

米の食味関連形質の変動特性と良食味栽培法の検討

山田 善彦・大場 功・小原 安雄

Studies on Rice Tastes and Cultivation
Methods for the Production of Flavorful Rice

Yoshihiko YAMADA, Isao OBA and Yasuo KOHARA

キーワード：アミロース含量，Mg/K，タンパク質含量，登熟温度，葉色，良食味米

コシヒカリ，キヌヒカリ，日本晴，こころづくしを用いて，米の食味関連形質の変動特性と良食味米の栽培法の検討を行った。

1) 4月下旬から6月下旬まで3～4時期の移植時期を設定し食味への影響を調査したところ，登熟期間の気温の影響が大きく，平均登熟気温が23～25℃で良食味となった。食味関連成分では，平均登熟温度が高くなる早期の移植によりアミロース含量は低下したが，Mg/Kは登熟温度が低い方が高まる傾向にあり，良食味米生産のためにはMg/Kの影響が大きいことを認めた。

2) 幼穂形成期以降の生育後期の窒素施用量および施肥時期を変えて食味への影響を検討したところ，施肥量が増えるにつれ，白米タンパク質含量は高くなり，出穂後約10日の葉色と高い相関があった。また，施肥時期が出穂期に近づくほどタンパク質含量は高くなった。

3) 穂肥前の葉色×草丈×(茎数)^{0.5}と穂肥量から重回帰分析により白米タンパク質含量との間の関係式が求められ，適正な穂肥量の判定の目安に役立つと考えられた。

4) 粒厚が大きいほどタンパク質含量は低く，初数が25,000～30,000粒/で最も低かったことから良食味化のためには適正な初数を確保し，登熟を向上させることが重要であった。

1. 緒 言

本県で生産される米は，1996年が作付け面積42,200 ha，生産量 214,800 tであり，そのうち約14万 tが集荷され京阪神をはじめとして全国に販売されている。西日本では有数の米の移出県として，古くから「江州米」や「近江米」の名で親しまれてきたが，一人当たりの米の消費の減少，自主流通米の入札開始，ウルグアイ・ラウンドの農業合意に基づく米の輸入，食糧法の施行など米生産をめぐる情勢は大きく変化してきている。こうしたなか国内における産地間の競争は一層厳しくなり，全国的にコシヒカリをはじめとした良食

味米品種の作付けや新品種導入による食味向上の取り組みが強化されている。本県の「近江米」についても消費者や生産者から食味に対する高い関心が寄せられている。

そこで，本県の主要品種であるコシヒカリ，日本晴および1991年に県の奨励品種になって以来普及が著しいキヌヒカリなどを用いて，米の食味に関係の深いとされる白米アミロース含量，タンパク質含量および玄米の苦土カリ比（以下Mg/Kと略す）の変動特性と栽培方法の関係を明らかにするとともに，品種ごとの施肥法や移植時期などの適正栽培条件を検討したので報告する。

2. 試験方法

2. 1 作期と食味関連形質の変動に関する試験

1992～1994年および1996年に農業試験場（安土町大中）の水田で、供試品種にコシヒカリ、キヌヒカリ、日本晴、こころづくしを用い、これら各品種の稚苗を機械移植した。

各試験年次における移植時期および基肥・追肥窒素施用量を表1に、また、生育後期の施肥量を表2に示した。なお、1996年は後期施肥を1995年3月発行の県稲作技術指導指針に準拠し実肥の施用を控えた。さらに1992～1994年は、最も遅い移植時期については移植前作物が小麦であり、これの食味への影響の有無を確認するために、1996年にコシヒカリと日本晴について冬作物なしで実施した。

表1 作期別の基肥および追肥窒素施用量

栽培年次	試験区	移植日	コシヒカリ		その他品種*	
			基肥	追肥	基肥	追肥
1992年	92-I	4月23日	0.3	0.2	0.3	0.3
	92-II	5月13日	0.3	0.2	0.3	0.3
	92-III	6月4日	0.3	0.2	0.3	0.3
	92-IV**	6月25日	0.5	0.1	0.5	0.1
1993年	93-I	4月30日	0.3	0.2	0.3	0.3
	93-II	5月31日	0.4	0	0.4	0
	93-III**	6月25日	0.5	0.1	0.5	0.1
1994年	94-I	5月2日	0.2	0.2	0.2	0.3
	94-II	5月31日	0.4	0	0.4	0
	94-III**	6月24日	0.5	0	0.5	0
1996年	96-I	4月24日	0.3	0.2	0.3	0.3
	96-II	5月9日	0.3	0.2	0.3	0.3
	96-III	5月23日	0.4	0	0.4	0.1
	96-IV	6月10日	0.4	0	0.4	0.1
	96-V	6月25日	0.5	0	0.5	0.1

注) *印、その他品種はキヌヒカリ、日本晴およびこころづくし。

**印、92-IV、93-IIIおよび94-IIIは小麦跡栽培。

表2 生育後期の施肥量 (N-kg/a)

試験年次	品種	穂肥1	穂肥2	実肥
1992年	コシヒカリ	0.3 (-18)	0	0.2 (出穂始め)
～	キヌヒカリ	0.4 (-25)	0	0
	日本晴	0.4 (-25)	0	0
1994年	こころづくし	0.4 (-25)	0	0
1996年	コシヒカリ	0.2 (-18)	0.2 (-11)	0
	日本晴	0.4 (-25)	0	0

注) ()内は出穂日を基日とした施肥日。

収穫はそれぞれの成熟期に手刈りで行い、室内で自然乾燥させた後、脱穀、初摺りを行い、1.8mm目の篩に通した。成分分析は供試サンプルを精米後にテストミルで粉砕し、タンパク質含量については近赤外分光分析計 (NIRS 6500, ニレコ) により測定し、アミロース含量についてはオートアナライザー (II型, ブラン

ルーベ社) により測定した。Mg/Kについては玄米をテストミルで粉砕した後、原子吸光光度計 (Z 8000型, 日立製作所) でmg当たりのMg当量, K当量を測定し、その比率を求めた。官能による食味評価については、各年度ごとに農業試験場栽培部を中心とした13～15名のパネラーにより、外観, 香り, 味, 粘り,

硬さおよび総合で評価を行うとともに、うち一部については(財)日本穀物検定協会関西支部に依頼した。

2. 2 後期施肥による食味関連形質の変動とその制御技術に関する試験

1992～1995年に農業試験場内の水田で供試品種にコシヒカリ、キヌヒカリ、日本晴を用いて、これら各品種の稚苗を機械移植した。各年次における移植時期および施肥量は表3のとおりである。

表3 年次別施肥水準 (N-kg/a)

移植日	品種	基肥	追肥	穂肥1	穂肥2	実肥
1992年 5月13日	コシヒカリ	0.3	0.2	0.2, 0.4, 0.6, 0.8	0	0
	キヌヒカリ	0.3	0.3	0.2, 0.4, 0.6, 0.8	0	0
	日本晴					
1993年 4月30日	コシヒカリ	0.3	0.3	0.2, 0.4	0, 0.2, 0	0
	キヌヒカリ	0.3	0.3	0.2, 0.4	0, 0.2, 0	0
	日本晴					
1994年 5月2日	コシヒカリ	0.2	0, 0.2	0.1, 0.3	0, 0.2	0, 0.2, 0.4
	キヌヒカリ	0.2	0, 0.2, 0.4	0.2, 0.4	0, 0.2	0
	日本晴					
1995年 5月1日	コシヒカリ	0	0, 0.2, 0.4	0.2, 0.4	0, 0.2	0
	キヌヒカリ	0	0, 0.3, 0.6	0.2, 0.4	0, 0.2	0
	日本晴					

生育後期の葉色調査については葉緑素計 (SPAD-502) により測定し、収穫以降の調査については2.1と同様の手法により行った。

3. 登熟期の気温および生育概況

1992～1995年の各年次ごとの7月21日から10月20日までの日平均気温の推移を図1に示した。ちなみに1993年は冷夏で、1994年は高温年であった。

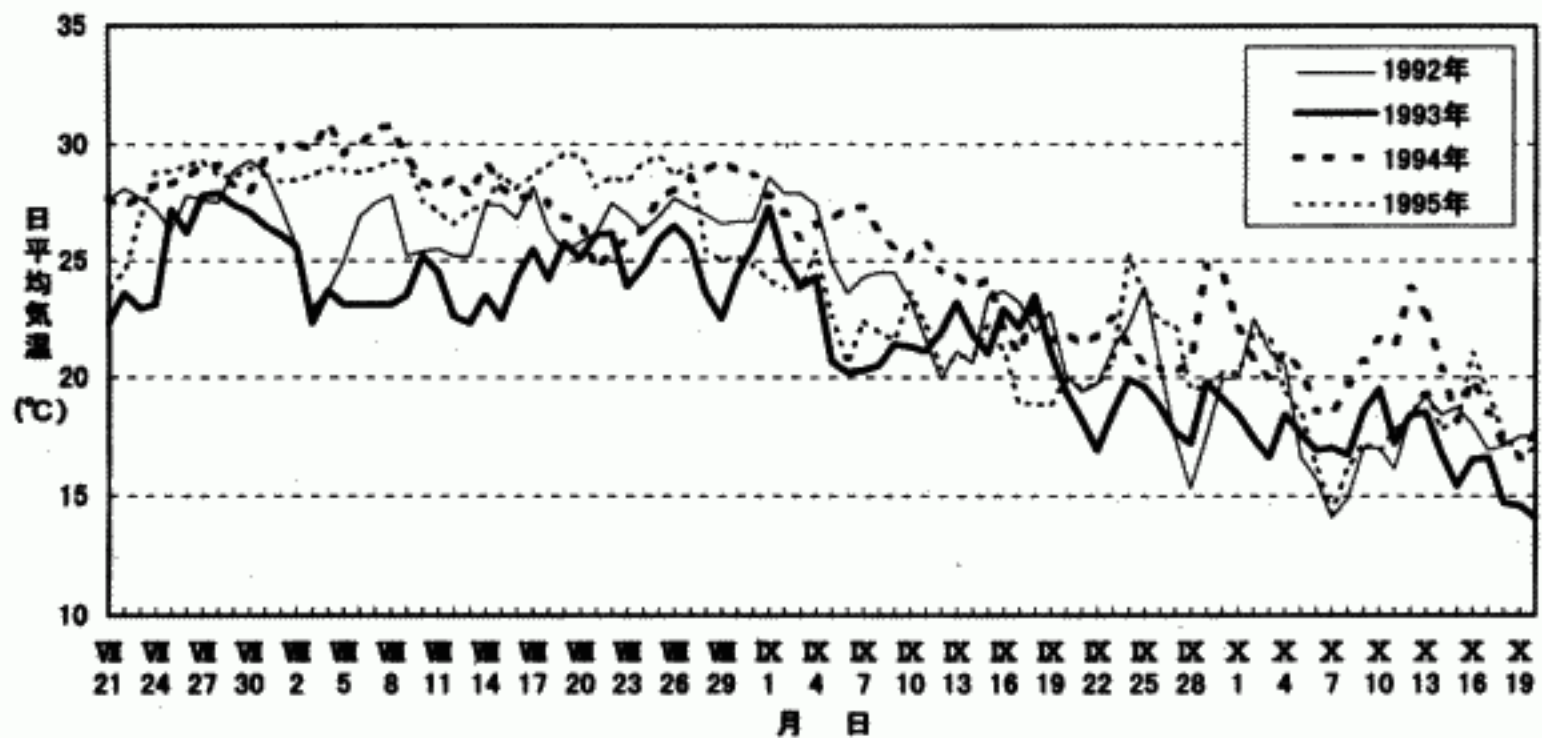


図1 登熟期間における日平均気温の推移 (1992～1996年)

