

[2022年日本ブドウ・ワイン学会 論文賞 受賞講演要旨]

ワインの無機元素に関する研究

清水 秀明*

独立行政法人酒類総合研究所
739-0046 広島県東広島市鏡山3-7-1

2022 ASEV JAPAN JOURNAL AUTHOR'S AWARD Study of Mineral in Wine

Hideaki SHIMIZU*

National Research Institute of Brewing, 3-7-1 Kagamiyama
Higashi-Hiroshima, Hiroshima 739-0046, Japan

1. はじめに

ワインには様々な無機元素が含まれており、主として原料であるブドウが育った土壌に由来すると考えられている。ブドウの樹が根から水を吸い上げる時に、土壌に含まれる無機元素も一緒に吸い上げるため、土壌が違えば含まれる無機元素の種類や量が異なり、結果としてワインの無機元素組成が変わってくる (Almeida and Vasconcelos 2003)。この性質を利用して、海外ではワインの原料原産地の判別に関する研究が数多くあるが、製造方法やブドウ品種、収穫年を含む複数要因によって、無機元素濃度が変化するとの報告もある (Almeida and Vasconcelos 2003, Catarino et al. 2008, Martin et al. 2012)。そこで本研究では、日本に流通しているワイン（日本ワイン、輸入ワイン、その他の国内製造ワイン）に含まれる無機元素濃度を測定し、その特徴を調べるとともに、製造方法、ブドウ品種、収穫年の違いが無機元素濃度に与える影響を調べた。

2. 市販ワインの18元素分析

まず、日本で流通している市販ワイン214点（日本ワイン82点、輸入ワイン99点及びその他の国内製造ワイン33点）に含まれる無機元素濃度を誘導結合プラズマ発光分光分析装置 (ICP-AES)、誘導結合プラズマ質量分析装置 (ICP-MS) で分析した (Shimizu et al. 2018)。測定した40元素のうち、定量限界値以下の元素、再現性よく測定できない元素を除いた18元素 (Li, B, Na, Mg, Si, P, S, K, Ca, Mn, Co, Ni, Ga, Rb, Sr, Mo, Ba, Pb) を用いて以降の解析を行った。当該元素のうち、9元素 (Li, B, Na, Si, S, K, Co, Sr, Pb) の濃度は、日本ワインとその他の2グループに有意な差があり、Kは高く、それ以外の8元素は低い結果であった。18元素濃度を用いて3つのグループ（日本ワイン、輸入ワイン、その他の国内製造ワイン）で線形判別分析を行ったところ、各グループに凡そ分類され (Fig. 1)、精度も87.9%と概ね高い値を示した。

*Corresponding author (email: h.shimizu@nrib.go.jp)

