

## 技術資料

## 奈良県内の異なる標高の圃場から収穫したブドウがワイン品質に及ぼす影響

都築 正男<sup>\*1)</sup>, 立本 行江<sup>\*1)</sup>

## Effect on Wine Quality Due to the Grapes harvested from the Vineyard of Different Elevation in Nara Prefecture

TSUDUKI Masao<sup>\*1)</sup>, TATSUMOTO Yukie<sup>\*1)</sup>

本研究では標高の異なる奈良県内の圃場で栽培されたワイン用ブドウ 3 品種を使用して醸造したワインの成分分析を行い、その化学特性と品質について多変量解析の手法で評価した。この結果、栽培圃場の違いがワインの品質に影響を与えることが示唆された。

## 1. 緒言

奈良県では、2022 年の県内初ワイナリーの開業に先行して、奈良県産業振興総合センターおよび奈良県農業研究開発センターが協力し、ワイン用ブドウの栽培から発酵技術の確立と技術支援を行ってきている。

ワイン用ブドウの栽培は、国内の各産地で標高 300~500 m の圃場で行われている事例が多い<sup>1)</sup>。圃場の気象環境は、ブドウの品種ごとの生育や果実の品質・収量に大きく影響する<sup>2)</sup>ため、適した標高や気候条件で適切な栽培管理を行うことが良質なブドウを得るのに不可欠である。

また、同じ品種であっても、標高や気候の異なる栽培地で収穫されたブドウは、ワインの風味や外観などに差違が見られることが分かっている。

本研究では栽培適地が広いとされるシャルドネ、メルロー、カベルネ・ソーヴィニヨンの 3 品種について、県内の標高の異なる 3 カ所の圃場で栽培したブドウを用いてワインを醸造し、これらの一般成分、有機酸、香気成分を分析・比較し、圃場の違いがワイン品質に及ぼす影響を調査したので報告する。

## 2. 実験方法

## 2.1 供試原料ブドウ

2022 年および 2023 年に奈良県農業研究開発センター果樹・葉草研究センター（奈良県五條市、標高 225 m、以下「果葉セ」）および奈良県農業研究開発センター大和野菜研究センター（奈良県宇陀市、標高 325 m、以下「大和野菜セ」）、奈良県農業研究開発センター大和茶研究センター（奈良市、標高 430 m、以下「大和茶セ」）で栽培された白ワイン用品種シャルドネ、赤ワイン用品種メルロー、カベルネ・ソーヴィニヨン（CS）を使用した。

栽培方法は垣根栽培であるが、2022 年度の果葉セで栽培したブドウのみ棚栽培と垣根栽培の両方の栽培方法で行っ

たものを使用した（表 1）。

表 1 ブドウの収穫日

	2022年	2023年	
シャルドネ	果葉セ	9/15	9/19
	果葉セ・棚	8/26	—
	大和野菜セ	9/7	9/19
	大和茶セ	9/16・22	9/21
メルロー	果葉セ	9/8	9/19
	果葉セ・棚	8/26	—
	大和野菜セ	9/15	9/13
	大和茶セ	9/16・22	9/21
カベルネ・ ソーヴィニヨン	果葉セ	10/20	10/3
	果葉セ・棚	10/13	—
	大和野菜セ	10/20	10/5
	大和茶セ	10/20	10/13

## 2.2 ワインの醸造

## 2.2.1 白ワイン

収穫したブドウ果実を房から外し、水洗後、ピロ亜硫酸カリウム（メタカリ）を果実重量に対して 0.04% 加え、ドライアイスを噴霧しながらハンドブレンダーで搾汁し、果皮および種子をろ過して果汁を得た。ワインの醸造は既報<sup>3)</sup>と同様にし、発酵終了時期は、2022 年度は Brix 10 付近を目標として発酵を終了した。2023 年度は Brix が低下しなくなった時点とした。発酵を終了したワインもろみは遠心分離により酵母菌体、澱を除去した。

