



Title	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
Author(s)	川村, 周三; 竹倉, 憲弘; 伊藤, 和彦
Citation	農業機械学会誌, 64(1), 120-126 https://doi.org/10.11357/jsam1937.64.120
Issue Date	2002
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/70947
Rights	© 農業機械学会
Type	journal article
File Information	64_120.pdf



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*

川村周三^{*1}・竹倉憲弘^{*1}・伊藤和彦^{*1}

要 旨

穀物共同乾燥調製施設での自主検査における実用的な使用を想定し、市販の近赤外透過型分析計による米の成分測定の精度を検証した。さらに分析計のフィルタ部およびキャリブレーションの改良をおこない、測定精度の向上を試みた。その結果、水分の測定精度は決定係数 (r^2) が 0.98, 標準誤差 (SEP) が 0.13%, バイアス (Bias) が -0.02% であり, タンパク質の測定精度は $r^2=0.90$, SEP=0.17%, Bias=0.01% であった。すなわち, 水分とタンパク質の測定値は基準分析に換えて利用できる良い精度であった。この分析計は, 温度が 10°C から 30°C までの範囲の玄米, および粳混入率が 10% 以下の玄米に対して, 水分とタンパク質を精度良く測定することが可能であった。

[キーワード] 近赤外分光法, NIR, 米, 水分, タンパク質, 脂肪酸度, アミロース, 穀物共同乾燥調製施設, 自主検査

Accuracy in Determination of Rice Constituent Contents Using Near-infrared Transmission Spectroscopy and Improvement in the Accuracy*

Shuso KAWAMURA^{*1}, Kazuhiro TAKEKURA^{*1}, Kazuhiko ITOH^{*1}

Abstract

The accuracy in determination of rice constituent contents using near-infrared transmission (NIRT) spectroscopy was validated. A commercial NIRT spectrometer, which was considered to be applicable to practical use for quality inspection at a rice grain elevator, was used in this study. The accuracy of the spectrometer improved after modifying light filters and calibration models. In the determination of moisture content, the coefficient of determination (r^2) was 0.98, standard error of prediction (SEP) was 0.13%, and bias was -0.02% . In the determination of protein content, r^2 was 0.90, SEP was 0.17%, and bias was 0.01%. These results proved that the spectrometer was sufficiently accurate to be used instead of reference analysis for measuring moisture content and protein content of brown rice. The spectrometer could be also used with sufficiently high accuracy at a grain elevator for samples in a temperature range of 10°C to 30°C and for samples with a rough rice percentage of less 10%.

[Keywords] near-infrared spectroscopy, NIR, rice, moisture content, protein content, free fat acidity, amylose content, grain elevator, quality inspection

I 緒 言

近赤外分光法による米の成分分析計（いわゆる食味計）が 1986 年に開発された¹⁾。初期の分析計は精白米を

粉碎して測定する近赤外反射型分析計であった。その後、「精白米だけでなく玄米でも測定したい」、「測定の際に粉碎の手間を省きたい」という利用者からの要望^{2) 3)}, および近赤外分光技術の進歩により, 玄米や精白米を粒のまま（無粉碎, 全粒）で測定する近赤外透過型分析計が 1990 年代半ばに開発された。現在では 7 社から全粒で測定する近赤外透過型分析計が市販されている。透過型分析計は, 反射型分析計に比べて, 1100 nm 以下の短い波長域と低価格のシリコンセンサを使用して

* 2000 年 4 月 第 59 回農業機械学会年次大会（新潟大学）にて一部講演

*1 会員, 北海道大学大学院農学研究科（〒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）Hokkaido University, Graduate School of Agricultural Science, Sapporo 060-8589 Japan

おり、そのため分析計の価格も低くなっている。その結果、近赤外分光法による米の成分分析計は、穀物共同乾燥調製施設（以後、共乾施設と呼ぶ）などの生産現場から、米穀卸売業や精米加工販売業などの流通加工業界、外食産業などの食品業界まで広く普及している。近赤外分析計の普及により、北海道の共乾施設では荷受した粳をその成分（とくにタンパク質）により分別し、その後の乾燥調製をおこない、成分により価格差をつけることがおこなわれ始めた⁴⁾⁵⁾。

近赤外分光法により米の成分や食味評価を測定した時の精度に関する研究は、既に数多く報告されており^{6)~20)}、とくに水分とタンパク質については高い測定精度であるとされている。これらの報告の多くでは、収集した試料グループ内でキャリブレーションの作成と測定精度の検証をおこない、またキャリブレーションの作成と検証には同一の分析計を使用している。しかし実際の現場における分析計の利用では、キャリブレーションを作成した試料グループとは別の試料を測定し、分析計もキャリブレーションを作成した機器と同一ではない。そのため、近赤外分析計の実用レベルでは、研究レベルよりも精度が低下する可能性がある。ところが実用レベルでの近赤外分析計の測定精度を報告した例は少ない。

そこで本報では、共乾施設の自主検査における実用的な使用を想定し、市販の近赤外透過型分析計による米の成分測定精度の検証をおこない、さらにその測定精度の向上を試みた結果について報告する。また、共乾施設における分析計の利用では、測定前の玄米温度が一定でない場合や試料玄米に粳が混入する場合がある。そこで玄米温度や玄米への粳混入率が精度に与える影響を合わせて報告する。

II 方 法

1. 試料

(1) 試料 A

試料 A は 1996 年に北海道から九州までの 14 道県で生産された水稲うるち玄米 13 品種であり、合計 36 点である。このうち 22 点は北海道産のきらら 397 である。試料 A の各県産米は流通段階で入手した玄米である。試料 A のきらら 397 は、共乾施設で仕上げ乾燥後の粳を入手し、これをロール式粳摺機で粳摺し、玄米とした。粳摺後、玄米中に残存する粳は除去した。

(2) 試料 B

試料 B は合計 48 点であり、すべてが 1998 年北海道産のきらら 397 玄米である。試料 B のきらら 397 は、生産者が粳を一次乾燥し半乾粳として共乾施設に搬入した際に採取した自主検査試料（粳）を入手し、これをインペラ式粳摺機で粳摺し、玄米とした。すなわち、試料 B は共乾施設において荷受時に自主検査をおこない、米の成分により荷受粳を仕分けすることを想定して調製した試料である。

2. 基準分析

玄米水分、玄米タンパク質、玄米脂肪酸度および精白米アミロースについて、以下のように基準分析をおこなった。

(1) 水分

水分は、農業機械学会の公定法である 10 g、粒、135℃、24 時間法により 3 反復測定し、これを食糧庁の公定法である 5 g、粉碎、105℃、5 時間法による値に換算して、湿量基準で示した。

(2) タンパク質

タンパク質は、ケルダール法（三田村理研製 DTP-3）により全窒素量を求め換算係数を 5.95 として算出し、玄米乾物当りの割合として示した。測定は 2 反復または 3 反復した。

(3) 脂肪酸度

脂肪酸度は American Association of Cereal Chemists (AACC) 迅速法により 2 反復測定して求めた。脂肪酸度は、ベンゼンによる脂肪酸抽出液を中和滴定するために要した水酸化カリウムの質量を玄米乾物 100 g あたりのミリグラム数で示した。

(4) アミロース

アミロースはブランルーベ製オートアナライザー II 型（波長 600 nm）により 2 反復または 3 反復測定して求めた。アミロースは精白米デンプン乾物中のアミロースの質量割合で示した。

3. 近赤外分析計による測定

(1) 近赤外分析計

供試分析計として、佐竹製作所製 CTA10A（分析計 A と呼ぶ）および CTA10B（分析計 B と呼ぶ）をそれぞれ用いた。分析計 A および分析計 B ともに市販機種である。分析計 A は試料 A の測定に、分析計 B は試料 B の測定にそれぞれ使用した。分析計 B は、分析計 A の測定精度の検証の後に、後述するような改良をおこなった新機種である。両分析計はいずれも光源にタングステンハロゲンランプを用い、600~1100 nm の波長を利用した固定フィルタ式（10 波長）の透過型分析計であり、ディテクタはシリコンフォトダイオードである。

両分析計に内蔵するキャリブレーションは Partial Least Squares (PLS) 法により、それぞれ作成されている。この分析計のキャリブレーションは分析計メーカーが独自に作成したものであり、キャリブレーション作成のための試料グループは本研究で用いた試料 A や試料 B とは別の試料グループである。供試分析計 A または供試分析計 B のキャリブレーションは、それぞれ同一機種の別の分析計（いわゆる、親機と呼ばれる）を用いてそれぞれ作成したキャリブレーションを各供試分析計（いわゆる、子機と呼ばれる）にそれぞれ移植したものである。すなわち供試分析計 A と供試分析計 B は、キャリブレーションを作成した機器（親機）と測定に使用した機器（子機）が異なるという点において、また、キャリブ

