

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23580354

研究課題名(和文) 近赤外分光法と可視光画像を統合した米のアミロース含量の非破壊分析法の開発

研究課題名(英文) Development of non-destructive techniques for determining of rice amylose content by combined use of near-infrared spectroscopy and visible light imaging

研究代表者

川村 周三 (Kawamura, Shuso)

北海道大学・(連合)農学研究科(研究院)・教授

研究者番号：80161363

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 1,170,000円

研究成果の概要(和文)：近赤外分析計と可視分析計を併用し、2段階検量線を作成することにより、米のアミロース含量を従来より精度良く測定出来ることが示唆された。作成した検量線は北海道米、および府県米のアミロース含量の測定が可能であることが示唆された。

本研究で示した測定精度は、米の共同乾燥調製(貯蔵)施設における実用的な測定条件と同様であり、これは米のアミロース含量による品質仕分けに利用可能であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：A calibration model was developed by combined use of the data of amylose content predicted by the NIR spectrometer and color information obtained by the VIS segregator (NIR&VIS) by using multiple linear regression method (dual-step calibration method). The validation statistics between reference amylose content and NIR&VIS-predicted amylose content indicated that the calibration model can be used for screening of rice sample according to amylose content.

The validation rice sample set was isolated from calibration rice sample set in this study. The validation set included rice samples of next year products compared to the calibration set. This is the same condition in practical use of this non-destructive method at grain elevators. The results indicated that the combined use of an NIR spectrometer and a VIS segregator enables reasonable non-destructive determination of amylose content of rice at grain elevators.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業環境工学

キーワード：米 アミロース含量 近赤外光 可視光 非破壊分析法 2段階検量線

## 1. 研究開始当初の背景

米の品質(食味)は、米飯の食感(テクスチャ:硬さや粘り)に大きく影響され、わが国では適度に柔らかく粘りのある米飯の食味が良いとされる。米飯の食感に大きく影響を与える成分としてタンパク質含量とアミロース含量とがある。米のタンパク質含量は土壌や施肥法により左右され、過剰な施肥を抑制した栽培方法によりタンパク質含量の低い米が生産され、適度に柔らかく粘りのある米飯となる。一方、米のデンプンはアミロースとアミロペクチンの2種類で構成され、アミロース含量が低い方が柔らかく粘りが強い米飯となる。そこでわが国では近年、低アミロース系統品種の育成が進み、北海道でも「おぼろづき」や「ゆめぴりか」などの低アミロース系統品種が一般栽培され始めた。ところが低アミロース系統品種は、従来の品種に対して、アミロース含量を支配する遺伝子座が異なり、その結果、登熟期の気温がアミロース含量に与える影響が大きく、天候によるアミロース含量の変動が大きいとされる。そこで、米の品質仕分けに際して、タンパク質含量のみでなくアミロース含量も測定し、両成分の組み合わせ(バランス)により米の品質を評価する技術の開発が強く求められている。

## 2. 研究の目的

(1) 近赤外分光法による米の水分含量とタンパク質含量の測定は、従来からの多くの研究により精度良く安定して測定可能な検量線が開発され、近赤外分析計も実用化され市販されている。しかしながら、アミロース含量の測定に関しては、水分含量やタンパク質含量のような精度の良い安定した実用的な検量線は開発されていない。その原因の一つは、近赤外スペクトルにアミロースの強い吸収波長が無いことにある。

(2) 低アミロース系統品種は、とくに登熟期の気温が高い場合にアミロース含量が低くなり、その場合に米粒がわずかに白濁してくるという特徴を持つ。

(3) そこで、本研究では近赤外分光法と可視光画像データを統合したアミロース含量測定の検量線の開発を目的とする。また、従来の近赤外分光法の検量線は、例えば国産うるち米の不特定多数の品種のタンパク質含量を測定する検量線である。近赤外分光法の検量線は、多品種の対象物を測定する検量線よりも限定した品種の検量線(例えば、北海道産米の検量線、または特定品種の検量線)の測定精度が向上する可能性がある。そこで、北海道米または北海道米の特定品種を測定対象としたアミロース含量測定の検量線を開発する。

## 3. 研究の方法

(1) 検量線の作成と精度の検証および供試試料

アミロース含量測定のための検量線は以下に示す2段階の方法で作成し、その精度を検証した。

① 近赤外分析計によるアミロース含量測定の検量線を Partial least squares (PLS) 回帰分析により作成した。検量線作成には 2008 年から 2011 年の 4 カ年に北海道各地で生産された精白米 418 点を用いた。

