

日本及び中国の普通コムギ品種にみられる核型の変異*

馬 有志**・中田 昇**・富田因則**・安室喜正**

平成2年5月31日受付

Karyotype Variation in Japanese and Chinese Common wheat

You-Zhi MA**, Noboru NAKATA**, Motonori TOMITA**
and Yoshimasa YASUMURO**

The comparisons of C-banding patterns and B genome chromosome sizes were made among Japanese and Chinese common wheat varieties to detect their karyotypic differences. The Japanese varieties used were Iga-chikugo, Shin-chuunaga, Norin 10 and Norin 29, and Chinese varieties were Da-qing-mang and He-zuo 2. All the chromosomes of the B genome and chromosomes 4A and 7A of the A genome were exactly identified by C-banding patterns in the mitotic cells in all varieties. Little variation was found among varieties in the chromosome sizes except 7B stained by acetocarmine. Considerable varietal differences were found in C-banding patterns of the six chromosomes except for 4A, 4B and 5B, though any differences to distinguish Japanese varieties from Chinese ones were not found. The variation of the C-banding patterns was caused by the deletion and addition of the terminal bands. The variation was interpreted by the following three facts; (1) the breakage and fusion of chromosome in the terminal regions occur more frequently than those in the interstitial regions, (2) heterochromatin regions are detectable by C-bands and (3) structural changes in heterochromatin regions are considered to be neutral to selections.

緒 言

普通コムギでは特定の組合せの品種間雑種において、転座、欠失などの染色体構造変異に起因する多価染色体や多くの一価染色体の出現が知られている。日本品種に

おける相互転座の存在は佐々木¹⁶⁾、渡辺¹⁹⁾、MAKINO and SASAKI¹¹⁾によって報告されている。また、品種における染色体の形態的変異すなわち染色体長及び腕比の変異は一染色体植物の利用により特に第5同祖群染色体について報告されている^{12), 13)}。DVRÁK and Mc GUIRE¹⁾は

* 日本育種学会第77回講演会 (1990) にて発表。

** 鳥取大学農学部農林総合科学科生物生産学講座

** Department of Agricultural Production, Faculty of Agriculture, Tottori University

染色体腕の構造変異の程度を端部動原体染色体の対合程度により推定した。

植物染色体の分染技術はコムギ染色体の体細胞での同定を可能にした^{4), 6)}。コムギの細胞遺伝学の標準品種である Chinese Spring ではC-バンド法による詳細な分染パターンが報告されている⁵⁾。SEAL¹⁷⁾及びENDO and GILL³⁾はそれぞれC-バンド法及びN-バンド法によるコムギ染色体の分染パターンに品種間差異が存在することを明らかにし、分染法はコムギ染色体における構造変異に関する有効な研究方法であることを示した。

佐々木¹⁶⁾は品種間の染色体構造変異とくに相互転座の存在は品種間交雑育種において後代に大きな変異を誘発するが、しばしば劣悪個体も出現させるので、初期世代における個体選抜及び系統育成を避けるべきであるとしている。そのため、相互転座の有無はコムギ育種における有用な情報であると考えられる。さらに、相互転座の転座点と同定された品種は、染色体工学的的手法による育種のみならず、制限酵素断片長多型(RFLP)によるコムギ染色体の物理的地図作成の有効な材料であると考えられる。

本研究では、相互転座が存在することが知られている日本コムギ品種4品種と中国コムギ品種2品種の核型分析を酢酸カーミン・ギムザ重複染色法により行い、相互転座染色体と分染パターンとの関連を検討するとともに、日本及び中国のコムギ品種における核型の変異について考察したものである。

材料及び方法

普通コムギ (*Triticum aestivum* L., AABBDD, $2n = 6x = 42$) 6品種を供試した。供試品種は異なる来歴を持つ日本品種の伊賀筑後、新中長、農林10号及び農林29号の4品種 (Table 1) と中国品種大青芒 (Da-qing-mang) 及び合作2号 (He-zuo 2) の2品種である。対照系統としてコ

ムギ細胞遺伝学の標準品種である Chinese Spring (CS) を用いた。日本品種は鳥取大学農学部育種学研究室の保存系統を用い、伊賀筑後と他の日本品種との間には相互転座が存在することがすでに明らかにされている (安室未発表)。また、中国2品種は中国黒龍江省農業科学院より分譲されたものである。

