

韓国および日本産シラヤマギクにおける B染色体の比較研究 (予報)¹⁾

松田忠男²⁾・持田幸良²⁾・永井昌美³⁾・奥津英明⁴⁾

Preliminary Reports of Comparative Study on the B chromosomes in *Aster scaber* from Korea and Japan¹⁾

Tadao MATSUDA²⁾, Yukira MOCHIDA²⁾, Masami NAGAI³⁾
and Hideaki OKUTSU⁴⁾

Abstract : Chromosomes number of *Aster scaber* Thunb. that were collected from the four localities of Korea (Mt. Togyusan, Mt. Choryongsan, Mt. Sobaeksan and Mt. Soraksan), were determined as diploids ($2n=18$) of the basic chromosome number $x=9$ and as aneuploids with addition of surplus B chromosomes. And the B chromosomes were also found in the five Japanese populations (Tables 1 and 3). The karyotypes of somatic ordinary chromosomes at prophase and metaphase of plants from the Korea were similar to those that were reported previously in the Japanese individuals. The B chromosomes in the Korean plants were the identical types as iso_B and a_B that were reported previously in the Japanese plants. The same two types were also found in the Japanese populations of this study. The homology of the ordinary chromosomes and of the B chromosomes, and the direction of differentiation and adaptation to geographical environment of the B chromosomes were discussed between the Korean and the Japanese plants in *A. scaber*.

はじめに

シラヤマギクは本邦では種子島から北海道まで広く分布しており (Kitamura, 1937; 堀川, 1976), 韓国, 満州, 中国北部にも分布が報告されている (Nakai, 1911; Kitamura, 1937; 北川, 1939; Kitagawa, 1979)。本種の正常な染色体数は根端細胞で $2n=18$ (下斗

-
- 1) 横浜国立大学教育人間科学部付属理科教育実習施設研究業績第60号
 - 2) 横浜国立大学教育人間科学部自然環境講座 (Department of Environmental Sciences, Faculty of Education and Human Sciences, Yokohama National University, Yokohama 240-8501, Japan)
 - 3) 東京都江戸川区立本一色小学校 (Hon-issshiki Elementary School of Tokyo)
 - 4) 横浜国立大学教育学部生物学教室 (Department of Biology, Faculty of Education, Yokohama National University)。

米・藤原, 1940; Shimotomai and Huziwara, 1942; Huziwara, 1957; Matsuda, 1970a, b)。

一方, 本邦産のシラヤマギクには, 株によっては普通染色体より小形な iso_0 と a_0 の2型のB染色体が付加されている (Matsuda, 1970b; 斉藤・松田, 1984, 1985; 松田・斉藤, 1986; 南谷・松田, 1989)。 iso_0 の数は同一個体においては細胞間で一定であるが, a_0 は核分裂後期において体細胞的不分離をするため, 根端間および細胞間でその数に変異する。今回は, 韓国の徳裕山, 鳥嶺山, 小白山, 雪嶽山の4集団より得られたシラヤマギクの複数の個体に, 本邦のシラヤマギクにすでに報告されているB染色体と核形態学的に類似したB染色体が見いだされたので, B染色体の出現状況ならびに形態を中心に予報として報告する。また, 日本の5集団に新たに確認されたB染色体の出現状況と, 日本および韓国産のシラヤマギクの間でのB染色体の出現状況の比較結果を予報として報告する。

材料と方法

研究に用いたシラヤマギク (*Aster scaber* Thunb.) の個体は, 韓国の徳裕山, 鳥嶺山, 小白山, 雪嶽山の4集団より採集された1, 3, 9, 11の計24株である (Table 1)。体細胞有糸分裂期の染色体の観察は根端細胞で行われ, プレパラートの作製は南谷・松田 (1989) の方法で行われた。染色体数の決定に当たっては, 本種のB染色体の数が, 株および同一株内でも根端間および細胞間で変異すると予想されたので (Matsuda, 1970b), 1株当たり4-6本の根端で観察した。体細胞有糸分裂中期の核型分析は Matsuda (1970b), 斉藤・松田 (1985), 南谷・松田 (1997) の方法に従った。なお, 研究に用いた個体の地上部は, 出来るかぎりおしぼり標本とし, 横浜国立大学教育人間科学部自然環境講座に保存されている。

なお, 本邦の次の5集団において新たにB染色体を確認した; 鹿児島県西表市岳之田 (種子島), 鳥根県大田市山瓶町三瓶山, 静岡県田方郡天城湯ヶ島町持越, 東京都八王子市高尾山, 群馬県甘楽郡下仁田町青倉 (Table 3)。

結 果

1. 韓国におけるシラヤマギク生育地の状況

核学的な研究に用いた韓国のシラヤマギクの4採集地である徳裕山, 鳥嶺山, 小白山, および雪嶽山における生育地の状況は次の通りであった。徳裕山 (1,614m) は韓国中央部の南 (全羅北道) に位置し, 研究に用いたシラヤマギクは森林分布上限に近い標高1,540mのモンゴリナラが優占する林分に生育していたものである。群落高は5mで亜高木層は植被率が90%でモンゴリナラにサイシュウシラベ, トウハウチワカエデ, ダケカンバやチョウセンゴヨウなどが混生していた。低木層は1.5mで植被率は20%と低く, クロフネツジ, カンボクなどが生育していた。そして草木層は1m, 植被率は90%と高くスズタケが圧倒的に優占し, シラヤマギクはスズタケが疎になったところに散生していた。立地は土壌層がやや発達した東向き20°の上部谷壁斜面であった。

鳥嶺山 (1,017m) は韓国のほぼ中央部 (忠清北道) に位置し, 採集したシラヤマギクは標高590mのアベマキが優占する林分に生育していた。群落高12mの4層構造, 高木層の植被率80%でアベマキにモンゴリナラ, ノグルミ, アカマツが混生していた。亜高木層8m

と低木層4mでは植被率は30%、20%と共に低く、アベマキ、ダンコウバイがそれぞれの優占種であった。草本層は0.4mで植被率10%と低かったが、ササ類が生育していないことから草本層の出現種数は48と非常に豊富であり、ホソバヒカゲスゲ、カラチダケサシ、オオアブラススキやヒメキスゲなどが優占し、シラヤマギクはところどころに疎な集団を形成していた。立地は土壤層の発達が悪く、表層には10~50cmの扁平な角礫が多数散在する南東向き傾斜35°の崖錐斜面であった。

小白山(1,439m)は韓国中央部の北(忠清北道)に位置し、研究に用いたシラヤマギクは標高1,110~1,260mの4地点で採集され、それらはモンゴリナラが優占する林分に生育していた。4地点とも群落高は7~10mの3層構造で、亜高木層の植被率は70~90%でモンゴリナラ1種が優占するか、オノオレカンバ、トウハウチワカエデやアムールシナノキなど1~2種が混生するだけであった。低木層は2~4mでクロフネツツジかサワフタギが優占していた。そして草本層は0.5~1m、植被率60~80%と高くササ類が出現せずに、イネ科のノガリヤスが優占しており、草本層の出現種数は30~50と非常に豊富であり、シラヤマギクはところどころに疎な集団を形成していた。立地は土壤層がやや発達した南西向きの傾斜20~35°の頂部斜面であった。

雪嶽山(1,708m)は韓国北部の東(江原道)に位置し、研究に用いたシラヤマギクは標高350mのコナラが優占する林分に生育していた。群落高17mの4層構造で、高木層の植被率は80%でコナラ1種が優占し、その最大胸高直径は122cmであった。亜高木層は高さが11m、植被率30%でアムールシナノキ、ハクウンボク、アカシデなどが生育し、低木層は高さが5m、植被率30%でハクウンボク、トウハウチワカエデなどが生育していた。草本層は0.4mで植被率10%と低かったが、ササ類が生育していないことから、草本層の出現種数は26を数えた。ヤブレガサ、ナンザンスミレ、チゴユリなどが量的にはやや多かったものの、シラヤマギクもところどころに集団を形成していた。立地は巨礫が重なり合った尾根状の斜面で、巨礫と巨礫の間に土壤層が発達した、南東向き傾斜10°の上部谷壁斜面の下部であった。

