



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	米の外観品質・食味研究の最前線[24]：米の収穫後技術による品質食味の向上：自動品質検査と粳の精選別
Author(s)	川村, 周三
Citation	農業および園芸, 88(4), 453-458
Issue Date	2013
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/71363
Type	journal article
File Information	453.pdf



連載記事

米の外観品質・食味研究の最前線〔24〕

米の収穫後技術による品質食味の向上

－自動品質検査と籾の精選別－

川村 周三*

〔キーワード〕：自動品質検査、近赤外分光法、籾精選別、比重選別

1. はじめに

米の品質（食味）は品種、栽培環境（土壌や気象）、栽培管理技術、収穫後技術などの多くの要因によって決まる。米の生産と品質の研究に携わる多くの人たちによる品種改良や技術改良などの研究成果により、我が国の米の品質は年年向上している。とくに筆者が専門とする米の収穫後の技術は、最近の十数年来の技術発展がめざましく、高品質米の生産に大きく貢献している。

今回、ここに米の収穫後技術に関して寄稿する機会をいただき、心から感謝します。

米の収穫後技術による品質食味の向上の内容は、大別すると以下の4項目となる。

- ①籾の自動品質検査システム
- ②貯蔵のための籾の精選別
- ③自然の寒さを利用した籾の超低温貯蔵
- ④粒厚選別と色彩選別を併用した玄米の精選別

紙面の関係により、本報では、①籾の自動品質検査システムと②貯蔵のための籾の精選別について述べる。さらに次報において、③自然の寒さを利用した籾の超低温貯蔵と④粒厚選別と色彩選別を併用した玄米の精選別について述べる。

2. 米の共同乾燥調製貯蔵施設における 荷受から出荷まで

図1に、米の共同乾燥調製貯蔵施設（共乾施設、カントリーエレベータ）における荷受から出荷までの流れの概略を示した。この中で、籾の自動品質検査、籾の精選別、籾貯蔵、玄米の色彩選別などの工程において、品質と食味向上のための新しい収穫後

技術が実用化されている。

図2に北海道上川郡鷹栖町に建設されたカントリーエレベータ（上川ライスターミナル）の写真を示す。この施設は1996年に建設され（1期工事、写

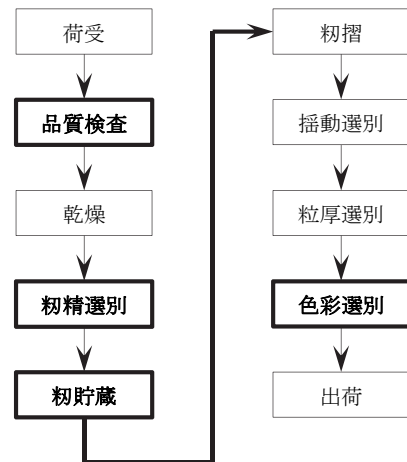


図1 米の共同乾燥調製貯蔵施設（カントリーエレベータ）における荷受から出荷までの流れ



図2 米の共同乾燥調製貯蔵施設（カントリーエレベータ）

北海道上川ライスターミナル、計画舐処理量：11,800t、籾貯蔵能力：10,000t.

*北海道大学 大学院農学研究院（Shuso Kawamura）

真の左半分、籾貯蔵能力 5,000t), 1999 年にさらに増設され (2 期工事, 写真の右半分, 籾貯蔵能力 5,000t), 現在の規模となった. この施設の籾の荷受口は 12 口で, 25t/h の能力の荷受ラインが 6 系列あり, 計画籾処理量は生籾が約 7,700t, 乾燥籾が 4,100t である. この施設は, 近赤外分析計と可視光分析計 (組成分析計) とを組合わせた籾の自動品質検査システム, 循環型乾燥機 (90t×4 基, 60t×6 基, 20t×2 基), 比重選別機を中心とした籾精選別システム, 超低温貯蔵が可能な籾貯蔵サイロ 10,000t (417t サイロ×12 基, 500t サイロ×10 基), 玄米色彩選別機 (合計 560 チャンネル) を備えている. この施設は我が国では最大規模のカントリーエレベータの一つである.

3. 籾の自動品質検査システム

米の共乾施設における品質測定は, 従来は荷受時や乾燥工程中および出荷時の水分測定が中心であった. また, 自主検査のために乾燥した籾の籾摺歩留や良玄米歩留の測定, および肉眼による玄米の外観品質判定なども行われている.