1992年 初期生育は順調であったが、麦作跡栽培の試験区92-IVは6月下旬から7月にかけての高温により、土壌の還元が進み分けつの発生が抑制された。生育後半は各試験区とも天候が良好で順調に登熟したが、92-IIIのコシヒカリについては追肥と穂肥時期の間隔が短くなり登熟後期に倒伏した。92-IVについては分けつが少ないまま幼穂形成に入り、収量がかなり少な

くなった。各品種とも収量は92-IIが高く、92-IVで屑米重歩合が低かった。

1993年 初期生育はおおむね順調であったものの、7月以降の記録的な低温、寡照、多雨の異常気象条件により軟弱な生育となった。このため、全般に稈が弱く、出穂、成熟が遅れ、倒伏や穂発芽などにより外観品質が低下した。

1994年 初期生育は順調で、7月以降の記録的な高温、多照、寡雨により各試験区とも生育は進み、出穂、成熟は早まった。収量は全般に高く、屑米も少なかった。

1995年 初期生育はかなり抑制されたが、梅雨明け後の高温、多照、寡雨により生育は進み、出穂、成熟は平年並となった。本年は基肥を施用しなかったことと初期の低温により穂数は少なく、穂肥多肥区においても倒伏はみられなかった。

1996年 5月中旬まで低温、寡照に経過し96-I、IIにおいて初期生育はやや抑制された。軟弱徒長ぎみに経過したが、梅雨明け後、高温、多照に経過し出穂、成熟は早まった。

4. 結 果

4. 1 作期と食味関連形質の変動に関する試験

白米中のタンパク質含量を表4に示したが年次変動

表4 作期別の収量ならびに米成分分析

年次	品種名	出穂期 月日	成熟期 月日	穂数 本/m ²	玄米重 kg/a	同左* 比率 %	屑米 重歩合 %	玄米 千粒重 g	品質	白米分析		平均登 熟温度 ℃/日	
										タンパク %	アミロース %		
1992年	I コシヒカリ	7.28	9.4	486	52.8	88	13.2	21.1	4.0	8.70	16.94	26.7	
	II コシヒカリ	8.1	9.9	459	57.1	100	7.5	21.7	5.0	8.51	16.93	26.3	
	III コシヒカリ	8.13	9.21	484	51.7	97	10.9	20.9	5.0	8.61	16.87	25.1	
	IV コシヒカリ	8.23	10.2	355	48.7	79	5.0	22.1	4.0	8.61	17.71	23.3	
1992年	I キヌヒカリ	7.31	9.7	516	51.7	87	12.4	21.0	4.0	8.06	16.49	26.4	
	II キヌヒカリ	8.4	9.11	453	58.7	100	6.0	22.1	5.0	8.00	17.13	26.1	
	III キヌヒカリ	8.13	9.25	477	56.9	99	8.7	20.6	4.5	8.26	17.02	24.8	
	IV キヌヒカリ	8.25	9.30	340	46.1	74	2.5	22.0	4.0	8.54	18.58	23.3	
1992年	I 日本晴	8.8	9.21	469	52.7	92	6.1	22.3	4.5	8.00	18.29	25.2	
	II 日本晴	8.13	9.25	507	63.4	100	4.7	21.6	5.0	8.37	18.54	24.8	
	III 日本晴	8.21	10.2	429	61.1	91	2.8	22.9	4.0	7.88	21.26	23.5	
	IV 日本晴	8.28	10.14	388	46.2	85	2.0	22.4	5.0	8.10	21.99	21.5	
1992年	I こころづくし	8.2	9.13	463	55.6	83	4.8	23.5	6.5	7.72	19.06	25.8	
	II こころづくし	8.7	9.21	459	64.0	100	3.6	23.0	7.5	7.92	19.10	25.2	
	III こころづくし	8.18	9.30	451	63.1	96	2.5	23.8	5.0	7.75	21.23	23.8	
	IV こころづくし	8.27	10.10	351	47.2	73	2.3	23.4	5.0	8.17	22.45	21.9	
1993年	I コシヒカリ	8.8	9.16	489	41.8	100	16.8	20.0	4.5	9.74	16.15	1.33	23.6
	II コシヒカリ	8.16	9.26	394	41.1	98	17.9	21.1	6.0	9.53	17.61	1.48	22.7
	III コシヒカリ	8.28	10.15	288	32.9	79	21.9	21.3	6.5	9.55	20.54	1.44	20.2
1993年	I キヌヒカリ	8.10	9.17	495	56.9	100	10.2	20.4	5.5	8.86	16.77	1.22	23.6
	II キヌヒカリ	8.16	9.28	397	51.9	91	7.4	21.5	5.5	8.51	18.49	1.51	22.5
	III キヌヒカリ	8.30	10.17	262	43.0	76	8.5	21.5	6.5	9.21	21.24	1.61	19.9
1993年	I 日本晴	8.18	10.2	541	62.0	100	4.9	21.9	5.0	9.11	20.13	1.31	22.1
	II 日本晴	8.25	10.13	415	49.0	79	5.4	22.2	6.0	9.04	22.27	1.33	20.7
	III 日本晴	9.9	10.28	302	39.0	63	9.8	21.7	8.0	9.04	24.93	1.36	17.8
1993年	I こころづくし	8.13	9.24	479	55.8	100	4.8	22.4	6.5	8.79	19.99	1.17	22.9
	II こころづくし	8.21	10.9	388	58.6	105	4.7	22.9	6.5	8.34	22.16	1.43	21.2
	III こころづくし	9.6	10.24	331	40.0	72	11.1	22.6	8.0	8.90	25.02	1.28	18.4
1994年	I コシヒカリ	7.21	8.26	499	64.9	100	7.9	21.8	5.5	7.38	15.87	1.78	28.3
	II コシヒカリ	8.7	9.15	406	57.8	89	3.5	22.9	4.0	7.04	17.35	1.85	27.2
	III コシヒカリ	8.20	9.26	344	55.6	86	7.8	21.3	5.0	7.68	16.98	1.90	25.2
1994年	I キヌヒカリ	7.25	8.28	482	69.0	100	5.3	21.7	5.0	6.77	15.71	1.57	28.4
	II キヌヒカリ	8.8	9.16	399	56.8	82	3.0	22.4	5.5	6.80	17.23	1.60	27.0
	III キヌヒカリ	8.21	9.28	382	61.1	89	3.8	21.9	5.5	7.69	16.93	1.88	24.9
1994年	I 日本晴	8.4	9.14	438	59.5	100	2.2	23.5	4.5	6.71	18.58	1.58	27.5
	II 日本晴	8.16	9.27	385	56.6	95	2.7	22.8	4.5	6.90	17.65	1.70	25.3
	III 日本晴	8.29	10.10	414	62.0	104	2.3	23.5	6.0	7.37	20.85	1.75	23.4

注) *印 同左比率は、1992年はIIの玄米重を、1993年および1994年はIの玄米重を100とした比率を表す。

が大きく、各作期、各品種とも1992年から1994年までの3カ年間では1994年が最も低かった。これを3カ年間を通じて移植日が同時期であった92-IV、93-Ⅲおよび94-Ⅲを各品種で比較すると、1994年は1992年より0.73~0.93%、1993年より1.52~1.87%それぞれ低かった。また品種別では、コシヒカリが他の品種に比べ各年次、各移植日を通して高い傾向にあったが、これはコシヒカリには実肥を施用していることが影響したものと考えられる。

アミロース含量は品種間差が大きく、コシヒカリ、キヌヒカリで低く、こころづくし、日本晴で高かった。

出穂期から成熟期までの日平均気温の平均値を平均登熟温度とすると、図2に示すように平均登熟温度とアミロース含量の間には高い負の相関が認められ、平均登熟温度が高くなるほどアミロース含量は低下したが、コシヒカリおよびキヌヒカリでは15%以下に、日本晴では17%以下になることはなかった。こころづくしを除く3品種では日当たりの平均登熟温度が26℃で最も低くなり、これ以上の高温になると上昇する傾向がみられた。なお、こころづくしは試験年次が少なく、アミロース含量の低下の限界は判然としなかった。

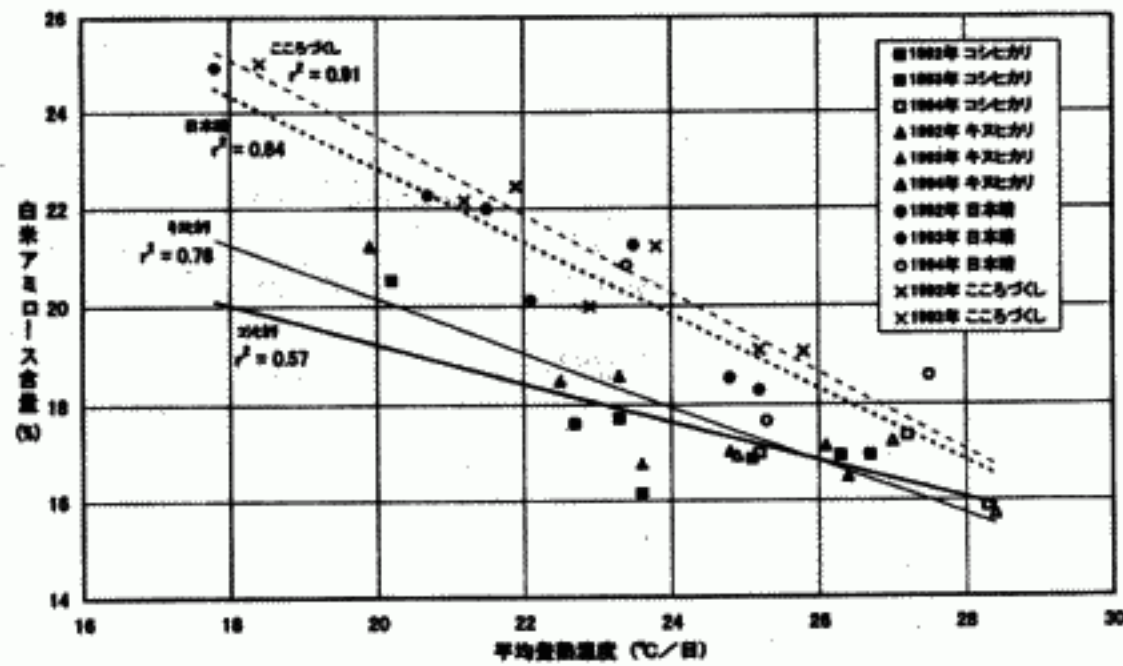


図2 登熟温度と白米アミロース含量 (1992~1994年)

