



サーモフィッシャーサイエンティフィック株式会社 SID 応用技術部  
編集発行：マーケティング部

TE06001

## Key Words

- ワイン
- 機器分析
- ICP-OES
- ICP-MS
- GC/MS
- FT-IR
- 無機元素
- 産地

## はじめに

ワインの製造は、何世紀にもわたり経験や職人の感覚を元に行われてきました。近年では市場に見合うワインを製造するために、さまざまな科学的手法が提案され、実践されてきています。土壌や芳香物質、酸度、糖度などのモニターでは、各種の分析機器が利用され、瓶詰の段階でも、コルクに代わる人工素材を利用するなど、幅広い工程で科学が浸透してきています。

ワインの主要産地である欧州諸国では、現在も伝統と経験に裏付けされた格付けが行われていますが、一方では分析機器による化学的評価も盛んです。スペインのナバラ州立大学が行った、GC/MSによるワインと樽に含まれる化学物質についての分析例りでは、樽に使われた木材からワインに移る芳香物質の濃度が最高値に達するのは、ワインが樽に貯蔵されてから10～12ヵ月後で、その後、芳香物質の濃度は変化しないか、あるいは減少するという結果が報告されています。熟成期間の長い高価な「グランレゼルバ」が、若くて安価な「レゼルバ」と、芳香成分には大差ないと評価したことは、伝統的な格付け方法への大胆な問題提起ともいえます。



科学の鼻と目で、各種ワインを分析する

今回制作した一連のアプリケーションノート「ワインの分析シリーズ<sup>2)</sup>」では、各種機器によるワインの分析項目、手法、ならびに実験結果を報告します。テロワールの要素を成す土壌や産地を反映する「無機元素」、ワインの風味や香りを醸す「芳香成分」、成分の「含有量」、製品の「品質」など

に注目し、ICP発光分光分析計(ICP-OES)、ICP質量分析計(ICP-MS)、ガスクロマトグラフ/質量分析計(GC/MS)、フーリエ変換赤外分光光度計(FT-IR)による分析を行いました。各種ワインの、産地による元素存在比の違い、芳香成分の違い、混入物やボトル栓の分析結果を、6つのレポートに分けて報告します。

## 分析に用いたワインと特徴

一連の分析の試料として、一般の小売店で入手可能な赤・白各3種、計6種のテーブルワインを購入しました。以下に、各々のぶどう品種、産地、特徴について解説します。各ワインは開栓後、まず複数の一般人によって官能評価を行いました。その後、各種機器を用いて、ワインならびにボトル栓の分析を行いました。

- Sample 1** シャルドネ (白)  
産地：ニュージーランド  
特徴：花のような香り、あっさりとした後味
- Sample 2** ソーヴィニオン・ブラン (白)  
産地：フランス  
特徴：果実様の芳香、青い若芽のような香り
- Sample 3** リースリング (白)  
産地：ドイツ、モーゼル  
特徴：甘みと酸味が強い、石油系の匂い
- Sample 4** ピノ・ノワール (赤)  
産地：フランス、ブルゴーニュ  
特徴：赤いベリー類の香り、穏やかな酸味
- Sample 5** サンジョベーゼ (赤)  
産地：イタリア、トスカーナ  
特徴：赤い果実味、まろやかな酸味
- Sample 6** メルロ (赤)  
産地：アメリカ、カリフォルニア  
特徴：スマイルのような香り、強い果実味、樽香



開栓後は、前処理や各種機器による分析時間など、手法により時間差が生じるので、各ワインは官能評価後に密栓をして空気を遮断し、冷暗所に保存しました。

## 分析項目と分析機器

### 産地・土壌



ワイン中の「無機元素」を分析することで、土壌や産地の由来を化学的に判別することが可能となります。ワインには産地によるブランドが付きものですが、外見や味覚による差異は一般人では識別が難しく、ラベルの偽装などを簡単に見破ることができません。ワインの産地の土壌にはそれぞれ特徴的な成分があり、その割合が異なります。また、特定の元素の同位体比は土壌を構成する岩石や鉱物の年代を反映して、地域ごとに異なります。これら土壌の特徴はワイン中の元素・同位体比組成によく反映され、特にヨーロッパでは産地の判別やブランドの偽装の見分けに使えるという報告も数多くあります<sup>3), 4)</sup>。ICP-OES (図1) を用いた無機元素のスクリーニングでは、各ワインに含まれる特徴的な無機元素の種類と含有量がわかります。さらに ICP-MS (図2) による分析では、微量無機元素の濃度や同位体比を精度よく測定できます。今回は含有元素の濃度を分析することで、産地による差異を読み取ることができるか検討しました。