近年, 可視光や近赤外光を利用した米の非破壊品質測定技術により, 玄米の整粒割合, 水分やタンパク質を短時間で簡単に測定することが可能となっている. そこで可視光を利用した玄米の組成分析計

(可視光分析計, 最近では穀粒判別器とも呼ばれる) と近赤外光を利用した成分分析計を組合わせた自動品質検査システムを開発した.

図 3 に籾の自動品質検査システムの流れを, 図 4 にその実用例の写真を示した. 例えば, 荷受時に計量機の後で自動的に採取した籾はインペラ式籾摺機で玄米にされ, 粒厚選別機を経た後に可視光分析計 (組成分析計) と近赤外分析計にそれぞれ送られ, 整粒割合と水分含量及びタンパク質含量を測定する. 試料の搬送と測定はコンピュータに管理されて自動的におこなわれ, 試料採取から 5 分程度で結果が表示される. なお, 高水分生籾の場合はインペラ式籾摺機後の玄米に肌ずれが発生するため, 整粒割合は測定できない.

可視光分析計で整粒割合を測定した時の精度を図 5 に, 近赤外分析計で水分とタンパク質を測定した時の精度を図 6 と図 7 に示した. タンパク質は, 玄米を近赤外分析計で測定し, 精白米タンパク質を推定した時の精度である. いずれの測定においても, 回帰式はほぼ $y=x$ であり, 決定係数 (r^2) は “1” に近く, 測定の標準誤差 (Standard Error of Prediction : SEP) とバイアスは “0” に近く, RPD (Ratio of SEP to SD : y の標準偏差 (Standard deviation (SD)) と SEP との比 (SD/SEP)) が大きく, これらは高い測定精度であることを示している.

この品質検査システムは, 共乾施設では, 下見検査システムまたは自主検査システムとも呼ばれ, 荷受籾の品質検査や乾燥籾 (出荷玄米) の品質検査に用いられている. 荷受籾の品質検査は荷受トラック

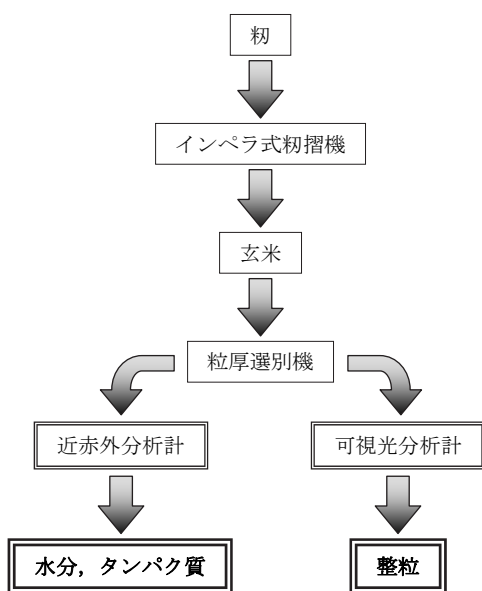


図 3 籾の自動品質検査システムの流れ

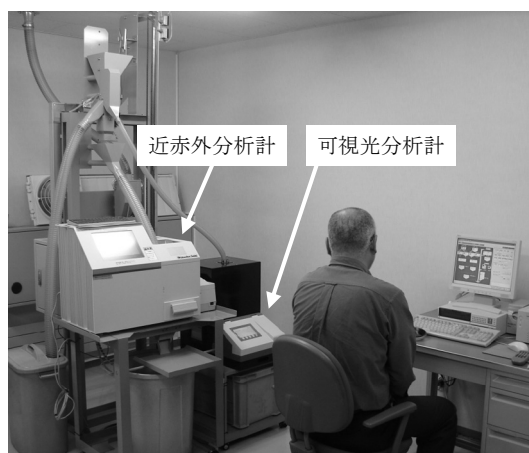


図 4 籾の自動品質検査システムの実例

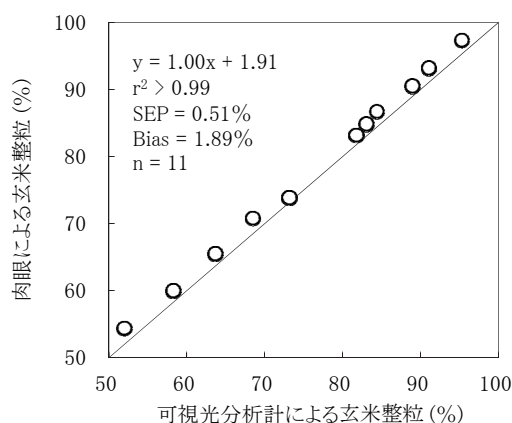


図 5 可視光分析計（組成分析計，穀粒判別器）による玄米整粒の測定精度

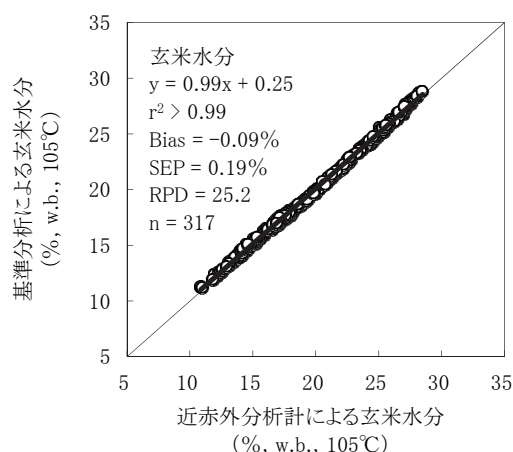


図 6 近赤外分析計による玄米水分の測定精度

1 台ごとにおこなわれ、品質ごとに仕分けして（タンパク質含量と整粒割合で区分）その後の乾燥工程などがおこなわれる。

品質区分はタンパク質で 3 区分（精白米タンパク質含量で 6.8%以下，6.9～7.9%，8.0%以上），整粒で 2 区分（玄米整粒割合で 80%以上，70～79%）の組合せで区分する。この品質区分は、生産者から荷受した籾に品質による価格差（プレミアム：奨励金）を付けることにも利用されている。

共乾施設で荷受時に測定した品質情報を生産者にフィードバックし、これを営農指導に役立てるシステムが整備されつつある。荷受時の米のタンパク質は同一地域の同一品種であっても大きなばらつきがある。このタンパク質のばらつきは、水田ごとの土壌の違いと生産者ごとの栽培管理技術の違いによるところが大きい。人工衛星から測定する水田の稲のタンパク質情報、および荷受単位（荷受トラック）ごとの米の整粒割合やタンパク質情報と各水田の土壌情報、生産者の栽培管理情報および気象情報をデータベース化し蓄積することにより、これらの情報を高品質米の生産に利用することが可能となる。

4. 貯蔵のための籾の精選別

(1) 籾貯蔵と籾精選別

現在、日本の米の貯蔵は玄米貯蔵が主流である。ところが、玄米貯蔵より籾貯蔵のほうが高品質保持が可能であるため、近年は籾貯蔵をおこなう共同乾

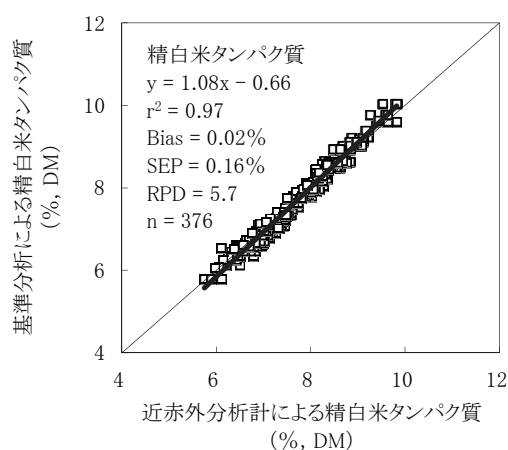


図 7 近赤外分析計による精白米タンパク質の測定精度（玄米を近赤外分析計で測定し精白米タンパク質を推定する）

燥調製貯蔵施設（共乾施設，カンントリーエレベータ）が少しずつ増加してきている。共乾施設で籾貯蔵を行う場合、籾の中に夾雑物（藁などの異物）やしいな、未熟粒が多く含まれると、容積重が減少して貯蔵サイロの容積効率が低下する。さらに、貯蔵前の籾の品質が悪いと貯蔵中の品質劣化が促進される可能性が高い。

また共乾施設では、籾の荷受質量と自主検査の結果（水分，良玄米歩留，整粒，タンパク質など）から貯蔵後の籾摺歩留と品質を推定し、生産者に支払う米代金を決定するシステム（仮払いシステム）を採用している。仮払いシステムでは、貯蔵後の実際

の初摺歩留が自主検査による推定値より低い場合には、生産者から米代金の一部を回収しなければならなくなる。そこで、この代金回収を避けるためにあらかじめ初摺歩留の推定値を低く設定すると、共乾施設に対する生産者からの信頼が失われ、共乾施設の利用率が低下する恐れがある。したがって、貯蔵物の品質劣化防止および共乾施設の円滑運営のために、貯蔵前に物の精選別をおこない品質と初摺歩留を向上させることが重要である。

従来から我が国では物の仕上乾燥後に直ちに初摺して玄米貯蔵をおこなうことが主流であるため、物の精選別の実績がなかった。そこで、とくに貯蔵する物の品質向上を目的に物の精選別システムを開発した。ここでは北海道のカントリーエレベータで普及が進んでいる物の精選別システムを紹介する。

(2) 貯蔵のための物精選別システム

図8に物精選別システムの流れを示した。この物精選別システムは比重選別機を中心とし、風力選別機とインデントシリンダ型選別機で構成される。

まず「原料物」を風力選別機に投入し、しいなと

異物（わらなどの夾雑物）を除去する。次に「風選製品」を比重選別機に投入し、しいな、未熟粒、被害粒を除去し、「比重選製品」の整粒割合を増加させる。物の中には脱ぶ粒が混在している。脱ぶ粒は、収穫や乾燥中に初殻が除去され玄米となった米粒であり、肌ずれがひどく脂肪酸度が高く、非常に品質が悪い米粒であり、貯蔵する物から脱ぶ粒を除去する必要がある。そこで、従来の比重選別機の選別口（選別した材料の出口）である製品口、もどり口、くず口に加えて、選別方向上端（製品口側の上端）に脱ぶ口を設置し、この脱ぶ口から排出される「比重選脱ぶ」をインデントシリンダ型選別機に投入する。このように比重選別機により脱ぶ粒と玄米砕粒を集積し、分別した後、インデントシリンダ型選別機によりこれらを除去する。インデントシリンダ型選別機は、比重選別機の10%～30%に相当する能力（処理流量）の選別機を使用する。

「比重選もどり」と「インデント製品」の搬送ラインには切替シュートを設置し、材料の組成により搬送先を切り替える。すなわち、「比重選もどり」のしいな割合と異物割合が高い場合は、しいなと異

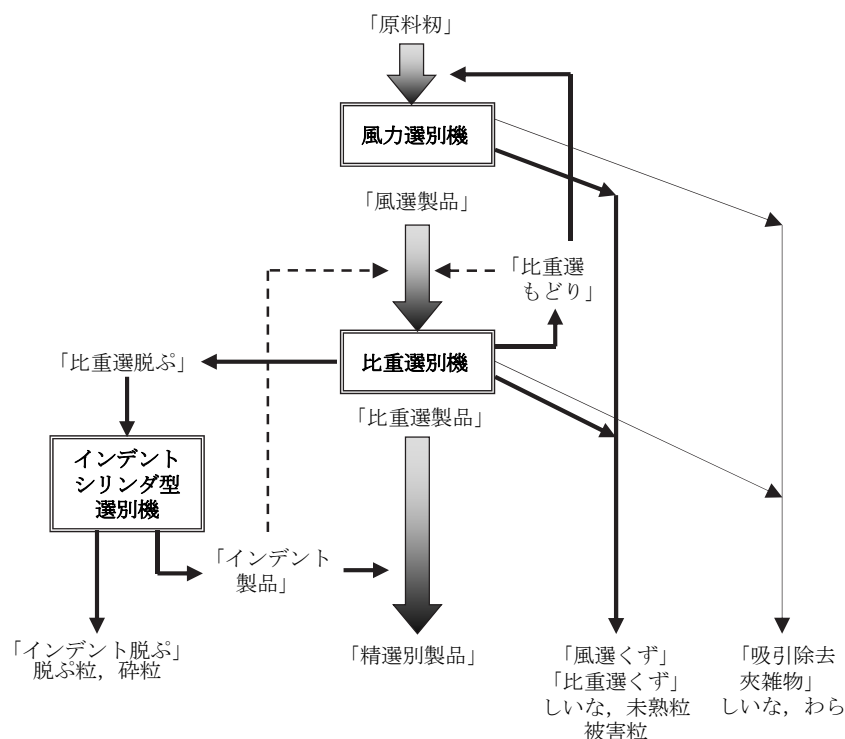


図8 物精選別システムの流れ

物を除去するために「比重選もどり」を風力選別機に戻す。「比重選もどり」のしいな割合と異物割合が低い場合は「比重選もどり」を比重選別機に戻す。また、「インデント製品」の脱ぶ粒割合が高い場合は、これを比重選別機に戻す。「インデント製品」に脱ぶ粒が残留していない場合は、これを「比重選製品」に加えて「精選別製品」とする。この粗精選別システムは低コストで粗の高品質化を実現する最適な精選別システムである。