表 1 基準分析結果とその反復測定精度
Table 1 Results and precision of reference analysis

Constituent	Sample group "A"						Sample group "B"					
	n	Mean	Min	Max	SD	SDD	n	Mean	Min	Max	SD	SDD
Moisture content of brown rice (%)	33	15.0	14.3	15.8	0.27	0.02	48	17.0	15.0	18.2	0.83	0.02
Protein content of brown rice (%)	36	8.1	6.4	9.2	0.54	0.07	48	9.7	8.5	10.9	0.54	0.08
Free fat acidity of brown rice (mg)	36	16.9	11.2	36.4	5.84	0.40	48	14.8	10.6	21.7	2.85	0.47
Amylose content of white rice (%)	36	20.6	18.6	22.3	0.79	0.31	48	18.5	17.8	19.3	0.31	0.12

n : number of samples. SD : standard deviation. SDD : standard deviation of difference among repetitions.

表 2 近赤外透過型分析計による米の成分測定精度の検証
Table 2 Validation statistics of near-infrared transmission spectrometers in determination of rice constituent contents

Constituent	Spectrometer	n	SDD	r ²	SEP	Bias	Regression line
Moisture content of brown rice (%)	A	33	0.04	0.64	0.22	-0.23	y = 0.6x + 6.0
	B	48	0.06	0.98	0.13	-0.02	y = 1.0x - 1.0
Protein content of brown rice (%)	A	36	0.07	0.84	0.23	-0.49	y = 1.1x - 0.6
	B	48	0.06	0.90	0.17	0.01	y = 1.0x - 0.0
Free fat acidity of brown rice (mg)	A	36	0.22	0.01	7.09	-1.97	y = -0.2x + 19.9
	B	48	0.39	0.69	1.96	16.68	y = 0.7x - 6.4
Amylose content of white rice (%)	A	36	0.07	0.41	0.61	-0.68	y = 1.0x - 0.7
	B	48	0.12	0.13	0.38	-0.23	y = 0.3x + 12.8

n : number of samples. SDD : standard deviation of difference among repetitions. r² : coefficient of determination. SEP : standard error of prediction. Regression line : regression line from predicted constituent content (x) to reference constituent content (y).

レーション作成試料と異なるグループの試料を測定したという点において、一般の近赤外分析計のユーザーが市販機を現場で使用する場合と同じ条件設定で使用した。

(2) スペクトル測定 (成分測定)

まず、市販された近赤外分析計のうちの1台 (分析計 A) を用いて試料 A を対象とした実験を 1996 年におこない、測定精度の検証をおこなった。その後、後述するような改良をおこなった。改良後の機種として市販された近赤外分析計のうちの1台 (分析計 B) を用いて試料 B を対象とした実験を 1998 年におこない、測定精度の検証をおこなった。

それぞれの分析計は室温 (18℃～25℃) で使用した。測定の 1 時間以上前に分析計の電源を入れ、光源およびフィルタ部、ディテクタ部の温度が安定した後にスペクトルの測定をおこなった。試料は室温と平衡温度となった玄米粒を用いて測定した。1 回の測定試料は玄米 200 g～250 g であり、同一試料について 3 反復測定した。

(3) 玄米温度および玄米中粳混入率を変化させた測定
近赤外分析計による測定において、測定前の玄米温度や玄米中の粳混入率が測定結果に影響を与える可能性がある²¹⁾と予想された。そこで同一試料 (きらら 397) の温度を 2℃ から 35℃ の 9 段階に調整し、分析計 A でスペクトルの測定をおこなった。この時の分析計周囲の室温は 19℃～21℃ であった。

また、共乾施設で自主検査試料を粳摺して成分測定を

おこなう場合、玄米中に粳が混入している場合がある。そこで同一試料 (きらら 397) に、0% (粳の混入なし) から 11% の 11 段階に粳を混入した試料を調整し、スペクトルの測定をおこなった。