図1 iCAP™ 6000 シリーズ ICP 発光分光分析装置

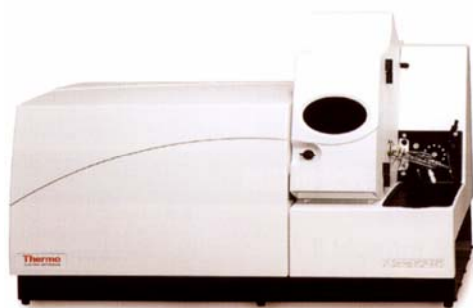


図2 X Series<sup>II</sup> ICP 質量分析装置

### 香り・風味

「香り・風味」と一言で書くのは簡単なことですが、その二つの言葉に含まれる意味は大変奥深く、今まで多くの研究者・分析技術者達が多大な時間と労力を費やして、その官能の世界を科学的な観点から解明、数値化しようと試みてきました。しかし、人の嗅覚や味覚には個人差もあります。また人間の鼻や舌の感度は非常に高く、分析

技術がめざましい発展を遂げた現在でも、「官能評価」という言葉の前には、とても大きな壁が立ちはだかっているのが現実です。

分析機器の参入が難しいといわれている「香りの世界」に、最も多く使用されているのが GC/MS です。この装置を用いることにより、複雑な多成分が混ざり合ったものをガスクロマトグラフ (GC) の驚くべき分離能力で分け、質量分析計の高い定性能力で、その個々の成分について同定を行うことができます。更に分離、定性を行うことにより、特徴的な成分を見つけ出したり、あるいは香りや風味の傾向別にクラス分けを行うことも夢ではなくなっていくでしょう。アプリケーションノート「ワインの分析」シリーズ (2) では、卓上型の GC/MS で、ワインの香りや風味へのアプローチを試みました。



図3 TRACE DSQ™ 四重極型ガスクロマトグラフ質量分析計

### 品質管理・異物

ワインの「品質管理」は、発酵から貯蔵、瓶詰め、出荷の段階で必要となります。赤外分光装置 (図4) では、ワインに含まれる「化合物」や「無機塩」などを非破壊で迅速に分析することができます。赤外分光法は、基本的に試料の前処理が不要で、サンプリングアクセサリや赤外顕微鏡を組み合わせることで、さまざまな形態の「異物」を分析することも可能となります。最近では近赤外光を使い、熟練者の感覚や経験に頼らず、熟成の度合いなどをモニターする技術も提案されています。定性の他、多成分の同時定量分析も可能です。



図4 Nicolet™ シリーズ FT-IR 赤外分光装置

## ICP-OES、ICP-MS によるワイン中の無機元素の分析

ワインを評するフランス語の「テロワール」（土地固有の個性 — 地形、土壌、気候などぶどうの生育に関する自然的環境の総称）という概念は、その複雑なパラメータから、製造条件と味わいの関係性の分析を困難にしています。その中で、土壌についてはワインそのものに含まれる無機元素を分析することで、土地固有の違いを推察することができます。

ICP-OES、ICP-MSにより、産地の異なる6種類のワインに含まれる無機金属を測定し、特徴的な元素を調査しました。最初に ICP-OES でスクリーニングを行い、その結果より ppm オーダーの元素は ICP-OES で定量し、それより微量域の元素は ICP-MS で定量を行いました。ICP-OES ではワインを水で10倍希釈、ICP-MSでは同様に20倍希釈して測定しました。

### ICP-OES によるスクリーニング

iCAP6000シリーズは、検出器にCIDを採用しており、多元素・多波長をバックグラウンドも含めて同時に計測するシステムです。Duoトーチシステム(図5)により、プラズマ炎を軸方向および放射光で測定することで、高感度測定、イオン化干渉対策に対応することが可能です。

ICP-OESのスクリーニングで使用する半定量メソッド65元素(約180波長)の検量線が保存されており、約30秒の測定で全元素のおおよその濃度が把握



図5 Duoプラズマトーチ

できます(図6)。表1に測定条件を、表2にスクリーニング結果の一部を示します。表2から、特にリースリングワイン(Sample3)でカルシウムの含有量が比較的高いことが分かります。リースリング種の産地であるドイツ・モーゼル地方は、カルシウムに富む土壌の畑が多いといわれますが、スクリーニングの結果もその傾向を示している可能性があります。