玄米のMg/Kと平均登熟温度との関係を図3に示した。Mg/Kも品種間の差が大きく、コシヒカリ、キヌヒカリで高く、日本晴で低かった。年次別には19

94年が最も高く、1993年は最も低くなった。なお、同一年次、同一品種の中では平均登熟温度が高くなるにつれて低下する傾向にあった。

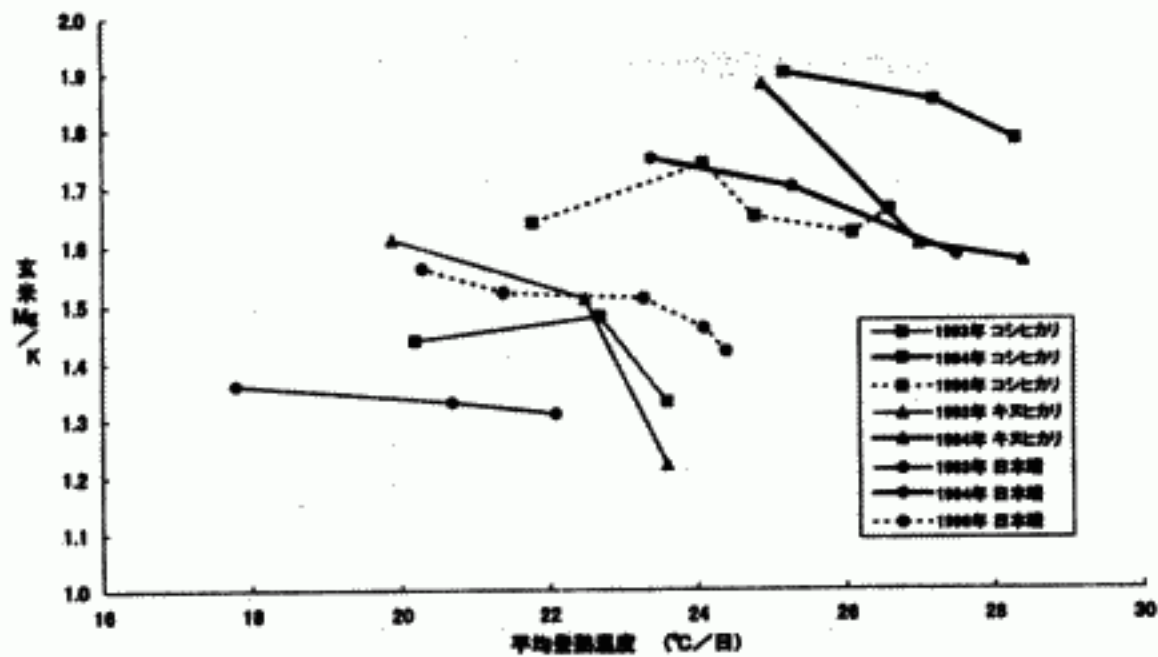


図3 登熟温度と玄米Mg/K (1993, 1994, 1996年)

当場のパネラーによる官能食味評価を行い、アミロース含量が官能食味に及ぼす影響を検討した。その結果、図4に示すようにコシヒカリ、キヌヒカリではアミロー

ス含量が約18%、日本晴、こころづくしでは20~22%で食味評価が高く、それ以外では官能による食味評価は低下した。

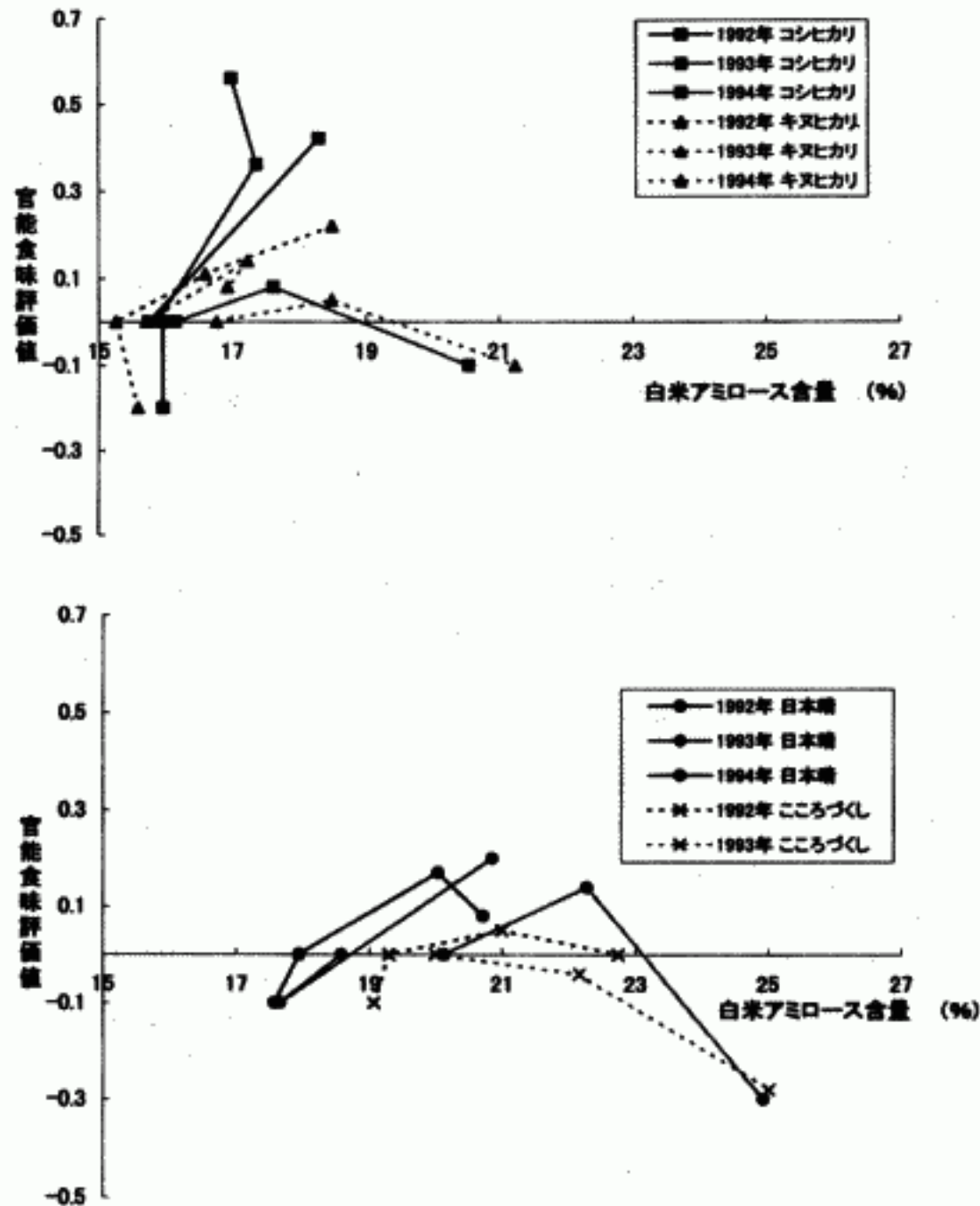


図4 白米のアミロース含量と官能食味評価値 (1992~1994年)

注) 官能による食味評価値は線 (実線・点線) で結ばれた試験区内の相対評価であり、年次、品種間の絶対的評価を表すものでない。

平均登熟温度と官能による食味評価の関係を図5に示した。平均登熟温度が22℃以下になると全体に食味評価が下がったが、25℃以上でも同様に低下した。1992年および1994年のコシヒカリについてみると6月下旬

移植の麦跡栽培の食味評価は高いが、4月下旬や5月上旬の移植では低く、その差は官能による食味評価で0.5以上の格差があり、明らかに食味に差が生じた。

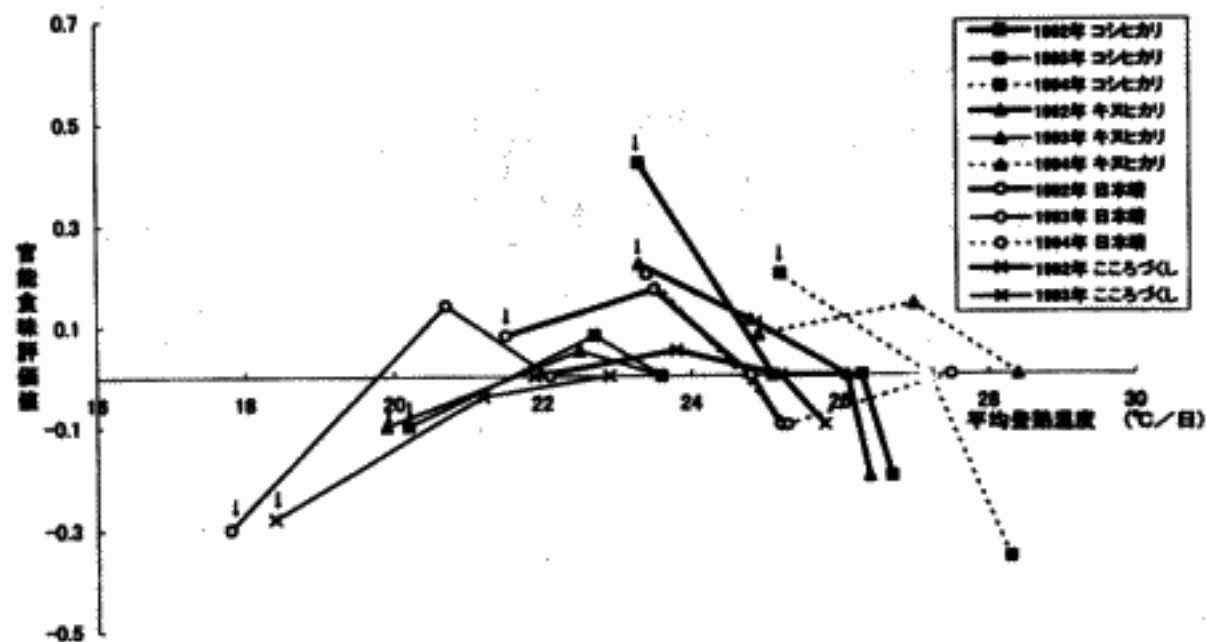


図5 登熟温度と官能食味評価値 (1992~1994年)

注) 図4に同じ。また、線で結ばれた試験区内において、登熟温度がもっとも低いポイント (↓印) が麦跡である。

しかし、冷夏であった1993年は6月下旬移植の麦跡栽培で官能による食味評価が最も低くなった。キヌヒカリもコシヒカリとほぼ同様の傾向を示した。日本晴

では1994年は麦跡栽培で最も評価が高かったものの、1992年は6月25日移植で最も高くなった。1993年は麦跡栽培が最も評価が低く、21℃以下の登熟気温では明

らかに食味が低下した。

1994年および1996年の各作期のコシヒカリについて、^(脚) 日本穀物検定協会に官能による食味評価を依頼した結果を表5に示した。いずれの年次においても6月移植の食味評価が最も高かった。1994年は5月31日移植の外観評価がマイナスであったものの、味および粘りの評価が高く、総合で0.368の評価値となり、食味ランクはAとなった。さらに麦跡栽培の6月24日移植では粘り、味、外観で高い評価となり、総合評価が0.526と高く、Aランクの評価を得た。1996年も6月10日移植で粘り、味の評価が高く、総合で0.333の評価値となり、Aランクの評価を得た。一方、本県にお

ける移植時期の大部分を占める4月下旬から5月上旬の移植では味や粘りの評価が低く、総合ではマイナスの評価となった。これらの食味関連成分では、移植時期が遅い方がタンパク質含量、アミロース含量とも高く、一般にタンパク質含量およびアミロース含量は低い方が良食味とされることと合致しなかった。一方、玄米のMg/Kは6月移植で最も高かったことから、作期を異にした栽培においてMg/Kが食味に及ぼす影響の大きいことが認められた。

なお、食味指標として、 $Mg/K \cdot N^0$ が一般に用いられるが、今回の作期試験では官能による食味評価値との間の関係は判然としなかった。

表5 (財) 日本穀物検定協会による官能食味評価と食味関連成分分析値 (コシヒカリ)

年次	移植日	後期施肥量N-kg/a			成分分析値			官能食味評価					総合評価		食味 ランク	
		穂肥1	穂肥2	実肥	タンパク質	アミロース	Mg/K比	外観	香り	味	粘り	硬さ	評価値	信頼区間有意差		
1994年	5月2日	0.3	0	0.2	7.383	15.87	1.78	-0.158	0.053	-0.158	0.000	-0.211	-0.053	±0.248	0	A
1994年	5月31日	0.3	0	0.2	7.036	17.35	1.85	-0.421	0.105	0.421	0.211	-0.053	0.368	±0.248	+	A
1994年	6月24日	0.3	0	0.2	7.682	16.98	1.90	0.316	0.211	0.474	0.526	0.000	0.526	±0.248	+	A
1996年	4月24日	0.2	0.2	0	6.597	16.11	1.66	0.000	-0.056	0.000	-0.056	-0.222	-0.111	±0.310	0	A
1996年	5月23日	0.2	0.2	0	7.388	17.33	1.65	0.111	-0.056	0.167	0.278	-0.056	0.167	±0.310	0	A
1996年	6月10日	0.2	0.2	0	7.730	17.60	1.74	0.167	0.111	0.222	0.222	0.000	0.333	±0.310	+	A