② ①で作成した検量線により測定したアミロース含量に、可視分析計で測定した可視光情報を加え、新たに重回帰分析によりアミロース含量を測定する検量線を作成した。検量線作成には、2010 年と 2011 年に北海道で生産された精白米 197 点を供試した。精度検証用試料は 2009 年から 2012 年の 4 カ年に生産された「ゆめぴりか」の精白米 128 点、およびそれ以外の北海道米 15 点と府県米 17 点を用いた。供試した北海道米の品種は、ゆめぴりか、ほしのゆめ、ななつぼし、ふっくりんこ、ほしまるの 5 品種、府県米の品種はコシヒカリ、つや姫、あきたこまち、ひとめばれ、ヒノヒカリの 5 品種である。

(2) 近赤外分析計の測定

静岡製機製近赤外分析計 BR-5000 を用いて、850-1048nm の波長域で 2nm ごとに精白米の吸光度を測定した。測定は 3 回反復した。

(3) 可視分析計の測定

静岡製機製穀粒判別器 ES-1000 を用いて精白米約 1000 粒の RGB 透過光と反射光を測定した。測定はそれぞれ 5 回反復した。

(4) アミロース含量の基準分析

多波長スペクトル型オートアナライザーを用いて呈色比色法により精白米のアミロース含量を測定した。アミロース含量の測定は 3 回反復した。また、アミロース標準粉には北海道米分析センターにて調製した全道共通の標準品(水分 13.0% でアミロースが 21.12%)を使用した。

## 4. 研究成果

精度の検証において、決定係数  $r^2$  は 1 に近いほど、Bias と Standard error of prediction (SEP) は小さいほど、Ratio of SEP to standard deviation (RPD) は大きいほど精度が良いとされ、これらの値を基に精度の良否を判断した。

(1) ゆめぴりかのみを用いた精度検証

表 1 にアミロース含量の精度検証結果を示した。また、カッコ内は精度検証に用いた試料を表す。図 1 に近赤外分析計によるアミロース含量の測定精度の検証結果を示した。精度検証には 2009 年~2012 年に生産された「ゆめぴりか」128 点を用いた。図 1 に示したよ

うに、 $r^2=0.83$ , Bias=0.14%, SEP=0.85%, RPD=2.30 であった。これは米の水分やタンパク質の測定精度に比較すると良くなかったが、従来のアミロース含量測定精度に比較すると良い精度であった。さらに、図2には近赤外分析計と可視分析計を併用して作成した検量線を「ゆめぴりか」128点を用いて精度検証した結果を示した。 $r^2=0.85$ , Bias=0.66%, SEP=0.77%, RPD=2.53 であった。近赤外分析計のみによる結果(図1)と比較すると、SEPの減少とRPD値の向上が認められた。また、これは本研究において最も精度が良い結果であった。

表1 アミロース含量の精度検証結果

	$r^2$	Bias(%)	SEP(%)	RPD	n
NIRのみ (ゆめぴりか)	0.83	0.14	0.85	2.30	128
NIR+VIS (ゆめぴりか)	0.85	0.66	0.77	2.53	128
NIR+VIS (ゆめぴりか+北海道米)	0.86	0.55	0.83	2.45	143
NIR+VIS (全試料)	0.83	0.42	0.92	2.17	160
既往の検量線 (ゆめぴりか)	0.91	0.45	0.66	3.24	94

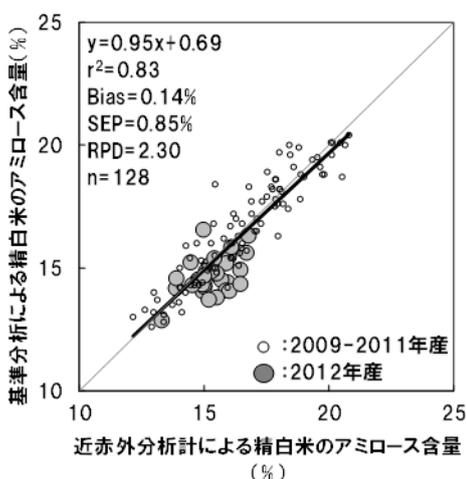


図1 近赤外分析計によるアミロース含量の測定精度

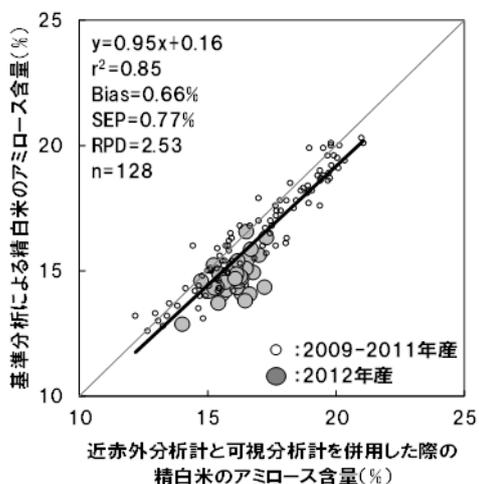


図2 近赤外光に可視光を加えた際のアミロース含量の測定精度(ゆめぴりかのみ)

