清酒分析への導電率計の応用

中川秀幸・加藤肇一・中嶋 實・久保直哉
〈富山県食品研究所〉

平成5年6月14日受理

Applicaion of Conductivity Meter to
Chemical Analysis of Sake

Hideyuki NAKAGAWA, Tadahito KATO,
Minoru NAKASHIMA and Naoya KUBO
(Toyama Food Research Institute, 360
Yoshioka, Toyama-shi, Toyama 939)

Conductivity measurement was applied to analyze commercial Sake samples, genuine traditional sake (Sake made from rice and rice *koji*) and Sake fortified with alcohol, in addition to chemical data.

Conductivity of sake samples had significant correlation to many other chemical data, especially high correlation was observed to Formol-N. The multiple regression equation computed was:

$C=68.48A+246.97F-49.44S+337.89$ ($R=0.81$),
where symbol designations were:

C =expected conductivity, A =acidity,
 F =Formol-N and S =sugars.

Principal component analysis with chemical data was applied to these samples. First principal component scores could almost clearly distinguish genuine traditional sake samples from others, with large factorloading of conductivity in chemical data. First principal component had relation to thickness of the taste of sake from extract except sugars such as glucose.

Key words: 清酒・分析・導電率計

緒言

近年、清酒の分析および清酒醪の計測には、グルコースセンサーをはじめアルコールセンサーなど様々なセンサーが役立てられている。導電率計も pH メーターなどと同様、電極型のセンサーであり迅速な測定が可能であるため、工業分野において連続プロセスの自動分析に用いられている。しかしながら、清酒中では、アミノ酸、有機酸など多種の電解質成分が含まれるため、導電率が

それらの個々の成分を具体的に表すことが困難である欠点を持つ。本報では多変量解析の手法を用い、導電率と清酒成分の関係について検討したので報告する。

実験方法

1. サンプルの収集

平成2年11月および平成3年12月、市販清酒を対象として購入収集した。それらの内訳は、純米酒 35 点、本醸造酒を含むアルコール添加酒（以下アル添酒）46 点、合計 81 点であった。

2. 化学分析

酸度、アミノ酸度などの一般成分は国税庁所定分析法に準じて行った。紫外部吸収は、サンプルを蒸留水で 20 倍に希釈した後、分光光度計で波長 280 nm および 260 nm における OD を測定し、これに希釈率を乗じた。導電率の測定には、堀場(株)製 CONDUCTIVITY METER DS-8 F 型を使用した。糖含量は、高速液体クロマトグラフ法によりグルコース、マルトース、イソマルトース、パノース、マルトリオースおよびイソマルトリオースを定量し、これらの合計値を糖含量とした。

3. 多変量解析

日本電気(株)製 PC 9801 DA を用いて共立出版(株)製多変量解析用プログラムパッケージにより、相関行列を求め、これを用いて標準化した変数に基づき、解析を行った。

結果および考察

1. 化学分析

化学分析の結果を Table 1 に示す。

純米酒、アル添酒別にみると純米酒は、アル添酒に比べ日本酒度、糖含量は低い傾向を示し、酸度、アミノ酸度、着色度、紫外部吸収および導電率は高い傾向を示した。エキス分には差が認められなかった。

2. 導電率との単相関係数

試料全体の導電率と各成分値との相関係数を Table 2 に示す。導電率は、多くの成分と有意な相関を示し、特にアミノ酸度と 0.75 の高い相関を示した。酸度との相関は比較的lowく、これは、有機酸が比較的解離度の低い酸であり、また、酸度の値に結合酸の量が反映されていないためと推察された。また、糖含量とは負の相関を示し、エキス分、アルコールとの相関は非常に低かった。

3. 重回帰分析

導電率 (C) が一般的な分析項目である酸度 (A)、アミノ酸度 (F) および糖含量 (S) の 3 つの変数によってどの程度説明されるか重回帰分析を行った結果、次の

Table 1 Results of chemical analysis.

