



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	近赤外分光法による穀物の品質測定 : (第3報) 乾燥調製過程における穀物成分の変動と穀物成分の産地間、年度間変動
Author(s)	夏賀, 元康; NATSUGA, Motoyasu
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 19(4), 377-409
Issue Date	1995-09-22
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/12167">https://hdl.handle.net/2115/12167</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	19(4)_p377-409.pdf



# 近赤外分光法による穀物の品質測定\* (第3報) 乾燥調製過程における穀物成分の変動と 穀物成分の産地間, 年度間変動

夏 賀 元 康

北海道大学農学部農産物加工工学教室

(平成7年4月14日受理)

Grain Quality Determination by Near-Infrared Spectroscopy  
(Part 3) Changes in the distribution of constituent contents of grain through  
the drying and preparation process, and changes in constituent contents of  
grain depending upon production districts and different harvest years

Motoyasu NATSUGA

(Department of Agricultural Process Engineering, Faculty of Agriculture,  
Hokkaido University, Sapporo 060, Japan)

## 目 次

	c. 測定方法 .....	388
	3. 結果及び考察 .....	388
	a. 産地 (農協) 別のタンパク質含量分布 .....	388
	b. 気象条件とタンパク質含量の産地間 変動 .....	391
	c. 産地 (農協) 別タンパク質の年度間 変動 .....	393
	C. 北海道産玄米のタンパク質の産地間変動及び 年度間変動 .....	394
	1. 目的 .....	394
	2. 実験方法 .....	394
	a. 試料 .....	394
	b. 試料の採取 .....	394
	c. 測定方法 .....	398
	3. 結果及び考察 .....	398
	a. 産地 (農協) 別のタンパク質含量分布 .....	398
	b. タンパク質含量の年度間差 .....	402
	c. タンパク質含量の産地間変動と気象条件の 関係 .....	402
	d. タンパク質含量の地域間差と土壌の 関係 .....	405
	II. 要 約 .....	406
I. 乾燥調製過程における穀物成分の変動と 穀物成分の産地間, 年度間変動 .....		378
A. 乾燥調製過程における穀物成分の変動 .....		378
1. 小麦タンパク質の分布の推移 .....		378
a. 目的 .....		378
b. 実験方法 .....		378
c. 結果及び考察 .....		378
2. 玄米タンパク質の分布の推移 .....		380
a. 目的 .....		380
b. 実験方法 .....		380
c. 結果及び考察 .....		381
3. 大豆タンパク質と脂質の分布の推移 .....		383
a. 目的 .....		383
b. 実験方法 .....		383
c. 結果及び考察 .....		383
B. 北海道十勝地方産小麦のタンパク質の 産地間変動及び年度間変動 .....		387
1. 目的 .....		387
2. 実験方法 .....		387
a. 試料 .....		387
b. 試料の採取 .....		387
c. 測定方法 .....		388
3. 結果及び考察 .....		388
a. 産地 (農協) 別のタンパク質含量分布 .....		388
b. 気象条件とタンパク質含量の産地間 変動 .....		391
c. 産地 (農協) 別タンパク質の年度間 変動 .....		393
C. 北海道産玄米のタンパク質の産地間変動及び 年度間変動 .....		394
1. 目的 .....		394
2. 実験方法 .....		394
a. 試料 .....		394
b. 試料の採取 .....		394
c. 測定方法 .....		398
3. 結果及び考察 .....		398
a. 産地 (農協) 別のタンパク質含量分布 .....		398
b. タンパク質含量の年度間差 .....		402
c. タンパク質含量の産地間変動と気象条件の 関係 .....		402
d. タンパク質含量の地域間差と土壌の 関係 .....		405
II. 要 約 .....		406
A. 乾燥調整過程における穀物成分の変動 .....		406
B. 北海道十勝地方産小麦のタンパク質の 産地間変動及び年度間変動 .....		406
C. 北海道産玄米のタンパク質の産地間変動及び		

\* 北海道大学博士論文「近赤外分光法による穀物の品質測定に関する研究」(1993)の一部。

年度間変動 .....	406
引用文献 .....	407
Summary .....	407

## I. 乾燥調製過程における穀物成分の変動と穀物成分の産地間、年度間変動

### A. 乾燥調製過程における穀物成分の変動

#### 1. 小麦タンパク質の分布の推移

##### a. 目的

品質の安定した穀物を生産するためには、乾燥調製過程において品質に関係する成分の分布がどのように推移していくか、これにどのような調製メカニズムが作用しているのかを知り、各調製過程の合理化をしていく必要があると考えられる。

小麦の主な成分はデンプン、タンパク質、水分、脂質、灰分、ビタミンなどである。このうち製粉工業において品質管理上最も重要なものは水分、タンパク質、灰分である。灰分は品種の特性としてその含量がほぼ一定であり、また、水分は収穫後の乾燥過程で調整する。

一方、タンパク質含量は収穫以降の乾燥調製過程の影響が大きいと思われるが、この過程におけるタンパク質含量の変化は明らかにされていない。そこで本項では、近赤外分光法の迅速かつ高精度な測定が可能であるという特長を生かし、小麦の乾燥調製過程におけるタンパク質含量分布の推移について調査した。

##### b. 実験方法

###### 1) 試料

試料は、1991年に十勝清水町及び新得町で収穫された小麦で、品種は「チホク」である。

###### 2) 試料の採取

試料の採取は上川郡清水町の西十勝農業センターで行った。図1に当施設の乾燥調製過程のフローチャートと試料採取場所を示した。

実験は、半乾貯留サイロ1本分(容量300t)の小麦を調査対象とし、施設の荷受から調製までの全工程を追跡し、各工程において試料を採取した。試料は1点につき約200gを採取した。荷受検査時は2~4t程度の搬入単位(トラック1台)ごとに68点を採取した。予備乾燥後から調製後の各段階まで時間あたりの小麦の流量を推定して約2~3tごとに1点の試料を採取した。予備乾燥後の小麦は水分が約

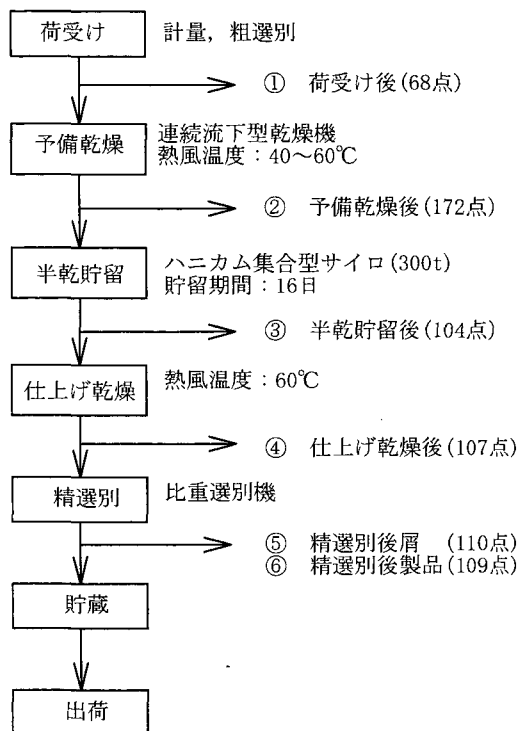


図1 小麦の乾燥調製過程のフローチャートと試料採集箇所

Fig. 1 Wheat processing flow chart and sampling position

16%で16日間半乾貯留され、調製は比重選別機を使用して精選別を行った。この時の製品(整粒)と屑をそれぞれ採取した。全工程の採取試料数は合計670点であった。

###### 3) 測定方法

前報<sup>1)</sup>と同じく、粉砕機はUDY Cyclone-millを、また、近赤外分析計はDICKEY-john INSTALAB 600モデル(IL610)を用いた。タンパク質含量は乾物基準で表した。

##### c. 結果及び考察

小麦の乾燥調製過程におけるタンパク質含量分布の推移を各工程ごとに図2~7に示した。

図2に示したように、荷受後のタンパク質含量はばらつきが大きく、標準偏差が0.93%であった。これは圃場ごとにタンパク質含量にばらつきがあることを示している。

図3は予備乾燥後のタンパク質含量分布を示したもので、標準偏差が0.34%と小さくなっている。

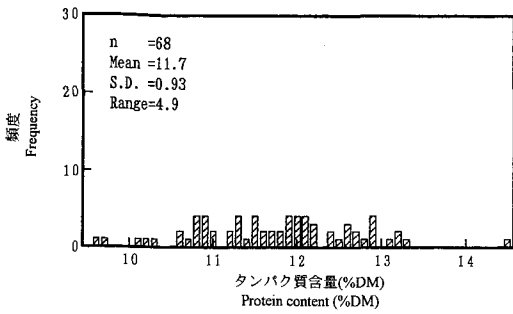


図2 荷受けの後の小麦のタンパク質の分布  
Fig. 2 Protein content distribution of wheat after receipt

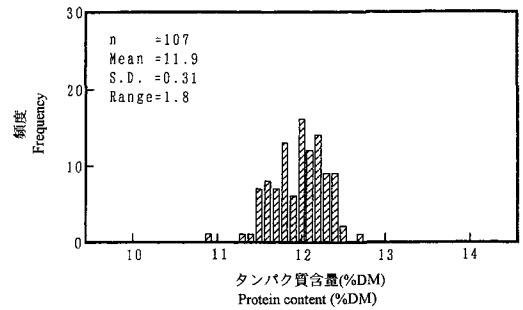


図5 仕上げ乾燥後の小麦のタンパク質の分布  
Fig. 5 Protein content distribution of wheat after finish drying

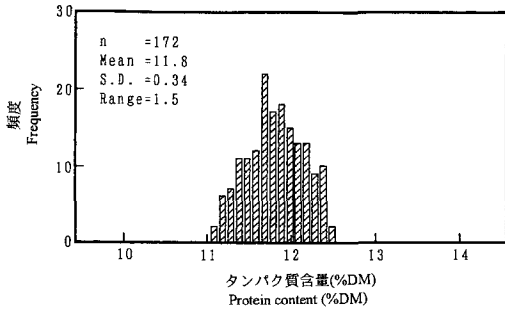


図3 予備乾燥後の小麦のタンパク質の分布  
Fig. 3 Protein content distribution of wheat after preliminary drying

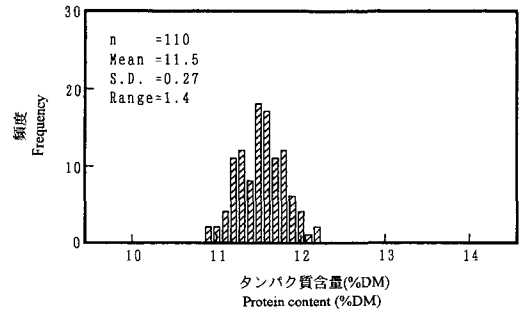


図6 精選別後の小麦のタンパク質の分布 (屑)  
Fig. 6 Protein content distribution of wheat after separating ( screenings)

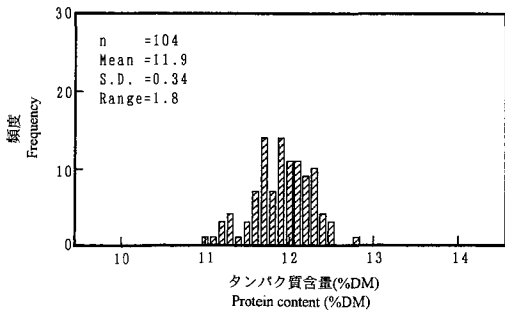


図4 半乾貯留後の小麦のタンパク質の分布  
Fig. 4 Protein content distribution of wheat after half-dried storage

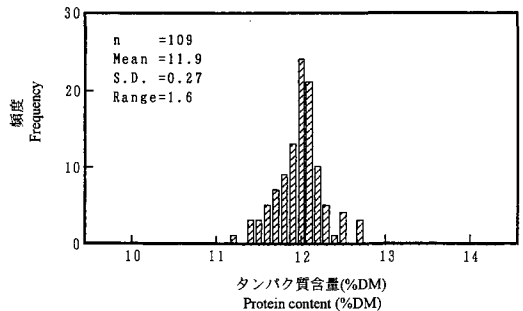


図7 精選別後の小麦のタンパク質の分布 (製品)  
Fig. 7 Protein content distribution of wheat after separating ( product)

これはこの施設では集中張り込み（各農家ごとの小麦を区別せず混合する）をしており、予備乾燥中に小麦が混合されたためであると考えられる。

図4と5に示したように、半乾貯留と仕上げ乾燥後はタンパク質含量の平均値、標準偏差、範囲はほ

とんど変化が見られなかった。

仕上げ乾燥後の小麦は比重選別機を用いて精選別される。図6に示したように、比重選別機ではタンパク質の低い小麦が精選別後の屑（未熟粒）として分離された。その結果図7に示したように、仕上げ

表1 各乾燥調整過程の小麦タンパク質含量の平均値の差の検定  
Table 1 T-test for wheat protein among each processing

タンパク質含量 (%DM)	荷受け後	予備乾燥後	半乾貯留後	仕上げ乾燥後	精選別後屑	精選別後製品
荷受け後	11.7	0				
予備乾燥後	11.8	4.07**	0		t(5%, 664) = 1.94*	
半乾貯留後	11.9	7.21**	4.33**	0	t(1%, 664) = 2.58**	
仕上げ乾燥後	11.9	9.88**	7.67**	2.96**	0	
精選別後屑	11.5	8.82**	15.87**	18.16**	21.3**	0
精選別後製品	11.9	10.23**	8.11**	3.33**	0.36	21.76**

乾燥後に比較して精選別後の製品は標準偏差が0.31%から0.27%へと小さくなった。

また、各工程ごとにタンパク質含量の平均値の差の検定を行った。結果を表1に示した。

精選別後の屑は他の全工程における試料と比較して有意な差が認められた。これは精選別によりタンパク質含量の低い小麦が除去されたことを意味している。

仕上げ乾燥後の小麦と精選別後の製品との間にはタンパク質含量の平均値には有意な差はない。しかし、既述したように仕上げ乾燥後に比較して精選別後の製品は標準偏差と範囲が小さくなった。すなわちこれは比重選別機を用いた精選別によりタンパク質含量の均一化が進み、小麦の品質が向上したことを示している。

2. 玄米タンパク質の分布の推移

a. 目的

米のタンパク質はデンプンや水とともに米の主要な成分の1つである。米のタンパク質含量は食味、特に粘りに関係が深いと言われており、タンパク質含量が高い米は粘りが少なくなるとされている<sup>2)</sup>。したがって、米の品種改良においては品種としてのタンパク質含量の多少が良食味品種選択の重要な目安となる。

米のタンパク質含量は収穫から乾燥調製過程において変動していると推定されるが、同一品種の米において、この間のタンパク質分布がどのように推移しているかは明らかにされていない。そこで前項の小麦に引き続き、本項では玄米の収穫後から乾燥調製過程におけるタンパク質分布の推移について調査した。

b. 実験方法

1) 試料

試料は1992年北海道美唄市産「きらら397」を用

いた。

2) 試料の採取

試料の採取は美唄市中村農業協同組合の大規模穀類乾燥調製施設で行った、図8に当施設の乾燥調製過程のフローチャートと試料採取箇所を示した。

収穫後の籾は3tトラックで施設へ搬入される。収穫後の各農家ごとの玄米タンパク質の分布を調査

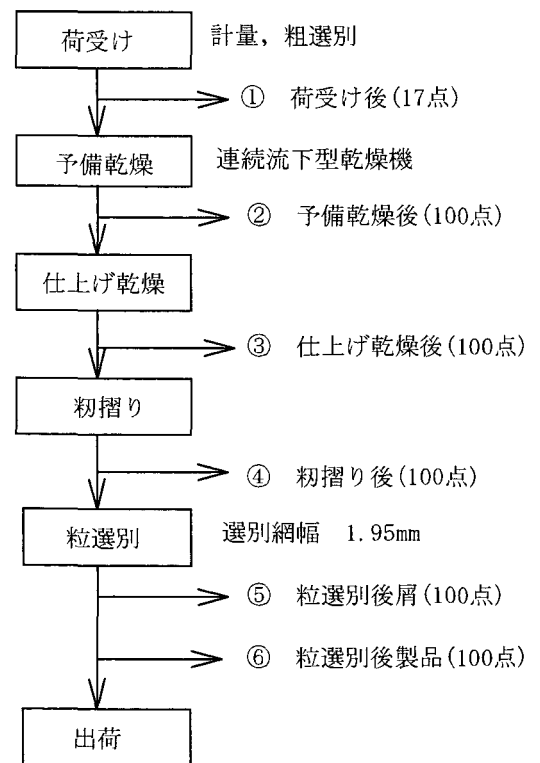


図8 米の乾燥調製過程のフローチャートと試料採取箇所

Fig. 8 Rice processing flow chart and sampling position

するため、荷受時にトラック1台につき1点ずつ採取した自主検査用の試料から約20g抽出し、試料とした。荷受け時の籾は水分が高いため自主検査用小型乾燥機で乾燥し、その後、ヤンマー製試験用籾摺機で籾摺し玄米とした。籾摺の際死米、未熟粒は除去せず、試料とした。採取した試料は146点であった。

