

# スイバの性比

加藤万幸<sup>1</sup>・川上昭吾\*・加藤淳太郎\*\*

(愛知教育大学大学院学生<sup>1</sup>・理科教育講座\*\*)

## Sex Ratio of *Rumex acetosa* L.

Mayu KATO<sup>1</sup>, Shogo KAWAKAMI\* and Juntaro KATO\*\*

\*Department of Science (Science Education), \*\*Department of Science (Biology),  
Aichi University of Education, Kariya, Aichi 448-8542 Japan

### Abstract

本研究では、スイバの愛知県における自然集団の性比と、発芽時及び花粉時の性比を調査するとともに、減数分裂の観察を行い、性比の偏りがどこから生ずるか明らかにすることを目的とした。その結果、減数分裂、花粉形成、発芽時、栄養株の各段階における性比が明らかになり、各段階ごとで雌株に偏ることが分かった。

**Keywords** : スイバ, 雌雄異株, 性比

### I 目 的

スイバ (*Rumex acetosa* L.) は、春に荒地や水田のあぜ道、道路のわきで花を咲かせ、身近に見ることのできる雌雄異株の種子植物である。1923年に、木原・小野 (1923 a, b) によって、雌株では  $2n=14=12a+XX$ , 雄株では  $2n=15=12a+XY_1Y_2$  と初めてこの植物の性染色体が発見された。木原・小野 (1923 a) では、花粉母細胞の減数分裂の観察を行い、第一分裂中期における三価染色体の存在を明らかにし、さらに栄養株から採取した根端を用い、体細胞の染色体数を報告した。木原・小野 (1923 b) で、性染色体の存在を明確にし、性比 (♀/♂) についての研究も行っている。篠遠 (1924) は、木原・小野 (1923 a, b) の研究を再確認するとともに、性染色体の行動や性決定機構の研究を行った。小野・下斗米 (1928) は、倍数性間性体を見出し、これがスイバの性決定機構解明の糸口となった。その後、小野 (1928, 1930) は、倍数体及び異数体の研究を行い、染色体の組み合わせと性決定機構について研究した。同じ頃、竹中 (1931) は倍数性と性発現の研究を、木原・山本 (1931), 山本 (1933 a, b, 1934, 1935 a, b) が、スイバの倍数体の研究や地理的分布の違いで様々な核型を示すことを明らかにしている。これらの研究により、スイバの性決定機構が解明され、小野 (1935) は、性決定につ

いて総合的な報告を行った。さらに山本 (1938) は、スイバの異数体の研究を行い、余分に加わった常染色体を分析し、性の表現との関係を明らかにした。その後、小野は、1963年、名著『植物の雌雄性』でスイバの染色体変異や性比についてまとめた。また、芳賀 (1961) は、スイバの個体間における染色体の形態の違いを報告している。

1960代後半から1970年代、黒木西三と栗田正秀は、染色体の研究を行い、日本の様々な集団から採集した個体が多様な核型を示すことを明らかにし、染色中心やY染色体の異常凝縮の性質について報告した (例えば、栗田・黒木, 1970)。

スイバの研究はその後も続き、内野 (1980) は性比とスイバの分布調査を行い、また、藤島 (1980) によっても性比や染色体観察の研究が行われている。現在も、岩坪美兼によって、性決定機構の研究が行われている (未発表)。

スイバの自然集団における性比の調査は、日本各地で行われてきた。木原・小野 (1923) によると、京都市では3.4, 仙台市で3.7である。東京都では1.3, 茨城県では2.7-4.6であった (河野, 1974)。内野 (1980) は、福岡県では5.0と報告している。愛媛県では3.1, 鳥取県では4.8, 高知県では4.0であった (藤島, 1980)。外国でも、スイバの性比の調査が行われている。イギリスでは0.77-5.55 (Putwain・Harper, 1970), ポー

1 愛知教育大学大学院学生 (Graduate Student, Aichi University of Education)

ランドでは1.33-6.66であった (Zarzycki・Rychlewski, 1972)。このようにスイバは日本でもヨーロッパの集団でも雌株に偏りが見られる。藤島 (1980) は、スイバの性比は3から4ほどであり、性比の偏りについて、「たんなる偶然的なものではなく、性比がかたよるなんらかの原因 (淘汰圧) があったもの」としているが、まだその原因は明らかにされていない。

そこで、本研究は、自然集団における性比の偏りの実態を調査するとともに、花粉、種子形成、発芽あるいは成長のどの段階で性比の偏りが起こるか探ることとした。

## II 方 法

### 1. 野外調査

スイバの雌株には雄しべを欠く雌花が見られ、雄株には雌しべを欠く雄花がつく。雌花は雄花に比べて花が小さく、果実が観察できることや、雄花では手で揺らすと花粉が散る様子が観察できることもあり、スイバの雌雄株は花の外部形態を観察することで容易に区別することができる。

#### (1) 調査地点

愛知県を緯度・経度により16の区画に区切り、各区画(12.3km×15km) 1地点以上、計17地点で調査を行った。調査地点は、個体数が集団内に200株程度はありと予測できる場所を選定した。表1は調査地点を、図1はそれを地図上に示したものである。なお、区画10では2地点で調査を行った。