	Sake-meter	pH	Acidity (ml)	Formol-N(ml)	OD ⁴³⁰	OD ²⁸⁰	OD ²⁶⁰	Sugars (%)	Extract (%)	Conductivity (μS/cm)
Sake fortified with alcohol (46 samples)										
Max.	8.2	4.47	1.69	2.08	0.1193	6.08	8.25	4.44	5.88	879
min.	-1.8	3.95	1.13	1.27	0.0016	2.32	3.29	2.11	3.97	557
Ave.	2.3	4.29	1.37	1.64	0.0154	4.38	5.78	3.08	5.04	671.7
S.D.	2.1	0.10	0.14	0.20	0.0164	0.85	1.09	0.50	0.43	76.8
Sake without alcohol fortification (35 samples)										
Max.	5.3	5.03	2.03	2.74	0.0730	8.27	10.68	3.36	5.85	1073
min.	-2.6	4.07	1.13	1.20	0.0088	3.04	3.94	1.48	2.71	612
Ave.	1.9	4.40	1.58	1.94	0.0192	5.24	6.77	2.25	4.98	825.5
S.D.	1.9	0.16	0.19	0.34	0.0113	1.14	1.50	0.37	0.55	105.0

Max : Maximum, min : Minimum, Ave : Average, S.D.: Standard deviation

Table 2 Correlations between conductivity and chemical components.

Components	R
1. Sake-meter	-0.1379
2. pH	0.5882**
3. Acidity (ml)	0.4807**
4. Formol-N(ml)	0.7509**
5. OD ⁴³⁰	0.1339
6. OD ²⁸⁰	0.4773**
7. OD ²⁶⁰	0.4971**
8. Sugars(%)	-0.4594**
9. Extract(%)	0.0931
10. Alcohol(%)	0.0356

Results of all samples (81 samples),

*: Significant at 5% level, **: Significant at 1% level

Fig. 1 Relationship between conductivity and expected conductivity.**Table 3** Eigenvalues and cumulative proportions.

Component No.	Eigenvalue	Cumulative proportion
1	3.91302	0.43478
2	2.31277	0.69175
3	1.38511	0.84566

式を導いた。

$$C = 68.48A + 246.97F - 49.44S + 337.89 \quad (R=0.81)$$

本式における定数項の値が 337.89 となり、3 変数で表わされていない無機塩類、核酸関連物質等によるものと推察された。Fig. 1 に導電率の実測値を横軸にとり、本式による予測値 C を縦軸にとってプロットした結果を示す。

4. 主成分分析

導電率が清酒の特徴に及ぼす影響を調べるため、変数に導電率を加え主成分分析を行った。主成分分析に使用した変数は、鈴木ら⁹⁾の使用した変数を参考に次に示す 9 成分とした。

1. 日本酒度
2. pH
3. 酸度
4. アミノ酸度
5. 糖含量
6. エキス分
7. エキス分-糖含量
8. 糖含量/エキス分
9. 導電率

(1) 固有値および累積寄与率

固有値および累積寄与率を Table 3 に示した。固有値は第 3 主成分まで 1.0 を超える値を示した。また、累積寄与率は第 1 主成分で変数全体の 43.5% を説明し、第 3 主成分までで 84.6% を説明できた。

(2) 固有ベクトルおよび因子負荷量

第 3 主成分までの固有ベクトルを Table 4 に、因子負荷量を Table 5 に示した。

第 1 主成分において導電率の因子負荷量が 0.79 と比較的高い値を示した。第 1 主成分は糖分を除いたエキス分（エキス分-糖含量）が正の、糖含量およびエキス分中の糖分の比率（糖含量/エキス分）が負の高い因子負

Table 4 Eigenvectors.