供試品種の核型分析は NAKATA¹⁴⁾の酢酸カーミン・ギムザ重複染色法により行った。すなわち、染色体の同定は同一細胞のカーミン染色による形態とギムザ染色によるC-バンド分染パターンを組み合わせで行った (Fig. 1)。各品種における個々の染色体の同定は ENDO²⁾により報告されたCSのC-バンド分染パターンに基づき、明瞭な分染パターンが出現した5細胞について行った。また、酢酸カーミン・ギムザ重複染色法によりBゲノム染色体は完全に識別可能なので、酢酸カーミンで染色された5細胞の写真を用いて各品種のBゲノム染色体の染色体長及び腕比が測定された。各染色体長は同一細胞内の42本の染色体長の合計を100とした場合の相対長で表した。なお、1B及び6B染色体の腕比は長腕長を短腕と付随体の合計長で除して求めた。本報告では、1988年の第7回国際コムギ遺伝学シンポジウムの染色体名称変更の決定に基づき旧4A、4Bをそれぞれ4B、4Aとした¹⁰⁾。

結 果

普通コムギのBゲノム全染色体及びAゲノムの4A及び7A染色体はギムザ染色法により明確な分染パターンを示し、その同定は容易であった (Fig. 1)。一方、残りのAゲノム染色体及びDゲノム染色体は明瞭なバンドを示さず、その同定が困難であった。そのため、本実験では4A及び7AとBゲノム染色体の変異について述べることにする。

Table 1. Pedigrees of Japanese common wheat varieties used in this study

Variety	Pedigree ¹⁾
Iga-chikugo	Local variety in Saga prefecture
Shin-chuunaga	The variety developed from the local variety, Chuunaga, in Hyogo prefecture by pure line selection
Norin 10	The variety developed from the hybrid between Turkey Red and Fultz Daruma at Tohoku Natl. Agr. Exp. Sta.
Norin 29	The variety developed from the hybrid between Norin 3 and Wase-komugi at Hokkaido Natl. Agr. Exp. Sta.

1) After the catalog of Japanese wheat varieties ed. by Kanto-tousan Natl. Agr. Exp. Sta.⁹⁾

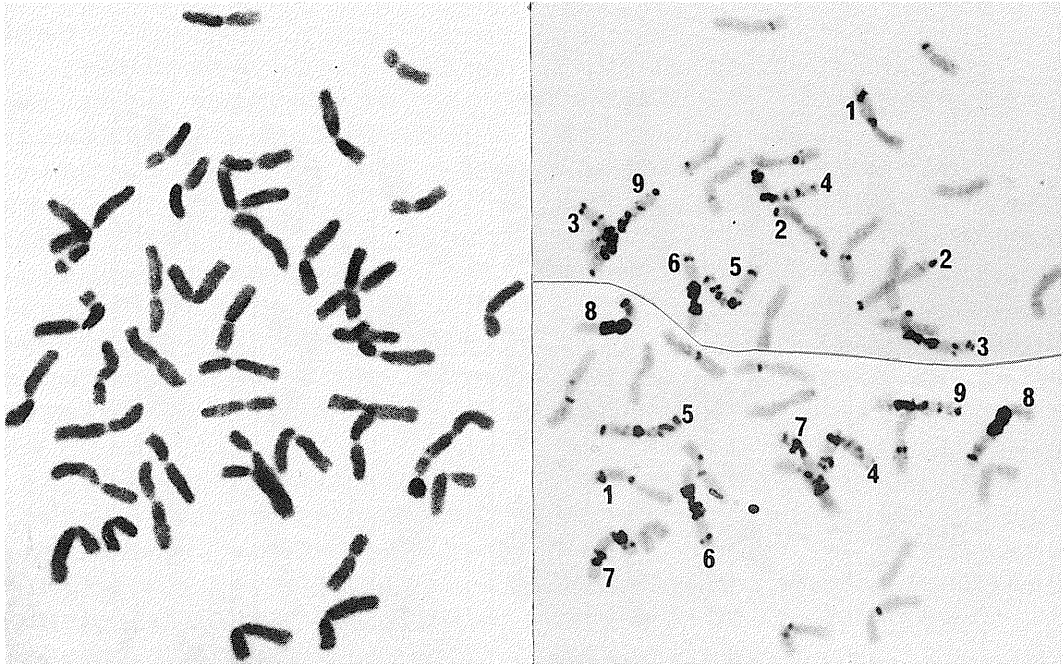


Fig. 1. A root-tip metaphase cell of the common wheat variety, Da-qing-mang. The left : stained by acetocarmine, the right : the same cell treated with Giemsa C-banding method. 1-9 : (1)4A, (2)7A, (3)1B, (4)2B, (5)3B, (6)4B, (7)5B, (8)6B and (9)7B.