## 2.2.2 赤ワイン

ブドウ果汁の調整は白ワインと同様に行い、果皮と種子のろ過は行わずそのまま発酵に使用した。果汁は低温醸し（5°C、5 日間）後、YPD 培地で培養したワイン酵母培養液をブドウ果汁 100 mL あたり 150 μL 添加し、25°C、4 日間醸しを行い、その後、15°C で発酵させた。発酵終了まで

\*1) メディカル技術支援科（当時：バイオ・食品グループ）

15°Cで温度管理した。発酵中は糖度を測定して発酵状況を管理した。発酵終了時期は、Brixが低下しなくなった時点とした。発酵を終了したワインもろみは遠心分離により酵母菌体、澱を除去した。

### 2.2.3 ワイン酵母

ワイン醸造に使用した酵母は、日本醸造協会のブドウ酒用4号(W-4), Lallemand社ワイン酵母ICV OPALE2.0(白), PERSY(赤), AB Mauri社ワイン酵母UOA MaxiThiol(白), AWRI350(赤)である。

### 2.3 試験醸造ワインの成分分析

上槽したワインの分析および官能評価は前掲報文<sup>4)</sup>と同様に行った。

### 2.4 多変量解析(主成分分析)

各ワインの分析データは、IBM SPSS Statistics 2.2を使用し主成分分析を行った。

## 3. 結果および考察

### 3.1 ワインの成分

2022年度に試験醸造したワインの分析値を表2に、2023年度に試験醸造したワインの分析値を表3に示す。

シャルドネは2022年の果実セの棚栽培が他圃場を含めた垣根栽培より有機酸のひとつであるリンゴ酸が低い含有量を示し、標高の高い大和茶セでリンゴ酸は6298.37 ppm(UOA MaxiThiol)、標高の低い果実セの垣根栽培で1871.15 ppm、棚栽培で2983.37 ppm(UOA MaxiThiol)であり、同品種同酵母で圃場差が見られた。酸度は大和茶セでは8.6(W-4)、8.0(OPALE2.0)、7.8(UOA MaxiThiol)となり他圃場よりやや高い傾向が見られた。香气成分は酢酸エチル(ボンド様臭)やカプロン酸エチル(リンゴ様臭)、カプリン酸エチル(ナッツ様臭)などのエステル系の成分が果実セの棚栽培で少ない傾向になり、標高の高い大和茶セで多い傾向が見られた。

2023年の栽培では、酸度が標高の低い果実セで5.6(W-4)、5.2(OPALE2.0)、6.4(UOA MaxiThiol)となり、低値になる傾向があったが、その他の各成分については圃場差がほとんど認められなかった。酵母W-4を使用したワインは、香气成分のイソブチルアルコール(油様臭)が栽培年・圃場に関係なく、多い傾向を示した。

メルローは2022年の大和茶セ産ではリンゴ酸が3343.38 ppm(W-4)、3628.95 ppm(PERSY)、3640.68 ppm(AWRI350)であり、標高が低い他圃場よりも多く含まれる傾向があった。香气成分の酪酸ブチル(バナナ様臭)、カプロン酸エチルは大和野菜セ産の含量が多い傾向を示した。

2023年の栽培では、標高が低い果実セで、シャルドネ同様に酸度が低く(6.8(W-4)、5.6(PERSY)、6.4(AWRI350))、リンゴ酸やクエン酸も低含量の傾向であった。また香气成分のカプロン酸エチルやカプリル酸エチル(パイナップル様臭)といった高級脂肪酸エステルが果実セ産で多く含まれる傾向があった。栽培年・栽培圃場に関係なく、酵母にW-4を使用したワインはイソブチルアルコールが多く、PERSYを使用したワインはプロパノール(アルコール臭)が多く、AWRI350を使用したワインは乳酸、プロパノールが高含量を示した。

カベルネ・ソーヴィニオンは2022年の大和茶セ産で酸度が高く(11.0(W-4)、10.4(PERSY)、11.6(AWRI350))、有機酸のリンゴ酸や乳酸が他の圃場より多く含まれる傾向が見られた。また香气成分の酢酸エチル、酪酸ブチルといった低級脂肪酸エステルが多い傾向になった。