#### (2) 調査方法

##### 1) 雌株と雄株の株数

17調査地点で、200株程度、スイバ集団内の雌株と雄株の株数を数え、性比を調査した。

表1 調査地点

調査地番号	調査地点
1	西春日井郡西春町大字北野
2	瀬戸市篠町
3	東加茂郡旭町大字榊野
4	北設楽郡稲武町大字夏焼
5	名古屋市港区金城ふ頭中央緑地
6	豊田市上丘町
7	東加茂郡下山村大字梨野
8	北設楽郡設楽町大字小松
9	半田市岩滑西町
10	安城市鉅小川町鉅野池
11	額田郡幸田町大字桐山字向山
12	額田郡額田町大字淡淵字松畑
13	南設楽郡鳳来町大字長篠字森下
14	知多郡南知多町大字内海字奥遠廻間
15	幡豆郡幡豆町大字寺部字上宇頭
16	豊橋市小塚町
17	渥美郡渥美町大字江比間字新田

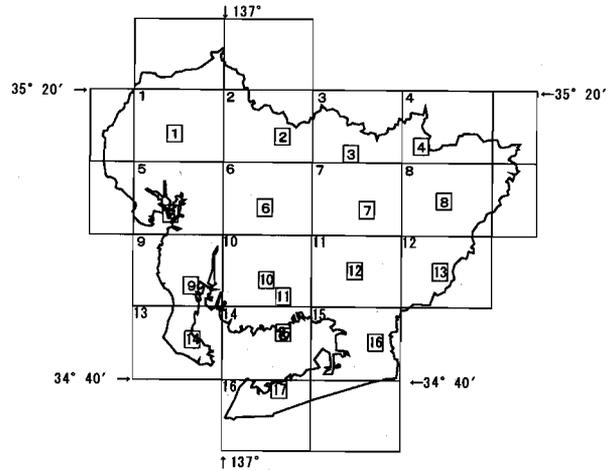


図1 調査地点地図

### 2) 集団における雌株、雄株の分布

スイバ集団内における雌株、雄株の位置を記録した。

### (3) 調査時期

調査時期は2001年5月である。

### 2. 発芽種子の根端細胞の性比

雌株の染色体は  $2n=14=12a+XX$ 、雄株は  $2n=15=12a+XY_1Y_2$  であり、染色体数と性染色体の違いで、種子の性比を調査した。

#### (1) 材料

本実験で用いた種子は、2001年5月、野生の株から採集してきた種子である。種子は、野外調査を行った7、10、11、13地点から採集した。種子は果実をつけた状態で乾燥させ、チャック付きポリ袋で保管しておいた。

種子を発根させるときは、直径9cmのペトリ皿に、脱脂綿とろ紙を1枚敷き、水を含ませ、ピンセットを用いて果実を取り除いた種子を100粒ほど等間隔に蒔いた。ペトリ皿はふたをし、室温内においた。観察には5mm～8mmに伸びた根の根端を使用した。

#### (2) プレパラート作製方法

5mm～8mmほど発根した根端を0.002mol/l 8-オキシキノリン液に常温で4時間浸し、前処理を行った。次いで、根を45%酢酸につけ、冷蔵庫で30分から1時間半固定した。60℃の解離液(4%塩酸と45%酢酸を2:1の割合で混ぜ合わせた溶液)で60秒間解離を行った。その後、蒸留水で保存した。固定解離処理した根端を1～2mm切り取り、2%酢酸オルセインで7分染色した後、押しつぶした。

### 3. 子葉による相対的 DNA 含量の分析

材料は、2003年6月愛知県大府市及び豊明市で採集した種子を発芽させて、展開した子葉を用いた。

性別が明らかとなっている雌株の葉をフローサイトメーターのコントロールに用いた後、サンプルの測定を行った。

フローサイトメーターは、PA型フローサイトメー

ター (Partec 社) を使用し、測定方法は、Kato et al. (2001) に従った。

調査時期は、2003年12月から2004年1月である。

#### 4. 花粉の性比

材料は、愛知県刈谷市、大府市、日進市、豊明市、瀬戸市、岐阜県土岐市、長野県木曾郡山口村で採集した。雄株の開花直前のつばみから黄色の葯を取り出し用いた。葯から内容物を取り出した後、蒸留水でシャーレ内で2度洗浄し、沈殿している花粉細胞を吸い込まないように蒸留水を取り除き、Kato et al. (2001) に若干の変更を加えて、DNA 含量を相対的に測定した。その後、雌性決定花粉と雄性決定花粉の最頻値を計測した。

調査時期は、2002年5月から6月及び、2003年5月から7月である。

#### 5. 減数分裂及び花粉の観察

##### (1) 減数分裂の観察

材料は、愛知県刈谷市の野外で採集したスイバの雄株である。雄花のつばみを採集し、花穂のまま45%酢酸で固定し、次いで、押しつぶし法を用いて観察した。岩坪 (未発表, 本人からの伝聞) によると、スイバの減数分裂は、午前8時から9時ごろに活発に行われる。本研究では、午前8時30分に固定した。

##### (2) 花粉の観察

材料は、愛知県刈谷市の野外で採集した雄株である。開花している雄花の花穂を採集し、軽く振り、スライドガラスの上に花粉をのせ、2%酢酸オルセインで染色し、軽く押しつぶして観察を行った。

### III 結 果

#### 1. 野外調査

##### (1) 雌株と雄株の株数

表2は、各地点における雌雄の株数と性比の結果を

表2 雌雄の株数と性比

調査地番号	株数		性比
	雌株	雄株	
1	150	50	3.0
2	148	52	2.9
3	149	51	2.9
4	158	42	3.8
5	172	28	6.1
6	160	40	4.0
7	154	46	3.4
8	167	33	5.1
9	151	49	3.1
10	130	70	1.9
11	179	21	8.5
12	134	66	2.0
13	155	45	3.4
14	147	53	2.8
15	153	47	3.3
16	168	32	5.3
17	152	48	3.2
合計	2627	773	3.4

示したものである。

雌株が比較的少なかった10の地点では、雌株130株、雄株70株で、性比は1.9であった。雌株が比較的多かった11の地点では、雌株179株、雄株21株で、性比は8.5であった。地域によって性比の偏りに差がみられた。

全調査17地点、3400株中、雌株は2627株、雄株は773株であり、雌株の株数が雄株より多かった。性比は3.4になる。

##### (2) 集団における雌株・雄株の分布

雌株と雄株の分布を調査した。調査地15を図2に示す。白丸が雌株、黒丸が雄株を示している。雌株の密度が高いところもあるが、全体に雌株も雄株もほぼ均等に分布していた。この他の地点の分布の仕方も同様であった。

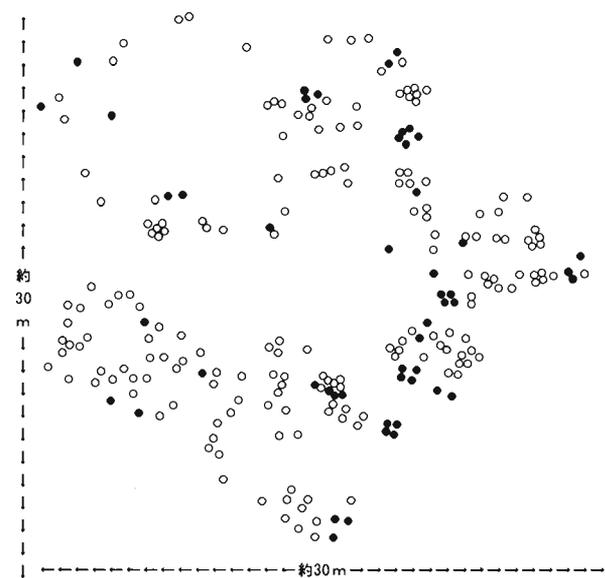


図2 調査地15のスイバ分布図 (○が雌株, ●は雄株)

#### 2. 発芽種子の根端細胞の性比

種子の雌雄の区別は、染色体が14本か15本か、及び、性染色体を確認することで行った。

図3は、雌株の体細胞分裂の中期像である。細胞内に14本の染色体が観察できる。14本の染色体のうち、一番大きく動原体が中央にあり、V形の染色体がX染色体である。大きさと形態から他の染色体と容易に区別できる。

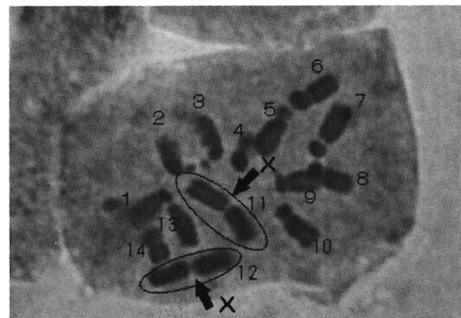


図3 雌株の体細胞分裂中期の染色体

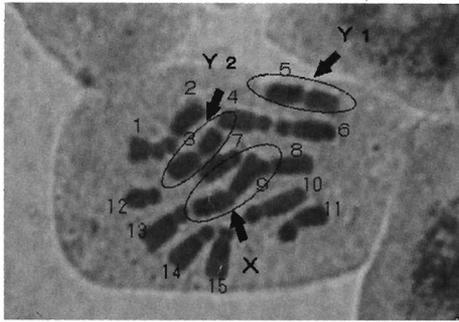


図4 雄株の体細胞分裂中期の染色体

図4は、雄株の体細胞分裂の中期像である。細胞内に15本の染色体が観察できる。また、性染色体のX染色体が1本、Y<sub>1</sub>染色体が1本、Y<sub>2</sub>染色体が1本、それぞれ観察することができる。X染色体は、雌株と同様に15本の染色体の中で一番大きくV形の染色体なので、他の染色体と容易に区別できる。Y<sub>1</sub>染色体とY<sub>2</sub>染色体は、X染色体より少し小さく、他の常染色体より大きいので区別が容易である。Y<sub>1</sub>染色体とY<sub>2</sub>染色体の区別に関しては、動原体がY<sub>1</sub>染色体は中央にあり、Y<sub>2</sub>染色体は次中部にあるので、この位置を観察することで区別できる。

表3は、発芽時の雌雄の個体数とそこから算定した性比を示したものである。株ごとの性比は差がみられ、性比の偏りが小さいもので2.0、大きいもので2.6であった。

合計389株を観察したが、雌株は267株、雄株は122株で、性比は2.2であった。

発芽時の性比も、雌株に偏りがみられた。しかし、野外における栄養株の雌雄の比(3.4)に比べると小さい値となっている。

表3 発芽時の雌雄の個体数と性比

調査親株	雌株	雄株	性比
1	68	32	2.1
2	72	28	2.6
3	67	33	2.0
4	60	29	2.1
合計	267	122	2.2

### 3. 子葉による相対的 DNA 含量の分析

#### (1) 雌雄の判別観点

図5のように、横軸50と100の位置にグラフのピークが現れるものを雌株と判別した。また、図6のように、横軸の50よりやや大きい値と、DNAが合成されて2倍になったグラフは、100にかからずグラフができていない個体を雄株と判別した。雌雄でグラフのピークの位置が異なるため、区別して測定することができる。