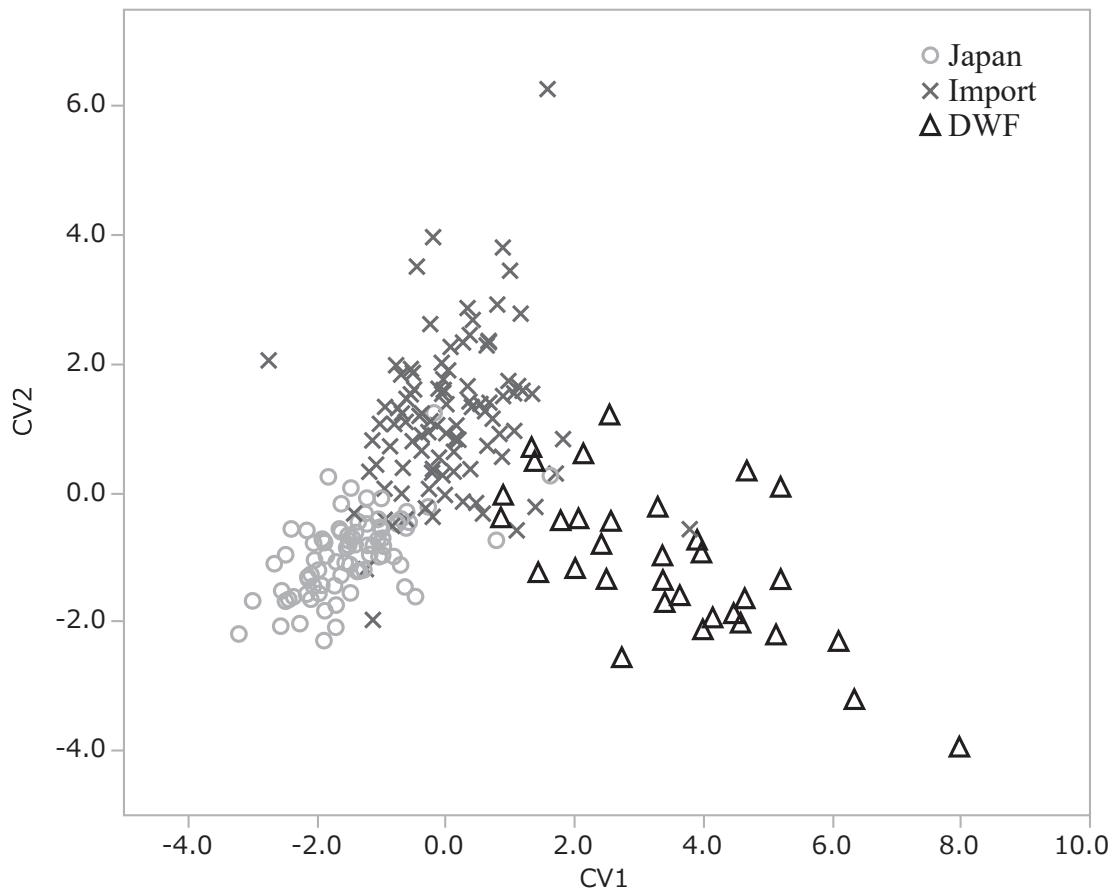


Fig. 1 Scatter plots of 214 samples subjected to the LDA model using concentrations of 18 minerals for discrimination of three wine groups (Japan wine, imported wine, and DWF (domestically produced wine mainly from foreign ingredients)) available in the Japanese wine market.

3. 製造方法の違いが18元素濃度に与える影響

しかし、上述の試験は、市販ワインを用いた結果であり、製造方法の違いが考慮されている訳ではなく、樽貯蔵や滓下げ剤処理など操作で、ワインの無機元素濃度が変動するとの報告もある (Almeida and Vasconcelos 2003, Catarino et al. 2008)。そこで、製造方法の違いが、上述の18元素濃度にどの程度影響するのかを調べた (Shimizu et al. 2020)。

赤ワイン製造では、破碎した果実を果皮と種とともにアルコール発酵させ、色素や渋味を抽出させる醸し発酵を行うが、その工程での無機元素濃度の変動を調べたところ、18元素濃度全てが有意に変動し、Mo, Mnがそれぞれ1.4倍となり、Liが0.4倍、Baが0.6倍になった。

樽熟成する際、樽からどの程度無機元素が溶出するのかを調べるため、ワインにオークチップを浸

し、定期的にワインを採取し18元素濃度を測定したところ、Baは貯蔵期間が長くなるにつれ濃度が上昇し、300日貯蔵後の濃度が開始前の1.4倍になり、Moは約半分に減少したが、それ以外の16元素の変動は小さかった。

瓶詰め前には、ワイン中に含まれるタンパク質を除き、出荷後に混濁するリスクを少なくする滓下げという工程を行うのが一般的であるが、この工程で使用される滓下げ剤の一つであるペントナイト（モンモリロナイトという粘土鉱物が主成分）を1000 mg/Lになるよう添加し、2日静置後の上清の18元素濃度を測定したところ、Moが4倍、Naが3倍、Liが2倍になるなど14元素濃度が変動した。その他にも、補糖、補酸、発酵助剤の影響を調べたところ、一部の無機元素濃度が有意に増減した。

