



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Festuca 属における潜在の変異に関する研究 : VI. トールフェスク (F. arundinacea Schreb. )品種における農業的特性の変異
Author(s)	杉山, 修一; SUGIYAMA, Shuichi; 高橋, 直秀 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 14(3), 294-300
Issue Date	1985-03-18
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/12027">https://hdl.handle.net/2115/12027</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	14(3)_p294-300.pdf



# *Festuca* 属における潜在的変異に関する研究

## VI. トールフェスク (*F. arundinacea* Schreb.)

品種における農業的特性の変異

杉山修一・高橋直秀

(北海道大学農学部附属農場)

片岡政之

(九州農試草地部)

後藤寛治

(北海道大学農学部食作物学教室)

(昭和59年10月30日受理)

## Studies on potential variability in *Festuca*

### VI. Variation of agronomic characteristics in cultivars of tall fescue (*F. arundinacea* Schreb.)

Shuichi SUGIYAMA and Naohide TAKAHASHI

(Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Hokkaido University)

Masayuki KATAOKA

(Kyushyu National Agr. Exp. Stn.)

Kanji GOTOH

(Laboratory of Field Crops, Faculty of Agriculture, Hokkaido University)

## 緒 論

トールフェスク (*Festuca arundinacea* Schreb.) は、他の牧草種とともに明治初年に導入されて以来、わが国における重要な寒地型牧草の1つとなっている。トールフェスクは、一般に他の寒地型牧草に比べ、耐暑性がすぐれるため、主に中国、四国、九州などの暖地傾斜地における放牧用草種として利用されてきた。しかし、トールフェスクは広い種内変異を有するため、北海道の道東地域のような寒冷地においても越冬が可能で、オーチャードグラスに比べて、高い家畜生産性を示すことが報告されている<sup>1)</sup>。

わが国でのトールフェスクの育種は、1962年以降、北海道農試で優良品種の選定、育種素材の収集をはじめとして行なわれ<sup>2),5)</sup>、1972年には、農林登録品種、ホクリョウ、ヤマナミが普及に移された<sup>4)</sup>。また、1983年には、九

州農試で農林登録品種、ナンリョウが育成されるにおよび、トールフェスクの育種は初期段階を超えたものと思われる。したがって、今後、育種を進めてゆく上では、基本的な農業特性の変異、ならびにそれらの相互関係や、様々な気象条件や管理条件に対するこれらの特性の適応的意義について知見を深めてゆくことが必要と思われる。

現在、世界には1981年までにOECDに登録されたトールフェスク品種は約40程ある。本試験は、そのうち各国で育成された24品種と1系統を用い、これらの品種にみられる基本的な農業特性の変異と育成地の環境条件との関係について調査したものである。

## 材料および方法

Table 1に、供試品種とその育成地、育成地の緯度、1月の平均気温を示した。気象データは、世界気象機関のCLINO (Climatological Normals) から各育成地に

