

世界の醸造用ぶどう栽培の動向 気候変動対応と持続可能性の取組

2021年3月

公益財団法人 中央果実協会
[JAPAN FRUIT ASSOCIATION]

本書の内容について、ご質問やお気づきの点がありましたら、
下記あてにご連絡下さるようお願いいたします。

公益財団法人 中央果実協会 情報部

〒107-0052 東京都港区赤坂 1-9-13 三会堂ビル

【電 話】 03-3586-1381 (代)

【F A X】 03-5570-1852

はしがき

令和2年4月に公表された果樹農業振興基本方針に即して、都道府県の果樹農業振興計画や果樹産地構造改革計画の策定が進められ、また令和2年度からは果樹農業生産力増強総合対策事業が実施されています。

近年、ワインブーム、国内ワインの表示ルール変更等により国産醸造用ぶどうの需要が増加しています。そのため、農林水産省でも醸造用ぶどう苗木の確保対策、醸造用ぶどう等の新たなニーズや、温暖化の影響による栽培適地の変化等に対応するための検討会の開催、適地条件調査、実証ほの設置等の事業が進められています。

醸造用ぶどう栽培、ワイン生産は、特に気候・気象の影響を受けやすく、気候変動や持続可能性について影響評価、適応策、緩和策等の技術動向が世界的に注目されています。

このようなことから、海外果実情報収集・分析調査の一環として、本年度は、世界の醸造用ぶどう栽培の動向、特に気候変動対応と持続可能性の取組について調査報告書として取りまとめることとしました。

本調査報告書が、我が国の果樹関連施策の立案、醸造用ぶどうの気候変動対応、持続可能性関連技術の開発に少しでもお役に立てば幸いです。

令和3年3月

公益財団法人 中央果実協会
理事長 村上 秀徳

目 次

調査の概要.....	1
1. 調査の目的	1
2. 調査の方法および内容	1
○ 調査結果の要旨.....	2
I はじめに.....	3
II 世界の醸造用ぶどう生産、ワインの生産消費	3
1. 世界の醸造用ぶどう生産.....	3
2. 日本の醸造用ぶどう生産.....	6
3. 世界のワイン生産と消費.....	8
III 醸造用ぶどう産地の環境条件.....	10
1. 世界の醸造用ぶどう栽培地域と気象条件.....	10
2. フランス、米国、オーストラリア、ニュージーランド、日本の気象比較.....	14
3. 醸造用ぶどう品種と適地条件.....	15
IV テロワールとヴィンテージ.....	18
1. テロワール	18
2. ヴィンテージと気象要因.....	19
V EUのワイン規則と地理的表示.....	19
1. EU のワイン規則.....	19
2. 地理的表示	20
VI 醸造用ぶどう栽培、ワイン生産のリスクと方向	23
1. 持続可能性と気候変動に関する政策とリスク	23
VII 気候変動と醸造用ぶどう栽培.....	25
1. 気候変動と温暖化.....	25
2. 醸造用ぶどうに対する温暖化の影響.....	26
VIII 気候変動の適応策.....	32
1. 適応策の考え方.....	32
2. 高温への適応.....	34
3. 水ストレス対策.....	36
IX 持続可能性と醸造用ぶどう栽培.....	37
1. 持続的な醸造用ぶどう栽培.....	37
2. 有機栽培、ビオディナミ.....	39
3. カーボンニュートラル	40
X まとめ.....	41

調査の概要

1. 調査の目的

我が国における果樹生産の競争力確保に関する対策の検討に資するため、本年度は世界の醸造用ぶどう生産について、主要生産国の現状と気候変動や持続可能性に関する研究・技術開発の動向等を文献調査し、国内の関連技術の開発、普及に資するよう報告書を取りまとめる。

2. 調査の方法および内容

(1) 調査の実施期間

令和2年4月～令和3年3月

(2) 調査の方法

海外の最新技術調査については、過去2年は文献調査とともに現地調査を行ったが、本年は新型コロナウイルスの影響もあり、実施しなかった。そうしたこともあり、文献調査にしばって行った。さらに、検討委員会についても、現地調査を行わないこともあり、組織しなかった。

調査樹種については、国内調査「醸造用ぶどう苗木に関する動向調査」に合わせて、海外の醸造用ぶどうを対象とした。調査テーマは、あらかじめ決めずに、広範に文献資料の収集を行った。醸造用ぶどう、ワイン産業の動向と課題等を整理する中で、気候変動と持続可能性が重要な課題であることが判明した。そこで、調査テーマを、醸造用ぶどう、ワイン産業の動向、気候変動影響評価と対応、並びに持続可能性の取組とした。

