

焼酎原料用サツマイモの簡易デンプン価測定装置の開発

吉本幸芳*, 大迫美穂**, 上田勝則**, 瀬戸口眞治***, 亀澤浩幸***
下野かおり***, 上蘭 剛****, 久保 敦****, 山之内清竜*****

Development of Measuring Starch Equipment for Sweet Potato for Shochu

Yukiyoshi YOSHIMOTO, Miho OHSAKO, Katsunori UEDA, Shinji SETOGUCHI, Hiroyuki KAMESAWA,
Kaori SHIMONO, Tsuyoshi UEZONO, Atsushi KUBO and Kiyotatsu YAMANOCHI

焼酎製造におけるアルコール収量は、原料のデンプン価と製造管理により左右される。製造現場では、アルコール収量の変動を原料によるものか、製造管理によるものか把握するため日常のデンプン価測定が必要となっている。

サツマイモのデンプン価が水分から算出できることに着目し、サツマイモの静電容量を測定することで水分を推定しデンプン価を算出する、現場でも測定可能な簡易デンプン価測定装置を開発した。この装置により、加熱乾燥法による測定より、多くのサンプルを測定することが可能となり、得られたデンプン価とアルコール収量に高い相関を確認した。

Keyword : 焼酎, サツマイモ, デンプン価

1. 緒 言

焼酎製造におけるアルコール収量は、原料と製造管理(発酵、蒸留等)によって左右される。そして、芋焼酎の主原料であるサツマイモは品種や産地(土壌)・天候・栽培技術等によってそのデンプン価(デンプンと糖の総量)が増減する。製造現場では、アルコール収量の変動が原料によるものか、製造管理によるものか把握することが重要であるため、原料芋のデンプン価測定が必要となっている。

植物や食品試料中の澱粉定量の中心的方法は、酵素法¹⁾であるが、国税庁所定分析法では、原料芋のデンプン価の測定法として酸加水分解法が規定されている。迅速にデンプン価を測定するため、近赤外線による非破壊分析も可能であるが、測定装置が高価で製造現場には普及していない。簡便には、バレイショでは比重からデンプン価を推算することが行われているが、サツマイモは内部に空気を含んでいることから水中置換法での比重測定が困難で、水中での減圧脱気といった特別な操作が必要とされる²⁾。

焼酎製造現場では原料芋のおよそのデンプン価を簡便に知るため、加熱乾燥法による水分測定を行っている。この測定法では短時間で多検体を測定することが困難で、原料芋から採取する個数も数個から10個程度に制限される。このため、焼酎製造現場ではサツマイモのデンプン価が十分把握できているとは言えず、原料に対するアルコール収量

の予測・管理が十分でないのが現状である。

そこで本研究では、サツマイモの水分を測定しデンプン価を推定する算出法³⁾を用いた測定装置の開発を行った。併せて、焼酎製造現場で仕込みに使われるサツマイモの水分を測定し、得られた値からアルコール収量を予測することを試みた。

なお、本研究は、(財)かごしま産業支援センターの助成事業(平成20～21年度 重点業種研究開発支援事業)を活用し、(株)A・R・P鹿児島事業所、田苑酒造(株)、鹿児島県工業技術センターの三者で実施した。

2. 水分測定法の検討

2.1 試 料

水分測定に供したサツマイモの品種は、コガネセンガンで、測定部分及び治具の形状に合わせてカットしたものを使用した。

2.2 水分測定法と特徴

各種の水分測定法と特徴を表1に示す。試作する測定装置では、測定時間の短さや、装置の製作コストなどを考慮し、速度・取扱・コスト面で有利な誘電率法による測定とすることとした。対照となるサツマイモ水分測定は、加熱乾燥法(105℃で3時間)で求めた。

誘電率法とは、水の比誘電率が他の物質に比べ比較的大きいことを利用し、静電容量を求めることで検体の水分を推定する方法である。表2に誘電率法の電極の形状及び方式による測定方式と試料の測定イメージを示す。

* (株)A・R・P 鹿児島事業所

** 田苑酒造(株)

*** 食品工業部

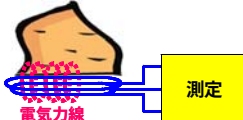
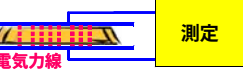
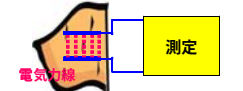
**** 電子部

***** 電子部(現 素材開発部)

表1 水分測定法と特徴

水分測定法	特 徴	原 理	速 度	取 扱	注
加熱乾燥法 (定温乾燥器)	測定原理が 簡単、破壊 測定	乾燥前後の重量 変化より水分を 算出	×	△	◎
加熱乾燥法 ⁴⁾ (赤外線水分 計)	同上	同上	△	○	△
近赤外分光法 ⁵⁾	非破壊・非 接触で高精 度に測定	測定した近赤外 線の吸収率より 水分を算出	◎	○	×
誘電率法 ^{6),7)}	測定速度が 速い 破壊測定	測定した静電容 量より誘電率を 求め水分を算出	◎	○	◎

