

伝統的瓶内二次発酵法によるスパークリングワイン製造における成分の推移

誌名	日本醸造協会誌 = Journal of the Brewing Society of Japan
ISSN	09147314
著者名	恩田,匠 小松,正和 中山,忠博
発行元	日本醸造協会
巻/号	112巻12号
掲載ページ	p. 836-848
発行年月	2017年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



伝統的瓶内二次発酵法による スパークリングワイン製造における成分の推移

恩田 匠*・小松正和・中山忠博
(山梨県工業技術センター・支所ワインセンター)

平成 29 年 1 月 17 日受理

Changes in chemical and physical components during sparkling wine making
using a traditional in-bottle secondary fermentation method

Takumi ONDA*, Masakazu KOMATSU and Tadahiro NAKAYAMA

(Yamanashi Wine Center, Yamanashi Industrial Technology Center,
2517, Katsumuma, Katsumuma-cho, Koshu-shi, Yamanashi 409-1316 JAPAN)

We examined the optimum conditions for making high-quality domestic sparkling wines using a traditional in-bottle secondary fermentation method. In particular, the test production of sparkling wines was performed according to a recommended method in the Champagne Region of France. In this study, we investigated changes in the components of juices, base wines, and sparkling wines during sparkling wine production by an in-bottle secondary fermentation method. It was clarified that the changes in acid contents in the pressing process of *Koshu* differed from those of *Chardonnay*. As for the production of the champagne, according to the production of wine from juice and the production of sparkling wine from wine, its acidity gradually declined in this study. Compared to *Chardonnay*, which is a raw authorized variety for champagne, the production from *Koshu* had a small decrease in acidity. In summary, it was shown to be necessary to establish original processing conditions in sparkling wine production using *Koshu*.

Key words : ワイン, スパークリングワイン, 瓶内発酵, シャンパーニュ, 甲州

緒言

近年, スパークリングワイン(発泡性ワイン)の人氣が国内外で高くなっている。財務省関税局調べ¹⁾によると, 2014年の我が国におけるスパークリングワインの輸入実績は34,021 kL(前年比1.9%増)であり, この10年間で約2倍に増加している。スパークリングワインは, 世界の様々なワイン産地において, 異なる

いくつかの製法によりつくられているが, とりわけ最も本格的で伝統的な製法と言える, 「瓶内二次発酵法」によるものが人気となっている。このような背景のもと, 山梨県内においても, 瓶内二次発酵法によるスパークリングワインの製造を始めるメーカーが徐々に増えてきていた。しかしながら, 当時は瓶内二次発酵法に関する技術的な情報は乏しく, 様々な課題が山積となっていた。

*corresponding author

そこで、著者の一人は、2011年、フランスのシャンパーニュ地方の、主にシャンパーニュ製造を統括する、「シャンパーニュ地方ワイン生産同業委員会（以下、シャンパーニュ委員会）」において、瓶内二次発酵法に関する実地調査²⁻⁸⁾を実施した。その成果として、シャンパーニュ委員会が推奨する製造法を習得し、製造工程をマニュアル⁵⁾化するに至っている。

現在、我々は、シャンパーニュ地方で得られた知見を基に、国産スパークリングワインの高品質化のため、瓶内二次発酵法についての技術普及を行ってきている。さらに、2013年からは、シャンパーニュ製造の推奨方法を基に、実際に瓶内二次発酵法による、スパークリングワイン製造に関する実証試験⁹⁾を開始している。

本論文では、「甲州」を原料とした、瓶内二次発酵法によるスパークリングワインの試験製造を実施し、その製造工程における成分の推移について解析した結果を報告する。

実験方法

1. 供試ブドウ果実

スパークリングワイン試験製造用の原料ブドウとして、「甲州」、また比較対照として「シャルドネ」を供試した。「甲州」は山梨県甲州市の圃場で栽培された、2013年の異なる3回の時期（8月29日、9月10日、9月24日収穫）に収穫されたブドウを用いた。また、「シャルドネ」は、山梨県北杜市の圃場で栽培された、8月26日収穫のブドウを用いた。いずれも、スティールワイン製造用の原料よりも早期に収穫されたものになる。なお、供試したブドウ果実重量は、それぞれ120 kg（8/29収穫「甲州」）、100 kg（9/10収穫「甲州」）、100 kg（9/24収穫「甲州」）および90 kg（8/26収穫「シャルドネ」）である。

2. 原酒ワイン製造

スパークリングワイン原料の原酒ワインは、シャンパーニュ製造の推奨法⁵⁾に従って、次のように製成した。

(1) 圧搾

原料ブドウを計量し、除梗破碎を行わず、エアプレス式圧搾機（KVT 12, Della Toffola 社製）に全房のまま投入した。圧搾操作⁶⁾は、果皮からの過剰な味や香りが抽出されることのないように、可能な限り緩やかな加圧やほぐし操作により時間をかけ、シャンパ

ーニュ製造規則に定められた果汁の分画を行った（日醸協誌2016年5月第111巻第5号p.295参照）。すなわち、0.2～0.3気圧（bar）程度の弱い圧力で圧搾を開始し、最大で1気圧を超えない圧力まで圧搾を行った。最初の自然流下果汁を含め、圧搾の最初に流下する0.125 l/100 kg分をフリーラン（自然流下）果汁（後述する「ルベッシュ」⁶⁾として分画した。次に、4回の圧搾と圧搾機内のブドウのほぐし操作を経る過程で、約1時間半をかけて得られる51.25 l/100 kg分をシャンパーニュ製造において「キュベ」⁶⁾と呼ばれる一番搾り果汁として分画した。このキュベの圧搾開始時と、1回目のほぐし操作時に、それぞれ亜硫酸として25 mg/lになるように、亜硫酸塩（ピロ亜硫酸カリウム）を添加した。また、2回目の亜硫酸塩添加時に、ペクチナーゼ製剤（Lafazym[®] press, Laffort 社製）を10 mg/lになるように添加した。この後、さらに最大の圧力を1.3気圧まで上げるサイクルを繰り返し、3回の圧搾とほぐし操作を継続し、得られる1.25 l/100 kg分をシャンパーニュ製造において「タイユ」⁶⁾と呼ばれる二番搾り果汁として分画した。

(2) 果汁の清澄化（ダブルバーージュ）

圧搾後の果汁を、13℃で一晩放置することでダブルバーージュを行った。ダブルバーージュ後の沈殿物を除いた果汁は、濁度計（2100P型、セントラル科学社製）を用いて、その濁度を測定し、50 NTU未満だった場合、清澄化された果汁に沈殿物（果汁のオリ）を戻して、約50 NTUとなるように調整した。

(3) 補糖

清澄化した果汁には、比重換算から得られる転化糖分が19%となるように、ショ糖（上白糖）を添加した。

(4) 供試酵母とその活性化

供試酵母として、シャンパーニュ製造に推奨されている4菌株の酵母⁷⁾のうちの一つである、IOC 18-2007 [*Saccharomyces cerevisiae* (former bayanus), Institut Œnologique de Champagne 社製]を用いた。乾燥酵母製剤は、当該製造メーカーの取り扱い上の処方に従い、0.1 g/lとなるように計量し、酵母の10倍量のブドウ果汁および熱水を等量混和した溶液（約35℃）中で、約20分間水処理を行った後、原料果汁に添加した。