2023年栽培では標高が高い大和茶セ産で一部の有機酸の含量が高く、リンゴ酸は5246.61 ppm(W-4)、5053.06 ppm(PERSY)、6591.85 ppm(AWRI350)、クエン酸は571.50 ppm(W-4)、571.24 ppm(PERSY)、648.07 ppm(AWRI350)となり他の圃場より高含量であった。

官能評価で、いずれのブドウ品種においても3カ所の栽培地による差は少ないとの意見が多い中、より標高が高い栽培地の方が品種の特徴がよく出ているとの評価もあった。

### 3.2 多変量解析(主成分分析)

主成分分析は、複数の要因を単純化し、分布状況からばらつき度合いやグループ間の傾向を捉えることができ、比較対象の違いを知ることが可能となる解析手法である。また主成分とは比較対象との違いを最もよく示す特徴(座標軸)のことを意味する。そこで試験醸造したワインの標高の異なる産地間差をより少ない変数で表すために成分分析値を主成分分析して解析した。

以下にブドウ品種ごとの結果を示す。

#### 3.2.1 シャルドネ

2022年産のシャルドネワインは寄与率(各主成分が全体の中でどれだけの変動の割合を占めるかを示す)が第1主成分52.6%、第2主成分19.7%で、高い累積寄与率で構成され(表4)、栽培地別のワインの成分品質差を視覚的にプロットすることができた(図1)。

第1主成分はpH(0.852)、リンゴ酸(0.913)、その他、香气成分である酢酸エチル(0.943)、酪酸ブチル(0.964)、酢酸イソアミル(バナナ様臭)(0.965)、酢酸ヘキシル(果実様臭)(0.974)、カプリン酸エチル(0.803)などの脂肪酸エステルの寄与率が高く、第2主成分はアルコール(0.787)、乳酸(0.615)、リン酸(0.626)、プロパノール(0.691)などのアルコール類、有機酸の寄与率が高い結果が得られた。

表2 2022年産ワインの成分分析値

Table with columns: Sample Name, pH, Brix, Total Acidity (g/L), Citric Acid (g/L), Malic Acid (g/L), Lactic Acid (g/L), Acetic Acid (g/L), Ethanol (g/L), Volatile Acidity (g/L), Free SO2 (mg/L), Total SO2 (mg/L), Sugar (g/L), Glycerol (g/L), Protein (g/L), Ash (g/L), etc.

表3 2023年産ワインの成分分析値

Table with columns: Sample Name, pH, Brix, Total Acidity (g/L), Citric Acid (g/L), Malic Acid (g/L), Lactic Acid (g/L), Acetic Acid (g/L), Ethanol (g/L), Volatile Acidity (g/L), Free SO2 (mg/L), Total SO2 (mg/L), Sugar (g/L), Glycerol (g/L), Protein (g/L), Ash (g/L), etc.

a : % , b : mg/L

表 4 固有値・寄与率・累積寄与率 (シャルドネ [2022 年])

主成分	固有値	寄与率 (%)	累積寄与率 (%)
第1主成分	12.632	52.632	52.632
第2主成分	4.725	19.686	72.318
第3主成分	2.762	11.510	83.828
第4主成分	1.238	5.157	88.985
第5主成分	0.811	3.378	92.363
第6主成分	0.614	2.557	94.921