調査文献は、醸造用ぶどう栽培、ワイン産業に関する海外の論文、調査報告書、インターネット情報、書籍等を可能な限り収集した。

(3) 調査担当者

文献資料の収集・整理、調査報告書の取りまとめは、朝倉利員審議役が行った。

○ 調査結果の要旨

1. 世界のぶどう栽培面積は782万haであり、そのうち醸造用ぶどう栽培面積は452万haである。醸造用ぶどう栽培面積の多い国は、スペイン88.4万ha、フランス81.4万ha、イタリア60.5万ha、米国24.0万ha、アルゼンチン20.6万ha等である。日本の醸造用ぶどう栽培面積は、加工専用品種の栽培面積1,100haと、生食用品種（加工兼用品種を含む）の醸造用向け利用状況から試算した栽培面積818haを加えると、1,900ha程度と推定される。
2. ワインは世界的に見ると生産量に比べ消費量が少ない傾向が続いている。そのため、特に欧州の伝統的産地であるフランス、スペイン、イタリア等の「旧世界」と米国、アルゼンチン、チリ、オーストラリア、ニュージーランド、南アフリカ等の「新世界」との国際競争が激しくなっている。
3. 世界の醸造用ぶどう産地は、生育期平均気温（北半球では4月から10月、南半球では10月から4月）が13℃から22℃で、降水量も比較的少ない地域にある。生育期平均気温によって適する品種が異なり、各産地で伝統的に主要品種が選ばれている。温暖化すると、好適な品種を変更せざるを得ないことも予測される。
4. テロワールは、物理的・生物的環境、栽培・醸造の相互関係により、その地域のワインが特徴づけられるという概念である。テロワールは地理的表示にも関係するが、温暖化や降水量の変化により、その特徴が失われることが懸念されている。
5. 欧州の原産地呼称ワインは、栽植密度、せん定法、収量、灌水、収穫法等に厳格な基準が定められている。灌水は、成熟期には禁止されることも多い。新世界では、成熟期に雨がほとんど降らない地域もあり灌水に対しては寛容である。気候変動により、栽培法や品種選択にも影響することが考えられる。
6. 世界の多くの地域で、醸造用ぶどう栽培、ワイン生産について気候変動の影響が報告されている。果実品質については、アルコール濃度上昇、果実の糖度上昇、酸度低下、着色不良、アロマへの影響が報告されている。温暖化により発育が進み成熟期が高温の時期に移動することから、数度上昇してもその影響は大きい。その他にも、熱波・山火事、晩霜害、雹害、病虫害、産地移動、水ストレス等の影響がある。
7. 気候変動の適応策には、温暖化・気候変動予測、植物季節・収穫期、病虫害発生等のモデルを利用した影響評価を行うことが望ましい。高温への適応では、品種・クローン・台木の利用、栽培管理、標高差利用、水ストレス対策では、台木・品種の利用、節水灌水等の研究・取組が行われている。
8. 持続可能性は、環境にやさしく、従業員と地域にも等しく社会的に公正で、経営的にも実現可能なビジネス慣行であり、その土地を次の世代により形で継承することである。米国、オーストラリア、ニュージーランド等では、持続可能性に関する認証制度があり、ワインの付加価値を高めるだけでなく、農薬の使用量削減にもつながっている。醸造用ぶどうの有機栽培は、特にスペイン、イタリア、フランスで多い。
9. 醸造用ぶどう栽培、ワイン生産では、カーボンニュートラルを目指した取組も始まっている。今後研究が進むと思われるが、カーボンニュートラルの可能性ありとする見通しも出されている。
10. まとめとして、日本の今後の研究・技術開発の方向等について整理した。

I はじめに

近年、ワインブーム、国内ワインの表示ルール変更等により国産醸造用ぶどうの需要が増加している。そのため、農林水産省でも醸造用ぶどう苗木の確保対策、醸造用ぶどう等の新たなニーズや、温暖化の影響による栽培適地の変化等に対応するための検討会の開催、適地条件調査、実証ほの設置等の事業が進められている¹⁾。

国内の果樹農業を発展させていくには、海外の最新情報が必要であるが、世界の醸造用ぶどう・ワイン産業、研究・技術の最新動向について体系的にまとめられた資料は少ないと思われる。

ワインは、地域固有の自然的条件や栽培、醸造方法により特徴づけられ、高品質ワインは原産地呼称や地理的表示食品として厳格な生産基準で生産されている。気象条件や土壌条件、それに適する品種、栽培法は伝統的に維持される。しかし、一方、ワイン産業は気候に対する感受性が高く、「炭鉱のカナリア」のように農業分野では真っ先に影響を受けるとされている²⁾。

また、持続可能性は、将来世代に産業を引き継ぐために、醸造用ぶどう、ワイン産業でも重点的に取り組む最重要課題とされている。

そこで、本年度は、世界の醸造用ぶどう栽培の動向、特に気候変動対応と持続可能性の取組について調査報告書として取りまとめることとした。

最初に、世界の醸造用ぶどう生産とワイン生産・消費の動向、世界の代表的な醸造用ぶどう・ワイン産地とその気候・気象条件、醸造用ぶどう品種と適地条件について取りまとめた。さらに、EU のワイン規則と新世界のルール、テロワール、地理的表示等、歴史的文化的な背景を整理した。次に、醸造用ぶどうおよびワイン産業のリスク、気候変動・温暖化影響、適応策、持続可能性等を取りまとめた。最後に、全体取りまとめを行った。

ぶどうの品種名については、世界で非常に多くの品種があり、国や地域、文献によっても異なることも多い。ここでは、日本で最も一般的と思われる品種名を用いた。ぶどうは突然変異しやすく、古い品種では、性質や特徴の異なるものも多い。このような「同じ品種のなかで違った特徴をもつもの」をクローンと呼んでいる。

1. 農林水産省 (2020). 果樹を巡る情勢。
2. Smart, R. et al. (2020). Towards Australian grape and wine industry carbon neutrality... the possible dream. <https://winetitles.com.au/199176-2/>