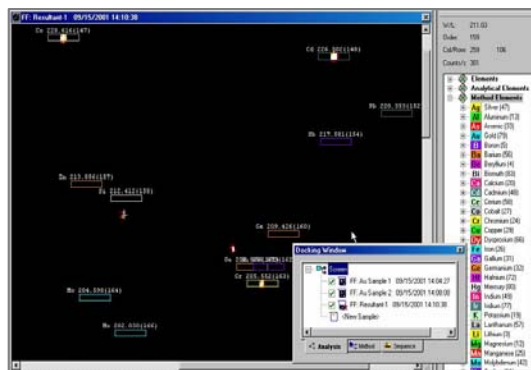


図6 全ピクセルリサーチモード測定画面

表1 ICP-OES測定条件

高周波出力	1150 W
冷却ガス	14 L/min
補助ガス	0.5 L/min
試料ガス	26 psi
サンプル導入系	ロングトーチ使用 サイクロンチャンバー コニカル同軸ネブライザー

### ICP-MS による微量分析

X Series は、従来測定ができなかったと考えられていた Ar や、共存主成分、溶媒などが起因の妨害分子干渉を克服する技術(コリジョンセルテクノロジー、CCT)を備えた ICP-MS です。ワインの測定についても、鉄やセレンなど、Ar 起因妨害を受ける元素はCCTモード、その他元素はスタンダードモードで測定しました。検量線に使用した標準液はSPEX社製多元素混合標準溶液 XSTC-1,7,8,13 を希釈し、それぞれ10ng/ml を作成使用しました。表3に、主な測定条件を示します。

図7 に、ICP-MS測定結果の一部を示しました。産地によって、銅と亜鉛あるいはルビジウムとストロンチウムの存在比率が異なる事により、土壌の違いを反映していると考えられます。また、醸造や熟成に金属のタンクを使うなどの製造工程も特定の微量元素の濃度に反映されると推定されます。

表2 ICP-OES によるワイン中の無機元素のスクリーニング結果

(mg/L)

	Sample1	Sample2	Sample3	Sample4	Sample5	Sample6
Ca	53.0	78.6	181.0	58.3	70.1	43.4
Fe	3.1	1.7	3.2	4.9	3.0	1.9
K	892.0	782.0	642.0	746.0	1100.0	1090.0
Mg	104.0	66.4	61.8	70.1	95.7	97.2
Mn	1.3	1.0	1.2	1.0	1.4	1.7
Na	41.4	20.2	14.2	8.2	14.8	10.6
P	282.0	146.0	123.0	140.0	155.0	213.0
S	130.0	116.0	105.0	133.0	137.0	139.0
Si	11.2	8.2	9.5	7.4	13.6	28.1

表3 ICP-MS 測定条件

高周波出力	1300 W
冷却ガス	13 L/min
補助ガス	1.0 L/min
試料ガス	0.89 L/min
サンプル導入系	コニカル同軸ネブライザー ペルチェ冷却チャンバー(3°C)
インターフェイス	Xs サンプリングコーン(Ni) Xs スキマーコーン(Ni)
CCTガス	He (H <sub>2</sub> -8%混合)

## まとめ

ICP-OES、ICP-MSを用いて、ワイン中の無機元素の分析を行いました。ICP-OESによるスクリーニングやICP-MSによる微量分析によって、無機元素の存在比でぶどう品種や産地の個性を分析することが可能であることが分かりました。

伝統的な製法を守る欧州諸国に対して、新興国(オーストラリア、チリ、カリフォルニアなど)では、消費者の好むワインを最新のテクノロジーで生産するワイナリーがあります。ぶどう品種の栽培に適した風土の内、土壌のリサーチは、このような高精度の化学分析によって実施されています。このようなワイナリーでは、ワインの発酵の段階でも、木片や調合した酵母で風味を調整し、市場の好みを見合うワインを出荷しています。以降のレポートでは、ワインの「香り」の分析手法(GC/MS)、アルコール度数の定量やワインの識別、異物の分析手法(FT-IR)について紹介します。ワインに興味のある方もない方も、そして、分析に携わっている方もそうでない方も、より多くの方々が何らかの形で仕事のヒントにいただければ幸いです。

今回はワインを分析の対象物として測定していますが、一連のアプリケーションノート「ワインの分析」でご紹介する全ての分析手法は、全く異なるさまざまな分野での分析にも役立ちます。最後まで「ワイン分析」シリーズをお楽しみください。