**Table 1.** Materials used, their breeding sites and mean temperature in January

Cultivars	Breeding sites	Latitude	Temp.	Meteorological sites
1. Hokuryo	Sapporo, Japan	43.0° N	-5.8°C	Sapporo
2. Yamanami	Sapporo, Japan	43.0° N	-5.8°C	Sapporo
3. Fawn	Corvallis, Oreg., USA	44.5° N	3.6°C	Portland
4. Goar	Davis, Calif., USA	38.0° N	9.2°C	San Francisco
5. Kenmont	Bozeman, Mont., USA	45.5° N	-5.2°C	Great falls
6. Kenwell	Lexynton, Ky., USA	38.6° N	-1.3°C	Dayton
7. Kentucky 31	Lexynton, Ky., USA	38.0° N	-1.3°C	Dayton
8. Electa	Scheemda, Netherlands	53.0° N	1.4°C	Groningen
9. Aronde	Venlo, Netherlands	51.5° N	1.5°C	Essen
10. Lumina	Netherlands	52.0° N	1.7°C	Utrecht
11. Festal	Kapelle, Netherlands	51.5° N	1.7°C	Utrecht
12. Tallmo	Vlijmen, Netherlands	51.5° N	1.7°C	Utrecht
13. Pastuca	Venlo, Netherlands	51.5° N	1.5°C	Essen
14. Backafall	Landskrona, Sweden	56.0° N	0.1°C	Copenhagen
15. Manade	Verneuil l'etang, France	48.5° N	3.1°C	Paris
16. Festival	Bretigny, France	48.5° N	3.1°C	Paris
17. Raba	Rodez, France	44.5° N	5.7°C	Nimes
18. Ludion	Grenelle, France	49.0° N	3.1°C	Paris
19. Ludelle	Grenelle, France	49.0° N	3.1°C	Paris
20. Clarine	Grenelle, France	49.0° N	3.1°C	Paris
21. Demeter	Armidale, Australia	30.5° S	6.1°C	Armidale
22. S. 170	Aberystwyth, UK	52.5° N	4.7°C	Cardiffe
23. Maris Kasba	Cambridge, UK	52.5° N	4.2°C	London
24. Maris Jebel	Cambridge, UK	52.0° N	4.2°C	London
25. Tetraploid	(through Natl. Grassl. Res. Inst. in Japan)			

最も近い地点のものをを用いた<sup>3)</sup>。供試品種のうち、ホクリョウ、ヤマナミは、ともに札幌の北海道農業試験場で育成され、そのうち、ホクリョウは札幌市、羊ヶ丘の北海道農試構内に自生していた集団を、ヤマナミはアメリカからの導入品種を育種母材としている<sup>4)</sup>。また、Maris Jebel, Maris kasba は、冬期間においても生長を継続することを目的として、北アフリカの自生系統を素材に育成された品種である。なお、Maris Jebel は10倍体である。4倍体系統は、草地試験場を経由して導入したもので、来歴は不明である。

1979年に、各品種をペーパーポットで育成し、6月に実験圃場に移植した。試験区は、2反復乱塊法とし、畦幅50 cm, 株間25 cmで、1畦4.5 m, 18個体を1区とした。施肥は、1979年の移植前に10 aあたり、N, 4 kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 6 kg, K<sub>2</sub>O, 7.5 kgを、1980年は越冬直後に前年

と同量を、さらに6月初旬に、N, 2 kg, K<sub>2</sub>O, 3 kg, 9月初旬には、N, 1 kg, K<sub>2</sub>O, 2 kgを追肥した。

1979年の播種当年には、出穂のみられた個体数を調査した。2年目の1980年には、各区につき、年3回刈と年5回刈の2種類の刈取処理を行なった。各刈取処理は、3回刈区では、各品種の開花期、8月28日、10月8日に、他方、5回刈区では、5月21日、7月17日、8月21日、9月26日、10月18日の各期に行ない、各区5個体につき個体乾物重を測定した。また、3回刈区における開花期の調査では、各区5個体につき、出穂茎数、出穂茎乾物重、栄養茎乾物重を測定し、さらに各個体3出穂茎につき、稈長、穂長、止葉長、止葉幅、1穂あたりの穎花数を調査した。また、3回刈区では、各区約10個体につき、出穂始日(個体あたり3本の茎が出穂した日)と開花期刈取後の2番草について出穂のみられた個体数を

調査した。なお、イギリスの品種, S, 170 は発芽率が低く, 供試個体が充分確保できなかったため, 3 回刈区の調査のみ行なった。

結 果

1. 出穂性

Fig. 1 に, 播種当年における出穂個体割合と 2 年目における出穂始日, 再生草 (3 回刈区 2 番草) の出穂個体割合との関係を示した。播種当年の出穂個体割合と出穂始日の間には  $r = -0.60$ , 2 番草出穂個体割合の間には  $r = 0.67$  と, それぞれ 1% 水準で有意な相関関係がみられた。つまり, 播種当年に出穂する個体は, 2 年目の出穂も早く, 開花期刈取後の再生草でも出穂する性質を示している。これは, CALDER<sup>1)</sup> がオーチャードグラスで報告している結果とほぼ同じである。

