蘚類数種の染色体 VI

ヒツジゴケ属の染色体

矢野孝二*

Koji YANO: On the Chromosomes in Some Mosses VI
On Chromosomes of *Brachythecium*

1953 年 12 月 7 日受付

先に辰野 (1935, 1941) は苔類の一種 マルバ
コマチゴケ (*Calobryum rotundifolium*) で 1 個
の異染色体 h の過剰な異数体を報告し, 又 Heitz
(1942) は蘚類の一種 *Mnium pseudopunctatum*¹⁾
が 1 個の異質染色体を欠く低二倍種であることを,
同じく筆者 (1952) も *Rhytidiadelphus calvescens*
が 2 個の異質染色体 H, h を欠く低二倍種である
ことを報告した。今回筆者は, ヒツジゴケ属 (*Brachythecium*) が多くの種を含むが未だ核学的研究

が殆んど行われていないので, その 7 種で新たに
染色体の観察を行つた。その結果本属にも上記の
如き異質染色体の増加した異数種, 並びにその減
少による低二倍種の例を見出し, 其他種内倍数性
の新例も見出したのでここに報告する。

本研究に用いられた植物の種名並びにそれ等の
採集地は第 1 表の如くであり, 固定並びに染色法
は前報告 (矢野 1952) の場合と同様である。

Table I.

Species examined	Sex	Chromosome numbers (n)	Karyotypes	Localities
<i>Brachythecium decurrentifolium</i> Broth.	♀ ♂	10	V(H)+2V+6+m(h)	青海黒姫山
<i>B. Buchanani</i> (Hook.) Jaeg. var. <i>japonicum</i> Card.	♂	10	V(H)+2V+6+m(h)	高田市
<i>B. eustegium</i> Besch.	♀	11	V(H)+2V+6+2m(h)	青海黒姫山
<i>B. coreanum</i> Card.		11	V(H)+2V+6+2m(h)	雨飾山
<i>B. Brotheri</i> Par.	♀ ♂	11	V(H)+2V+6+2m(h)	妙高山, 雨飾山, 簗神村
	♀	22	2V(H)+2V+12+4m(h)	妙高山, 苗場山, 雨飾山, 火打山
<i>B. piligerum</i> Card.	♀	18	V(H)+4V+12+m(h)	戸隠山*
<i>B. Tsunodae</i> Broth. et Yas.	♀	18	V(H)+4V+12+m(h)	戸隠山*

註 * 印は信濃他は越後

観 察

Table I に示す如く, 筆者の観察した本属植
物の染色体数は n=10, 11, 18, 22 であつて, 一見
その間には規則正しい倍数性が見られない様であ
る。然しその核型分析の結果から, 基本数は 10 で,
11 を有するものはその異数種, 22 のものは更に

* 新潟大学教育学部高田分校生物学教室
Biological Institute, Takada Campus, Niigata
University, Takada, Japan

1) Lowry (1948) は本種の米国産のものは正
常二倍種であることを見ている。

この異数種の正倍数体, 18 のものは基本種 10 の低二倍種であることがわかつた。

I. 基数種 ($n=10$)

B. decurrentifolium, *B. Buchanani* var. *japonicum* は $n=10$ で本属の基本数の染色体を有し, その核型は両種とも全く同様である (Figs. 1-7)。

B. decurrentifolium の 10 個の染色体の形態は雌雄の間で何等の差異が認められない (Fig. 5)。即ち核型は ♀, ♂ とも $n=10=V(H)+2V+6+m(h)$ である。即ち雌雄共に核板中で最大の染色体は一腕の尾部に二次狭窄をもつた V 字型の異質染色体 H である。此の染色体は前期の核中では二次狭窄をもたない方の腕のみが異常凝縮を示し, 他腕はこれを示さないで分散する。亦最小の染色体 m も既報 (第 1-V 報) の多くの薔類の場合と同様に異質染色体 h である, これ等 H, h の

Figs. 1-7. 基数種 ($n=10$) の配偶体の染色体と異常凝縮。×4000/3 Chromosomes and heteropycnosis in gametophytes of basic species ($n=10$). 1-5. *B. decurrentifolium* 1, 2 ♀ 3, 4 ♂ 5. Serial alignments of the chromosomes shown in figs. 1(♀) and 3(♂). 6, 7. *B. Buchanani* var. *japonicum* ♂.