## 参考文献

- 1) T. GARDE CERDÁN, D. TORREA GOÑI and C. ANCÍN AZPILICUETA,  
Changes in the concentration of volatile oak compounds and esters in red wine stored for 18 months in re-used French oak barrels, AGJWR Volume 8, Number 2, 2002
- 2) 羽田三奈子、春井里香、米重正和、高橋隆子、森和広、西川克、窪田雅之、中野辰彦、八島祥守、  
Application Note TE06001-TE06006, サーマフィッシャー, 2006
- 3) MALCOLM J.BAXTER, HELEN M.CREWS, M.JOHN DENNIS, IAN GOODALL and DOROTHY ANDERSON, The determination of the authenticity of wine from its trace element composition, Food Chemicals, 1997, Vol. 60
- 4) C.MARISA ALMENDA and M.TERESA S.D.VASCONCELOS, ICP-MS determination of strontium isotope ratio in wine in order to be used as a fingerprint of its regional origin, J. Anal. At. Spectrom., 2001, 16, 607-611
- 5) マック・マーゴリス「科学がつくる芳醇の味」Newsweek 日本版 P46, Vol.20, No.43, 2005.

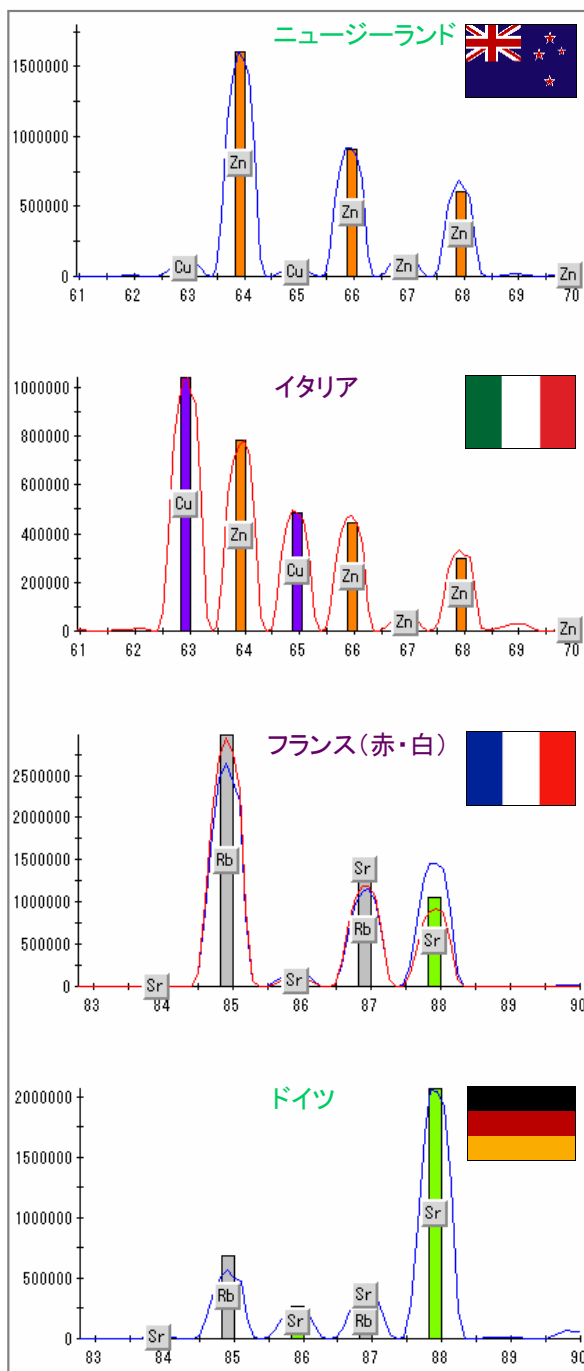


図7 ICP-MSによる微量無機元素の分析結果の一例

TE06001

サーモフィッシャー  
サイエンティフィック株式会社

サイエンティフィック  
インスツルメンツ事業本部

横浜本社  
045-453-9100(代表)

大阪支店  
06-6863-1550(代表)

E-mail  
info-jp@thermo.com

www.thermo.com  
www.thermo.com  
(グローバル)

©2007 Thermo Fisher Scientific Inc. All rights reserved. All trademarks are the property of Thermo Fisher Scientific Inc. and its subsidiaries.

Specification, terms and pricing are subject to change. Not all products are available in all countries. Please consult your local sales representative for details.