## (2) 既往検量線との比較

表1の下部に既往検量線の精度検証結果を示した。既往の検量線とは、本試験と同様の試料を用いて作成した検量線であり、その精度を表1の2009年～2011年に生産された「ゆめぴりか」94点を用いて検証した結果である。本研究の精度検証結果は、既往の結果より精度が低かった。本研究では、既往と同じ検量線を用いて表1に示した「ゆめぴりか」128点を用いて精度を検証した。すなわち、既往研究では精度検証試料の生産年(2009年～2011年)はすべて検量線作成試料の生産年(2008年～2011年)に含まれるのに対し、本研究では、検量線作成試料にはない2012年産の試料(いわゆる未知試料)を新たに加えて精度の検証をした。その結果、既往の研究に比較して本研究の測定精度が低かった。しかし、本研究の結果は生産現場における実用的な測定条件と同じ状態(生産現場では検量線作成試料とは異なる未知試料を測定する)である。すなわち、本研究の結果は米の共乾施設における実用的なアミロース含量の測定精度を示しており、これはアミロース含量による米のスクリーニング(仕分け)に利用可能であると考えられる。

## (3) 北海道米および府県米を加えた際の精度検証

図3に、近赤外分析計と可視分析計を併用して作成した検量線の精度検証用試料として、「ゆめぴりか」128点に加えて同じく2009年～2012年に生産された「ゆめぴりか」以外の北海道米15点を用い、全143点で精度検証を行った結果を示した。RPD値は減少したが、「ゆめぴりか」のみで精度検証をした結果(図2)と同程度の精度であった。

図4に、精度検証用試料としてさらに2009年から2012年に生産された府県米17点を加え、全160点で精度検証を行った結果を示した。SEP値が増加し、RPD値は減少したが、精度の低下はわずかであった。

これらの結果から、本研究で作成した検量線は「ゆめぴりか」のみでなく他品種の北海道米、および府県米のアミロース含量の測定が可能であることが示唆された。

## (4) まとめ

近赤外分析計と可視分析計を併用し、2段階検量線を作成することにより、米のアミロース含量を従来より精度良く測定出来ることが示唆された。本研究で示した測定精度は、米の共乾施設における実用的な測定条件と同様であり、これは米のアミロース含量による品質仕分けに利用可能であると考えられる。

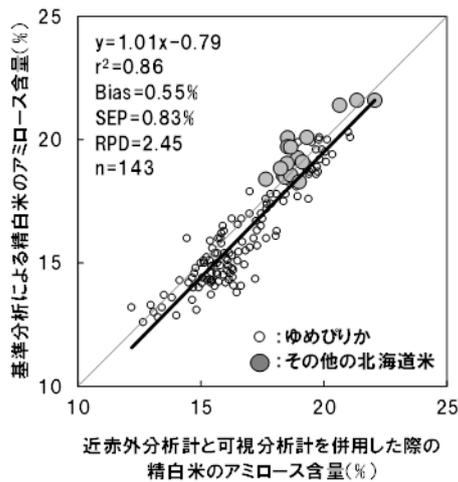


図3 近赤外光に可視光を加えた際の  
アミロース含量の測定精度(ゆめぴりか  
+北海道米)

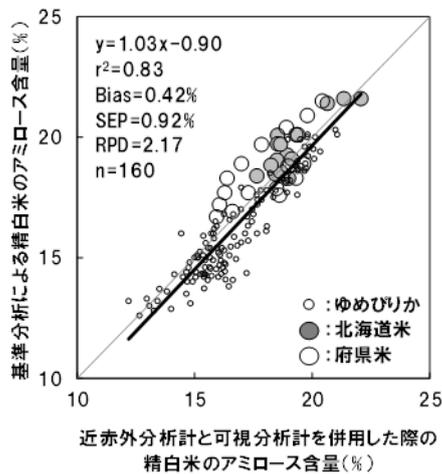


図4 近赤外光に可視光を加えた際の  
アミロース含量の測定精度(ゆめぴりか  
+北海道米+府県米)

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① Li, R., Kawamura, S., Fujita, H., Fujikawa, S., Near-infrared Spectroscopy for Determining Grain Constituent Contents at Grain Elevators. Engineering in Agriculture, Environment and Food, 査読有, 6(1), 20-26, 2013.