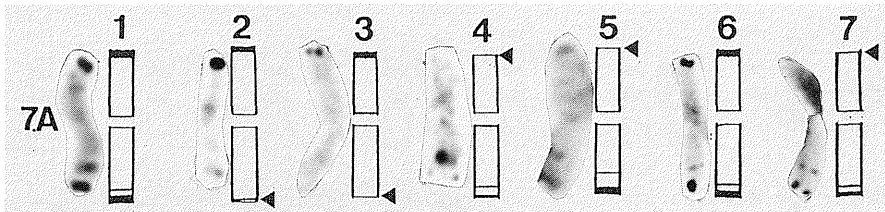


Fig. 2. C-banded 7A chromosomes of 7 common wheat varieties. 1 : Chinese Spring (standard), 2 : Iga-chikugo, 3 : Norin 10, 4 : Norin 29, 5 : Shin-chuunaga, 6 : Da-qing-mang and 7 : He-zuo 2. ◀ indicates deletion of C-band compared with the standard.

1. C-バンド分染パターンの品種間変異

4 A, 4 B及び5 B染色体の分染パターンには品種間変異が認められなかったが, 7 A, 1 B, 2 B, 3 B, 6 B及び7 Bの6種の染色体では分染パターンに品種間変異が認められた。Fig. 2及びFig. 3にCS及び供試6品種の7 A及びBゲノム染色体の分染像及びその模式図を示す。各供試品種においてCSの染色体と比較して分染パターンに変異が認められた染色体は次の通りである。

伊賀筑後

7 A及び6 B染色体ではCSの7 A及び6 Bに存在す

る長腕末端部のバンドの欠失が認められた。また, 1 B染色体の付随体のバンドはCSのバンドに比較して薄かった。

農林10号

7 A, 2 B, 6 B及び7 B染色体で分染パターンの変異が認められた。7 A染色体では長腕末端部のバンドが欠失していた。2 B染色体はCSの2 Bのすべてのバンドに加えて長腕末端に新たなバンドを有していた。6 B染色体長腕では末端バンドの欠失と介在部バンドの出現が認められた。新たなバンドの出現は7 B染色体の短腕