4. 2 生育後期の施肥と食味関連形質の変動およびその制御法

生育後期の施肥が収量および白米のタンパク質含量に及ぼす影響について図6に示した。

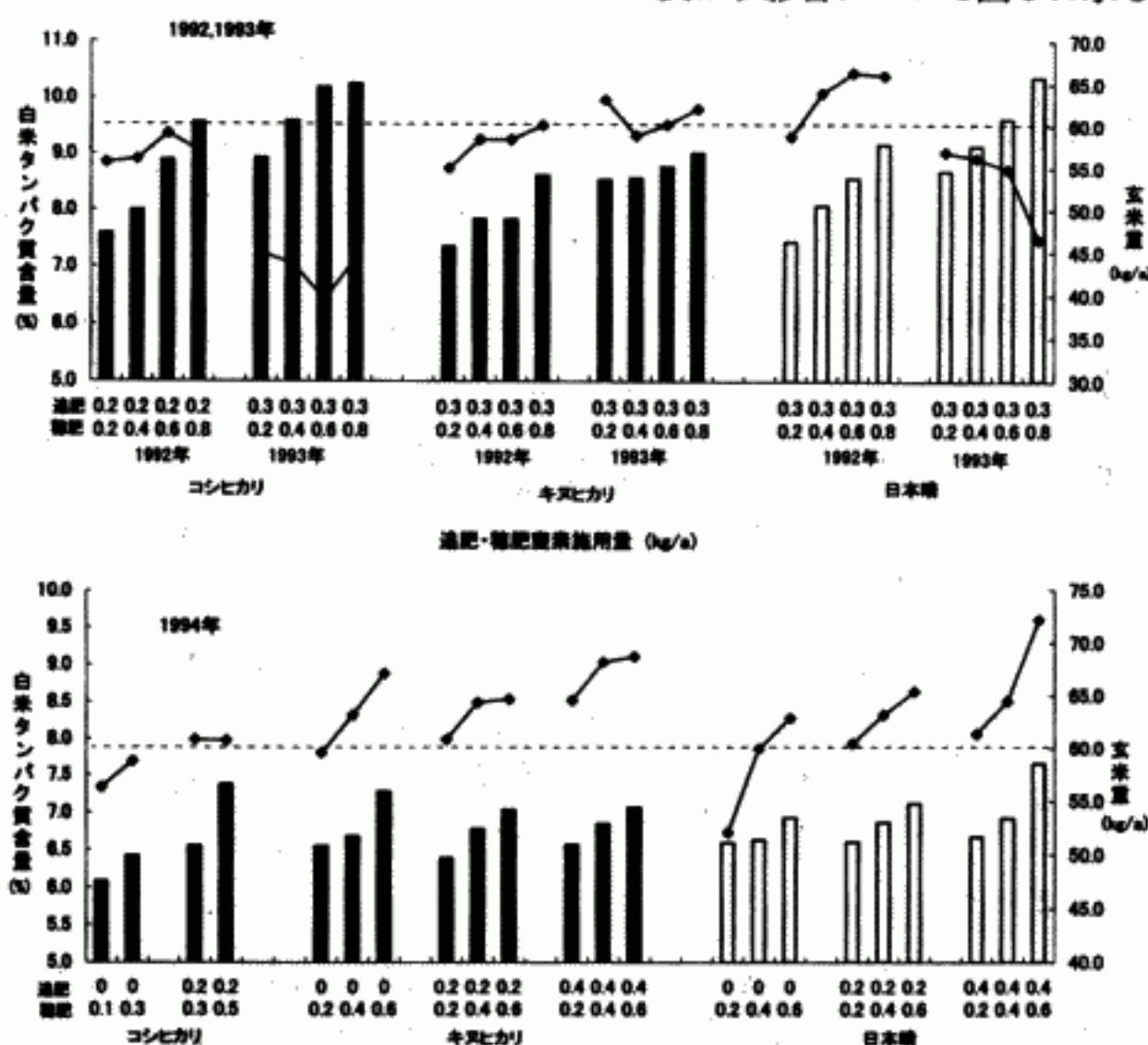


図6 穂肥量が収量および白米タンパク含量に及ぼす影響 (1992~1994年)

幼穂形成期以降の窒素施用量が多くなるに従い、各品種とも白米のタンパク質含量は高まった。また、収量も窒素施用量が多い方が高くなる傾向にあった。1994、

1995年に追肥が白米のタンパク質含量に及ぼす影響をみたのが図7である。

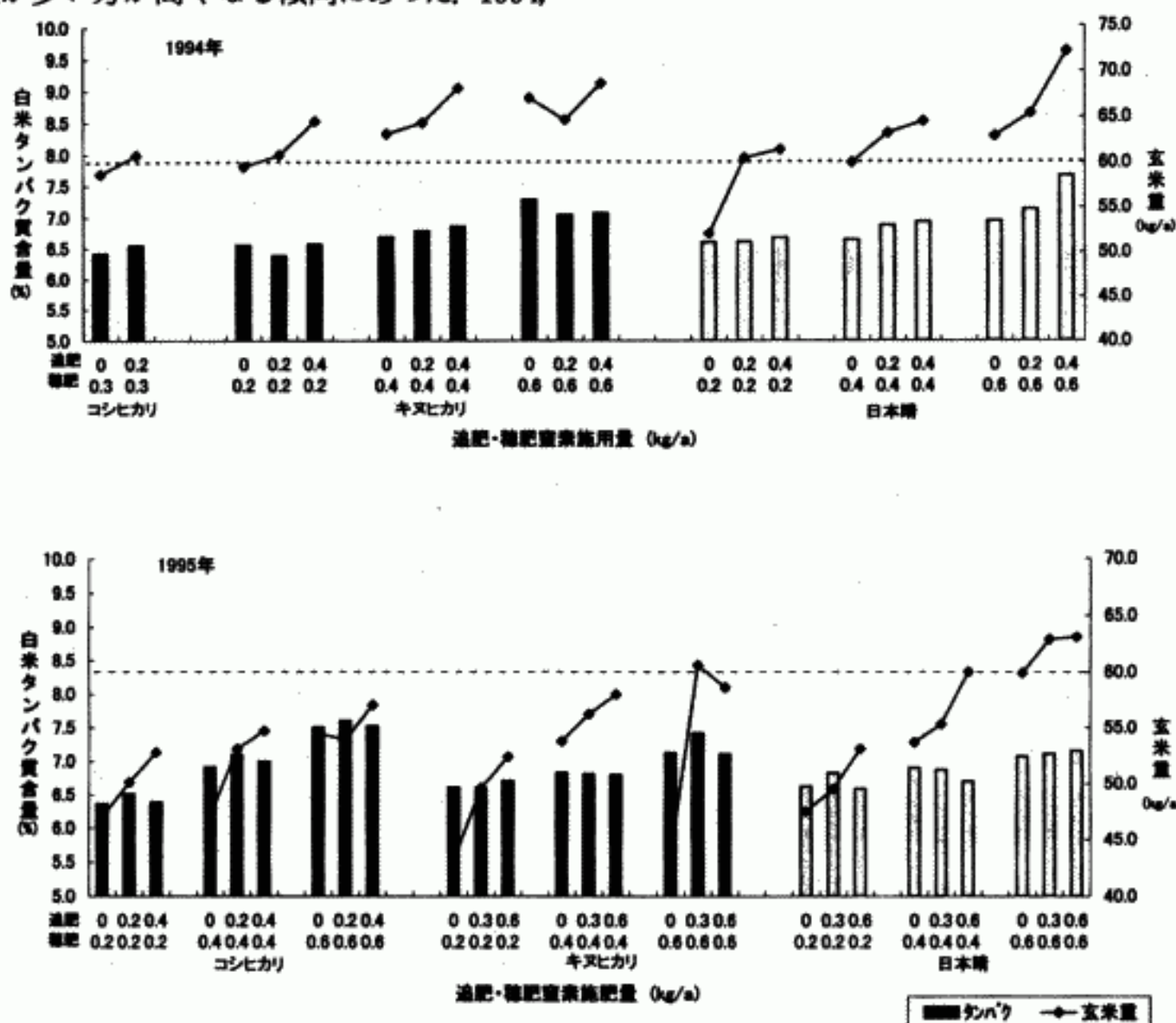


図7 追肥量が収量および白米タンパク質含量に及ぼす影響 (1994~1995年)

追肥量が多いほど収量は高まる傾向にあったが、今回の試験では追肥量が白米のタンパク質含量に及ぼす影響は小さかった。試験年次間における収量水準に差があるものの収量とタンパク質含量の関係を見ると冷夏

でコシヒカリ、日本晴が早くから倒伏した1993年を除き、収量が高まるに従いタンパク質含量も高まる傾向にあった。しかし、高温多照年の1994年は収量が高く、タンパク質含量は低かった (図8)。

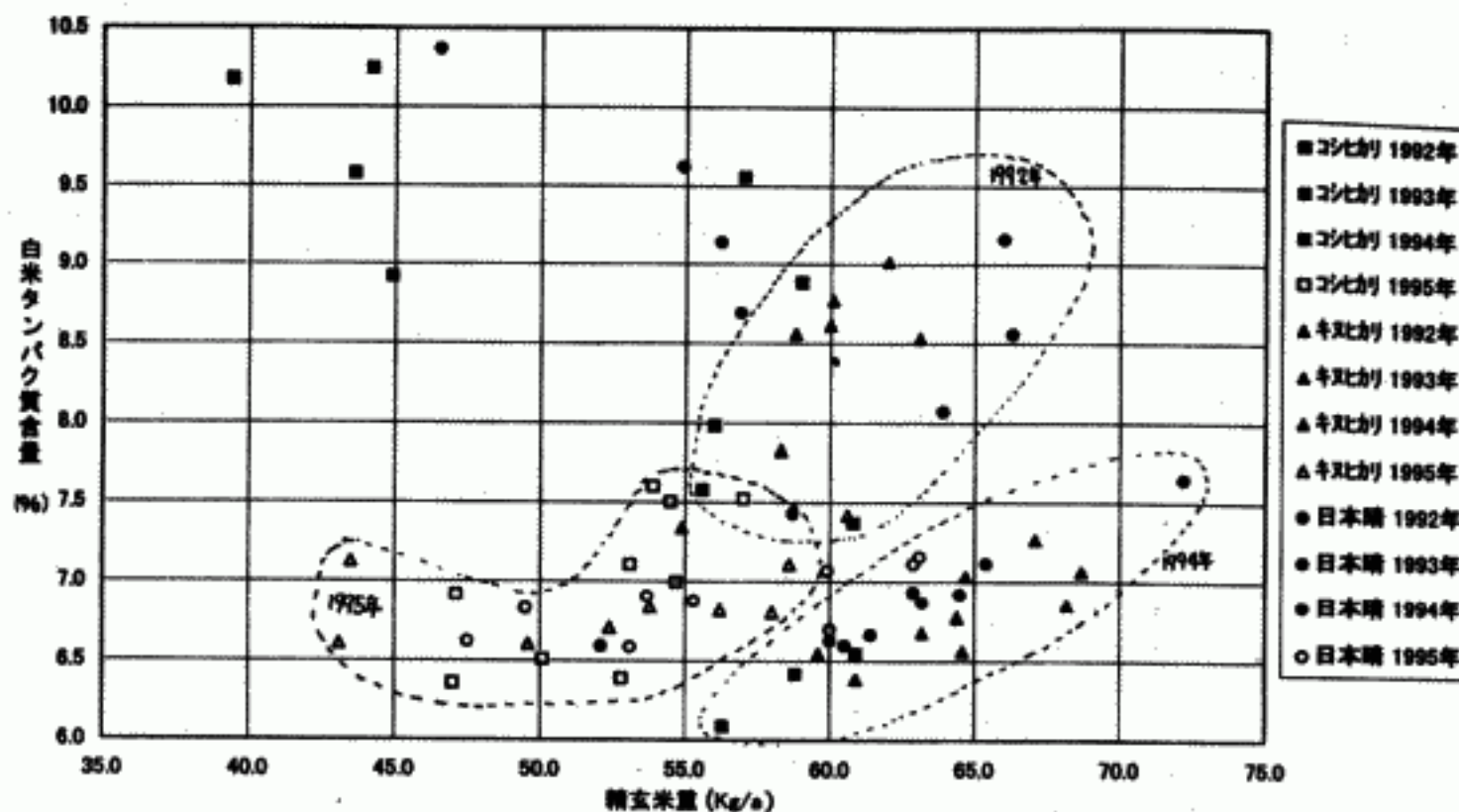


図8 収量と白米タンパク質含量 (1992~1995年)