しかし、当該実験で用いた全サンプル154点につ

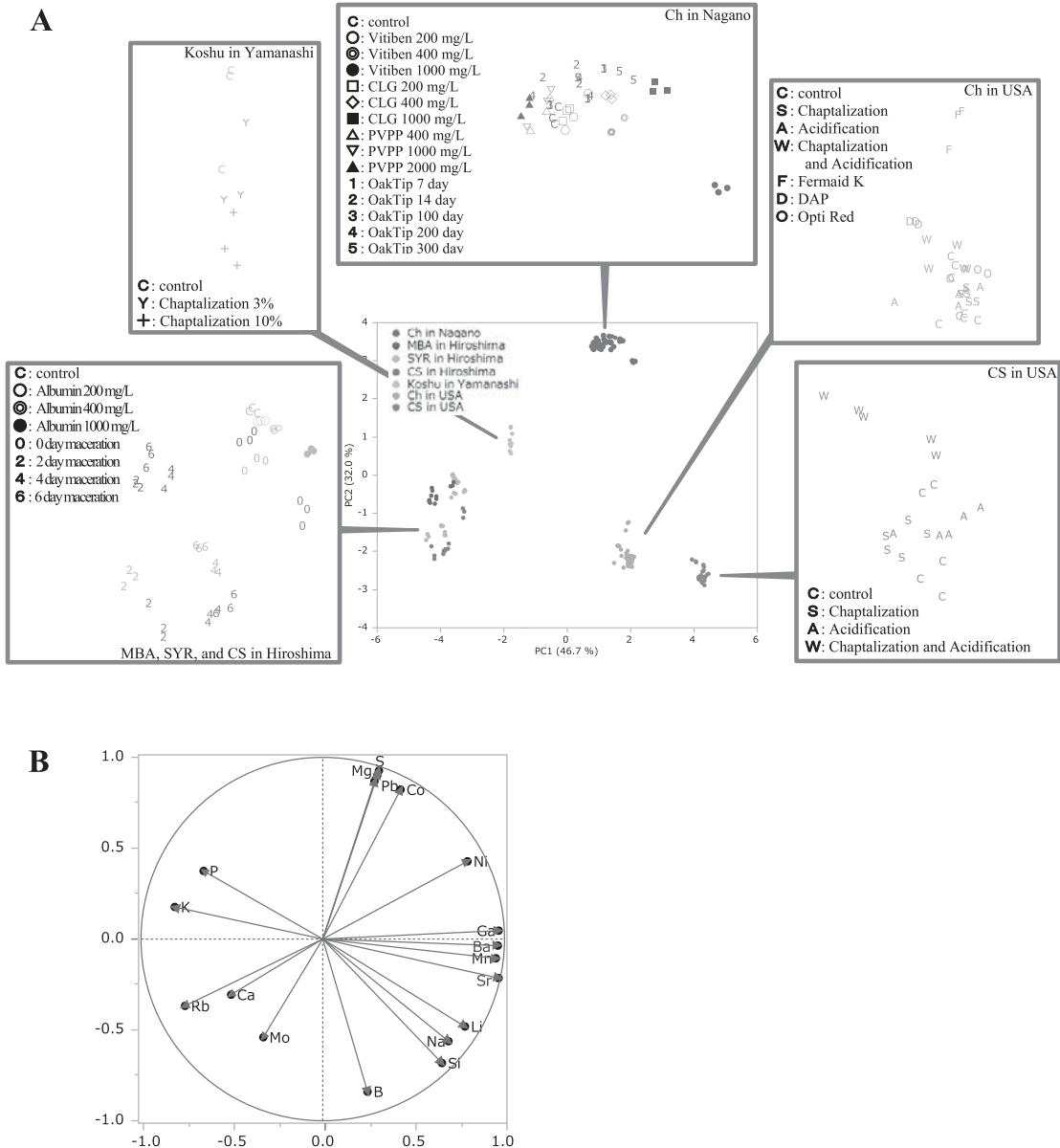


Fig. 2 (A) Score plot and (B) loading plot of 154 samples subjected to principal components analysis based on the concentrations of 18 minerals. For clarity, each cluster is shown in an enlarged view. Abbreviations: Ch, Chardonnay; MBA, Muscat Bailey A; SYR, Syrah; CS, Cabernet Sauvignon; Vitiben, bentonite Vitiben; CLG, bentonite Microcol CLG; PVPP, Polyvinylpolypyrrolidone; DAP, Diammonium phosphate.

いて18元素濃度を用いた主成分分析を行ったところ、実験で用いた原料ブドウ毎にクリアに分布が分かれた(Fig. 2)。例えば、滓下げる添加でNa濃度が3倍変化したサンプルは、主成分プロット上右に移動してはいるが、ブドウの違いによる分布の違いに比べると変動は大きくない。今回調べた条件の範囲において、製造方法の違いは、ワインの無機成分濃度を有意に変動させるものの、ブドウに由来す