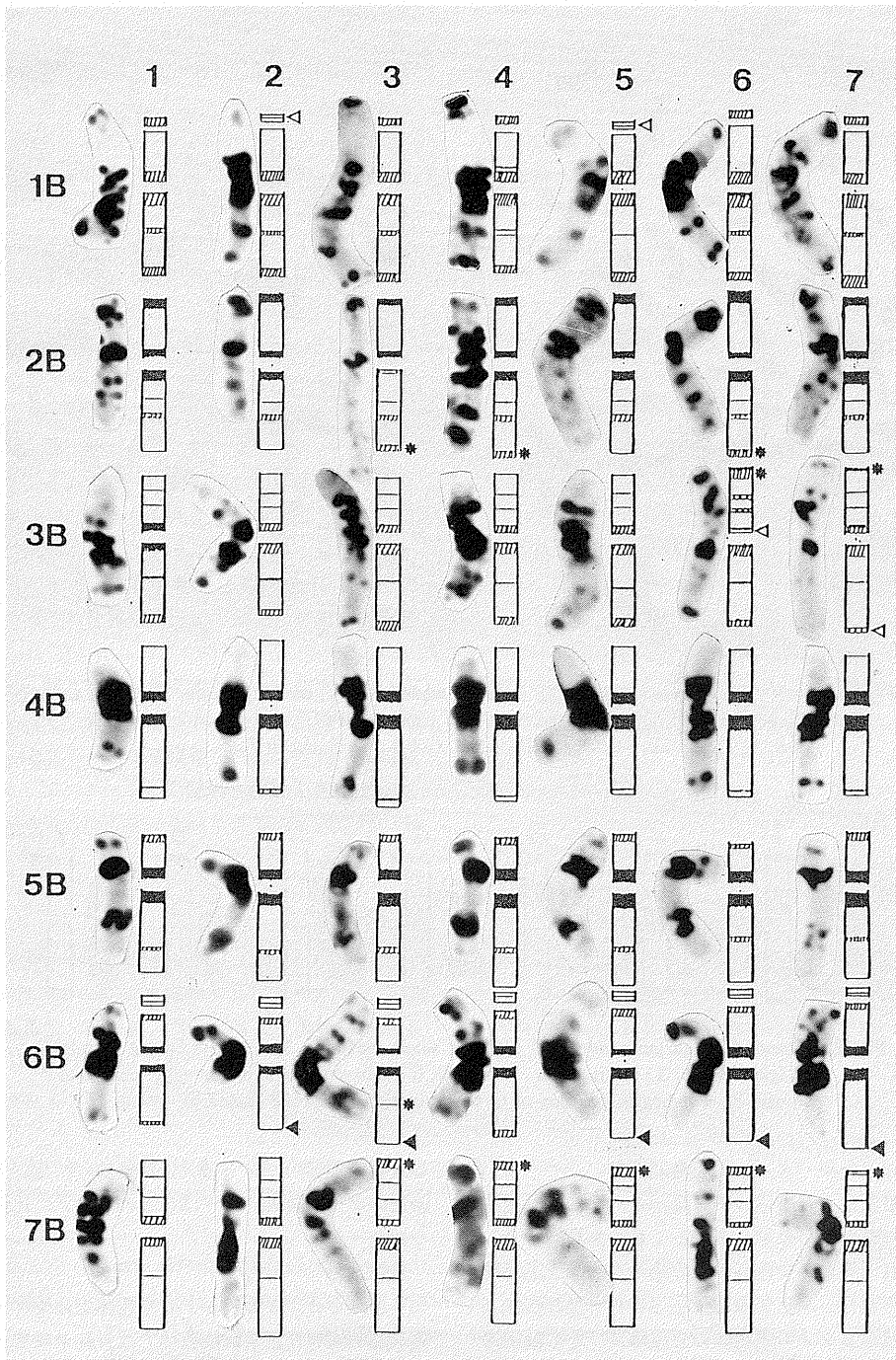


Fig. 3. C-banded B genome chromosomes of 7 common wheat varieties. 1 : Chinese Spring (standard), 2 : Iga-chikugo, 3 : Norin 10, 4 : Norin 29, 5 : Shin-chuunaga, 6 : Da-qing-mang and 7 : He-zuo 2. ▲, * and △ indicates deletion, addition of C-band and weaker C-bands, respectively, compared with the standard.

末端でも認められた。

農林29号

7 A, 2 B及び7 B染色体で分染パターンの変異が認められた。すなわち, 7 A染色体短腕の末端バンドの欠失と2 B染色体長腕及び7 B染色体短腕への末端バンドの付加が観察された。

新中長

本品種でC Sと異なる分染パターンを示した染色体は7 A, 1 B, 6 B, 7 Bの4種の染色体である。7 Aおよび6 B染色体ではそれぞれ短腕及び長腕末端のバンドが欠失していた。1 B染色体では付随体のバンドが伊賀筑後と同様にC Sに比較して薄くなっていた。7 B染色体では短腕末端に新たなバンドが出現した。

大青芒

2 B, 3 B, 6 B及び7 Bの4種の染色体に分染パターンの変異が認められた。6 B染色体では長腕末端部でバンドの欠失が認められ, 2 B染色体長腕及び3 B, 7 B染色体短腕のそれぞれ末端にはC Sに存在しないバンドが観察された。3 B染色体短腕では動原体に近接したバンドがC Sに比べて薄く観察された。