[学会発表] (計 11 件)

- ① 川村周三, 飯野遥香, 藤川咲子, 城 敦, 小関成樹, 光で見れば中味が分かる!! - 可視光と近赤外光とを併用した米のアミロース含量の非破壊測定技術の開発 -.

FOOMA JAPAN 2014 アカデミックプラザ研究発表要旨集, 2014 年 6 月 10 日~13 日, 東京ビッグサイト, 東京都.

- ② Kawamura, S., Fujikawa, S., Iino, H., DETERMINATION OF RICE AMYLOSE CONTENT AT GRAIN ELEVATOR BY COMBINED USE OF A NEAR-INFRARED SPECTROMETER AND A VISIBLE LIGHT SEGREGATOR. Proceedings of the 7th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering (ISMAB), 21-23 May 2014, Yilan, Taiwan.
- ③ 城敦, 川村周三, 飯野遥香, 藤川咲子, 小関成樹, 可視光と近赤外光とを併用した米のアミロース含量の非破壊測定技術の開発 - 未知試料の測定精度 -. 第 73 回農業食料工学会年次大会講演要旨, 2014 年 5 月 16 日~19 日, 琉球大学, 沖縄県中頭郡西原町.
- ④ 川村周三, 藤川咲子, 飯野遥香, 近赤外光と可視光を用いた米のアミロース含量の非破壊分析法の開発. 第 72 回農業食料工学会 年次大会講演要旨, 2013 年 9 月 10 日~13 日, 帯広畜産大学, 帯広市.
- ⑤ 藤川咲子, 川村周三, 任聡, 近赤外分析計と穀粒判別機とを併用した米のアミロース含量の測定精度. 日本食品科学工学会北海道支部大会講演要旨集, 2013 年 3 月 9 日, 東京農業大学オホーツクキャンパス, 網走市.
- ⑥ 藤川咲子, 川村周三, 李瑞, 土居剛正, 近赤外光と可視光による米のアミロース含量の非破壊測定法の検討. 日本食品科学工学会第 59 回大会講演集, 2012 年 8 月 29 日~8 月 31 日, 藤女子大学, 札幌市.
- ⑦ Fujikawa, S., Kawamura, S., Li, R., Doi, T., Non-destructive Determination of Amylose Content of Rice by Combined Use of a Near-Infrared Spectrometer and a Visible Light Grain Segregator. Proceedings of International Conference of Agricultural Engineering, CIGR-AgEng2012, July 8-12, 2012, Valencia, Spain.
- ⑧ Fujikawa, S., Kawamura, S., Li, R., Doi, T., Development of Techniques for Determining Amylose Content of Rice by Near-Infrared and Visible Light. Proceedings of the 6th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering (ISMAB 2012), 18-20 June 2012, Jeonju, Korea.
- ⑨ Kawamura, S., Fujikawa, S., Li, R., Fujita, H., Practical Application of Near-Infrared Spectroscopy for Determining Moisture and Protein Contents of Rice and Wheat at Grain Elevators. Proceedings of the 6th International Symposium on Machinery

and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering (ISMAB 2012), 18-20 June 2012, Jeonju, Korea.

- ⑩藤川咲子, 川村周三, 李瑞, 土居剛正, 近赤外光と可視光による米(ゆめぴりか)のアミロース含量測定精度の検証. 日本食品科学工学会北海道支部大会講演要旨集, 2012年2月18日, 藤女子大学16条キャンパス, 札幌市.
- ⑪藤川咲子, 川村周三, 李瑞, 土居剛正, 吉田慎一, 近赤外分光法と可視光画像による米のアミロース含量測定精度の検討. 第70回農業機械学会年次大会講演要旨, 2011年9月26~29日, 弘前大学, 弘前市.

[図書] (計 1件)

- ①川村周三 他共著, 近藤直他編, 生物生産工学概論, 朝倉書店, 122-132, 2012.

[産業財産権]

○出願状況 (計 0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

○取得状況 (計 0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

[その他]

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

川村 周三 (KAWAMURA Shuso)  
北海道大学・農学研究院・教授  
研究者番号: 80161363

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号:

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号: