水稻の冷温登熟性に関する研究

第4報 登熟関連形質に対する主成分分析*

楠 谷 彰 人**・三分 一 敬***

(北海道立中央農業試験場稲作部)

平成2年1月30日受理

要 旨 : 冷温登熟性品種育成のための育種母材と選抜指標を探る目的で、内外の新旧39品種・系統の登熟力を調査した。あわせて、登熟関連形質に対する主成分分析を行って、登熟性に関する理想型を得ようと試みた。その結果、(1) 前期登熟力および後期登熟力の両方に顕著な品種間差が認められた。「キタヒカリ」、「空系 61094」、「ユーカー」、「さちほ」、等は前期登熟力にすぐれ、「キタアケ」、「きたこがね」、「なるかぜ」等は後期登熟力が高かった。「キタアケ」、「キタヒカリ」、「きたこがね」、「なるかぜ」の4品種は前、後期を総合して高い登熟力を示し、今後、冷温登熟性品種育成のための交配母本として広く活用できると考えられた。(2) 主成分分析の結果、第1主成分は乾物生産のパターンに関連する草型を表す因子と推定され、出穂期後の乾物生産量が多い短稈穂数型品種の第1主成分が大きかった。第2主成分は根の活力や穂型を総合した転流に関わる因子と推定され、穂首が長く抽出し、1次枝梗着生部の割合が低く、止葉が下垂し、刈株からの再生量が少ない品種の第2主成分が大きかった。(3) 供試品種の前期登熟力と第2主成分スコアとの間に $r = -0.70^{***}$ 、後期登熟力と第1主成分スコアとの間に $r = 0.69^{***}$ の相関が認められた。これらから、第1主成分スコアが大きく、かつ第2主成分スコアの小さい品種が現在想定される登熟性に関する理想型と考えられ、この方向への選抜が冷温登熟性品種育成のための指標になると判断された。(4) 得られた指標では「キタアケ」、「キタヒカリ」、「なるかぜ」タイプの品種は選びとれるが、「きたこがね」タイプの品種は選び落とす可能性があるとみられた。

キーワード : 稲, 主成分分析, 登熟, 理想型。

Studies on Ripening of Rice Varieties Grown under Low Temperature IV. Application of principal component analysis on some ripening characters : Akihito KUSUTANI and Takashi SANBUICHI (*Rice Crop Division, Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, 207 Kamihoromui, Iwamizawa, Hokkaido 069-03, Japan*)

Abstract : The ripening ability among 39 varieties was compared in order to select the breeding materials for raising new variety which has superior ripening ability. An ideotype for ripening ability was also investigated by using the principal component analysis.

1. The remarkable varietal differences for ripening ability were found. 「Kitaake」, 「Kitahikari」, 「Kitakogane」 and 「Narukaze」 will be useful as the mother plants for raising new superior ripening variety.

2. From the results of the principal component analysis, in the case of the first principal component, the dry matter production after the heading time was positively contributing, and the culm length, the plant type index and the dry weight at the heading time were negatively contributing to the principal component. In the case of the second principal component, the length from flag leaf auricle to the neck node of panicle was positively contributing, and the percentage of primary rachis branch grains to total grains per head, flag leaf angle from the horizontal line and the ratoon weight were negatively contributing to the principal component.

3. There was a negative significant correlation ($r = -0.70^{***}$) between the ripening ability at the early stage of ripening and the second principal component. The ripening ability at the late stage indicated positive significant correlation ($r = 0.69^{***}$) with the first principal component. These results suggest that the variety having both large first principal component and small second principal component is an ideotype for ripening.

Key words : Ideotype, Principal component analysis, Rice, Ripening.

* 内容の一部は、1989年度北海道土壌肥料懇話会第36回シンポジウムにおいて発表。

** 現在 : 香川大学農学部。

Present address : Faculty of Agriculture, Kagawa University, Miki-cho, Kida-gun, Kagawa 761-07, Japan.

*** 現在 : 北海道立中央農業試験場企画情報室。

Present Address : Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma-cho, Yuubari-gun, Hokkaido 069-13, Japan.

冷温登熟性は、北海道における水稻品種の具備すべき重要特性のひとつである。前報⁴⁾において、登熟の温度反応には顕著な品種間差が存在し、その差は粒数と炭水化物の生産量およびその穂への転流効率によって規制されることを報告した。しかし、炭水化物の定量には多くの時間と労力を要するため、多数の系統を扱う育種現場への応用は難しい。従って、冷温登熟性品種育成のための選抜指標の設

定に際しては、より測定が容易な形態的あるいは生態的形質に着目し、これらが炭水化物の生産と転流を通じて登熟の温度反応にどのように関わっていくのかを知る必要があろう。

本報は、冷温登熟性品種育成のための交配母本と選抜指標に関する基礎的知見を得るために、内外の新旧品種・系統の登熟力を比較するとともに、多数の形態的、生態的諸形質との関係を調べたものであ

る。同時に、これらの登熟関連形質を主成分分析によって少数の総合特性に要約し、北海道における水稻の登熟性に関する理想型について考察した。

材料と方法

試験は、1987年に北海道立中央農業試験場稲作部（北緯43度10分，東経141度43分，標高12m）において，第1表に示した39品種・系統を供試

第1表 共試品種，系統と出穂期，成熟期および前，後期登熟力。

番号	品種・系統名	出穂期 (月.日)	t_1 (月.日)	成熟期 (月.日)	ΣT_1 (°C)	ΣT_2 (°C)	前期 登熟力	後期 登熟力
1	北育 77号	7.26	8.24	9.11	608	992	14.4	14.6
2	北育 78号	8.5	9.3	9.20	609	953	21.2	11.7
3	道北 41号	8.8	9.6	9.19	609	862	25.2	16.9
4	北海 PL2	8.9	9.6	9.21	591	909	24.9	14.6
5	キタアケ	8.6	9.4	9.14	608	814	23.7	22.0
6	ともゆたか	8.7	9.5	9.20	606	897	17.0	20.8
7	マツマエ	8.17	9.15	10.5	601	913	24.2	13.7
8	ゆきひかり	8.13	9.10	10.1	593	938	26.9	11.4
9	みちこがね	8.14	9.12	9.29	608	907	28.1	10.8
10	空育 125号	8.8	9.6	9.22	609	904	28.8	11.0
11	キタヒカリ	8.13	9.10	9.24	593	831	37.1	10.0
12	ともひかり	8.10	9.7	9.24	593	902	27.2	13.2
13	ひめほなみ	8.15	9.14	10.4	620	939	21.3	11.6
14	さちほ	8.15	9.14	10.2	620	907	31.2	6.9
15	石狩白毛	8.14	9.12	10.2	608	918	29.5	10.1
16	早生錦	7.30	8.29	9.16	614	988	10.3	16.8
17	ふくゆき	8.11	9.8	9.27	595	932	17.6	15.9
18	みまさり	8.9	9.6	9.25	591	940	12.0	18.8
19	ユーカラ	8.17	9.15	10.7	601	928	33.9	5.7
20	きよかぜ	7.29	8.28	9.15	617	992	13.4	11.3
21	きたこがね	8.3	9.1	9.12	607	833	21.8	20.7
22	なるかぜ	8.6	9.4	9.14	608	814	24.8	21.2
23	イシカリ	8.10	9.7	9.26	593	936	23.0	13.0
24	はやこがね	8.6	9.4	9.20	608	916	13.9	18.5
25	空系 61092	8.21	9.20	10.9	605	903	17.8	10.3
26	空系 61093	8.18	9.16	10.8	600	947	29.3	6.9
27	空系 61094	8.14	9.12	10.3	608	946	34.4	5.5
28	空系 61097	8.5	9.3	9.19	609	921	16.4	16.8
29	空系 61100	8.15	9.14	10.3	620	923	23.7	13.9
30	空系 61170	8.18	9.16	10.9	600	959	15.8	6.8
31	空系 60194	8.17	9.15	10.8	601	969	18.9	6.6
32	空育 104号	8.9	9.6	9.22	591	887	22.5	17.9
33	空育 118号	8.8	9.6	9.22	609	910	27.9	10.6
34	空育 119号	8.9	9.6	9.23	591	909	22.1	15.8
35	空育 134号	8.8	9.6	9.22	609	910	24.8	13.6
36	合江 19号	8.11	9.8	9.26	595	914	29.6	10.2
37	合江 21号	8.14	9.12	9.29	608	907	26.6	10.4
38	合江 22号	8.15	9.14	10.3	620	923	27.6	3.8
39	合江 23号	8.16	9.15	10.1	620	965	24.2	9.2

t_1 : 第1回登熟歩合調査日,

ΣT_1 : 出穂期～ t_1 の積算日平均気温, ΣT_2 : 出穂期～成熟期の積算日平均気温.

して行われた。4月24日にビニール畑苗代に播種、育成した苗を6月6日に1株2本で本田に手植えした。栽植密度は30.3 cm×16.7 cm (20.0 株/m²)で、肥料は10 a あたり N 8.8 kg, P₂O₅ 11.1 kg, K₂O 7.8 kg を全量基肥で与えた。試験は1区 6 m² (120 株) の2反復で行った。

各品種の出穂期と成熟期に1区より7株を採取し、生体重により中庸の5株を選んで70°Cで72時間乾燥させた後、その乾物重を秤量した。成熟期に稈長と穂長を10株、穂数を25株につき調査した。1穂粒数は成育中庸の6株の全穂につき調査し、平均1穂粒数と1株あたりの平均穂数から m² あたり総粒数を算出した。千粒重は、粒厚 1.85 mm 以上の精玄米について求めた。止葉の傾斜角度（水平面からの立ちあがり角度）、穂首抽出長（止葉の葉耳から穂首節までの長さ）は4株中の各長稈3茎、合計12茎につき調査した。再生量は、乳熟期に5 cmの高さで刈取った6株の刈取り後20日目における再生茎の生体重で示した¹⁾。草型を表わす指標として草型指数を用いた。草型指数は、1穂重/1株穂数で表されることが多い^{2,9)}が、本試験では穂重を調査しなかったため、1穂粒数/1株穂数を草型指数とした。単粒比率⁶⁾は、1次枝梗着生粒数/1穂粒数で表わした。他に、1次枝梗および2次枝梗の数と長さ、穂首の太さ（穂首節下2 cmの直径）、止葉の葉鞘長、穂首節間長、出穂期における草丈、出穂期後の草丈伸長量、粒着密度（1穂粒数/穂長）等を調査した。

出穂期後の積算日平均気温が600°C前後（39品種・系統の平均605°C, ΣT_1 ）になった日に、生育中庸の3株を採取し、比重1.06で塩水選を行って第1回目の登熟歩合を調査した。同時に他の3株につき触手で稔実歩合を調べ、登熟歩合を稔実歩合で除して稔実した粒についての登熟歩合（稔実粒登熟歩合, R_1 ）を算出した。各品種の成熟期に同様の方法により稔実粒登熟歩合（ R_2 ）を再び調査するとともに、出穂期からの積算日平均気温（ ΣT_2 ）を記録した。これらの調査値から、以下の式によって前期および後期登熟力を算出した。

前期登熟力 (A_1) = $R_1 / (\Sigma T_1 - 400) \times 100$ (1)
北海道における水稻の登熟歩合は、出穂期後の積算日平均気温が約400°Cに達した時から増加を始め、600°C前後に増加速度の折曲点があることが知られている^{3,4)}。従って、前期登熟力は、登熟歩合の増加が認められてから折曲点に至るまでの積算日平均

気温に対する稔実粒登熟歩合の平均増加速度を表す。

$$\text{後期登熟力} (A_2) = (R_2 - R_1) / (\Sigma T_2 - \Sigma T_1) \times 100 \quad (2)$$

後期登熟力は、折曲点から成熟期までの積算日平均気温に対する稔実粒登熟歩合の平均増加速度を示すものである。

なお、1987年は登熟期間中の気象に恵まれ、いずれの品種も成熟期までに十分な登熟温度を確保することができた。

結 果

1. 登熟力の品種間差異

第1表に、供試品種の出穂期、成熟期、出穂期からの積算日平均気温および前、後期登熟力を示した。供試品種には、北海道の新旧品種・系統の他に中国黒竜江省の品種（「合江 19号」、「合江 21号」、「合江 22号」、「合江 23号」）、北海道品種と外国稲との交配後代系統〔「空系 61092」（紅毛 2号/イシカリ）, 「空系 61093」（同）, 「空系 61094」（臨明川/イシカリ）, 「空系 61097」（Nucleoryza/イシカリ）, 「空系 61100」（Szarvasi 70/イシカリ）, 「空系 61170」（密陽 23号/北海 241号/2/2 * 空育 104号/3/空育 110号）〕等幅広い変異が含まれている。

出穂期は「北育 77号」が7月26日で最も早く、「空系 61092」が8月21日で最も晚かった。同じく成熟期は「北育 77号」の9月11日から「空系 61092」、「空系 61170」の10月9日に及んだ。出穂期から成熟期までの日数（登熟日数）は「キタアケ」、「なるかぜ」が39日で最も短く、「空系 61170」、「空系 61094」が52日で最も長かった（平均46日、変異係数7.1%）。登熟日数と出穂期（8月の日）との間には $r=0.51^{***}$ の有意な正の相関関係が存在し、晩生種ほど登熟日数が長くなる傾向が認められた。出穂期から成熟期までの積算日平均気温（ ΣT_2 ）は、「北育 77号」、「きよかぜ」が992°Cで最も多く、「キタアケ」、「なるかぜ」が814°Cで最も少なかった。ほとんどの品種が900°C以上の値（平均917°C、変異係数4.6%）を示し、出穂期とは無関係（ $r=-0.03$ ）であった。これらは、品種の登熟性に内在する出穂期の影響⁴⁾を取り除くためには、登熟日数の長短よりも登熟期間中の積算温度を基礎にするのが望ましいことを示している。そこで本報では、出穂期後の積算日平均気温

