ソラマメ属植物の核型について

藤原 悠紀雄*・近藤 昭一郎*

Yukio HUIZWARA* and Syoitiro KONDO*: Studies on the Karyotypes of *Vicia*

1963 年 5 月 28 日受付

ソラマメ属 *Vicia* はマメ科 Leguminosae に属し、広く世界に分布し、約 150 種を含む大きな属である。大井¹⁾ は日本産の本属植物として、14 種および 2 変種を記載している。*Vicia* 属の染色体については、Löve と Löve²⁾、Rousi³⁾ など多くの研究者によって報告されているが、そのほとんどが染色体数の算定にとどまり、核型についての研究は少ない。Darlington と Wylie⁴⁾ によれば、*Vicia* 属の体細胞染色体数は 10, 12, 14, 24, 28 および 36 であって、染色体基本数は 5, 6 および 7 である。したがって、 $2n=10$, 12 および 14 は二倍体、 $2n=24$ および 28 は四倍体、 $2n=36$ は六倍体である。本属においては、カラスノエンドウ、オオヤハズエンドウ、クサフジ、ソラマメなど、それぞれの種内において $2n=10$ および 12, $2n=12$ および 14 のようにわずかに差のある 2 つの染色体数をもつものが多い。日本産の *Vicia* 属植物の研究としては坂村^{5, 6)}、川上⁷⁾、森谷と近藤⁸⁾、酒井⁹⁾、平吉と松村¹⁰⁾ などの報告がある。しかし、これらの研究はパラフィン法によるも

ので、核型の詳細については、あまり明らかにはされていない。筆者らは、新しい方法を用いて日本産の *Vicia* 属 9 種および 1 変種について核型を明らかにすることができたので報告する。

材料および方法

核型の観察は根端細胞について行ない、0.002 mol/l の 8-oxyquinoline で 18° において 60 分前処理し、30 分水洗いの後 Tjio と Levan¹¹⁾ による酢酸オルセインおしつぶし法を用いた。核型は中期のよく分散した核板を選んで観察した。染色体の腕の長さはマイクロメーターによって測定し、着糸点の位置を定めた。図は Abbé 描画装置を用いて 2400 倍に転写し、顕微鏡写真は 1000 倍に撮影した。材料として用いた植物は Table 1 のとおりである。このうち、オオヤハズエンドウおよびソラマメは栽培品であるが、他の 8 種はすべて自生地において採集したものである。

Table 1. Chromosome numbers and localities of *Vicia*.

Species	$2n$	Localities
<i>Vicia angustifolia</i> var. <i>segetalis</i> (Karasuno-endo)	12	Mikage, Kobe
<i>V. sativa</i> (Ôyahazu-endo)	12	(cult.)
<i>V. nipponica</i> (Yotsuba-hagi)	12	Mt. Mekko, Kande, Kobe
<i>V. pseudo-orobus</i> (Ôbakusafuji)	12	Sanda, Hyogo-ken
<i>V. tetrasperma</i> (Kasumagusa)	14	Ôkubo, Akashi
<i>V. cracca</i> (Kusafuji)	14	Mt. Mekko, Kande, Kobe
<i>V. hirsuta</i> (Suzumeno-endo)	14	Ôkubo, Akashi
<i>V. unijuga</i> (Nantenhagi)	24	Sanda, Hyogo-ken
<i>V. amoena</i> (Tsuru-fujibakama)	24	Sanda, Hyogo-ken
<i>V. faba</i> (Soramame)	12	(cult.)

* 神戸大学教養部生物学教室 Biological Institute, College of General Education, Kobe University, Nada, Kobe, Japan.

観 察 結 果

1. カラスノエンドウ (ヤハズエンドウ), *Vicia angustifolia* var. *segetalis*, $2n=12$ (Figs. 1, 11; Table 2).

本変種は本邦の原野, 路傍など, ほとんどいたるところに見られ, *Vicia* 属の最も普通の種類である. 本植物には $2n=12$ および $2n=14$ の2つの染色体数が存在し, 今回の材料として用いた植物は $2n=$

Figs. 1-10. Somatic chromosomes of *Vicia*. $\times 1200$. 1, *Vicia angustifolia* var. *segetalis*, $2n=12$. 2, *V. sativa*, $2n=12$. 3, *V. nipponica*, $2n=12$. 4, *V. pseudo-orobus*, $2n=12$. 5, *V. tetrasperma*, $2n=14$. 6, *V. cracca*, $2n=14$. 7, *V. hirsuta*, $2n=14$. 8, *V. unijuga*, $2n=24$. 9, *V. amoena*, $2n=24$. 10, *V. faba*, $2n=12$.