図7は、雌株と雄株の子葉の両方を用いてフローサイトメーターでの測定で得られたグラフである。図中の1、3が雌株を示し、2、4が雄株を示している。フローサイトメーターで雌雄を区別することができた。

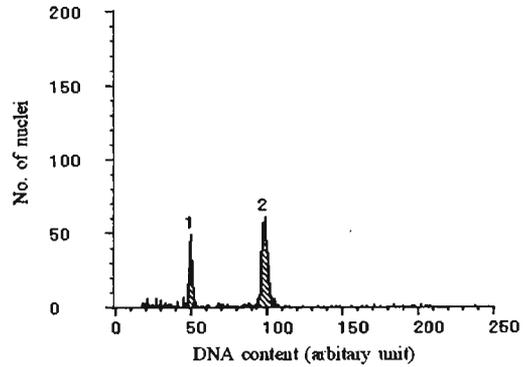


図5 雌株の DNA 含量

Peak 1 : 2C DNA 含量, Peak 2 : 4C DNA 含量

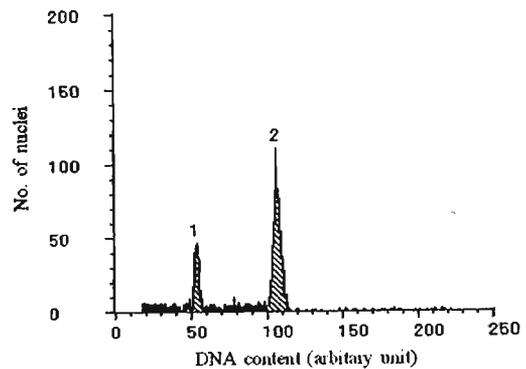


図6 雄株の DNA 含量

Peak 1 : 2C DNA 含量, Peak 2 : 4C DNA 含量

(雌株を内部標準として50に測定値を調整)

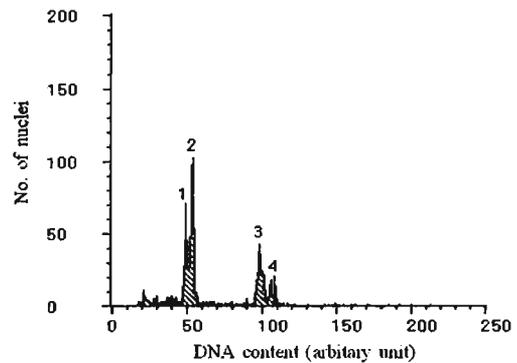


図7 雌株・雄株の DNA 含量

Peak 1 : 雌株 2C DNA 含量, Peak 2 : 雄株 2C DNA 含量

Peak 3 : 雌株 4C DNA 含量, Peak 4 : 雄株 4C DNA 含量

#### (2) 測定結果

表4は、フローサイトメーターでの測定による発芽時の雌雄の株数と性比である。調査親株1は、発芽率70.7%で、雌株68株、雄株49株で、性比が1.4であった。なお、この株では、3倍体が1株見られた。調査親株2

表4 子葉の雌雄の株数と性比

調査親株	雌株	雄株	3倍体	性比
1	68	49	1	1.4
2	56	47	0	1.2
3	37	26	0	1.4
合計	161	122	1	1.3

では、発芽率68.7%で、雌株56株、雄株47株であった。性比が1.2である。調査親株3の株では、発芽率40.0%で、雌株37株、雄株26株で、性比が1.4であった。

全283個体中、雌株が161個体、雄株が122個体で、平均性比は1.3になる。性比を1 : 1と仮定した時の $\chi^2$ 検定では、df = 1,  $P < 0.05$ で、雌株に偏る傾向がある。

(3) 発芽時の性比についてフローサイトメトリーでの測定結果と染色体観察の調査結果の比較

スイバの種子を発芽させて染色体観察を行い、性比を調査した。389株中、雌株が267株、雄株が122株で、性比が2.2であった。その結果とフローサイトメーターで調査した性比の結果1.3を比べると、同じ発芽時の段階を調査しているにもかかわらず、性比に差が生じた。

4. 花粉の性比

図8は、フローサイトメーターでの測定結果である。図中の1のピークが雌性決定花粉を、2のピークが雄性決定花粉を示している。雌性、雄性のある2型の花

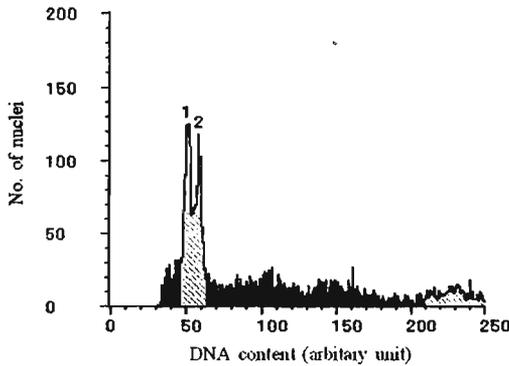


図8 花粉のDNA含量(1:雌性決定花粉, 2:雄性決定花粉)

粉を区別して測定することができた。

表5は、採集した雄株ごとの雌性決定花粉と雄性決定花粉の最頻値と性比を示したものである。

性比が高い株(採集雄株12)では、雌性決定花粉37個、雄性決定花粉19個で、性比が2.0であった。性比が低い株(採集雄株29)では、雌性決定花粉103個、雄性決定花粉118個で、性比が0.9であった。