(5) 乳酸菌拡大培養液の調製

シャンパーニュ製造における白ワイン醸造では、基本的にマロラクティック発酵を完全に行い、リンゴ酸を完全消費させることが必須であると考えられている⁷⁾ことから、本研究でも基本的にはマロラクティック発酵を行った。すなわち、シャンパーニュ製造で推奨されている、乳酸菌の拡大培養溶液（シャンパーニュ製造ではピエ・ド・キューブ・マロ⁷⁾と呼ばれる）を調製した。乳酸菌製剤としては、シャンパーニュ製造で推奨されている2菌株⁷⁾のうちの一つである、BL01 [*Oenococcus oeni*, Station Cnotechnique de Champagne 社（以下、SCEC 社）製]を用いた。この乳酸菌拡大培養溶液は、もろみに対して3%容量になるように調製し添加した。すなわち、もろみ容量10ℓに相当する調製には、まずタイユ9mlと熱水9mlを半量ずつ混合したもの（25℃）に、乳酸菌製剤を4g/ℓ、乾燥酵母を0.5g/ℓになるようにそれぞれ添加して、25℃で72時間培養した。この前培養液を、タイユ282mlに添加し、さらに乾燥酵母を0.2g/ℓになるように添加して、25℃で培養した。約10～12日間後に、リンゴ酸不検出であることを確認し、乳酸菌拡大培養溶液として完成したことを確認した。この乳酸菌拡大培養液は、20℃に調整した後、もろみに添加した。

(6) アルコール発酵とマロラクティック発酵

圧搾において分画したキュベとタイユはそれぞれ、発酵栓を付けたガラス製の発酵容器（10ℓまたは5ℓ容量）に分けて、アルコール発酵およびマロラクティック発酵を実施した。アルコール発酵期間中のもろみ温度は18℃に設定し、経時的に糖組成とエタノール含量を測定した。アルコール濃度8～9%程度に達したこと（アルコール発酵終了直前）を確認し、乳酸菌拡大培養液をもろみの3%容量分植菌した。もろみの比重が減少しなくなったことを確認した後、糖組成の分析を行い、残糖が1g/ℓ以下であれば、アルコール発酵が終了したものとみなした。また、マロラクティック発酵の推移は、有機酸組成の分析により確認した。リンゴ酸が検出されなくなった後、ワインは最低1週間シュール・リー状態で放置した。オリ引きした後のワインは、総亜硫酸10mg/ℓとなるように、ピロ亜硫酸カリウムを添加し、次の低温処理工程まで12℃で保存した。

なお、乳酸菌拡大培養液を添加せずに、マロラクテ

ィック発酵を行わない試験区も設定した。この場合、アルコール発酵終了後に、亜硫酸塩を総亜硫酸として10mg/ℓとなるように添加し、12℃で保存した。

(7) ワインの調合

瓶内二次発酵を行うための原酒ワインは、キュベのみから製成したもの他、キュベおよびタイユから製成したワインをそれぞれ7:3の割合で調合したものをを用いた。

(8) 低温処理およびフィルター処理

キュベのみ、および調合したワインは、-4℃で1週間攪拌する、低温処理（パッサージ・オ・フロワ⁷⁾）を行った。2～3日の静置期間後、オリ引きとともに、メンブランフィルター（孔径0.80μm、アドバンテック東洋社製）を用いて精密ろ過を行って、原酒ワインとして調製した。

3. スパークリングワイン製造

瓶内二次発酵法は、シャンパーニュ製造の推奨法⁵⁾に従い、以下のように実施した。

(1) 原酒ワインの前調製

低温処理した原酒ワインは、室温に放置し、温度を13～15℃付近に調整した。

(2) ティラージュ用酵母発酵種の調製

瓶内二次発酵のための瓶詰め（シャンパーニュ製造ではティラージュと呼ばれる）に用いる「酵母発酵種（シャンパーニュ製造ではルバンと呼ばれる）」は、アルコール（一次）発酵で使用したものと同一の製剤を用いた。すなわち、原酒ワイン10ℓ容量の調製としては、まず、0.15gの乾燥酵母を、40mlの水および10mlのリキュール（ワインと水を等量に混合し、シヨ糖を500g/ℓになるように調整したもの）に溶かし、0.1gのリン酸2アンモニウムを添加した。この混合物を、35℃に加温し、最終的には20℃付近になるように、緩やかに攪拌しながら6～8時間培養した。この酵母の培養液50mlと0.18ℓの原酒ワイン、45mlの同リキュール、25mlの水、0.1gのリン酸2アンモニウムを混合した。この混合物を、20℃で2～3日間緩やかに攪拌しながら馴養培養した。約2～3日後、酵母生菌数の測定を、光学顕微鏡観察により、トーマ氏血球計を用いたメチレンブルー染色法によって計数した。培養後、約6.0～8.0×10⁷生細胞/mlの酵母が含まれるのを確認して、酵母発酵種の完成と判断した。

(3) ティラージュのための前調製

シャンパーニュの製造と同様に、6気圧の圧力を得るため、原酒ワイン1ℓあたり24gの糖濃度になるように、ショ糖を溶解したリキュール(500g/ℓショ糖；(ティラージュ・リキュール)を添加した。次に、このショ糖を添加した原酒ワインにベントナイト製剤(Adjuvant83, SCEC社製)を20mg/ℓになるように添加した後、原酒ワインの3%容量となるように酵母発酵種を添加した。このとき、酵母発酵種に含まれる酵母の生菌数は、瓶内の初発の酵母菌数が、 2.0×10^6 個/mlになるように、その添加量を厳密に調整した。

(4) ティラージュ

瓶詰めするスパークリングワイン用の耐圧瓶(シャンパン750TDF, 東洋ガラス社製)は、事前に洗浄を行い、前述のとおり調製した混合液を、750ml分瓶詰した。瓶口には、ポリエチレン製のビデウル(スパークリングワイン用酵母カップ, 29mm, Sclocap MAB社製)と呼ばれるキャップをした後に、王冠(スパークリングワイン用単式王冠, スティール製, 29mm, Sclocap MAB社製)を空気圧式王冠打栓機(ERCOLE, Ferrari社製)を用いて打栓した。

(4) 瓶内二次発酵

ティラージュ後の瓶内二次発酵は15℃に調整した恒温室内に、瓶を水平になるように静置して行った。このとき、いくつかの瓶には、瓶装着型の圧力計(type1207, Barby + Kühner社製)をつけ、瓶内の圧力の経時変化を非破壊測定した。

(5) 貯蔵

瓶内圧力の上昇が認められなくなり、瓶内二次発酵が終了した瓶は13℃下の地下セラー内に移し、瓶を水平に静置して、約4ヶ月間貯蔵した。

(6) 動瓶(ルミアージュ)

瓶内二次発酵で瓶内に副生したオリを、瓶口まで収集する動瓶工程(ルミアージュ)⁵⁾は、専用器具のピュピトル(LEVAN社製)を設置して行った。まず、貯蔵した瓶をよく振り、瓶内部のオリをよく懸濁し、貯蔵した瓶を、ピュピトルの瓶を挿入する穴部分に、瓶口から挿入した。最初は最も水平に近い状態で差し込み、瓶の底部に、瓶の回転位置を明確にするための「しるし」をつけた。この状態で1週間放置し、シャンパーニュ製造におけるルミアージュ工程表⁵⁾に従い、1日に1回の頻度で最初は1/8づつ左右に瓶を振り、

瓶口に軽く衝撃を与えながら挿入した。このルミアージュ作業はその工程中、段階的に、瓶口部分を下げ(瓶の底部分を上げる)、瓶の角度を変えながら(約20°から30°、45°、60°と上げていく)、約40~45日間をかけて、オリがビデウル内に完全に収まるまで繰り返した。

(7) デゴルジュマン、補酒およびコルク打栓

ルミアージュ後の瓶口のオリ部分を瓶から除去する作業(デゴルジュマン)から、補酒およびコルク打栓までの連続した工程は、それぞれ専用機械により実施した。

すなわち、デゴルジュマンはネックフリーザー(PG89/32型, Officine PESCE社製)内を、食品製造用ブライン(ショウブライン PFP, ショーワ社製)で満たし、あらかじめ-25℃まで冷却した。このネックフリーザーに、瓶口を下に向けて、瓶を挿入し、8分間保持して、瓶口のオリを含んだスパークリングワインを2cm弱程度凍結させた。瓶口部分の凍結後、ネックフリーザーから、静かに瓶を上げ、瓶口を水道水で洗浄することで、瓶口に残存する冷媒を除去した。

次に、可及的に速やかに、半自動デゴルジュマン・ドザーージュ機(ATLAS M for classic method, Officine PESCE社製)の栓抜き部分に瓶口を挿入し、王冠およびビデウルとともに、凍結したオリを含む部分を除去した。その後、迅速に、親指で瓶口を押さえて泡生成を抑えた後、同機のドザーージュ装置に瓶を設置し、同一のスパークリングワインを、全容量が750mlになるように補酒した。今回の実験では、シャンパーニュ製造では一般に行われる、甘味調整のためのリキュール[リキュール・デクスベディション(門出のリキュール)]⁴⁾添加は実施しなかった。

コルク打栓前に、瓶を左右に振り、瓶口の空気の除去を行った。シャンパーニュ製造用のコルク打栓機(PG2010S1, Officine PESCE社製)を用いて、コルク(MYTIK DIAM®Classic, Diam社製)を打ち、ミュズレ(ワイヤーフード；ミュズレ・プレートとミュズレ, traditional twist free belt wirehoods, Hite社製)でコルクを固定する作業を行った。最後に、キャップシーラー(PG80M, Officine PESCE社製)を用いて、キャップシール(シャンパンアルミフォイルマット黒, Vipalux社製)を瓶口に装着した。以上の作業は、生成した炭酸ガスがなるべく散逸しないよう

に、丁寧かつ速やかに実施した。

シャンパーニュ製造では、その AOC 規則により、テトラージュ時からの貯蔵期間が厳格に決められているが、今回の研究におけるデゴルジュマンは、貯蔵期間約 5 ヶ月後に実施した。

4. 成分分析

果汁、もろみ、ワインおよびスパークリングワイン、それぞれのサンプルの成分分析は、次のように実施した。

比重は、国税庁所定分析法¹⁰⁾に従い、振動式密度比重計 (DA-505 型、京都電子工業社製) を用いて分析した。比重換算糖度 (g/L) は、比重の値から換算式： $\text{転化糖分} = (\text{比重} - 1) \times 100 \times 2.7 - 2.5$ により算出した。

糖度 (°ブリックス) および pH は定法により分析した。

総酸 (酒石酸換算) は、国税庁所定分析法¹⁰⁾にしたがい、中和滴定法により分析した。シャンパーニュ製造の総酸の値は、通常硫酸換算で示されるため、今回参考値として用いたシャンパーニュ製造の果汁の分析値は、適宜便宜的に酒石酸換算に変換した。(シャンパーニュの総酸の分析値は、国際ブドウ・ワイン機構の所定分析法によっているため、国税庁所定分析法と中和滴定における終点が異なるため、厳密な比較は困難である)

有機酸組成は、高速液体クロマトグラフィーにより解析した。高速液体クロマトグラフ (日立社製を主体とするシステム一式) は、カラムにイオン排除クロマトグラフィ用カラム (Shodex[®] KC-811, 昭和電工社製) を 3 個連結して用い、反応試薬液 ST-3R を用いたポストカラム法により、紫外可視分光検出器 (7420 型、日立社製) で分析 (430 nm) した。サンプルは分析前に、メンブランフィルター (孔径 0.20 μm, アドバンテック東洋社製) でろ過した。

糖組成は、高速液体クロマトグラフィーにより解析した。高速液体クロマトグラフ (島津製作所社製を主体とするシステム一式) は、カラムに配位子交換クロマトグラフィ用カラム (Shodex[®] KS-801 + SC1011, 昭和電工社製) を用い、示差屈折率検出器 (RID-20A, 島津社製) で分析した。サンプルは分析前に、メンブランフィルターでろ過した。

遊離アミノ酸組成は、全自動アミノ酸分析計

(JLC500/V2, 日本電子社製) を用いて分析した。サンプルは分析前に、0.01 N 塩酸溶液で 2 倍希釈し、メンブランフィルターでろ過した。

酵母の資化性窒素含量は、中性ホルマリン法により、ホルモール態窒素として分析した。

無機塩類の組成は、ICP 発光分析装置 (ULTIMA 型, Horiba 社製) を用いて分析した。サンプルを濃硝酸および過酸化水素を用いて湿式灰化後、得られた透明溶液を超純水で希釈したものを分析試料とした。

色調は、分光光度計 (JASCO V650, 日本分光社製) を用いて、吸光度 (430 nm, 530 nm) および CIELab 表色系 [L*値 (明度), a* (赤味度), b* (黄味度)] を分析した。

総ポリフェノール濃度は、フォーリン・チオカルト法¹¹⁾により分析した。

4. 官能評価

製成したスパークリングワインについて、山梨県内のワイン製造従事者を中心とした 51 名を審査員とした官能評価を行った。評点は、外観、色調、香りおよび呈味を総合的に評価して、5 点法 (1; 不可~3; 普通~5; 良好) により採点した。

実験結果

1. 果汁の成分

Table 1a に、収穫時期の異なる 3 つの '甲州' および 'シャルドネ' から得られたフリーラン果汁、キュベおよびタイユそれぞれのデブルパージュ後の果汁成分分析値を示した。また、Table 1b に、シャンパーニュ製造における果汁の成分値⁶⁾を参考値として示した。

4 つの原料ブドウから得られた、フリーラン果汁、キュベおよびタイユにおける比重および糖度 (比重換算糖度およびブリックス糖度) に大きな差異は認められなかった。これは、シャンパーニュ製造における知見 (Table 1b)⁶⁾と同様であった。

次に、既報^{6,9)}にも示したように、'甲州' と 'シャルドネ' では、各分画果汁間における、総酸の傾向が異なった。すなわち、シャンパーニュ製造原料品種でもある 'シャルドネ' は、キュベと比較してタイユの方が、総酸が低く、pH が高くなる結果が得られた。一方で、'甲州' は、圧搾工程の進行に従い、すなわちフリーラン果汁比較してキュベの方が、さらにキュ

Table 1 Chemical and physical compositions of grape juice for sparkling wine making

a) Chemical and physical compositions of *Free-run*, *Cuvée* and *Taille* juices of *Koshu* and *Chardonnay* harvested in 2013

b) Juices for champagne

	<i>Koshu</i> (harvested on 8/29)			<i>Koshu</i> (harvested on 9/10)			<i>Koshu</i> (harvested on 9/24)			<i>Chardonnay</i> (harvested on 8/26)			Juices in Champagne ⁶⁾ (average 2011 ~ 2014)	
	<i>Free-run</i> ¹⁾	<i>Cuvée</i> ¹⁾	<i>Taille</i> ¹⁾	<i>Free-run</i>	<i>Cuvée</i>	<i>Taille</i>	<i>Free-run</i>	<i>Cuvée</i>	<i>Taille</i>	<i>Free-run</i>	<i>Cuvée</i>	<i>Taille</i>	<i>Cuvée</i> ⁷⁾	<i>Taille</i> ⁷⁾
Specific gravity (15/4°C)	1.06	1.062	1.061	1.065	1.066	1.066	1.069	1.069	1.069	1.076	1.076	1.076	1.073 ⁸⁾	1.071 ⁸⁾
Sugar ²⁾ (g/L)	142.4	142.4	142.4	150.5	150.5	150.5	161.3	161.3	161.3	177.3	177.3	177.3	167.7 ⁸⁾	165.5
Sugar (° Brix)	15.3	15.3	15.1	16.1	16.1	15.9	16.7	16.6	16.5	17.7	17.7	18		
Sucrose (g/L)	0.6	0.4	0.2	0.3	0.3	0.2	ND	0.4	ND	0.4	0.4	0.6		
Glucose (g/L)	69.6	68.4	64.6	73.8	73.7	73.6	81	79.2	77.6	87.8	88.7	89		
Fructose (g/L)	70.4	68	64.1	75.2	75.1	74.8	83.3	81.4	80	82.9	82.9	83.9		
pH	3.15	3.11	3.1	3.3	3.26	3.26	3.42	3.37	3.37	3.11	3.17	3.4	3.05	3.19
Total acid as tartaric acid (g/L)	6.8	9.4	12.3	5.1	7.2	8.8	4.3	6.1	6.9	10.6	9.4	7	12.2	10.4
Tartaric acid (g/L)	5.2	5.7	5.6	4	5.2	5.3	3.8	4.9	4.9	4.4	4.6	4.5	7.6	6
Malic acid (g/L)	2.1	4.3	7.1	1.2	2.3	3.5	1.1	1.9	2.2	5.3	4.8	3.8	6.8	6
Citric acid (g/L)	0.5	0.8	1.2	0.5	0.8	1.1	0.8	0.8	0.9	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3
S/A value ³⁾		23			32			40		29			21	
Potassium (mg/L)	844	1161	1594	945	1200	1522	976	1196	1225	1100	1250	1320	1095	1775
Calcium (mg/L)	83	79	105	71	72	103	63	65	60	64	63	63	93	102
Magnesium (mg/L)	48	54	69	57	58	67	58	55	57	50	54	54	74	74
Iron (mg/L)	0.2	0.5	0.2	0.8	0.5	0.2	0.4	0.5	0.4	0.5	0.2	0.2	NT	NT
Copper (mg/L)	20.4	10.8	1.3	8.7	4.4	0.8	5	2.9	1	5	5	4	1.3	1.1
YAN ⁴⁾ (mg/L)	96	116	129	77	98	113	63	78	99	106	109	104	NT ⁹⁾	NT
Alanine (mg/L)	38	52	71	38	45	61	50	60	55	190	187	150		
Arginine (mg/L)	128	205	377	105	174	336	104	150	302	50	53	63		
γ -aminobutanoic acid (mg/L)	27	52	83	35	57	89	49	71	78	59	61	97		
Asparagine (mg/L)	8	8	10	14	16	22	20	23	20	6	5	4		
Aspartic acid (mg/L)	47	51	61	25	20	22	20	17	19	18	21	22		
Cysteine (mg/L)	ND ⁵⁾	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
Glutamine (mg/L)	41	52	72	24	25	33	24	27	30	110	109	97		
Glutamic acid (mg/L)	62	45	40	71	38	30	60	37	27	60	61	35		
Glycine (mg/L)	1	1	2	1	1	2	1	2	1	5	4	4		
Histidine (mg/L)	3	5	8	2	4	7	3	4	6	9	8	8		
Isoleucine (mg/L)	1	2	2	2	2	3	3	3	3	9	8	7		
Leucine (mg/L)	3	3	5	3	4	6	4	5	5	7	7	7		
Lysine (mg/L)	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	1	1		
Methionine (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	ND	5	4	3		
Phenylalanine (mg/L)	1	2	4	1	1	4	1	1	2	6	6	6		
Proline (mg/L)	309	320	350	512	520	532	614	643	655	301	309	325		
Serine (mg/L)	ND	21	27	19	20	25	23	26	23	70	66	64		
Threonine (mg/L)	16	19	24	17	18	23	17	20	21	0	46	46		
Tryptophan (mg/L)	ND	6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	1	1		
Tyrosine (mg/L)	2	3	4	2	2	3	1	2	3	1	1	1		
Valine (mg/L)	4	5	6	5	5	7	6	7	6	15	14	13		

All samples were analyzed in triplicate.

1) All juices were collected by traditional pressure method in the Champagne Region. The *Cuvée* was the juice taken from the first section in continuous presses of grape. The *Taille* was the juice from the second section following *Cuvée*. In champagne making, the *Cuvée* is the first 2,050 litres of juice from 4,000 kg of grapes and the *Taille* is the following 500 litres.

2) calculated values from specific gravity.

3) S/A value: Sugar (g/L) / Total acid (g/L as H₂SO₄)

4) YAN: Yeast assimilable nitrogen measured by Sørensen method.

5) ND: not detected.

6) Onda: Champagne making in the Champagne Region I, Journal of the Brewing Society of JAPAN, 111, 286-301 (2016)

7) Density (20°C)

8) Blank: no information is available.

9) NT: not tested.

べよりもタイユの方が、総酸が高くなり、pHはやや低い、もしくはほとんど変わらない結果が得られた。この傾向は、異なる3つの収穫時期の原料ブドウの間では、収穫時期の早い原料ブドウにおいてより顕著に認められた。

シャンパーニュ製造におけるタイユに含まれる有機酸含量⁶⁾では、一般的にキュベよりも、酒石酸およびリンゴ酸が低い。今回の実験の‘シャルドネ’は、压榨工程の進行に従って、酒石酸含量に大きな変化はなかったが、リンゴ酸は大きく減少し、シャンパーニュ

製造における知見⁶⁾とはほぼ一致した (Table 1b)。一方で、‘甲州’では、既報⁹⁾でも示したように、異なる3つの収穫時期の原料ブドウにおける結果とも、压榨工程の進行に従い、酒石酸およびリンゴ酸含量が大きく増加することが分かった。

シャンパーニュ製造においては、S/A値 [比重換算の糖濃度 (g/l) を総酸 (g/l硫酸換算) で除した値] が20付近のときに最も良好な製品が得られるものと考えられている⁶⁾。今回の4種の原料ブドウのS/A値は、それぞれ23 (‘甲州’, 8/29収穫), 32

（‘甲州’，9/10 収穫），40（‘甲州’，9/24 収穫）および 29（‘シャルドネ’，8/26 収穫）であり，シャンパーニュ製造の基準から判断すると，熟度が進んだものであった。

無機塩成分の組成は，4つの原料ブドウとも，シャンパーニュ製造における知見⁶⁾と同様に，圧搾工程の進行に従い，カリウムおよびカルシウム含量が高くなる傾向を示した。‘甲州’の3つの原料ブドウでは，収穫時期が遅くなるにつれ，また圧搾工程が進むにつれて，銅含量が低くなる傾向が認められた。

果汁の窒素成分の管理として重要な資化性窒素含量は，4種の果汁とも，一般的な山梨県産の醸造用原料ブドウと比較して高い値¹²⁾を示した。‘甲州’の3つの原料ブドウでは，収穫時期別には，熟度が進むにつれて，資化性窒素含量は低下した。また，有機酸同様，圧搾工程の進行に従い，フリーラン果汁，キュベ，タイユの順に資化性窒素含量が増加した。‘シャルドネ’は，圧搾工程において，ほぼ一定の資化性窒素含量を示した。なお，デブルパージュ前後の果汁では，資化性窒素含量には大きな差異は認められなかった（データは示していない）。

遊離アミノ酸組成の解析から，‘甲州’では，アルギニンなどの主要な資化性アミノ酸含量が，圧搾工程の進行に従って増加した。一方で，‘シャルドネ’におけるアルギニンなどは，圧搾の進行度合いに関係なく一定の濃度で推移した。これらは，資化性窒素含量の推移と一致する結果であった。