表2 誘電率法の類型と測定イメージ

電極	方式	測定方式	測定イメージ
平板式	伝送遅延	伝送線路を信号が通 過するときの水分 (誘電率)による信 号遅延を測定	
	静電容量	水分(誘電率)によ る平行コンデンサの 容量を測定	
針式	容量	水分(誘電率)によ る針電極間の容量を 測定	

2.3 平板式電極による誘電率の測定

誘電率の測定方法は、伝送線路を信号が通過するとき試料の水分の影響による信号の遅れを測定する方法(伝送遅延方式)と、電極間の静電容量を測定する方法(静電容量方式)について検討した。両方式を測定する装置は、(株)A・R・Pで製品化している小型水分センサの技術を利用したもので、それぞれの方式の試作装置外観を図1に示す。

伝送遅延方式の装置は、試料の切断面を測定部分に押し当て測定した。切断面と測定部分が十分に密着できないことや、試料の厚みや大きさを一定にできなかったことから、水分との関係を確認できなかった。

静電容量方式の装置は、約10mmにスライスした試料を測定部分で挟み込んで測定した。試料の厚さを一定にそろえられないことや、平行にスライスできないことで電極と密着できなかったことから、同様に水分との関係を確認できなかった。

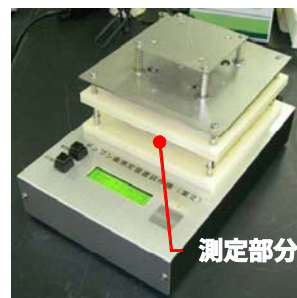


図1 平板式の試作装置外観
(左：伝送遅延方式、右：静電容量方式)

2.4 針式電極による誘電率の測定

平板式電極の課題をクリアするため、針式電極を試作した(図2)。試作した治具は同軸ケーブルでヒューレットパックカード製LCRメータ(4285A)に接続し、周波数1MHzで静電容量を測定した。測定値と水分に関係が見られることから、試料の形状、電極の間隔、電極の太さについて検討した。

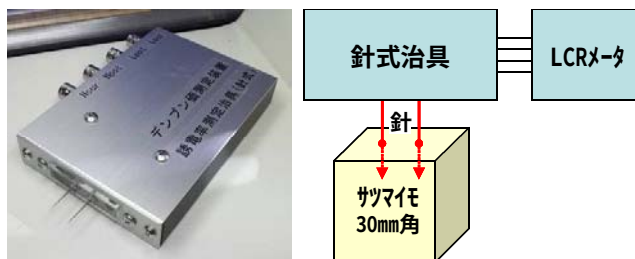


図2 針式電極と構成

試料の形状は、試料周辺の変化で測定値に影響が少ない30mm角とした。電極の間隔は5mmと10mmで検討したが、測定値にばらつきが少ない5mmとした。また、試料内で電極に反りが生じた場合、測定値に影響を及ぼすため、電極の反りを軽減する対策として、電極を太くし強度を増す方法を検討した。太さ1.0mm、1.5mm、2.0mmの3種類の針を測定治具に装着し、30mm角にカットした試料を刺した状態で軟X線撮影装置で観察した(図3)。

針の太さと反り量について表3に示す。針の反りは、試料の各面に対し垂直方向に針を刺し、針の先端の間隔と根元の間隔の差を解析した。1.5mm以上の太さがあれば反りが発生しないことが分かった。なお、2.0mmの針も反りは確認できなかったが、針の太さによる試料へのダメージを考慮し、電極針の太さは1.5mmとした。

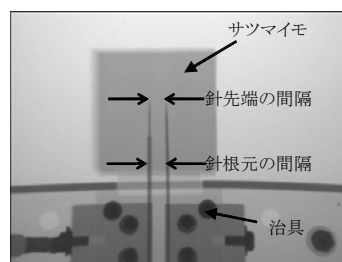


図3 軟X線装置での観察

表3 針の太さと反り量

針の太さ	針の反り量
1.0mm	0.57mm
1.5mm	0.1 mm以下
2.0mm	0.1 mm以下

2.5 検量線の作成

試料は焼酎製造に使われる表4に示す5品種で、針式電極により測定した静電容量x (pF)と加熱乾燥法で求めた水分y(%) (図4) から、検量線を作成し(1)式を得た。

$$y = 0.0272x + 51.695 \quad (1)$$

表4 試料品種と試料数及び水分範囲

品 種	試 料 数	水分範囲 (%)
大地の夢	20	56.4～61.9
白ゆたか	20	57.0～63.8
コガネセンガン	126	57.6～71.9
紅さつま	22	64.1～71.0
高系14号	12	65.8～73.9
計	200	56.4～73.9