乾燥調製過程の玄米タンパク質の変動の調査は、貯留ビン1本分(約50t)の米を測定対象とした。荷受時の試料は、自主検査用の試料から調査した貯留ビンに投入された17点とした。予備乾燥以降の工程では、米の流量を考慮しおよそ5分おきに約20gをポリ袋に採取した。予備乾燥後と仕上げ乾燥後は籾を採取し、それを佐竹製作所製試験用籾摺機で籾摺し、玄米とした。籾摺の際、籾殻とともに死米や未熟粒の一部が、風選別により除去された。粒選別機の網目は1.95mmであった。粒選別後は製品玄米と屑米を採取した。採取した試料数は合計で517点であった。

### 3) 測定方法

前項と同じく、粉碎機はUDY Cyclone-millモデル3010-109(220V, 50Hz)を、近赤外分析計はDICKEY john-INSTALAB 600を用いた。タンパク質は乾物基準で表した。

### c. 結果及び考察

#### 1) 農家間の玄米タンパク質の分布

図9は、美明市中村農業協同組合の、荷受け時の農家別の玄米タンパク質の分布を示したものである。平均10.1%、最高11.4%、最低9.8%で、範囲が2.8%であった。すでに論じたように、玄米のタンパク質は食味に大きな影響を与える。ここで得

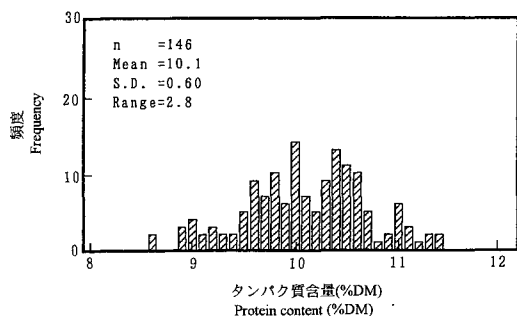


図9 農家別の玄米のタンパク質分布  
Fig. 9 Protein content distribution of brown rice among each farm

られた結果は、農家間で食味が大きく変動していることを示しているものと考えられる。したがって、良食味米生産のためには、荷受時にタンパク質含量に基づく仕分けが必要であると考えられる。

#### 2) 乾燥調製過程における玄米タンパク質の分布の推移

図10~15にそれぞれの乾燥調製過程におけるタンパク質含量の分布を示した。また、表2に各過程間の平均値の差の検定の結果を示した。

荷受け後の玄米タンパク質の標準偏差は図10に示したように0.50であり、他の試料より標準偏差が大きかった。これは1)の農家間の荷受け時の玄米タンパク質のばらつきが反映したものである。

予備乾燥後の試料の標準偏差は図11に示したように0.11であり、荷受け後より小さくなった。これは荷受け後の籾が貯留ビンで混合、攪拌されたためばらつきが減少したと考えられる。

図11の予備乾燥後と図12の仕上げ乾燥後のタン

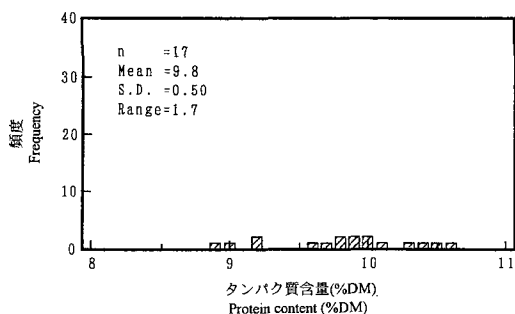


図10 荷受け後の玄米のタンパク質の分布  
Fig. 10 Protein content distribution of brown rice after receipt

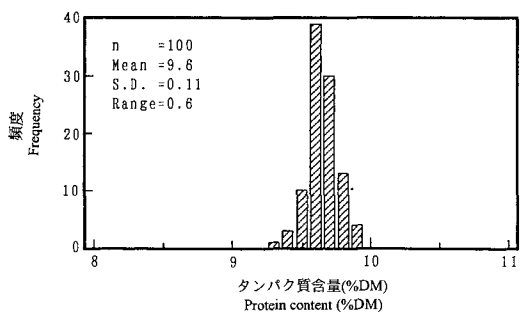


図11 予備乾燥後の玄米のタンパク質の分布  
Fig. 11 Protein content distribution of brown rice after preliminary drying

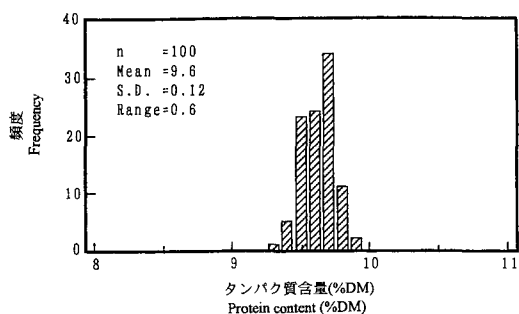


図12 仕上げ乾燥後の玄米のタンパク質の分布  
Fig. 12 Protein content distribution of brown rice after finish drying

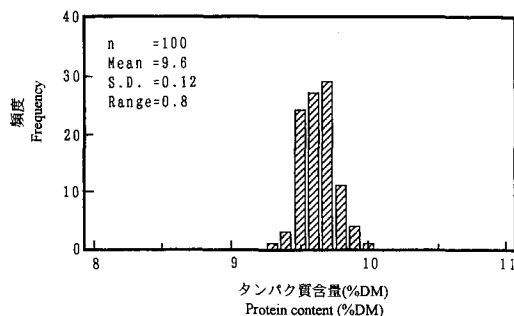


図14 粒選別後の玄米のタンパク質の分布 (製品)  
Fig. 14 Protein content distribution of brown rice after separating (product)

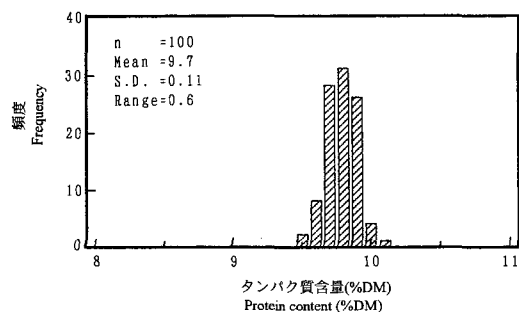


図13 籾摺後の玄米のタンパク質の分布  
Fig. 13 Protein content distribution of brown rice after hulling

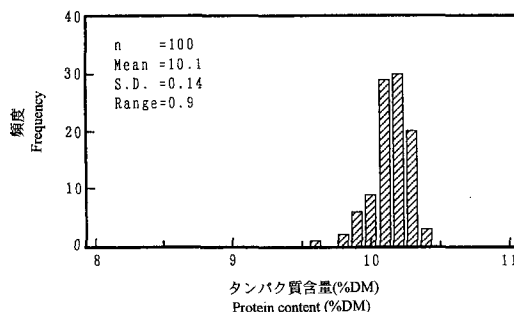


図15 粒選別後の玄米のタンパク質分布 (屑)  
Fig. 15 Protein content distribution of brown rice after separating (product)

タンパク質の平均値は荷受け後及び籾摺後の平均値よりも低い。予備乾燥後と仕上げ乾燥後の試料は籾で採取し、それを佐竹製作所製試験用籾摺機で籾摺し、玄米のタンパク質を測定した。この試験用籾摺機での籾摺の際、籾殻とともに死米や未熟粒が選別除去されたため、これらのタンパク質が低くなったものと思われる。

籾摺後の玄米タンパク質は図13に示したように平均で9.7%であった。この玄米を目幅1.95mmの粒選別機を用いて製品(整粒が多い)と屑(未熟粒が多い)に選別した。その結果、図14に示したように、粒選別後の製品はタンパク質が平均で9.6%となり、一方、図15に示したように屑はタンパク質が10.1%となった。粒選別後の製品と屑は重量

表2 玄米タンパク質含量の乾燥調整過程間の平均値の差の検定  
Table 2 T-test for brown rice protein among each processing

タンパク質含量(%DM)	荷受け後	予備乾燥後	仕上げ乾燥後	籾摺り後	粒選別後屑	粒選別後製品
	9.8	9.6	9.6	9.7	10.1	9.6
荷受け後	9.8	0				
予備乾燥後	9.6	4.51**	0		t(5%, 511) = 1.96*	
仕上げ乾燥後	9.6	5.09**	1.08	0	t(1%, 511) = 2.58**	
籾摺り後	9.7	0.96	6.58*	7.66**	0	
粒選別後屑	10.1	8.28**	23.72**	24.80**	17.14**	0
粒選別後製品	9.6	4.86**	0.65	0.43	7.24**	24.37**
						0

割合で85%と15%であった。表2に示したように、籾摺後と粒選別後製品、粒選別後屑の間でそれぞれ有意差が認められた。

米粒中のタンパク質は炊飯時のデンプンの膨潤を阻害する<sup>3)</sup>ため、タンパク質の多い米は米飯の粘りが減少する。日本人の米に対する嗜好は粘りを好む傾向にあり、その結果、タンパク質の多い米は一般に食味評価が低い。本調査の結果から、粒選別によりタンパク質の低い整粒とタンパク質の高い未熟粒とを分離できることが認められた。すなわち、粒選別により食味の良い米を選別することが可能であった。

### 3. 大豆タンパク質と脂質の分布の推移

#### a. 目的

大豆の主要成分はタンパク質、炭水化物、脂質、水分で、大豆全体に占める割合はそれぞれ30~40%、30~40%、15~20%、10~15%である。前項までに乾燥調製過程における小麦、玄米のタンパク質の推移を明らかにしたが、本項では大豆の主要成分の中で、品質上特に重要であるタンパク質、脂質の含量の分布が乾燥調製過程でどのように推移しているかを調査した。

#### b. 実験方法

##### 1) 試料

試料は1992年北海道長沼町産大豆「すずまる」を用いた。

##### 2) 試料の採取

試料の採取は北海道長沼町の宮井農場で行った。宮井農場の大豆栽培面積は約30haであった。図16に当施設の乾燥調製過程のフローチャートと試料採取箇所を示した。

荷受時は普通型コンバインで刈取後、施設へ搬入したときに78点を採取した。

乾燥から調製までの工程は、乾燥貯留ビン1本分(約24t)の大豆を調査対象とし、施設の荷受けから調製までの全工程で試料を採取した。試料は1点につき約30g採取した。

乾燥は静置型除湿乾燥機で約55日かけて行われ、その後粒選別機、比重選別機、ころがり選別機(傾斜したベルトコンベアの上に材料を流し、破碎粒、小石などの異物を選別する)を用いて精選別を行った。乾燥後から選別までは流量を考慮して原料約300kgごとに1点の製品と屑の試料を採取した。全工程の採取試料数は652点であった。

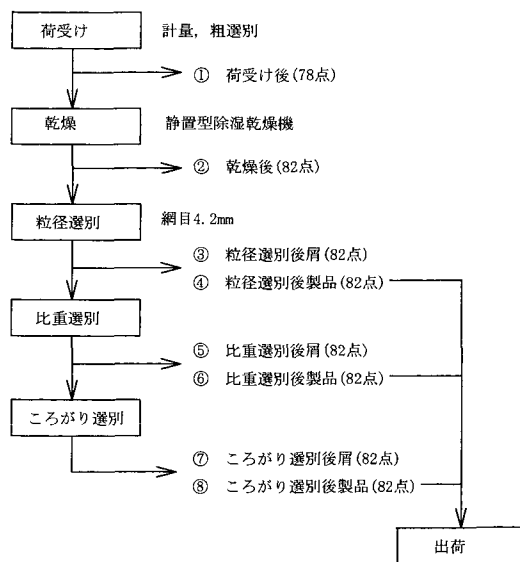


図16 大豆の乾燥調製過程のフローチャートと試料採集箇所

Fig. 16 Soybeans processing flow chart and sampling position

#### 3) 測定方法

既報<sup>1)</sup>と同じく、粉碎機はスクリーン径2mmφのUDY Cyclone-mill, また、近赤外分光計にはDICKEY-john INSTALAB 600 モデル610(IL610)を用いた。タンパク質、脂質含量は乾物基準で表した。

#### c. 結果及び考察

##### 1) 乾燥調製過程における大豆タンパク質含量分布の推移

大豆の乾燥調製過程におけるタンパク質含量分布の推移を各工程ごとに図17~24に示した。また、表3に大豆タンパク質の各乾燥調製過程間の平均値の差の検定の結果を示した。

図17は荷受時の大豆のタンパク質含量の分布を示したものである。平均39.4%、標準偏差0.42%、範囲2.0%であった。これを小麦(図2)、米(図10)の荷受時と比較すると、小麦の分布の範囲4.9%より小さく、米の分布の範囲1.7%より少し大きかった。小麦、米の場合は農家ごとの品質の変動を示しているが、この大豆の場合は単一農家の圃場内及び圃場間のタンパク質含量のばらつきを示しており、均一な品質の製品を得るためにはさらに栽培技術上の努力が必要であることを示しているものと考え

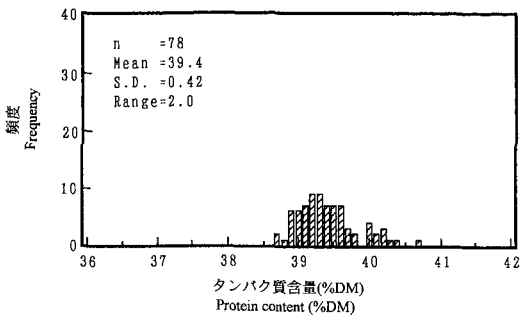


図 17 荷受け後の大豆のタンパク質の分布  
**Fig. 17** Protein content distribution of soybean after receipt

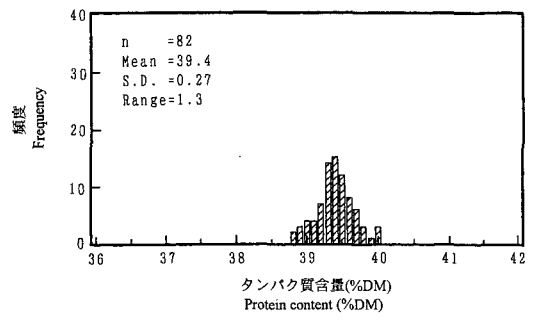


図 20 粒形選別後の大豆のタンパク質の分布 (製品)  
**Fig. 20** Protein content distribution of soybean after shape separating (product)

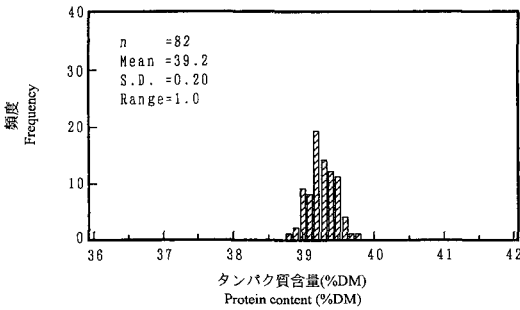


図 18 乾燥後の大豆のタンパク質の分布  
**Fig. 18** Protein content distribution of soybean after drying

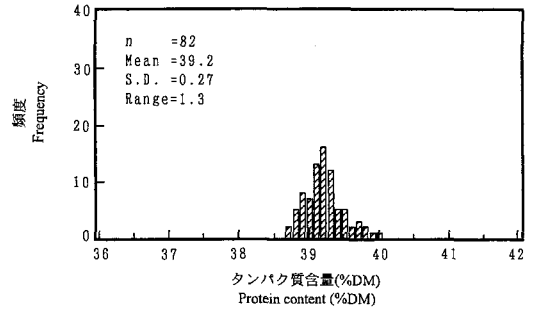


図 21 比重選別後の大豆のタンパク質の分布 (屑)  
**Fig. 21** Protein content distribution of soybean after gravity separating ( screenings)

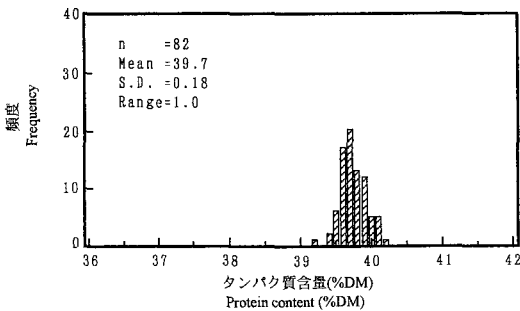


図 19 粒形選別後の大豆のタンパク質の分布 (屑)  
**Fig. 19** Protein content distribution of soybean after shape separating ( screenings)

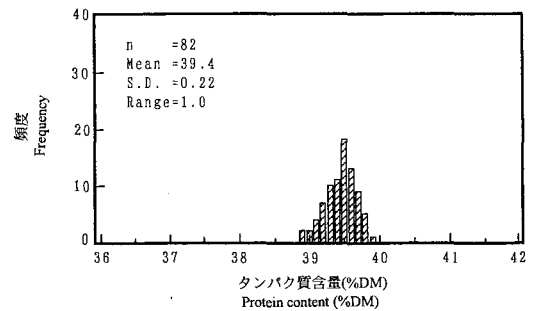


図 22 ころがり選別後の大豆のタンパク質の分布 (屑)  
**Fig. 22** Protein content distribution of soybean after roll separating ( screenings)

られる。

図 18 は乾燥後のタンパク質含量の分布を示したものであるが、平均 39.2%、標準偏差 0.20%、また、範囲は 1% に納まっており、乾燥中にビン内の攪拌により均一化が図られたものと考えられる。

図 19 は粒径選別後の屑の、また、図 20 は粒径選別後の製品のタンパク質含量の分布を示したものである。平均はそれぞれ 39.7、39.4% であり、表 3 に示したように危険率 1% で平均値に差が見られた。使用したフルイの目は 4.2 mm であった。ここ