12 の種類である。染色体の長さは Table 2 に示すように最大 4.2μ 、最小 2.0μ で、最大のものと最小のものとの差がかなり大きく、形と大きさから 6 種類に区別することができる。着糸点はすべて次端部の位置にあり、小形の 2 対 (9, 10; 11, 12) の染色体の短腕は非常に短く、長腕から離れやすい。

Table 2. Measurement of somatic chromosomes of *V. angustifolia* var. *segetalis*.

Chromosomes	Length in μ	Relative length	F%†	Centromere‡
1, 2	$4.2=3.0+1.2$	100	29	st
3, 4	$4.0=3.5+0.5$	95	13	st
5, 6	$3.7=3.0+0.7$	88	19	st
7, 8	$3.0=2.5+0.5$	71	17	st
9, 10	$2.3=2.0+0.3$	58	13	st
11, 12	$2.0=1.7+0.3$	48	15	st

† F% is the percentage of the short arm length to the entire chromosome length.

‡ st, subterminal.

2. オオヤハズエンドウ, *V. sativa*, $2n=12$ (Figs. 2, 12).

本種はコモンベッチまたはザートウィッケンとも呼ばれ、牧草として栽培されているものである。Darlington と Wylie⁴⁾ によれば本種においても $2n=12$ および $2n=14$ の 2 つの染色体数がある。材料として用いた植物は市販の種子より得たもので、 $2n=12$ の種類である。12 個の染色体は、形と大きさから 6 種類に区別できる。染色体の長さは最大 4.5μ 、最小 2.0μ である。染色体の大きさの上では前記カラスノエンドウとほとんど変わらない。しかし、カラスノエンドウにおいては着糸点がすべて次端部にあるのに対して、本種は中程度の大きさの染色体の 1 対 (7, 8) が、明らかに次中部に着糸点をもつ。さらに、第 3 対 (5, 6) は長腕の先端近くに二次くびれをもち、きわめて特異な形態を示している。

3. ヨツバハギ, *V. nipponica*, $2n=12$ (Figs. 3, 13).

本種は山ろく、路傍などに見られる植物で、これまでに染色体数の報告がない。体細胞染色体は 12 個あり、6 種類に区別できる。染色体の長さは最大 6.5μ 、最小 3.8μ である。着糸点は次端部にあるものが多いが、第 2 対 (3, 4) は中部にあり、その一

方の腕に二次くびれが明らかに観察される。中程度の大きさの 1 対 (7, 8) は次中部に着糸点をもっているが、その他の 4 対 (1, 2; 5, 6; 9, 10; 11, 12) はすべて次端部に着糸点をもっている。第 3 対 (5, 6) の両腕は着糸点において分離しやすい。

4. オオバクサフジ, *V. pseudo-orobus*, $2n=12$ (Figs. 4, 14).

本種は山ろく、丘陵などに見られ、その外部形態は前記のヨツバハギと類似する。ただし、オオバクサフジはつる性であるが、ヨツバハギはつる性でない。核型においても両種は非常に似ていて、ほとんど区別がない。染色体数については坂村⁵⁾ が $2n=12$ 、森谷と近藤⁶⁾ が $n=12$ と報告している、2 倍体と 4 倍体との存在が考えられる。また、Darlington と Wylie⁴⁾ によれば $2n=14$ のものもある。今回用いた材料は $2n=12$ の二倍体である。染色体の長さは最大 7.2μ 、最小 4.8μ で、形と大きさから 6 種類に区別できる。着糸点は次端部にあるものが多く、第 2 対 (3, 4) は中部にあり、その一方の腕に二次くびれがある。第 5 対 (9, 10) は次中部に着糸点をもち、他の 4 対 (1, 2; 5, 6; 7, 8; 11, 12) はすべて次端部に着糸点をもつ。

5. カスマグサ, *V. tetrasperma*, $2n=14$ (Figs. 5, 15).

本種は原野、路傍などに普通の植物である。体細胞染色体は 14 個あり、森谷と近藤⁶⁾ の算定と一致する。染色体の長さは最大 4.8μ 、最小 4.0μ で、大小の差が少ない。これらの染色体のうち、2 対 (1, 2; 11, 12) は次中部に着糸点をもち、最小の 1 対 (13, 14) は中部に、その他の 4 対 (3, 4; 5, 6; 7, 8; 9, 10) は次端部に着糸点をもっている。本種においては二次くびれのある染色体は見られない。

6. クサフジ, *V. cracca*, $2n=14$ (Figs. 6, 16).

本種も原野、路傍などに生育する植物である。坂村⁵⁾ は $n=6$, $2n=12$ を図示し、森谷と近藤⁶⁾ は $n=7$ と報告した。Darlington と Wylie⁴⁾ によれば、このほか、 $2n=28$ も知られている。染色体の長さは最大 4.0μ 、最小 2.6μ で、形と大きさから 7 種類に区別できる。これらの染色体のうち 3 対 (1, 2; 3, 4; 9, 10) は次端部に、他の 4 対 (5, 6; 7, 8; 11, 12; 13, 14) は次中部に着糸点をもっている。最小の 1 対 (13, 14) は短腕に二次くびれがあり、二次くびれにおいて端部が離れやすい。

Figs. 11-16. Photomicrographs of somatic chromosomes of *Vicia*. $\times 1800$. 11, *V. angustifolia* var. *segetalis*, $2n=12$. 12, *V. sativa*, $2n=12$. 13, *V. nipponica*, $2n=12$. 14, *V. pseudo-orobus*, $2n=12$. 15, *V. tetrasperma*, $2n=14$. 16, *V. cracca*, $2n=14$.

7. スズメノエンドウ, *V. hirsuta*, $2n=14$ (Figs. 7, 17; Table 3).

Table 3. Measurement of somatic chromosomes of *V. hirsuta*.

Chromosomes	Length in μ	Relative length	F%†	Centromere‡
1, 2	4.8=3.0+1.8	100	38	sm
3, 4	4.6=2.8+1.8	96	39	sm
5, 6	4.3=2.5+1.8	90	42	sm
7, 8	4.0=2.2+1.8	83	45	sm
9, 10	3.6=1.8+1.8	75	50	m
11, 12	3.5=3.0+0.5	73	14	st
13, 14	3.3=2.8+0.5	69	15	st

† See Table 2.
‡ sm, submedian; m, median; st, subterminal.

本種も原野、路傍などに普通に見られる植物である。染色体数は $2n=14$ で森谷と近藤⁹⁾の算定と一致する。染色体の長さは Table 3 に示すように最大 4.8μ 、最小 3.3μ であり、大小の差は少ない。着糸点は中部にあるものが1対(9, 10)と次端部にあるものが2対(11, 12; 13, 14)で、その他の4対(1, 2; 3, 4; 5, 6; 7, 8)は次中部に着糸点をもっている。本種においても二次くびれのある染色体は見られない。

8. ナンテンハギ, *V. unijuga*, $2n=24$ (Figs. 8, 18).

本種は山ろくなどに普通に見られる植物である。Darlington と Wylie⁴⁾によれば本種の染色体数には $2n=12, 24$ および 36 の3つがあり、種内倍数性が認められる。染色体の長さは最大 7.2μ 、最小 4.5μ で、形と大きさから6種類に区別できる。

Figs. 17-20. Photomicrographs of somatic chromosomes of *Vicia*. 17-19, $\times 1800$. 20, $\times 1600$. 17, *V. hirsuta*, $2n=14$. 18, *V. unijuga*, $2n=24$. 19, *V. amoena*, $2n=24$. 20, *V. faba*, $2n=12$.

着糸点は中部にあるものが 2 対 (5, 6; 7, 8) と次中部にあるものが 2 対 (9, 10; 11, 12) で、その他の 8 対 (1, 2; 3, 4; 13, 14; 15, 16; 17, 18; 19, 20; 21, 22; 23, 24) は次端部に着糸点をもっている。このうち、中部に着糸点のある染色体はいずれも一方の腕に二次くびれをもっている。本種は核型の上から同質四倍体と考えられる。

9. ツルフジバカマ, *V. amoena*, $2n=24$ (Figs. 9, 19).

本種も原野、路傍などに生育する植物である。森谷と近藤⁸⁾ は本種の染色体数を $n=6$ と報告しているが、今回用いた植物は $2n=24$ の 4 倍体である。染色体の長さは最大 6.5μ 、最小 4.0μ で、形と大きさから 8 種類に区別できる。着糸点は中部にあるものが 1 対 (5, 6) と次中部にあるものが 5 対 (3, 4; 7, 8; 9, 10; 15, 16; 17, 18) で、その他の 6 対 (1, 2; 11, 12; 13, 14; 19, 20; 21, 22; 23, 24) は次端部にある。このうち中部に着糸点のある 1 対 (5, 6) にのみ前記のナンテンハギと同じような二次くびれが見られる。核型から見て、本植物は同質に近い異質四倍体と考えられる。

10. ソラマメ, *V. faba*, $2n=12$ (Figs. 10, 20; Table 4).

本種は広く栽培されている植物である。Darlington と Wylie⁴⁾ および森谷と近藤⁸⁾ によれば、本

種の染色体数には $n=6$, $2n=12$ および $n=7$, $2n=14$ の 2 つがある。今回用いた種類は $2n=12$ のものである。染色体の長さは Table 4 に示すように、最大 24.0μ 、最小 8.6μ で、形と大きさから 6 種類に区別できる。*Vicia* 属の他の種と比較して、染色体が非常に大形である。最大の 1 対 (1, 2) は特に大きく、中部に着糸点をもち、二次くびれが明らかである。坂村⁹⁾ はこの大形の染色体を M 染色体と名づけた。他の 5 対 (3, 4; 5, 6; 7, 8; 9, 10; 11, 12) はすべて次端部に着糸点があり、短腕は長腕に比較してきわめて小さい。したがって、核型は全体として対称性がきわめて低い。

Table 4. Measurement of somatic chromosomes of *V. faba*.

Chromosomes	Length in μ	Relative length	F%†	Centromere‡
1,2	$24.0=12.0+8.0+4.0$	100	50	m
3,4	$12.0=11.5+0.5$	50	4	st
5,6	$11.5=11.0+0.5$	48	5	st
7,8	$11.0=10.0+1.0$	46	9	st
9,10	$10.3=10.0+0.3$	43	3	st
11,12	$8.6=8.0+0.6$	36	7	st

†, ‡: See Table 3.

Table 5. Data of somatic chromosomes of *Vicia*.

Species	2n	Centromere†			Average length in μ	TF%‡	S.c.ch.§
		m	sm	st			
<i>V. angustifolia</i> var. <i>segetalis</i>	12	—	—	12	3.2	18	—
<i>V. sativa</i>	12	—	2	10	3.4	18	2
<i>V. nipponica</i>	12	2	2	8	5.0	30	2
<i>V. pseudo-orobus</i>	12	2	2	8	5.7	30	2
<i>V. tetrasperma</i>	14	2	4	8	3.4	34	—
<i>V. cracca</i>	14	—	8	6	3.4	36	2
<i>V. hirsuta</i>	14	2	8	4	4.0	35	—
<i>V. unijuga</i>	24	4	4	16	5.5	30	4
<i>V. amoena</i>	24	2	10	12	5.1	31	2
<i>V. faba</i>	12	2	—	10	12.9	13	2

† See Table 3.

‡ TF% equals the ratio in percentage of the total sum of short arm lengths to the total sum of chromosome lengths.

§ S.c.ch. denotes secondarily constricted chromosomes.

考察および要約

Table 5 は以上の観察結果をまとめたものである。カラスノエンドウ、オオヤハズエンドウ、ヨツバハギ、オオバクサフジおよびソラマメは $2n=12$ 、カスマグサ、クサフジおよびスズメノエンドウは $2n=14$ 、ナンテンハギおよびツルフジバカマは $2n=24$ であって、*Vicia* 属の染色体基本数は 6 および 7 である。カラスノエンドウにおいては川上⁷⁾ が $n=7$ を報告し、森谷と近藤⁹⁾ が $n=6$ 、酒井⁹⁾ が $2n=12$ を報告しているところから、 $2n=12$ および $2n=14$ の 2 つの染色体数が存在するものと考えられる。カラスノエンドウのほかオオヤハズエンドウ、オオバクサフジおよびクサフジにおいても、報告者による染色体数の不一致がある。しかし、これらは研究者による算定の不一致ではなく、*Vicia* 属には外部形態に差がなく細胞学的に差のある場合が多いためと考えられる。