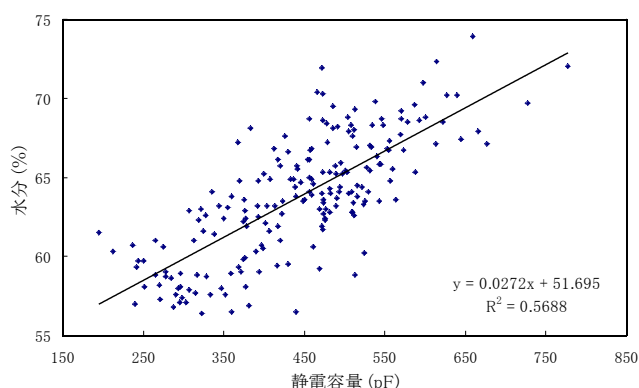


図4 針式電極で測定した静電容量と水分

3. 測定装置の開発

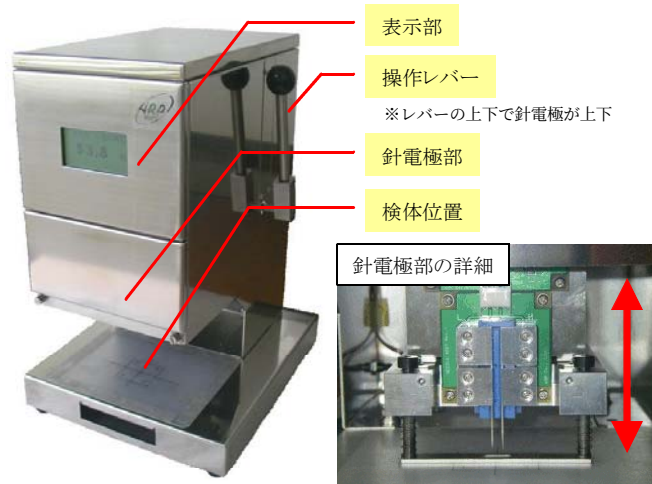
3.1 測定装置の設計・試作

測定装置は、次のことに留意し設計・試作した。

- ・ レバー操作だけで簡単に測定でき、連続操作しても装置がガタつかないこと
- ・ 食品製造現場に用いられるステンレスで筐体を構成すること
- ・ 電極に用いた針の洗浄交換等のメンテナンスを容易にできること
- ・ 水分及びデンプン価を大型液晶表示し、記録できること

試作機の装置外観と操作方法を図5に、装置の主な仕様を表5に示す。加熱乾燥法で課題であった1サンプル当たり1時間以上必要であった測定時間は約3秒となり、多く

のサンプルを測定できるようになった。



【操作方法】

- 検体位置に厚さ30mmにカットしたサツマイモを置く
- レバーを下げ、針電極をサツマイモに刺す
- 表示装置に計測値が表示され、記録媒体に計測値を保存

図5 試作機の装置外観と操作方法

表5 装置の主な仕様

項 目	仕 様
計測範囲	水 分 (%) 55 ～ 75
	デンプン価 37.04 ～ 18.53
針電極の長さ／間隔／径(mm)	15／5／1.5
装置寸法(mm)	H×W×D 410×260×300

3.2 現場での測定とアルコール収量の予測

現場での測定や操作に試作機が対応できるかの確認と、実際の焼酎仕込みに用いられたサツマイモの水分を得ることを目的に、焼酎製造現場（田苑酒造(株)：鹿児島県薩摩川内市）で計測した。

試料品種はコガネセンガンで、500kg入りの袋からサツマイモを3個抜き取り、30mm角に試料をカットし、90個の試料を計測した。なお、サンプリングは、1袋に1,000本入っていると仮定して、全体の約0.3%である。

試作機で得られた誘電率から、(1)式により水分を求め（計測値）、同試料を加熱乾燥法で水分（実測値）を求めたところ、図6に示すように、計測値は、実測値の水分より低い傾向が見られた。また、計測値と実測値の差は90個のうち61%が、製造現場が求める誤差の許容範囲である±2%以内に収まった（図7）。

また、仕込んで得られたアルコール収量と誘電率法で求めたデンプン価と焼酎製造現場で求めたデンプン価を比較した（表6、図8）。なお、焼酎製造現場で求めたデンプン価は、メーカーが製造管理の一環として行っているもので、加熱乾燥法により算出している。