Component No.	1	2	3
Variable			
1. Sake-meter	0.04999	-0.60188	0.19037
2. pH	-0.24718	0.18878	0.64617
3. Acidity	-0.30758	-0.02639	-0.44837
4. Formol-N	-0.35253	0.18438	0.34417
5. Sugars	0.36836	0.42735	0.04732
6. Extract	-0.05839	0.59099	-0.24386
7. Sugars/Extract	0.44336	0.15845	0.19871
8. Extract-Sugars	-0.44746	0.04662	-0.25968
9. Conductivity	-0.42619	0.09047	0.24040

Table 5 Factor loadings.

Component No.	1	2	3
Variable			
1. Sake-meter	-0.0829	-0.8684	0.1698
2. pH	0.4622	0.2689	0.7280
3. Acidity	0.5873	-0.0142	-0.4452
4. Formol-N	0.6443	0.2614	0.3964
5. Sugars	-0.7524	0.6374	0.0584
6. Extract	0.1073	0.9266	-0.2747
7. Sugars/Extract	-0.8970	0.2091	0.2323
8. Extract-Sugars	0.9037	0.1082	-0.2979
9. Conductivity	0.7941	0.1425	0.2955

荷量を示すことから、第1主成分は、糖以外の成分による味の濃さに関した軸であると考えられた。

第2主成分は糖含量とエキス分が高い因子負荷量を示し、日本酒度が負の高い因子負荷量を持つことから、甘辛に関していると解釈された。

(3) 主成分得点

個々のサンプルについて、X軸に第1主成分得点、Y軸に第2主成分得点をプロットした図を Fig. 2 に示した。糖以外に起因する味の濃さを示すものと解釈された第1主成分では、純米酒の大部分が負の高い得点を得、0 付近から正の範囲に分布するアル添酒との区別が可能であった。回帰分析の結果においてアミノ酸度と正の相関、糖含量と負の相関関係にあった導電率は、純米酒とアル添酒を区別可能な第1主成分においても高い因子負荷量を示した。純米酒は米、米麹、水のみを原料に醸し出されるため、普通酒に較べて米の味が生き、濃醇でうま味が多くなりやすい特性を持つ²⁾とされていることから、これらの結果より、清酒の示す導電率の値はアミノ酸、糖等のバランスの上に成り立ち、原エキス分由来する濃醇さ・うま味を表わすことの可能な総合的な指標と推察された。

Fig. 2 Relationship between the scores of component 1 and component 2.

Symbols: ○, Sake fortified with alcohol;
■, Sake without alcohol fortification

要 約

清酒における導電率の特性を明らかにする目的で純米酒およびアル添酒計 81 点について、導電率をはじめとする化学的分析値を変数とした多数量解析を行い、以下の点を明らかにした。

1. 導電率は多くの化学分析値と有意な相関を示し、特にアミノ酸度と高い正の相関を示し、糖含量とは負の相関を示した。導電率は、多くの化学分析値の総合的な特性を表わす指標の1つであることがわかった。

2. 重回帰分析の結果より、導電率 (C) は酸度 (A)、アミノ酸度 (F) および糖含量 (S) の3つの変数によって次の式に表わされた。

$$C = 68.48A + 246.97F - 49.44S + 337.89 \quad (R = 0.81)$$

3. 導電率を変数として加えた主成分分析の結果では、導電率が第1主成分で比較的大きな因子負荷量を示し、第1主成分得点によって大部分の純米酒をアル添と区別することが可能であった。

4. これらの結果より、清酒の示す導電率の値はアミノ酸、糖等のバランスの上に成り立ち、原エキス分由来の濃醇さ・うま味を表わす総合的な指標と推察された。

文 献

- 1) 鈴木昭紀, 新里修一, 佐藤俊一, 佐野英二, 斉藤泰夫, 池田 瑛, 梅田紀彦, 宮野信之, 大塚謙一: 醸協, 73, (1) 51 (1978)
- 2) 栗山一秀: 醸協, 78, (9) 684 (1983)