品種を比較すると, アメリカで育成された品種は, 一般に播種当年でも 2 番草でも出穂しやすく, 出穂始日も早い傾向がみられた。しかし, オランダ, フランスの品種には, これらの出穂性について一定の傾向はみられなかった。札幌で育成された品種のうち, ホクリョウは, 播種当年, 再生草ともに出穂が認められず, 晩生であったが, ヤマナミは播種当年, 再生草ともに高い出穂性を示し, 両品種はまったく異なる出穂性を示した。

2. 生産性

供試品種の生産力を総合的に評価することを目的として, 3 回刈区と 5 回刈区の各刈取時の収量と両区の年間

収量の計 10 形質の相関係数に基づき主成分分析を行なった。1 以上の固有値をもつ主成分が 3 つ得られ, その固有値と因子負荷量を Table 2 に示した。第 1 主成分で全変動の 55.7%, 第 2 主成分で 17.1%, 第 3 主成分で 12.7% が説明され, これら 3 主成分で全変動の 85.5% が説明された。生物学的意味づけを行なうため, 各主成分の因子負荷量をみると, 第 1 主成分ではすべての形質で正の値をとっており, 特に, 両刈取区の年間収量の値が高くなっている。したがって, 第 1 主成分は基本的な収量性を表わす主成分と考えられる。第 2 主成分では, 3 回刈区 1 番草, 5 回刈区 1, 2 番草で負の値を, 3 回刈区 3 番草, 5 回刈区 4, 5 番草で正の高い値をとっている。したがって, 第 2 主成分は季節生産性を表わす主成分といえる。第 3 主成分では, 3 回刈区の 4 形質ではすべて正の値を示し, 逆に 5 回刈区の 6 形質ではすべて負の値を示していることから, この主成分は刈取頻度に対する反応性を表わす主成分といえる。

Fig. 2 に, 第 1 主成分と第 2 主成分, 第 2 主成分と第 3 主成分の品種スコアの散布図を示した。Z<sub>1</sub> では値が大きくなるほど多収に, Z<sub>2</sub> では値が大きくなるほど季節生産性が平準化し, Z<sub>3</sub> では値が大きくなるほど少回刈区に比べて多回刈区の収量が低下する。第 1 主成分では, Maris kasba (23), Maris Jebel (24), 4 倍体系統 (25) が著しく低い値をとり, 低収であることを示している。これは, これら 3 品種, 系統の札幌における越冬性が極めて劣り, 約 4 割の個体が枯死し, さらに生存個体も著し

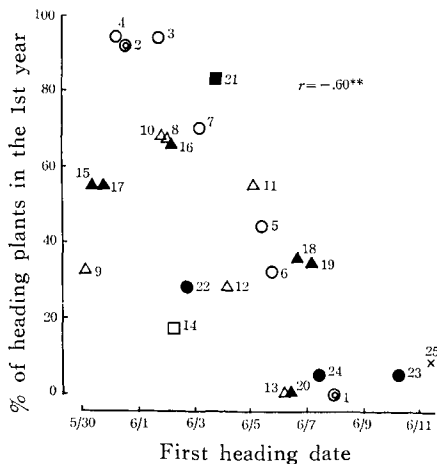
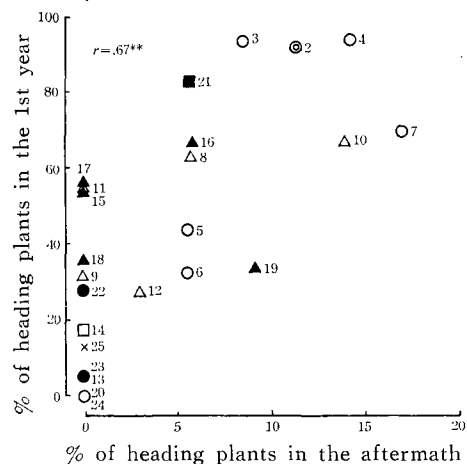