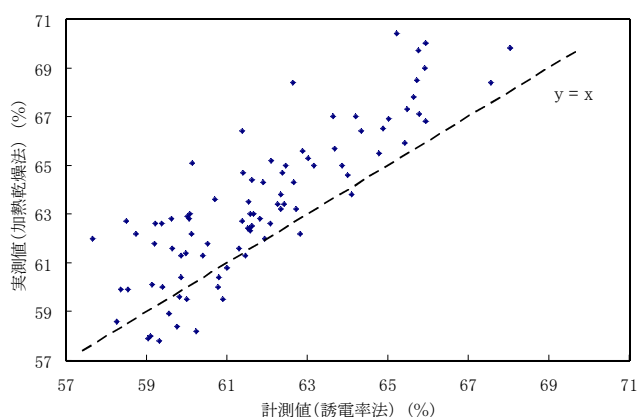


図6 計測値(誘電率法)と実測値(加熱乾燥法)の水分

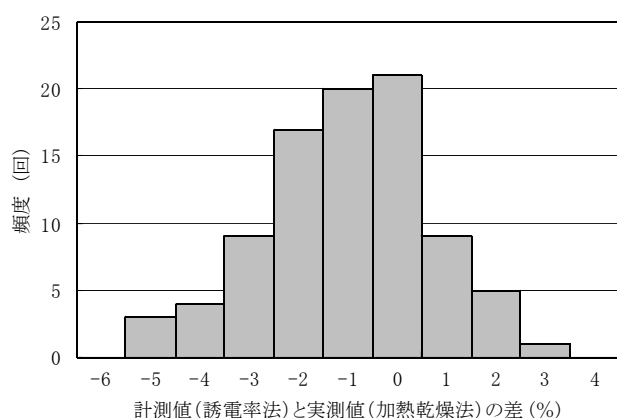


図7 計測値と実測値の差のヒストグラム

表6 アルコール収量とデンプン価

アルコール 収量 (L/t)	誘電率法		加熱乾燥法		試験日
	デンプン価	試料数	デンプン価	試料数	
193.60	28.38	90	26.97	3	H21.10. 7
203.70	29.52	90	27.55	3	H21.10.14
204.82	29.14	90	28.62	2	H21.10. 5
213.34	30.00	90	25.69	1	H21.10.19

誘電率法で求めたデンプン価は、アルコール収量と線形に近似できるが、製造現場で求めたデンプン価は、平成21年10月19日に取得したデータが、アルコール収量が高いにもかかわらず、デンプン価が低くなっている。これは、製造現場では、サンプル数が多くとれないため、原料のデンプン価を代表していないことが言える。一方、測定時間が

短くサンプル数を多く取ることが可能な本装置では、仕込みに用いたサツマイモのデンプン価をより平均的に求められ、本装置の有効性を示す結果が得られた。

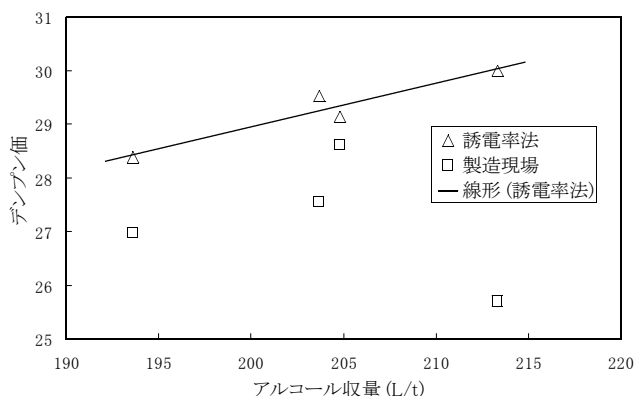


図8 アルコール収量とデンプン価

4. 結 言

本装置の開発により、加熱乾燥法に比べ高い精度でアルコール収量の予測が可能となり、焼酎製造メーカーの製造管理面のニーズに対応できるようになった。また、焼酎製造メーカーだけではなく、サツマイモ生産農家や、ジャガイモ等芋類全般の品質チェック手段としての応用も期待される。

一方、アルコール収量の予測の面では、実用上十分な精度を持っているが、測定された水分の分布を見るとばらつきが見られる。今後は、水分の測定精度を向上させる取り組みとともに、製造現場意見の反映や、ハンディ型の実現に向けた機構・回路の小型化が必要である。

参 考 文 献

- 1) 中村道徳, 貝沼圭二: “澱粉・関連糖質実験法”, 学会出版センター(1986)12
- 2) 越智洋, 水谷政美, 工藤哲三: 特開2008-286615
- 3) 注解編集委員会編: “第四回改正国税庁所定分析法注解”, 日本醸造協会(1993)182
- 4) 渡辺利通: 特許第2093593号 (1996)
- 5) 尾崎幸洋, 河田聡: “近赤外分光法”, 学会出版センター 251-252
- 6) 山之内清竜, 下戸哲博, 平野芳治: 特許第2750498号 (1998)
- 7) 南竹力: 特許第4189864号 (2008)