(3) 比重選別機の選別特性

比重選別機は粗精選別システムの中心となる選別機である。比重選別機は選別板が網状になっており、選別板の下から吹き上げる風と選別板の振動により、材料（粗）の粒子密度（比重）と粒径の違いを基に選別する。比重選別機の選別特性を詳細に調べるために、図9の写真に示したように、比重選別機の選別口を14等分した試料を採取した。



図9 比重選別機の選別口14等分試料の採取

図10に示したように、脱ぶ粒（玄米）は粗に比べて粒子密度が大きいために製品口側に集積される。同時に粒子密度の大きい整粒は製品口側に集積される。また、被害粒、しいな、未熟粒は粒子密度が小さいために、くず口側に集積される。その結果、図11に示したように製品口側の粗の粗摺歩留と良玄米歩留が高く、くず口側の粗摺歩留と良玄米歩留が低くなる。さらに、14等分して採取した各試料を粗摺し玄米の脂肪酸度を測定すると、製品口側の脂肪酸度が低く、くず口側の脂肪酸度が高かった（図12）。以上のように、比重選別機により整粒や未熟粒を分別すると同時に、粗摺歩留や良玄米歩留を向上させ、品質を向上させることができる。

(4) 粗精選別システムの選別結果

粗精選別システムの選別結果の一例を表1に示した。粗精選別歩留（精選別製品の割合、精選別製品の流量比）は95.4%であり、インデント脱ぶ、風選

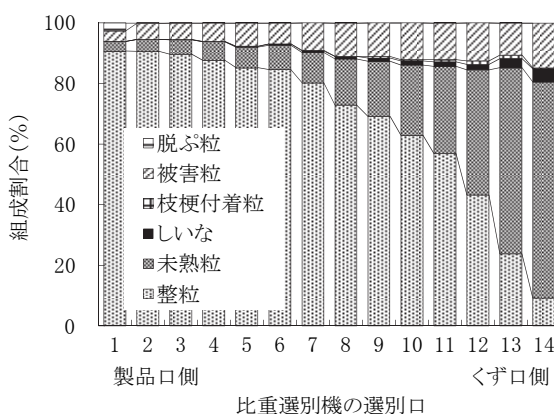


図10 比重選別機の選別口14等分試料の粗組成

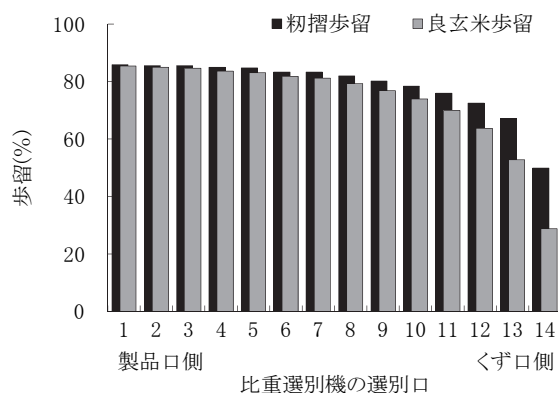


図11 比重選別機の選別口14等分試料の粗摺歩留と良玄米歩留

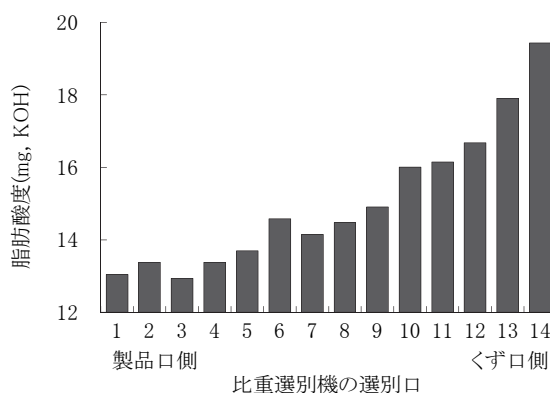


図12 比重選別機の選別口14等分試料の粗摺後玄米の脂肪酸度

表1 初精選別システムの選別結果

試料	質量バランス		初組成分分析結果										
	流量	流量比	初 容積重	整粒	未熟粒	しいな	枝梗 付着粒	被害粒	脱ぶ粒	砕粒	異物	初摺 歩留	良玄米 歩留
	(t/h)	(%)											
原料初	14.30	100.0	601	79.3	10.7	1.3	0.8	7.0	0.6	0.2	0.3	81.1	79.0
精選別製品	13.64	95.4	633	86.8	7.9	0.0	0.1	4.8	0.4	0.0	0.0	83.3	81.8
インデント脱ぶ	0.08	0.6	-	0.5	0.2	0.0	0.0	0.1	77.5	21.6	0.1	-	-
風選くず													
比重選くず	0.58	4.0	-	2.2	75.5	3.3	0.2	18.5	0.2	0.1	0.1	-	-

2台の比重選別機を並列使用

くず、比重選くずなどとして4.6%を除去した。その結果、容積重が原料初601g/Lから製品の633g/Lに増加した。風力選別機と比重選別機により未熟粒、しいな、被害粒、異物を除去し、インデントシリンダ型選別機により脱ぶ粒と砕粒を除去した。その結果、原料初に対して精選別製品の整粒が7.5%増加し、未熟粒が2.8%減少し、しいなが1.3%減少し、被害粒が2.2%減少するなど、貯蔵する初品質が向上した。また、精選別製品の初摺歩留が2.2%向上して83.3%となり、良玄米歩留が2.8%向上して81.8%となった。

この初精選別システムは2000年1月の北海道農業試験会議（成績会議）の審議を経て「指導参考事項」に決定し、北海道のカントリーエレベータの標準システムとして普及している。

参考文献