2 根端細胞における染色体数

韓国の4集団から得られた24株(Table 1)について根端細胞で染色体数を算定した。各集団の個体数が少なく、集団間の比較をすることが出来ないため、今回は観察した4集団の24株について、まとめて報告する。24株のうちの17株(70.8%)は $2n=18$ であったが(Fig. 1A)、残りの7株(29.2%)は18個の普通染色体の他に普通染色体のいずれよりも小形な1ないし6個の、B染色体と考えられる余分な染色体を持つ異数体であった(Fig. 1B-F)。異数体におけるB染色体の付加には次の三つの場合が見られた。一つは、同一株内ではどの細胞においても1または2個の一定数のB染色体が付加されており(Fig. 1B, E)、第二の場合では同一株でもその数が根端および細胞間で0-6個と変異するものが付加されており(Fig. 1C, F)、第三の場合では付加されている数が一定なB染色体とその数が細胞間で変異するものとが組み合わせられていた(Fig. 1D; Table 1)。

なお、本邦において新たに観察した5集団の個体はすべて二倍体であり、B染色体による異数体も見いだされた(Table 3)。異数体の出現状況は、先の報告と同様に(Matsuda, 1970b)、細胞間でその数が一定なB染色体の付加によるか、同一株でも根端および細胞間

Table 1. Occurrence of B chromosomes in the root tip cells of *Aster scaber* in four localities of Korea

Locality	Chromosome number ($2n=18+$)					Number of plants
	0B	1B*	2B*	0-6B**	$2B^*+0-3B^{**}$	
Mt. Togyusan	-	1	-	-	-	1
Mt. Choryongsan	3	-	-	-	-	3
Mt. Sobaeksan	10	1	-	-	-	11
Mt. Soraksan	4	0	1	2	1	9
	17	2	1	2	1	24

* Number of the B chromosomes is stable in root tip cells. This B chromosome type is named as iso_B in the text.

** Number of the B chromosomes is varied from zero to six among cells and roots in the same plant. This B chromosome type is designated as a_s in the text.