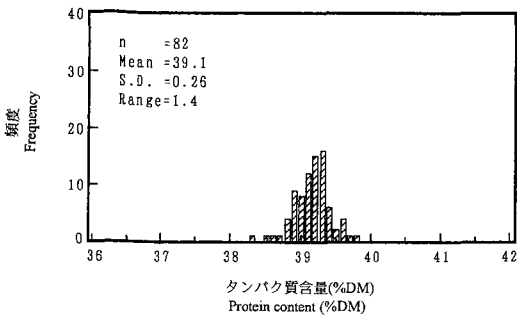


図 23 ころがり選別後の大豆のタンパク質の分布(製品)  
**Fig. 23** Protein content distribution of soybean after roll separating (product)

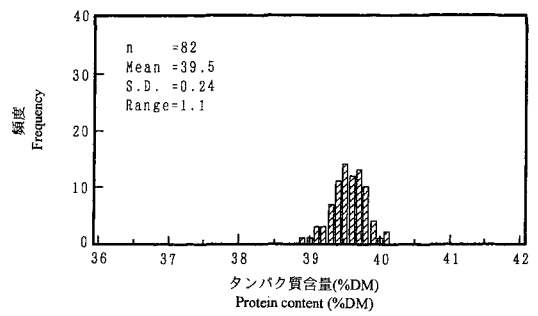


図 24 比重選別後の大豆のタンパク質の分布(製品)  
**Fig. 24** Protein content distribution of soybean after gravity separating (product)

表 3 大豆タンパク質含量の乾燥調整過程間の平均値の差の検定  
**Table 3** T-test for soybeans protein among each processing

タンパク質含量(%DM)	荷受け後	乾燥後	粒径選別後	粒径選別後製品	比重選別後	比重選別後製品	ころがり選別後	ころがり選別後製品
	39.4	39.2	39.7	39.4	39.2	39.5	39.4	39.1
荷受け後	39.4	0						
乾燥後	39.2	3.14**				t(5%,644) = 1.96**		
粒径選別後	39.7	8.14**	11.42**	0		t(1%,644) = 2.58**		
粒径選別後製品	39.4	0.11	3.07**	8.35**	0			
比重選別後	39.2	4.71**	1.59	13.01**	4.66*	0		
比重選別後製品	39.5	3.50**	6.72**	4.70**	3.65**	8.31**	0	
ころがり選別後	39.4	1.17	4.36**	7.06**	1.29	5.95**	2.36**	0
ころがり選別後製品	39.1	6.06**	2.96**	14.37**	6.03**	1.36	9.67**	7.31**

で分離された屑は極めて小径の大豆であるが、タンパク質含量は製品よりかえって高かった。平らりは、着莢部位と成分、開花期と粒重の関係からみると、粒度の低下はタンパク質の増加をもたらすことが考えられるとしており、本研究の結果もこれに一致した。粒径選別で分離された屑は、植物性タンパク質の原料として十分利用価値があるものであった。

図 20 で得られた製品は次の比重選別で再度製品だけ分離され、残りはころがり選別で最終的に製品と屑に分離される。この工程中、屑として処分されるのはころがり選別後の屑のみであるが、ここでも粒径選別と同じく、屑の方がタンパク質含量が高かった。したがって、粒径選別後の屑と同じく、植物性タンパク質の原料としては利用価値があるものと考えられる。

製品として出荷されるもののタンパク質含量の分布は図 20, 23, 24 に示したが、いずれもタンパク

質含量の分布は範囲が 0.27, 0.26, 0.24% と小さく、製品として均一なものになったと考えられる。

2) 乾燥調製過程における大豆脂質含量分布に推移

大豆の乾燥調製過程における脂質含量分布の推移を各工程ごとに図 25~32 に示した。また、表 4 に大豆脂質の各乾燥調製過程間の平均値の差の検定の結果を示した。

図 25 は荷受後の大豆の脂質含量の分布を示したものである。タンパク質と同様、荷受時には脂質含量の範囲は 1.2% とばらついているが、タンパク質の荷受時の範囲の 2.0% の約 1/2 である。これは脂質の含量がタンパク質含量の 1/2 以下であることの反映であり、変動の幅はほぼ等しいと考えられる。

図 26 に示したように、荷受時にばらついていた脂質含量は、乾燥後には範囲が 0.11% と荷受時の約 1/10 になっている、これはタンパク質同様、乾燥中の攪拌により材料の均一化が図られたものであ

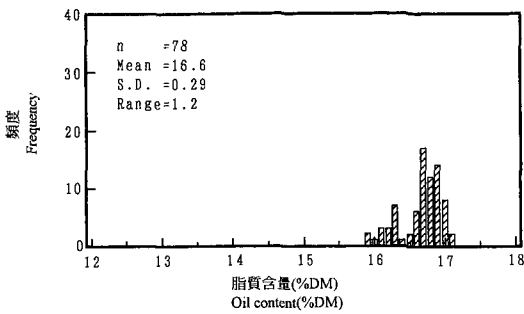


図 25 荷受け後の大豆の脂質の分布  
**Fig. 25** Oil content distribution of soybean after receipt

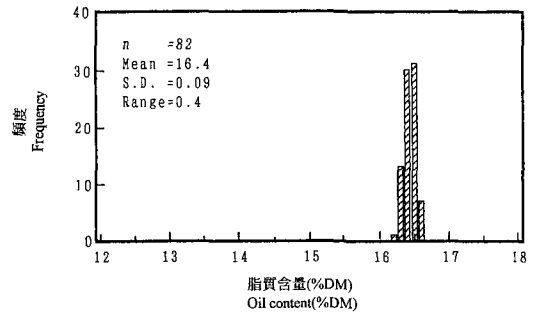


図 28 粒形選別後の大豆の脂質の分布 (製品)  
**Fig. 28** Oil content distribution of soybean after shape separating (product)

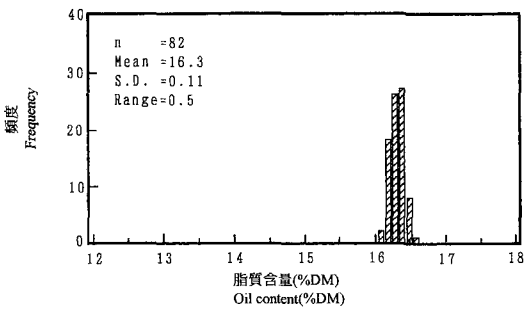


図 26 乾燥後の大豆の脂質の分布  
**Fig. 26** Oil content distribution of soybean after drying

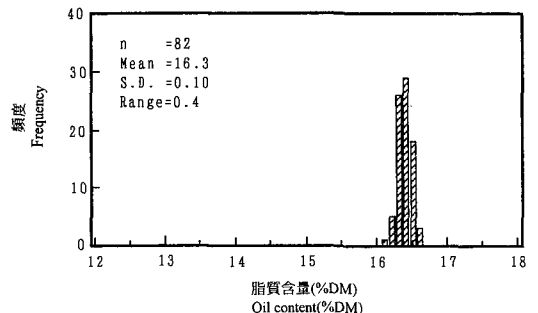


図 29 比重選別後の大豆の脂質の分布 (屑)  
**Fig. 29** Oil content distribution of soybean after gravity separating (screenings)

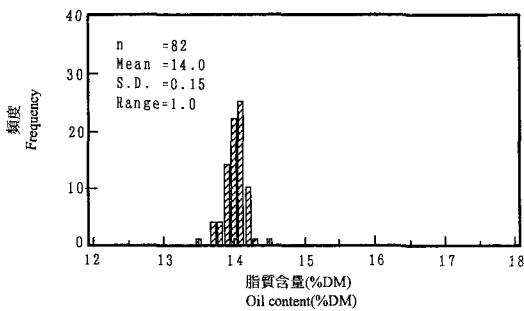


図 27 粒形選別後の大豆の脂質の分布 (屑)  
**Fig. 27** Oil content distribution of soybean after shape separating (screenings)

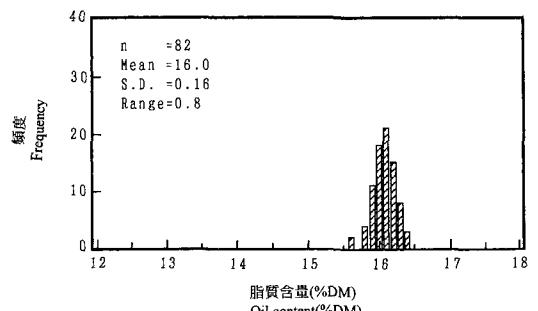


図 30 ころがり選別後の大豆の脂質の分布 (屑)  
**Fig. 30** Oil content distribution of soybean after roll separating (screenings)

る。

図 27 は粒径選別後の屑の脂質含量の分布を示したものである。平均 14.0%、標準偏差 0.15%、範囲 1.0%であった。タンパク質含量は粒径選別後の製品により屑の方が高かったが、脂質の場合は粒径選別後の屑は製品の平均 16.4%と比較して極端に

低く、ここで分離された屑は脂質原料としては価値が低いものと考えられる。

ころがり選別後の屑は図 30 に示したように平均 16.0%で、図 31 に示した製品の平均 16.4%と比較して若干低いものの脂質含量は十分あり、脂質原料として利用価値はあるものと考えられる。脂質含量

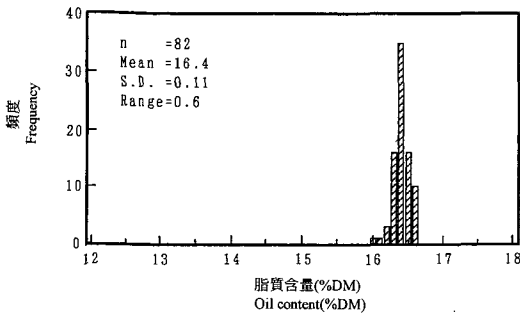


図 31 ころがり選別後の大豆の脂質の分布 (製品)  
Fig. 31 Oil content distribution of soybean after roll separating (product)

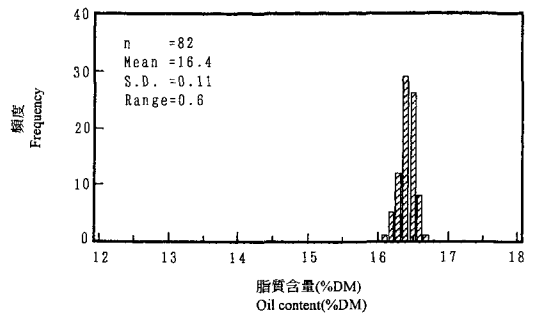


図 32 比重選別後の大豆の脂質の分布 (製品)  
Fig. 32 Oil content distribution of soybean after gravity separating (product)

表 4 大豆脂質含量の乾燥調整過程間の平均値の差の検定  
Table 4 T-test for soybeans oil/fat among each processing

脂質含量 (%DM)	荷受け後 16.6	乾燥後 16.3	粒径選別後 14.0	粒径選別後製品 16.4	比重選別後 16.3	比重選別後製品 16.4	ころがり選別後 16.0	ころがり選別後製品 16.4
荷受け後	16.6	0						
乾燥後	16.3	14.30**			t(5%,644) = 1.96*			
粒径選別後	14.0	111.36**	98.30**	0	t(1%,644) = 2.58**			
粒径選別後製品	16.4	9.87**	4.49**	102.78**	0			
比重選別後	16.3	12.12**	2.20*	100.50**	2.28**	0		
比重選別後製品	16.4	10.61**	3.73**	102.03**	0.76	1.53	0	
ころがり選別後	16.0	25.25**	11.09**	87.21**	15.58**	13.29**	14.82**	0
ころがり選別後製品	16.4	11.21**	3.13**	101.43**	1.36	0.93	0.60	14.22**

からは粒径選別後の屑のみが利用価値が低かった。

製品として出荷されるものの脂質の分布を示した図 28, 31, 32 はいずれも脂質含量の分布の範囲はそれぞれ 0.09, 0.11, 0.11% と極めて小さくかつ均一であり、製品として十分均一であると考えられる。

**B. 北海道十勝地方産小麦のタンパク質の産地間変動及び年度間変動**

**1. 目的**

前節で、小麦、米、大豆の乾燥調整過程における成分分布の推移調査を行い、いずれの穀物でも、収穫時に大きくばらついていた成分分布が乾燥調製過程で均一になっていくことを明らかにした。すなわち、各乾燥調製施設では安定した品質の穀物が生産されていることが明らかとなった。

一方、穀物の品質が、産地間、年度間でどのように変動しているかは明らかにされていない。地域として安定した品質の穀物を生産するためにはこれら

産地間、年度間の変動を知ることは非常に重要である。そこで、本節では北海道十勝地方産の小麦(「チホク」)のタンパク質含量の分布がどのように変動しているかを調査した。

**2. 実験方法**

**a. 試料**

試料は 1991 年及び 1992 年に十勝地方一円の 17 農協管内で収穫された小麦で、品種は「チホク」である。

**b. 試料の採取**

試料の採取は広尾町の農協サイロで行った。農協サイロは十勝地方産小麦の集出荷の合理化を目的に建設されたものであり、容量 1,000 t のサイロを 50 本有している。小麦は各農協の乾燥調製貯蔵施設から、15~20 t の単位(主としてトレーラ)で農協サイロに搬入される。

試料は 1 農協当たり 50 点を目標に、搬入単位から 200 g ずつ無作為に採取した。その結果十勝地方

表5 1991年,1992年十勝地方産小麦(チホク)のタンパク質含量分布

Table 5 Protein content distribution of Tokachi-grown wheat (Chihoku) in 1991 and 1992

JA	1991 タンパク質 (%DM)	1992 タンパク質 (%DM)	タンパク質 1992-1991 差(%DM)
豊 頃	11.4	12.2	0.8
中 札 内	11.6	12.0	0.4
更 別	12.4	12.7	0.3
鹿 追	12.1	12.3	0.2
大 正	12.2	12.3	0.1
川 西	12.1	12.2	0.1
池 田	11.9	11.9	0.1
木 野	11.9	12.0	0.1
幕 別	12.2	12.1	0.0
札 内	11.6	11.6	0.0
足 寄	11.7	11.6	-0.1
本 別	12.1	11.9	-0.1
音 更	12.2	12.0	-0.2
士 幌	12.0	11.7	-0.3
芽 室	12.0	11.7	-0.3
浦 幌	11.6	11.2	-0.4
清 水	12.5	12.0	-0.6

の17農協から1991年は合計831点の試料を,1992年は合計845点の試料を得た。

c. 測定方法

測定は前節と同様に行った。

3. 結果及び考察

a. 産地(農協)別のタンパク質含量分布

各産地のタンパク質含量を1992年と1991年のタンパク質含量の差の大きい順に表5に示した。また,各産地のタンパク質含量の度数分布を図33~49に示した。1991年のタンパク質含量は豊頃町の11.4%から清水町の12.5%まで,1.1%の差が認められた。また,1992年は更別町の12.7%から浦幌町の11.2%まで,1.5%の差が認められた。

図50は1991年の全試料のタンパク質含量の分布を示したもので,最大は13.4%で,最小は10.9%,平均は12.0%であった。また,図19は1992年の全試料のタンパク質含量の分布を示したもので,最大13.1%,最小10.7%,平均12.0%であった。森園<sup>9)</sup>は20年間のデータを元に,小麦のタンパク質含量は通常0.5%,甚だしい場合は約2%変動するとしているが,北海道十勝地方産の小麦は1991,

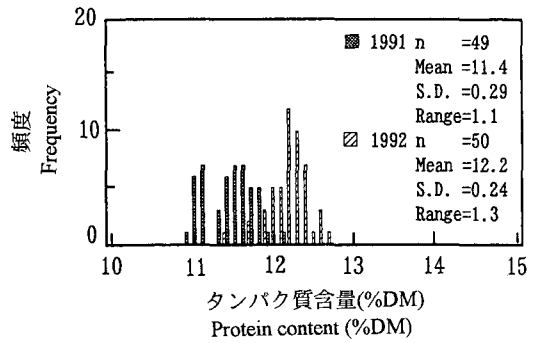


図33 十勝地方産小麦(チホク)のタンパク質含量分布(豊頃)

Fig. 33 Protein content distribution of Tokachi-grown wheat (Chihoku) (Toyokoro)

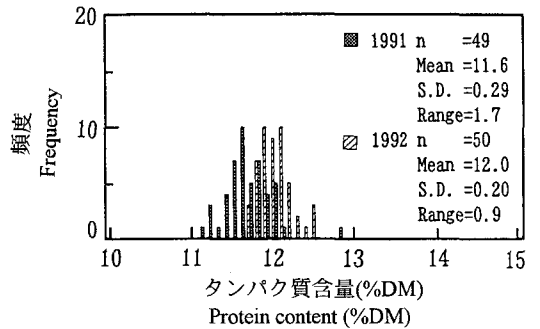


図34 十勝地方産小麦(チホク)のタンパク質含量分布(中札内)

Fig. 34 Protein content distribution of Tokachi-grown wheat (Chihoku) (Nakasatsunai)

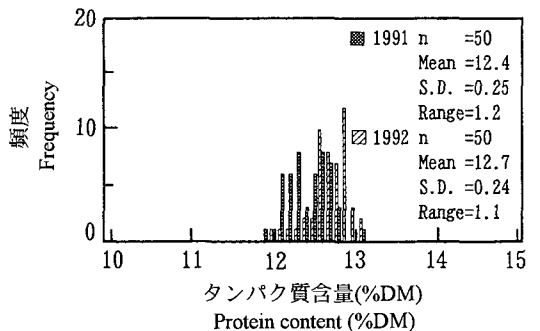


図35 十勝地方産小麦(チホク)のタンパク質含量分布(更別)