- 川村周三・夏賀元康・河野慎一・谷口健雄・藤倉潤治 1996. 北海道産米の品質向上を目指してー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ー. 農業機械学会北海道支部会報 36: 65-71.
- 川村周三・竹中秀行 2000. 北海道における初調製貯蔵技術（パラ初調製・貯蔵技術の確立）. 北海道農業試験会議（成績会議）資料: 2-18.
- 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精度とその改善. 農業機械学会誌 64 (1): 120-126.
- 川村周三 2002. 北海道における米のポストハーベスト技

術に関する研究. 農業機械学会北海道支部会報 42: 1-7.

- Kawamura, S., Natsuga, M., Takekura, K., Itoh, K. 2003. Development of an automatic rice-quality inspection system. (米の自動品質検査システムの開発) Computers and Electronics in Agriculture 40: 115-126.
- 川村周三・稲津 脩・吉川和男・石渡健一・吉田良一 2004. 特集: ここまで来た! 北海道米, その無限の可能性. 農業機械学会北海道支部会報 44: 133-172.
- 川村周三・稲津 脩・夏賀元康・竹倉憲弘 2005. 特集: 高品質米の生産技術. 農業機械学会誌 67 (1): 3-23.
- Kawamura, S., Takekura, K., Himoto, J. 2006. Development of a System for Fine Cleaning of Rough Rice for High-Quality Storage. (高品質貯蔵のための初精選別システムの開発) American Society of Agricultural and Biological Engineers. Paper No.066010. St. Joseph Mich., USA: 1-7.
- 川村周三・夏賀元康 2007. 田んぼの稲が白いご飯になるまでー初自動品質検査ー. 精米工業 222: 10-14.
- 川村周三・竹倉憲弘 2007. 田んぼの稲が白いご飯になるまでー貯蔵のための初精選別ー. 精米工業 223: 9-12.
- Li, R., Kawamura, S., Fujita, H., Fujikawa, S. 2013. Near-infrared Spectroscopy for Determining Grain Constituent Contents at Grain Elevators. (穀物共同乾燥調製施設における近赤外分光法による穀物成分の測定) Journal of Engineering in Agriculture, Environment and Food 6(1): 20-26.
- Natsuga, M., Kawamura, S. 2006. Visible and Near-Infrared Reflectance Spectroscopy for Determining Physicochemical Properties of Rice. (可視近赤外透過分光法による米の理化学特性の測定) Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers 49(4): 1069-1076.