異常凝縮の状態も雌雄の間で相違が認められない。亦他の 8 個の常染色体のうち 2 個は比較的大形な V である。そのうちの 1 個はその大きさが H に匹敵するのみならず, 一腕の尾部に二次狭窄も認められ, 形態も殆んど H と同様である。その上前期の核に於て, 時に幾分他の常染色体より早期に形態を整へ, 多少異常凝縮性を示す。然しその異常凝縮性は, H の如く常に明瞭にこれを示すものではないので H とは明らかに区別することが出来る。他の 6 個の染色体は小形な V 位置を充分明らかなし得ないので, その形は確定出来ないが, ほぼ 4 個は V, 2 個は 1 と思はれる。これ等の常染色体の形状にも雌雄の間で何等の差

異が見られないので本種では性染色体は認められない。

B. Buchanani var. *japonicum* は雄株の染色体のみを観察したが, その結果前種と全く同様な染色体数 ($n=10$) 及び核型を見た。

II. 高一倍種 ($n=11$) 及びその倍数体 ($n=22$)

B. Brotheri, *B. eustegium*, *B. coreanum* の 3 種は何れも雌雄異株である。それ等の核型は何れも, $n=11=V(H)+2V+6+2m(h)$ である (Figs. 8-15)。これ等 3 種で特に注意すべきことは染色体数が $n=11$ で, 先の基数種の 10 個より 1 個多いことである。この相違は核型が示す如く, 11 個の染色体中 10 個は先の基数種のそれ等と全く同様であるが, これ等 3 種では余分の h が 1 個附加されている為である。即ち先の基数種 ($n=10$) に比すればその高一倍種である。斯かる異質染色体の附加された高一倍体は *Calobryum rotundifolium* でも見られている (辰野 1935, 1941)。斯の如くこれ等 3 種は過剰な h があるので合計 2 個の h があるわけであるが, 詳しく観察するとこれ等 2 個の h の間には多少異常凝縮性に於て相違が認められ, 一方は他方に比して異常凝縮性が弱い。この様に 2 個の h の間で相違があることは両 h が異種ゲノムに由来するか, 或は同一ゲノムに由来したものが長年月の間に分化したものかの何れかであろう。この様に過剰の h の起原については未だ不明で今後の研究が必要である。

尙これ等 3 種のうち *B. Brotheri* については雌雄の Gametophyte の染色体並びに異常凝縮の状態の比較観察, 及び Sporophyte に於ける減数分裂の観察を試みた。その結果雌雄の Gametophyte の染色体間の形態又は異常凝縮性の差は認められない。尙本種では雌雄共に常染色体中最大の V に附随体が見られた。Sporophyte に於ける胞子母細胞の核には 2 個の H の異常凝縮塊が認められたが, これ等 2 個の間にも差異は見られない (Fig. 20)。減数分裂の第一分裂中期には 11 個の Bivalents が認められるが, このうち最大の Bivalent は H-H の対合と推定され, これは後期ではしばしば他に先んじ或は多少遅れて同形同大の 2 染色体に分離し両極に向う (Figs. 21, 22)。尙他の Bivalent にも不等対が見られないから, 本種には性染色体は認められない。

Figs. 8-19. 高一倍種 ($n=11$) 及びその倍数体 ($n=22$) の配偶体の染色体と異常凝縮. $\times 4000/3$ Chromosomes and heteropycnosis in gametophytes of hypermonoploid species ($n=11$) and diploid plants ($n=22$). 8, 9. *B. eustegium* ♀. 10, 11. *B. coreanum*. 12-19. Monoploid and diploid plants of *B. Brotheri*. 12, 13. Monoploid plant ♀. 14, 15. Monoploid plant ♂. 16-18. Diploid plant ♀. 19. Serial alignments of the chromosomes shown in figs. 12(♀), 14(♂), 17(♀).

Figs. 20-25. *B. Brotheri* の一倍体 (20-22) 及び二倍体 (23-25) の孢子母細胞に於ける異常凝縮と減数分裂. $\times 4000/3$ Heteropycnosis and meiotic chromosomes in SMC's of monoploid (20-22) and diploid plants (23-25) of *B. Brotheri*.