II 世界の醸造用ぶどう生産、ワインの生産消費

1. 世界の醸造用ぶどう生産

醸造用ぶどうの栽培面積は、国連食糧農業機関 (FAO) の統計ではなく、国際ブドウ・ワイン機構 (OIV) にも限られた主要国の統計しかない。

Anderson ら (2020) は、EU 統計 (EUROSTAT) と主要生産国統計等から、世界の醸造用ぶどうの生産・品種の動向、気候条件等について詳細な報告書を取りまとめている³⁾。

それによると 2016 年における世界のぶどう栽培面積は 782 万 ha であり、そのうち醸造用ぶどう栽培面積は 452 万 ha である³⁾。醸造用ぶどう栽培面積の多い国は、スペイン 88.4 万 ha、フランス 81.4 万 ha、イタリア 60.5 万 ha、米国 24.0 万 ha、アルゼンチン 20.6 万 ha、ルーマニア 18.3 万 ha、ポルトガル 18.3 万 ha、中国 17.8 万 ha、チリ 14.6 万 ha、オーストラリア 13.2 万 ha、南アフリカ 9.6 万 ha、ドイツ 9.5 万 ha 等である (図 1)。この資料では日本は、3,869ha となっているが、元になったデ

ータは不明である。

2000 年から 2016 年にかけて世界の醸造用ぶどう栽培面積は 8% 減少し、スペインでは 13%、フランスでは 5.8% 減少した³⁾。一方、この間栽培面積が最も増加したのは、中国で 2000 年の統計はないが 2010 年 3.0 万 ha が 2016 年 17.8 万 ha となり 10 年ほどで有数の生産国となった。その他増加が顕著な国は、米国 36.4% 増、チリ 28.0% 増、ニュージーランド 3.6 倍、英国 2 倍等である。特に、冷涼な国での伸び率が顕著である。

