HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	米共同乾燥調製施設における近赤外分光法による米成分分析の精度
Author(s)	藤田，秀夫；川村，周三；吉田，慎一
Citation	農業機械学会北海道支部会報，50，53-60
Issue Date	2010
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/71300
Type	journal article
File Information	Ka2010-4 NIR for Rice Publishe.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

研究論文（査読なし）

農機北支部報50：53～60，2010

米共同乾燥調製施設における近赤外分光法による米成分分析の精度

藤田　秀夫*1・川村　周三*2・吉田　慎一*3

要　旨

北海道の米共同乾燥調製施設における米成分の測定精度を明らかにするために，共乾施設と同様の条件で近赤外分析計の測定精度を検証した。その結果，米の水分とタンパク質の測定は精度が高いことが確認された。近赤外分析計の安定した高い測定精度を維持するために，定期的な測定精度の検証と必要に応じた検量線の更新が重要である。

［キーワード］品質検査，水分，タンパク質，検量線

Accuracy of Determination of Rice Constituent Contents by Near-infrared Spectroscopy at Rice Grain Elevators

Hideo FUJITA*1，Shuso KAWAMURA*2，Shinichi Yoshida*3

Abstract

We performed analysis using near-infrared spectrometry under the same conditions at rice grain elevators in order to show the accuracy of near-infrared spectroscopy performed at rice grain elevators in Hokkaido for determining rice constituent contents. Validation statistics indicated that estimation by near-infrared spectroscopy of moisture content and protein content in rice was sufficiently accurate for practical use. Periodical inspection for accuracy and updating of calibration models are essential for maintaining a high level of performance of a near-infrared spectrometer.

［Keywords］quality inspection, moisture content, protein content, calibration model

I　緒　　言

1960年代からアメリカやカナダにおいて近赤外分光法による穀物の成分分析の研究が行われてきた（岩元ら，1994）。その結果，近赤外分光法は1975年にはカナダで，1978年にはアメリカで小麦タンパク質の測定に利用され始め，1982年にはAmerican Association of Cereal Chemists（AACC）により小麦タンパク質の公定分析法として採用された。近赤外分光法を米の成分分析に応用するための研究も行われ，1986年にはわが国で米の成分分析計が開発された（Hosaka et al.，1987）。当時は精白米を粉砕して水分やタンパク質を測定する反射型分析計であったが，近赤外分光技術の進歩により玄米での測定や，全粒（粉砕しないで粒のまま）での非破壊測定を行う透過型分析計が普及してきた。また，使用波長が短波長近赤外線になり，ディテクタが比較的安価なシリコンフォトダイオードが使用可能になった。さらに，米の水分やタンパク質だけでなくアミロースの測定や（Delwiche et al.，1995），米の食味官能評価の推定（川村ら，1991；三上ら，2000；Qingyun et al,. 2007）などにも応用されるようになったが，これらの測定精度は水分やタンパク質に比べると良くないとされている。現在近赤外分光法は小麦や米だけでなく様々な農産物の成分分析に利用されるようになり，測定精度も向上している。

わが国において，近赤外分析計が米の生産現場で使わ

＊1　北海道大学大学院農学院　食品加工工学研究室（060-8589 札幌市北区北９条西９丁目，TEL 011－706－2558，E-mail：hideofujita@bpe.agr.hokudai.ac.jp）Graduate School of Agricultural Science, Hokkaido University, Sapporo 060-8589, Japan

＊2　北海道大学大学院農学研究院　食品加工工学研究室（060-8589 札幌市北区北９条西９丁目，TEL 011－706－2558，E-mail：shuso@bpe.agr.hokudai.ac.jp）Graduate School of Agricultural Science, Hokkaido University, Sapporo 060-8589, Japan

＊3　ホクレン農業総合研究所　食品研究室　食品加工研究課（060-0906 札幌市東区北６条東７丁目375番地，TEL 011－742－5441，E-mail：yosida-sinichi@hokuren.jp）Hokuren Agricultural Research Institute, Sapporo 060-0906, Japan

れたのは，北海道で米の自動品質検査システムが開発されてからである（Kawamura et al., 1999, 2003）。米の共同乾燥調製施設では，一日に多数の荷受を行うため，成分測定は迅速な方法でなければ対応できない。そこで近赤外分光法を利用し玄米の水分とタンパク質を測定し，品質ごとに分別してその後の乾燥調製を行う技術（いわゆる下見検査システム，自主検査システム）が普及している。このシステムで近赤外分析計は荷受籾や乾燥籾（出荷玄米）の品質検査に用いられている。