全体で雌性決定花粉4082個、雄性決定花粉3385個で、花粉段階での性比は1.2であった。全調査結果について性比が1 : 1になると仮定した時の $\chi^2$ 検定では、df = 1,  $P < 0.001$ で、明らかに雌株に偏っていた。

株によって差があるものの、雌性決定花粉が多いことが明らかになった。花粉の段階でもうすでに性比に偏りがある。

5. 減数分裂及び花粉の観察

(1) 減数分裂

1) 三価の性染色体(第一分裂中期)

図9は、第一分裂中期の分裂像である。常染色体による二価染色体が六つ、X染色体にY<sub>1</sub>+Y<sub>2</sub>染色体が

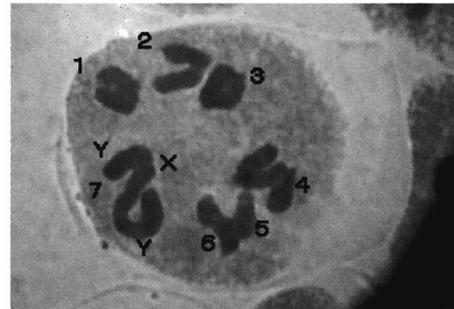


図9 三価染色体

表5 雌性決定花粉と雄性決定花粉の最頻値と性比

採集雄株	フローサイトメトリーでの最頻値		性比	採集雄株	フローサイトメトリーでの最頻値		性比
	雌性決定花粉	雄性決定花粉			雌性決定花粉	雄性決定花粉	
1	201	181	1.1	22	131	106	1.2
2	204	135	1.5	23	103	90	1.1
3	143	128	1.1	24	137	113	1.2
4	81	62	1.3	25	108	91	1.2
5	150	111	1.4	26	141	100	1.4
6	112	95	1.2	27	160	107	1.5
7	26	14	1.9	28	77	48	1.6
8	28	23	1.2	29	103	118	0.9
9	104	114	0.9	30	64	60	1.1
10	32	23	1.4	31	42	26	1.6
11	125	119	1.1	32	88	75	1.2
12	37	19	2.0	33	55	40	1.4
13	76	71	1.1	34	56	59	1.0
14	154	132	1.2	35	83	56	1.5
15	124	109	1.1	36	83	59	1.4
16	164	158	1.0	37	179	119	1.5
17	156	129	1.2	38	88	62	1.4
18	122	132	0.9	39	63	54	1.2
19	94	82	1.2	40	36	30	1.2
20	52	48	1.1	41	51	49	1.0
21	49	38	1.3	合計	4082	3385	1.2

対合した三価染色体が一つ形成されていることが確認できる。

2) 遅滞染色体, 染色分体橋 (第一分裂後期)

第一分裂後期には, 正常な細胞とともに遅滞染色体や染色分体橋を持つ細胞が1割程度観察できた。図10は, 第一分裂後期の遅滞染色体, 染色分体橋を持つ分裂像である。

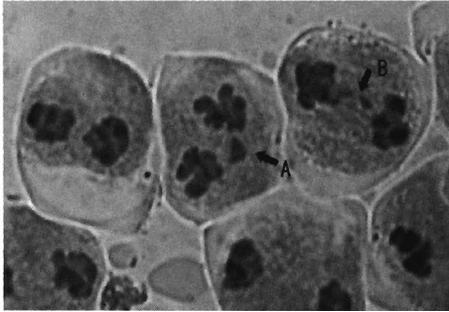


図10 遅滞染色体・染色分体橋 (A: 遅滞染色体, B: 染色分体橋)

3) 染色分体橋 (第二分裂後期)

図11は, 第二分裂後期の染色分体橋を持つ分裂像である。

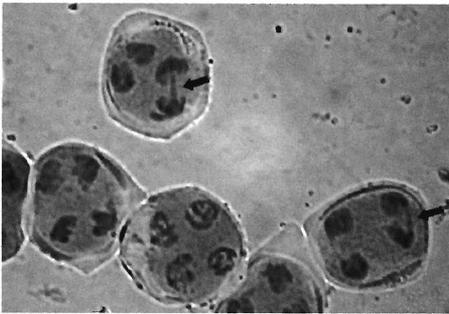


図11 染色分体橋 (第二分裂後期)

第二分裂後期の細胞のうち, 正常な細胞と染色分体橋を持つ細胞を数えた。表6は, 第二分裂後期における染色分体橋の割合を示している。

雄株1で染色分体橋が観察できた細胞は113個中14個であった。雄花2では, 143個中12個染色分体橋を持つ細胞が観察できた。雄花によって差があるものの, 10.2%の細胞で染色分体橋が観察できた。

表6 第二分裂後期における染色分体橋の割合

雄株	調査個体数	正常	染色分体橋	染色分体橋の割合(%)
1	113	99	14	12.4
2	143	131	12	8.4
合計	256	230	26	10.2

(2) 花粉

図12は正常花粉で, 図13は異常花粉の顕微鏡写真である。観察の結果, 通常の花粉と比べて小型で核をもたない異常な花粉が形成されていることが分かった。

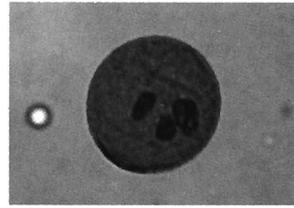


図12 正常花粉 (×700倍)