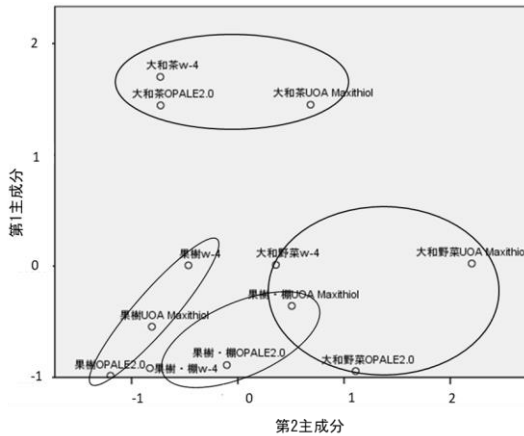


図 1 2022 年産シャルドネワインの主成分得点

以上から第 1 主成分は果実味, 第 2 主成分は酸味とドライさと解釈した. 第 1 主成分および第 2 主成分得点を比較し (図 1), 第 1 主成分得点が高い大和茶セ産ワイン, 第 1 主成分得点が低く, 第 2 主成分得点が高い大和野菜セ産ワイン, 両方とも低い果実セ産ワインのグループに分かれ, さらに果実セ産ワインはより第 2 主成分得点が低い垣根栽培と第 2 主成分得点が 0 に近い棚栽培のグループに分けられた.

2023 年産のシャルドネワインは寄与率が第 1 主成分 37.1%, 第 2 主成分 25.8% で, 高い累積寄与率で構成され (表 5), 栽培地別のワインの成分品質差をプロットすることができた (図 2). 第 1 主成分は pH (0.811) や香気成分の酢酸ヘキシル (0.922), カブリン酸エチル (0.909) といった脂肪酸エステル寄与率が高く, 第 2 主成分はリン酸 (0.615), 香気成分の低級脂肪酸エステルである酢酸イソブチル (メロン様臭) (0.835), 酢酸イソアミル (0.825) やイソブチルアルコール (0.875) の寄与率が高かった. 以上から第 1 主成分は果実風味の重厚さ, 第 2 主成分は果実味と解釈した.

第 1 主成分得点と第 2 主成分得点を比較し (図 2), 第 1 主成分得点が高い果実セ産ワイン, 第 1 主成分得点, 第 2 主成分得点ともに低い大和野菜セ産ワインのグループに分かれたが, 大和茶セ産ワインは第 1 主成分得点が高いが, 第 2 主成分得点は酵母によってばらつきが見られた. これは第 2 主成分の寄与率が高い成分が酵母により分析値に差があり, 一例として酢酸イソアミルは W-4 が 7.95 ppm, OPALE2.0 が 4.22 ppm, UOAmaxithiol が 2.15 ppm と同一圃

場で異なる分析値となったためである.

2022 年と 2023 年を通じ, 2023 年はばらついているものの, 標高が高い大和茶セ産のワインは果実味が強いと考えられる.

表 5 固有値・寄与率・累積寄与率 (シャルドネ [2023 年])

主成分	固有値	寄与率 (%)	累積寄与率 (%)
第1主成分	8.904	37.100	37.100
第2主成分	6.201	25.838	62.937
第3主成分	3.223	13.428	76.365
第4主成分	2.281	9.505	85.871
第5主成分	1.589	6.623	92.493
第6主成分	0.792	3.299	95.793

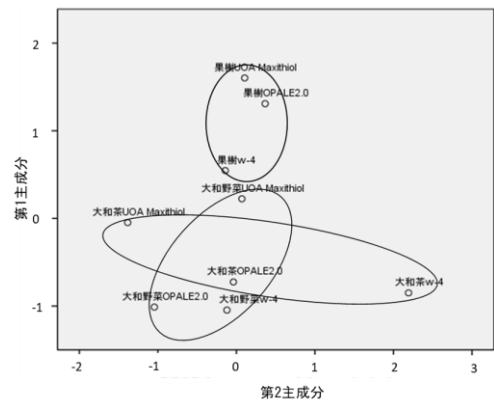


図 2 2023 年産シャルドネワインの主成分得点

3.2.2 メルロー

表 6 固有値・寄与率・累積寄与率 (メルロー [2022 年])

主成分	固有値	寄与率 (%)	累積寄与率 (%)
第1主成分	5.478	22.825	22.825
第2主成分	4.658	19.408	42.233
第3主成分	4.004	16.683	58.917
第4主成分	3.609	15.037	73.954
第5主成分	2.865	11.939	85.893
第6主成分	1.070	4.460	90.353

