

## 細裂 NIR 法によるサトウキビ品質測定に適した甘蔗糖度算定方法

長井 純一<sup>1)\*</sup>・藤崎 成博<sup>2)</sup>・四藏 文夫<sup>1)</sup>・馬門 克明<sup>1)</sup>・樋高 二郎<sup>3)</sup>・小牧 有三<sup>1)</sup><sup>1)</sup> 鹿児島農総セ徳之島・<sup>2)</sup> 鹿児島農総セ・<sup>3)</sup> 曾於畑かんセ)

Calculation of Pol in sugarcane adapted for quality measurement using NIR method for shredded sugarcane

Jun-ichi NAGAI<sup>1)</sup>, Akihiro FUJISAKI<sup>2)</sup>, Fumio SHIKURA<sup>1)</sup>, Katsuaki, MAKADO<sup>1)</sup>, Jiro TETAKA<sup>3)</sup>, Yuzo KOMAKI<sup>1)</sup><sup>1)</sup> Kagoshima Pref. Ins. for Agric. Development Tokunoshima Branch, <sup>2)</sup> Kagoshima Pref. Ins. for Agric. Development,<sup>3)</sup> Soo Promotional Cent. of Field Irrigation Agric.)

国内のサトウキビ原料の取引においては、原料茎全体に含まれるショ糖濃度を示す甘蔗糖度により取引価格が変動する品質取引が1994年度から実施されている。品質取引が開始された当初は、近赤外分光（NIR）法で測定した搾汁液のショ糖濃度（蔗汁糖度）と搾汁率から甘蔗糖度を算出する方法（蔗汁 NIR 法）が品質測定法として用いられていたが、機器の老朽化等に伴い、鹿児島県では屈折計で測定した搾汁液のブリックス（蔗汁ブリックス）と搾汁率から甘蔗糖度を算出する方法（ブリックス換算法）を2005年度から用いてきた。その後、NIR 法により細裂原料を直接分析する方法（細裂 NIR 法）（沖縄県糖業振興協会 2006, Taira ら 2012）に変更されることとなり、鹿児島県では2012年度から細裂 NIR 法に移行した。

何れの測定方法においても、測定試料を調製する際にサトウキビ原料を細裂する必要がある。蔗汁 NIR 法およびブリックス換算法では細裂装置としてシュレッダーが用いられてきたが、測定対象の均一性が重要である細裂 NIR 法においては、シュレッダーよりも細裂程度が細かく均一であるカッターグラインダーが用いられている。しかしながら、品質取引で用いられる甘蔗糖度の算出にはシュレッダー原料の分析値に基づくバガス糖度推定式が使用されており、同一原料を搾汁してこの式で甘蔗糖度を算出すると、細裂程度が細かいカッターグラインダー原料の算出値はシュレッダー原料の算出値より高くなることが知られている（沖縄県糖業振興協会 2006）。このことは、公正な品質取引を実施する上で必要な、細裂 NIR 法における検量線の作成・更新の際に問題となる。また、各製糖工場が製糖期前における粗糖生産見込みを算出する際も、カッターグラインダーに変更後の算出値は、過去のシュレッダー原料の算出値とそのまま比較することができない。そこで、鹿児島県の各サトウキビ生産地から収集したサトウキビ原料について、カッターグラインダー原料とシュレッダー原料の甘蔗糖度等の差を比較・検討した上で、カッターグラインダー原料の分析値を補正してシュレッダー原料の分析値と一致させるための換算式を作成し、その推定精度を検証した。

## 材料と方法

2009～2011年度の製糖期に、製糖工場がある県内各島から収集した品種・栽培型・収穫時期・刈り置き程度等が異なるサトウキビ原料を材料とし、長さ20～30cmに切断した原料茎を縦に2等分してそれぞれシュレッダー（マツオ）及びカッターグラインダー（JEFCO CG03）で細裂した。各細裂原料は十分に攪拌して500gずつ秤量し、常法により油圧プレス（マツオ）で圧搾した後、バガス重を測定した（鹿児島県糖業振興協会 2009）。細裂からバガス重測定までの工程は、（株）南西糖業伊仙工場において、同工場に設置された機器を用いて実施した。搾汁液は5℃で冷蔵して24時間以内に、屈折計（アタゴ PR101 α）でブリックスを、旋光計（堀場製作所 SEPA-300）で旋光度を測定し、ホーン法により蔗汁糖度を算出した（甘味資源振興会 1982）。甘蔗糖度は、さとうきび品質測定要領で規定されているバガス糖度推定式を用いて算出した（鹿児島県糖業振興協会 2009）。