また，‘甲州’では熟度が進むにつれて，アルギニンなどの資化性アミノ酸が減少し，プロリンが増加した。

2. ワインの成分

Table 2a に，収穫時期の異なる3つの‘甲州’および‘シャルドネ’を原料として調製した，キュベおよびタイユから製成した，低温処理前のワインの成分分析値を示した。なお，‘甲州’の最も早期収穫（8/29）の原料ブドウを用いたものでは，マロラクティック発酵を行わなかったワインの分析値も示した。また，Table 2b に，シャンパーニュ地方のシャンパーニュ製造における原酒ワイン（マロラクティック発酵を実施および未実施）の成分値⁷⁾を参考値として示した。

シャンパーニュ製造では，原料ワインのアルコール

濃度を 11 % (vol.) とすることが推奨⁷⁾されているため，今回の実験において，添加糖分として 19 度になるように補糖を実施し，アルコール濃度 10.5 ~ 10.9 % (vol.) となった。

シャンパーニュ製造における原料ワインのアルコール発酵の終了は，残糖（ブドウ糖と果糖の和）が 1.0 g/l 以下となったときと判定される。今回行った実験の糖組成解析の結果から，すべてのワイン製造においても，アルコール発酵が終了するまでの期間は，13 ~ 21 日間と速やかにアルコール発酵が達成された。キュベと比較してタイユ原料の方が，アルコール発酵の終了が若干早かった。グリセロールは，5.4 ~ 7.2 g/l の範囲で生成されたが，‘甲州’では，収穫時期の最も早いキュベ原料のワインで，高い傾向が認められた。

総酸は，マロラクティック発酵を行った8種のワインにおいて，果汁の総酸から，1.7 ~ 4.8 g/l 減少した。‘シャルドネ’のキュベ原料からのワインの総酸の低下率が最も高く 40% 低下した。‘シャルドネ’のタイユからのワインの総酸低下率は 31 % とキュベよりも低くなった。一方で，‘甲州’原料の場合は，‘シャルドネ’と比較して，全体的に酸度の低下率が低かった。収穫時期の最も早い原料から製成したキュベからのワインが，最も酸度低下率が低く，18 % であった。マロラクティック発酵を行わなかったワインでは，総酸の減少は，極めて低く，5 % 程度であった。以上のように，果汁からワイン製成の段階で，酸度の低下率に大きなばらつきが生じた。

有機酸組成の解析から，各試験区において，酒石酸含量の減少が大きいことが分かった。マロラクティック発酵を行ったワインでは，果汁に含まれたリンゴ酸含量に相当する乳酸が生成された。酵母のアルコール発酵により，コハク酸が約 1.0% 程生成した。マロラクティック発酵の終了までには，アルコール発酵開始から，27 ~ 37 日間の比較的長い期間が必要とされた。甲州の原料ブドウのキュベとタイユでは，キュベを原料とした方が，マロラクティック発酵の終了は若干早かった。シャルドネでは，逆にタイユの方が終了が早かった。

シャンパーニュ製造においても，ワイン製成過程で酢酸生成が認められることがあるが，本研究では，‘シャルドネ’原料では検出限界（0.1 mg/l）以下で

Table 2 Chemical and physical compositions of wines for sparkling wine making

a) Chemical and physical compositions of wines produced from *Koshu* and *Chardonnay* harvested in 2013

b) Base wines for champagne

		<i>Koshu</i> (harvested on 8/29)			<i>Koshu</i> (harvested on 9/10)		<i>Koshu</i> (harvested on 9/24)		<i>Chardonnay</i> (harvested on 8/26)		Wines in Champagne ⁹⁾ (average 2011 ~ 2014)	
		<i>Cuvée</i> ³⁾	<i>Taille</i> ⁴⁾	MLF block ⁵⁾	<i>Cuvée</i>	<i>Taille</i>	<i>Cuvée</i>	<i>Taille</i>	<i>Cuvée</i>	<i>Taille</i>	<i>Cuvée</i>	MLF block
Specific gravity	(15/4°C)	0.993	0.993	0.993	0.992	0.993	0.993	0.993	0.993	0.993	0.991 ¹⁰⁾	0.992 ¹⁰⁾
Alcohol	(%, v/v)	10.5	10.4	10.5	10.8	10.5	10.6	10.7	10.5	10.9	11.2	11.1
Sucrose	(g/L)	ND ⁸⁾	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	11 ¹¹⁾	11
Glucose	(g/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
Fructose	(g/L)	0.1	0.2	0.1	ND	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3		
Glycerol	(g/L)	7.2	5.3	7	6.7	6.6	5.7	5.5	5.2	4.8	5.1	5.3
Sugar (as glucose) ⁸⁾	(g/L)	NT ⁷⁾	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	0.9	1
pH		3.1	3.11	3	3.12	3.14	3.18	3.2	3.31	3.35	3.05	2.98
Total acid as tartaric acid	(g/L)	7.7	7.5	8.9	5.4	6.5	4.4	4.5	5.6	4.8	6.9	9
Tartaric acid	(g/L)	4	3.5	4.2	3	3	3	3	3.6	3.5	3	3.2
Malic acid	(g/L)	ND	ND	3.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.2	3.6
Lactic acid	(g/L)	2.3	3.5	0.1	1.3	1.7	1.1	1.2	2.5	2.7	3.3	1.1
Citric acid	(g/L)	0.8	1.4	0.9	0.8	1	0.9	1.1	0.4	0.4	0.2	0.2
Succinic acid	(g/L)	1	0.6	0.9	0.7	0.7	0.7	0.6	0.8	0.8		
Acetic acid	(g/L)	0.3	< 0.1	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	< 0.1	< 0.1	0.2	0.2
Potassium	(mg/L)	690	799	760	850	880	870	890	750	701	300	370
Calcium	(mg/L)	64	70	60	55	69	47	61	64	61	76	88
Magnesium	(mg/L)	59	65	65	77	82	59	89	58	60	71	67
Iron	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1	1
Copper	(mg/L)	0.3	ND	ND	ND	ND	0.1	ND	ND	ND	0.04	0.05
YAN ¹⁾	(mg/L)	17	41	8	31	38	24	16	27	29		
Alanine	(mg/L)	3	18	5	5	8	12	ND	8	24		
Arginine	(mg/L)	ND	ND	3	ND	2	4	ND	ND	2		
γ-aminobutyric acid	(mg/L)	2	14	7	3	24	12	20	14	1		
Asparagine	(mg/L)	16	12	5	17	5	12	ND	5	16		
Aspartic acid	(mg/L)	2	8	3	4	5	3	ND	4	14		
Cysteine	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
Glutamine	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	1	ND	ND	1		
Glutamic acid	(mg/L)	3	9	2	4	4	7	ND	4	13		
Glycine	(mg/L)	ND	ND	3	2	5	5	ND	3	11		
Histidine	(mg/L)	ND	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1		
Isoleucine	(mg/L)	ND	2	5	ND	5	3	1	9	8		
Leucine	(mg/L)	2	12	2	8	12	10	1	3	22		
Lysine	(mg/L)	1	6	2	4	10	6	2	5	12		
Methionine	(mg/L)	ND	2	ND	1	2	2	1	2	5		
Phenylalanine	(mg/L)	ND	5	4	9	4	9	2	8	20		
Proline	(mg/L)	301	325	330	509	501	625	629	290	301		
Serine	(mg/L)	ND	1	1	1	2	1	ND	1	3		
Threonine	(mg/L)	ND	1	1	1	2	2	1	1	3		
Tryptophan	(mg/L)	ND	ND	ND	3	2	2	ND	ND	ND		
Tyrosine	(mg/L)	ND	2	2	ND	3	4	1	5	8		
Valine	(mg/L)	ND	2	1	3	2	3	ND	2	8		
Optical density	(420 nm)	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	0.074	0.075
	(430 nm)	0.057	0.058	0.046	0.048	0.071	0.052	0.074	0.039	0.057		
	(520 nm)	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	0.025	0.032
	(530 nm)	0.028	0.028	0.018	0.02	0.03	0.026	0.035	0.018	0.016		
L* value		98	98.2	98.92	98.66	97.96	98.25	97.6	99	98.98	98.46	98.13
a* value		0.39	0.65	0.25	0.16	0.4	0.73	0.84	-0.38	-0.62	-0.115	0.24
b* value		3.93	4.17	2.74	3.57	5.26	3.77	5.36	3.93	4.41	4.92	4.67
Total polyphenol ²⁾	(mg/L)	197	286	200	164	320	180	256	178	218		
Alcoholic fermentation period ¹²⁾	(days)	14	11	14	14	12	13	12	21	20		
Whole fermentation period ¹³⁾	(days)	34	37	(14)	31	33	27	28	36	34		

The coefficient of variation for all analyzed values of each samples was less than 1. All samples were analyzed in triplicate.