をもとに、(1) および (2) 式によって前、後期登熟力を求めた。

前期登熟力は、10.3~37.1 (平均 23.4, 変異係数 26.9%) の範囲にあり、「キタヒカリ」, 「空系 61094」, 「ユーカラ」, 「さちほ」等で高い値を示した。「早生錦」, 「みまさり」, 「きよかぜ」等の前期登熟力は劣っていた。後期登熟力は 3.8~22.0 (平均 12.8, 変異係数 36.0%) で、「キタアケ」, 「きたこがね」, 「なるかぜ」等で高く、「ユーカラ」, 「空系 61094」, 「合江 22 号」等で低かった。

ところで、前期登熟力 (A_1) を表す (1) 式より、次のように R_1 が導かれる。

$$R_1 = (\Sigma T_1 - 400) \times A_1 / 100 \quad (1')$$

これを、後期登熟力 (A_2) を表す (2) 式の R_1 項に代入すると式は次のように変形される。

$$A_2 = [R_2 - (\Sigma T_1 - 400) \times A_1 / 100] / (\Sigma T_2 - \Sigma T_1) \times 100$$

$$= 100 / (\Sigma T_2 - \Sigma T_1) \times R_2 - (\Sigma T_1 - 400) / (\Sigma T_2 - \Sigma T_1) \times A_1 \quad (2')$$

北海道では ΣT_1 , すなわち出穂期後の積算日平均気温に対する登熟歩合増加速度の折曲点は、ほぼ 600°C であることが知られている³⁾。そこで、 $\Sigma T_1 = 600$, $R_2 = 90$ を (2') 式に代入し、次の式を求めて第 1 図に示した。

$$A_2 = 9000 / (\Sigma T_2 - 600) - 200 / (\Sigma T_2 - 600) \times A_1 \quad (3)$$

(3) 式は、 ΣT_1 を 600°C とした時に R_2 が 90% に

第 1 図 前期および後期登熟力の分布。

- 1) 図中の番号は、第 1 表の品種番号を示す。
- 2) 図中の直線は、出穂期後積算日平均気温 (ΣT_2) 別の成熟期における稔実収登熟歩合 90% の線。

なる A_1 , A_2 および ΣT_2 3 者の関係を表す一般式である。従って、本図より ΣT_2 ごとに R_2 90% を得るための A_1 と A_2 の組合わせを知ることができる。これに、本試験で得られた各供試品種の A_1 および A_2 を記入し、品種ごとに R_2 が 90% になる ΣT_2 を推定した。

ΣT_2 が 750°C では、 R_2 が 90% を上回る品種は供試品種の中には存在せず、図より、この温度で R_2 90% を得るには「さちほ」(品種番号 14) 以上の前期登熟力と「ともゆたか」(6) 以上の後期登熟力をあわせ持つ必要があると判断された。「キタアケ」(5), 「キタヒカリ」(11), 「きたこがね」(21), 「なるかぜ」(22) は、 ΣT_2 が 800°C で 90% 前後の R_2 が得られ、これらは総合的にみて登熟性のすぐれた品種と考えられた。しかし、その内容は品種によって異なり、「キタヒカリ」が前期登熟力によって高い登熟性を維持しているのに対し、「キタアケ」, 「きたこがね」, 「なるかぜ」の高登熟性は主に後期登熟力に依存していた。 ΣT_2 が 900°C あれば、供試品種の約半数が R_2 90% 以上となった。すなわち、この温度であれば供試品種平均の前、後期登熟力を持てば 90% の R_2 を得ることができるとみられた。一方、「きよかぜ」(20), 「空系 61092」(25), 「空系 61170」(30), 「空系 60194」(31), 「合江 22 号」(38) 等は ΣT_2 が 1100°C でも R_2 は 90% に達しないと推察された。

2. 主成分分析

主成分分析を行うにあたっては、各主成分の生物学的意味を明確にするためにも、対象とする形質の総合特性の中における意義をよく検討し、目的に沿った形質を選択することが必要である⁷⁾。そこで本報では、先ず全調査形質について主成分分析を行い、その後形質間の相関関係と寄与率を考慮して第 2 表に示した 11 形質を選んだ。稈長は 1 穂粒数、枝梗数、出穂期後の草丈伸長量等と、穂長は穂首節間長、止葉の葉鞘長等と、草型指数は穂数、1 穂粒数、粒着密度、穂首の太さ等と、単粒比率は枝梗数、枝梗長等と、出穂期乾物重および出穂期後乾物生産量は出穂期、出穂期の草丈等とそれぞれ $r = \pm 0.8$ 以上の密接な相関関係にあったために、これらの形質群の代表形質として取りあげた。千粒重、止葉の傾斜角度、穂首抽出長および再生量は、品種間の変異幅は大きかったが、特に関係の深い他の形質がなかったため独自の形質として扱った。

第 2 表は、選ばれた 11 形質についての形質間相

第2表 形質間相関係数.

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	前期登熟力	後期登熟力
1 稈長	0.455**	0.656***	-0.357*	-0.048	0.319*	0.361*	-0.212	0.055	0.631***	-0.466**	0.056	-0.564***
2 穂長		0.420**	-0.002	-0.003	-0.342*	0.626***	-0.236	0.048	0.416**	-0.331*	0.257	-0.307
3 草型指数			-0.276	-0.026	0.075	0.340*	-0.482**	-0.109	0.437**	-0.458**	-0.028	-0.574***
4 千粒重				-0.408**	-0.218	0.212	0.039	0.032	-0.293	0.413**	-0.022	0.379*
5 止葉傾斜角度					-0.197	0.079	0.259	0.119	0.384*	-0.114	0.338*	-0.161
6 穂首抽出長						-0.203	-0.260	-0.152	-0.197	0.192	-0.572***	0.143
7 止葉長							-0.053	-0.003	0.388*	-0.028	0.163	-0.130
8 単粒比率								0.119	0.138	0.141	0.443**	0.070
9 再生量									0.312*	-0.233	0.421**	-0.142
10 出穂期重										-0.608***	0.490**	-0.554***
11 出穂後乾物生産量											-0.405*	0.654***

*: 5 % 水準で有意, **: 1 % 水準で有意, ***: 0.1 % 水準で有意.

関係数および各形質と前、後期登熟力との相関係数を示したものである。稈長は草型指数、出穂期乾物重と 0.1% 水準で有意な正の相関を示し、穂長と止葉長、出穂期乾物重と出穂期後乾物生産量との間にも 0.1% 水準で有意な相関関係が存在した。前期登熟力は穂首抽出長と負の、後期登熟力は出穂期後乾物生産量と正、稈長、草型指数、出穂期乾物重と負のそれぞれ 0.1% 水準で有意な相関を示した。しかし、後期登熟力と出穂期後乾物生産量との関係を除くと、いずれの相関係数も $r = \pm 0.6$ 以下であった。

第3表は11形質についての主成分分析の結果である。第1主成分に対しては、出穂期後乾物生産量が正で、稈長、草型指数、出穂期乾物重が負で大きく寄与した。草型指数は、その値が大きいほど穂数に対する1穂粒数が相対的に多く、穂重型に近い意味を持つ。従って、出穂期までの生育量に比べ出穂期後の乾物生産が旺盛な短稈穂数型品種の第1主成分が大きくなる。第2主成分には穂首抽出長が正で、単粒比率、止葉の傾斜角度および再生量が負で大きく寄与した。すなわち、穂首が止葉の葉耳から長く抽出し、1次枝梗に着生する粒の割合が低く、かつ止葉が下垂して刈株からの再生量が少ない品種の第2主成分が大きい。第3主成分は穂長、千粒重、止葉長が正で、穂首抽出長が負で大きな値を示した。

3. 登熟力と主成分との関係

第4表に、各品種の前、後期登熟力と第1～第3

第3表 主成分の固有ベクトルと寄与率.

	主 成 分		
	第 1	第 2	第 3
1 稈長	-0.44	0.20	-0.12
2 穂長	-0.37	0.03	0.41
3 草型指数	-0.41	0.28	-0.02
4 千粒重	0.22	0.04	0.57
5 止葉傾斜角度	-0.11	-0.45	-0.24
6 穂首抽出長	0.05	0.45	-0.39
7 止葉長	-0.28	-0.03	0.49
8 単粒比率	0.14	-0.51	-0.02
9 再生量	-0.07	-0.34	-0.06
10 出穂期重	-0.43	-0.29	-0.06
11 出穂後乾物生産量	0.38	0.12	0.19
固有値	3.46	1.94	1.75
寄与率(%)	31.4	17.6	15.9

第4表 登熟力と主成分スコアとの相関係数.

	前期登熟力	後期登熟力
第1主成分	-0.293	0.686***
第2主成分	-0.695***	0.101
第3主成分	0.127	0.194

***: 0.1% 水準で有意.

主成分スコアとの関係を示した. 前期登熟力は第2主成分スコアと $r = -0.70^{***}$, 後期登熟力は第1主成分スコアと $r = 0.69^{***}$ の有意な相関を示した. 従って, 第2主成分スコアの小さい品種, すなわち穂首の抽出が短くて単粒比率が高く, かつ止葉が直立して再生量が多い品種は前期登熟力にすぐれ, 第1主成分スコアの大きい短稈穂数型で出穂期後の乾物生産量が多い品種は高い後期登熟力を持つ. なお, これらの関係は, いずれも第2表に示した登熟力と各単独形質との相関関係よりも強かった.

第3主成分スコアと登熟力との間に有意な相関関係は認められなかった.

4. 主成分スコアによる品種の分類

各品種の第1および第2主成分スコアの散布図を第2図に示したが, 本図により39の供試品種は大きく5群に分けられた.

第1象限に分布する品種は, 中心から遠ざかるほど短稈穂数型で出穂期後の乾物生産量が多いが, 穂首が長く抽出し単粒比率が低く, 止葉が下垂し刈株からの再生量が少ない. また, 登熟力と主成分との関係からみて, これらの品種は後期登熟力が高い傾向にあるが前期登熟力が低く, 「北育77号」(1), 「早生錦」(16), 「きよかぜ」(20) がこれに含まれた.

第2象限には, 出穂期後の乾物生産量が少ない長稈穂重型で, 穂首の抽出が長く, 単粒比率が低く, かつ止葉が下垂して再生量の少ない品種が分布する. 登熟力は前期, 後期とも劣るが, 「空系61097」(28), 「空系61100」(29), 「空系61170」(30), 「合江21号」(37) がこれに属した.

第3象限には, 長稈穂重型で出穂期後の乾物生産量は少ないが, 穂首の抽出が短くて単粒比率が高く, 止葉が直立して再生量が多い品種, すなわち, 後期登熟力は低い前期登熟力にすぐれる品種が分布する. 中国品種「荔支江」の血を引く「ユーカラ」(19) や朝鮮品種「臨明川」と北海道品種「イシカリ」との交配後代である「空系61094」(27),

第2図 第1および第2主成分スコアによる品種の分類.

図中の番号は, 第1表の品種番号を示す.

中国黒竜江省の「合江22号」(38) といった外国稲に関係の深い品種がここに含まれた.

第4象限に分布する品種は, 短稈穂数型で出穂期後の乾物生産が旺盛で, 同時に穂首の抽出が短く1次枝梗に着く粒数の割合が高い. また, 止葉が直立して刈株からの再生量が多く, 前, 後期とも登熟力にすぐれる傾向にある. すなわち, 現在想定される登熟性に関する理想型に近い品種が分布し, 「キタアケ」(5), 「キタヒカリ」(11), 「なるかぜ」(22) がこれに属した.

他の品種の主成分スコアは, ほとんどが ± 1 以内で原点付近に分布した.

考 察

現在の北海道における基幹品種である「ゆきひかり」の当試験場での平年出穂期(過去7年間平均値)は8月10日であり, 8月11日から9月30日までの積算日平均気温の平年値は約 935°C である. 本試験の結果, 出穂期後の積算日平均気温が 900°C あれば, すなわち平年の「ゆきひかり」並に出穂すれば, 大半の品種が9月30日までに90%以上の稈実粒登熟歩合が得られると推察された. しかし, 平年の8月15日~16日に出穂した場合に相当する積算日平均気温 800°C 程度では, 「キタアケ」, 「キタヒカリ」, 「きたこがね」, 「なるかぜ」の4品種しか9月30日までに稈実粒登熟歩合は90%に達しないとみられた. さらに作況指数74という大冷害を被った1983年のように, 出穂期が8月20日頃まで遅れると, その後の気象が平年並に経過しても9月30日までに 720°C 前後の積算日平均気温しか得