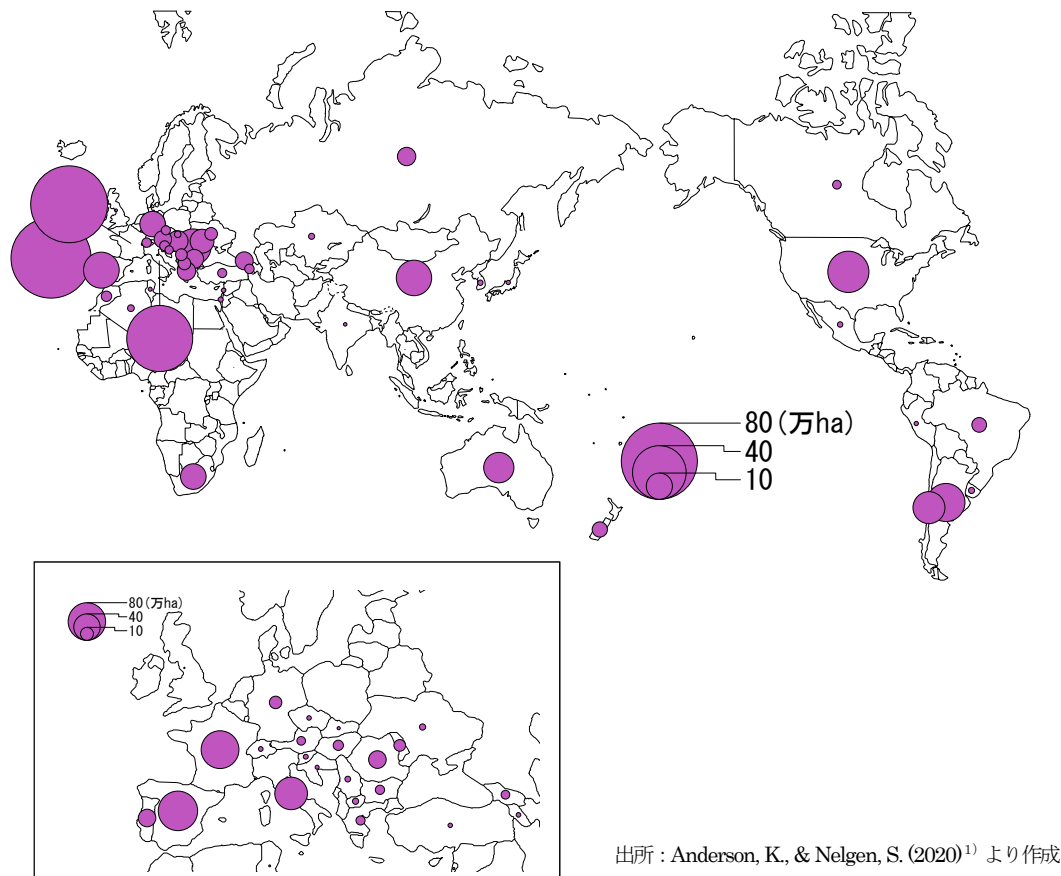


図 1 世界および欧州の醸造用ぶどう栽培面積

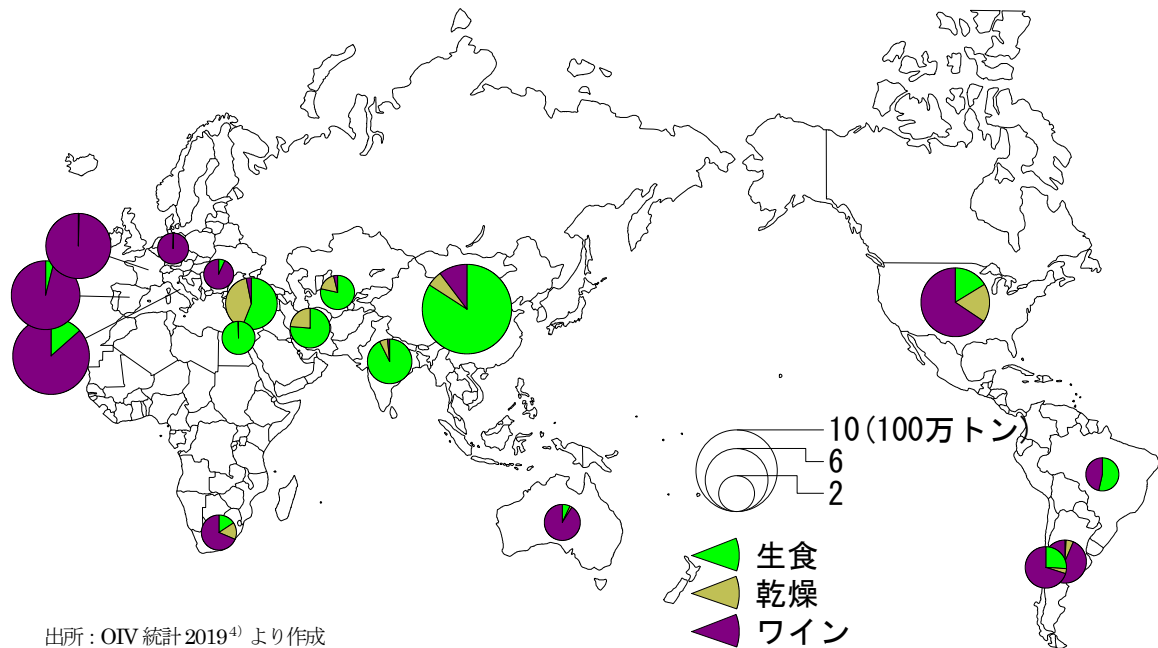
OIV により世界の主要なぶどう生産国について、そのぶどう用途別（生食、乾燥、醸造）に生果換算した生産量がまとめられている^{4, 5)}（図 2）。

醸造用ぶどうの生産量が多いのは、イタリア 744 万トン、スペイン 662 万トン、イタリア 618 万トン、米国 453 万トン、アルゼンチン 253 万トン、チリ 176 万トン、オーストラリア 173 万トン、ドイツ 139 万トン、南アフリカ 124 万トン、ルーマニア 121 万トン、中国 121 万トンである。

中国、インド、トルコ、イラン、エジプト等は生食用の割合が多く、生産量も多い。米国、イタリアは醸造用に比べ、生食用の割合は少ないが、生食用の生産量は 110 万トンを超える。乾燥用の生産量が多いのは、トルコ、米国、中国、イラン、ウズベキスタンである。

世界で最も栽培されている品種は、巨峰 36.5 万 ha であり、世界的なワイン用品種と比べても多い⁶⁾（表 1）。中国のぶどう栽培面積の 90%、韓国では 14.5% が巨峰である。巨峰に次いで多い生食用専用

ぶどうは、レッドグローブで、カリフォルニアやチリで栽培されている。ワイン用品種では、カベルネ・ソーヴィニヨン 34.1 万 ha、メルロ 26.6 万 ha、テンプラリーニョ 23.1 万 ha、アイレン 21.8 万 ha、シャルドネ 21.0 万 ha 等が多い。乾燥用では、サルタナが最も栽培されている。サルタナは、無核、小果粒（約 2 g）で果皮が薄く乾燥しやすい。サルタナは、乾燥用途だけでなく、生食用や醸造用でもある⁷⁾。



出所：OIV 統計 2019⁴⁾ より作成

図 2 世界のぶどう用途別生産量（生食、乾燥、ワイン）

表 1 世界で栽培されている主なぶどう品種

品種	原産地、育成地	色	用途	栽培面積 (万ha)
巨峰	日本	黒	生食	36.5
カベルネ・ソーヴィニヨン	フランスボルドー	黒	ワイン	34.1
サルタナ (トンブソン・シードレス)	アフガニスタン	白	生食、乾燥、ワイン	27.3
メルロ	フランスボルドー	黒	ワイン	26.6
テンプラリーニョ	スペイン	黒	ワイン	23.1
アイレン	スペイン	白	ワイン、ブランデー	21.8
シャルドネ	フランスブルゴーニュ	白	ワイン	21.0
シラー	フランスローヌ	黒	ワイン	19.0
レッドグローブ	米国カリフォルニア	黒	生食	15.9
グルナッシュ	スペイン	黒	ワイン	16.3
ソーヴィニヨン・ブラン	フランスロワール、ボルドー	白	ワイン	12.3
ピノ・ノワール	フランスブルゴーニュ	黒	ワイン	11.2
トレビアンコ・トスカーノ	イタリア	白	ワイン、ブランデー	11.1

出所：OIV 資料⁶⁾ より作成

引用・参考文献

- Anderson, K., & Nelgen, S. (2020). Which winegrape varieties are grown where?: a global empirical picture. revised edition. University of Adelaide Press.
- International Organization of Vine and Wine Intergovernmental Organization (OIV). (2019). Statistical Report

on World Vitiviniculture.