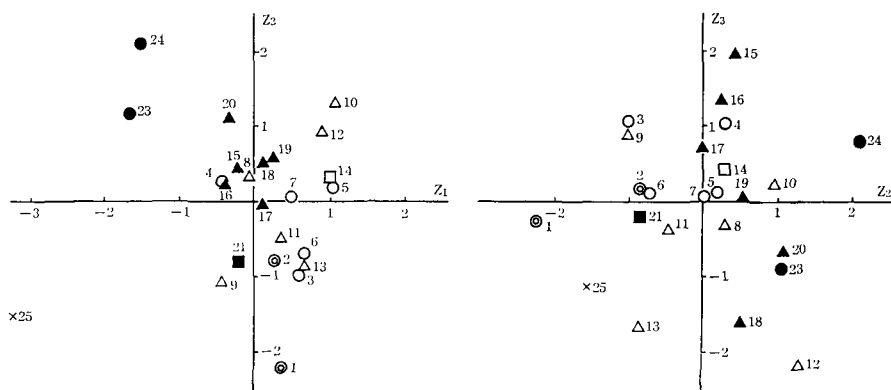
Fig. 1. Relations of % of heading plants in the 1st year to first heading date and to % of heading plants in the aftermath in cultivars of tall fescue. Number near symbols as in Table 1.

○, Japan; ○, USA; ●, UK; △, Netherlands; ▲, France; □, Sweden; ■, Australia; ×, Tetraploid.



**Table 2.** Principal components extracted from correlation coefficients among yields of each crop at 3 and 5 cutting systems

	Factor Loading		
	I	II	III
3 cut			
(1) 1st crop	.726	-.276	.261
(2) 2nd crop	.747	.007	.519
(3) 3rd crop	.441	.703	.475
(4) Total	.854	-.049	.459
5 cut			
(5) 1st crop	.899	-.256	-.114
(6) 2nd crop	.854	-.265	-.369
(7) 3rd crop	.847	-.265	-.369
(8) 4th crop	.637	.548	-.377
(9) 5th crop	.155	.834	-.235
(10) total	.936	-.093	-.327
Eigen value	5.57	.171	1.27



**Fig. 2.** Scatter diagram of varietal scores between  $Z_1$  and  $Z_2$ , and  $Z_2$  and  $Z_3$ . Symbols as in Fig. 1.

い冬損を受けたためである。そのため、これら3系統は以後の解析から除外した。第1主成分と第2主成分の散布図において、第4象限から第2象限にかけて散布している品種の育成国が、日本、アメリカ、オランダ、フランス、イギリスの順となり、冬の気温の低い国で育成された品種ほど多収であり、収量が春に偏る傾向があることがわかる。このことについてさらに詳しくみるために、Fig. 3に5回刈区2番草までの相対収量と育成地の1月平均気温との関係を示した。両者の間には、 $r = -0.55^{**}$ と負の有意な相関関係がみられ、冬期間寒い場所で育成された品種ほど春に収量が偏る傾向がみられる。この結

果は、トールフェスク<sup>9,12)</sup>、オーチャードグラス<sup>7)</sup>などで得られた結果と一致する。しかし、1月の平均気温が $0^{\circ}\text{C}$ 以下の場所で、育成された品種は、春の相対収量がすべて高い値をとっているのに対して、 $0^{\circ}\text{C}$ 以上の場所で育成された品種には大きなばらつきがみられた。

刈取頻度に対する反応性を示す第3主成分をみると、アメリカ、日本の品種が0付近に集まり、フランス、オランダの品種が正負両方向に広がりをみせている。Fig. 4に、3回刈区と5回刈区の年間合計収量の関係を示した。両者の間には相関関係は認められず( $r = 0.07$ )、少回刈条件下と多回刈条件下における生産性は異なった特性

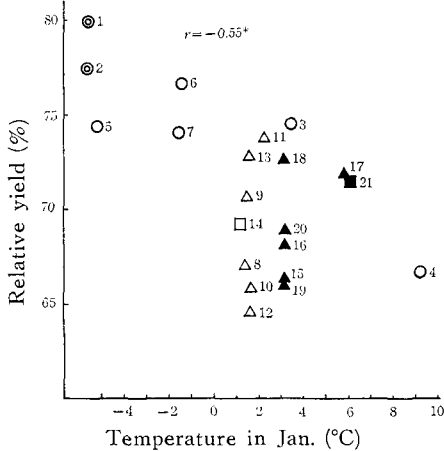


Fig. 3. Relationship between relative yield of 1st and 2nd crop at 5 cutting system and mean temperature of January in the breeding sites. Symbols as in Fig. 1.