られない。第1図からみて、この温度で90%以上の稔実粒登熟歩合を確保できる品種は現在の北海道には存在しないと推察される。従って、今後北海道において安定稲作を確立するためには、先ず出穂期後積算日平均気温が800°C程度で登熟できる優良品種、すなわち「キタアケ」、「キタヒカリ」、「きたこがね」、「なるかぜ」並の登熟力を持ち、他の農業形質にもすぐれた品種を育成することが目標となろう。次いで、出穂期後積算日平均気温が750°C位でも登熟できる「さちほ」以上の前期登熟力と「ともゆたか」以上の後期登熟力をあわせ持つ品種の育成が望まれよう。

「キタアケ」、「キタヒカリ」、「きたこがね」、「なるかぜ」の4品種は登熟力にすぐれ、冷温登熟性品種育成のための交配母本として、今後の活用が広く期待される。外国稲に由来する系統は、一般的に後期登熟力が劣る傾向がみられたが、中には前期登熟力にすぐれた系統も含まれていた。とくに、朝鮮品種「臨明川」の血を引く「空系61094」は、初期生育が極めて旺盛で、剛直な大きい葉と強大な根系を有し（観察）、高い前期登熟力を示した。従って、これらの優点を生かし、前期登熟力にすぐれた中間母本としての利用を今後考えていくべきであろう。

このように、登熟の温度反応には明らかな品種間差がみられたが、その傾向は過去の試験結果^{3,4)}とよく一致した。従って、本試験で得られた各品種の登熟力は安定性の高い遺伝的特性と考えられ、環境条件がかわっても品種間でそれ程大きく変動しないと推察される。このため、こうした品種間差がどのような形態的あるいは生態的形質に関連しているのかを知ることは、冷温登熟性に対する選抜指標を定めるうえで極めて大きな意味を持つ。しかし、登熟には多数の形質が複雑に影響しあいながら関係しているため、単独形質による登熟性の評価と選抜には限界があるように思われる。そこで本報では、多数の登熟関連形質を主成分分析により少数の総合特性に要約し、各主成分と登熟力との関係を検討することによって登熟性に関する理想型を抽出しようと試みた。

主成分分析の結果、第1主成分に対しては出穂期後の乾物生産量が正方向に、稈長、草型指数、出穂期乾物重等が負方向に寄与した。草型指数は、その値が大きいほど穂重型に近い意味をもつため、第1主成分は乾物生産のパターンに関係する草型を表す因子と推定される。第2主成分には穂首抽出長のみ

が正方向に大きく寄与し、負方向には単粒比率、止葉の傾斜角度、刈株からの再生量等が寄与した。これらのうち、穂首抽出長や単粒比率は炭水化物の粒への転流の難易に関係し、穂首の抽出が短く1次枝梗に着く粒の割合が高いほど穂重の増加速度は大きい¹⁰⁾。また、葉の傾斜角度は根の機能と密接に関係し⁵⁾、再生量も根の養水分吸収力や茎基部の貯蔵養分量に規制される¹⁾。これらから、第2主成分は広く穂型や根の活力を総合した物質の転流に関わる因子とみることができる。

供試品種の第1主成分スコアは後期登熟力と $r=0.69^{***}$ の、第2主成分スコアは前期登熟力と $r=-0.70^{***}$ のそれぞれ0.1%水準で有意な相関を示した。また、表示しなかったが、後期登熟力は m^2 あたり総粒数とも $r=-0.47^{**}$ の有意な負の相関を示したが、前期登熟力と総粒数との相関 ($r=-0.12$) に有意性は認められなかった。前報⁴⁾において、水稻品種の登熟力には粒数および炭水化物の生産量とその穂への転流効率に関係することを報告したが、本試験の結果から、粒数および炭水化物生産量は後期登熟力を、炭水化物の転流は前期登熟力をそれぞれ規制することが知られた。すなわち、品種の形態的、生態的諸形質が炭水化物の生産と転流を介して登熟の異なる段階に影響することが判明した。第2主成分スコアの小さい品種は、穂首の抽出が短く、単粒比率が高く、かつ止葉が直立して刈株からの再生量が多いという特性を持つ。このため、根の活力が高く維持され、転流にすぐれ前期登熟力が高くなる。これは、登熟の初期には粒側の炭水化物要求量が小さいため、炭水化物の絶対量よりもその移動の難易が登熟力を規制することを示唆している。一方、第1主成分スコアの大きい短稈穂数型で出穂期後の乾物生産量が多い品種は後期登熟力が高い。このことは、登熟が進むに従い炭水化物をめぐる粒間の競合が激しくなり、1粒あたりの炭水化物を多く供給できる態勢を備えた品種の登熟力が高くなることを示すものである。なお、前、後期登熟力と各主成分スコアとの相関関係は、いずれも第2表に示した登熟力と単独形質との関係よりも強く、登熟力にすぐれた品種を選抜するにあたっては、単独形質に着目するよりも多くの形質からなる総合特性による方が効果的なことが示された。