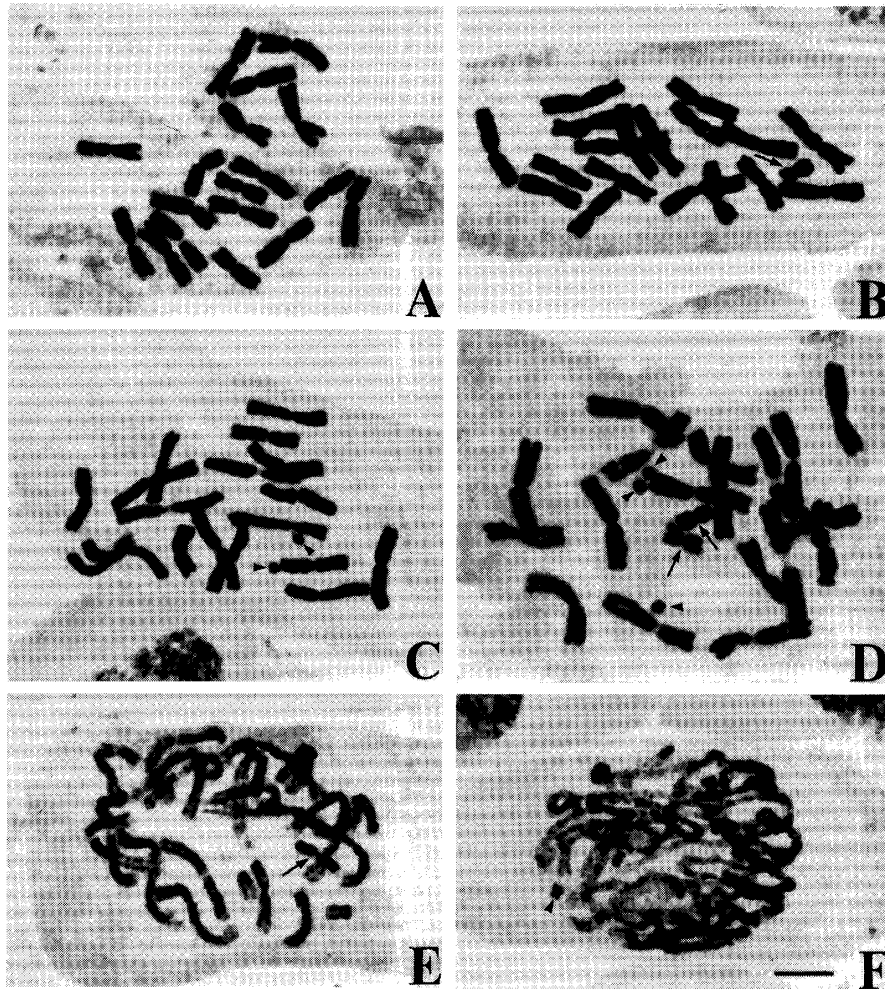


Fig. 1. Mitotic chromosomes at metaphase (A - D) and prophase (E & F) in root tip cells of the five plants of *Aster scaber* from the three localities of Korea. A. $2n=18$ (Mt. Choryongsan; KN5601). B. $2n=18+1iso_B$ (Mt. Sobaeksan; KR4601). C. $2n=18+2a_s$ (Mt. Soraksan; KN3305). D. $2n=18+2iso_B+3a_s$ (Mt. Soraksan; KN3308). E. $2n=18+1iso_B$ (Mt. Sobaeksan; KR4601). F. $2n=18+1a_s$ (Mt. Soraksan; KN3305). At prophase B chromosomes show heterochromatic nature in early condensed state. Arrows and arrowheads indicate the B chromosome variants iso_B and a_s , respectively. Scale is $5\mu m$.

でその数に変異するB染色体の付加によっていた。

3 韓国産シロヨメナの体細胞普通染色体の形態

本邦産の本種の体細胞分裂中期における普通染色体 (2n=18) の核型は、すでに Huziwarra (1957) および Matsuda (1970b) らによって報告されている。本研究では、韓国の鳥嶺山産の1個体 (KN5601) で中期の核型分析を行い、合わせて前中期の形態を分析した。中期における染色体は均一に濃く染まり、一次狭窄を中部または次中部に持ち、最も長い染色体は6.4 μ m、最も短いもので4.4 μ mであり、漸变的に短くなっていた。また、第8対 (15,16) の染色体は腕比が1.0で、一次狭窄を中部に持ち、一腕に二次狭窄を持っていた (Figs. 1A,

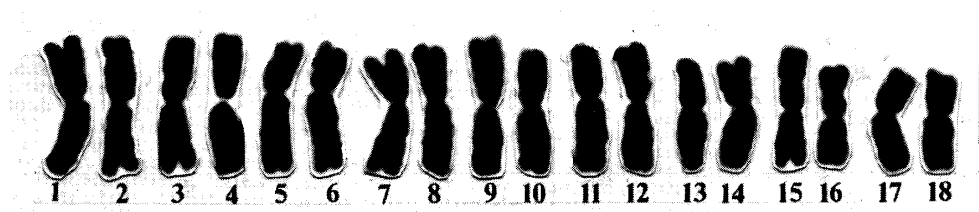


Fig. 2. A serial alignment of ordinary chromosomes (2n=18) at mitotic metaphase shown in Fig. 1A (KN5601) of *Aster scaber* from Mt. Choryongsan in Korea. Scale is 5 μ m.

Table 2. Measurements of somatic chromosomes at mitotic metaphase in a root tip cell (KN5601) of *Aster scaber* from Mt. Choryongsan in Korea

Chromosomes	Length (μ m)	Relative length	Arm ratio	F %
1	2.8 + 3.6 = 6.4	6.4	1.3	44
2	2.9 + 3.4 = 6.3	6.3	1.2	46
3	3.1 + 3.2 = 6.3	6.3	1.0	49
4	2.9 + 3.3 = 6.2	6.2	1.1	47
5	2.2 + 3.7 = 5.9	5.9	1.7	37
6	2.1 + 3.7 = 5.8	5.8	1.7	36
7	2.5 + 3.3 = 5.8	5.8	1.4	43
8	2.5 + 3.3 = 5.8	5.8	1.3	43
9	3.0 + 3.1 = 6.1	6.1	1.0	49
10	2.6 + 3.1 = 5.7	5.7	1.2	46
11	2.3 + 3.3 = 5.6	5.6	1.4	41
12	2.3 + 3.2 = 5.5	5.5	1.4	42
13	2.3 + 2.8 = 5.1	5.1	1.2	45
14	2.1 + 3.0 = 5.1	5.1	1.4	41
15	1.3 + 1.2 + 2.5 = 5.0	5.0	1.0	50
16	1.2 + 1.0 + 2.2 = 4.4	4.4	1.0	50
17	1.9 + 2.6 = 4.5	4.5	1.4	42
18	1.8 + 2.6 = 4.4	4.4	1.4	41

2 ; Table 2)。

前期から前中期においては、18個の普通染色体のうち付随体を持つ仁染色体を除く16個の染色体は、短腕の端部に分散して染色性の薄い晩期凝縮性の真正染色質を、基部には染色性の強い早期凝縮性の異質染色質を持ち、端部に向って漸变的に分散して薄く染まっていた。また、仁染色体の長腕は基部側に早期凝縮性の異質染色質を持ち、端部に向って染色性が漸变的に薄くなっており、端部に真正染色質を持っていた。なお、付随体を含む他の一腕は早期凝縮性の異質染色質のみから成っていた (Fig. 1E, F)。

これらの前期, 前中期および中期における染色体の形態的特徴は, 先に本邦のシラヤマギクで報告されている特徴と本質的に同じであり (Huziwara, 1957; Matsuda, 1970b; 斉藤・松田, 1985; 南谷・松田, 1997), 両国の種の間には核形態学的な顕著な差は見いだされなかった。

4 B染色体の形態と出現状況

韓国の4集団のうちの3集団に前述の通りB染色体が見いだされた。観察した株数が少ないが, 観察した限りではB染色体には形態的に異なる2型が区別された。その内の1型は体細胞有糸分裂中期において長さが約2 μ mで, 中部に一次狭窄を持ち, 他の型は長さが約1 μ mで, 中部に一次狭窄を持つ (Fig. 1B, C, D)。また, 有糸分裂前期から前中期ではこれらの2型は染色体の全体に渡って強く凝縮し, オルセインに濃く染まる早期凝縮性の異質染色質性を示した (Fig. 1E, F)。これらの韓国産の2型のB染色体は, 先に Matsuda (1970b) が報告した日本産シラヤマギクのものと同様によく一致し, 大形の前者は iso_p , 小形の後者は a_s と考えられる。なお, iso_p はB染色体が見いだされた3集団に共通して出現したが, a_s は現在のところ雪嶽山でのみ確認された (Table 1)。

体細胞有糸分裂後期におけるB染色体の行動を観察したところ, iso_p は両極へ整然と分離・分配されていたが, a_s は体細胞的不分離を起し, 両極へ不規則に分配されていた。また, 同一株に iso_p と a_s の両型が共存する場合でも後期における2型の行動は変わらなかった。韓国産の2型のB染色体の後期における行動も, 日本産の本種での報告と一致する。

本邦の5集団におけるB染色体の出現状況は次の通りであった。種子島の岳之田の2株は iso_p を1個, 高原地である三瓶山および天城湯ヶ島町持越の1株は a_s を, 高尾山の1株

Table 3. Occurrence of B chromosomes in *Aster scaber* in some localities of Japan

Locality	B chromosome constitution (2n=)				Frequency of B's (%)	Reference
	18+0 B	18+ iso_p	18+ a_s	18+ iso_p + a_s		
Nishinomote C., Kagoshima Pref.	1	2	0	0	-	This study
Kurahashi T., Hiroshima Pref.	91	0	4	0	4.2	Matsuda, 1970b
Mt. Shinnyu, Togouchi T. Hiroshima Pref.	24	5	5	0	29.4	Ibid.
Mt. Sanbe, Sanbe T., Shimane Pref.	37	0	1	0	2.7	This study
Amagiyugashima T., Shizuoka Pref.	6	0	1	0	-	This study
Hassawa, Hadano C., Kanagawa Pref.	7	0	4	0	-	Saito and Matsuda, 1985
Yadorigi, Matsuda T., Kanagawa Pref.	39	18	15	2	48.0	Ibid.
Mt. Takao, Hachioji C., Tokyo Pref.	33	1	27	2	47.6	This study
Plateau Kiyosato, Yamanashi Pref.	105	0	7	0	6.3	Minamiya and Matsuda, 1997
Aokura, Shimonita T., Gunma Pref.	9	0	2	0	-	This study
Kamitokoro, Kitami C., Hokkaido Pref.	46	0	0	0	0.0	Matsuda, 1970a

は1個の iso_0 , 27株は a_s を, 2株は2個の iso_0 と a_s を合わせ持ち, 下仁田町青倉の2株は a_s のみを持っていた。未だ明確に言い切ることはできないが, 本邦においては a_s の出現頻度は iso_0 に比べて高く, a_s は寒冷な高地や北方に出現する傾向が見られた (Table 3)。

考 察

シラヤマギク (*Aster scaber* Thunb.) は前述のように, 本邦では種子島から北海道に至る広範な地域に広く分布し, 韓国, 満州, 中国北部にも分布している。今回, 韓国産のシラヤマギクの核学的研究の機会が得られ, 本邦産の本種との比較研究が可能となった。両国の種の外部形態には顕著な違いは見いだされなかった。核学的にも両国の種の間にはほとんど差が見られず, 韓国産の個体の根端細胞における普通染色体数はすべて18で, 二倍性であった。また, 体細胞有糸分裂前期, 中期における普通染色体の形態にも両者の間には差は見られず二倍性として安定して広く分布し, 両者は起源を等しくする種であることが予想される。一方, 本邦のシラヤマギクにはB染色体による異数性が知られているが (Table 3), 韓国の種にも異数体が見いだされ, 現在のところ調査個体数が少なく明確なことを述べる事が出来ないが, 本邦で見いだされている型と形態学的に相同な少なくとも2型のB染色体が見いだされた (Matsuda, 1970b; etc.)。これは両国に生育するシラヤマギクの起源が同じであることを示すものであり, 本種のB染色体の起源は不明であるが, 本染色体は少なくとも本種が現在の分布域に広まる前に生じたことを示すものであろう。本種の発生地と分布の方向は不明であるが, それらの解明のためにも韓国のより多くの集団と個体の検討は勿論のこと, 中国北部, アムール, ウスリーなどのより北方の集団からの核学的な情報が望まれる。

本邦のシラヤマギクにおけるB染色体の出現状況は, 集団ごとの調査個体数も少なく, 比較が困難であるが, その出現頻度は地理的には寒冷でより北方に位置する集団に低くなる傾向が認められる (Table 3; 南谷・松田, 1997)。バッタの1種の *Myrmeleotettix maculatus* のB染色体の出現頻度は寒冷地ほど低いことが知られている (Hewitt and Brown, 1970)。また, シラヤマギクと同属のシロヨメナ群 (*Aster ageratoides* subsp. *leiophyllus* Group) では, B染色体の出現頻度は種の分布域が北へ行くほど低く (Matsuda and Shinohara, 1985; Matsuda and Shishido, 1988), この原因はB染色体が寒冷な地域に適応できず, B染色体を持つ株が淘汰されるためと考えられている。北海道北見市のシラヤマギクの集団にB染色体が見いだされていない事実は, この考えを支持するのかもしれない。一方, 韓国におけるB染色体の出現状況を考察できる状態にはないが (Table 1), B染色体の適応力と地理的・気象的条件との関係を解明する上には, 韓国におけるより広範な地域・集団に関する研究が必要であろう。

本邦においては, 2型のB染色体のうち大形の iso_0 は温暖な地域に, 小形の a_s は寒冷な地域に出現する傾向が見られる (Table 3)。先に考察したB染色体の環境への適応をここに当てはめると, 大形で何らかの機能的な活性を持つ iso_0 を持つ個体が環境の変化に適応しにくくなって淘汰され, 小形で体細胞的不分離をする不安定かつより不活性な a_s が残存しているのかもしれない。その結果として, 本種のB染色体は本種の分布域が寒冷な高地や北方域ほどその出現を減少させているのであろう。シラヤマギクのB染色体

の出現頻度と地理的要因との関係を解明するためには、本邦は勿論のこと韓国およびその北方の広範な地域におけるシラヤマギクのB染色体の地理的分布と起源に関する研究が望まれる。

摘 要

- 1 韓国の徳裕山，鳥嶺山，小白山，雪嶽山の4集団から採集された24株のシラヤマギクを核学的に調べた結果，染色体数は $2n=18$ の2倍性であったが，B染色体による異数体も見いだされた。また，本邦の，鹿児島県西表市岳之田（種子島），島根県大田市山瓶町三瓶山，静岡県田方郡天城湯ヶ島町持越，東京都八王子市高尾山，群馬県甘楽郡下仁田町青倉の集団にも新たにB染色体が見いだされた。
- 2 韓国産のシラヤマギクの体細胞有糸分裂前期・前中期および中期の普通染色体の核型は，日本産の本種の核型と一致した。
- 3 韓国産のシラヤマギクのB染色体には2型が区別され，これらは本邦に出現する iso_a および a_s と核形態学的に一致した。なお，本邦の新たな5集団にも同型のB染色体が見いだされた。
- 4 韓国と日本のシラヤマギクの普通染色体およびB染色体の相同性，B染色体の分化の方向性と地理的環境への適応性について論議された。

引用文献

- Horikawa, Y. 1976. Atlas of the Japanese Flora II. p. 803. Gakken, Tokyo.
- Hewitt, G. M. and Brown, F. M. 1970. The B-chromosome system of *Myrmeleotettix maculatus* V. A steep cline in East Anglia. *Heredity*, **25**: 363-371.
- Huziwaru, Y. 1957. Karyotype analysis in some genera of Compositae. II. The karyotype of Japanese Aster species. *Cytologia*, **22**: 96-112.
- 北川政夫. 1939. 満州国植物考. 大陸科学院研究報告. 第3巻 号外第1冊, 487頁。
- Kitagawa, M. 1979. Neo-Lineamenta Florae Manshuricae. pp. 715, J. Cramer. Vaduz.
- Kitamura, S. 1937. Compositae Japonicae. Pars Prima. Mem. Col. Sci. Kyoto Imp. Univ., Ser. B, **13**: 359-360.
- Matsuda, T. 1970a. On the accessory chromosomes of *Aster* I. The accessory chromosomes of *Aster ageratoides* group. *J. Sci. Hiroshima Univ., Ser. B. Div. 2*, **13**: 1-63.
- Matsuda, T. 1970b. On the accessory chromosomes of *Aster* III. The accessory chromosomes of *Aster scaber*. *J. Sci. Hiroshima Univ., Ser. B, Div. 2*, **13**: 81-90.
- 松田忠男・斉藤貞枝. 1996. 三倍体シラヤマギクのゲノム構成. 横国大野外教育研報, **4**: 15-19.
- Matsuda, T. and Shinohara, N. 1985. Polyploids and distribution of *Aster ageratoides* subsp. *leiophyllus* group in the Kanto District and surrounding area. II. *Sci. Repts. Yokohama Natl. Univ., Sec. II*, **32**: 11-26.
- Matsuda, T. and Shishido, O. 1988. Polyploids and distribution of *Aster ageratoides* subsp.

leiophyllus Group in the Kanto District and surrounding area. III. Sci. Repts. Yokohama Natl. Univ., Sec. II, **35** : 23-31.

南谷真希・松田忠男. 1997. 清里高原におけるシラヤマギクのB染色体. 横国大野外教育研報, **15** : 61-69.

Nakai, T. 1911. Flora Koreana. Pars secunda. J. Col. Imp. Univ. Tokyo, **31** : 1-573.

斉藤貞枝・松田忠男. 1984. シラヤマギク (*Aster scaber*) のB染色体の体細胞的不分離とCdバンド. 遺伝学雑誌, **59** : 651-652.

斉藤貞枝・松田忠男. 1985. 丹沢山地におけるシラヤマギクの核学的研究. 横国大野外教育研報, **3** : 31-38.

下斗米直昌・藤原悠紀雄. 1940. *Aster* 属の倍数性. 植物及動物, **8** : 1022-1028.