5. OIV. (2019). State of the world vitivinicultural sector in 2019.
6. OIV. (2017). Distribution of the world's grapevine varieties.
7. FAO, OIV. (2017). Table and dried grapes. FAO-OIV Focus 2016.

2. 日本の醸造用ぶどう生産

日本の平成 29 年産ぶどう栽培面積（結果樹面積）は 16,900ha で、そのうち加工専用品種の栽培面積は 1,104ha である^{8, 9)}。加工専用品種の収穫量は 5,880 トンで、加工仕向け量の内訳を見ると、大部分が醸造用で 5,488 トンである。主な加工専用品種は、シャルドネ、メルロ、ヤマブドウである（表 2）。

加工専用品種の栽培の多い道県は、北海道 346ha、長野 277ha、山形 154ha、岩手 124ha、山梨 37ha、新潟 31ha である（表 3）。

醸造用ぶどうの生産では、甲州、マスカット・ベリーA、巨峰のように生食だけでなく、加工兼用種として使われる場合もある。そこで、生食用品種別（加工兼用品種を含む）の加工向け利用状況から、これら品種の醸造用面積を試算すると、その栽培面積は 818ha となる。これと加工専用品種の栽培面積 1,104ha とを合わせると 1,900ha となり、世界の主要国に比べ相当少ない。生食・加工兼用種で醸造用に向けられる面積の多い県は、山梨、長野で、品種は甲州、マスカット・ベリーA、ナイアガラ、コンコード等が多い（表 4）。

日本の品種で OIV にワイン用ぶどう品種として登録されているのは、甲州、マスカット・ベリーA、山幸である。

表 2 日本の主な加工専用品種

品種	栽培面積(ha)
シャルドネ	173.6
メルロ	172.8
ヤマブドウ	148.8
ケルナー	57.9
ピノノアール	57.2
カベルネ・ソーヴィニヨン	57.2
ヤマソービニヨン	45.7
ツバイゲルトレーベ	42.1
ミュラートウルガウ	32.3
ソービニヨン・ブラン	28.6
セイベル13053	24.8
山幸	20.9
ブラッククイーン	17.1
清見	12.7
バッカス	12.7
MHAM	12.4
セイベル9110	12
カベルネフラン	11.3
ロンド	11.2
その他	152.9

出所：平成 29 年産特産果樹生産動態等調査⁹⁾ より作成

表 3 加工専用品種の栽培面積

道県	栽培面積(ha)
北海道	345.6
長野	277.3
山形	153.8
岩手	124.3
山梨	36.9
新潟	31.3
青森	22.5
石川	22.3
秋田	18.2
大分	15.9
福島	9.6
岡山	9
広島	8.8
富山	8.1
大阪	5
滋賀	4.3
島根	3.5
埼玉	3
宮崎	1.9
香川	1.6
愛知	1.3

出所：平成 29 年産特産果樹生産動態等調査⁹⁾ より作成

表 4 生食用品種における醸造用利用割合から試算した醸造用面積

品種	醸造用面積(ha)	主要産道県
甲州	307.0	山梨
マスカットベリー-A	184.0	山梨
ナイアガラ	153.4	長野
コンコード	88.7	長野
キャンベルアーリー	34.1	宮崎
デラウェア	30.2	山梨、大阪
巨峰	4.5	福岡、山梨
ハニービーナス	3.8	広島
スチューベン	3.6	山形
ニューヨークマスカット	2.3	北海道
竜眼	1.6	長野
旅路	1.2	北海道
サニールージュ	1.0	宮崎
シャインマスカット	1.0	山形
ノースレッド	0.9	北海道
ブラックオリンピア	0.6	宮崎
バッファロー	0.2	北海道
ポートランド	0.2	北海道
計	818.3	

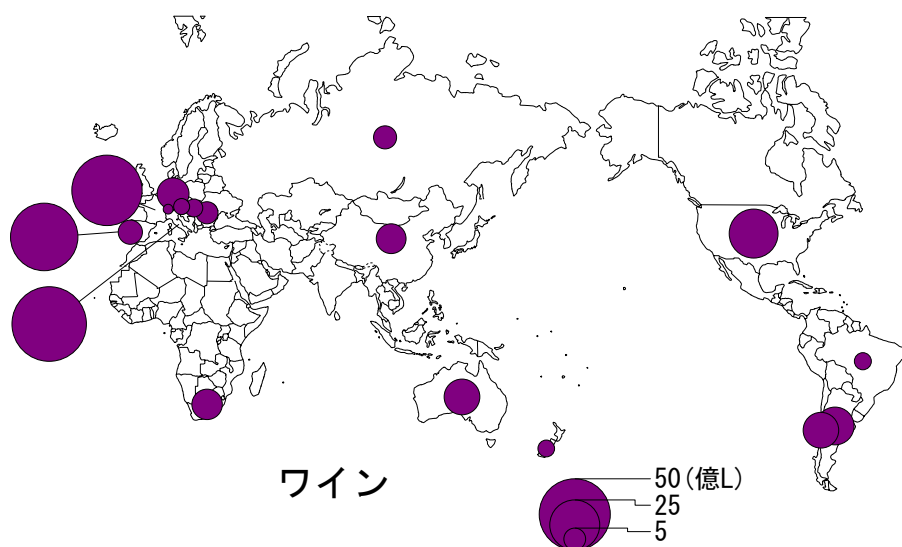
出所：平成 29 年産特産果樹生産動態等調査⁹⁾ より作成

引用・参考文献

8. 農林水産省. 平成 29 年産果樹生産出荷統計.
9. 農林水産省. 平成 29 年産特産果樹生産動態等調査.