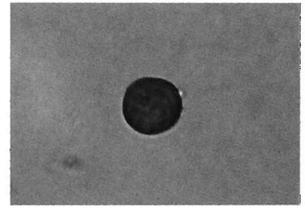


図13 異常花粉 (×700倍)

表7は, 正常花粉と異常花粉の数とその割合を示す。異常花粉が多く観察できた雄株6では, 500個中, 正常花粉448個, 異常花粉52個で, 異常花粉の割合は10.4%であった。異常花粉が少なかった雄株4では, 500個中, 正常花粉488個, 異常花粉12個で, 異常花粉の割合は2.4%であった。全体で2891個中, 正常花粉2722個, 異常花粉169個で, 異常花粉の割合は5.8%であった。

表7 正常花粉と異常花粉の数とその割合

雄株	調査個体数	正常	異常花粉	異常花粉の割合(%)
1	500	481	19	3.8
2	500	463	37	7.4
3	500	477	23	4.6
4	500	488	12	2.4
5	391	365	26	6.6
6	500	448	52	10.4
合計	2891	2722	169	5.8

IV 考 察

本研究より, 減数分裂, 花粉形成, 発芽時, 栄養株の各段階における性比が明らかとなった。スイバの性比は段階ごとに雌株に偏りがみられる。以下, 性比が偏る要因について考察する。

1. 減数分裂から花粉形成にかけて

本研究の調査では, 三価染色体は正常に形成されるものの, 第一分裂後期, 第二分裂後期に遅滞染色体や染色分体橋をもつ細胞がともに1割程度観察できた。花粉の顕微鏡観察で異常花粉が5.8%観察できたことや, 花粉のフローサイトメトリーによる測定の結果, 花粉の性比は1.2と雌株に偏りが見られたことから, 減数分裂が正常に行われなかったため異常花粉が形成されたと考えられる。異常花粉はおそらく致死し, 性比へ影響することが考えられる。

染色分体橋が生じるのは, 染色体に構造変化があったためである。考えられる構造変化には以下のものがある。

- (1) 三価染色体が  $XY_1$  と  $Y_2$  もしくは  $XY_2$  と  $Y_1$  で分離する。
- (2) 三価染色体の X と  $Y_1$ , X と  $Y_2$  の対合面で, 転座や逆位などの染色体異常がおこる。
- (3) 6本の常染色体の二価染色体のいずれかで, 転座や逆位などの染色体異常がおこる。

今後, 減数分裂第一分裂ディアキネシス期の分裂像

を観察して、染色体に構造変化が起きているかどうか、遅滞染色体や染色分体橋が性染色体由来のものであるか常染色体由来のものであるか調査する必要がある。

## 2. 花粉形成から種子形成にかけて

フローサイトメトリーによる花粉の性比は1.2であった。子葉の性比はフローサイトメトリーによる測定では1.3、発芽時の染色体観察では2.2であった。これらを比較すると、花粉の性比の方が、発芽時の性比より偏りが小さい。よって、性比に偏りができる要因の一つとして、受精競争が考えられる。

Correns (1928) は、スイバの受精が起きるとき、雌性決定花粉と雄性決定花粉の受精力の強弱があることを示唆している。また、小野 (1963) は、「花粉に雌と雄を決定する2型があり、とくに前者が後者よりその発芽力と花粉管の成長が早い場合を仮定すると、受精の結果できる種子の中には当然雌が多く出てくることが考えられる」と述べている。雄株で形成される花粉は、 $n = 6a + X$ ,  $n = 6a + Y_1Y_2$  の2通りで、染色体数はそれぞれ7本と8本である。染色体数の違いにより、花粉管の伸長速度が異なり、雌株の方が雄株に比べて形成されやすいことが考えられる。

Correns (1928) は、一方は受粉の際の花粉量を多くして競争を激しくし、他方は花粉の量を少なくして競争を弱め、その結果表れてくる性比の差を確かめる実験を行った。その結果、雄株の出現率は、多量受粉では8.92%であったのに対し、少量受粉では30.87%であった。Correns は、同様の実験をスイバと同じく雌雄異株の植物であるメラントリウムでも行っており、メラントリウムでは雄株の出現率は、多量受粉では31.65%であったのに対し、少量受粉では43.78%であり、スイバの方が著しい効果があると指摘している。そこで、「自然の状態では雌株が多いのは多量受粉の結果とみられる」と小野 (1963) が指摘するに至る。スイバは、受粉時の花粉の量が少量であれば、多量のときよりも雄性決定花粉が雌株の胚珠に到達できる確率が高くなるといえるようである。

益岡・藤島・清水 (1994) は、Correns (1928) の追試として、スイバの花粉で多量受粉と少量受粉の交配実験を行い、形態観察と染色体観察で性比を調べている。その結果、少量受粉の場合、性比は1に近いが、多量受粉では、雌株に偏りが見られると述べ、Correns (1928) と同様の結果を得ている。また、スイバの性比の偏りは、偶然的なものではなく、受精競争と様々な淘汰圧があるとの指摘をしている。

河野 (1974) によると、「Lewis (1942) と Darlington (1958) は、植物の自然集団の性比が偏る現象は、たんなる偶然的な結果ではなく、淘汰圧がはたらいてX、Y染色体をそれぞれもった花粉の花粉管伸長の速度に分化が生じ、その結果、自然集団の性比がある特定の

割合に維持されているとみなしている。そして、このような自然集団の性比が一定の偏りを維持することによって、集団としてもっとも高い種子生産に導くことが可能である」と述べている。

本研究でも、発芽時の染色体観察の調査、フローサイトメトリーでの測定において、採集してきた株ごとの性比は、多少の差がみられた。このことから、株によって受精競争の強弱があることが考えられる。受粉時の条件がそれぞれの株で異なり、性比に偏りが小さいものは少量受粉に、性比に偏りが大きいものは多量受粉に近かった可能性が高い。今後、種子形成時の性比を、種子胚そのもので調べ、受精競争が起きているか追求していく必要がある。

受精競争以外の要因として、小野 (1963) は、篠遠の研究を引用して、「スイバ、アサ、カナムグラの花粉の大きさをはかって二頂曲線分布をえて、これはクロマチン量を異にした2型の花粉によるもの」と述べているが、スイバの雌性決定花粉と雄性決定花粉の染色体数の違いによって、花粉の重量に差が見られ、花粉の飛行できる距離に違いが見られることが考えられる。そうであれば、仮説として、自然集団の中で、雄株の近くに生育している雌株は、雄性決定花粉と受精しやすく、雄株から距離が遠い雌株は、雌性決定花粉と受精しやすいたことが考えられる。花粉の重量の違いが受精競争を引き起こしている可能性は十分ありうる。今後、2型の花粉と花粉の飛行距離との関係を調査する必要があると考えられる。

## 3. 発芽時から成長する過程にかけて

### (1) 発芽時におけるフローサイトメトリーと染色体観察の結果の差異について

スイバの発芽時の染色体観察での性比2.2、フローサイトメトリーでの測定による発芽時の性比1.3と同じ段階を調査しているにもかかわらず、値に差が見られた。発芽時の性比に差が生じた原因として、以下に示す3点が考えられる。

#### 1) 地域差

発芽時の染色体観察を行った種子は、愛知県の額田郡幸田町、安城市、知多郡南知多町、東加茂郡下山村で採集した親株を用いた。今回、フローサイトメトリーで測定した株は、愛知県の豊明市、大府市で採集したものである。地域によって差があり、染色体観察とフローサイトメトリーでの測定の値に違いが見られたことが考えられる。

#### 2) 年次格差、採集時期の違い

染色体観察は、2001年5月下旬に採集した種子を用いて行った。フローサイトメトリーでの測定は、2003年6月に採集した種子を用いた。採集年、採集時期が異なることにより、気温などの環境要因が性比に影響を与えることが考えられる。

## 3) 受精競争の強弱

親株によって性比に違いがみられたことから、受精競争の強弱があることが考えられる。

発芽時の段階で性比に偏りができる要因として、温度、水、光などの物理的要因、スイバの生息する土地での他の植物との競争と、畑や水田・道路沿いにおける人為的作用などがあげられる。これらの要因によって、雌雄で発芽率が異なれば、成長したときに性比に偏りができるはずである。

発芽時の染色体観察とフローサイトメトリーでの測定で生じた結果の差の原因を明らかにするとともに、発芽の環境条件を様々に設定し、同一採集株での発芽時の性比の調査、採集株間における性比の調査を行い、差が生じれば、その原因を明らかにしていく必要がある。年次変化の調査を行う必要もある。

## (2) 性比の偏る要因

スイバの発芽時の染色体観察での性比2.2, フローサイトメトリーでの測定による発芽時の性比1.3, 及び自然集団における性比3.4は、いずれも雌株に偏りがみられた。自然集団における性比と発芽時の性比を比較すると、発芽時の性比の方が偏りが小さい。このことから、成長する過程に雌雄の育ちやすさに違いがあることが考えられる。

Zarzycki・Rychlewski (1972) によると、「スイバの自然集団から採集した種子でつくった人工集団は、ほぼ1:1の性比を示す。しかし、1シーズン後には、性比がほぼ2:1になるといふ」と述べ、また、「スイバの場合、栽培する個体密度が高いほど、性比の偏りがはっきりすると報告されている (河野, 1974)。Putwain・Harper (1970) は、自然集団で性比が偏る原因として、スイバの場合とはくに雌雄個体間の年成長生活環、生育構造の相違、再生産システム reproductive system の相違をあげている。」と述べている (河野, 1974)。スイバは成長していく中で、自然淘汰や人為淘汰といった淘汰圧が働き、スイバ集団内の性比に偏りができるといえる。

スイバの生息する土地は、農耕作業で土地が耕されたりすることで生育環境が変わることもありうる。スイバは酸性土壌の指標生物であり、何らかの原因で土壌 pH が変化した場合、淘汰圧がかかり生息に影響している可能性もある。発芽から成長するまでの発育調査を行う必要がある。

## V ま と め

スイバは、花粉、種子の発芽時、栄養株の段階で雌雄株の性比が異なることが明らかになった。性比の偏る要因として、減数分裂の異常、受精競争、雌雄の発芽のしやすさの違い、淘汰圧、地域差などが複雑に影響していることが考えられる。

## 謝 辞

研究を進めるにあたりご指導、ご助言をいただきました鳴門教育大学の米澤義彦先生、富山大学の岩坪美兼先生、元鳥取大学の藤島弘純先生に深く感謝を申し上げます。

## 文 献

- Correns, C. (1928) Bestimmung, Vererbung und Verteilung des Geschlechtes bei den höheren Pflanzen. pp. 56-57. Borntraeger.
- 藤島弘純 (1980) スイバの教材化 I—スイバの性比と性染色体—。教材生物ニュース 62: 176-181.
- Haga, T. (1961) Intra-individual variation in number and linear patterning of the chromosomes. I. B-chromosomes in *Rumex*, *Paris* and *Scilla*. Proc. Japanese Acad., 37(10): 627-632.
- Kato, J. Ishikawa, R. and Mii, M. (2001) Different genomic combinations in inter-section hybrids obtained from the crosses between *Primula sieboldii* (Section Cortusoides) and *P. obconica* (Section Obconicolisteri) by the embryo rescue technique. Theor Appl Genet 102: 1129-1135.
- 河野昭一 (1974) 植物の進化生物学 II 種の分化と適応, pp. 46-49. 三省堂.
- Kihara, H. and Ono, T. (1923a) Cytological studies on *Rumex* L., I. Chromosome of *Rumex acetosa* L.. Bot. Mag. Tokyo 37(435): 84-90.
- Kihara, H. and Ono, T. (1923b) Cytological studies on *Rumex* L., II. On the relation of chromosome number and sexes in *Rumex acetosa* L.. Bot. Mag. Tokyo 37(438): 147-149.
- Kihara, H. and Yamamoto, Y. (1931) Karyomorphologische Untersuchungen an *Rumex acetosa* L. und *Rumex montanus* Desf. Cytologia 3(1): 84-118.
- Kurita, M. and Kuroki, Y. (1970) Y-chromosome and heterochromatin in *Rumex acetosa*. Japan. J. Genetics 45(4): 255-260.
- 黒木西三 (1975) 性染色体. 遺伝 29(8): 18-24.
- Kuroki, Y. and Kurita, M. (1969) Karyotypes of *Rumex acetosa* L.. Mem. Ehime Univ., Sci. Ser. B (Biol.) 5(2): 41-50.
- Kuroki, Y. and Kurita, M. (1970) Further Note on Karyotypes of *Rumex acetosa* L.. Mem. Ehime Univ., Sci. Ser. B (Biol.) 5(3): 209-214.
- Masuoka, A., Fujishima, H. and Shimizu, H. (1994) Cytogenetical and Ecological Studies on the Sex Ratio Determination of *Rumex acetosa* L.. J. Fac. Educ. Tottori Univ. (Nat. Sci.) 42(2): 199-208.
- Ono, T. (1928) Further investigations on the cytology of *Rumex*. (I-V). Bot. Mag. Tokyo 42(503): 524-533.
- Ono, T. (1930) Further investigations on the cytology of *Rumex*. (VI-VIII). Bot. Mag. Tokyo 42(519): 168-175.
- Ono, T. (1932) Polyploidy in *Rumex acetosa*. Bot. Mag. Tokyo 46(544): 321-327.
- Ono, T. (1935) Chromosomen und Sexualität von *Rumex acetosa*. Sci. Rept. Tohoku Imp. Univ., Ser. IV, Biol. 10(1): 41-210.

- 小野知夫 (1963) 植物の雌雄性, pp. 58-64, 157-171. 岩波全書.
- Ono, T. and Shimotomai, N. (1928) Triploid and tetraploid intersex of *Rumex acetosa* L.. Bot. Mag. Tokyo 42(497) : 266-270.
- Putwain, P. D. and J. L. Harper (1970) Studies in the dynamics of plant populations, V. Mechanisms governing the sex ratio in *Rumex acetosa* and *R. acetosella*. Jour. Ecol. 58 : 113-129.
- Sinoto, Y. (1924) On Chromosome Behavior and Sex Determination in *Rumex acetosa* L.. Bot. Mag. Tokyo 38(453) : 153-162.
- Takenaka, Y. (1931) Further reports of cytological and genetic investigations of *Rumex acetosa* L. I. New chromosome and chromosome-fragments. Bot. Mag. Tokyo 45(538) : 475-489.
- Uchino, A. (1980) Sex Ratio in Natural Population of *Rumex acetosa* L.. Mem. Fac. Gen. Ed., Kumamoto Univ., Ser. Nat. Sci. 15 : 21-26.
- Yamatomo, Y. (1933a) An autohexaploid plant of *Rumex acetosa* L. Japanese Jour. Genetics 8(2-3) : 125-129.
- Yamamoto, Y. (1933b) Karyotypes in *Rumex acetosa* L. and their geographical distribution. Japanese Jour. Genetics 8(4) : 264-274.
- Yamamoto, Y. (1934) Karyogenetische Untersuchungen bei der Gattung *Rumex*. I. Hetero- und Euploidie bei *Rumex acetosa* L. Cytologia 5(3) : 317-336.
- Yamamoto, Y. (1935a) Karyogenetische Untersuchungen beider Gattung *Rumex*. II. F1-Bastard zwischen *Rumex acetosa* L. und *Rumex montanum* Desf. III. Eine autohexaploide Pflanze bei *Rumex acetosa* L. Japanese Jour. Genetics 11(1) : 6-17.
- Yamamoto, Y. (1935b) Karyogenetische Untersuchungen bei der Gattung *Rumex*. IV. Ein Fall von einfacher Translokation bei *Rumex acetosa* L. Cytologia 6(4) : 407-412.
- Yamamoto, Y. (1938) Karyogenetische Untersuchungen bei der Gattung *Rumex*. Mem. Coll. Agric. Kyoto Imp. Univ., 43 : 1-59.
- Zarzycki, K. and J. Rychlewski (1972) Sex ratio in Polish natural populations and in seedling samples of *Rumex acetosa* L. and *R. thyrsoiflorus* Fing. Act. Biol. Cracov 15 : 135-151.

(平成16年 8月10日受理)