5=5.0	15.4	50	C	2.4+2.4=4.8	14.8	50
D	2.0+2.0=4.0	12.4	50	D	2.0+2.0=4.0	12.3	50
E	2.1+4.0=6.1	18.5	34	E	2.3+4.0=6.3	19.4	35
F	1.3+2.8=4.1	12.7	32	F	1.3+3.4=4.7	14.1	28
m	0.5+0.6=1.1	3.3	45(45)*	m	0.5+0.6=1.1	3.3	45(45)*

()*: prometaphase.

もにほぼ中央に一次狭窄，長腕の端に二次狭窄を持ち，区別できないが，前期および前中期で，異質染色質の量と分布をたがいに異にする構造的性染色体である。その異質染色質の量と分布の相違はツルチョウチンゴケのXおよびYの場合とほとんど同じである (Figs. 8, 10, 22, 23)。すなわち，両染色体は短腕全部と長腕の端部と基部に異質染色質を持つが，長腕の基部のそれは量的にYの方がXより多い (X: 0.6μ , Y: 1.9μ)。

B染色体は，本種でも短腕端が中期で negative heteropycnosis を示すので H_2 であり，核板中最小の m は h である。

雌雄の中間期核板では，X または Y， H_2 ，h の異常凝縮が見られ， H_2 の異質染色質，h の一腕の

異質染色質は仁の中に入り，小仁を形成する。

よって，本種の核型はツルチョウチンゴケと同じく次のとおりである。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{♀ } K(n)=7=V(H_1X)+V(H_2)^{nh} \\ \quad \quad \quad +2v+J+j+m(h) \\ \text{♂ } K(n)=7=V(H_1Y)+V(H_2)^{nh} \\ \quad \quad \quad +2v+J+j+m(h) \end{array} \right.$$

コツボゴケ (*Mnium cuspidatum* var. *trichomanes*)

本種は広島市付近産のもので観察した。

本種の染色体数は雌雄とも $n=7$ (Figs. 13, 15) で，辰野²⁰⁾の結果と一致する。本種の雌雄の中期核板における染色体の形態は，さきにのべた2種とほ

Figs. 8~11. Chromosomes and heteropycnosis of *Mnium japonicum*. (8~9) ♀ and (10~11) ♂ gametophytes. 8, 10, prometaphase; 9, 11, metaphase. $\times 4000$.

とんど同様であって、雌雄の間に区別は認められない。しかし本種でもまた、雌雄の核板中最長のA染色体は構造的性染色体であることが発見された。そのXとYとの構造的差違はさきにのべた2種の場合と同様である。すなわち、Yの長腕の基部の異質染色質の量はXのそれにくらべてやや多い(X: 0.8 μ , Y: 1.9 μ) (Figs. 12, 14).

本種でもB染色体は短腕端が中期で negative heteropycnosisを示しH₂であり、mはhである。中間期の核では、H₂の異質染色質とhの一腕の異質染色質は小仁を作る。

本種の核型はさきにのべた2種と同様次のとおりである。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{♀ } K(n) = 7 = V(H_1X) + V(H_2)^{nh} \\ \quad \quad \quad + 2v + J + j + m(h) \\ \text{♂ } K(n) = 7 = V(H_1Y) + V(H_2)^{nh} \\ \quad \quad \quad + 2v + J + j + m(h) \end{array} \right.$$

12

14

13

15

Figs. 12~15. Chromosomes and heteropycnosis of *Mnium cuspidatum* var. *trichomanes*. (12~13) ♀ and (14~15) ♂ gametophytes. 12, 14, prometaphase; 13, 15, metaphase. $\times 4000$.

考 察

さきに辰野・瀬川¹⁾はチョウチンゴケ科のツルチョウチンゴケで、初めて構造的性染色体を報告した。それは雌雄の性染色体XYが、中期核板では大きさおよび形態の差が見られないが、前期、前中期の異質染色質の量と分布でたがいに相違する新しい型の性染色体であった。筆者は本研究で、このツルチョウチンゴケの構造的性染色体を詳細に再観察するとともに、分類学上これと同一sectionに属するチョウチンゴケ科の2種、ナガバチョウチンゴケとコツボゴケでも同様な構造的性染色体を発見した。すなわち、これら3種の構造的性染色体では、XとYはともに短腕は全部、長腕は端部と基部が異質染色質だが、長腕の基部の異質染色質の量はYの方がXより多い。

瀬川³⁻⁵⁾は苔類の構造的性染色体を異質染色質の

Figs. 16~21. Photomicrographs of the mitotic chromosomes in gametophytes of *Mnium maximowiczii*. (16~18) ♀ gametophytes, $n=7$. 16, interphase; 17, prometaphase; 18, metaphase. (19~21) ♂ gametophytes, $n=7$. 19, interphase; 20, prometaphase; 21, metaphase. $\times 4000$.

Figs. 22, 23. Photomicrographs of the mitotic prometaphase chromosomes in gametophytes of *Mnium japonicum*. 22, ♀ gametophyte, $n=7$; 23, ♂ gametophyte, $n=7$. $\times 4000$.

分布, すなわち染色体の内部構造の状態から *Makinoa*, *Trichocolea*, *Bazzania*, *Plagiochila*, *Porella* の 5 型にわけているが, 筆者の観察したチョウチンゴケ属の 3 種の構造的性染色体は, これら 5 型のどれにも属さない新型である。しかもこれら 3 種は同一 section に属する種であるから同一型の構造的性染色体を持つものと考えられる。

終りに臨み, この研究は広島大学教授辰野誠次博士の指導のもとにおこなわれたものであり, 本研究で用いた材料は同大学の安藤久次博士に種の同定をしていただいた。ここに両先生に心から感謝の意を表します。

摘 要

1. 日本産チョウチンゴケ科の雌雄異株の 3 種の

核学的研究, 特に構造的性染色体の観察をおこなった。

2. ナガバチョウチンゴケ, コツボゴケに構造的性染色体を発見した。

3. ツルチョウチンゴケ, ナガバチョウチンゴケおよびコツボゴケの構造的性染色体は, いずれも雌雄の核板中最大の異質染色体 (H_1) で, 体細胞分裂の前期および前中期で Y は X より多くの異質染色質を持つ。

4. 観察された 3 種の核型はいずれも次のようである。

$$\begin{cases} \text{♀ } K(n)=7=V(H_1X)+V(H_2)^{nh} \\ \quad \quad \quad +2v+J+j+m(h) \\ \text{♂ } K(n)=7=V(H_1Y)+V(H_2)^{nh} \\ \quad \quad \quad +2v+J+j+m(h) \end{cases}$$

文 献

- 1) Tatuno, S., and Segawa, M., J. Sci. Hiroshima Univ. B2 7: 1 (1955).
- 2) Segawa, M., Jap. J. Genet., 32: 197 (1957).
- 3) ———, J. Sci. Hiroshima Univ. B2 10: 69 (1965).
- 4) ———, ibid. 10: 81 (1965).
- 5) ———, ibid. 10: 149 (1965).
- 6) Yano, K., Memo. Takata Branch, Fac. Educ. Niigata Univ. 1: 85 (1957).
- 7) Tatuno, S., and Ono, K., J. Hattori Bot. Lab. 29: 79 (1966).
- 8) Shimotomai, N., and Koyama, Y., J. Sci. Hiroshima Univ. B2 1: 95 (1932).
- 9) Tatuno, S., La Kromosoma 8: 305 (1951).
- 10) Tatuno, S., and Yano, K., Cytologia 18: 36 (1953).