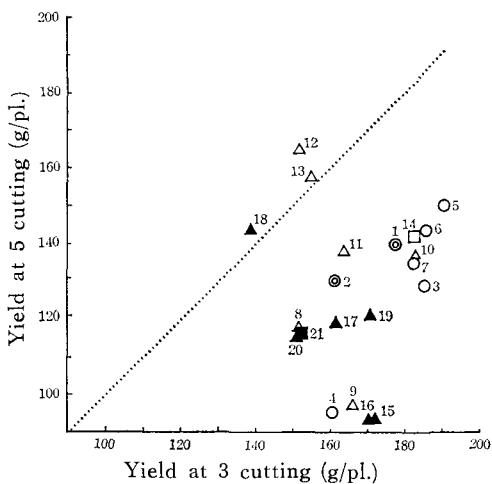


Fig. 4. Relationship between total yield at 3 and 5 cutting systems. Symbols as in Fig. 1.

といえる。このことは、オーチャードグラス<sup>3)</sup>、ライグラス<sup>8)</sup>およびメドーフエスク<sup>13)</sup>について認められている。品種は、5回刈区と3回刈区の年間収量の相対的割合について、3群に分かれている。つまり、両刈取区で収量が変わらないもの、5回刈区の収量がやや落ちるもの、そして著しく落ちるものである。一般に、日本、アメリカの品種は、中間の群に集まっているが、フランス、オランダの品種は3群すべてにわたって分布している。

### 3. 形態形質

開花期における形態形質について、供試品種の総合的評価を行なうために主成分分析を行なった。Table 3に、その固有値と因子負荷量を示した。用いた形質は、稈長、穂長、栄養茎乾物重、出穂茎乾物重、出穂茎数、1出穂茎重、葉長、葉幅、1穂あたりの穎花数である。1以上の固有値をもつ2つの主成分が得られ、この2つの主成分によって全変動の77.3%が説明された。第1主成分の因子負荷量は、稈長、穂長、1出穂茎重、1穂あたりの穎花数など1出穂茎の大きさに係わる形質ですべて0.8以上の正の高い値をとっているため、この主成分は出穂茎のサイズを表わす主成分といえる。第2主成分では栄養茎乾物重で-0.715と負の高い値を、出穂茎乾物重、出穂茎数では0.876、0.850とそれぞれ正の高い値をとっていることから、第2主成分は、開花期における栄養生長と生殖生長の相対的割合を示しているものと考えられる。

第1主成分と第2主成分の品種スコアに基づく散布図を、Fig. 5に示した。第1主成分では、ホクリョウが極めて高い値をとり、出穂茎のサイズが他の品種に比べて著しく大きくなっている。残りの品種についてみると、一般にアメリカの品種が高く、フランスの品種が低く、その中間にオランダの品種が散布する傾向がみられる。実際、第2主成分の品種スコアと育成地の1月の平均気温の間には、 $r = -0.51^*$ と5%水準で有意な負の相関があり、冬期間寒い地域で育成された品種ほど1出穂茎のサイズが大きくなる傾向があることを示している。これは、著者らがメドーフエスクの品種や<sup>10)</sup>、トー

Table 3. Principal components extracted from correlation coefficients among morphological characters at flowering time

	Factor loading	
	I	II
(1) Culm length	.940	.124
(2) Ear length	.807	.484
(3) DW of vegetative tillers	.407	-.715
(4) DW of reproductive tillers	.279	.876
(5) Number of reproductive tillers	-.490	.850
(6) Mean reproductive tiller weight	.919	-.184
(7) Leaf length	.209	-.518
(8) Leaf width	.763	.135
(9) Number of florets per ear	.937	.137
Eigen value	4.36	2.59