る18元素組成を大きく変動させるものではないことがわかった。

4. 品種・収穫年の違いが18元素濃度に与える影響

また、ブドウの品種や収穫年の影響を明らかにするために、土壤・気候・栽培管理・施肥が同じ条件の単一圃場で栽培したワイン用ブドウ9~10品種の

A

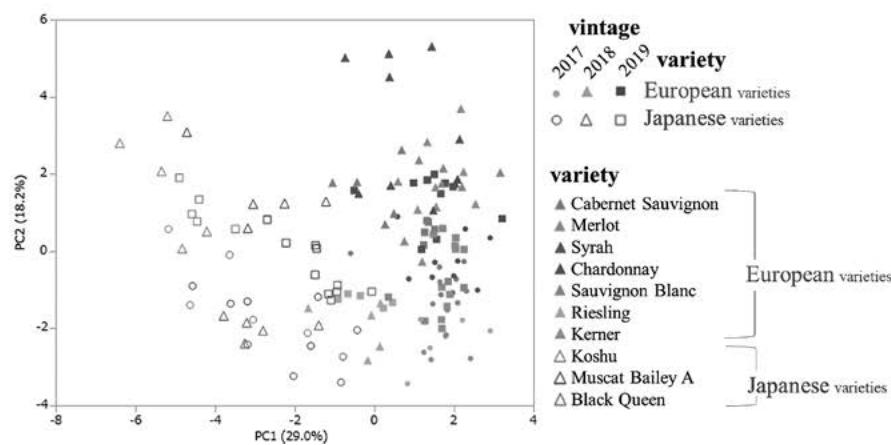
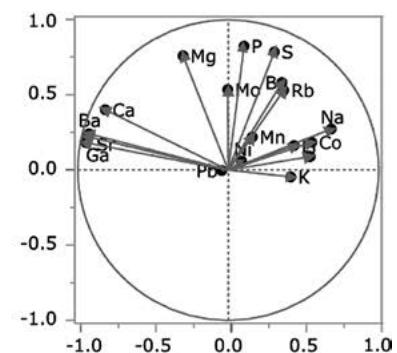
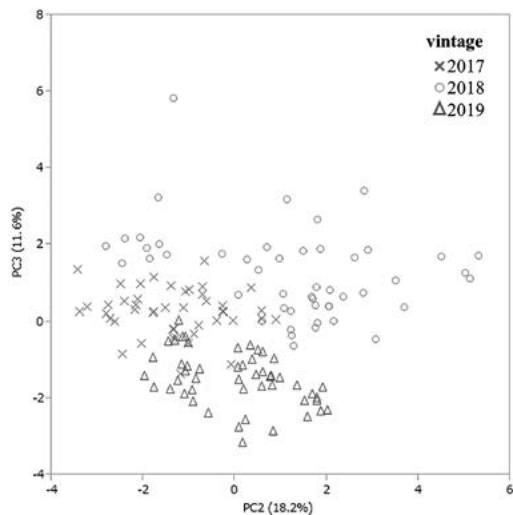


Fig. 3 (A) Score plot and (B) loading plot (PC1 vs PC2) of 145 grape juice samples collected over 3 years (2017–2019) subjected to principal component analysis based on the concentrations of 18 elements in each grape variety. European varieties are grape varieties that originated in Europe; Japanese varieties are grape varieties that originated in Japan.

B



A



B

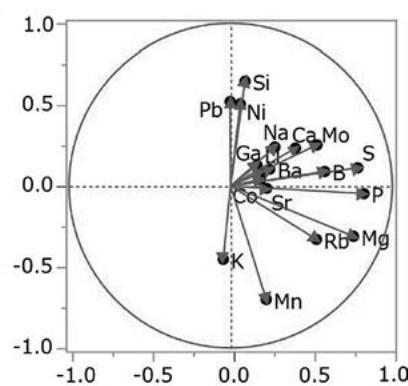


Fig. 4 (A) Score plot and (B) loading plot (PC2 vs PC3) of 145 grape juice samples collected over 3 years (2017–2019) subjected to principal component analysis based on the concentrations of 18 elements measured each year.

ブドウ果汁の18元素を3年間測定し、18元素濃度の変動を調査した (Shimizu et al. 2022)。甲州、マスカット・ベーリーAなどの日本固有のブドウ品種は、ヨーロッパで主に使われているメルロー、シャルドネなどの欧州系品種と比べると、Ca, Sr, Ga, Baの濃度が高かった。一方、収穫年では降水量が多かった2018年のPの濃度が、雨の少なかった2017年より高かった。同様に、B, Na, S, Ca, Ga, Mo, BaもPと同じような傾向となったが、降水量と無機元素

濃度の関係について考察するには、更に調査が必要と考えている。

18元素濃度を基にした主成分分析の結果、ブドウ品種は主成分1で分かれ、4元素 (Ca, Sr, Ga, Ba) の寄与が大きかった (Fig. 3, 因子負荷量 > 0.7)。一方、収穫年は主成分2と主成分3で分かれ、それぞれ3元素 (Mg, P, S) と1元素 (Mn) の寄与が大きかった (Fig. 4, 因子負荷量 > 0.7)。ブドウの品種と収穫年はブドウ果汁の18元素濃度に影響を及ぼす結果

であったが、単一園場内のブドウ果汁の18元素濃度の変動は、園場間の変動と比べると比較的小さかった。

5. 18元素組成を基にした主成分分析～まとめ

上述の実験などで用いた337点について18元素濃度を用いた主成分分析を行ったところ、主成分プロット上では、製造方法、ブドウ品種、収穫年の影響は小さく、収穫地が違うブドウに由来する18元素組成の違いが大きく影響することを示唆する結果も得られたことから、ブドウ品種、収穫年、製造方法の違いで、元素濃度に差は生じるもの、18元素濃度組成に大きく影響するものではなく、収穫地の違いによる無機元素のパターンの違いが大きいこと、日本で栽培されたブドウを原料として国内で製造されたワインは、それ以外のワインと18元素のパターンが異なる可能性が示唆された。

謝辞

論文賞の受賞にあたり、推薦や選考に携わっていただきました後藤奈美会長をはじめ理事の先生方、選考委員の皆様に厚く御礼申し上げます。今回の論文賞対象論文の内容は2016年、2019年、2020年において日本ブドウ・ワイン学会で発表した内容で、学会等において頂戴したコメントをヒントに論文をブラッシュアップして仕上げることができました。また、本研究の設計・統計解析・論文構成に多大なアドバイスなどを頂きました赤松史一主任研究員、多数の無機元素サンプルを測定頂きました鎌田綾氏、ワイン研究に対する考え方やワイン製造の基本知識を丁寧にご指導いただきました小山副部門長、論文作成や研究の方向性に多々アドバイスを頂戴しました後藤奈美前理事長、岩下和裕部門長をはじめ成分解析研究部門のメンバーに改めまして感謝いたします。大学院を修了して、8年程研究から離れていたのですが、皆様方にご指導頂きましたおかげで本研究をまとめることができました。

受賞対象論文

- 1) Hideaki Shimizu, Fumikazu Akamatsu, Aya Kamada, Kazuya Koyama, Masaki Okuda, Hisashi Fukuda, Kazuhiro Iwashita, and Nami Goto-Yamamoto. 2018.

Discrimination of wine from grape cultivated in Japan, imported wine, and others by multi-elemental analysis. *Journal of Bioscience and Bioengineering* **125**: 413–418.

- 2) Hideaki Shimizu, Fumikazu Akamatsu, Aya Kamada, Kazuya Koyama, Kazuhiro Iwashita, and Nami Goto-Yamamoto. 2020. Variation in the mineral composition of wine produced using different winemaking techniques. *Journal of Bioscience and Bioengineering* **130**: 166–172.
- 3) Hideaki Shimizu, Fumikazu Akamatsu, Aya Kamada, Kazuya Koyama, Kazuhiro Iwashita, and Nami Goto-Yamamoto. 2022. Effects of variety and vintage on the minerals of grape juice from a single vineyard. *Journal of Food Composition and Analysis* **107**: 104377.

文献

- Almeida CMR, Vasconcelos MTSD. 2003. Multielement composition of wines and their precursors including provenance soil and their potentialities as fingerprints of wine origin. *J. Agric. Food Chem.* **51**: 4788–4798.
- Catarino S, Madeira M, Monteiro F, Rocha F, Curvelo-Garcia AS, and de Sousa RB. 2008. Effect of bentonite characteristics on the elemental composition of wine. *J. Agric. Food Chem.* **56**: 158–165.
- Martin AE, Watling RJ, Lee GS, 2012. The multi-element determination and regional discrimination of Australian wines. *Food Chem.* **133**: 1081–1089.
- Shimizu H, Akamatsu F, Kamada A, Koyama K, Okuda M, Fukuda H, Iwashita K, Goto-Yamamoto N. 2018. Discrimination of wine from grape cultivated in Japan, imported wine, and others by multi-elemental analysis. *J. Biosci. Bioeng.* **125**: 413–418.
- Shimizu H, Akamatsu F, Kamada A, Koyama K, Iwashita K, Goto-Yamamoto N, 2020. Variation in the mineral composition of wine produced using different winemaking techniques. *J. Biosci. Bioeng.* **130**: 166–172.
- Shimizu H, Akamatsu F, Kamada A, Koyama K, Iwashita K, Goto-Yamamoto N., 2022. Effects of variety and vintage on the minerals of grape juice from a single vineyard. *J. Food Compos. Anal.* **107**: 104377.