Fig. 35 Protein content distribution of Tokachi-grown wheat (Chihoku) (Sarabetsu)

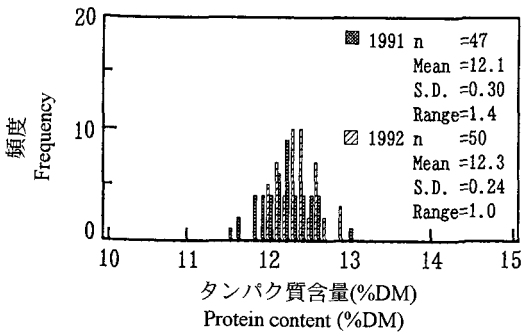


図 36 十勝地方産小麦(チホク)のタンパク質含量分布(鹿追)  
**Fig. 36** Protein content distribution of Tokachi-grown wheat (Chihoku) (Shikaai)

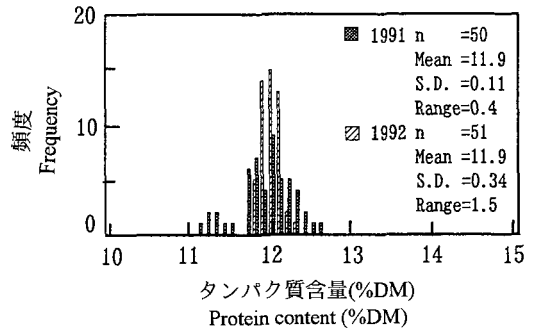


図 39 十勝地方産小麦(チホク)のタンパク質含量分布(池田)  
**Fig. 39** Protein content distribution of Tokachi-grown wheat (Chihoku) (Ikeda)

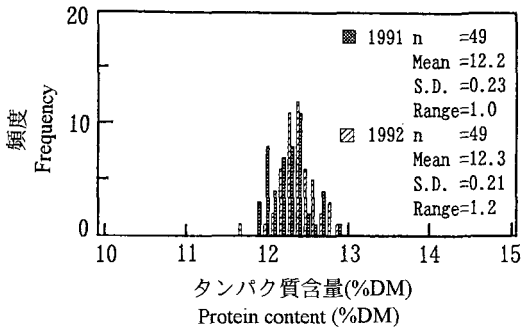


図 37 十勝地方産小麦(チホク)のタンパク質含量分布(大正)  
**Fig. 37** Protein content distribution of Tokachi-grown wheat (Chihoku) (Taisho)

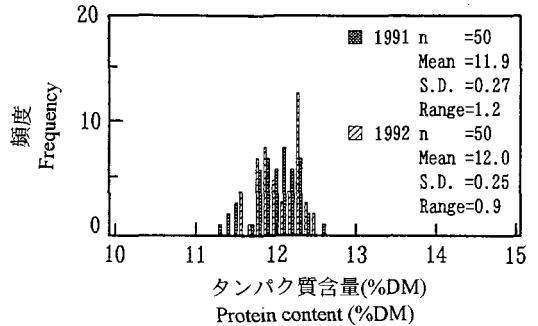


図 40 十勝地方産小麦(チホク)のタンパク質含量分布(木野)  
**Fig. 40** Protein content distribution of Tokachi-grown wheat (Chihoku) (Kino)

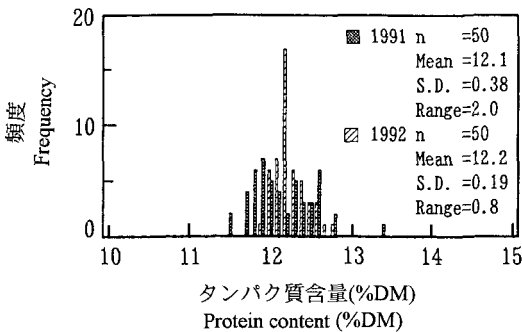


図 38 十勝地方産小麦(チホク)のタンパク質含量分布(川西)  
**Fig. 38** Protein content distribution of Tokachi-grown wheat (Chihoku) (Kawanishi)

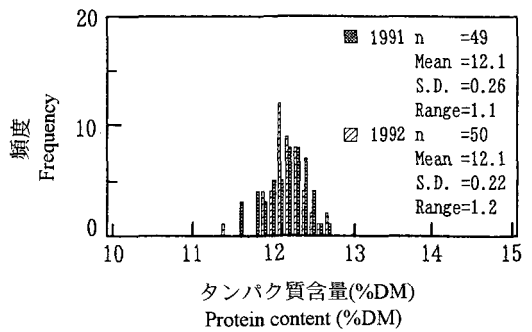


図 41 十勝地方産小麦(チホク)のタンパク質含量分布(幕別)  
**Fig. 41** Protein content distribution of Tokachi-grown wheat (Chihoku) (Makubetsu)

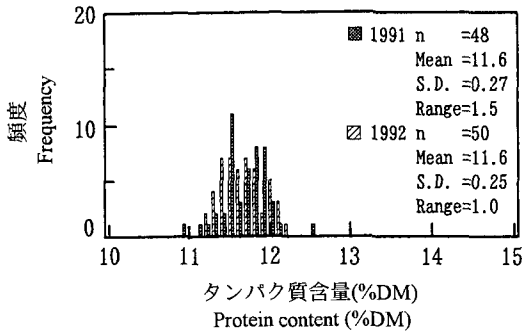


図 42 十勝地方産小麦 (チホク) のタンパク質含量分布 (札内)  
 Fig. 42 Protein content distribution of Tokachi-grown wheat (Chihoku) (Satsunai)

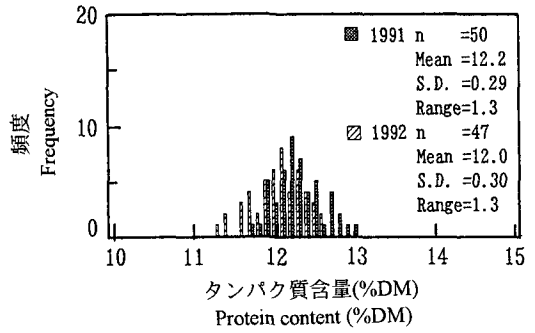


図 45 十勝地方産小麦 (チホク) のタンパク質含量分布 (音更)  
 Fig. 45 Protein content distribution of Tokachi-grown wheat (Chihoku) (Otofuke)

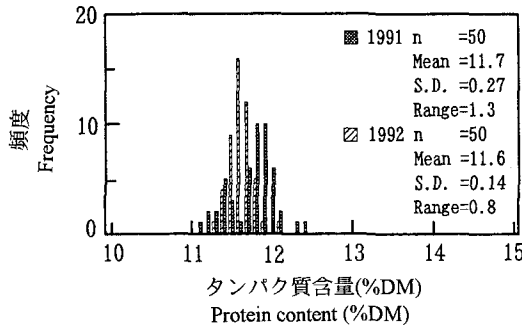


図 43 十勝地方産小麦 (チホク) のタンパク質含量分布 (足寄)  
 Fig. 43 Protein content distribution of Tokachi-grown wheat (Chihoku) (Ashoro)

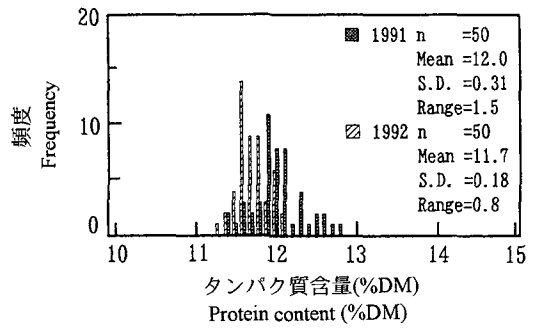


図 46 十勝地方産小麦 (チホク) のタンパク質含量分布 (士幌)  
 Fig. 46 Protein content distribution of Tokachi-grown wheat (Chihoku) (Shihoro)

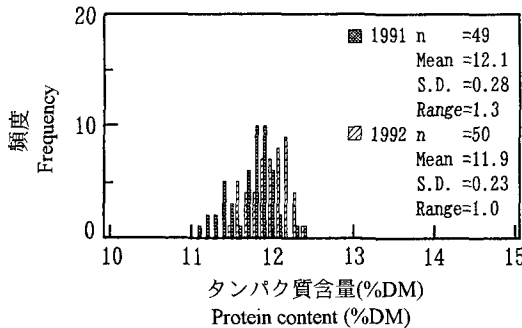


図 44 十勝地方産小麦 (チホク) のタンパク質含量分布 (本別)  
 Fig. 44 Protein content distribution of Tokachi-grown wheat (Chihoku) (Honbetsu)

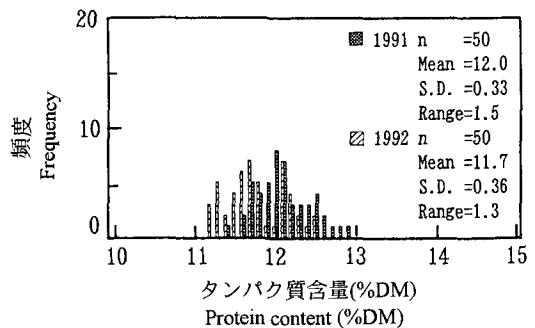


図 47 十勝地方産小麦 (チホク) のタンパク質含量分布 (芽室)  
 Fig. 47 Protein content distribution of Tokachi-grown wheat (Chihoku) (Memuro)

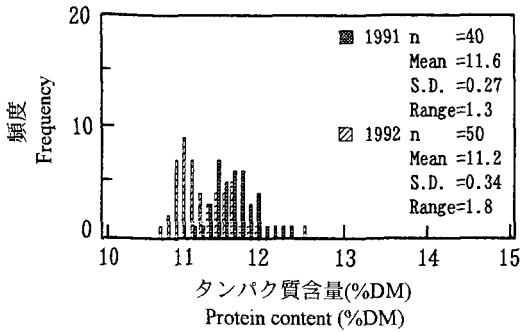


図 48 十勝地方産小麦 (チホク) のタンパク質含量分布 (浦幌)  
 Fig. 48 Protein content distribution of Tokachi-grown wheat (Chihoku) (Urahoro)

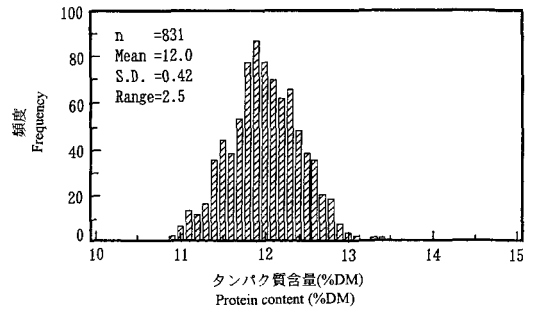


図 50 1991年十勝地方産小麦 (チホク) のタンパク質含量分布  
 Fig. 50 Protein content distribution of Tokachi-grown wheat (Chihoku) in 1991

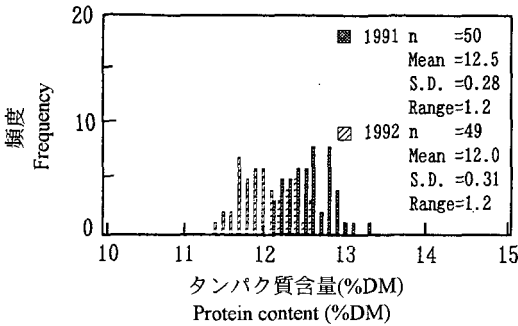


図 49 十勝地方産小麦 (チホク) のタンパク質含量分布 (清水)  
 Fig. 49 Protein content distribution of Tokachi-grown wheat (Chihoku) (Shimizu)

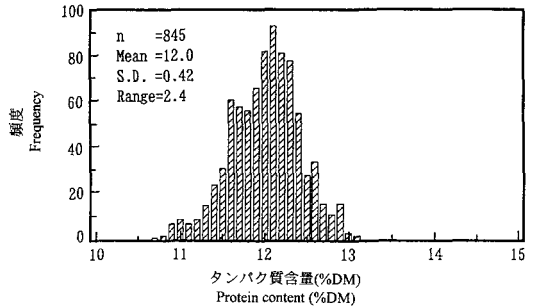


図 51 1992年十勝地方産小麦 (チホク) のタンパク質含量分布  
 Fig. 51 Protein content distribution of Tokachi-grown wheat (Chihoku) in 1992

1992年の2年間ではほとんど変動がなく、タンパク質含量の面からは十勝地方全体としては生産は安定していたといえる。

各農協のタンパク質含量の分散分析を行ったところ、危険率1%で産地(農協)はタンパク質含量に有意な影響を及ぼすことがわかった。そこで、産地別タンパク質含量の平均値の差の検定を行ったところ、ほとんど全てに危険率1%で有意な差が認められ、産地によってタンパク質含量に差があることが判明した。タンパク質含量は平均値で0.1%以上差があると有意な差となった。

**b. 気象条件とタンパク質含量の産地間変動**

産地間のタンパク質含量の差の原因の一つは、小麦の生育や収量に大きな影響を及ぼす気象条件にあると予想した。気象条件と小麦の品質との相関につ

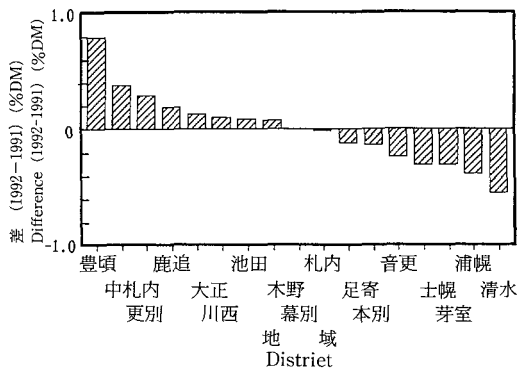


図 52 十勝地方産小麦 (チホク) のタンパク質含量の年度間差  
 Fig. 52 The difference in protein content distribution of Tokachi-grown wheat (Chihoku) between harvested year

表6 十勝地方の1991年のAMeDASデータ  
Table 6 AMeDAS data of Tokachi region in 1991

JA	観測地点	積算降水量 (mm)					積算気温 (°C)					積算日照時間 (h)				
		4月	5月	6月	7月	8月	4月	5月	6月	7月	8月	4月	5月	6月	7月	8月
豊浦	頃幌浦	44	35	7	167	191	11	190	423	493	530	188	219	127	71	114
中札	内上札	42	26	8	130	151	11	300	475	521	561	179	211	122	91	110
札内	内糠内	72	33	31	230	202	11	325	480	501	540	184	208	109	59	107
足寄	内糠内	47	20	4	138	151	10	323	479	519	549	183	214	126	76	103
	寄足寄	54	30	20	116	129	11	339	494	535	580	165	191	96	67	89
池木	田野	37	19	13	125	150	20	321	489	525	560	185	217	139	91	116
芽士	室幌	50	38	46	163	143	0	327	490	517	562	172	216	126	76	99
本	上士	49	29	56	200	141	21	358	507	533	578	177	218	122	68	109
	別本	59	39	63	168	133	12	323	474	493	544	172	201	112	72	93
	別本	34	34	51	104	114	32	347	515	337	578	183	204	126	74	102
川幕	西別	49	29	56	200	141	21	358	507	533	578	177	218	122	68	109
鹿追	別糠内	47	20	4	138	151	10	323	479	519	549	183	214	126	76	103
大音	追鹿	42	27	84	182	56	12	348	496	510	564	175	227	123	70	103
	正帯	47	26	35	176	146	21	358	511	544	586	198	240	156	93	115
	更駒	50	38	46	163	143	0	327	490	517	562	172	216	126	76	99
更清	別水	51	26	27	220	190	21	336	480	505	542	188	219	127	71	114
	更新	50	42	50	222	173	11	364	520	529	581	177	218	124	71	116

表7 1991年十勝産小麦(チホク)のタンパク質含量と気象条件の相関  
Table 7 Relationship between protein content and meteorological conditions of Chihoku in 1991

	4~8月	5~8月	6~8月	7~8月	8月
積算降水量	0.28	0.32	0.32	0.13	-0.18
積算気温	0.56*	0.54*	0.37	0.14	0.45
積算日照時間	0.24	0.28	0.22	0.12	0.18

$r(5\%, 15) = 0.48^*$   $r(1\%, 15) = 0.61^{**}$   $r(0.1\%, 15) = 0.73^{***}$

表8 十勝地方の1992年のAMeDASデータ  
Table 8 AMeDAS data of Tokachi region in 1992

JA	観測地点	積算降水量 (mm)					積算気温 (°C)					積算日照時間 (h)				
		4月	5月	6月	7月	8月	4月	5月	6月	7月	8月	4月	5月	6月	7月	8月
豊浦	頃幌浦	35	117	118	52	228	0	34	219	481	528	154	124	69	52	99
中札	内上札	37	81	107	53	195	10	160	298	548	571	151	134	76	53	107
札内	内糠内	66	100	93	69	243	0	162	312	547	559	153	119	71	69	95
足寄	内糠内	36	96	103	57	186	10	181	326	544	568	159	122	73	57	97
	寄足寄	27	91	91	66	184	0	219	403	571	591	125	130	95	66	102
池木	田野	36	87	93	38	153	10	175	349	554	571	157	131	87	38	109
芽士	室幌	50	95	99	72	141	0	196	368	551	572	163	139	93	72	102
本	上士	44	93	76	55	174	21	220	383	568	587	170	131	85	55	112
	別本	37	78	77	64	167	0	163	329	535	558	140	128	90	64	88
	別本	28	67	80	39	151	0	220	402	575	592	130	141	97	39	115
川幕	西別	44	93	76	55	174	21	220	383	568	587	170	131	85	55	112
鹿追	別糠内	36	96	103	57	186	10	181	326	544	568	159	122	73	57	97
大音	追鹿	48	93	89	84	171	0	202	369	558	573	153	142	88	84	98
	正帯	34	92	98	33	132	11	230	394	577	593	166	163	104	33	117
	更駒	50	95	99	72	141	0	196	368	551	572	163	139	93	72	102
更清	別水	39	79	104	62	197	0	151	290	549	564	168	129	84	62	109
	更新	68	115	76	92	209	10	217	387	574	583	141	135	87	92	93

表9 1992年十勝産小麦(チホク)のタンパク質含量と気象条件の相関  
 Table 9 Relationship between protein content and meteorological conditions of Chihoku in 1992

	4～8月	5～8月	6～8月	7～8月	8月
積算降水量	0.12	0.09	0.06	0.02	-0.01
積算気温	-0.11	-0.11	-0.10	-0.10	-0.14
積算日照時間	0.40	0.22	0.20	0.19	0.13

$r(5\%, 15) = 0.48^*$   $r(1\%, 15) = 0.61^{**}$   $r(0.1\%, 15) = 0.73^{***}$

いてはいくつかの研究があり<sup>6),7),8)</sup>、気象条件と小麦のタンパク質含量との相関では、後藤<sup>9)</sup>は国際冬小麦連絡試験の解析から、生育期間が低温なほどタンパク質含量が高くなる傾向があること、登熟期の気温は逆に高温なほどタンパク質含量が高くなる傾向があるとしている。そこで、小麦の生育期間である4, 5, 6, 7, 8月の各地の積算気温、積算降水量、積算日照時間を気象台のAMeDASデータから求め、これらの気象データとタンパク質含量との相関分析を行った。なお、気象観測地点が農協の管内にない場合には近在地のデータを使用した。

1991年の気象データ、相関分析の結果を表6と表7に示した。また、1992年の気象データ、相関分析の結果を表8と表9に示した。

1991, 1992年の北海道の気象の概況と十勝地方の小麦の作柄は以下のものであった<sup>10),11)</sup>。

1991年4月から10月までの気象は短い周期で変化した。気温は7月中旬から8月上旬までオホーツク海高気圧の影響で低温・寡照の日が続いたほかは全般的に高めに経過した。

したがって、初霜は10日程度、初雪は5日程度平年より遅れた。十勝地方の小麦は穂発芽の影響が少なく、病虫害の発生も少なかったことから作柄は良好で、10a当たり収量は420kg、作況指数は108の「良」であった。

1992年4月から10月までの気象は変動が大きく、特に、7月中旬から9月上旬までは、オホーツク海高気圧や前線の影響により低温・寡照の日が続き、降水量も多かった。初霜は、平年より7日程度早かったが、初雪は平年より12日程度遅れた。また、台風は例年になく多発し、農作物に影響を及ぼした。十勝地方の小麦は1991年に続いて穂発芽の影響が少なく、また病虫害の発生も少なかったことから作柄は良好で、作況指数は115の「良」であった。

1991年ではタンパク質含量と4～8月、5～8月の

積算気温との間に $r=0.56^*$ 、 $r=0.54^*$ と産地間でそれぞれ危険率5%で有意な正の相関が認められた。

一般に平年では小麦の生育期間中の積算気温と収量の間には負の相関があることが認められている。これは、積算気温が高いと小麦の生育がすすみ、成熟までの日数は短縮するが、穂数、一穂粒数、一粒重とも減少するからである<sup>12)</sup>。

一方、タンパク質合成のための窒素は根から吸収されている。窒素の吸収量は登熟期、枯熟期の期間の長短の影響をあまり受けず、ほぼ一定であるとされている<sup>13)</sup>。

そこで、積算気温が高く収量が少ない場合には相対的にタンパク質含量が高くなるものと考えられる。その結果、タンパク質含量と積算気温との間に正の相関関係が認められたと思われる。

しかし、1992年については気象との有意な相関は得られなかった。

小麦の生育に影響を与える要因は既述のように土壌、気候、施肥などがある。これらの要因による影響が産地、年度によって違うため、タンパク質含量の変動が気象条件で説明できる場合とできない場合が生じたものと考えられる。

### c. 産地(農協)別タンパク質の年度間変動

1991年と1992年のタンパク質含量の年度差を図52に示した。

十勝地方産の小麦はa.で考察したように、全体的に見ると1991年と1992年では変動はなかったが、産地(農協)別に見ると、タンパク質の年間差は産地により異なり、同一産地の「チホク」であってもタンパク質含量は1991年と1992年で $-0.6 \sim +0.8\%$ の差があった。この差は森園<sup>5)</sup>による通常の変動範囲よりは大きく、したがって、十勝地方全体として均一な品質の小麦を生産するためには、さらに細かい施肥管理などの営農指導が必要であるものと考えられる。

### C. 北海道産玄米のタンパク質の産地間変動及び年度間変動

#### 1. 目的

B. では、北海道十勝地方産の小麦（「チホク」）のタンパク質含量の分布が産地間及び年度間でどのように変動しているかを1991年と1992年の2年にわたって調査し、同一年度でも産地間に有意な差があること、また、同一産地でも年度間に有意な差があることを明らかにした。

本節では、前節の小麦に引き続き、米のタンパク質含量の分布が産地間、年度間でどのように変動し

表10 1991年産きらら397の産地別タンパク質  
Table 10 Protein content distribution of Kirara 397 in 1991

産地	JA	JA n	産地 n	タンパク質含量平均(%DM)
北村	北海北村	58	58	10.3
江別・当別	西当別	26		
	当別	8		
	江別	12	46	9.9
大富	空知大富	33	33	9.8
岩見沢	岩見沢	53	53	9.7
千歳	千歳	47	47	9.6
恵庭・広島・長沼	恵庭	16		
	広島	13		
	長沼	7		
	北長沼	21	57	9.6
早来	早来	22	22	9.5
静内	静内	25	25	9.3
月形・浦臼	月形	38		
	浦臼	17	55	9.2
美唄	美唄	7		
	峰延	32		
	中村	5	44	9.2
栗山・由仁	栗山	36		
	由仁	14	50	9.2
滝川	滝川	6		
	下徳富	6		
	砂川	5	17	8.7
雨竜	妹背牛	5		
	北竜	2		
	雨竜	21	28	8.7
旭川	永山	33		
	東旭川	12	45	8.7
深川	音江	34	34	8.4
当麻	当麻	30	30	8.3
芦別	芦別	75	75	8.3
士別	士別	21		
	名寄	9	30	8.2

ているか、北海道産玄米の「きらら397」を試料にして調査した。

#### 2. 実験方法

##### a. 試料

試料は、1991年、1992年北海道産玄米「きらら397」を用いた。

##### b. 試料の採取

試料の採取はホクレン農業協同組合連合会パールライス札幌工場及び北海道中央食糧(株)江別工場で行った。試料は包装単位(60kg麻袋)ごとに1点採取し、更にその中から各農家ごとに1点になるように選択した。

得られた試料の農協数は1991年が33、1992年が25であった。隣接する農協を同一生産地域とみなし、一地域当たりの試料数を考慮して、1991年は18の地域に、また、1992年は20の地域に分けた。サンプル数は1991年が合計749点、1992年が合計

表11 1992年産きらら397の産地別タンパク質  
Table 11 Protein content distribution of Kirara 397 in 1992

産地	JA	JA n	産地 n	タンパク質含量平均(%DM)
新篠津	新篠津	42	42	9.6
江別	江別	74	74	9.6
峰延	峰延	55	55	9.3
当別	当別	30	30	9.3
納内	納内	60	60	9.2
長沼	長沼	29	29	9.1
多度志	多度志	7		
	秩父別	2		
	一巳	7	16	8.9
妹背牛	妹背牛	78	78	8.8
浦臼	浦臼	54	54	8.8
滝川	滝川	6		
	新十津川	26	32	8.7
雨竜	雨竜	4		
	北竜	49	53	8.7
鷹栖	鷹栖	9		
	北野	24	33	8.6
静内	静内	34	34	8.6
下徳富	下徳富	44	44	8.6
音江	音江	31	31	8.5
旭川	東旭川	55	55	8.4
穂別	穂別	12	12	8.2
三笠	三笠	48	48	8.2
砂川	砂川	29	29	8.1
伊達	伊達	32	32	7.8

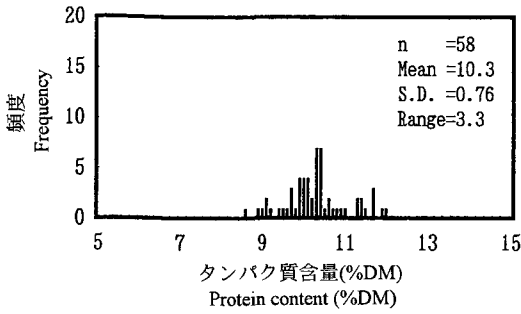


図 53 1991 年産きさら 397 のタンパク質含量分布 (北村)  
**Fig. 53** Protein content distribution of Kirara 397 in 1991 (Kitamura)

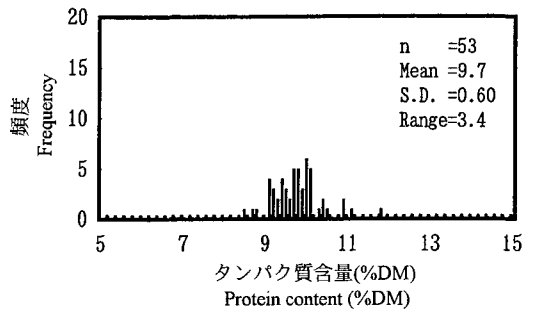


図 56 1991 年産きさら 397 のタンパク質含量分布 (岩見沢)  
**Fig. 56** Protein content distribution of Kirara 397 in 1991 (Iwamizawa)

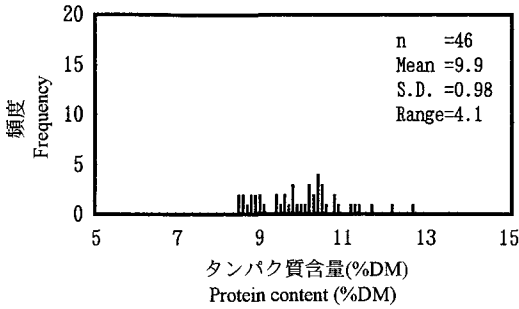


図 54 1991 年産きさら 397 のタンパク質含量分布 (江別・当別)  
**Fig. 54** Protein content distribution of Kirara 397 in 1991 (Ebetsu・Tobetsu)

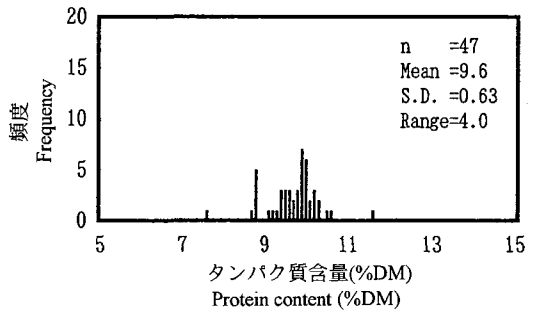


図 57 1991 年産きさら 397 のタンパク質含量分布 (千歳)  
**Fig. 57** Protein content distribution of Kirara 397 in 1991 (Chitose)

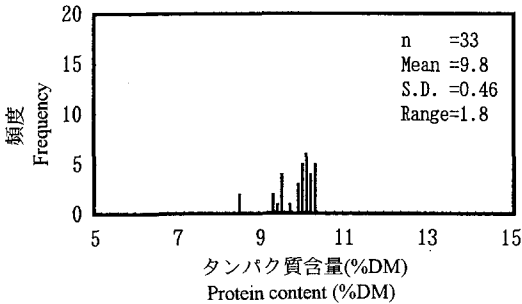


図 55 1991 年産きさら 397 のタンパク質含量分布 (空知大富)  
**Fig. 55** Protein content distribution of Kirara 397 in 1991 (Sorachi-otomi)

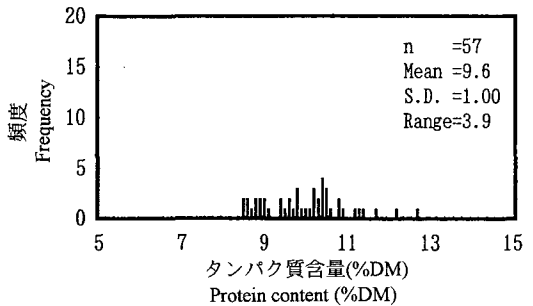


図 58 1991 年産きさら 397 のタンパク質含量分布 (恵庭・広島)  
**Fig. 58** Protein content distribution of Kirara 397 in 1991 (Eniwa・Hiroshima)

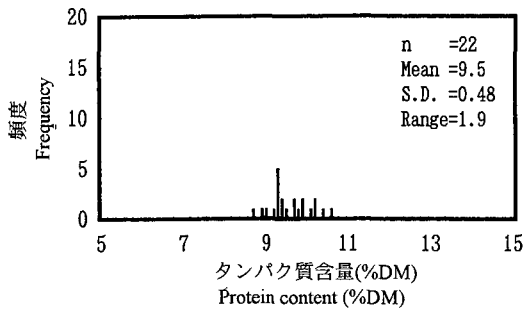


図 59 1991 年産きさら 397 のタンパク質含量分布 (早来)  
**Fig. 59** Protein content distribution of Kirara 397 in 1991 (Hayakita)

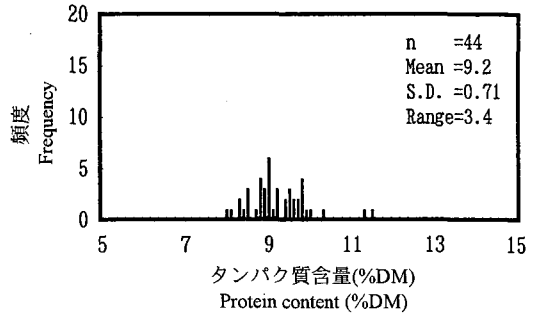


図 62 1991 年産きさら 397 のタンパク質含量分布 (美唄)  
**Fig. 62** Protein content distribution of Kirara 397 in 1991 (Bibai)

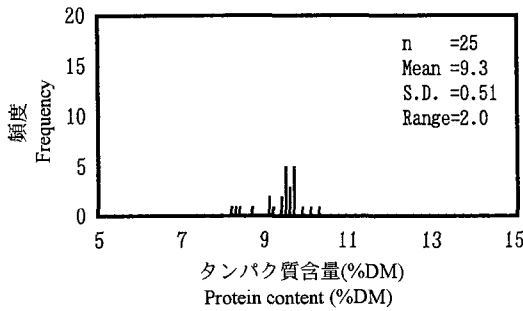


図 60 1991 年産きさら 397 のタンパク質含量分布 (静内)  
**Fig. 60** Protein content distribution of Kirara 397 in 1991 (Shizunai)

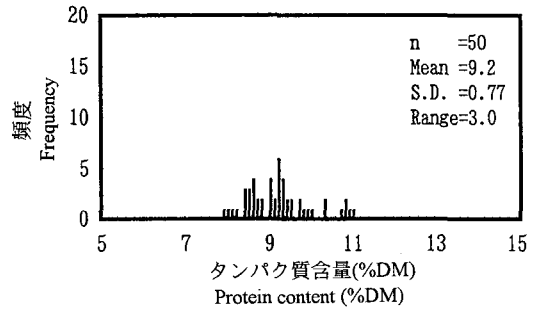


図 63 1991 年産きさら 397 のタンパク質含量分布 (栗山・由仁)  
**Fig. 63** Protein content distribution of Kirara 397 in 1991 (Kuriyama・Yuni)

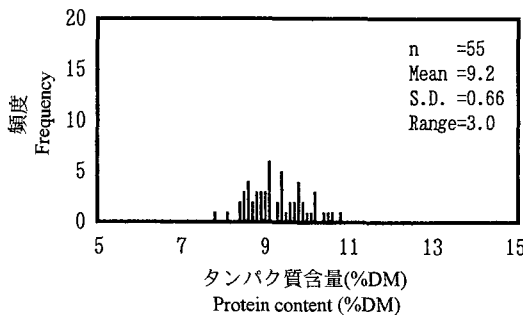


図 61 1991 年産きさら 397 のタンパク質含量分布 (月形・浦臼)  
**Fig. 61** Protein content distribution of Kirara 397 in 1991 (Tsukigata・Urausu)

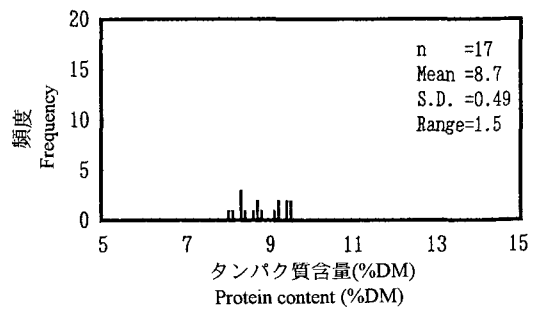


図 64 1991 年産きさら 397 のタンパク質含量分布 (滝川)  
**Fig. 64** Protein content distribution of Kirara 397 in 1991 (Takigawa)

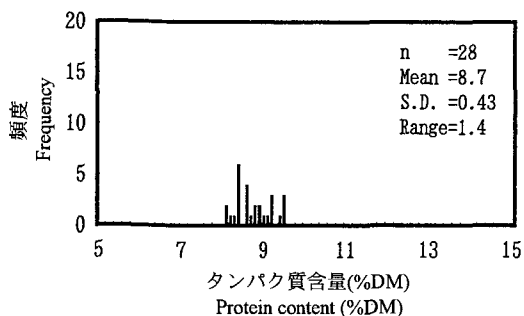


図 65 1991 年きさら 397 のタンパク質含量分布 (雨竜)  
**Fig. 65** Protein content distribution of Kirara 397 in 1991 (Uryu)

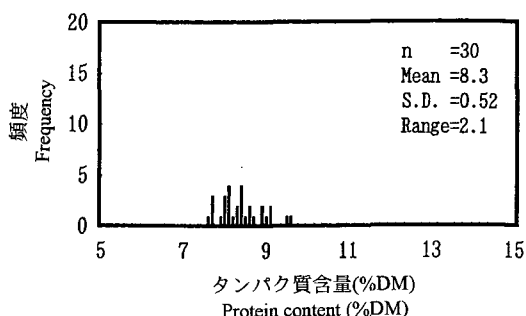


図 68 1991 年きさら 397 のタンパク質含量分布 (当麻)  
**Fig. 68** Protein content distribution of Kirara 397 in 1991 (Toma)

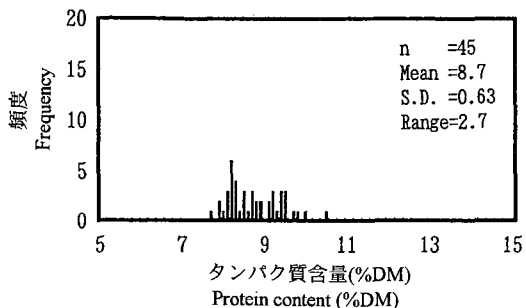


図 66 1991 年きさら 397 のタンパク質含量分布 (旭川)  
**Fig. 66** Protein content distribution of Kirara 397 in 1991 (Asahikawa)

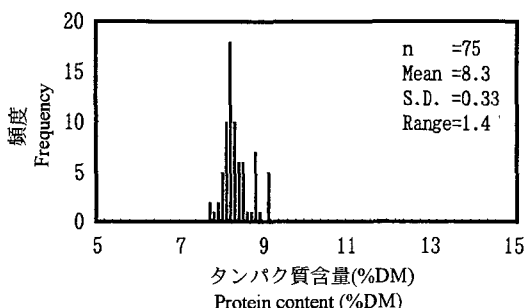


図 69 1991 年きさら 397 のタンパク質含量分布 (芦別)  
**Fig. 69** Protein content distribution of Kirara 397 in 1991 (Ashibetsu)

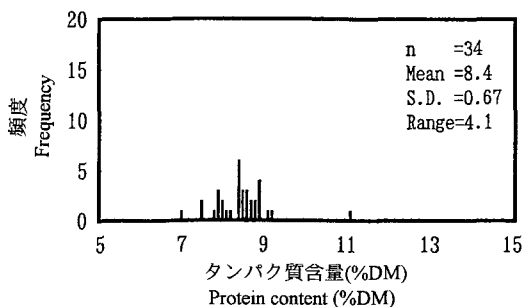


図 67 1991 年きさら 397 のタンパク質含量分布 (深川)  
**Fig. 67** Protein content distribution of Kirara 397 in 1991 (Fukagawa)

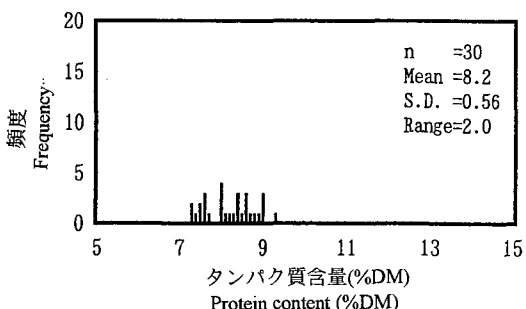


図 70 1991 年きさら 397 のタンパク質含量分布 (士別)  
**Fig. 70** Protein content distribution of Kirara 397 in 1991 (Shibetsu)

841点であった。

c. 測定方法

測定は前節と同様に行った。

3. 結果及び考察

a. 産地（農協）別のタンパク質含量分布

1) 1991年産「きらら297」

1991年の産地別のタンパク質含量を表10に、各産地のタンパク質含量の度数分布を図52~69に示した。各産地のタンパク質含量は最大が北海北村の

10.3%、最低が士別の8.2%であった。すなわち、同一品種である「きらら397」であってもタンパク質含量の地域差は大きく、最大2%以上の違いがみられた。

各産地のタンパク質含量の分散分析を行ったところ、産地は危険率1%で有意な影響を及ぼすことが判明した。そこで各産地別タンパク質の平均値の差の検定を行ったところ、平均値で0.4%程度差があると危険率1%で有意な差が認められ、多くの地域

表12 1991年産きらら397に関する気象データ  
Table 12 AMeDAS data regarding Kirara 397 in 1991

産地	観測地点	積算降水量 (mm)					積算気温 (°C)					積算日照時間 (h)				
		5月	6月	7月	8月	9月	5月	6月	7月	8月	9月	5月	6月	7月	8月	9月
士別	士別	38	145	90	26	279	335	492	562	594	445	232	166	130	176	144
旭川	比布	55	80	149	9	250	339	467	575	602	447	183	135	100	139	126
当麻	東川	49	75	127	26	129	340	538	572	606	457	202	166	115	156	138
雨竜	石狩沼田	44	65	101	36	209	332	524	596	617	468	227	159	110	169	151
深川	深川	51	52	135	30	202	357	538	592	616	472	199	153	103	158	141
月形・浦白	月形	74	42	156	76	147	338	521	579	612	482	229	126	93	147	149
滝川	滝川	54	63	109	55	164	358	538	595	625	483	226	168	107	177	162
美唄	美唄	78	61	166	62	171	368	552	604	631	500	228	163	122	162	152
北村	新篠津	51	43	117	97	122	353	533	587	617	496	243	164	116	175	177
空知大富	月形	74	42	156	76	147	338	521	579	612	482	229	126	93	147	149
岩見沢	岩見沢	69	62	125	81	130	371	548	600	634	515	266	211	153	183	180
江別	新篠津	51	43	117	97	122	353	533	587	617	496	243	164	116	175	177
恵庭	広島長沼	45	30	90	128	72	353	524	581	617	507	231	145	90	157	172
栗山	由仁長沼	45	30	90	128	72	353	524	581	617	507	231	145	90	157	172
千歳	恵庭島松	47	17	87	149	110	336	508	572	611	492	228	122	85	153	163
早来	厚真	41	22	127	104	79	324	507	567	594	488	237	137	83	150	173
芦別	芦別	42	97	96	57	155	376	568	624	643	495	213	177	114	187	147
静内	静内	50	45	154	196	121	298	503	565	608	526	219	143	57	129	153

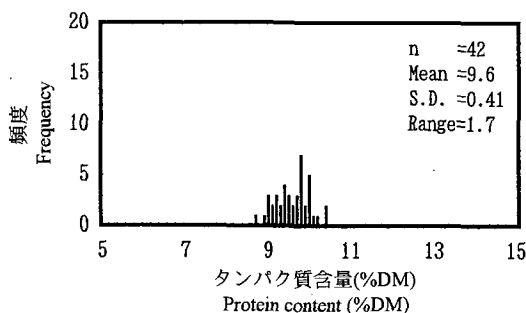


図71 1992年きらら397のタンパク質含量分布(新篠津)  
Fig. 71 Protein content distribution of Kirara 397 in 1992 (Shinshinotsu)

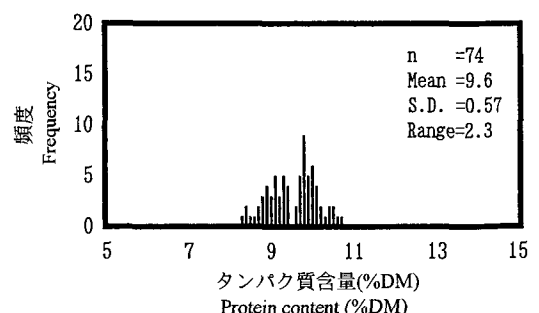


図72 1992年きらら397のタンパク質含量分布(江別)  
Fig. 72 Protein content distribution of Kirara 397 in 1992 (Ebetsu)

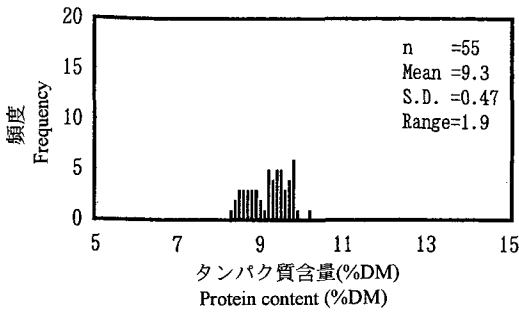


図 73 1992 年きさら 397 のタンパク質含量分布 (峰延)  
 Fig. 73 Protein content distribution of Kirara 397 in 1992 (Minenobu)

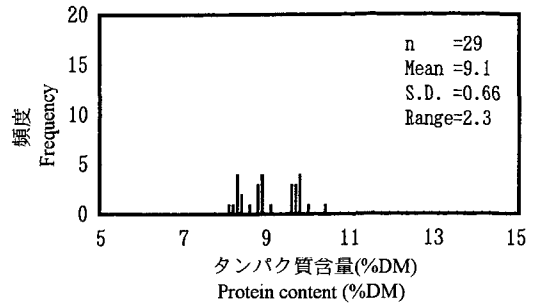


図 76 1992 年きさら 397 のタンパク質含量分布 (長沼)  
 Fig. 76 Protein content distribution of Kirara 397 in 1992 (Naganuma)

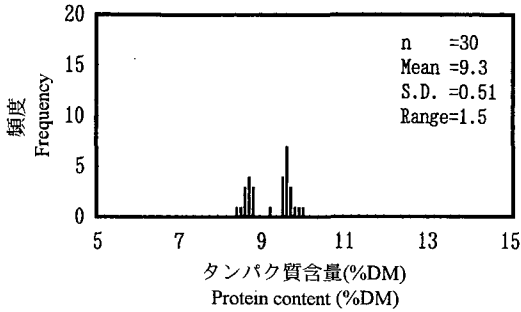


図 74 1992 年きさら 397 のタンパク質含量分布 (当別)  
 Fig. 74 Protein content distribution of Kirara 397 in 1992 (Tobetsu)

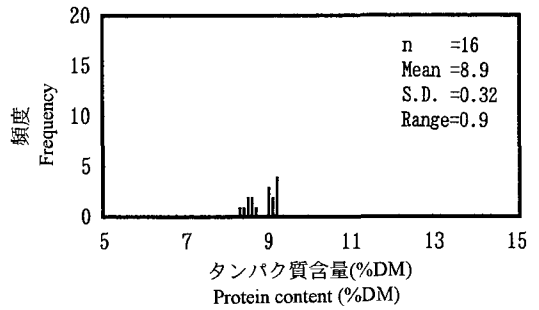


図 77 1992 年きさら 397 のタンパク質含量分布 (多度志)  
 Fig. 77 Protein content distribution of Kirara 397 in 1992 (Tadoshi)

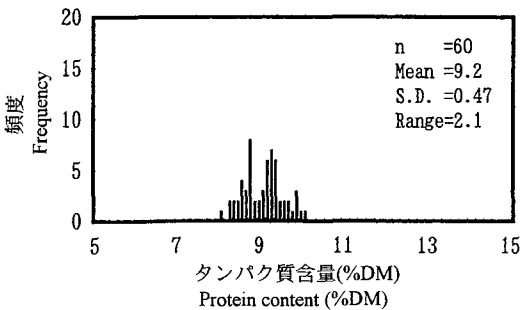


図 75 1992 年きさら 397 のタンパク質含量分布 (納内)  
 Fig. 75 Protein content distribution of Kirara 397 in 1992 (Osamunai)

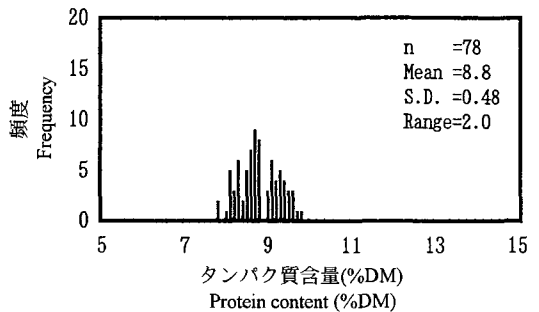


図 78 1992 年きさら 397 のタンパク質含量分布 (妹背牛)  
 Fig. 78 Protein content distribution of Kirara 397 in 1992 (Moseushi)

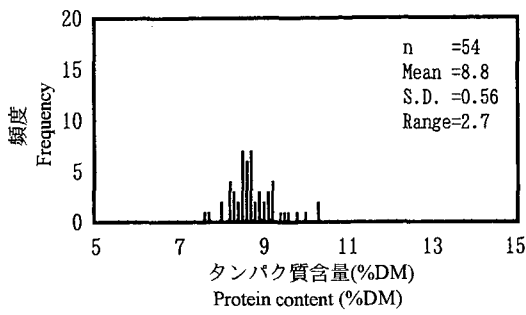


図 79 1992 年きらら 397 のタンパク質含量分布 (浦臼)  
**Fig. 79** Protein content distribution of Kirara 397 in 1992 (Urausu)

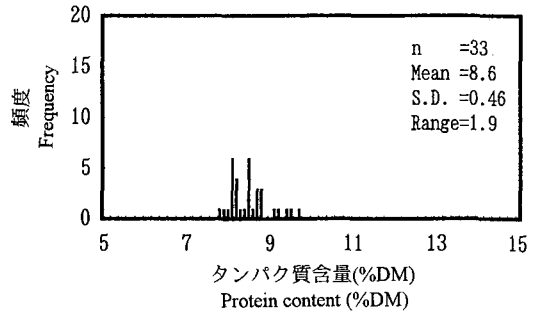


図 82 1992 年きらら 397 のタンパク質含量分布 (鷹栖)  
**Fig. 82** Protein content distribution of Kirara 397 in 1992 (Takasu)

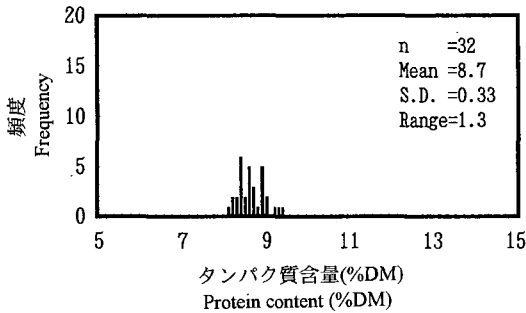


図 80 1992 年きらら 397 のタンパク質含量分布 (滝川)  
**Fig. 80** Protein content distribution of Kirara 397 in 1992 (Takigawa)

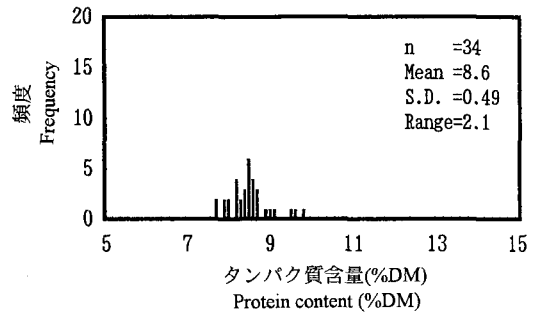


図 83 1992 年きらら 397 のタンパク質含量分布 (静内)  
**Fig. 83** Protein content distribution of Kirara 397 in 1992 (Shizunai)

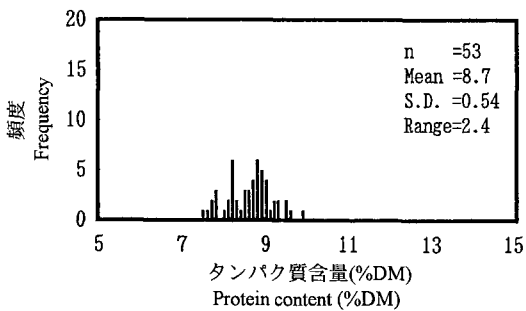


図 81 1992 年きらら 397 のタンパク質含量分布 (雨竜)  
**Fig. 81** Protein content distribution of Kirara 397 in 1992 (Uryu)

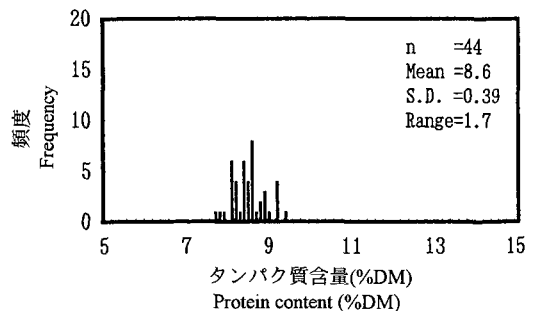


図 84 1992 年きらら 397 のタンパク質含量分布 (下徳富)  
**Fig. 84** Protein content distribution of Kirara 397 in 1992 (Shimotoppu)