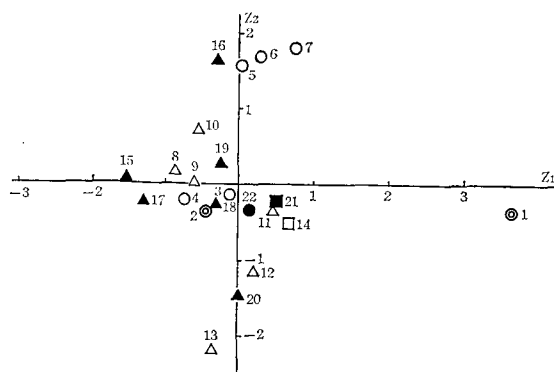


Fig. 5. Scatter diagram of varietal scores between  $Z_1$  and  $Z_2$ . Symbols as in Fig. 1.

ルフエスクの生態型<sup>12)</sup>で得た結果と一致している。他方、第2主成分については、アメリカの品種が開花期における生殖生長の割合が高くなる傾向がみられたが、他の品種については一定の傾向は認められなかった。

### 考 察

本試験の結果、主成分分析の散布図については、ホクリョウが他の品種に比べて特に異なる位置を占めていた。これは、季節生産性、出穂茎のサイズについて顕著にみられ、この点ホクリョウは、トールフェスク品種の中でも特に寒冷地に適応した品種といえる。それに対して、北アフリカの自生集団から育成された Maris kasba と Maris Jebel は、ホクリョウと対照的であった。これらの品種は、札幌のような寒冷地での越冬は極めて悪いが、播種当年には晩秋でも活発に生長を続けることが観察された。このように、トールフェスクの品種間には一般に広い変異が存在している。しかし、著者らが前報<sup>12)</sup>で報告しているように、トールフェスクの生態型には、ヨーロッパの山岳地帯に自生する集団のようにホクリョウを超える変異を示すものや、北アフリカ(チュニジア)の集団のように特異な出穂性を示すものなど既存の品種には見られない幅広い変異が含まれている。

著者ら<sup>10,11,13)</sup>は、トールフェスクと近縁のメドーフエスクについては、変異の幅が狭いため、倍数化、種間交雑などの育種的手段によって変異の幅を拡大することが育種にとって有効であることを指摘した。しかし、トールフェスクに関しては、前述のように、生態型の中にまだ利用されていない多くの有用な遺伝変異が含まれており、今後のトールフェスクの育種に際しては、これらの生態型の変異を利用してゆくことが有効と思われる。

### 摘 要

世界各地に由来するトールフェスク 24 品種、1 系統を供試し、出穂性、生産性、開花期における形態形質に関する変異を、主に育成地との環境条件との関係で検討した。

1. 播種当年に出穂しやすい品種ほど、2 年目の出穂も早生となり、刈取後の 2 番草においても出穂しやすい傾向がみられた。一般に、アメリカで育成された品種は、播種当年と刈取後の再生草でもよく出穂し、出穂始日も早生となった。

2. 年間 3 回刈区と 5 回刈区の各刈取時と年間の合計収量の相関関係に基づき、主成分分析を行ない。その結果、基本的収量性、季節生産性、刈取頻度に対する反応性を表わす 3 つの主成分が得られた。一般に冬期間の気温の低い国で育成された品種は、収量が春に偏る傾向がみられた。しかし、刈取頻度に対する反応性には、品種間に広い変異がみられたものの、育成国間には一定の傾向はみられなかった。

3. 開花期の形態の 9 形質に基づき主成分分析を行なった結果、出穂茎のサイズを表わす主成分と開花期における栄養生長性を表わす主成分の 2 つが得られた。出穂茎のサイズについては、冬期間寒い国で育成された品種ほど大型化する傾向がみられた。しかし、開花期における栄養生長性については、育成国に一定の傾向はみられなかった。