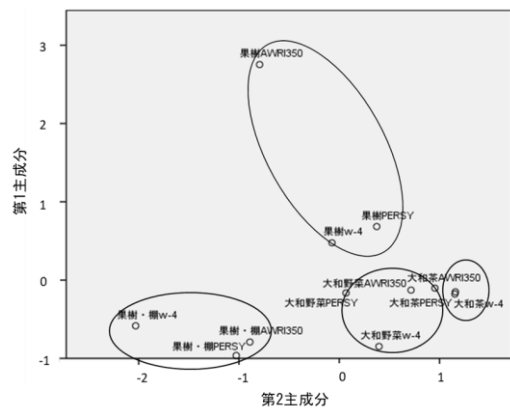


図 3 2022 年産メルローワインの主成分得点

2022年産のメルローワインは寄与率が第1主成分22.8%、第2主成分19.4%で、それほど高い累積寄与率では無かったが(表6)、栽培地別のワインの成分品質差をプロットすることができた(図3)。

第1主成分は香气成分である酢酸エチル(0.831)、プロパノール(0.866)、カプロン酸エチル(0.709)といった脂肪酸エステルや高級アルコールの寄与率が高く、第2主成分は酒石酸(0.639)、酢酸ヘキシル(0.894)などの有機酸、香气成分の寄与率が高い結果が得られた。以上から第1主成分は香り全般、第2主成分は酸味・果実風味と解釈した。

第1主成分得点と第2主成分得点を比較し(図3)、第1主成分得点が高い果菜セ産ワイン(垣根栽培)、第1主成分得点が低く、第2主成分得点が高い大和茶セ産ワイン、第1主成分得点が低く、第2主成分得点が0~1の間に位置する大和野菜セ産ワイン、第1主成分得点、第2主成分得点ともに低い果菜セ産ワイン(棚栽培)のグループに分けられた。

表7 固有値・寄与率・累積寄与率(メルロー[2023年])

主成分	固有値	寄与率(%)	累積寄与率(%)
第1主成分	11.452	47.718	47.718
第2主成分	4.895	20.395	68.113
第3主成分	2.926	12.193	80.306
第4主成分	1.879	7.830	88.136
第5主成分	1.171	4.878	93.014
第6主成分	0.896	3.734	96.748

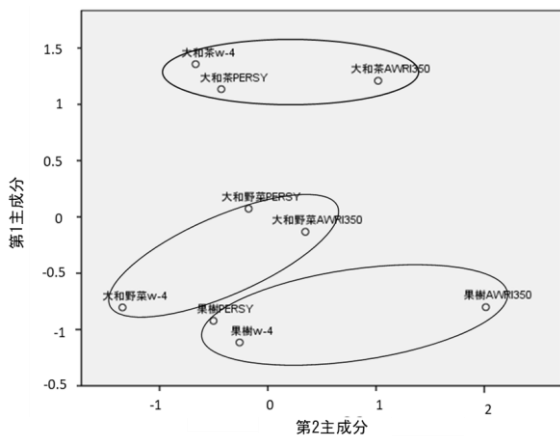


図4 2023年産メルローワインの主成分得点

2023年産のメルローワインは寄与率が第1主成分47.7%、第2主成分20.4%で、高い累積寄与率で構成され(表7)、栽培地別のワインの成分品質差をプロットすることができた(図4)。

第1主成分はpH(0.940)の他、香气成分であるカプロン酸エチル(0.914)、酢酸ヘキシル(0.883)、カプリル酸エチル(0.943)などの脂肪酸エステルの寄与率が高く、第2主成分は乳酸(0.782)、酢酸エチル(0.960)、酪酸エチル

(0.719)などの有機酸と低級脂肪酸エステルの寄与率が高い結果が得られた。以上から第1主成分は果実風味、第2主成分は酸味・香り全般と解釈した。

第1主成分得点と第2主成分得点を比較し(図4)、第1主成分得点が高い大和茶セ産ワイン、第1主成分得点が低く、ばらつきがあるが第2主成分得点が高い果菜セ産ワイン、第1主成分得点、第2主成分得点ともに低い大和野菜セ産ワインのグループに分けられた。

2022年と2023年を通じて、果菜セ産のワインはエステル系の香りが強い傾向がある一方で、標高の高い大和茶セ産のワインは果実味が強いと考えられる。

3.2.3 カベルネ・ソーヴィニヨン

表8 固有値・寄与率・累積寄与率(CS[2022年])

主成分	固有値	寄与率(%)	累積寄与率(%)
第1主成分	9.133	38.053	38.053
第2主成分	5.778	24.076	62.129
第3主成分	3.054	12.726	74.855
第4主成分	2.244	9.350	84.205
第5主成分	1.272	5.298	89.503
第6主成分	1.119	4.661	94.164

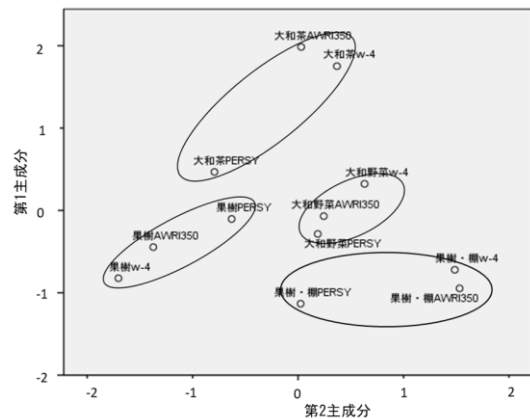


図5 2022年産CSの主成分得点

2022年産のカベルネ・ソーヴィニヨンワインは寄与率が第1主成分38.1%、第2主成分24.1%で、高い累積寄与率で構成され(表8)、栽培地別のワインの成分品質差をプロットすることができた(図5)。

第1主成分は酸度(0.888)、リンゴ酸(0.906)の他、香气成分である酢酸エチル(0.850)、酢酸イソブチル(0.925)、酢酸イソアミル(0.902)、酢酸ヘキシル(0.933)などの定価脂肪酸エステルの寄与率が高く、第2主成分は香气成分のカプロン酸エチル(0.938)、カプリル酸エチル(0.811)などの高級脂肪酸エステルの寄与率が高い結果が得られた。以上から第1主成分は酸味・香り全般、第2主成分は果実風味と解釈した。

第1主成分得点と第2主成分得点を比較し(図5)、第1

主成分得点が高い大和茶セ産ワイン, 第1主成分得点が低く, 第2主成分得点が高い果葉セ産ワイン(棚栽培), 第1主成分得点, 第2主成分得点ともに0付近に位置する大和野菜セ産ワイン, 第1主成分得点, 第2主成分得点ともに低い果葉セ産ワイン(垣根栽培)のグループに分けられた。

表 9 固有値・寄与率・累積寄与率 (GS[2023年])

主成分	固有値	寄与率 (%)	累積寄与率 (%)
第1主成分	10.201	42.502	42.502
第2主成分	5.316	22.150	64.652
第3主成分	3.826	15.941	80.593
第4主成分	2.177	9.070	89.663
第5主成分	1.316	5.483	95.146
第6主成分	0.588	2.452	97.598

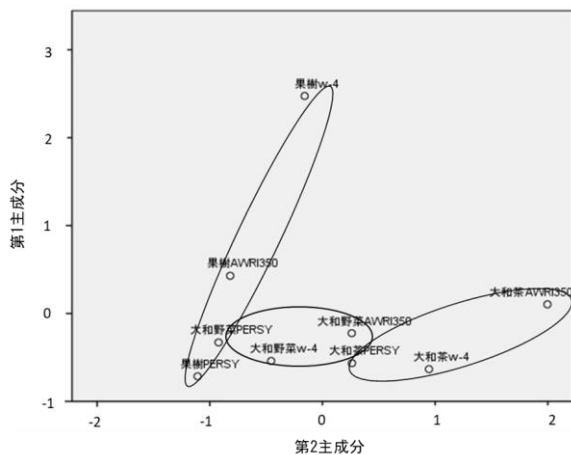


図 6 2023年産GSの主成分得点

2023年産のカベルネ・ソーヴィニヨンワインは寄与率が第1主成分42.5%, 第2主成分22.2%で, 高い累積寄与率で構成され(表9), 栽培地別のワインの成分品質差をプロットすることができた(図6)。

第1主成分はコハク酸(0.811)の他, 香気成分である酢酸イソアミル(0.914), カブロン酸エチル(0.887), 酢酸ヘキシル(0.865), カプリル酸エチル(0.924)などの脂肪酸エステルの寄与率が高く, 第2主成分は酸度(0.630)および酒石酸(0.651), リンゴ酸(0.794), 乳酸(0.656)といった有機酸の寄与率が高い結果が得られた。以上から第1主成分は果実風味, 第2主成分は酸味と解釈した。

第1主成分得点と第2主成分得点を比較し(図6), 第1主成分得点によるグループ分けはできなかったが, 第2主成分得点が高い大和茶セ産ワイン, 第2主成分得点が0付近の大和野菜セ産ワイン, 第1主成分得点はばらついていて, 第2主成分得点が高い果葉セ産ワインのグループに分けられた。

2022年・2023年を通じて, 果葉セ産のワインは酸味が少ない傾向があり, 標高が高い大和茶セ産のワインは酸味が強いと考えられる。

#### 4. 結言

標高の異なる圃場とそこから収穫したブドウから醸造したワインとの関係をワインの成分を利用して明らかにするために多変量解析の手法を用いて検討した。各圃場は約100mの標高差によって, 年平均気温が2022年は0.6~1.5°C差<sup>5)</sup>, 2023年は0.40~0.6°C差<sup>6)</sup>があり, この違いがブドウの生育や果実品質に影響し, ワインの成分にも影響を与えていると考えられ, 栽培圃場ごとにグループ分けすることができた。また発酵に用いる酵母を変えると, ワインの風味が変わるが, 同じ栽培圃場のブドウを用いたワインは近い主成分得点のグループに分類され, 原料に用いるブドウの栽培圃場の違いがワインの品質に大きな影響を及ぼすことが示唆された。

#### 謝辞

本研究を進めるにあたり, 奈良県農業研究開発センター果樹・薬草研究センター米田健一総括研究員をはじめとする職員の方々には原料ブドウの提供について多大な配慮とご協力いただき, 深謝いたします。また, 官能評価に協力して頂いた職員の方々, 木谷ワイン代表木谷一登氏に, 深謝いたします。

本研究で使用したキャピラリー電気泳動装置は, 公益財団法人JKAの「機械振興補助事業」により導入, 設置した。



#### 参考文献

- 1) 齊藤裕雅, 石平博, 馬籠純, 水文・水資源学会 2017年度研究発表会公演要旨, 2017
- 2) Jackson, D. I. and Lombard, P. B., Am. J. Enol. Vitic. (44), p.409-430, 1993
- 3) 都築正男, 清水浩美, 立本行江, 奈良県産業振興総合センター研究報告(49), p.77-80
- 4) 都築正男, 立本行江, 奈良県産業振興総合センター研究報告(50), p.52-56
- 5) 奈良地方気象台編, 奈良県の気象 令和4年(2022年)年報, [https://www.data.jma.go.jp/nara/kishou/pdf\\_files/nen2022.pdf](https://www.data.jma.go.jp/nara/kishou/pdf_files/nen2022.pdf)
- 6) 奈良地方気象台編, 奈良県の気象 令和5年(2023年)年報, [https://www.data.jma.go.jp/nara/kishou/pdf\\_files/nen2023.pdf](https://www.data.jma.go.jp/nara/kishou/pdf_files/nen2023.pdf)