得られた分析値のうち、機器の不具合等による異常値であると判断したデータを調査対象から除外し、2009年度収集86サンプル（徳之島のみ）、2010年度収集73サンプル（全島）、2011年度収集40サンプル（全島）の計199サンプルを用いて調査を行った。カッターグラインダー原料とシュレッダー原料の比較には、調査対象とした全199サンプルを用いた。カッターグラインダー原料の分析値をシュレッダー原料の分析値と一致させるための換算式は、2009年度および2010年度収集の計159サンプルを用いて一回帰により作成した。作成した各換算式は、2011年度に収集した40サンプルを未知試料とみなして推定精度を検証した。

## 結 果

カッターグラインダー原料とシュレッダー原料の各分析値を比較した結果、両者の差の平均値は、カッターグラインダー原料の方がシュレッダー原料よりも、蔗汁糖度は0.04%、搾汁率は3.77%、甘蔗糖度は0.37%高かった。両者の標準誤差は、蔗汁糖度が0.26、搾汁率が1.28、甘蔗糖

キーワード：カッターグラインダー、甘蔗糖度、細裂 NIR 法、サトウキビ、品質取引

\*連絡責任者：j-nagai@pref.kagoshima.lg.jp

Copyright：日本作物学会九州支部

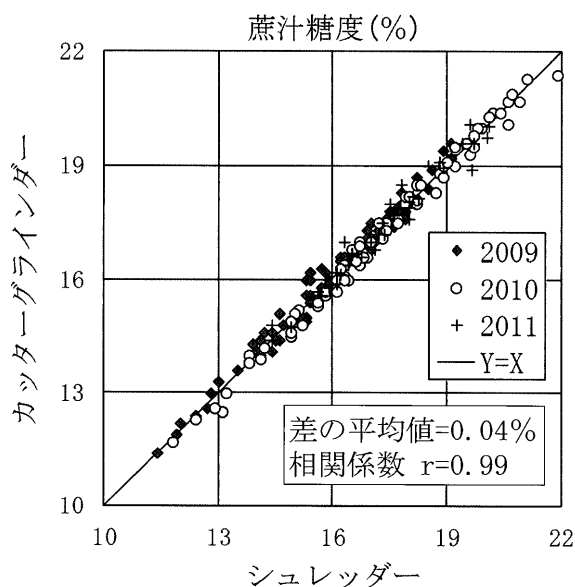
The Kyushu Branch of The Crop Science Society of Japan

度が0.25であった(第1表)。また、相関係数は蔗汁糖度が0.99、搾汁率が0.84、甘蔗糖度が0.99といずれも有意であり、直線回帰することができる(第1～3図)。

第1表 細裂方法の違いが品質測定へ及ぼす影響。

項 目	細裂方法	平均値	差の 平均値	標準 誤差
蔗汁糖度 (%)	カッター グラインダー	16.8	0.04	0.26
	シュレッダー	16.7	—	—
搾 汁 率 (%)	カッター グラインダー	72.9	3.77	1.28
	シュレッダー	69.2	—	—
甘蔗糖度 (%)	カッター グラインダー	14.4	0.37	0.25
	シュレッダー	14.0	—	—

- 1) 蔗汁糖度 = (国際糖度 × 26) / {(1.0077474 × 蔗汁Bx + 0.3209281) × 0.004423 + 0.9925} / 100.  
 2) 蔗汁Bx = 屈折計による測定値(レフプリックス).  
 3) 搾汁率 = (プレス原料重 - プレスバガス重) / プレス原料重 × 100.  
 4) 甘蔗糖度 = 蔗汁糖度 × (搾汁率/100) + (0.4163 × 蔗汁糖度 + 0.871) × {(100 - 搾汁率)/100}.