3. 世界のワイン生産と消費

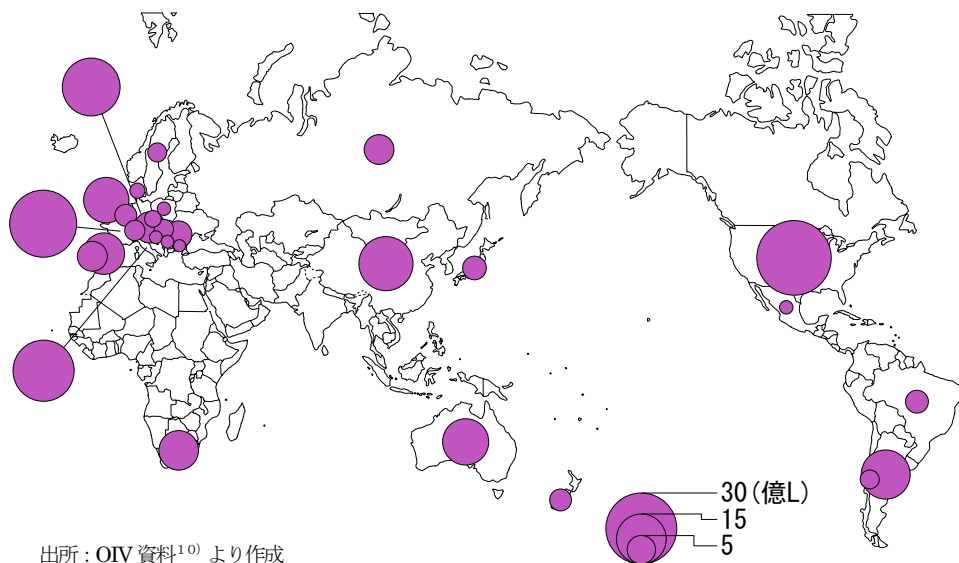
世界のワイン生産量は 294 億ℓで、主要な生産国はイタリア 54.8 億ℓ、フランス 49 億ℓ、スペイン 44.9 億ℓ、米国 23.9 億ℓ、アルゼンチン 14.5 億ℓ、オーストラリア 12.9 億ℓ、チリ 12.9 億ℓ、ドイツ 10.3 億ℓ、南アフリカ 9.5 億ℓ、中国 9.1 億ℓである¹⁰⁾ (図3)。



出所：OIV 資料¹⁰⁾ より作成

図 3 世界のワイン生産量

世界のワイン消費量は 246 億ℓで、消費量の多い国は、米国 33 億ℓ、フランス 26.8 億ℓ、イタリア 22.4 億ℓ、ドイツ 20 億ℓ、中国 17.6 億ℓ、英国 12.4 億ℓ、ロシア 11.9 億ℓ、スペイン 10.5 億ℓ、アルゼンチン 8.4 億ℓである。日本は 3.5 億ℓである¹⁰⁾ (図4)。



出所：OIV 資料¹⁰⁾ より作成

図 4 世界のワイン消費量

世界のワイン生産量と消費量の推移を見ると、生産量は変動が大きいが平均すると 270 億ℓ程度である（図5）。2012年にワイン生産量が 260 億ℓに低下したのは、フランスにおける春から初夏にかけての晩霜害と多雨、イタリアにおける夏の終わりの干ばつと高温の影響である^{12・13}。2017年にワイン生産量が 248 億ℓにまで低下したのは、欧州で雹害、晩霜害、干ばつが発生したためである¹⁴。この年、イタリア、フランス、スペイン、ドイツのワイン生産量は記録的に低くなった。このように、生産量に対して気象災害の影響は大きく、今後気候変動が激しくなると、その影響が懸念される。

消費量は、2007年までは順調に増加したが、その後は 240 億ℓで停滞している。ワインは世界的に見ると生産量に比べ消費量が少ない傾向が続いている。ワイン消費の動向をみると欧州は、2000年から2012年にかけて消費量がかなり低下した。それに対して、ロシア、中国、オーストラリア、米国の消費が拡大し、欧州の低下を補うようになった。欧州のワイン消費量は長期的に見ても、健康面から飲酒量を適度にする傾向もあり、徐々に低下すると予測されている^{15・16}。中国も、近年、消費の伸びは鈍化している。

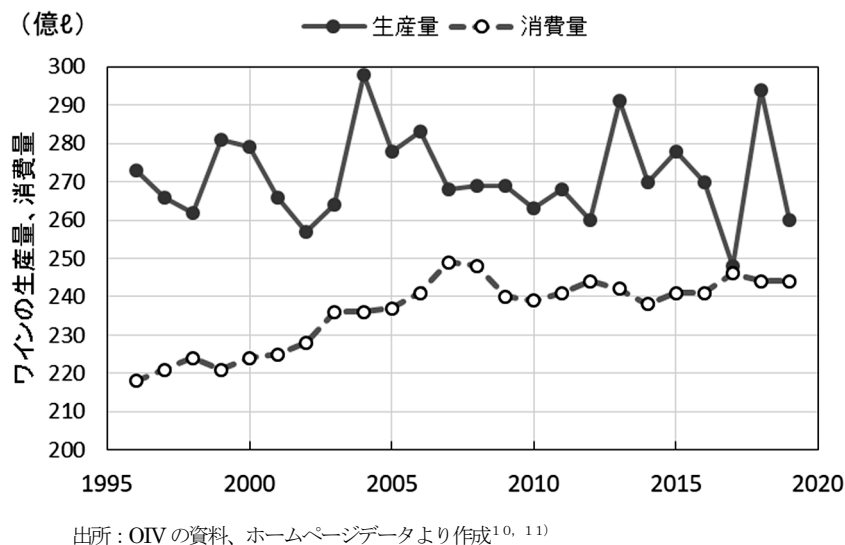


図 5 世界のワイン生産量と消費量の推移

引用・参考文献

10. OIV. (2019). State of the world vitivinicultural sector in 2019.
11. OIV. ホームページ
12. USDA. (2013). EU-27 Wine annual report and statistics.
13. OIV. (2012). Vine and wine outlook 2012.
14. OIV. (2017). Press release. Global economic viticulture data
15. European Commission (2018) Evaluation of the CAP measures applicable to the wine sector. Evaluation report.
16. EC (2020), EU agricultural outlook for markets, income and environment, 2020-2030. European Commission, DG Agriculture and Rural Development, Brussels.

III 醸造用ぶどう産地の環境条件

1. 世界の醸造用ぶどう栽培地域と気象条件

醸造用ぶどうの主要産地は、世界的に見ると欧州、米国西岸、チリ・アルゼンチンの標高の高い地域、オーストラリア南部、南アフリカ南西部である(図6, 7)。産地が限られるのは、醸造用ぶどう生産に適する気象条件が限られるためである。気象条件については、後述する。

フランスは、有力な産地が多く、ボルドー、ブルゴーニュ、ロワール、シャンパーニュ、アルザス、コート・ドロワ、ラングドック＝ルシヨン等がある。ボルドー、ブルゴーニュは、高級ワインで有名であるが、生産量からするとラングドック＝ルシヨンが最も多い。

イタリアも全国的に産地があり、シチリア島、プーリア州、ヴェネト州、トスカーナ州、エミリア＝ロマーニャ州、ピエモンテ州、トレンティーノ＝アルト・アディジェ州等が有名である。

スペインは、数多くの産地があるが、代表的な産地は、カスティーリャ＝ラマンチャ州、バレンシア州、エストレマドゥーラ州、ラ・リオハ州等である。

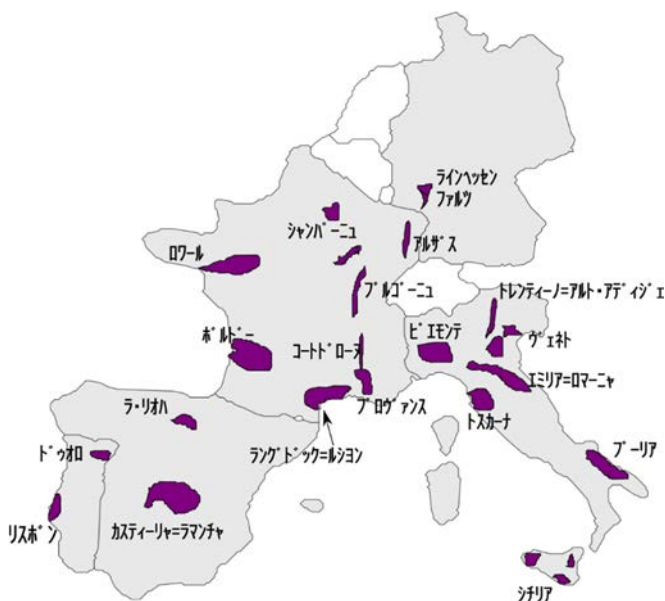
ドイツは、フランスに近いライン＝ヘッセン地方、ファルツ地方、ポルトガルは北部のドウロが有名である。

米国は、カリフォルニア州が80%を占める産地で、ナパ・ヴァレー、サン・ルイス・オビスポ等の地域が有名である。その他、ワシントン州、オレゴン州にも産地がある。

アルゼンチンの産地はメンドーサ州、チリの産地はセントラル・ヴァレー地方に集中している。南アフリカの産地は、ケープタウン周辺の沿岸地方、プレート・リヴァー・ヴァレー地方である。

オーストラリアの産地は、南オーストラリア州、ニュー・サウスウェールズ州、ヴィクトリア州、西オーストラリア州、タスマニア州である。ニュージーランドは、ホークスベイやマールボロに有力産地がある。

ワインの生産国は、大きく「旧世界」と「新世界」とに分けられる。欧州、地中海沿岸の古くからのワイン産地は、旧世界と呼ばれ、米国、チリ、アルゼンチン、南アフリカ、オーストラリア、ニュージーランド等の比較的新しい産地は新世界と呼ばれる。