コシヒカリについて、実肥とタンパク質含量および収量への影響をみたのが表6である。実肥量の増加に対し、収量は高温多照年の1994年は増加したものの、1992年および1993年は実肥0.2kg/a 区で最も低くなった。これに対し白米のタンパク質含量はいずれの試験年次も直線的な増加が認められた。

表6 実肥施用が水稲収量および白米タンパク質含量に及ぼす影響 (コシヒカリ、1992~1994年)

年次	N施肥量 (N-kg/a)				玄米重 kg/a	玄米 千粒重 g	白米 タンパク質 含量%
	基	追	穂	実			
1992	0.3	0.2	0.3	0	60.2	21.9	7.18
	0.3	0.2	0.3	0.2	57.5	22.2	7.79
	0.3	0.2	0.3	0.4	61.3	21.9	8.24
1993	0.3	0.2	0.3	0	44.1	20.0	9.32
	0.3	0.2	0.3	0.2	41.8	20.0	9.74
	0.3	0.2	0.3	0.4	42.7	20.1	10.26
1994	0.2	0.2	0.3	0	60.9	21.5	6.55
	0.2	0.2	0.3	0.2	64.9	21.8	7.23
	0.2	0.2	0.3	0.4	65.1	21.2	7.78

注) 移植日

1992年: 5月8日, 1993年: 4月30日, 1994年: 5月2日

穂肥等の後期施肥時期と白米のタンパク質含量の関係を図9に示した。いずれの品種も施肥時期が出穂期に近くなるに従いタンパク質含量は高まったが、収量は逆に低下した。特にタンパク質含量は出穂前10日頃から出穂期の施肥において高く、1995年の日本晴では出穂前24日に窒素施用量で0.4kg/a の施肥を行った場合に比べ出穂前3日では1%以上増加した。また、1994年の日本晴で行った穂肥1回全量(窒素成分で0.4kg/a)施用と分施(1回目の0.2kg/a施用の7日

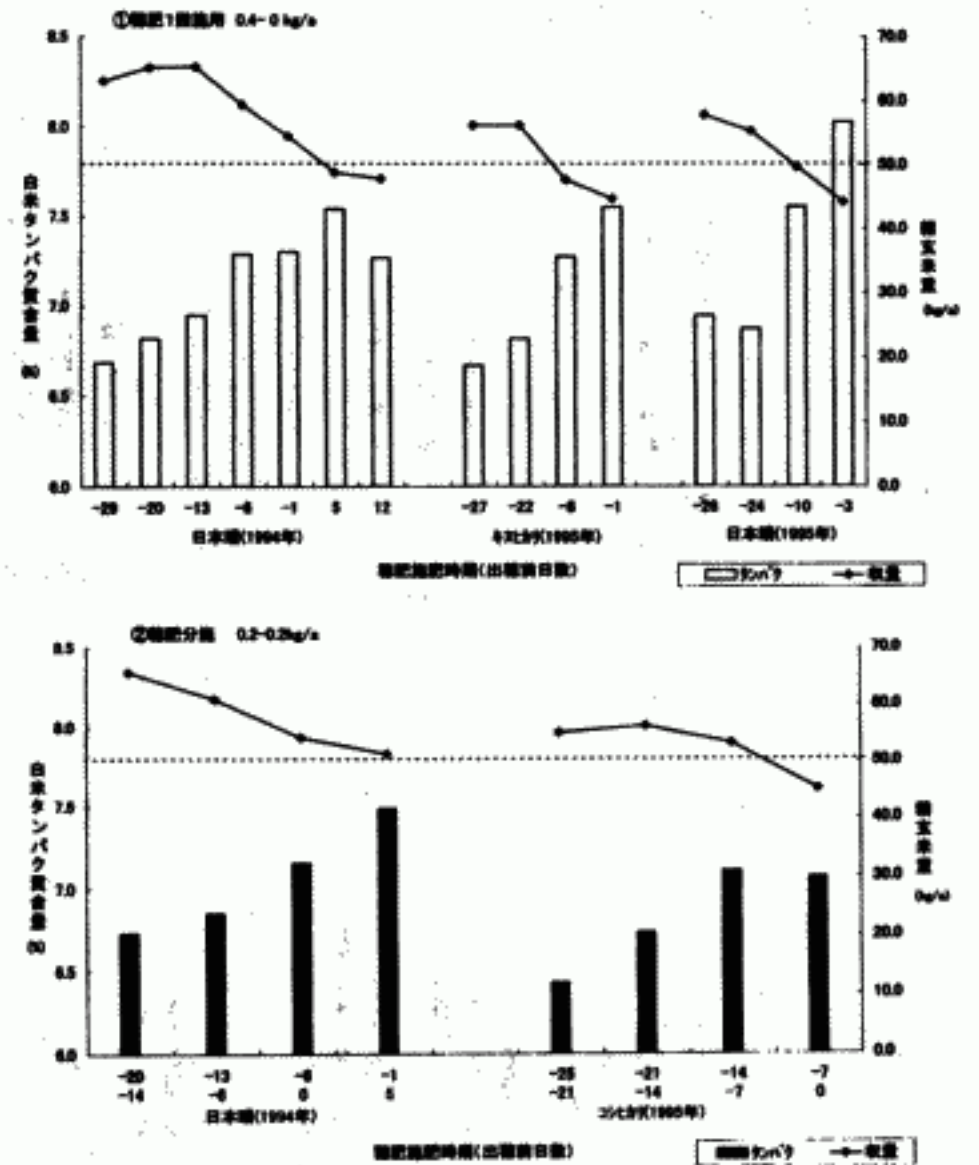


図9 穂肥の施肥時期・施用法と収量および白米タンパク質含量

後に残り半量を施用)による影響について比較すると、出穂前20日に施肥した1回全量区と分施肥区では収量はどちらも約65kg/aとなったが、出穂前13日、6日および1日に施肥した区では穂肥全量区が分施肥区より3.2~5.2kg/a高くなった。これに対し、タンパク質含量は1回施用区と分施肥区の差はほとんどなかった。

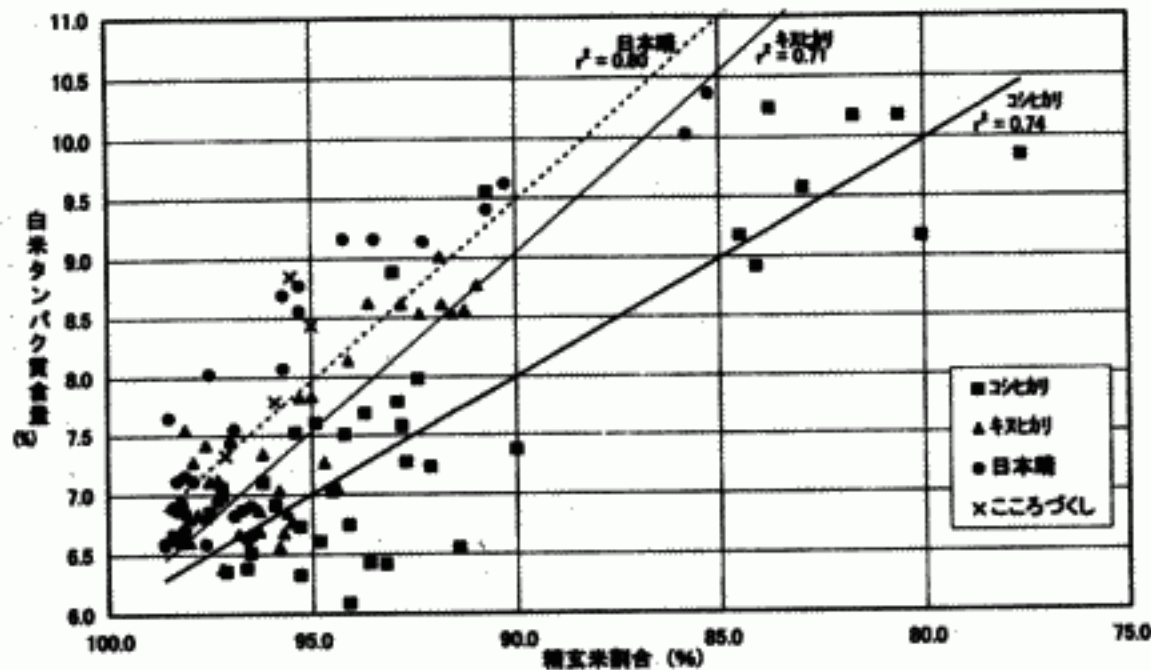


図10 精玄米割合と白米タンパク質含量 (1992~1995年)

注) 精玄米割合は粗玄米に占める粒厚1.8mm以上の割合。

1.8mm以上の精玄米割合と白米のタンパク質含量の間の関係をみると、図10に示すように精玄米の割合が低下するに従い白米のタンパク質含量は増加し、コシヒカリで $r^2=0.74$ 、キヌヒカリで $r^2=0.71$ 、日本晴で $r^2=0.80$ といずれも高い相関が認められた。

また、千粒重と白米のタンパク質含量との関係をみるといずれの品種も千粒重が大きくなるに伴いタンパク

質含量は低下する傾向にあった（データ略）ことから、精玄米を2.1mm以上、2.0~2.1mm および1.8~2.0mmに分け、玄米中のタンパク質含量をみたのが図11である。いずれの品種も粒厚が大きいほどタンパク質含量は低く、粒厚1.8~2.0mmでは8%以上の高い値となった。

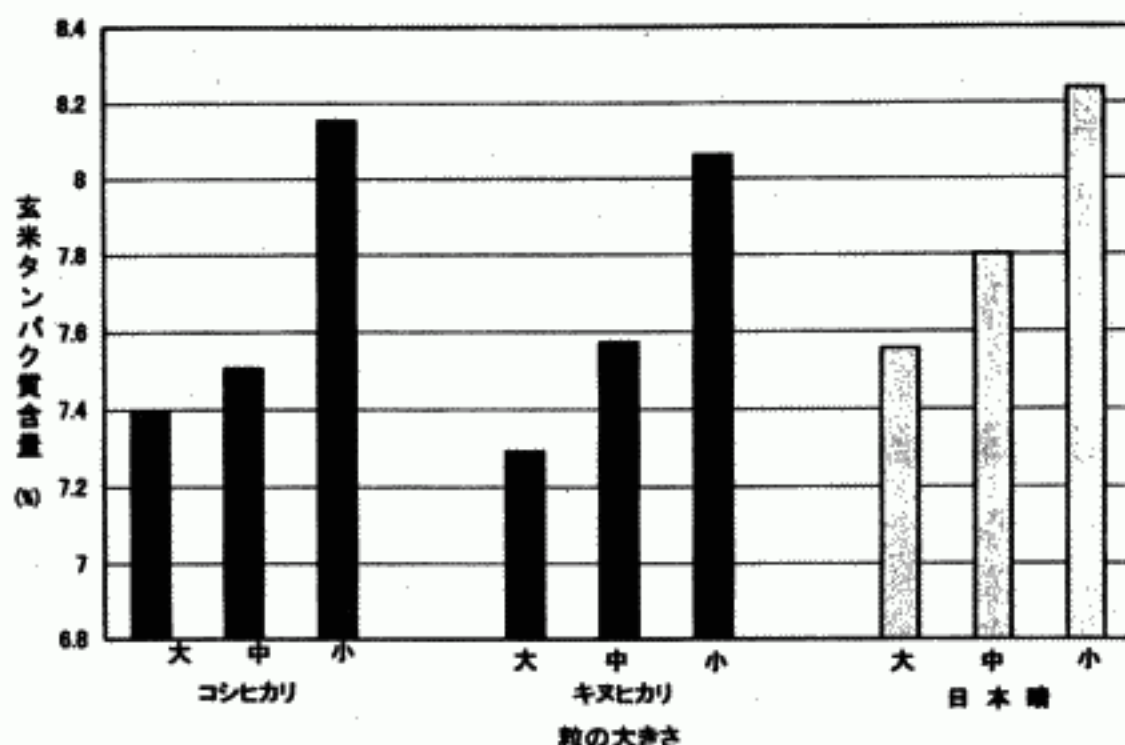


図11 玄米の粒厚と玄米タンパク質含量 (1992年)
注) 大: 粒厚2.1mm以上, 中: 2.0~2.1mm, 小: 1.8mm~2.0mm

白米のタンパク質含量と実際の官能食味との関係を見たのが図12であり、いずれの品種もタンパク質含量

が高まるに従って、食味評価は急速に低下した。

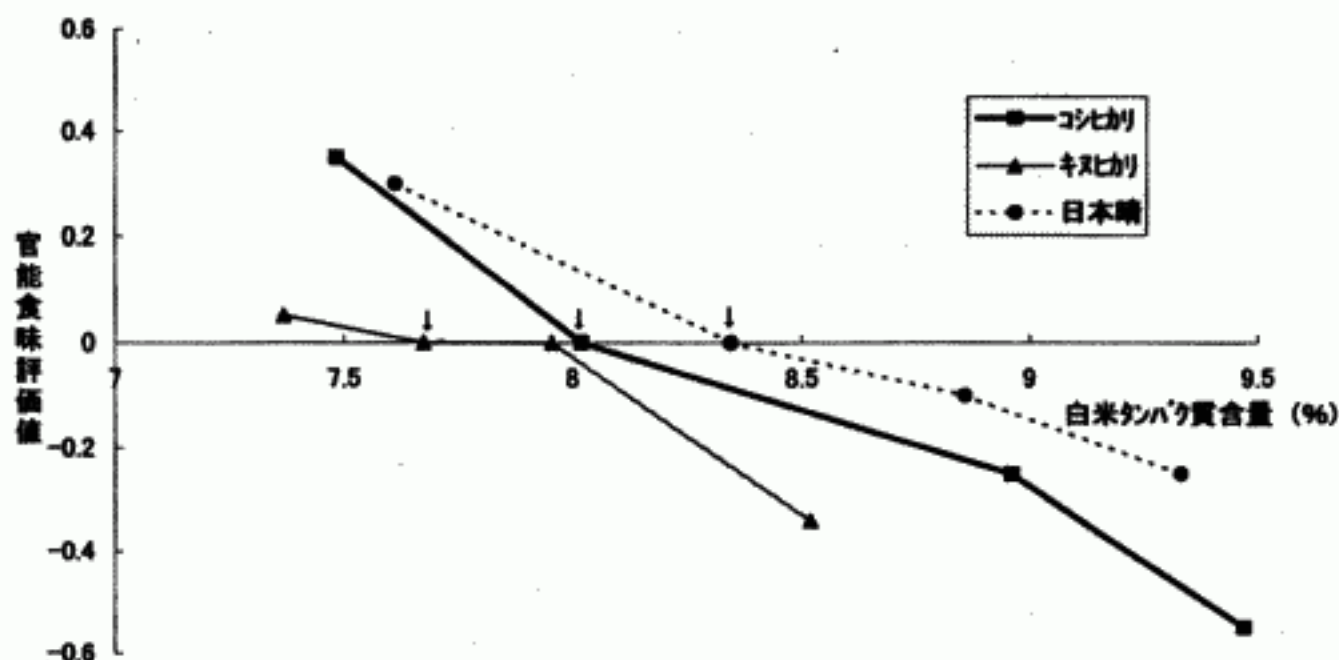


図12 白米タンパク質含量と官能食味評価値 (1992年)
注) 官能による食味評価値は↓印の穂肥0.4kg/aの評価を0として、線(実線, 点線)で結ばれた試験区内の相対評価である。

出穂後約10日の葉色と白米のタンパク質含量の間には図13のようにコシヒカリで $r^2=0.80$ 、キヌヒカリで $r^2=0.83$ 、日本晴で $r^2=0.66$ といずれも高い正の相関がみられた。また、 m^2 当たり粒数と白米のタンパク質含量を図14に示したが、25,000~30,000粒でタンバ

ク質含量は最も低くなり、それ以上になると粒数が増えるに従いタンパク質含量は高まった。しかし、キヌヒカリはコシヒカリ、日本晴に比べ粒数とタンパク質含量との関係は小さく、粒数が増えてもタンパク質含量の増加は小さかった。

米の食味関連形質の変動特性と良食味栽培法の検討

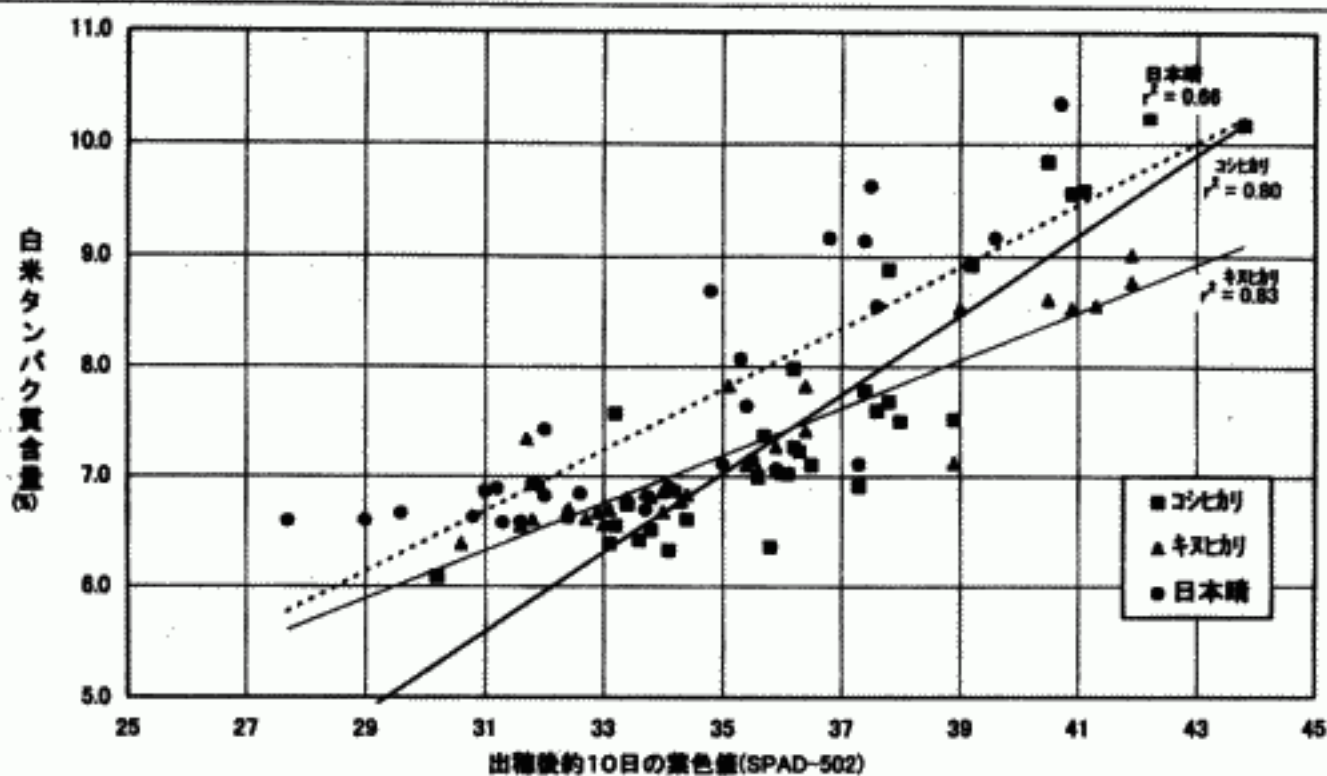


図13 登熟期葉色と白米タンパク質含量

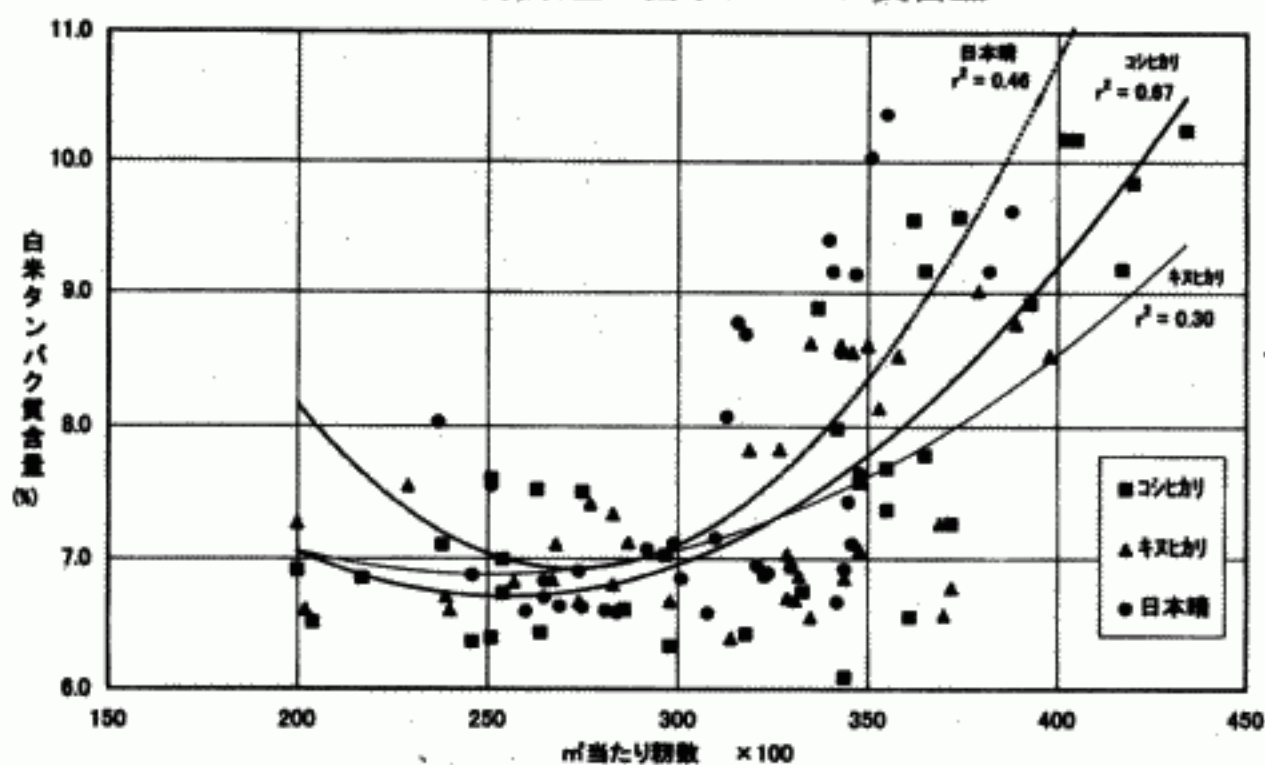


図14 ㎡当たり粒数と白米タンパク質含量 (1992~1995年)

㎡当たり粒数は穂数や穂肥前の生育量と関係が高いことから穂肥前の生育量と葉色値を調査し、白米のタンパク質含量との関係をみたところ、穂肥前葉色×草

丈×(基数)^{0.5} および穂肥窒素施用量と白米のタンパク質含量の間に表7の関係式を得た(図15)。

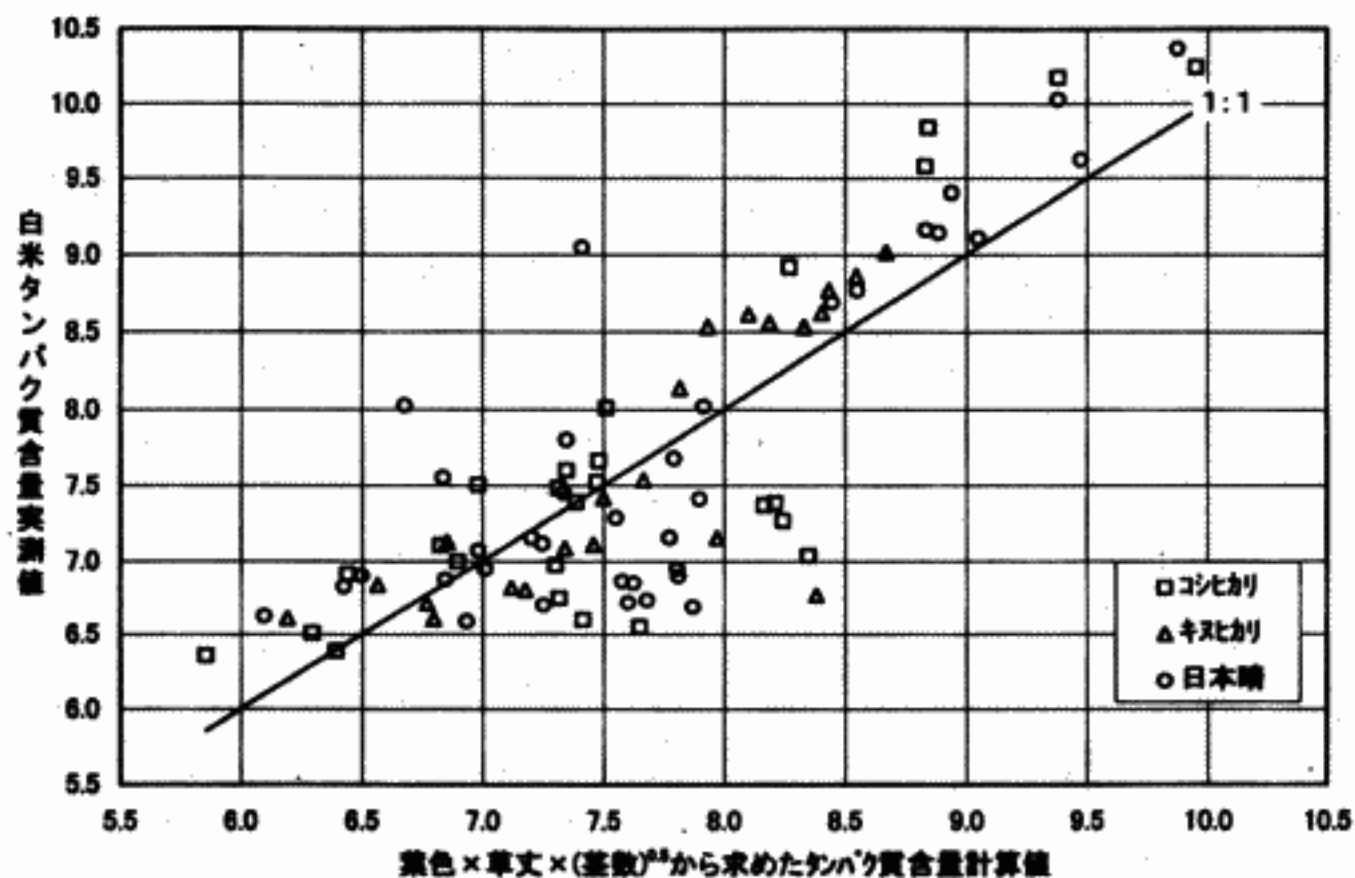


図15 穂肥前葉色、生育量および穂肥量から求めた白米タンパク質含量計算値と実測値 (1993~1996年)

表7 穂肥前葉色、草丈、穂肥量と白米タンパク質含量の関係式

品 種	計 算 式	重相関係数R
コシヒカリ	$Y = 0.231x_1 + 0.280x_2 + 3.466$	0.833**
キヌヒカリ	$Y = 0.236x_1 + 0.147x_2 + 3.920$	0.818**
日 本 晴	$Y = 0.280x_1 + 0.227x_2 + 3.456$	0.821**

Y : 白米タンパク質含量

x_1 : 穂肥前葉色×草丈×(茎数)^{0.5} / 10³

x_2 : 穂肥量

注) 葉色、草丈、茎数は、コシヒカリで出穂前18日頃
キヌヒカリ、日本晴で出穂前25日頃の調査とする

この式を変換することにより目標とするタンパク質含量にするための、穂肥前葉色、草丈および茎数に応じ

た穂肥量の目安を求めることができる。

次に後期施肥がアミロース含量に及ぼす影響をみたのが図16である。1992年および1993年は施肥量が高まるに従いアミロース含量は低下する傾向にあり、タンパク質含量と逆の傾向を示した。これに対し1994年および1995年は施肥量の増加とともにタンパク質含量は高まったが、アミロース含量の変動傾向は判然としなかった。

作期試験において食味への影響が大きかったMg/Kについて、この比率を高めることを目的に穂肥にKを含まない硫安を用い、通常のNK化成と比較してMg/Kに及ぼす影響をみたのが図17である。その結果、Mg/KはNK化成区より硫安区でやや高い場合が多かったものの、その差は小さく、向上効果は判然としなかった。

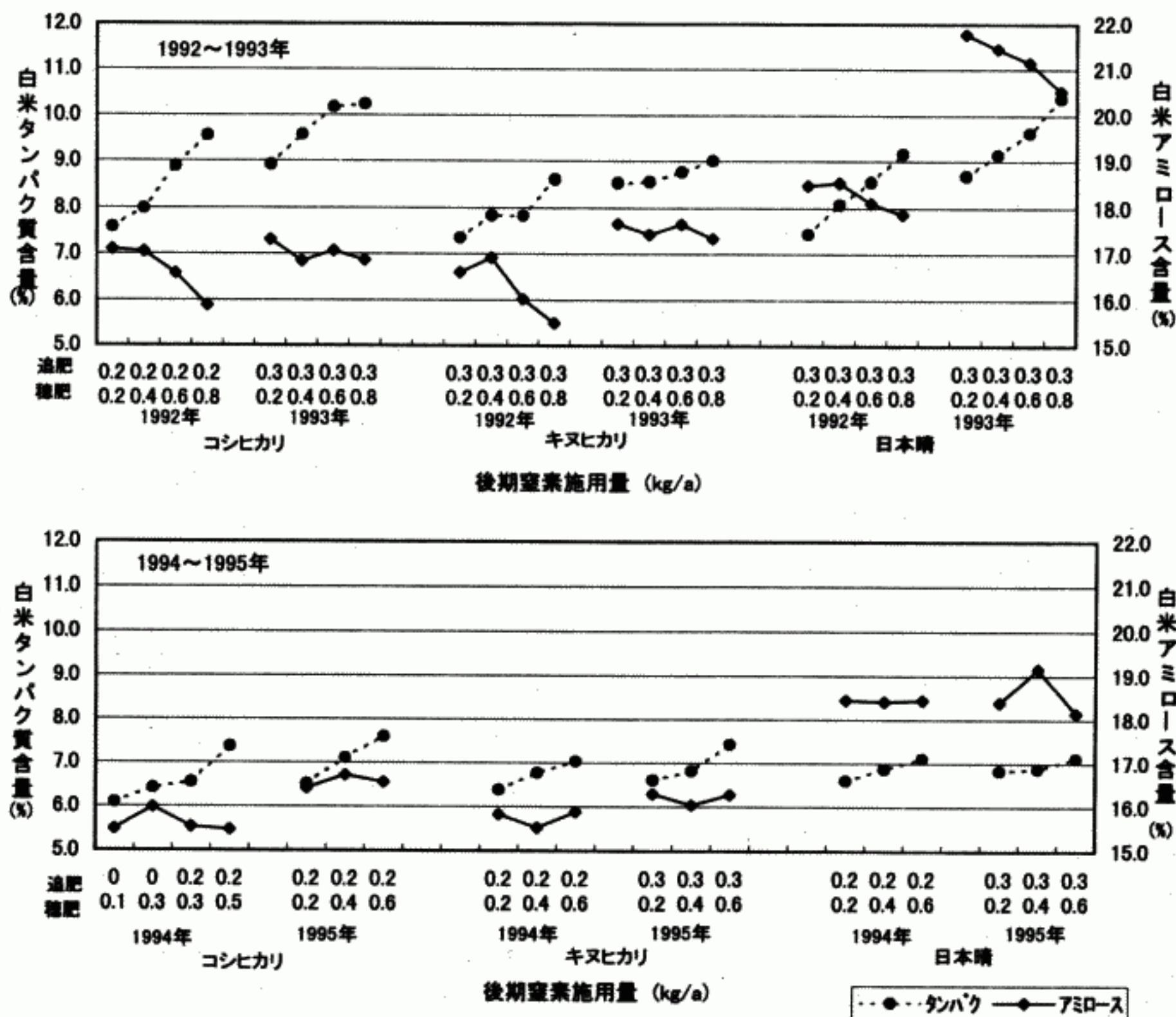


図16 後期施肥が白米アミロース含量とタンパク質含量に及ぼす影響 (1992~1995年)