近赤外分光法を用いた玄米および精白米の水分とタンパク質の測定精度は良いことが報告（Delwiche et al., 1996；長谷川ら，1995；川村ら，2002；Kawamura et al., 2003）されている。ところが，これらは研究室で検量線を作成しその測定精度を検証した例が多く，共乾施設で近赤外分析計を用いた場合の実用現場での測定精度に関する報告は少ない。

藤田ら（2009）の報告で共乾施設における小麦成分分析の測定精度は良いことが確認された。本報では，共乾施設の測定時と同様の条件で北海道米の玄米および精白米の水分とタンパク質を測定した際の精度を明らかにすることを目的に，2006年，2007年，2008年の3年間にわたり試験を行ったので，その結果を報告する。

Ⅱ　方　　法

1．近赤外分析計

近赤外分析計は静岡製機製近赤外透過型分析計（BRシリーズ，図1）に米専用の水分とタンパク質測定の検量線を組込んだものである。供試近赤外分析計の主要諸元を表1に示した。供試機は，従来から北海道の共同乾燥調製施設で普及していた静岡製機製近赤外分析計（GSシリーズ，QSシリーズ）に替えて，2005年から新たに導入され始めた最新機種である。

検量線は静岡製機が作成したものである。検量線作成には850～1048nmの範囲で2nm毎の100波長（透過光の吸光度（log（1/T））スペクトル）を使用した。スペクトルの前処理としてMean center処理とMultiplicative scatter correction（MSC）処理を行い，Partial least squares（PLS）回帰分析法により検量線を作成した。検量線作成にはThermo Scientific社製のソフトウェアGRAMS/AI ver. 7. 02を用いた。

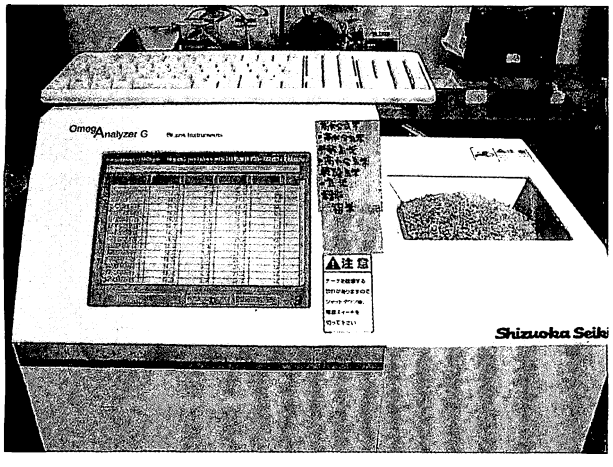


図1　近赤外透過型分析計

2006年の試験では，2003年，2004年，2005年産の3年間の北海道産米のデータを基に作成した検量線を用いた。2007年の試験では上記の検量線に2006年北海道産米のデータを加え，2008年の試験ではさらに2007年北海道産米のデータを加え，改めて作成した検量線を用いた。本研究で使用した検量線は，いずれも北海道内の米の共乾施設で使用する検量線と同じであった。

2．試験場所と時期

試験は2006年，2007年，2008年3年間共に北海道大学農学研究院において，9月下旬から11月下旬におこなった。

3．供試材料

2006年の米試料として北海道各地から5品種（おぼろづき17点，きらら397　34点，大地の星2点，ななつぼし34点，ほしのゆめ24点，合計111点）を，2007年の米試料として北海道各地から9品種（あやひめ1点，おぼろづき13点，きらら397　32点，大地の星6点，ななつぼし35点，ふっくりんこ2点，ほしたろう1点，ほしのゆめ33点，ゆきまる1点，合計124点）を，2008年の米試料として北海道各地から9品種（彩1点，あやひめ2点，おぼろづき12点，きらら397　34点，大地の星3点，ななつぼし41点，ふっくりんこ11点，ほしのゆめ18点，ゆめぴりか10点，合計132点）を収集した（表2）。2008年のゆめぴりかは乾燥玄米を入手したが，その他の試料は生籾を入手した。試料が生籾の場合は，米水分が高いことによる品質劣化を防止するため，各地で採取した試料は冷蔵宅配便（約3℃）でただちに北海道大学農学部に送付し，冷蔵庫で保管した。

なお，2008年の時点で，ゆめぴりかはまだ一般栽培されていなかった。ホクレン農業総合研究所のご協力により，2008年に試験栽培されたゆめぴりかを入手し，試料に加えた。

4．測定手順

入手した生籾の一部をインペラ式籾摺機で脱ぷし，生玄米試料とした。続いて，生玄米で全粒（粉砕しない米粒）の状態で近赤外分析計を用いて水分とタンパク質を測定した。同時に水分基準分析のための試料を採取した。近赤外分析計による測定では，1度に450g強の試料を試料ホッパに入れた。測定を開始すると近赤外分析計は自動的に試料を測定セルに入れ（セルの光路長：30mm）近赤外スペクトルを測定する。近赤外分析計は，このスペクトルの測定を自動的に7回反復し，7回の測定の平均値（水分とタンパク質の測定値）を表示する。

表1　供試近赤外分析計（BR シリーズ）の主要緒元

測定方式	近赤外透過式，測定波長範囲：730～1100nm，0.5nm 毎 検量線の作成は，850～1048nm で 2 nm 毎の100波長を使用し，Partial Least Squares（PLS）法により作成する
測定対象	玄米，精米(オプション：小麦の測定ではパスレングスリミッターを交換する)
測定項目	玄米：水分，タンパク質，アミロース，脂肪酸度，スコア，光路長30mm 精米：水分，タンパク質，アミロース，スコア，光路長30mm 小麦：水分，タンパク質，光路長22mm
測定時間	約60秒（推奨測定回数の 7 回反復測定の場合）
サンプル量	約550mL，玄米で約450g（7 回測定の場合）
サンプル前処理	不要（全粒測定）
搭載 PC 機能	OS : Windows98SE CPU : Pentium Ⅱ（166MHz）HDD：18GB（ユーザー領域） ソフトウェア：オメガ・ソフトウェア
検量線記憶容量	制限なし
データ及び検量線移植	USB 接続の外部入出力装置，LAN
データ保存	本体内メモリー，外部出力
表示方式，表示内容	大型タッチパネル（バックライト付），測定年月日，品目，測定値等
外部出力端子	パラレル：1，シリアル：1，USB：2，LAN：1 外部モニター，キーボードまたはマウス
電源，消費電力	AC100V±10%，50/60Hz，80VA
使用環境温度	5℃～30℃，相対湿度80%以下（結露なきこと） 穀温は 5℃～30℃で，装置との温度差が10℃以内のこと 室温（15～25℃）に対し，穀温が±10℃変動した時はタンパク質測定値の変動が±0.20%以内
寸法，質量	幅585×高さ470×奥行385mm（取っ手の突起を含まず），約35kg

表2　供試米

年	彩	あやひめ	おぼろづき	きらら397	大地の星	ななつぼし	ふっくりんこ	ほしたろう	ほしのゆめ	ゆきまる	ゆめぴりか	合　計
2006	0	0	17	34	2	34	0	0	24	0	0	111
2007	0	1	13	32	6	35	2	1	33	1	0	124
2008	1	2	12	34	3	41	11	0	18	0	10	132

1度の測定が終了し測定値を表示した後に，改めて450 g 強の試料を試料ホッパに入れた。これを1試料に付き3度反復し，3点の測定値を得た。

生玄米測定後，得られた水分値を参考にして生籾をテストドライヤで乾燥し（図2），半乾燥籾と乾燥籾を調製した。そして半乾燥籾と乾燥籾を脱ぷし，半乾燥玄米と乾燥玄米を調製した。得られた半乾燥玄米と乾燥玄米を用いて，それぞれ上記と同様な手順で半乾燥玄米と乾燥玄米の水分とタンパク質を測定した。さらに，残った乾燥玄米をサタケ製精米機（TWO-IN ONEPASS, MCM -250）を用いて歩留が90.5±0.2%となるように搗精し，精白米を調製した。上記と同様な手順で精白米の水分とタンパク質を測定し，それと同時に水分とタンパク質の基準分析のための試料をそれぞれ採取した。

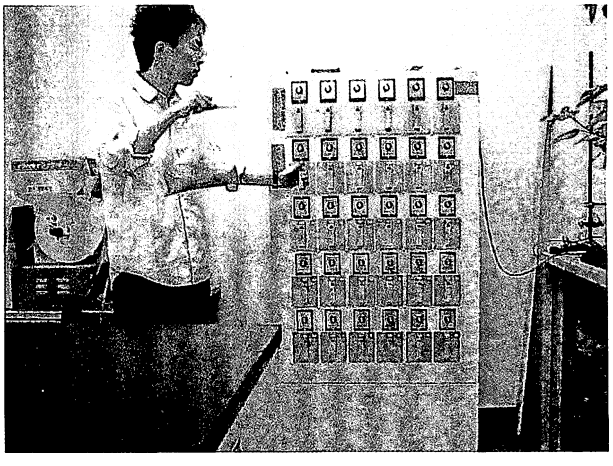


図2　テストドライヤによる籾の乾燥

5．基準分析

(1) 水分

近赤外分析計を用いて測定した直後の試料（生玄米，半乾燥玄米，乾燥玄米，および精白米）の水分を測定した。水分は炉乾法（10g，粒，135℃，24h法）で測定した。炉乾法ではオーブン周囲の空気中の絶対湿度により，測定した水分値に誤差が生じる。そこで水分測定中のオーブン周囲の絶対湿度を測定し，農業機械学会の換算式（山下，1976）により絶対湿度が0.008kg/kgにおける水分値に換算した。さらに農業機械学会の換算式（山下，1976）により，食糧庁の標準計測法（5g，粉砕，105℃，5h法）による測定値（湿量基準）に換算した。水分の基準分析は同一試料につき三反復測定した。

(2) タンパク質

近赤外分析計を用いて測定した後の試料（精白米）のタンパク質を測定した。タンパク質はケルダール法により測定し，乾物基準で表した。タンパク質の基準分析は同一試料につき二反復測定した。

Ⅲ 結果と考察

1．基準分析値

表3に試料の基準分析値を示した。玄米水分は2006年の最大値が31.1%と，2007年の27.2%，2008年の28.8%に比べて高かった。また，最小値は2006年が12.8%と，2007年の10.9%，2008年の11.2%に比べてやや高かった。平均値は2006年が19.3%，2008年が19.2%とほぼ同じであったのに対して，2007年は16.5%と低かった。玄米水分の標準偏差（SD）は2006年が4.63%，2008年が4.86%と同程度であったのに対して，2007年が3.44%とやや低く，水分の変動が小さかった。玄米水分の基準分析の反復測定の標準誤差（SE）は2006年から順に0.04，0.03，0.05%と小さく，精度の良い基準分析であった。

精白米水分の最大値は2006年が18.4%，2007年が17.0%，2008年が16.9%と，年によって変動があった。また，最小値は2006年が12.6%と，2007年の11.0%と，2008年の11.3%に比べてやや高かった。平均値は2006年が14.8%，2008年が14.6%とほぼ同じであったのに対して，2007年は13.4%と低かった。精白米水分の標準偏差（SD）は2006年が1.09%，2007年が1.14%，2008年が1.28%とほぼ同程度であった。精白米水分の基準分析の反復測定の標準誤差（SE）は2006年から順に0.03，0.01，0.02%と小さく，精度の良い基準分析であった。

精白米タンパク質の各年の最大値は2006年から順に9.4，10.1，10.0%，最小値は2006年から順に5.8，6.2，5.8%，平均値は7.5，8.1，7.5%と同程度で，標準偏差も0.77，0.93，0.90%と同程度であった。また，標準誤差も2006年から順に0.04，0.02，0.02%と各年同程度で，精度の良い基準分析であった。

なお，近赤外分析計による反復測定の標準誤差は，基準分析による反復測定の標準誤差と同程度であり，反復測定の精度は良いと判断した。

2．玄米と精白米の水分の測定精度

玄米と精白米の水分の測定精度を表4に示した。表中の回帰式は近赤外分析計による測定値（x）から基準分析による測定値（y）を回帰したものである。この回帰

表3 供試玄米および精白米の基準分析値

項目	玄米水分（%，w.b.，105℃）			精白米水分（%，w.b.，105℃）			精白米タンパク質（%，DM）		
	2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008
試料数	321	370	376	109	124	115	109	122	132
最大値	31.1	27.2	28.8	18.4	17.0	16.9	9.4	10.1	10.0
最小値	12.8	10.9	11.2	12.6	11.0	11.3	5.8	6.2	5.8
平均値	19.3	16.5	19.2	14.8	13.4	14.6	7.5	8.1	7.5
SD	4.63	3.44	4.86	1.09	1.14	1.28	0.77	0.93	0.90
SE	0.04	0.03	0.05	0.03	0.01	0.02	0.04	0.02	0.02

SD：標準偏差（Standard deviation），SE：反復測定の標準誤差（Standard error）

表4 玄米水分および精白米水分の測定精度

年	測定対象	n	r^2	Bias(%)	SEP(%)	RPD	Regression line
2006	玄米	321	0.99	−0.05	0.42	10.9	y=1.04x−0.86
	精白米	109	0.98	0.03	0.19	5.7	y=0.91x+1.37
2007	玄米	370	0.99	0.32	0.53	6.6	y=0.89x+1.53
	精白米	124	0.99	−0.34	0.30	3.8	y=0.81x+2.88
2008	玄米	317	>0.99	−0.09	0.19	25.2	y=0.99x+0.25
	精白米	115	0.99	−0.13	0.11	12.0	y=1.00x+0.10

式（$y=ax+b$）のaが1に近いほど，またbが0に近いほど，測定精度が良いことを表す。決定係数（r^2）はxとyの相関係数の二乗であり，これが1に近いほど，測定精度が良いことを表す。Biasはxとyの差（誤差，残差）の平均である。Standard error of prediction（SEP）はxとyの差の標準偏差（予測標準誤差）である。BiasとSEPは共に0に近いほど測定精度が良いことを表す。Ratio of SEP to SD（RPD）はyの標準偏差(Standard deviation(SD))とSEPとの比(SD/SEP)を示したもので，この値が大きいほど精度が良いことを表す。

2006年，2007年，2008年共に水分の測定精度は全体的に良かった。しかし詳細にデータを検討すると，2006年と比較して2007年の測定精度はやや劣った。これは，2007年の試験では低水分（約13%以下）の試料が多かったためである。すなわち，2007年に使用した検量線は，検量線作成時の試料の中に水分13%以下の試料が少なかったため，低水分の試料を測定すると近赤外分析計の測定値と基準分析値との差が大きくなる傾向が見られた。一方で，2006年，2007年と比較して2008年の測定精度は最も良かった。すなわち，2006年，2007年に比較して2008年は回帰式がより$y=x$に近くなり，Bias，SEPが0に近くなった。同様に，RPDが大きくなり，水分の測定精度は非常に良いことが確認された（図3，4)。これは，2007年の試験時に得られた水分13%以下のデータを検量線に組み込んだことで，低水分の試料も精度良く測定できるようになったためである。Williams（2001）によれば，RPDが8.1以上であれば，その検量線はどのような分析（Any application）にも使えるExcellentな精度であるとされている。したがって玄米および精白米の水分の測定精度は非常に良いことが確認された。

2006年は過去3年間（2003，2004，2005年）のデータから作成した検量線を用いて測定した。2007年は，過去4年間（2003，2004，2005，2006年）のデータから作成した検量線を用いて測定した。さらに，2008年は，過去5年間（2003，2004，2005，2006，2007年）のデータから作成した検量線を用いて測定した。このように，検量線作成データの収集年数を増やし，データの範囲を広げたことで，より安定した精度の高い（ロバストな，robust）水分の測定が可能となった。

3．玄米を測定して精白米タンパク質を推定した際の測定精度

玄米のタンパク質と，その玄米を搗精した精白米のタンパク質とは同一ではなく，玄米に比較しておおよそ1%程度精白米のタンパク質が低い値を示す。これは，米粒の中で胚乳部に比較して糠層のタンパク質が相対的に多いためである。そこで北海道では，近赤外分析計で測定した米のタンパク質の表示は，玄米を測定した場合でも精白米のタンパク質の値を表示することとしている。

玄米を測定して精白米タンパク質を推定した際の測定精度を表5に示した。また，結果の一例として図5に2008年の測定精度を示した。2006年，2007年，2008年共にタンパク質の測定精度は全体的に良かったが，2006年，2008年の回帰式にはややスキューがかかっていた（回帰式のxの係数が1.0からはずれていた)。しかし，SEPは3年間とも0.17%程度であり，RPDは2006年が4.4，2007年が4.9，2008年が5.7と徐々に大きくなった。Williams（2001）によれば，RPDが5.0以上であれば，その検量線は品質管理（Quality control）に使えるGoodな精度であるとされている。したがって玄米を測定して精白米タンパク質を推定した際の測定精度は良いことが

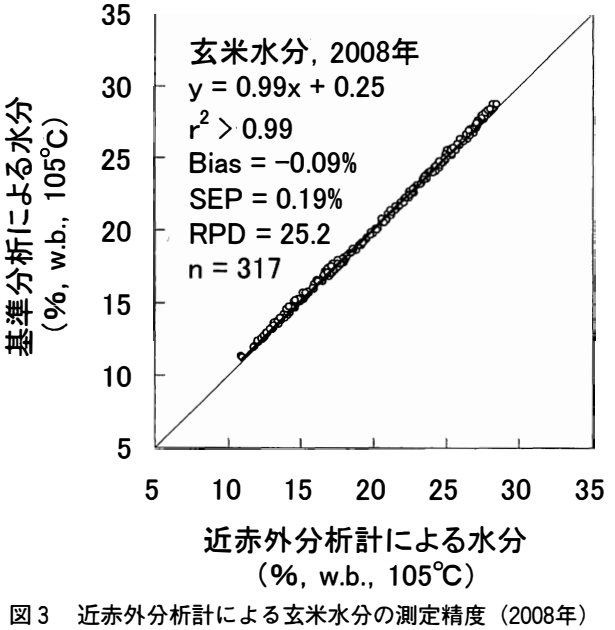


図3　近赤外分析計による玄米水分の測定精度（2008年）

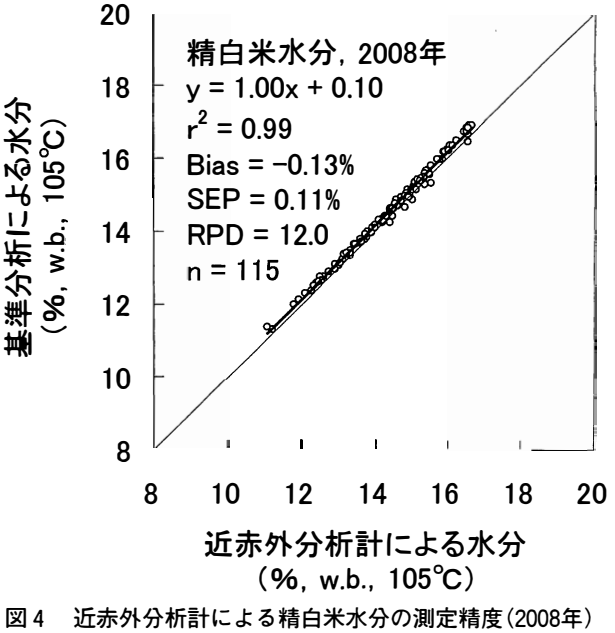


図4　近赤外分析計による精白米水分の測定精度(2008年)

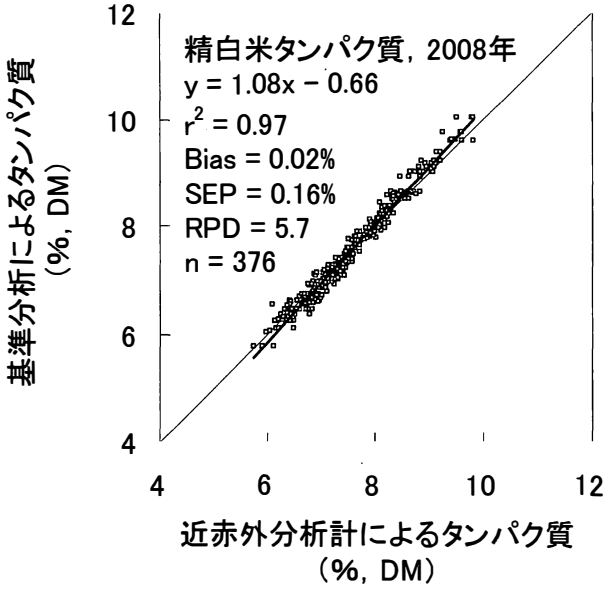


図5　近赤外分析計による精白米タンパク質の測定精度（玄米を測定して精白米タンパク質を推定，2008年）

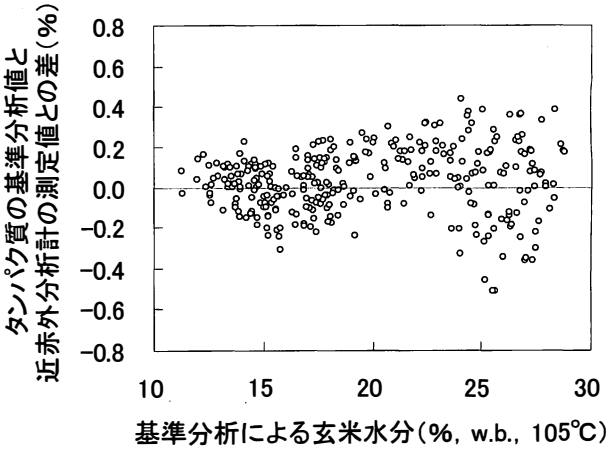


図6　基準分析による玄米水分およびタンパク質の基準分析値と近赤外分析計の測定値との差（2008年）

確認された。

図6に玄米水分の基準分析値と，タンパク質の基準分析値と近赤外分析計の測定値との差の関係を2008年の例で表した。この図からわかるように，玄米の水分が高いと，タンパク質の基準分析値と近赤外分析計の測定値との差が大きい傾向にあった。これは，高水分玄米では強い吸光係数を有する水が光散乱に対し影響を及ぼすため（岩元ら，1985）であり，また，インペラ式籾摺機で高水分玄米を調製した際に玄米表面に肌ずれが発生し光散乱のノイズとなるためである。

4．精白米を測定して精白米タンパク質を推定した際の測定精度

精白米を測定して精白米タンパク質を推定した際の測定精度を玄米の結果と同じく表5に示した。また，結果の一例として図7に2008年の測定精度を示した。玄米を測定し精白米のタンパク質を推定した場合に比較して，精白米を測定した場合には精白米のタンパク質の推定精度がやや良かった。2008年ではスキューとBiasが小さく，SEPも0.09%と最も小さく，RPDが9.8と最も大きかった。このように，精白米を測定して精白米タンパ

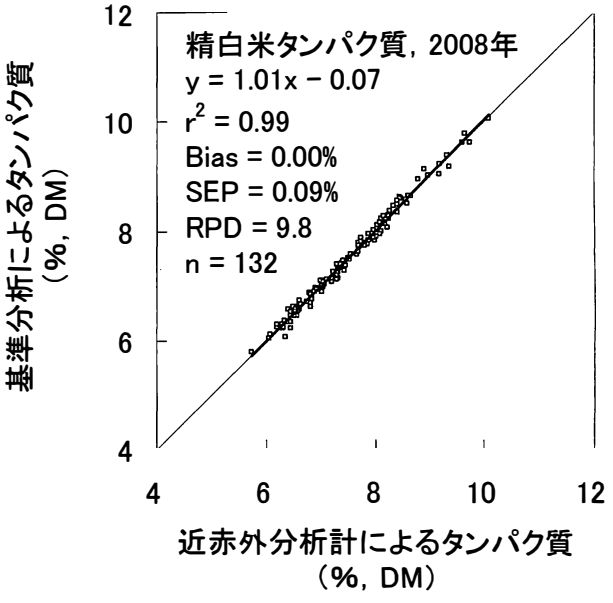


図7　近赤外分析計による精白米タンパク質の測定精度（精白米を測定して精白米タンパク質を推定，2008年）

表5　精白米タンパク質の測定精度

年	測定対象	n	r^2	Bias(%)	SEP(%)	RPD	Regression line
2006	玄米	317	0.95	−0.03	0.17	4.4	y=0.90x+0.74
	精白米	108	0.97	−0.20	0.14	5.3	y=1.00x−0.21
2007	玄米	368	0.96	−0.11	0.19	4.9	y=0.98x+0.24
	精白米	122	0.97	0.15	0.16	6.0	y=0.96x+0.21
2008	玄米	376	0.97	0.02	0.16	5.7	y=1.08x−0.66
	精白米	132	0.99	0.00	0.09	9.8	y=1.01x−0.07

ク質を推定した際の測定精度は非常に良いことが確認された。

5．考察

川村ら（2002）は近赤外透過型分析計（短波長近赤外線使用，600－1100nm）を用い，北海道産玄米の水分測定を行い，その決定係数（r^2）は0.98，SEPは0.13%であったと報告している。長谷川ら（1995）は近赤外透過型分析計（短波長近赤外線使用，800－1100nm）を用い，山形県産精白米の水分測定を行い，その相関係数（r）は0.98，SEPは0.08%であったと報告している。

さらにKawamura et al.（2003）は先とは別の近赤外透過型分析計（短波長近赤外線使用，825－1075nm）を用い，北海道産玄米を測定し精白米タンパク質の推定を行った。その結果，決定係数は0.71，SEPは0.25%であったと報告している。Delwiche et al.（1996）は近赤外反射型分析計（長波長域近赤外線使用，1110－1800nm）を用い，アメリカ産精白米（長粒種と短粒種）のタンパク質の推定を行った。その結果，決定係数が0.966，SEPが0.13%であったと報告している。

これらの報告と比較して，本研究の水分の測定精度はほぼ同程度であった。しかし，測定対象試料の水分の範囲を比較すると，川村ら（2002）の玄米水分範囲は15.0－18.2%であったのに対し，本研究の玄米水分範囲は3年間合わせて10.9－31.1%と範囲が広かった。同様に長谷川ら（1995）の精白米水分範囲は12.0－14.4%であるのに対し，本研究の精白米水分は11.0－18.4%の範囲であった。高水分の試料を測定すると，単粒水分のバラツキが大きいため，一般に測定精度は低下する。本研究では生玄米（高水分玄米）や比較的高水分の精白米を測定したにもかかわらず，その測定精度は既往の報告と同程度であり，良い精度であった。また，標準偏差（SD）とSEPの比（SD/SEP＝RPD）が充分に大きく，共乾施設の現場における高い水分測定精度を示していた。

本研究のタンパク質の測定精度は，過去の報告と比較して，同程度もしくは精度が良かった。過去の報告では検量線作成試料と精度検証試料の生産年や産地は同じであった。それに対して本研究では試料の産地は同じ北海道であるが，測定した年の前年以前の試料から作成した検量線を用いて測定した。すなわち，過去の生産年の試料から作成した検量線で今年の試料を測定するという，実際の共乾施設での近赤外分析計の使用条件と同じ条件で精度の検証を行った。本研究の結果から，北海道の米の共乾施設における近赤外分析計によるタンパク質の測定精度は，現場での測定精度として十分に高精度であることが示された。

本研究では2006年，2007年，2008年と3年にわたり試験を行ったが，水分とタンパク質共に2008年の測定精度が最も高かった。近赤外分光法による農産物の成分測定では，分析計の定期的な測定精度の検証と，必要に応じた検量線の更新（新たな生産年のデータを追加して検量線を作り直す）ことが高い測定精度（ロバスト性）を維持するために重要であることが示唆された。

Ⅳ　摘　　要

米の共同乾燥調製施設と同じ条件で，近赤外分析計による玄米および精白米の水分とタンパク質の測定精度を検証することを目的に試験を行った。その結果，以下のことが分かった。

1）玄米および精白米の水分とタンパク質の測定において，2006年，2007年，2008年の3年間の中で2008年の測定精度が最も高かった。

2）水が光散乱に対し影響を及ぼすため，高水分試料ではタンパク質の測定誤差が大きくなる傾向が認められた。

3）北海道の米生産現場（共同乾燥調製施設）における水分とタンパク質の測定は高い精度であることが示された。

4）近赤外分析計の安定した高い測定精度（ロバスト性）を維持するために，定期的な測定精度の検証と必要に応じた検量線の更新が重要である。

謝　　辞

本研究を行うにあたり，北海道農業施設協議会および㈱静岡製機の協力を得た。2006年の実験は，当時，食品加工工学研究室4年生の山口拓也さんが卒業論文研究として行った。また，2008年の実験は，当時，食品加工工学研究室4年生の芝岡伸さんが卒業論文研究として行った。また，ゆめぴりかの入手ではホクレン農業総合研究所の協力を得た。ここに記して関係各位に謝意を表す。

引用文献

Delwiche, S. R., Bean, M. M., Miller, R. E., Webb, B. D., Williams, P. C., 1995. Apparent Amylose Content of Milled Rice by Near-Infrared Reflectance Spectrophotometry. Cereal Chemistry, 72(2), 182-187

Delwiche, S. R., McKenzie, K. S., Webb, B. D., 1996. Quality Characteristics in Rice by Near-Infrared Reflectance Analysis of Whole-Grain Milled Samples. Cereal Chemistry, 73(2), 257-263

藤田秀夫，川村周三，2009．小麦共同乾燥調製施設における近赤外分光法による小麦成分分析の精度，農機北支部報，49，39-45

長谷川正俊，今野　周，加藤賢一，武田正宏，1995．透過型近赤外分析機（インフラテック）による良食味米生産のための食味関連成分の迅速測定法（第1報），日作東北支部報，38，121-122.

Hosaka, Y., 1987. Evaluation of Taste of Rice by Means of Near Infrared. Proceedings of International Symposium on Agricultural Mechanization and Interna-

tional Cooperation in High Technology Era, JSAM, Tokyo Japan, 357-360.

岩元睦夫，1980．近赤外分光法による食品成分の非破壊測定．日食工誌，27(9)，46-54.

岩元睦夫，魚住　純，1985．近赤外分光法による食品の非破壊品質測定―最近の動向―日食工誌．32(9)，71-81.

岩元睦夫，河野澄夫，魚住　純，1994．近赤外分光法入門．幸書房，東京，ISBN4-7821-0127-9C3058.

川村周三，夏賀元康，樋元淳一，伊藤和彦，1991．近赤外分光法と官能試験法とによる米の食味評価，農機誌，53(6)，93-96.

Kawamura, S., Natsuga, M., Itoh, K., 1999. Determination of undried rough rice constituent content using near-infrared transmission spectroscopy. Trans. ASAE, 42(3), 813-818.

川村周三，竹倉憲弘，伊藤和彦，2002．近赤外透過型分析計による米の成分測定の精度とその改善，農機誌，64(1)，120-126.

Kawamura, S., Natsuga, M., Takekura, K., Itoh, K., 2003. Development of an automatic rice-quality inspection system. Computers and electronics in agriculture, Elsevier, 40, 115-126.

三上隆司，柏村　崇，土屋義信，西尾尚道，2000．可視光および近赤外光による米飯の官能値評価，日食工誌，47(10)，787-792.

Qingyun, L., Yeming, C., Mikami, T., Kawano, M., Zaigui, L., 2007. Adaptability of four-samples sensory tests and prediction of visual and near-infrared reflectance spectroscopy for Chinese *indica* rice, Journal of Food Engineering, 79, 1445-1451.

Williams, P. C., 2001. Near-Infrared Technology : in the Agricultural and Food Industries (Second Edition). Ed. by Williams P. C., Norris K., American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, 145-169.

山下律也，1976．穀物の含水率測定方法基準についての提案．農機誌，37(3)，445-451.