* この一部は第 18 回日本植物学会大会 (1953) に於て講演発表した。

B. Brotheri の種内倍数体* 尙 *B. Brotheri* には上記の $n=11$ の染色体をもつもののほかに天然に $n=22$ の染色体をもつもの、即ち二倍体が見られた。これは $n=22=2V(H)+4V+12+4m(h)$ の核型を有し、丁度一倍体の染色体の 2 組から成っている (Figs. 16-19)。従つて前期核中には 2 個の H に由来する大きな異常凝縮塊が 2 個認められるが、両者間に差異は見られない。亦 4 個の h に由来する小形な異常凝縮塊も認められるが、これ等は先の一倍体の 2 個の h の異常凝縮性に差があつた如く、本二倍体の 4 個の h の異常凝縮性にも差があり、そのうちの 2 個は常に明瞭な異常凝縮を示すが他の 2 個は時にこれがやや不明瞭であつた。次に H, h 以外の 16 個の常染色体のうち 4 個は比較的大形の V で、このうちの 2 個にはしばしば附随体が見られた (Fig. 18)。亦 Sporophyte の孢子母細胞核では 4 個の H の異常凝縮が明瞭に認められたが h の異常凝縮は充分明らかになし得なかつた (Fig. 23)。次に減数分裂の第一分裂中期では常に 22 個の Bivalents が見られ、これ等のうちには不等対は見られなく、亦多価染色体の形成も認められなかつた (Figs. 24, 25)。尙これ等の Bivalents のうち 2 個は他より特に大きく、これ等は H の対合と推定される。

尙本種の一倍体は明らかな雌雄異株植物であつたが、この二倍体は常に雌雄同株である。斯かる倍数性と雌雄性との関係は既報 (矢野 1953) の *Thamnium Sandei* の種内倍数性に於ける一倍体と二倍体間の関係と同様である。

亦筆者はこの *B. Brotheri* の一倍体と二倍体の二三の形質につき比較を試みたが、その結果は Table II に示す如くである。

即ち細胞の表面積は葉及び蒴胞壁の細胞で二倍体は一倍体のほぼ 2 倍に近い大きさを示す。亦孢子の体積及び蒴菌の二三の形質 (基部

の巾、長さ、表面積)も二倍体は一倍体に比し巨大化を示している。然し1個の蒴胞内に存在する蒴歯の数は両者共に16個であつて差異は見られない。既に Wettstein (1924, '28, '38, '40) は蘚類の人為同質並びに異質倍数体ではその細胞の体積がほぼ染色体数の倍加に比例して増大すること、及びその細胞体積の増大に基因して諸種の組織器官の大きさも増大することを指摘している。亦辰野 (1952) はケゼニゴケの種内倍数体相互間に於ける形質の差異は質的でわなく、主として量的なものであることを報告している。筆者の *B. Brotheri* の一倍体と二倍体間の場合もこれ等先人の指摘したところと同様であつた。即ち染色体数の倍加に比例して細胞の大きさの増大が見られ、亦両植物間の形態的差異は主として量的なものであ

つた。

III. 低二倍種 (n=18)

B. piligerum 及び *B. Tsunodae* の両種は何れも雌雄異株である。筆者は両種の雌株で n=18 の染色体を見た。そして両種の核学的事情は殆んど全く同様であつたからここには主として *B. piligerum* について記述する (Figs. 26-30)。

B. piligerum の 18 個の染色体中最大及び最小の1個づつは先記基数種の最大の染色体 H 及び最小の染色体 h と同様な形態及び異常凝縮を示すので、本種でもこれ等は H 及び h で示すことが出来る。他の 16 個の染色体中 4 個は比較的大形の V であり、このうちの2個には一腕の尾部に二次狭窄が認められる。その他の 12 個は小形で狭

Table II. *B. Brotheri* の一倍体と二倍体の形質比較
Comparison of some characteristics between the monoploid and diploid plants in *B. Brotheri*.

Characteristics	Monoploid		Diploid		M ₂ /M ₁
	n	M ₁ ±m	n	M ₂ ±m	
Surface area of leaf cells (μ ²)	400	339.29±2.12	400	674.56±15.64	1.99
Surface area of capsule wall cells (μ ²)	400	609.29±9.46	400	1133.95±17.16	1.86
Volume of spores (μ ³)	400	1175.46±26.37	400	1938.32±29.10	1.65
Number of peristomes in one capsule	25	16±0	25	16±0	1.0
Width of base of peristomes (μ)	150	102.5±3.0	150	131.5±3.7	1.27
Length of peristomes (μ)	150	532.2±8.5	150	733.7±10.2	1.38
Surface area of peristomes (μ ²)		27275.3*		48240.8*	1.77

* 蒴歯の形を二等辺三角形と見做して、その基部の巾及び長さの平均値より算出した。

Figs. 26-30. 低二倍種 (n=18) の配偶体の染色体と異常凝縮. Chromosomes and heteropycnosis in gametophytes of hypodiploid species (n=18). 26, 27. *B. piligerum* ♀. 28, 29. *B. Tsunodae* ♀. 30. Serial alignment of chromosomes from fig. 26.