また、主成分分析による各主成分は互いに無相関であることから、第1主成分に関係する形質群と第2主成分に関係する形質群の遺伝的連鎖関係はそれ

程強くないと推察される。従って、それぞれの形質群を育種的に独立して改良し、より高い前期登熟力とより高い後期登熟力を兼備した品種を育成することは可能であると考え、

以上より、第1主成分スコアが大きくて第2主成分スコアの小さい品種、すなわち、出穂期後の乾物生産量の多い短稈穂数型で、同時に穂首の抽出が短く、1次枝梗に着く籾の割合が高く、かつ止葉が直立して再生量の多い品種が、本試験の結果から想定される登熟性に関する理想型といえる。従って、これらの特性は冷温登熟性品種選抜のための指標になると考えられ、これによれば第2図の第4象限には理想型に近い品種が分布する。供試品種の中で特に登熟力にすぐれた「キタアケ」、「キタヒカリ」、「なるかぜ」の3品種はここに含まれたが、もうひとつの「きたこがね」は原点近くに位置した。これは、「きたこがね」の登熟の良さが他の要因に依存していることを示唆している。すなわち、本試験で得られた指標では、「キタアケ」、「キタヒカリ」、「なるかぜ」タイプの品種は選べとれるが、「きたこがね」タイプのものは選び落とす可能性がある。このように、ここでの指標によってすべての冷温登熟性品種を選抜することは難しいとみられるが、多数の系統を扱う初期世代における選抜指標としては十分役立つものと判断した。

なお、「きたこがね」の登熟性を規制する要因を本試験の結果から直接明らかにすることはできなかったが、それに関連するものとして、登熟の進行が停止する限界温度（登熟無効温度）の問題が考えられる。すなわち、登熟無効温度を無視して毎日の平均気温を成熟期まで積算した場合、登熟期を低温に経過する晩生品種ほど積算値が増大されるため、登熟力が過小に評価される可能性が高くなる。従って、出穂期の影響を確実に消去して品種の登熟力を評価するためには、登熟無効温度を考慮した新しい解析法が必要となろう。さらに、登熟無効温度は、現在のところ品種に関わらず 10°C 前後と推定され

ている⁹⁾が、この温度が品種によって異なるとしたら、それらを日平均気温から控除して積算することによって、登熟力の品種間差はより正確に表現されよう。これらの点に関しては、今後の課題と考える。

謝辞: 本論文をとりまとめるにあたり、北海道立中央農業試験場佐々木多喜雄稲作部長（現在、北海道立北見農業試験場場長）には懇切なる校閲をいただいた。北海道農業試験場高橋俊研究員ならびに北海道立上川農業試験場田中英彦研究員には、統計計算に関する多大な協力と多くの有益な助言をいただいた。ここに記して厚くお礼を申しあげる。

引用文献

1. Ichii, M. and Y. Sumi 1983. Effect of food reserves on the ratoon growth of rice plant. *Japan. Jour. Crop Sci.* 52: 15—21.
2. 井上正勝・斎藤 滋 1986. 東北地方の主要水稻品種の穂型. 第2報 現在の奨励品種. *東北農業研究* 39: 3—4.
3. 小高真一・安部信行 1981. 水稻登熟気温の品種間差異について. *農業気象* 37: 245—248.
4. 楠谷彰人 1988. 水稻の冷温登熟性に関する研究. 第3報 登熟に及ぼす出穂後乾物生産の影響. *日作紀* 57: 298—304.
5. 李 鍾董・太田保夫 1973. 水稻根の形態および機能と地上部諸形質との関連について. *農技研報 D* 24: 61—105.
6. 松崎昭夫 1974. 水稻生育中期における窒素吸収制限とその栽培学的意義に関する研究. *農技研報 A* 21: 27—129.
7. 望月 昇 1968. 主成分分析によるトウモロコシの品種分類と育種材料探索に関する研究. *農技研報 D* 19: 85—149.
8. 西山岩男 1985. イネの冷害生理学. 北海道大学図書刊行会, 札幌. 1—313.
9. 小野信一 1976. 草姿, 草型と光合成産物の配分. 北條良夫・星川清親共編, 作物—その形態と機能—上巻. 農業技術協会, 東京. 304—316.
10. 笹原健夫・児玉憲一・上林美保子 1982. 水稻の穂の構造と機能に関する研究. 第4報 穂軸節位別二次枝梗籾数のちがいによる穂型の分類. *日作紀* 51: 26—34.