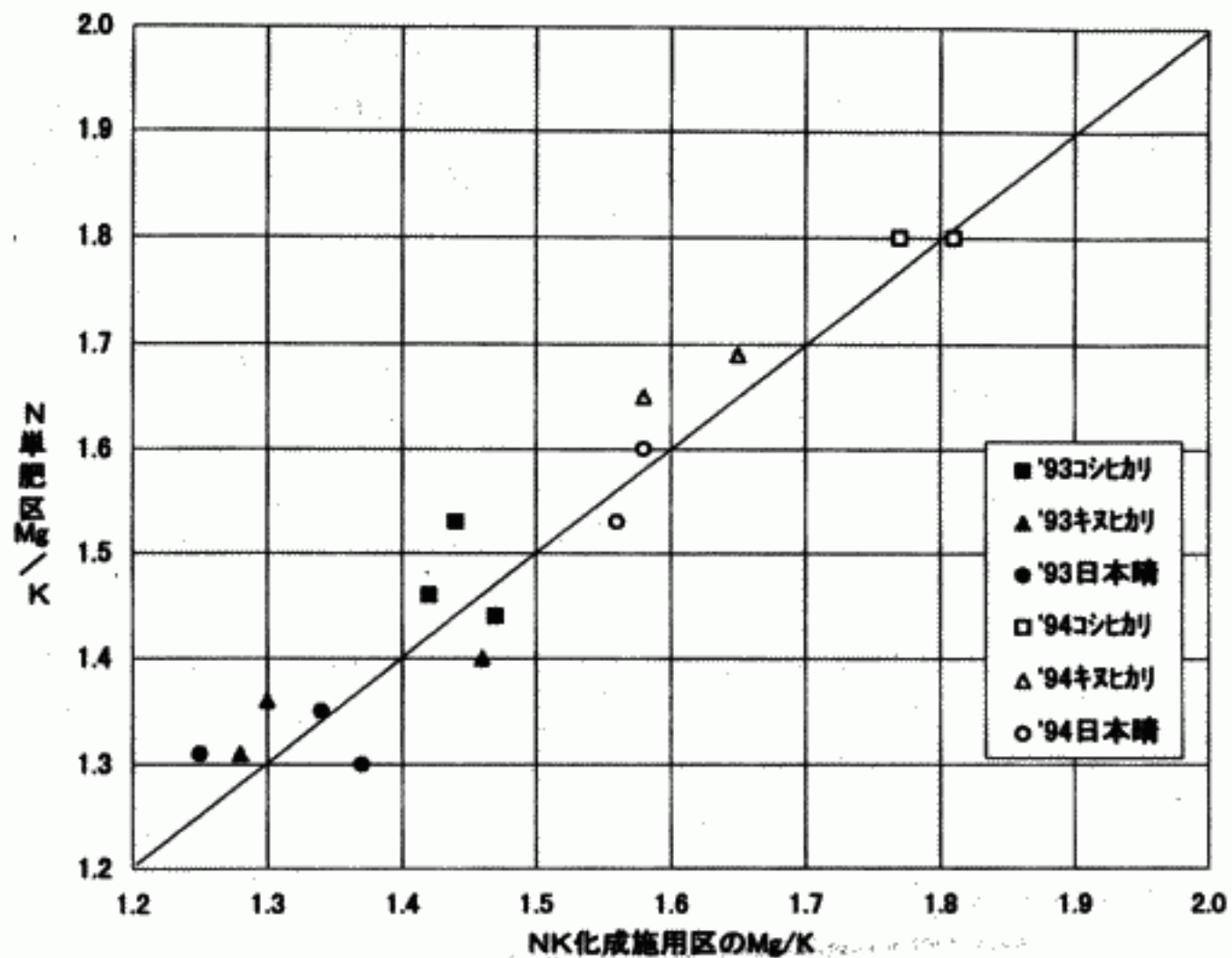


図17 施肥の種類と玄米Mg/Kの変動 (1993~1994年)

4. 考 察

うるち米のデンプンはアミロースとアミロペクチンからなり、この両者の関係が食味に関与し、ちなみにアミロース含量が低い方が粘りがあって良食味とされている¹⁾。アミロース含量を左右する最も大きな要因は品種によるところが大であるが、このほかに登熟期の気温との関係が深く、気温の高い時期に出穂期を迎えて登熟温度を高めることによって、アミロース含量を低下させることが出来る¹⁾ことを確認した。しかし、平均登熟温度が26℃/日以上的高温ではアミロース含量は低くならなかったことから、本県における移植時期である4月下旬から5月上旬より早めてもアミロース含量を低下させることは困難と考えられた。

一方、アミロース含量は通常の5月上旬移植と6月下旬移植の間で3%以上の差があったが、実際の官能による食味評価は逆に6月下旬移植で高く、移植時期を早めて登熟温度を高くし、アミロース含量を低く押さえても良食味には結びつかなかった。登熟期間の気温はアミロース含量のみでなく、アミロペクチンの構造にも影響を及ぼし、高温で登熟させるとアミロペクチンの枝の部分のグルコース分子のつながりが長くなる傾向にあるとされることから²⁾、このことが影響していることも考えられる。

また、Mg/Kは登熟温度が低い方が高まる³⁾傾向

にあることを認め、官能食味評価の結果とも合致したが、アミロース含量やタンパク質含量に比べ分析点数が少なく、年次間の変動も大きいことからさらに検討が必要と考えられた。

以上の結果、良食味には登熟気温が大きく影響しており、出穂から成熟までの平均登熟温度は約23~25℃で最も良食味になることが明らかとなった。当該における過去20年間の半旬別平均気温の平均値からみた場合、出穂以降登熟期の積算温度が1,000℃で成熟期を迎えるコシヒカリでは、8月第3半旬~5半旬に出穂し9月第4半旬~10月第1半旬に成熟期を迎えることが必要となる。この場合、感温性の高いコシヒカリやキヌヒカリでは5月下旬~6月中旬の移植となり、莖数を確保出来ないまま登熟に入り、単位面積当たりの穂数、初数不足を招き、減収につながることから、現実には栽培しにくい。一方、中生品種の日本晴では通常の移植栽培からやや遅い移植で適温となる。日本晴が滋賀県で安定した食味を発揮してきた要因の一つに、品質収量面のみならず食味面からも登熟温度が本県の気象条件に合っていたものと考えられる。

このことから、今後良食味米栽培のために各地域毎に登熟温度を一つの要素として良食味適品種を選定し、これを基幹とした品種構成にすることも必要と考えられた。

また、Mg/Kは品種的要因が大きいことから¹⁾、

本県に合った栽培体系の中で高温登熟でもこの比率の高い品種の選定や本県独自品種の育成により、より食味向上を図ることができると考えられる。

一方、タンパク質含量が食味に及ぼす影響については今回の官能による食味評価やこれまでの多くの報告からも明らかなように、品種に応じて生育量を確保しながら後期の穂肥などの施肥量を制御することが重要である。タンパク質含量は出穂後約10日の葉色と正の相関が高かったことから、白米のタンパク質含量を7%以下にする場合には図13より葉色はコシヒカリで34、キヌヒカリで35、日本晴で32以下にとどめる必要がある。この出穂後の葉色を制御することを通じて白米のタンパク質含量を制御することを目的に、穂肥前の葉緑素計による葉色×草丈×(茎数)^{0.8} および施肥量を変数として白米のタンパク質含量を高い相関で表すことが出来たことから、これらを基に適正な穂肥量を推定出来ると考えられた。

なお、コシヒカリ、日本晴では μ 当たり籾数や穂数、茎数と白米のタンパク質含量に高い関係がみられたが、キヌヒカリでは籾数が増加してもタンパク質含量の増加は小さかった。これはキヌヒカリが他の品種に比べ倒伏に強く、受光態勢が良好で人工的に遮光した場合にも登熟歩合が高いことが籾数とタンパク質含量に関係が小さかった原因と考えられた⁴⁾。

今後、土壌からの窒素発現量やより精度の高い稲体の窒素濃度の推定法の活用により、最適施肥量が決められるものと期待する。

また、穂肥量が同じであっても、穂肥時期が遅れることにより白米のタンパク質含量が高まり、特に出穂前10日以降の施肥は大幅にタンパク質含量が高まることから、穂肥が遅れることのないようにすることが重要である。このための確な幼穂形成期の判定や予測を行うことによって、穂肥の適期施用の指導につながり、良食味化を図ることができると考えられた。

図16に示したように1992年および1993年は施肥量を増やしてタンパク質含量を上げると、逆にアミロース含量は低下したが、1994年および1995年のように登熟温度が高くタンパク質含量の増加幅が小さい場合はアミロース含量の変動は判然としなかった。粒厚分布別の玄米のタンパク質含量とアミロース含量についても同様の傾向にあるが、アミロースの低下は小さく粒の大きい方が良食味であるとされている⁵⁾。粒厚分布とタンパク質含量では粒厚が大きい方が明らかにタンバ

ク質含量が低く、これまでよく言われるように登熟期の水管理、特に刈り取り前の落水時期はできるだけ遅らせて登熟を向上させ、粒の充実を図ることが良食味生産の観点からも重要である。

なお、K を含まない硫安の穂肥利用によるMg/Kの明確な向上効果は認められなかったが、Mgを含む肥料の施用については検討を要する。ただし、MgとKの吸収には拮抗作用があるとされることから⁶⁾、生育期間を通じて施肥を変えて検討することが必要と思われる。なお、官能による食味評価に影響するタンパク質含量とMg/Kの2つの要因の組み合わせから一般に食味指標とされるMg/K・N値についても検討したが、実際の官能による食味評価との関係は明確でなく、さらに検討が必要と考えられた。

今回の試験を通じて、良食味米生産のためには登熟期間の気温の影響が大きく、地域における適品種選定のための一つの指標となることが明らかとなった。さらに、生育後期の施肥の影響については、施肥量と時期が重要で白米のタンパク質含量を低くするには出穂後の葉色が濃くならないよう適期に適量の穂肥を施用することが重要であることが明らかとなった。今後、さらに、収穫時期、乾燥調製法や保管法についても本県にあったよりきめ細かな技術向上のための検討が必要と思われる。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、勝島治美、吉岡善明の各位には、ほ場での管理作業および調査に、玄米中のマグネシウムやカリの分析には栽培部、環境部の方々にそれぞれ協力を頂いた。ここに記して、これら関係各位に対し深く謝意を表す。

引用文献

- 1) 稲津脩：北海道産米の食味向上による品質改善に関する研究。北海道立農業試験場報告。第66号，1988
- 2) 川口祐男：品質・食味からみたコシヒカリの目標着粒数。北陸農業の新技术。7，1-5p，1994
- 3) 楠谷彰人・浅沼興一郎・木暮秩・関学・平田壮太郎・柳原哲司：暖地における早期栽培水稻品種キヌヒカリの収量および食味。日作紀。61，1992

- 4) 佐藤勉：登熟期の寡照条件に対する「キヌヒカリ」の適応性. 北陸農業の新技术. 6, 14-18p, 1993
- 5) 日本作物学会北陸支部・北陸育種談話会編：コシヒカリ. 農分協. 284-321p, 1995
- 6) 堀末登・丸山幸夫：米の美味しさの科学. (社) 農林水産技術情報協会. 127-173p, 1996
- 7) 堀野俊郎：ミネラル成分と米の食味. 日作紀. 59-3, 1990
- 8) 堀野俊郎・岡本正弘：玄米の窒素ならびにミネラル含量と米飯の食味との統計的関連. 中国農業試験場報告. 7, 別冊, 1992
- 9) 松本美枝子：コシヒカリの外観品質と食味. 農業技術体系. 農文協. 作物編2②, 685-690p, 1991
- 10) 吉永悟志・長田健二・真鍋雄二・小林廣美・高梨純一：四国地域における水稻の栽培条件と玄米成分・食味の関係. 四国農業試験場報告. 61, 1997

Summary

In the present paper, characteristics of variant rice tastes and proper cultivation methods for the production of flavorful rice are examined using such rice varieties as "Koshihikari", "Kinuhikari", "Nipponbare" and "Kokorodukushi".

1. By dividing the transplanting periods into three or four between the end of April and the end of June, it was shown that the temperature during the maturing period has the most influence on the taste. At the average maturing temperature of 23-25 degrees Celsius, flavor is at its highest. Regarding taste related ingredients, amylose content is decreased by early transplanting when the average maturing temperature is higher. However, Mg/K increased as the maturing temperature lowered, and Mg/K was shown to be influential on the production of flavorful rice.

2. A study on the influence of the amounts and the period of use of nitrogen fertilizers used in the growing period after the immature stalk growing periods shows that as the amount of fertilizer increases, the protein content included in mild rice also increases. In addition, it shows a high co-relation with leaf color 10 days after heading. As the fertilizing period becomes closer to the heading period, the amounts of protein included in the grain increase.

3. Multiple variable recognition analysis, which was used to calculate the pre fertilization leaf color and straw length to the half-power of the number of stalks, with the amount of fertilizer, provided an approximation of the appropriate amount of fertilizer and its relationship with protein content in cleaned rice.

4. The thicker the grain, the less protein content. Since the amounts were least at 25-30 thousand grains per square meter, it is important to secure the appropriate number of grains and to nurture the grains to their maturity.

In summary, maturing temperature influences the production of flavorful rice and as such, the temperature can be a good index as to which variety in which region is most flavorful. It is important to use fertilizer during the proper period and in the proper amounts. At the later growing stage, it is important to use fertilizer at the proper period and in proper amounts so as not to make the leaf darken, and to decrease the amounts of protein content in the cleaned rice. It is also important to secure the appropriate amount of grains and to raise the grains weight by proper watering at the later stage of maturation.