合作2号

本品種では7 A染色体短腕及び6 B染色体長腕の末端バンドの欠失と3 B及び7 B染色体の短腕に末端バンドの付加が認められた。さらに, 3 B染色体では長腕の末

端バンドがC Sの末端バンドより薄く観察された。

2. 染色体長及び腕比における品種間変異

供試6品種のBゲノム染色体の相対長及び腕比に品種間差異が認められた (Table 2)。

Bゲノムにおける最短染色体は合作2号では4 B, 農林29号では4 Bと7 B, 伊賀筑後では5 Bと6 Bが, 他の品種では5 Bであった。また, 最長染色体は伊賀筑後, 農林10号では7 B, 農林29号, 新中長では2 B, 大青芒, 合作2号では1 Bであり, 最短, 最長染色体とも品種により異なっていた。特に, 7 B染色体は農林29号の2.56から伊賀筑後の3.01までと最も大きな品種間変異を示し, 農林29号ではBゲノム染色体中最短であったが, 伊賀筑後では農林10号と共に最長であった。

腕比は1 B染色体で最も大きな変異が認められ, 1 B染色体の腕比は大青芒の1.16から合作2号の1.46まで変異した。しかし, 最大及び最小の腕比を示した染色体は全品種で同一染色体であり, それぞれ5 B及び6 B染色体であった。全体として, 腕比は染色体長に比べて品種間変異は小さかった。

考 察

本実験の供試6品種及び対照品種C Sでは識別できた9染色体のうち7 A, 1 B, 2 B, 3 B, 6 B及び7 Bの

Table 2. The means of relative length¹⁾ (upper) and arm ratio (lower) of each chromosome of the B genome at metaphase of mitosis in 6 common wheat varieties

Chromosome	Variety					
	Iga-chikugo	Norin 10	Norin 29	Shin-chuunaga	Da-qing-mang	He-zuo 2
1 B	2.79±.09 ²⁾	2.80±.07	2.72±.18	2.68±.07	2.95±.09	2.95±.09
	1.26±.05	1.31±.06	1.19±.09	1.41±.04	1.16±.04	1.46±.08
2 B	2.87±.06	2.77±.01	2.88±.13	2.81±.13	2.91±.06	2.82±.08
	1.22±.06	1.31±.05	1.40±.04	1.23±.04	1.24±.05	1.29±.05
3 B	2.69±.08	2.74±.08	2.64±.19	2.63±.10	2.84±.10	2.87±.11
	1.41±.07	1.56±.08	1.43±.07	1.47±.04	1.26±.05	1.32±.06
4 B	2.66±.04	2.52±.06	2.34±.09	2.57±.09	2.54±.09	2.43±.07
	1.20±.07	1.39±.08	1.42±.11	1.25±.07	1.42±.04	1.48±.05
5 B	2.51±.05	2.51±.06	2.56±.13	2.56±.05	2.50±.06	2.44±.05
	1.95±.07	1.90±.05	2.01±.14	1.87±.05	1.88±.06	2.02±.08
6 B	2.51±.07	2.79±.06	2.74±.12	2.72±.06	2.91±.08	2.87±.10
	1.01±.09	1.21±.07	1.02±.06	1.03±.06	1.06±.04	1.28±.17
7 B	3.01±.07	2.86±.07	2.56±.18	2.66±.16	2.72±.05	2.72±.05
	1.35±.06	1.28±.06	1.30±.04	1.27±.06	1.44±.05	1.48±.05

1) The relative length was calculated by (the length of each chromosome/the total length of chromosomes in each cell) x 100.

2) Standard error.

ンに品種間差異が認められた。多くの分染パターンの変異は染色体末端部におけるバンドの欠失または付加であった。

コムギ染色体の分染パターンの多型性は SEAL¹⁷⁾ 及び ENDO and GILL³⁾ によってすでに報告されている。SEAL¹⁷⁾ は普通コムギ、四倍性コムギ及びライコムギにおける 7 A, 7 B 染色体の C-バンド分染パターンの多型を報告し、ENDO and GILL³⁾ は米国コムギ品種における 2 A, 3 B, 1 D, 7 A, 7 B 及び 7 D 染色体の N-バンド分染パターンに多型を報告している。本実験の日本及び中国のコムギ品種においても 7 A 及び 7 B 染色体に多型が認められたことより、第 7 同祖群染色体は他の同祖群染色体に比較して異質染色質部分の変異性が高い可能性が考えられる。

本実験における C-バンド法による染色体分染パターンの高い変異性は染色体末端バンドの欠失、付加として観察された。これは、(1) 一般に染色体末端の欠失、付加が染色体構造変異として確率的に生じ易いこと、(2) 染色体末端が異質染色質の場合に C-バンドとして検出されること、(3) このようにして生じた異質染色質部分における染色体構造変異が淘汰に対して中立的であるため、保存、蓄積されていること、によるものと考えられる。