1) YAN: Yeast assimilable nitrogen measured by Sørensen method.

2) measured by Folin-Ciocalteu method.

3) wine produced from *Cuvée* juice.

4) wine produced from *Taille* juice.

5) wine from *Cuvée* juice without malo-lactic fermentation.

6) ND: not detected.

7) NT: not tested.

8) values measured by the enzymatic method.

9) wines after assamblage and cold stabilization of tartarete. Onda: Champagne making in the Champagne Region II. Journal of the Brewing Society of JAPAN.

10) Density (20°C).

11) Blank: no information is available.

12) duration from the addition of yeast until the end of the alcoholic fermentation.

13) duration from the addition of yeast until the end of maro-lactic fermentation.

あったものの、‘甲州’原料では、0.3～0.4 mg/ℓ程度生成された。この酢酸は、すべてのワイン生成において、アルコール発酵終了までには検出されず、マロラクティック発酵期間中に生成された。

無機塩組成の解析から、各ワインにおいて、果汁から各種無機塩が減少したが、特にカリウムの減少が大きいことが分かった。各ワインで、キュベよりもタイユからのワインの方が、低下率が大きかった。最も早期収穫（8/29）の‘甲州’および‘シャルドネ’から製成したワインにおける低下率は約40%，その他の2つの‘甲州’における低下率は約30%であった。

‘甲州’のワインでは、肉眼的に淡赤色の褐変、製造現場で言う「ピンキング」が認められた。色調の分析結果、特に530nmの吸光度および a^* 値（赤味度）が、赤色褐変があることを裏付ける値を示した。

総ポリフェノール含量は、164～320 mg/ℓ範囲で分布した。キュベとタイユで比較すると、タイユの方がより、ポリフェノール含量が高かった。

3. スパークリングワインの成分

Table 3a に、収穫時期の異なる3つの‘甲州’および、‘シャルドネ’を原料として製成したキュベからのワインおよびキュベとタイユのワインを調合したワインをそれぞれ原料として製成したスパークリングワインの成分分析値を示した。‘甲州’の最も早期収穫（8/29）の原料ブドウを用いた試験では、マロラクティック発酵を実施しなかったワインから生成したスパークリングワインの分析値も示した。また、Table 3b に、シャンパーニュ地方におけるヴィンテージ・シャンパーニュ（リザーブワインを調合せず、単一年のベースワインから製造したもの）の成分値⁹⁾を参考値として示した。

今回の実験における瓶内二次発酵は、45～58日間で終了したことを確認した。また、二次発酵の結果として、6.0気圧（10℃）付近の瓶内圧力が得られた。また、瓶内二次発酵の結果、原料ワインから約1.3%分のアルコールの増加が確認された。糖組成解析の結果から、糖分がほとんど完全に消費されたことも確認された。このことから、シャンパーニュ製造における推奨法⁵⁾と同様、ティラージュ時に糖濃度24 g/ℓを加えることで、6気圧（10℃）の瓶内圧力が得られることが実証できた。

有機酸組成解析の結果は、瓶内二次発酵前の低温処

理後の分析値（データは示していない）と大きな違いはなかった。低温処理によって、総酸が0.4～1.0 g/ℓ程度減少することが確認された。

無機塩組成の解析の結果は、瓶内二次発酵前の低温処理後の分析値（データは示していない）と大きな違いはなかった。低温処理において、カリウム含量が原酒ワインから大きく減少したことが確認された。

‘甲州’については、原酒ワインで赤色褐変が認められたが、製成されたスパークリングには、肉眼的に褐変は認められなかった。このことは、 a^* （赤味度）が低下したことからも裏付けられた。

総ポリフェノール含量は、170～282 mg/ℓ範囲で分布した。‘甲州’ワインを原料としたスパークリングワインは、キュベから製成したワインからものが、キュベとタイユを調合したワインと比較して低い値を示した。ワインからスパークリングワイン製成過程で、そのポリフェノール含量に大きな変化が認められなかった。

製成したスパークリングワインにおける官能評価の結果（Table 3）は、収穫時期の異なるブドウから得られたスパークリングワインの間で優位な差異は認められなかった。

考 察

本研究では、日本産ブドウを原料とした、瓶内二次発酵法によるスパークリングワイン試験製造を実施し、原料ブドウ果汁、ワイン、およびスパークリングワインにおける成分推移について調査を行った。本報は、日本産ブドウを原料として、シャンパーニュ以外の瓶内二次発酵法によるスパークリングワイン製造工程における成分変化を初めて明らかにした論文である。

シャンパーニュ製造の推奨法に従った果汁調製を行った‘甲州’は、既報⁹⁾のとおりシャンパーニュ製造における知見とは異なり、圧搾の進行に従い、総酸が増加し、無機塩含量が増加しても、pHが若干低下する傾向があった。このことは、‘甲州’の果粒が比較的大きく、果皮内部の果肉が厚いことから、リンゴ酸などの成分が局在し、圧搾工程において果汁に溶出されるまでに時間がかかることが要因である可能性が考えられた。この‘甲州’果粒内の成分分布については今後の検討課題としたい。

シャンパーニュ製造では、酸度が高いキュベからは、

Table 3 Chemical and physical compositions of sparkling wines produced from wines of *Koshu* and *Chardonnay* brewed in 2013