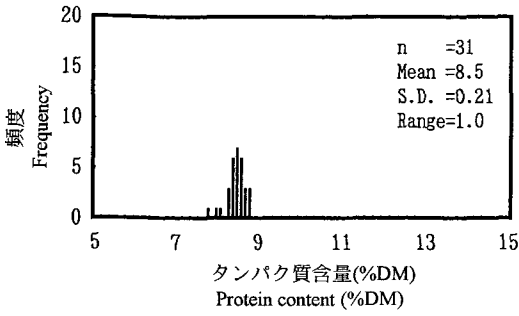


図 85 1992 年きさら 397 のタンパク質含量分布 (音江)  
 Fig. 85 Protein content distribution of Kirara 397 in 1992 (Otoe)

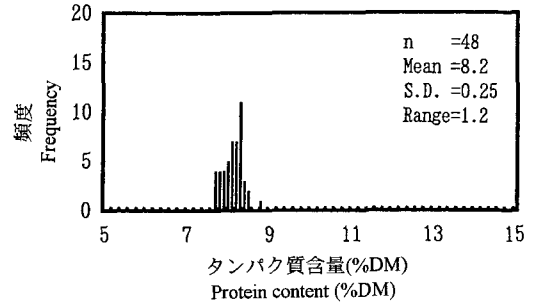


図 88 1992 年きさら 397 のタンパク質含量分布 (三笠)  
 Fig. 88 Protein content distribution of Kirara 397 in 1992 (Mikasa)

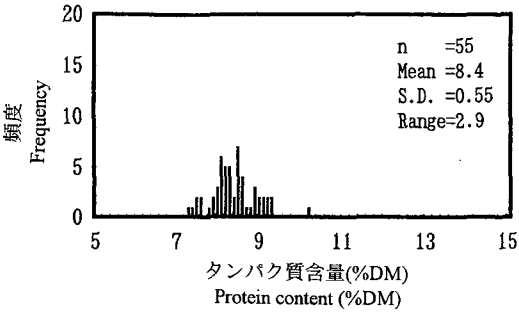


図 86 1992 年きさら 397 のタンパク質含量分布 (旭川)  
 Fig. 86 Protein content distribution of Kirara 397 in 1992 (Asahikawa)

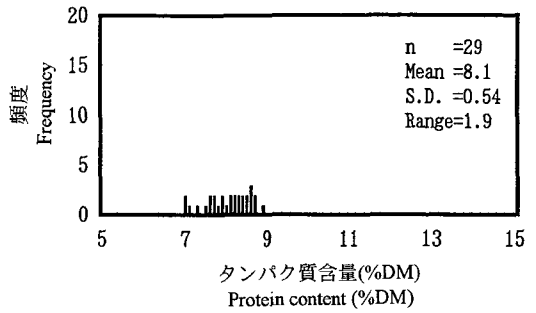


図 89 1992 年きさら 397 のタンパク質含量分布 (砂川)  
 Fig. 89 Protein content distribution of Kirara 397 in 1992 (Sunagawa)

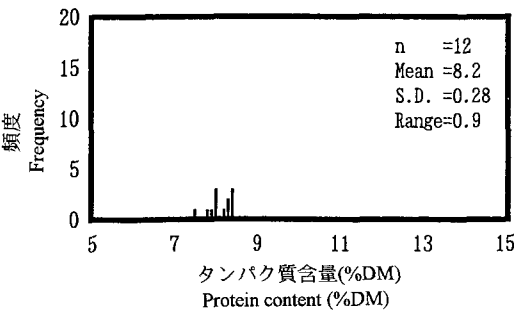


図 87 1992 年きさら 397 のタンパク質含量分布 (穂別)  
 Fig. 87 Protein content distribution of Kirara 397 in 1992 (Hobetsu)

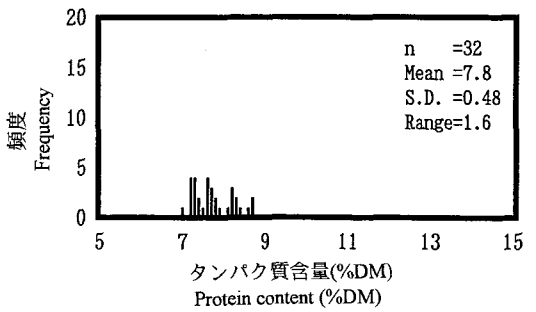


図 90 1992 年きさら 397 のタンパク質含量分布 (伊達)  
 Fig. 90 Protein content distribution of Kirara 397 in 1992 (Date)

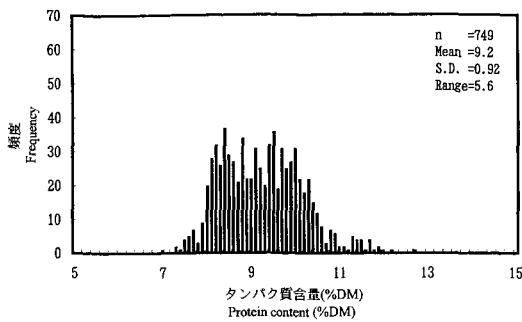


図91 1991年きさら397のタンパク質含量分布(総合)  
Fig. 91 Protein content distribution of Kirara 397 in 1991 (Total)

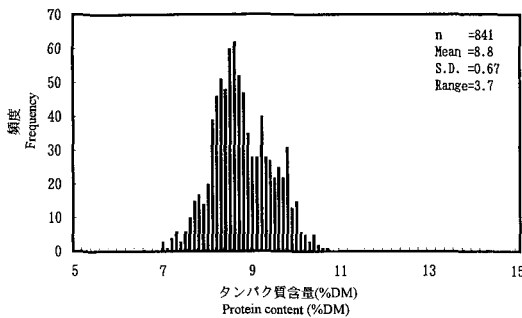


図92 1992年きさら397のタンパク質含量分布(総合)  
Fig. 92 Protein content distribution of Kirara 397 in 1992 (Total)

間に危険率1%で有意な差が認められた。

すでに論じたように、玄米タンパク質含量と食味には強い負の相関があり、タンパク質が高い米ほど食味が劣るとされている。したがって、本研究で得られたタンパク質含量の地域差は、地域間に食味の差が存在することを予想させる結果であった。

## 2) 1992年産「きさら397」

1992年の産地別のタンパク質含量を表11に、各産地のタンパク質含量の度数分布を図70～89に示した。各産地のタンパク質含量は最大が新篠津の9.6%、最低が伊達の7.8%であった。

各産地のタンパク質含量の分散分析を行ったところ、1991年と同様、産地は危険率1%で有意な影響を及ぼすことが判明した。そこで各産地別タンパク質の平均値の差の検定を行ったところ、平均値で0.3%程度差があると危険率1%で有意な差が認められた。1991年と同じく、1992年にも1991年と同程度の地域間の食味の差があることが予想された。

## b. タンパク質含量の年度間差

図90に1991年全試料のタンパク質含量の分布を示した。全試料のタンパク質含量は平均9.2%、最高12.6%、最低7.0%であった。

図91に1992年全試料のタンパク質含量の分布を示した。全試料のタンパク質含量は平均8.8%、最高10.7%、最低7.1%であった。

1991、1992年の2年度間の平均値の差の検定を行ったところ、危険率1%で有意な差が認められた。すなわち、同一品種の玄米でも、生産年度によりタンパク質含量の平均値は異なった。本庄<sup>14)</sup>は、1963～1969年の7年間にわたって米のタンパク質含量の年次間差の検討を行い、北海道産の玄米で平均8.8%、変異係数3.5の結果を得ている。本研究で得られた1991年と1992年の差0.4%は、この変動の範囲内であったが、このように年度間に平均値及び分布に差が認められることは、市場に流通している米に年度により食味の差が生じていることが予想される。

## c. タンパク質含量の産地間変動と気象条件の関係

玄米のタンパク質含量と気象条件の関係については多くの研究がある。本庄<sup>14)</sup>は、同一品種、同一栽培条件であっても栽培年によりタンパク質含有率に増減が見られ、その原因は主として気象環境であること、登熟期の高気温、高水温によりタンパク質含有率は増加し、遮光、低水温により減少するとした。前重<sup>15)</sup>は本庄と同じく、登熟期の高温によりタンパク質含量が増加することを明らかにした。徐ら<sup>16)</sup>は、同じく、登熟期の気温とタンパク質含量に正の相関があり、また、登熟期の気温の違いは品種間差をより助長させているとした。

そこで、地域間のタンパク質含量の差と気象条件との関係を検討するため、各地域ごとに気象庁のAMeDASの気象データから稲の生育期間である5月～10月の積算降水量、積算気温、積算日照時間を求めた。なお、1991年は収穫は平年通りであったので9月までのデータとし、1992年は生育が遅れて収穫が10月にずれこんだので10月までのデータとした。表12に1991年の、また、表13に1992年の気象データを示した。

1991、1992年の北海道の気象の概況と米の作柄は以下のものであった<sup>10,11)</sup>。

1991年4月から10月までの気象は短い周期で変

表 13 1992 年産きらら 397 に関する気象データ  
Table 13 AMeDAS data regarding Kirara 397 in 1992

産地 観測地点	積算降水量 (mm)						積算気温 (°C)						積算日照時間 (h)					
	5月	6月	7月	8月	9月	10月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
旭川 旭川	66	63	169	166	243	70	294	489	616	621	413	140	187	166	127	119	126	120
伊達 伊達	62	51	71	185	200	73	247	435	599	605	431	218	206	107	108	100	120	153
雨竜 石狩沼田	70	37	162	128	329	66	244	458	593	603	371	127	171	113	71	96	117	132
浦臼 月形	105	28	116	160	240	90	215	437	581	600	383	151	177	90	86	91	136	128
音江 深川	71	27	146	134	246	83	256	468	598	604	386	129	158	107	85	91	114	135
下徳富 滝川	74	32	148	141	305	72	263	462	602	607	412	152	176	115	110	111	144	154
江別 西野幌	89	27	69	189	154	107	223	431	580	600	383	154	153	120	100	95	98	115
砂川 滝川	74	32	148	141	305	72	263	462	602	607	412	152	176	115	110	111	144	154
三笠 岩見沢	101	35	79	181	216	80	264	459	616	625	447	204	193	122	132	127	161	166
新篠津 新篠津	126	42	94	188	229	79	241	445	595	610	434	157	188	111	114	125	153	157
静内 静内	122	98	138	313	290	38	206	412	577	616	423	192	166	85	108	89	126	149
多志 石狩沼田	70	37	162	128	329	66	244	458	593	603	371	127	171	113	71	96	117	132
鷹栖 比布	59	51	173	162	231	59	244	447	586	590	339	92	140	116	97	114	123	126
滝川 滝川	74	32	148	141	305	72	263	462	602	607	412	152	176	115	110	111	144	154
長沼 長沼	90	40	86	157	152	95	218	436	592	610	438	193	178	106	104	108	146	163
当別 新篠津	126	42	94	188	229	79	241	445	595	610	434	157	188	111	114	125	153	157
納内 深川	71	27	146	134	246	83	256	468	598	604	386	129	158	107	85	91	114	135
穂別 穂別	134	99	125	399	266	54	209	438	589	604	380	124	186	109	108	100	144	148
峰延 岩見沢	101	35	79	181	216	80	264	459	616	625	447	204	193	122	132	127	161	166
妹背牛 深川	71	27	146	134	246	83	256	468	598	604	386	129	158	107	85	91	114	135

表 14 1991 年産きらら 397 のタンパク質含量と気象条件の関係

Table 14 Relationship between protein content of Kirara 397 and meteorological condition in 1991

	5～9月	6～9月	7～9月	8～9月	9月
積算降水量	-0.29	-0.37	-0.03	-0.13	-0.63**
積算気温	0.15	0.20	0.30	0.47*	0.62**
積算日照時間	0.21	0.05	0.16	0.38	0.74**

$r(5\%, 15) = 0.47^*$   $r(1\%, 16) = 0.59^{**}$   $r(0.1\%, 16) = 0.71^{***}$

化した。気温は7月中旬から8月上旬までオホーツク海高気圧の影響で低温・寡照の日が続いたほかは全般的に高めに経過した。したがって、初霜は10日程度、初雪は5日程度平年より遅れた。米の作柄は、オホーツク海高気圧の影響を強く受けた渡島・桧山・胆振・日高・十勝・網走では不稔稲の発生が多かったため、作況は「著しい不良」となったが、北海道全体の平均収量は10a当たり500kgで「平年並み」だった。

1992年4月から10月までの気象は変動が大きく、特に、7月中旬から9月上旬までは、オホーツク海高気圧や前線の影響により低温・寡照の日が続

き、降水量も多かった。初霜は、平年より7日程度早かったが、初雪は平年より12日程度遅れた。また、台風は例年になく多発し、農作物に影響を及ぼした。米の作柄は、出穂始めから開花期にかけて低温・寡照に経過したため、不稔稲が多発し、さらに登熟期の著しい低温から受精稲の発育停止や稔実状況が悪化し、北海道平均の10a当たり収量は445kg、作況指数89の「著しい不良」になった。

表14と15は、表12と13の気象データに基づき、タンパク質含量と気象データとの相関分析を行った結果を示したものである。

1991年では、タンパク質含量と8～9月の積算

表15 1992年産きらら397のタンパク質含量と気象条件の関係

Table 15 Relationship between protein content of Kirara 397 and meteorological condition in 1992

	5~9月	6~9月	7~9月	8~9月	9月
積算降水量	-0.31	-0.39	-0.38	-0.34	-0.31
積算気温	-0.12	-0.07	-0.04	0.03	0.04
積算日照時間	-0.09	-0.03	-0.01	0.05	-0.01

	5~10月	6~10月	7~10月	8~10月	9~10月	10月
積算降水量	-0.27	-0.37	-0.36	-0.30	-0.20	0.49**
積算気温	-0.13	-0.09	-0.06	-0.03	-0.02	-0.08
積算日照時間	-0.10	-0.05	-0.03	0.00	-0.05	-0.09

$r(5\%, 18) = 0.44^*$   $r(1\%, 18) = 0.56^{**}$   $r(0.1\%, 18) = 0.68^{***}$

表16 1991年産きらら397の各地域のタンパク質含量と土壌

Table 16 Protein content of Kirara 397 of each district in 1991 and soil condition

産地	タンパク質含量 平均(%DM)	土壌
北村	10.3	高位泥炭土
江別・当別	9.9	中間泥炭土
空知大富	9.8	高位泥炭土
岩見沢	9.7	中間泥炭土
千歳	9.6	火山放出物未熟土
恵庭・広島・長沼	9.6	灰色低地土
早来	9.5	火山放出物未熟土
静内	9.3	黒色火山性土
月形・浦白	9.2	褐色低地土
美唄	9.2	低位泥炭土
栗山・由仁	9.2	褐色森林土
滝川	8.7	褐色低地土
雨竜	8.7	グライ低地土
旭川	8.7	褐色低地土
深川	8.4	灰色低地土
当麻	8.3	灰色低地土
芦別	8.3	灰色低地土
士別	8.2	灰色低地土

土壌	n	タンパク質含量	
		平均(%DM)	標準偏差
グライ土	137	8.4	0.04
灰色低地土	154	8.9	0.08
泥炭土	234	9.8	0.05
褐色低地土	105	9.0	0.07
その他	119	9.4	0.06
合計	749	9.2	0.92

表17 1992年産きらら397の各地域のタンパク質含量と土壌

Table 17 Protein content of Kirara 397 of each district in 1992 and soil condition

産地	タンパク質含量 平均(%DM)	土壌
新篠津	9.6	高位泥炭土
江別	9.6	低位泥炭土
峰延	9.3	高位泥炭土
当別	9.3	グライ低地土
納内	9.2	灰色低地土
長沼	9.1	灰色低地土
多度志	8.9	灰色低地土
妹背牛	8.8	グライ低地土
浦白	8.8	褐色低地土
滝川	8.7	褐色低地土
雨竜	8.7	グライ低地土
鷹栖	8.6	灰色低地土
静内	8.6	黒色火山性土
下徳富	8.6	グライ低地土
音江	8.5	褐色低地土
旭川	8.4	褐色低地土
穂別	8.2	褐色低地土
三笠	8.2	褐色低地土
砂川	8.1	褐色低地土
伊達	7.8	褐色低地土

土壌	n	タンパク質含量	
		平均(%DM)	標準偏差
グライ土	205	8.8	0.04
灰色低地土	138	9.0	0.05
泥炭土	171	9.5	0.04
褐色低地土	293	8.4	0.03
その他	34	8.6	0.08
合計	841	8.8	0.67

気温との間に  $r=0.47^*$ 、9月の積算降水量、積算気温、積算日照時間との間に  $r=-0.63^{**}$ 、 $r=0.62^{**}$ 、 $r=0.74^{***}$  が得られ、積算気温については本庄、前重、徐らの結果<sup>14)~16)</sup>と一致した。しかし、積算日照温度については本庄<sup>14)</sup>とは逆の結果となった。一方、1992年に関してはいずれの項目とも有意な相関は得られなかった。

これらのことは、気象条件以外に、タンパク質含量に大きな影響を与えると考えられる栽培技術、土壌条件などが複雑にからみあってタンパク質含量が決定されていることを示しているものと考えられ、今後さらに研究を行う必要がある。