カラスノエンドウ、オオヤハズエンドウおよびソラマメは次端部に着糸点をもつ染色体が多く、したがって TF% は小さく (13-18)、核型は非対称である。しかし、カスマグサ、クサフジおよびスズメノエンドウは次中部または次中部に近い次端部に着糸点をもつ染色体が多く、TF% は比較的大きく (34-36)、核型は対称性が高い。*Vicia* 属植物には 1 対以

上の二次くびれのある染色体をもつものが多いが、カラスノエンドウ、カスマグサおよびスズメノエンドウには、それが見いだされない。酒井⁹⁾ はカラスノエンドウを *V. sativa* とし、1 対の付随体染色体の存在を報告した。今回の観察ではカラスノエンドウにも *V. sativa* (オオヤハズエンドウ) にも付随体染色体は認められなかった。

カラスノエンドウとオオヤハズエンドウとは果実の大きさにおける差異を除けば、外部形態は非常に類似し、両者を同一種 *V. sativa* と見なす人が多い。しかし、カラスノエンドウでは着糸点がすべて次端部にあるのに対し、オオヤハズエンドウでは次中部にあるものが 1 対と次中部に近い次端部にあるものが 1 対とあり、後者には特徴のある二次くびれが見られる。核型においてこのような明らかな差異が認められるところから、両種は別種とすべきである。平吉および松村¹⁰⁾ もこの 2 つの植物を種として区別すべきであるとした。ヨツバハギとオオバクサフジとは核型が酷似し、両者は系統上きわめて近縁であると考えられる。カスマグサ、スズメノエンドウおよびクサフジは、互いに核型にかなりの類似性が見られる。特にスズメノエンドウとカスマグサとは外部形態および核型の類似性が高く、互いに近縁であると考えられる。ナンテンハギには、従来二倍体、四倍体および六倍体が知られているが、今回

Fig. 21. Scheme showing the phylogeny of *Vicia* as determined by chromosome number and karyotype analysis.

観察した種類は $2n=24$ の四倍体であり、核型から見て同質四倍体である。ツルフジバカマにおいては、同じ形の染色体が4個ずつ完全にはそろわないところから、異質四倍体と考えられる。ソラマメはその染色体が *Vicia* 属の他の種類と比較して非常

に大きく、核型も著しい特徴を有するところから、本属の他のものとは系統上かなり離れた種であると想像される。

以上のことから、*Vicia* 属においては、Fig. 21 に示すような系統的關係が考えられる。

文 献

- 1) 大井次三郎, 日本植物誌 (至文堂, 1953).
- 2) Löve, A., and Löve, D., Acta Hort. Gotob. **20**: 65 (1956).
- 3) Rousi, A., Hereditas **47**: 81 (1961).
- 4) Darlington, C. D., and Wylie, A. P., Chromosome Atlas of Flowering Plants, London, (1955).
- 5) Sakamura, T., Bot. Mag. Tokyo **28**: 131 (1914).
- 6) ———, ibid. **29**: 365 (1915).
- 7) Kawakami, J., ibid. **44**: 319 (1930).
- 8) Moriya, A., and Kondo, A., Jap. J. Genet. **25**: 131 (1950).
- 9) Sakai, B., La Kromosomo **11**: 425 (1951).
- 10) Hirayoshi, I., and Matsumura, M., Jap. J. Breed. **1**: 219 (1952).
- 11) Tjio, J. H., and Levan, A., Est. Exper. de Aula dei **2**: 21 (1950).

Summary

The karyotypes of following 9 species and 1 variety of *Vicia* were studied by 8-oxyquinoline aceto-orcein technique: *Vicia angustifolia* var. *segetalis*, $2n=12$; *V. sativa*, $2n=12$; *V. nipponica*, $2n=12$; *V. pseudo-orobus*, $2n=12$; *V. tetrasperma*, $2n=14$; *V. cracca*, $2n=14$; *V. hirsuta*, $2n=14$; *V. unijuga*, $2n=24$; *V. amoena*, $2n=24$; *V. faba*, $2n=12$.

Cytological differences between *V. angustifolia* var. *segetalis* and *V. sativa* were found. This is an important evidence for keeping these races specifically separated.

The karyotypes of *V. nipponica* and *V. pseudo-orobus* are quite similar to each other.

Judging from their karyotypes, tetraploid races of *V. unijuga* and *V. amoena* are considered to be auto- and allotetraploid, respectively.

The karyotype of *V. faba* differs greatly from those of other species of the genus *Vicia*.

Possible phylogenetic relationships among these races were shown in a figure (Fig. 21).