a) Chemical and physical compositions of wines produced from <i>Koshu</i> and <i>Chardonnay</i> harvested in 2013											b) Champagne	
		<i>Koshu</i> (harvested on 8/29)			<i>Koshu</i> (harvested on 9/10)		<i>Koshu</i> (harvested on 9/24)		<i>Chardonnay</i> (harvested on 8/26)		Commercially Champagne ⁶⁾ (average 2014 ~ 2015)	
		<i>Cuvée</i> ²⁾	<i>C/T</i> ³⁾	MLF block ⁴⁾	<i>Cuvée</i>	<i>C/T</i>	<i>Cuvée</i>	<i>C/T</i>	<i>Cuvée</i>	<i>C/T</i>	<i>Cuvée</i>	MLF block
Pression	(bar at 10°C)	5.9	6.1	6	6	5.9	6.1	6	6	6	6.1	6.7
Specific gravity	(15/4°C)	0.992	0.992	0.992	0.991	0.992	0.992	0.992	0.992	0.992	0.992	0.992
Alcohol	(%, v/v)	11.7	11.7	11.8	12	11.8	11.9	11.8	11.9	12	12.5	12.4
Sucrose	(g/L)	ND ⁵⁾	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Glucose	(g/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fructose	(g/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Glycerol	(g/L)	7.2	6.5	7.2	6.8	6.8	6.6	6.3	5.4	5.4	5.4	5.4
Glucose + Fructose	(g/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	8.4	6.6
pH		3.15	3.1	3.05	3.13	3.15	3.19	3.2	3.13	3.32	3.19	3.1
Total acid as tartaric acid	(g/L)	6.7	6.4	8.3	4.7	4.9	4	4	4.9	4.2	5.9	6.6
Tartaric acid	(g/L)	2	2	2.5	1.5	1.6	1.5	1.5	1.4	1	2.2	2.6
Malic acid	(g/L)	ND	ND	2.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.2	2.8
Lactic acid	(g/L)	2.2	2.6	0.3	1.3	1.4	1.1	1.1	2.4	2.2	2.9	1.4
Citric acid	(g/L)	0.8	1	0.9	0.8	0.9	0.9	0.9	0.2	0.3	0.1	0.2
Succinic acid	(g/L)	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7		
Acetic acid	(g/L)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	< 0.1	< 0.1	0.3	0.2
Potassium	(mg/L)	351	384	360	454	451	493	487	459	501	366	352
Calcium	(mg/L)	54	61	58	48	56	41	48	60	53	75	54
Magnesium	(mg/L)	55	58	55	76	78	73	78	53	53	58	61
Iron	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.1	0.9
Copper	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	0.1	ND	ND	ND	ND	0.03	0.06
Alanine	(mg/L)	5	7	4	8	10	6	10	5	8		
Arginine	(mg/L)	3	4	2	3	3	3	2	2	3		
γ-aminobutanoic acid	(mg/L)	15	13	13	16	15	11	12	5	8		
Asparagine	(mg/L)	7	9	11	11	11	11	11	9	10		
Aspartic acid	(mg/L)	2	2	2	3	3	2	3	3	3		
Cysteine	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
Glutamine	(mg/L)	ND	ND	2	2	1	1	1	1	1		
Glutamic acid	(mg/L)	3	3	2	5	6	3	5	3	5		
Glycine	(mg/L)	5	5	4	5	6	4	6	5	7		
Histidine	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	1	ND	1	ND	1		
Isoleucine	(mg/L)	ND	1	ND	1	2	1	5	1	1		
Leucine	(mg/L)	2	3	2	3	5	3	5	3	4		
Lysine	(mg/L)	5	5	3	4	5	5	6	4	4		
Methionine	(mg/L)	ND	1	ND	ND	1	ND	1	ND	1		
Phenylalanine	(mg/L)	2	3	ND	5	6	4	6	2	4		
Proline	(mg/L)	275	287	300	496	499	609	619	360	366		
Serine	(mg/L)	1	1	1	1	1	1	1	1	2		
Threonine	(mg/L)	1	1	ND	1	1	1	1	1	2		
Tryptophan	(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
Tyrosine	(mg/L)	3	4	2	4	5	3	5	3	4		
Valine	(mg/L)	1	2	1	3	4	2	4	2	3		
Optical density	(420 nm)	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	0.131	0.106
	(430 nm)	0.041	0.039	0.031	0.04	0.043	0.04	0.044	0.047	0.046		
	(520 nm)	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	0.035	0.024
	(530 nm)	0.013	0.012	0.008	0.012	0.012	0.011	0.012	0.011	0.011		
L* value		99.13	99.22	99.47	99.2	99.18	99.24	99.19	99.21	99.22	97.83	98.45
a* value		-0.17	-0.27	-0.29	-0.32	-0.38	-0.39	-0.43	-0.69	-0.7	-0.28	-0.75
b* value		3.4	3.31	2.69	3.35	3.56	3.4	3.7	3.76	3.72	8.71	7.4
Total polyphenol ¹⁾	(mg/L)	200	259	230	160	282	170	250	162	155		
2nd fermentation period ⁸⁾	(days)	55	58	52	57	53	55	66	49	45		
Sensory evaluation score ⁹⁾		2.9	2.8	3	3	3.2	2.9	2.9	3.2	3.2		

The coefficient of variation for all analyzed values of each samples were less than 1. All samples were analyzed in triplicate.

- 1) measured by Folin-Ciocalteu method.
- 2) sparkling wine produced from wine from *Cuvée*.
- 3) sparkling wine produced from wine assamblaged wine from *Cuvée* juice and *Taille* juice (7:3).
- 4) sparkling wine from wine from *Cuvée* juice without malo-lactic fermentation.
- 5) ND: not detected.
- 6) Onda: Champagne making in the Champagne Region III. Journal of the Brewing Society of JAPAN, in preparation.
- 7) Blank: no information is available.
- 8) duration of in-bottle secondary fermentation.
- 9) The scores are the average of a 5-point evaluation (n = 51).

フィネスが高く長熟が可能な高品質ワインが製成され、酸度が低くミネラル成分が豊富なタイユからはフルーティであるが長熟には向かないワインが製成されると説明されている^{4,6)}。‘甲州’では、キュベとタイユで、酸度が逆転することから、少なくとも圧搾においては、シャンパーニュと同様な考え方でスパークリングワイン製造を実施ことは難しく、‘甲州’独自の圧搾方法、圧搾率やキュベおよびタイユの割合比率を検討する必要があることが考えられた。

果汁中の銅含量は、熟度が進むにつれて減少、またそれぞれ圧搾の進行に従って減少した。このことは果皮に残存したボルドー液由来のものであることを示唆するものと考えられた。シャンパーニュ製造では、圧搾工程初期のフリーラン果汁を含む果汁は、「ルベッシュ」と称する廃棄果汁として、製品製造に用いられないことが多い。今回の‘甲州’のようにボルドー液が残存している原料においては、銅の残存を除去する目的に、ルベッシュ画分の設定は有効である可能性が考えられた。

アルコール発酵終了は、キュベよりもタイユを用いた方が早かったが、これはタイユの方がより窒素源が豊富に含まれることに起因すると考えられた。一方で、マロラクティック発酵の終了は、‘甲州’ではキュベの方が早く、‘シャルドネ’ではタイユの方が早かった。これは、リンゴ酸含量が低い方が、マロラクティック発酵期間が短くなることに起因することが考えられた。

スパークリングワイン製造では、呈味の基本構成において有機酸濃度およびその組成の制御が重要であると考えられている。具体的には、シャンパーニュ製造における典型的な総酸（酒石酸換算）の推移⁸⁾は、総酸で約 12 g/l を含む果汁から、アルコール発酵およびマロラクティック発酵を経て、約 35 % 程度の総酸が減少して約 8.5 g/l の総酸を含むワインが製成され、低温処理と瓶内二次発酵を経て、さらに約 15 % の総酸が減少し、最終的に総酸が約 6 g/l のスパークリングワインが製成されるものと説明される。

今回の研究における‘シャルドネ’の総酸の推移は、上述したシャンパーニュ製造における推移と近似した結果が得られた。

一方で、‘甲州’における総酸の推移は、‘シャルドネ’と比較して、総酸が高く残存する傾向が認められ

た。この傾向は、最も早期収穫（8/29）のキュベで強かった。有機酸組成の推移の解析からも、収穫時期の早いものほど、酒石酸含量の低下率が低いことが分かった。

無機塩類の中で、カリウムの減少が大きかったが、これは酒石酸と塩（酒石）を生成することで消失していった結果であると考えられた。一方で、無機塩組成の解析からは、最も早期収穫（8/29）の‘甲州’原料のキュベで、酒石酸の減少率が低いにもかかわらず、カリウムの減少が特に大きかった。このことは、カリウムが酒石酸と酒石を形成して析出する以外の反応に消費されてしまい、酒石が形成されにくく、結果として酒石酸含量が高く残存した可能性も考えられた。

シャンパーニュ製造において、揮発酸が生成されることがあるが、0.4 g/l を超えると官能的に問題が生じると言われている。今回の基本的には同じ製造方法によるスパークリングワイン製成において、‘シャルドネ’から製成したスパークリングワインでは酢酸生成がほとんど認められなかった。一方で、‘甲州’のスパークリングワインは、0.4 g/l を超えたものは無かったが、マロラクティック発酵期間で酢酸が生じたことが確認された。‘甲州’の方が酢酸生成が高い傾向があることは興味深く、今後の検討課題である。