#### d. タンパク質含量の地域間差と土壌の関係

土壌とタンパク質含量の関係を調べるため、北海道農業試験場編集の北海道土壌図<sup>17)</sup>から各地域の土壌を求めた。各地域の土壌とタンパク質含量を表16と17に示した。

玄米のタンパク質含量と土壌との関係には多くの研究がある<sup>18~22)</sup>。北海道の水田土壌は、窒素地力の旺盛な泥炭土が20.8%、グライ土が23.7%を占めており、灰色低地土21.4%、褐色低地土16.5%、グライ台地土7.3%、その他10.3%となっている<sup>23)</sup>。泥炭土壌で収穫された玄米はタンパク質が高いといわれているが、これは、夏になると泥炭土壌中の有機物が分解してアンモニア態窒素が遊離し、

土壌中の窒素量が多くなり、稲に吸収され米に蓄積されるからである<sup>24)</sup>。また、土壌と食味の関係については、泥炭土壌で栽培した米の食味が最も劣るといわれている<sup>22)</sup>。そこで、表16、17に示した地域を上記の土壌型に分類し分散分析を行ったところ、表18と19に示したように、1991年、1992年とも危険率1%で土壌型はタンパク質含量に有意な差を及ぼした。平均値の差の検定を行ったところ、1991年はタンパク質含量の多い順に泥炭土>褐色低地土 $\geq$ 灰色低地土>グライ土、1992年は泥炭土>灰色低地土>グライ土>褐色低地土となり、本研究の結果でも、高タンパク質含量を示したのはいずれも泥炭土壌地域で収穫された玄米であり、従来の研究の傾向が確認されたといえる。

したがって、本研究の範囲においては、米のタンパク質含量は、気象条件よりも土壌条件の影響を強く受けると考えられる。

以上考察したように、良食味米として市場に流通している「きらら397」でも、産地間、年度間でタンパク質含量が大きく変動している。良食味米として市場でさらに地歩を確保するためには、栽培管理だけでなく、客土などを積極的に進めて土壌改善を行い、さらに食味の向上に努める必要があり、また、タンパク質含量による区分を行って出荷することが必要になってくるものと考えられる。

表18 1991年産きらら397のタンパク質含量の土壌間の平均値の差の検定  
Table 18 T-test for protein content of Kirara 397 among soils in 1991

	グライ土	灰色低地土	泥炭土	褐色低地土	その他
グライ土	0				$t(5\%, 744) = 1.96^{**}$
灰色低地土	5.54 <sup>**</sup>	0			$t(1\%, 744) = 2.58^{**}$
泥炭土	17.35 <sup>**</sup>	11.72 <sup>**</sup>	0		
褐色低地土	6.02 <sup>**</sup>	1.02	9.25 <sup>**</sup>	0	
その他	10.92 <sup>**</sup>	5.88 <sup>**</sup>	4.43 <sup>**</sup>	4.39 <sup>**</sup>	0

\*\*と\*はそれぞれ1%と5%の危険率で各土壌間に有意差があることを示す。

表19 1992年産きらら397のタンパク質含量の土壌間の平均値の差の検定  
Table 19 T-test for protein content of Kirara 397 among soils in 1992

	グライ土	灰色低地土	泥炭土	褐色低地土	その他
グライ土	0				$t(5\%, 836) = 1.96^*$
灰色低地土	3.09 <sup>**</sup>	0			$t(1\%, 836) = 2.58^{**}$
泥炭土	12.55 <sup>**</sup>	8.39 <sup>**</sup>	0		
褐色低地土	8.37 <sup>**</sup>	10.68 <sup>**</sup>	21.43 <sup>**</sup>	0	
その他	2.40 <sup>**</sup>	4.09 <sup>**</sup>	9.28 <sup>**</sup>	1.76 <sup>*</sup>	0

\*\*と\*はそれぞれ1%と5%の危険率で各土壌間に有意差があることを示す。

## II. 要 約

### A. 乾燥調製課程における穀物成分の変動

品質の安定した穀物を生産するためには、乾燥調製課程において品質に関係する成分の分布がどのように推移していくか、これにどのような調製メカニズムが作用しているかを知り、各調製課程の合理化をしていく必要があると考えられる。そこで、小麦、米、大豆の品質の重要な指標であるタンパク質、脂質などの乾燥調製過程の推移を明らかにすることを目的にして調査を行った。その結果、以下のことが明かとなった。

1) 小麦の乾燥調製過程では、荷受時に大きくばらついていたタンパク質含量が予備乾燥後はばらつきが小さくなり、均質化した。

精選別工程では、未熟粒が屑として除去され、精選別後の製品のタンパク質含量は仕上げ乾燥後のものに比べ標準偏差が小さくなった。その結果、小麦の品質が向上した。

2) 乾燥調製過程に搬入される籾は、農家間、圃場間でタンパク質含量の分布が大きく、食味に差があることが予想された。

荷受時に大きくばらついていた玄米のタンパク質含量は、予備乾燥後にはばらつきが小さくなり、均質化した。

籾摺後の玄米は粒選別後、タンパク質含量の低い製品とタンパク質含量の高い未熟粒に分離された。すなわち、粒選別により食味の良い米を選別することが可能であった。

3) 大豆のタンパク質と脂質は荷受時に大きくばらついたが、乾燥後には攪拌により均質化した。また、製品として分離されたものはタンパク質、脂質とも成分範囲は小さく、製品として十分均一であると考えられた。

粒選別で屑として分離されたものは粒選別後の製品よりタンパク質含量が多く、植物性タンパク質の抽出原料として利用可能であることが判明した。また、ころがり選別後の屑もタンパク質と脂質の原料としては利用可能であった。

### B. 北海道十勝地方産小麦のタンパク質の産地間変動及び年度間変動

1991, 1992年の2年間にわたり、北海道十勝地方産小麦(「チホク」)のタンパク質含量の産地間変動、年度間変動について検討を加えた。その結果、

以下のことが明かとなった。

1) 1991年のタンパク質含量は豊頃町の11.4%から清水町の12.5%まで、1.1%の差が認められた。また、1992年は更別町の12.7%から浦幌町の11.2%まで、1.5%の差が認められた。

1991年の十勝地方全試料のタンパク質含量の分布は最大13.4%、最小10.9%、平均12.0%であった。1992年の全試料のタンパク質含量の分布は最大13.1%、最小10.7%、平均12.0%であった。タンパク質の面からは十勝地方全体としては生産は安定していたといえる。

各農協のタンパク質含量の分散分析を行ったところ、危険率1%で産地(農協)はタンパク質含量に有意な影響を及ぼすことがわかった。産地別タンパク質の平均値の差の検定を行ったところ、タンパク質含量は平均値で0.1%以上差があると有意な差となった。

2) 小麦のタンパク質含量と気象条件の相関では、1991年にタンパク質含量と4~8月、5~8月の精算気温との間に $r=0.56^*$ 、 $r=0.54^*$ とそれぞれ危険率5%で有意な正の相関が認められたが、1992年には相関は認められなかった。小麦の生育に影響を与える要因は土壌、気候、施肥などがあり、これらの要因による影響が産地、年度によって違うため、タンパク質含量の変動が気象条件で説明できる場合とできない場合が生じたものと考えられた。

3) 同一産地(農協)の「チホク」であってもタンパク質含量は1991年と1992年で $-0.6\sim+0.8\%$ の差があった。十勝地方全体として均一な品質の小麦を生産するためには、さらに細かい施肥管理などの営農指導が必要であるものと考えられた。

### C. 北海道産玄米のタンパク質の産地間変動及び年度間変動

米のタンパク質含量の分布の産地間、年度間の変動を、1991年、1992年の2年間にわたって北海道産玄米の「きらら397」を試料にして調査した。その結果、以下のことが明かとなった。

1) 産地間でタンパク質含量の差が見られ、産地間の平均値の最大と最小の差は1991年では2.1%、1992年では1.8%あり、産地間に食味の差があることが予想された。

2) タンパク質含量の年度間では、1991年は平均9.2%、1992年は平均8.8%で、危険率1%で有意な差が認められた。

3) タンパク質含量の地域間差を気象条件で説明することは困難であった。

4) 土壌条件とタンパク質含量の関係では、北海道の水田土壌に多い泥炭土でタンパク質含量の高い地域が多く、本研究の範囲では玄米のタンパク質含量は気象条件より土壌条件の影響をより強く受けた。

5) 「きらら387」が良食味米としての地位をさらに確実にするためには、土壌改良を進めるとともに、タンパク質含量による区分出荷の必要が今後生ずるものと考えられる。

## 謝 辞

本研究に際し、小麦の試料収集には十勝清水町西十勝農業センター及び農協サイロ(株)の、米の試料収集にはホクレンパールライス札幌工場、北海道中央食糧(株)及びJA中村(現JA岩見沢)の、ダイズの試料収集にはホクレン農業協同組合連合会雑穀課及び長沼町宮井農場のご協力を得た。試料の分析は修士論文及び卒業論文としてともに研究した本講座卒業生の河野慎一、伊藤顕治、藤田卓芳、諸澤英治、牛久保琢也、浜井陽一の諸氏に負うところが多い。ここに記して謝意を表する。

## 引用文献

- 夏賀元康：近赤外分光法による穀物の品質測定(第2報)近赤外分光法による穀物の成分測定，北大農邦文紀，**19**(3)，295-331，1994
- 水野直治：北海道の稲作，北海道協同組合通信社，123，1992
- 柳瀬肇，大坪研一ら：米のタンパク質含量と米飯テクスチャならびに炊飯特性，食総研報，**45**：118-122，1984
- 平春江，平宏和ら：大豆の粒度・品種および栽培年度が化学成分組成におよぼす影響—第1報 タンパク質・炭水化物および灰分含量，食総研報，**29**：27-34，1974
- 森園岩夫：国内産小麦タンパク質の地域的年次的変動，第2回「小麦と小麦粉」研究会，講演要旨，7-16，1988
- 近藤和夫，北原操一ら：コムギの登熟性に関する研究，東北農業研究，**31**：73-74，1982
- 児玉徹，金田吉弘ら：気象要因が秋蒔小麦の収量及び収量関連形質に及ぼす影響，東北農業研究，**35**：59-60，1984
- 飯塚親弘，新井文男：小麦の生育に及ぼす気温の影響と生育予測，群馬農業研究，A総合第4号，45-50，1987
- 後藤虎男：コムギ子実のたんぱく含量に及ぼす環境要因の影響—国際冬小麦連絡試験の解析による一，東北農業研究，**27**：91-92，1980
- 農林水産省北海道統計情報事務所編：北海道の農業情勢 平成2年～平成3年，15-29，1992
- 農林水産省北海道統計情報事務所編：北海道の農業情勢 平成3年～平成4年，15-29，1993
- 北海道の畑作技術—麦類編—，農業技術普及協会，113，1978
- 佐藤彰子：小麦のタンパク質含量安定化技術の開発，農業および園芸，**66**(5)，567-574，1991
- 本庄一雄：米のタンパク質含量に関する研究(第1報)タンパク質含有率の品種間差異ならびにタンパク質含有率に及ぼす気象環境の影響，日作紀，**40**：183-189，1971
- 前重道雅：米の食味関連要因の変動に関する研究(第3報)玄米タンパク質含量におよぼす登熟気温の影響，広島県立農業試験場報告，**44**：39-44，1981
- 徐錫元，茶村修吾：玄米の蛋白質，燐，カリウム含有率の品種間差異，およびそれらに及ぼす登熟期間の気温としゃ光の影響，日作紀，**49**(2)，199-204，1980
- 北海道土壌図—農牧地および農牧適地—，北海道農業試験場，1985
- 茶村修吾，川瀬金次郎ら：米の食味と土壌型との関係(第1報)土壌型とその化学的性質が水稻の生育，食味に及ぼす影響，日作紀，**41**：27-31，1972
- 茶村修吾，本田康邦ら：米の食味と土壌型との関係(第1報)米粒の物理化学的性質と食味との関係，日作紀，**41**：244-249，1972
- 中西秋四郎，山本勝久ら：米質に及ぼす土壌肥料的要因に関する研究(第1報)水稻の土壌型における食味と理化学性，愛知県農業総合試験場研究報告A(作物)第4号，69-74，
- 平宏和，平春江ら：同一部落で生産された玄米のタンパク質含量におよぼす土壌型の影響，食総研報，**33**：86-88，1978
- 水野直治：北海道の稲作，122-129，1992
- 前田要：北海道の強粘質水田の理工学特性と排水不良対策に関する研究，北海道立農業試験場報告，**42**：1-3，1983
- 平宏和：米のタンパク質，脂質，稲と米—品質をめぐって—，農林水産省農業研究センター編，103-129，1988

## Summary

### Grain Quality Determination by Near-Infrared Spectroscopy

**(Part 3) Changes in the distribution of constituent contents of grain made through the drying and preparation process, and changes in the constituent contents of grain depending upon production districts and different harvest years.**

#### (1) Changes in the distribution of constituent contents of grain made through the drying and preparation processes

It is essential for producing quality grain to find out changes in the distribution of quality-related constituent contents of grain through the drying and preparation processes, to know what kind of mechanisms affect these changes, and then to rationalize each process. With this in mind, research was done to make clear the changes. The research focused on constituent contents such as protein and oil in wheat, rice and soybeans, which are important indices of grain quality. Results were as follows:

1) Through the drying and preparation process of wheat, its initial wide distribution of protein content became narrower and more uniform after the preliminary drying.

Through the fine preparation process, underdeveloped kernels were removed as screenings, and the standard deviation of protein content distribution after the fine preparation process became smaller than that after the finish of the drying process. As a result, wheat quality was improved.

2) The protein content of rough rice when entered the drying and preparation process varies depending on the farm or field, and, accordingly, differences in taste quality among them would be expected.

Protein content distribution, which initially had wide distribution, became narrower and more uniform after the preliminary drying.

Hulled brown rice was separated into protein-poor product and protein-rich immature kernels through the separating process. Good-tasting rice could be sorted through the separating process.

3) Initial wide distributions of soybeans' protein and oil content became narrower after drying because these substances were mixed well through the drying process. Also, soybeans' protein and oil content distributions of refined soybeans separated as product

were narrow enough for the final product.

Screenings separated through the shape separating process had a higher protein content than a product put through the shape separating process and it was found that these separatings were sufficiently useful for protein extraction. Also, screenings through the roll separating process were sufficiently useful for protein and oil extraction.

#### (2) Changes in protein content distribution of wheat grown in the Tokachi region of Hokkaido depending upon production districts and different harvest years

Over two years from 1991 to 1992, using the wheat cultivar Chihoku grown in the Tokachi region of Hokkaido, investigations regarding the differences in the constituent content distribution among production districts, and differences in the constituent content distribution among production districts, and differences depending upon harvest years, were carried out. Results were as follows:

1) The district-averaged protein contents in 1991 were 11.4% for Toyokoro-cho as the lowest and 12.5% for Shimizu-cho as the highest, the difference being 1.1%. In 1992, they were 12.7% for Sarabetsu-cho as the highest and 11.2% for Urahoro-cho as the lowest, a difference of 1.5%.

The protein content distribution of Tokachi-grown samples in 1991 was 13.4% maximum, 10.9% minimum and 12.0% average. In 1992, the distribution was 13.1% maximum, 10.7% minimum and 12.0% average. Regarding protein, it could be said that production had been stable for the whole Tokachi region.

The ANOVA results for protein content distribution among agricultural cooperatives showed that the production district (i.e. the agricultural cooperative) significantly affected protein content distribution at a 1% level. A t-test for district-averaged protein content showed that the difference was significant when it exceeded 0.1%.

2) Regarding the relationship between the protein content of wheat and meteorological conditions in 1991, there were significant positive correlations between protein content and accumulated air temperatures during April to August and during May to August,  $r=0.56^*$  and  $r=0.54^*$ , respectively, at a 5% level, but in 1992 there were no significant correlations. There are many factors affecting wheat

growth including soils, meteorological conditions, fertilization and so on. Therefore it was concluded that the effects of those factors on protein content may differ from year to year. As a result, there occurred two cases, in one of which changes of protein content distribution could be explained by meteorological conditions, and in the other they could not be explained in this way.

3) The protein content distribution of the wheat cultivar Chihoku produced in the same district (the same agricultural cooperative), differed  $-0.6$ – $+0.8\%$  among 1991 and 1992. To produce quality wheat for the whole Tokachi region, it is considered that farm management which includes more careful fertilization is necessary.

### **(3) Changes in protein content distribution of Hokkaido-grown brown rice depending upon production districts and different harvest years**

Over two years from 1991 to 1992, using the Hokkaido-grown brown rice cultivar Kirara 397, investigations were carried out regarding the differences in the constituent content distribution depending upon

production districts and harvest years. Results were as follows:

1) There were differences in protein content distribution among production districts. The difference between the maximum and minimum district-averaged protein content was 1.8%, and, accordingly, differences in taste quality would be expected.

2) Averaged protein content was 9.2% in 1991 and 8.8% in 1992, while the difference between these years was statistically significant at a 1% level.

3) It was difficult to explain the differences among districts by meteorological conditions.

4) Regarding the relationship between soil conditions and protein content, protein-rich districts frequently had peaty soils, which is usual in Hokkaido. It was concluded that, within the scope of this study, the protein content of brown rice was affected by soil conditions rather than meteorological conditions.

5) To more firmly establish the status of cultivar Kirara 397 as a good-tasting rice, soil improvements should be advanced. Also, it will be expected that the rice should be shipped after sorting depending on the protein content in the near future.