### 引用文献

1. CALDER, D. M.: Flowering behavior of population of *Dactylis glomerata* under conditions in Britain, *J. Appl. Ecol.* 1: 307-320. 1964
2. 川端習太郎: *Festuca* 属牧草の生産力に関する種ならびに品種間差異, 北農試彙報, 90: 99-103. 1966
3. KAWABATA, S. and GOTOH, K.: Interaction of variety and cutting treatment in orchard-grass yield trials, *Jap. J. Breed.* 20: 197-199. 1970
4. 川端習太郎・後藤寛治・森 行雄・雑賀 優・鈴木 茂・阿部二朗・高瀬 昇: トールフェスクの新品種「ホクリョウ」および「ヤマナミ」について, 北農試研究報告, 103: 1-21. 1972
5. 川端習太郎・後藤寛治: 最近海外より導入したトールフェスク (*Festuca arundinacea* Schreb.) およびメドーフエスク (*Festuca pratensis* Huds.) 品種の生産力と諸特性にみられる変異性, 北農試研究資料, 2: 1-52. 1973

6. 気象庁： 外国気候表，気象庁観測資料，31. 1963
7. 熊井清雄： 牧草の季節生産性の機作ならびにその調整技術に関する研究，草地試研報，5： 137-265. 1974
8. 岡部 俊： イタリアンライグラスの育種に関する基礎的研究，北陸農試報，17： 129-284. 1975
9. ROBSON, J. M.: A comparison of British and north African varieties of tall fescue II. Growth during winter and survival at low temperature, *J. Appl. Ecol.* 5: 179-190. 1968
10. 杉山修一・高橋直秀・後藤寛治： *Festuca* 属における潜在の変異に関する研究 I. メドーフェスク (*Festuca pratensis* Huds.) 品種の主成分分析による分類，北大農邦文紀，11： 372-379. 1979
11. 杉山修一・高橋直秀・後藤寛治： *Festuca* 属における潜在の変異に関する研究，II. メドーフェスク人為4倍体における多交配後代検定，北大農邦文紀，11： 380-385. 1979
12. 杉山修一・高橋直秀・後藤寛治： *Festuca* 属における潜在の変異に関する研究，III. トールフェスクの生態型にみられる諸特性の変異，日草誌，26： 259-266. 1980
13. 高橋直秀： メドーフェスクにおける潜在の変異に関する研究，北大農場報告，24： 1-52. 1985
14. 田辺安一： 寒地型牧草の放牧適性と育種効果，北海道草地研究会報，18： 30-43. 1984

### Summary

Variation of some agronomic characteristics in cultivars of tall fescue (*Festuca arundinacea* SCHREB.) were evaluated, basing on principal component analysis. Twenty four cultivars and one strain were investigated under the spaced planting conditions (50 cm×25 cm) in the field of Hokkaido University, Sapporo, Japan (Table 1). At the year of sowing, presence or absence of heading was examined in all plants of each cultivar. At the

second year, two system of cutting treatment (three-times and five-times per year) were carried out, and plant dry matter weight in five plants of each cultivar was measured in each cutting time under both treatments. In addition, some morphological characters at flowering time and proportion of heading plants in aftermath were measured.

The results obtained were as follows.

1) The percentage of heading plants in the year of sowing correlated negatively with the earliness of flowering in the second year, and positively with the percentage of heading plants in aftermath (Fig. 1). Cultivars from USA tended to show active heading in the year of sowing and in the aftermath, and earliness in the time of ear emergence.

2) Principal component analysis was applied to the yield of each crop under frequent and infrequent cutting systems. Three factors were obtained. The first, second and third factors represented yielding ability, seasonal pattern of growth and response to cutting frequency (Table 2). Cultivars which were bred in cold climatic countries showed active growth in spring but the reduced growth in autumn. There was no association between productivity under frequent and infrequent cutting systems (Fig. 4).

3) Principal component analysis was also applied to nine morphological characters at flowering time. Two components were obtained, which represented reproductive tiller size and activity of vegetative growth during reproductive growth period, respectively (Table 3). Cultivars derived from cold climatic countries tended to have larger size of reproductive tiller (long culm and ear, and large leaf etc.) than those from warm climatic countries (Fig. 5).