各原料ブドウからの果汁の資化性窒素含量とアミノ酸組成の推移から、‘甲州’においては、有機酸と同様に、果皮内部周辺に局在する可能性も考えられた。

今回の4種の果汁は、比較的高い資化性窒素含量と資化性アミノ酸含量を示したが、スティルワインの原料ブドウよりも早期のブドウであったためであると考えられた。シャンパーニュ委員会の分析では、果汁の窒素管理指標として、総窒素とアンモニア態窒素含量が用いられ、資化性窒素含量の分析が行われていないため直接的な比較はできないが、総窒素含量（2005～2014年の平均値が379 mg/l）¹³⁾の約60%が遊離アミノ酸¹⁴⁾であるとされていることから、シャンパーニュ産の果汁に含まれる資化性窒素含量は、およそ230 mg/lである。このことから、今回の4つの原料ブドウに含まれる資化性窒素含量は、100 mg/l前後であることから、シャンパーニュ原料と比較すると、アミノ酸含量が極めて低いと言える。それゆえ、国産原料のスパークリングワイン製造では、アルコール発酵および瓶内二次発酵を健全に行うために、窒素管理

は重要であることが考えられた。

原料ワイン製成までに、資化性アミノ酸含量が大きく減少したことは、アルコール発酵には著量の資化性窒素が必要であることを示した。今回の実験では、二次発酵前に、窒素成分の供給として、リン酸 2 アンモニウムを添加することで安定した二次発酵が達成できることを確認した。

シャンパーニュでは、長い貯蔵熟成工程における瓶内シュール・リーによって、アミノ酸の増大を促すことが重要であると考えられていることから、本試験醸造品においても検討を行っていききたい。

‘甲州’では、製成された原酒ワインに、赤色褐変が認められたが、瓶内二次発酵を行うことで製成されたスパークリングワインでは褐変が消失した。デゴルジュマン後に除去されたオリを肉眼観察した結果、‘甲州’におけるオリは、‘シャルドネ’に比べて顕著に赤色に着色されていたことが確認できた。このことから、原酒ワインに生成した色素が、二次発酵過程において、酵母によって吸着したことが考えられた。

総ポリフェノール含量は、近年の‘甲州’原料の市販白ワインの総ポリフェノール原料の平均値¹⁵⁻¹⁷⁾が 248 ~ 347 mg/l 付近にあることから、シャンパーニュ製造の推奨法にしたがって製造されたワインの総ポリフェノールは比較的低いと言えた。このことは、一般的なスティルワインの製造と比較して、シャンパーニュ製造に基づく圧搾方法は、より繊細かつ圧搾率が低いことを示唆した。

官能評価の結果、今回製成されたスパークリングワインでは有意な差異は認められなかったが、‘甲州’よりも‘シャルドネ’の方がやや評価が高い傾向があった。また、収穫時期の異なる‘甲州’では、9月10日収穫のものがやや評価が高い傾向があった。個別の評価コメントを参照すると、8月29日収穫の‘甲州’において、「酸味が強い」とする評価が多く認められた。

シャンパーニュ製造では、ブドウの収穫時期の判定が極めて重要であると考えられている。‘甲州’のスパークリングワイン製造において、‘シャルドネ’と比較して、総酸が減少しにくいことが、醸造年あるいはブドウ圃場の違いをこえて、再現性が得られるのであれば、少なくとも収穫時期はシャンパーニュ製造の考え方よりも、より熟度が進んだ収穫時期、ならびに、

より高い S/A 値を設定する必要がある可能性が考えられた。特に、今後、‘甲州’の収穫適期を決めるための検討として、果汁やワインの分析のみならず、官能試験を行っていく必要があると考えられた。あわせて、今後の継続した取り組みにより再現性の検証が重要であると考えられた。

以上のことから、シャンパーニュ委員会の定めるシャンパーニュ製造推奨法は、日本産ブドウを用いたスパークリングワインの製造にも適応可能であることが実証できた。

要 約

フランス・シャンパーニュ地方における推奨製造法に従い、スパークリングワインの試験製造を行った。本研究では、瓶内二次発酵法によるスパークリングワイン製造工程における、原料果汁、原酒ワインおよびスパークリングワインの内容成分の推移について解析した。シャンパーニュ製造と同様に、今回の実験でも、果汁からワイン製成、ワインからスパークリングワイン製成の工程で、段階的に酸度が減少した。‘甲州’を用いたスパークリングワインの製造においては、‘シャルドネ’と比較して、酸度の減少率は小さかった。‘甲州’を原料とした場合、独自の製造条件を確立する必要が考えられた。

謝 辞

シャンパーニュ製造法について教示いただいたシャンパーニュ委員会技術部門のジャン＝リュック・バルビエ元代表とミシェル・バラド醸造部部長をはじめとした多くの皆様に御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 財務省統計 <http://www.customs.go.jp/toukei/info/> (2017/2/1 アクセス)
- 2) 恩田匠：シャンパーニュ地方でブランド性の確立について考えたこと，食品工業，56, 39-50 (2013)
- 3) 恩田匠：シャンパーニュにおけるシャンパン造り，葡萄酒技術研究会講演要旨集，52, 5-14 (2013)
- 4) 恩田匠，アサンブラージュ，シャンパン製造における最大の秘密，日本醸造協会誌，109, 168-180 (2014)

- 5) 恩田匠：シャンパーニュ地方におけるシャンパン製造，山梨県葡萄酒製造マニュアル（山梨県ワイン酒造組合，山梨），p.60-71，（2016）
- 6) 恩田匠：シャンパーニュ地方におけるシャンパーニュ製造（前編）；ブドウの収穫から果汁の調製まで，日本醸造協会，**111**，266-301（2016）
- 7) 恩田匠：シャンパーニュ地方におけるシャンパーニュ製造（中編）；原酒ワインの製成，日本醸造協会，**111**，712-727（2016）
- 8) 恩田匠：シャンパーニュ地方におけるシャンパーニュ製造（後編），日本醸造協会，執筆中（2016）
- 9) 恩田匠・小松正和・中山忠博：瓶内二次発酵法によるスパークリングワイン製造のための压榨とその果汁成分，日本ブドウ・ワイン学会誌，**26**，5-9（2015）
- 10) 国税庁所定分析法注解 <http://www.customs.go.jp/toukei/info/>（2017/2/1 アクセス）
- 11) Singleton, V.L. and Rossi Jr., J.A.: Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, **16**, 144-158（1965）
- 12) 小松正和・中山忠博・恩田匠・上垣良信・鈴木幾夫・荘富盛・久本雅嗣・奥田徹・前島善福：甲州ワインの高品質化に向けた栽培・醸造技術に関する研究，**23**，38-44（2009）
- 13) Tesseau, D. and le laboratoire: Les mouts de 2015, *Le Vigneron Champenois*, N. **3**, 46-70（2016）
- 14) Laurent, M., Valade, M., Tesseau, D. and Monocomble, D.: Fermentation alcoolique at teneurs en azote des mouts, *Le Vigneron Champenois*, N. **2**, 70-81（2015）
- 15) 恩田匠・小松正和・中山忠博：平成 24 年度山梨県ワイン鑑評会出品酒の調査報告，山梨県工業技術センター研究報告，**27**，97-102（2013）
- 16) 恩田匠・小松正和・中山忠博：平成 25 年度山梨県ワイン鑑評会出品酒の調査報告，山梨県工業技術センター研究報告，**28**，109-112（2014）
- 17) 恩田匠・小松正和・中山忠博：平成 26 年度山梨県ワイン鑑評会出品酒の調査報告，山梨県工業技術センター研究報告，**29**，107-114（2015）