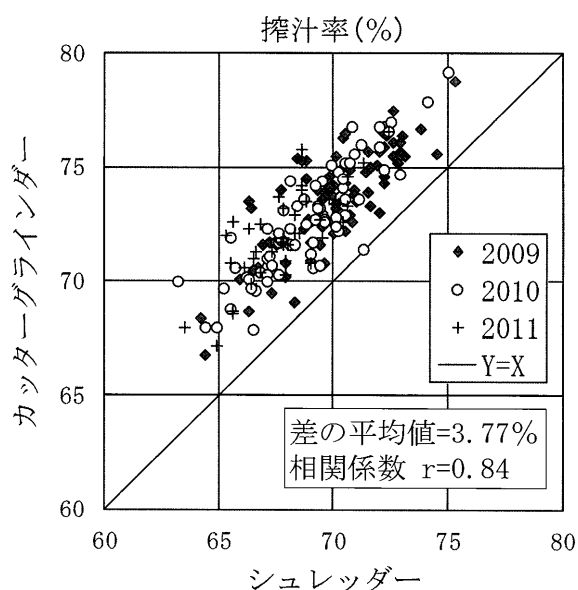


第1図 細裂方法が異なる蔗汁糖度の比較。

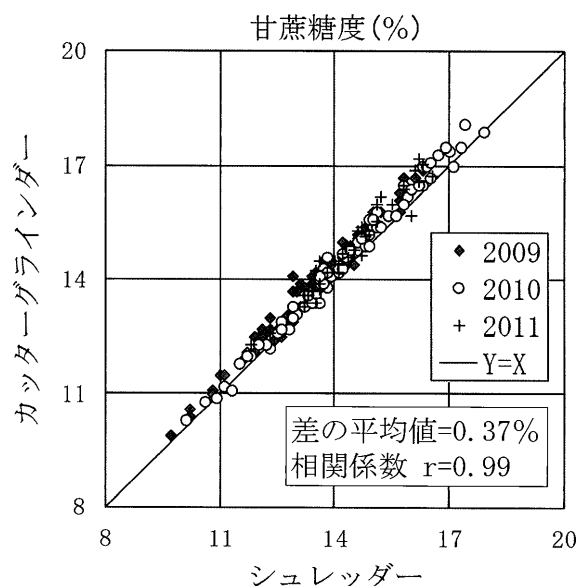
そこで、カッターグラインダー原料の分析値をシュレッダー原料の分析値と一致させるための換算式を一次回帰により作成し、その推定精度を検証した。その結果、各分析値の差の平均値は、蔗汁糖度は換算前0.06%が換算後0.01%に、搾汁率は換算前4.18%が換算後0.71%に、甘蔗糖度は換算前0.44%が換算後0.04%にそれぞれ小さくなった。標準誤差は、搾汁率の標準誤差が換算前1.30から換算後1.08に小さくなった以外はほとんど変動しなかった(第2表)。

### 考 察

カッターグラインダー原料とシュレッダー原料の蔗汁糖度の差は0.04%と非常に小さく両者の相関も高いことから



第2図 細裂方法の違いによる搾汁率の差。



第3図 細裂方法の違いによる甘蔗糖度の差。

第2表 細裂及び算定方法の違いによる各分析値の差。

項 目	細裂及び 算定方法	平均値	シュレッダー との比較	
			差の 平均値	標準 誤差
蔗汁糖度 (%)	CG換算前	17.5	0.06	0.29
	CG換算後	17.4	0.01	0.29
	シュレッダー	17.4	—	—
搾 汁 率 (%)	CG換算前	72.0	4.18	1.30
	CG換算後	68.6	0.71	1.08
	シュレッダー	67.9	—	—
甘蔗糖度 (%)	CG換算前	14.9	0.44	0.29
	CG換算後	14.5	0.04	0.28
	シュレッダー	14.4	—	—

1) CG=カッターグラインダー。

2) 2011年度データだけを用いて評価しているため第1表とは各数値が異なる。

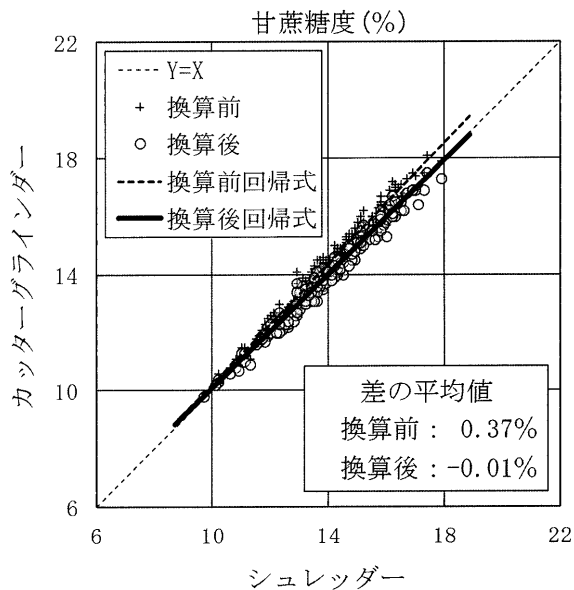
ら、細裂方法の違いが搾汁液のショ糖濃度に及ぼす影響は小さいと考えられた（第1表、第1図）。一方、搾汁率はカッターグライNDER原料の方が3.77%高く、両者の値が一致したサンプルはほとんどなかった（第1表、第2図）。このことは、細裂程度がより細かいカッターグライNDER原料の方が、同じ原料から得られる搾汁液の量が多くなることを示している。また、両者の相関もやや低く、測定結果のばらつきがやや大きいことが示唆された。これらの測定値から算出される甘蔗糖度はカッターグライNDER原料の方が0.37%高く、高糖度帯の方が差が大きくなる傾向がみられた（第1表、第3図）。蔗汁糖度の差は非常に小さかったことから、甘蔗糖度の差は主に搾汁率の差に起因すると推察される。

サトウキビ品質取引では甘蔗糖度0.1%ごとに価格が変動するため、甘蔗糖度の0.37%の差は、同一原料の価格が細裂方法の違いにより異なることとなり問題である。甘蔗糖度の算定に用いるバガス糖度推定式は、鹿児島県と沖縄県で収集した多数のサトウキビ原料を用いて作成されており、過去の調査でも推定精度が十分に高いことが報告されている（沖縄県糖業振興協会 2004）。そこで、従来のバガス糖度推定式をそのまま活用することを前提に、カッターグライNDER原料の分析値を補正して、シュレッダー原料の分析値と一致させるための換算式を一次回帰により作成した。換算後は何れの分析値も差の平均値が小さくなったが、標準誤差はほとんど変動しなかった（第2表）。このことは、換算前後でバイアスのみが補正され、ばらつきは変化していないことを示している。まず、蔗汁糖度は換算前後で大きな変動が認められなかったが、カッターグライNDER導入後のデータを過去のシュレッダー原料による実績データと比較する際には、他の分析値との整合性を図る上で、同様に換算した方が望ましいと考えられる。次に、搾汁率は換算後の差の平均値が換算前より大幅に小さくなり、標準誤差もやや小さくなった。換算により全体的な両者の差は小さくなったと思われる。最後に、品質取引で用いられる甘蔗糖度については、換算後の差の平均値が0.04%と品質取引での価格変動幅0.1%より小さく、作成した換算式は十分に実用的な推定精度を有していた。ただし、標準誤差が0.28と価格変動幅より大きいことから、測定試料の条件によっては誤差が価格に影響を与えることが考えられる。

以上の結果から、これらの換算式を用いることで、細裂方法変更前後の分析値の差を解消することが可能となった。そこで、本研究成果を踏まえ、2009～2011年度に収集した全199サンプルの調査データに基づき、実際に品質取引に導入する換算式を作成した（第3表）。このうち、甘蔗糖度を換算前後で比較した場合、換算前は0.37%であった差の平均値が換算後は-0.01%と非常に小さくなり、換算前は高糖度帯の差が大きかったが、換算後はその差が解消されていた（第4図）。この甘蔗糖度換算式は2012年度から品質取引に導入され、細裂NIR法で使用する検量

第3表 品質取引に導入された換算式。

項 目	カッターグライNDER原料 の分析値を補正する換算式
換 算 蔗汁糖度	蔗汁糖度 × 0.9808 + 0.279
換 算 搾 汁 率	搾 汁 率 × 0.8372 + 8.102
換 算 甘蔗糖度	甘蔗糖度 × 0.9428 + 0.450



第4図 品質取引に導入された甘蔗糖度換算式の評価。

線の対照分析値として用いられている。

このように、カッターグライNDER原料の分析値をシュレッダー原料の分析値と一致させるための換算式を用いることで、両者の相互比較が可能となったが、甘蔗糖度については、その算出にはシュレッダー原料の分析値に基づくバガス糖度推定式が使用されているため、試料によっては実測値との誤差が拡大する可能性がある。したがって、将来的には、カッターグライNDER原料のバガス糖度を実測し、カッターグライNDER原料の分析値に基づく新たなバガス糖度推定式を作成することが望ましい。

### 摘 要

サトウキビ品質取引に新たに導入された細裂NIR法において使用するカッターグライNDERで原料を細裂すると、従来法のシュレッダーで細裂した場合と甘蔗糖度等が一致しないため、カッターグライNDER原料の分析値を補正する換算式を作成した。作成した換算式の推定精度は十分に高く、これらの換算式を利用することで、細裂方法変更前後の分析値を相互比較することが可能となった。また、作成した換算式で算定した甘蔗糖度を細裂NIR法で使用する検量線の対照分析値として用いることで、公正な品質

取引の実施が可能となった。

### 謝 辞

本研究は、公益社団法人鹿児島県糖業振興協会の委託事業として実施した。供試材料のサトウキビ原料茎は各製糖会社に収集していただき、調査の主要な工程は（株）南西糖業伊仙工場で実施した。関係者各位に対して謝意を表す。また、研究遂行にあたり、琉球大学の平良英三助教および上野正実教授、鹿児島大学の河野澄夫教授にご指導・ご助言をいただいた。皆様に厚く感謝申しあげる。

### 引用文献

鹿児島県糖業振興協会 2009. さとうきび品質測定要領（2009年10月改訂版）。

甘味資源振興会 1982. サトウキビに関する調査基準。

沖縄県糖業振興協会 2004. 甘しや糖度換算式検討事業実績報告書。

沖縄県糖業振興協会 2006. 細裂 NIR 測定システム確認・試行試験調査実績報告書。

Taira, E., M. Ueno, K. Saengprachatanarug and Y. Kawamitsu 2012. Application of sugarcane payment and diagnosis using NIR networking system. Proceedings of the 3rd Asian NIR symposium : 23-28.