分染パターンに変異が認められなかった 4 B, 5 B 両染色体にはそれぞれ個体生存に必須の種子稔性及び同祖染色体対合抑制遺伝子を座乗することが知られている^{15), 18)}。そのため、両染色体におけるこれらの遺伝子が関与した構造変異は、不稔性や染色体の対合異常に伴う異数体の出現を誘起し、品種育成の過程で淘汰される可能性が高い。したがって、4 B, 5 B 両染色体の構造変異が制限され、その結果、異質染色質部分の構造変異に基づく分染パターンの多型も概して少ないと考えられ、これが本実験で多型が認められなかった理由と考えられる。

供試品種は各染色体で見られた分染パターンの変異により CS を基準として次の通りに分類できる。

7 A : CS 型品種 (大青芒), 長腕バンドを欠失した品種 (伊賀筑後, 農林 10 号) 及び短腕バンドを欠失した品種 (農林 29 号, 新中長, 合作 2 号)。

1 B : CS 型品種 (農林 10 号, 農林 29 号, 大青芒, 合作 2 号), 付随体のバンドが薄い品種 (伊賀筑後, 新中長)。

2 B : CS 型品種 (伊賀筑後, 新中長, 合作 2 号) 及び長腕に新たな末端バンドを持つ品種 (大青芒, 農林 29 号) 及び長腕の全バンドが薄い品種 (農林 10 号)。

3 B : CS 型品種 (日本 4 品種) 及び短腕末端のバンドが増加した品種 (大青芒) 及び短腕末端のバンドが増加したが長腕のバンドが薄い品種 (合作 2 号)。

6 B : CS 型品種 (農林 29 号), 長腕末端バンドが欠失した品種 (伊賀筑後, 新中長, 大青芒, 合作 2 号) 及び長腕介在部にバンドを持つ品種 (農林 10 号)。

7 B : CS 型品種 (伊賀筑後) 及び短腕の末端バンドが増加した品種 (他の 5 品種)。

日本品種と中国品種で異なる分染パターンを示した染色体は 3 B 染色体のみであった。しかし、本来中国在来種である対照品種 CS が日本品種と同一パターンを示した。さらに、他の染色体でも中国品種の染色体と同一の分染パターンを示す染色体を持つ日本品種が少なくとも 1 品種が存在した。特に 7 B 染色体は伊賀筑後を除く日本品種と中国品種で同じ分染パターンが認められた。これらの結果より、日中コムギ品種を区別する特異的染色体構造変異は存在しないものと考えられる。

GILL and KIMBER⁷⁾, JEWELL⁸⁾ 及び SEAL¹⁷⁾ は分染法を用いてコムギ染色体間相互転座を同定している。本実験で使用した伊賀筑後と新中長, 農林 29 号及び農林 10 号の間にはいずれかの染色体間で相互転座が存在することはすでに明らかにされている。伊賀筑後と新中長では今回識別できた 9 種の染色体のうち 7 A, 7 B の 2 染色体でのみ分染パターンに変異が認められた。したがって、もし 7 A-7 B 間で相互転座が起こっているならば、分染パターンの比較から相互転座は両染色体の短腕介在部を転座点として起こっていると考えられる。一方、育成過程で外国品種を利用している農林 29 号及び農林 10 号は伊賀筑後とは 9 染色体中それぞれ 6 染色体, 5 染色体で分染パターンが異なっていた。そのため、転座に関与する染色体を推定することができなかった。しかし、今後、コムギ異数体系統の利用による転座染色体の同定と酢酸カーミン・ギムザ重複染色法による核型分析を併用することにより、コムギ品種における核型の変異を明らかにすることは可能であると考えられる。

摘 要

普通コムギ品種には相互転座, 欠失などの染色体構造変異が存在することが知られている。ここでは日本及び中国の普通コムギ品種の核型を酢酸カーミン・重複染色法により調査, 比較した。供試品種は伊賀筑後, 新中長, 農林 10 号, 農林 29 号の日本品種 4 品種と大青芒, 合作 2 号の中国品種 2 品種の計 6 品種である。

A ゲノムの 4 A 及び 7 A と B ゲノムの全染色体が C-

バンド分染パターンにより容易に同定できた。9種の染色体のうち4A、4B及び5Bを除く6染色体で分染パターンに品種間変異が認められた。また、Bゲノム染色体では腕比より染色体長で大きな品種間変異が観察され、7Bで最も大きな染色体長の変異が認められた。第7同祖群染色体は他の同祖群染色体より異質染色質部分の変異性が高い可能性が考えられた。しかし、日中コムギ品種を類別する特異的変異は認められなかった。

品種間に認められた分染パターンの高い変異性は主として末端バンドの欠失あるいは付加であった。これは(1)染色体末端における構造変異が確率的に生じ易いこと、(2)染色体末端が異質染色質の場合Cバンドとして検出されること、(3)このようにして生じた異質染色質部分における構造変異が淘汰に対し中立的であるため保存、蓄積されていること、によるものと考えられる。

文 献

- 1) Dvorak, J. and McGuire, P. E. : Nonstructural chromosome differentiation among wheat cultivars, with special reference to differentiation of chromosomes in related species. *Genetics*, **97** 391-414 (1981)
- 2) Endo, T. Ryu : Complete identification of common wheat chromosomes by means of the C-banding technique. *Jpn. J. Genet.*, **61** 89-93 (1986)
- 3) Endo, T. Ryu and Gill, B. S. : Identification of wheat chromosomes by N-banding. *Proc. 6th Int. Wheat Genet. Symp.*, 355-359 (1983)
- 4) Gerlach, W. L. : N-banded karyotypes of wheat species. *Chromosoma (Berl.)*, **62** 49-56 (1977)
- 5) Gill, B. S. : Chromosome banding methods, standard chromosome band nomenclature, and applications in cytogenetic analysis. *Wheat and wheat improvement*, 2nd ed. Edited by Heyne, E. G. Am. Soc. Agron., Madison (1987) pp. 243-254
- 6) Gill, B. S. and Kimber, G. : A Giemsa C-banding technique for cereal chromosomes. *Cereal Res. Commun.*, **2** 87-94 (1974)
- 7) Gill, B. S. and Kimber, G. : Recognition of translocations and alien chromosome transfers in wheat by the Giemsa C-banding technique. *Crop Sci.* **17** 264-266 (1977)
- 8) Jewell, D. C. : Recognition of alien material and chromosome rearrangements in wheat using N-banding. *Proc. 5th Int. Wheat Genet. Symp.*, 1208-1212 (1979)
- 9) 関東東山農業試験場：麦類品種一覧。関東東山農業試験場，鴻巣（1959）pp. 2-69
- 10) Kimber, G. and Tsunewaki, K. : Genome symbols and plasma types in the wheat group. *Proc. 7th Int. Wheat Genet. Symp.*, 1209-1211 (1988)
- 11) Makino, T. and Sasaki, M. : Cytological studies of homoeologous group 5 from Japanese wheats. *Agron. Abst.*, **23** (1970)
- 12) Makino, T. and Sasaki, M. : Morphology and meiotic behavior of univalent chromosomes of homoeologous group 5 from ten Japanese cultivars in wheat. *Seiken Ziho*, **22** 25-31 (1970)
- 13) Morris, R., Taira, T. and Schmidt, J. W. : Homoeologous group 5 chromosome arm ratio in wheat cultivar. *Proc. 6th Int. Wheat Genet. Symp.*, 361-365 (1983)
- 14) Nakata, N., Yasumuro, Y. and Sasaki, M. : An aceto-carmine-Giemsa staining of rye chromosomes. *Jpn. J. Genet.*, **52** 315-318 (1977)
- 15) Okamoto, M. : Asynaptic effect of chromosome V. *Wheat Inf. Serv.*, **5** 6 (1957)
- 16) 佐々木陸男：普通コムギにおける相互転座の育種学的考察。育種学雑誌，**2**（別冊）9-10（1952）
- 17) Seal, A. G. : C-banded wheat chromosomes in wheat and triticale. *Theor. Appl. Genet.*, **63** 39-47 (1982)
- 18) Sears, E. R. : The aneuploids of common wheat. *Mo. Agri. Exp. Stn. Res. Bull.*, **572** 1-59 (1954)
- 19) 渡辺好郎：普通コムギの細胞学的不安定性に関する研究。東北農試研究報告，**23** 69-131（1962）