III 結果と考察

1. 基準分析結果

表 1 に基準分析結果とその反復測定精度を示した。表 1 では試料数 (n)、平均値 (Mean)、最小値 (Min)、最大値 (Max)、試料間の標準偏差 (SD) および反復測定の標準偏差 (SDD) を示した。それぞれの基準分析の反復測定の標準偏差は、従来からの測定とほぼ同じ値であった。なお、試料 A の水分測定ではミスのため試料数が他の項目より 3 点少なかった。

2. 成分測定の精度ならびに測定精度の向上

分析計 A と分析計 B とによる米の成分測定の精度を表 2 に一括して示した。両分析計において反復測定の標準偏差は、いずれの成分においても基準分析と同程度であった。したがって、分析計の反復測定の精度は良いと判断される。

分析計 A を用いて玄米の水分とタンパク質を測定した時の精度の検証結果を図 1 と図 2 に示した。水分およびタンパク質の測定いずれにおいても、決定係数 (r²) が小さく (水分は r²=0.64、タンパク質は r²=0.84、以下同順)、標準誤差 (SEP) やバイアス (Bias) が大きく (SEP

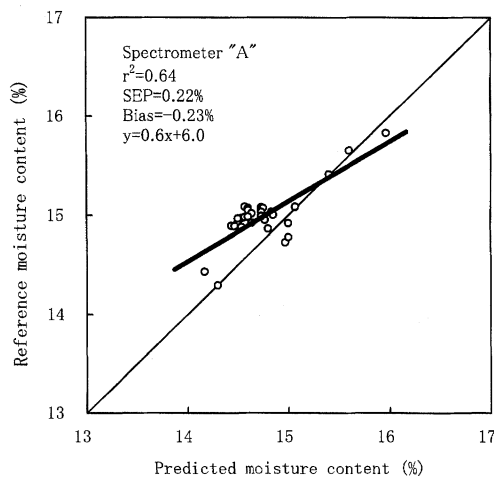


図 1 基準分析および近赤外分析計 A により測定した玄米水分の関係

Fig. 1 Correlation between reference moisture content of brown rice and predicted moisture content using spectrometer "A"

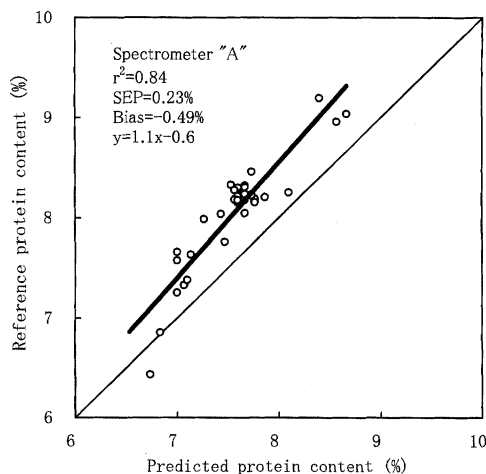


図 2 基準分析および近赤外分析計 A により測定した玄米タンパク質の関係

Fig. 2 Correlation between reference protein content of brown rice and predicted protein content using spectrometer "A"

$\text{SEP}=0.22\%$, $\text{Bias}=-0.23\%$ と $\text{SEP}=0.23\%$, $\text{Bias}=-0.49\%$), 回帰式の x の係数 (Coefficient: C) が 1 からはずれてスキューがあり ($C=0.6$ と $C=1.1$), 測定精度が良くなかった。同様に分析計 A による玄米脂肪酸度および精白米アミロースの測定でも精度が悪かった。そこで分析計 A に対して以下のような改良を加えた。改良後の機種を分析計 B とした。

1) フィルタの改良。分析計 A および B ともにフィルタの選択波長とフィルタの半値幅 ($10\pm 2\text{ nm}$) は同じである。しかし、分析計 A のフィルタは温度ドリフトが約 $0.1\text{ nm}/^\circ\text{C}$ であるのに対し、分析計 B ではドリフトが $0.035\text{ nm}/^\circ\text{C}$ と温度特性の優れたフィルタを用いた。

2) フィルタ部の温度制御の改良。両分析計ともフィルタ部の温度は 50°C に制御されている。分析計 A に対して分析計 B では、① 分析計本体内部の温度をファンの on-off 制御により安定させる、② フィルタチャンバ内の空気攪拌により温度ムラを低減させる、③ 温度制御用センサをフィルタにより近い位置に取り付け、フィルタ専用のヒータを設置する、などによりフィルタ部の温度制御の精度を改良した。その結果フィルタ部の温度制御が、分析計 A では $50\pm 2^\circ\text{C}$ 程度であったものが、分析計 B では $50\pm 0.5^\circ\text{C}$ 程度に改良された。

3) キャリブレーションの改良。分析計 A で使用したキャリブレーションは、日本全国の米 (約 200 点) を用いて作成したキャリブレーションを移植したものである。分析計 B で使用したキャリブレーションは、北海道産米を測定することを前提に、日本全国の米に北海道産米約 60 点を追加し作成したキャリブレーションを移植したものである。

4) 機器ごとのキャリブレーションの微調整。一般に近赤外分析計では、同一仕様の機種であっても光源やフィルタの特性にわずかな差異がある。そこで分析計 B では、親機から子機へキャリブレーションを移植する際に、成分既知の試料約 10 点を用いてバイアスとスキューを微調整した。

改良後の機種 (分析計 B) を用いて玄米の水分とタンパク質を測定した時の精度の検証結果を図 3 と図 4 に示した。改良の結果、分析計 A に比較して、分析計 B による水分とタンパク質の測定では決定係数が大きくなり (水分は $r^2=0.98$, タンパク質は $r^2=0.90$, 以下同順), 標準誤差とバイアスが小さくなり ($\text{SEP}=0.13\%$, $\text{Bias}=-0.02\%$ と $\text{SEP}=0.17\%$, $\text{Bias}=0.01\%$), 回帰式の x の係数がいずれも $C=1.0$ となり、精度が向上した。分析計 B の水分とタンパク質の測定精度は従来の研究^{6) 8) 13) 17) 18)} で報告されている精度と同程度であり、この測定値は基準分析に換えて利用できる精度であった。

分析計 B による玄米脂肪酸度と精白米アミロースの測定では、分析計 A に比較して、標準誤差が小さくなり (脂肪酸度は $\text{SEP}=1.96\text{ mg}$, アミロースは $\text{SEP}=0.38\%$, 以下同順), 測定精度がやや向上した。しかし、バイアスがあり ($\text{Bias}=16.68\text{ mg}$ と $\text{Bias}=-0.23\%$), 決定係数が小さい ($r^2=0.69$ と $r^2=0.13$) など、水分やタンパク質測定のような大きな精度の向上はなく、今後の研究がさらに必要である。従来の研究^{8) -11) 13) 17) 22) 23)} においても近赤外分光法による脂肪酸度やアミロースの測定は、水分やタンパク質の測定に比較すると、精度が低い。したがって、現在のところ近赤外分光法による脂肪酸度やアミロースの測定値は、基準分析に換えて利用できるほどの十分な精度は確保されていない。同一品種の米であっても生産地間でタンパク質に差があり²⁴⁾, さらに同一地域で生産された同一品種の米であってもタンパク質に差がある²⁵⁾。タンパク質の高い米は米飯の粘りが抑制

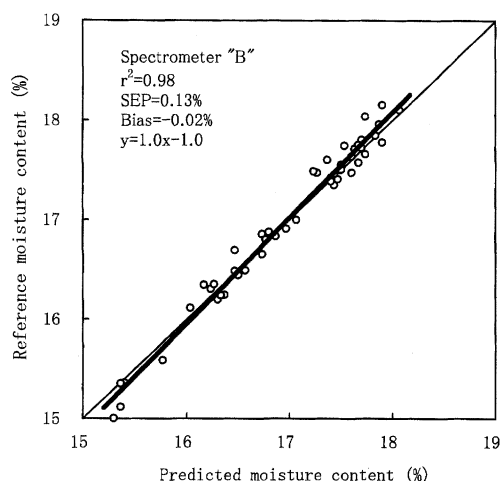


図3 基準分析および近赤外分析計Bにより測定した玄米水分の関係

Fig. 3 Correlation between reference moisture content of brown rice and predicted moisture content using spectrometer "B"

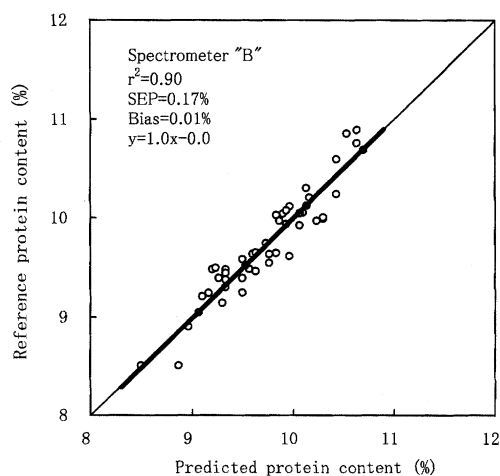


図4 基準分析および近赤外分析計Bにより測定した玄米タンパク質の関係

Fig. 4 Correlation between reference protein content of brown rice and predicted protein content using spectrometer "B"

され、その結果、食味評価が低い。そこで北海道では、共乾施設において荷受時の自主検査試料のタンパク質を測定し、その値により粳を仕分けしてその後の工程をおこなうことが始まっている。また、タンパク質の低い米にプレミアム（奨励金）を付ける制度が1998年から始まった⁴⁾⁵⁾。今後、生産現場において米の成分測定がますます重要となると予想される。近赤外分光法による米の成分測定精度の一層の向上が必要である。

3. 玄米温度および玄米中粳混入率が精度に与える影響

測定前の玄米温度が測定値に与える影響を図5に示した。水分、タンパク質、アミロースの測定値は玄米温度

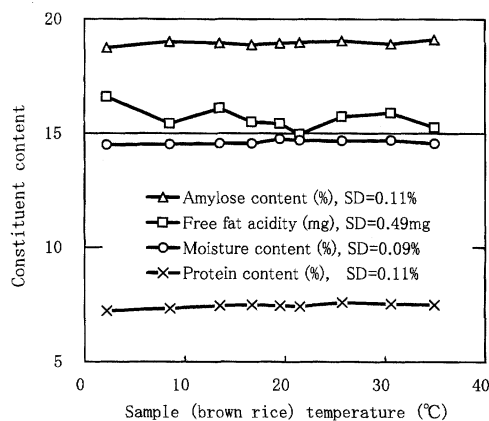


図5 測定前の玄米温度が測定値に与える影響

Fig. 5 Effect of sample (brown rice) temperature on predicted constituent content values

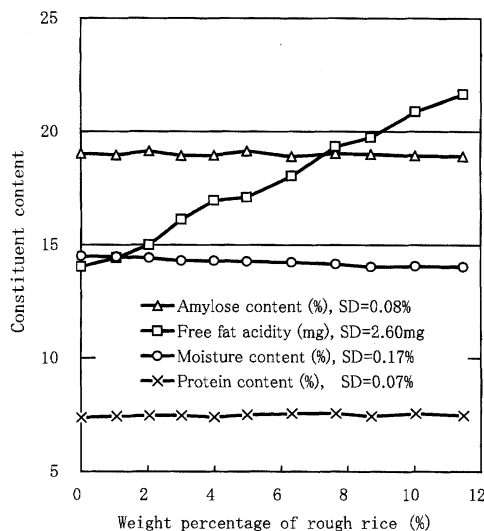


図6 玄米中の粳混入率が測定値に与える影響

Fig. 6 Effect of weight percentage of rough rice in brown rice sample on predicted constituent content values

による変動は小さく、安定した値であった。しかし、脂肪酸度の測定値は玄米温度による変動があり、不安定であった。近赤外分光法において、測定試料の温度の変動は測定値に影響を与える²¹⁾²⁶⁾。これに対処するために、あらかじめ温度を変動させた試料をキャリブレーション作成試料の一部に加えると、キャリブレーション作成試料の温度範囲内では安定した測定値が得られることが知られている²⁶⁾。供試分析計のキャリブレーションは温度を変動させた試料を用いて作成されており、水分、タンパク質、アミロースの測定に関しては、試料の温度変動に対して安定していることが確認できた。

玄米中の粳混入率が測定値に与える影響を図6に示した。水分、タンパク質、アミロースの測定値は粳混入率による変動は小さく、安定した値であった。しかし、粳

混入率が増加すると、脂肪酸度の測定値は増加した。

共乾施設など現場での近赤外分析計の使用において、分析計は室内に設置されているが、測定前の試料の温度は室温より低い場合や高い場合がある。自主検査においてロール式粳摺機で粳摺すると脱ぶ率は90～95%（粳混入率は5～10%）程度である。また、インペラ式粳摺機で粳摺すると脱ぶ率はほぼ100%（粳混入率はほぼ0%）である。共乾施設において、供試分析計は温度が10℃から30℃までの範囲の玄米や、粳混入率が10%以下の玄米に対して、水分とタンパク質を精度良く測定することが可能であった。

IV 摘 要

共乾施設での自主検査における実用的な使用を想定し、近赤外透過型分析計の測定精度を検証し、さらにその改善をおこなった。その結果、以下の結論を得た。

1) 供試分析計により同一試料を反復測定した際の標準偏差は基準分析と同程度であり、測定精度が良かった。

2) ① フィルタの改良、② フィルタ部の温度制御の改良、③ キャリブレーションの改良、④ 機器ごとのキャリブレーションの微調整、などの改良により測定精度が向上した。

3) 改良の結果、水分の測定精度は $r^2=0.98$ 、SEP=0.13%、Bias=-0.02%、 $y=1.0x-1.0$ であり、タンパク質の測定精度は $r^2=0.90$ 、SEP=0.17%、Bias=0.01%、 $y=1.0x-0.0$ であった。すなわち、水分とタンパク質の測定値は基準分析に換えて利用できる精度であった。

4) 供試分析計は、温度が10℃から30℃までの範囲の玄米や、粳混入率が10%以下の玄米に対して、水分とタンパク質を精度良く測定することが可能であった。

謝 辞

本研究をおこなうにあたり、北海道農業施設協議会および榊佐竹製作所の協力を得た。また米の成分分析では大学院学生沼田典夫氏（現在：サッポロビール㈱）および小河健伸氏（現在：ふらの農業協同組合）の協力を得た。記して謝意を表す。

引 用 文 献

- 1) Hosaka, Y.: Evaluation of Taste of Rice by Means of Near infrared. *Proceedings of International Symposium on Agricultural Mechanization and International Cooperation in High Technology Era*, JSAM, 357-360, Tokyo Japan, 1987
- 2) 日本精米工業会：食味評価装置（食味計など）活用の現状と問題点、*精米工業*, 131, 22-28, 1991
- 3) 柳瀬肇：コメの食味評価装置（食味計など）の現状と課題、*ジャパンフードサイエンス*, 33(8), 32-40, 1994
- 4) 川村周三：穀物品質測定技術の発展と新技術を利用した穀物共同乾燥調製施設の将来展望、*農業施設学会30周年記念大会シンポジウム講演要旨*, 194-198, 宇都宮, 1999
- 5) 島田悟：北海道の高品位米計画における玄米の蛋白含有率による仕分け、第16回非破壊計測シンポジウム講演要旨集、日本食品科学工学会, 87-90, つくば, 2000
- 6) Iwamoto, M., Suzuki, T., Kongseree, N., et al.: Analysis of Protein and Amino Acid Contents in Rice Flour by Near-infrared Spectroscopy, *Npn. Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 33(12), 848-853, 1986
- 7) 川村周三, 夏賀元康, 樋元淳一, 伊藤和彦：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, 1991
- 8) 夏賀元康, 川村周三, 伊藤和彦：近赤外分光法による穀物成分測定精度（第2報）、*農機誌*, 54(6), 89-94, 1992
- 9) 小林明晴, 清水恒, 大坪研一：近赤外分光分析法による新形質米アミロース含量の迅速測定、*食総研報*, 58, 21-26, 1994
- 10) Villareal, C.P., Cruz, N.M.D., Juliano, B.O.: Rice Amylose Analysis by Near-Infrared Transmittance Spectroscopy, *Cereal Chemistry*, 71(3), 292-296, 1994
- 11) Delwiche, S.R., Bean, M.M., Miller, R.E., et al.: Apparent Amylose Content of Milled Rice by Near-Infrared Reflectance Spectrophotometry, *Cereal Chemistry*, 72(2), 182-187, 1995
- 12) 川村周三, 夏賀元康, 河野慎一, 伊藤和彦：機器分析法と官能試験法とによる米の食味評価、*農機誌*, 58(4), 95-104, 1996
- 13) Delwiche, S.R., McKenzie, K.S., Webb, B.D.: Quality Characteristics in Rice by Near-Infrared Reflectance Analysis of Whole-Grain Milled Samples, *Cereal Chemistry*, 73(2), 257-263, 1996
- 14) Kawamura, S., Natsuga, M., Itoh, K.: Visible and Near-Infrared Reflectance Spectroscopy for Rice Taste Evaluation, *Transactions of the ASAE*, 40(6), 1755-1759, 1997
- 15) Li, W.S., Shaw, J.T.: Determining the Fat Acidity of Rough Rice by Near-Infrared Reflectance Spectroscopy, *Cereal Chemistry*, 74(5), 556-560, 1997
- 16) Chen, H., Marks, B.P., Siebenmorgen, T.J.: Quantifying Surface Lipid Content of Milled Rice via Visible/Near-Infrared Spectroscopy, *Cereal Chemistry*, 74(6), 826-831, 1997
- 17) Kawamura, S., Natsuga, M., Itoh, K.: Visible and Near-Infrared Reflectance Spectroscopy for Determining Physicochemical Properties of Rice, *ASAE Paper No. 98-3063*, 1-9, St. Joseph, Mich., ASAE, 1998
- 18) Barton, F.E., Windham, W.R., Champagne, E.T., et al.: Optical Geometries for the Development of Rice Quality Spectroscopic Chemometric Models, *Cereal Chemistry*, 75(3), 315-319, 1998
- 19) Kawamura, S., Natsuga, M., Itoh, K.: Determination of Undried Rough Rice Constituent Content Using Near-Infrared Transmission Spectroscopy, *Transactions of the ASAE*, 42(3), 813-818, 1999
- 20) 三上隆司, 柏村崇, 土屋義信, 西尾尚道：可視光および近赤外光による米飯の官能値評価、*日本食品科学工学会誌*, 47(10), 787-792, 2000
- 21) 夏賀元康, 川村周三, 伊藤和彦：近赤外分光法による穀物成分測定値の変動要因（第2報）、*農機誌*, 56(3), 43-50, 1994
- 22) 杉山隆夫：穀類品質評価機器の新技術、*農機誌*, 60(1), 168-172, 1998
- 23) 春日井治：米の食味関連測定装置（いわゆる食味計）の基準統一について、*農機誌*, 60(3), 133-139, 1998
- 24) 川村周三, 夏賀元康, 河野慎一, 谷口健雄, 藤倉潤治：北海道産米の品質向上を目指して—ポストハーベストテクノロ

- ジーの新しい試みとその応用一, 農機北支報, 36, 65-71, 1996
- 25) 川村周三, 竹倉憲弘, 小河健伸, 伊藤和彦: 同一地域で生産された「きらら 397」の成分分布, 農機北支報, 40, 7-11, 2000
- 26) 千葉実, 富田素行: 近赤外全粒装置による穀物品質検査への取り組み, 第16回非破壊計測シンポジウム講演要旨集, 日本食品科学工学会, 83-86, つくば, 2000
(原稿受理: 2000年12月26日・質問期限: 2002年3月31日)

コメント

【読者のコメント】

キャリブレーションの改良等により, 測定精度が向上する結果を得られております。将来的に各品種ごとのキャリブレーションが揃い, 分析計の購入者にメーカーが必要な特定品種のキャリブレーションを供給すれば, アミロースや脂肪酸も含めさらに精度が上がるように思われます。このようなシステムに付き実用性も考慮され, ご意見をお伺いしたいと思います。

【コメントに対する著者の見解】

近赤外分析計のキャリブレーション (CAL) には, Global calibration (汎用 CAL) と Local calibration (特定 CAL) という考え方があります。汎用 CAL は例えば, 全世界で生産される米を測定対象とする CAL で,

SEP が大きくなり精度が低くなる可能性があります。現在, 我が国で市販されている近赤外分析計の CAL は, 日本産短粒種粳米を測定するための特定 CAL です。本研究では北海道産米向けの特定 CAL を開発しました。北海道の共乾施設で購入した近赤外分析計を使って本州産米を測定する場合は少ないと考えられるため, 精度が良い特定 CAL が実用的と考えます。さらに, 北海道産米の特定品種ごとに CAL を作成すれば精度は高くなると予想されます。しかし, 現場で品種ごとの CAL を選択する時の煩雑さや品種の選択ミスを考えると, 実用的ではないと考えます。どのような特定 CAL を使用するかは, 測定の汎用性を重視するか, 精度を重視するかによって判断する必要があると考えます。