窄の位置は充分明らかになし得なかつた。即ち本種の核型は次の如く示される。

$$\text{♀ } n=18=V(H)+4V+12+m(h)$$

今本種の核型を先記の基数種 *B. decurrentifolium* 等のそれと比べると、本種は基数種 $n=10=V(H)+2V+6+m(h)$ の二倍体から 1 個ずつの H 及び h が不足した低二倍体に相当する。云いかえると本種は常染色体に関する限りでは二倍体であるが異質染色体は倍加を示していない。*B. Tsunodae* の雌株も *piligerum* の雌株と全く同様な核型を示す低二倍種である。

既に筆者は *Rhytidiadelphus* 属に於て *Rhy. triquetrus* ($n=6$) と *Rhy. calvescens* ($n=10$) の両種の染色体の比較研究から、後者は前者の染色体のうち異質染色体 (H, h) は倍加せずに常染色体のみが倍加したものに相当すると報告した (矢野 1952)。今回再びこれと同様な関係にある低二倍種の例が見出されたことは、蘚類の倍数性に於ける異質染色体の特異性を示すものとして興味があることである。亦斯様な低二倍種がしばしば見出されることは蘚類の倍数性に於ける一特色として注意さるべきことである。

Résumé

1. Seven species of the genus *Brachythecium* have been studied cytologically with special reference to their karyotypes and heterochromosomes. The karyotypes of these species are as follows;

<i>Brachythecium decurrentifolium</i>	♀, ♂	$n=10=V(H)+2V+6+m(h)$
<i>B. Buchananii</i> var. <i>japonicum</i>	♂	$n=10=V(H)+2V+6+m(h)$
<i>B. eustegium</i>	♀	$n=11=V(H)+2V+6+2m(h)$
<i>B. coreanum</i>		$n=11=V(H)+2V+6+2m(h)$
<i>B. Brotheri</i> monoploid	♀, ♂	$n=11=V(H)+2V+6+2m(h)$
<i>B. Brotheri</i> diploid	♀	$n=22=2V(H)+4V+12+4m(h)$
<i>B. piligerum</i>	♀	$n=18=V(H)+4V+12+m(h)$
<i>B. Tsunodae</i>	♀	$n=18=V(H)+4V+12+m(h)$

2. *B. decurrentifolium* and *B. Buchananii* var. *japonicum* are the basic species of the genus *Brachythecium* having 10 chromosomes as gametic number.

3. *B. eustegium*, *B. coreanum* and the monoploid plant of *B. Brotheri* are the hypermonoploid species which have one accessory h-chromosome in addition to 10 basic chromosomes.

4. The intraspecific polyploidy was found in *B. Brotheri*. The diploid plant has two sets of the chromosome complements which are similar to those of the monoploid plant, and they show a obvious enlargement of some morphological characteristics in comparison with those of the monoploid plant. However, the differences between the characteristics of both plants are not qualitative but quantitative (Table 1).

5. *B. piligerum* and *B. Tsunodae* are the hypodiploid species having two sets of autosomes with only one set of the heterochromosomes, i.e. H and h .

Literature

- HEITZ, E. Arch. Jul. Klaus-Stiftg. 17: 444-448 (1942)
- LOWREY, R. J. Mem. Torrey Bot. Cl. 20: (2) 1-42 (1948)
- TATUNO, S. Bot. Mag. Tokyo 49: 892-898 (1935) (in Japanese)
- . Jour. Sci. Hiroshima Univ. Ser. B. Div. 2, 4: 73-187 (1941)
- . Jap. Jour. Genet. 27: 121-128 (1952) (in Japanese)
- WETTSTEIN, F. v. Zeitsch. f. ind. Abst. u. Vererb. 33: 1-236 (1924)
- . Bibliotheca Genetica 10: 1-216 (1928)
- . Zeitsch. ind. Abst. Vererb. 74: 34-53 (1938)
- . Ber. Deut. Bot. Ges. 58: 374-388 (1940)
- YANO, K. Bot. Mag. Tokyo 64: 234-237 (1951); 65: 195-198 (1952); 66: 43-48 197-202 (1953); 67: 43-48 (1954)