出所：資料^{17, 18)}より作成

図6 欧州主要生産国のワイン産地

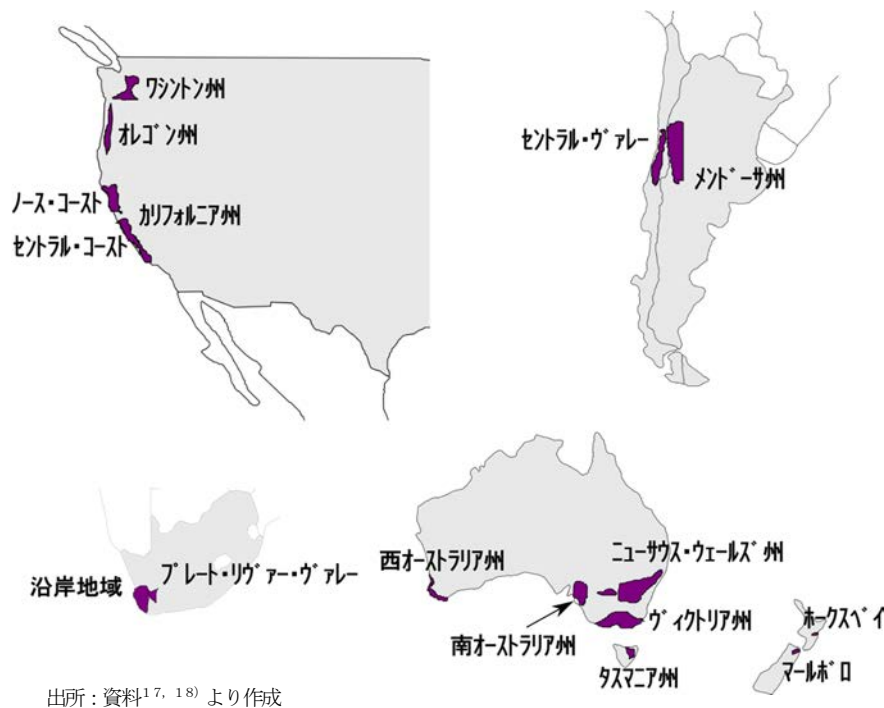


図 7 米国、チリ、アルゼンチン、南アフリカ、オーストラリア、ニュージーランドのワイン産地

醸造用ぶどうの産地は、北半球、南半球ともに緯度 30～50 度に位置する。欧州で比較的高緯度地域でも気温が高いのは、メキシコ湾流の影響による。気象条件から見ると、年平均気温 10～20℃で、年降水量も比較的小さい地域にあることがわかる（図 8，9）。

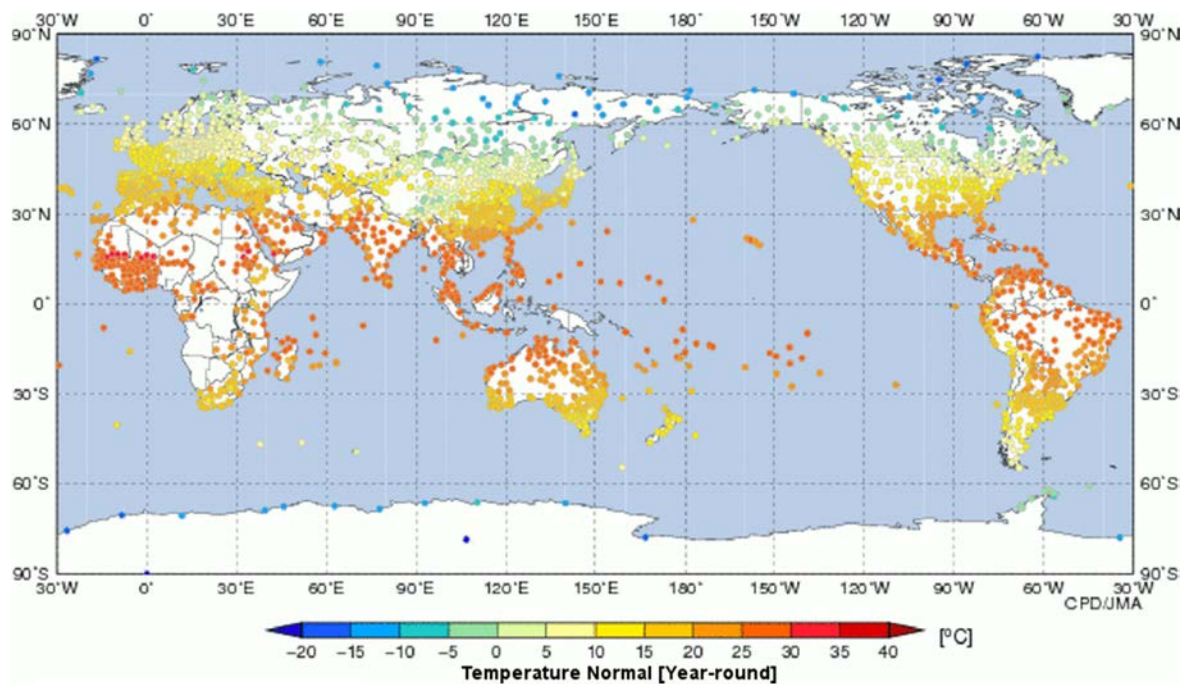
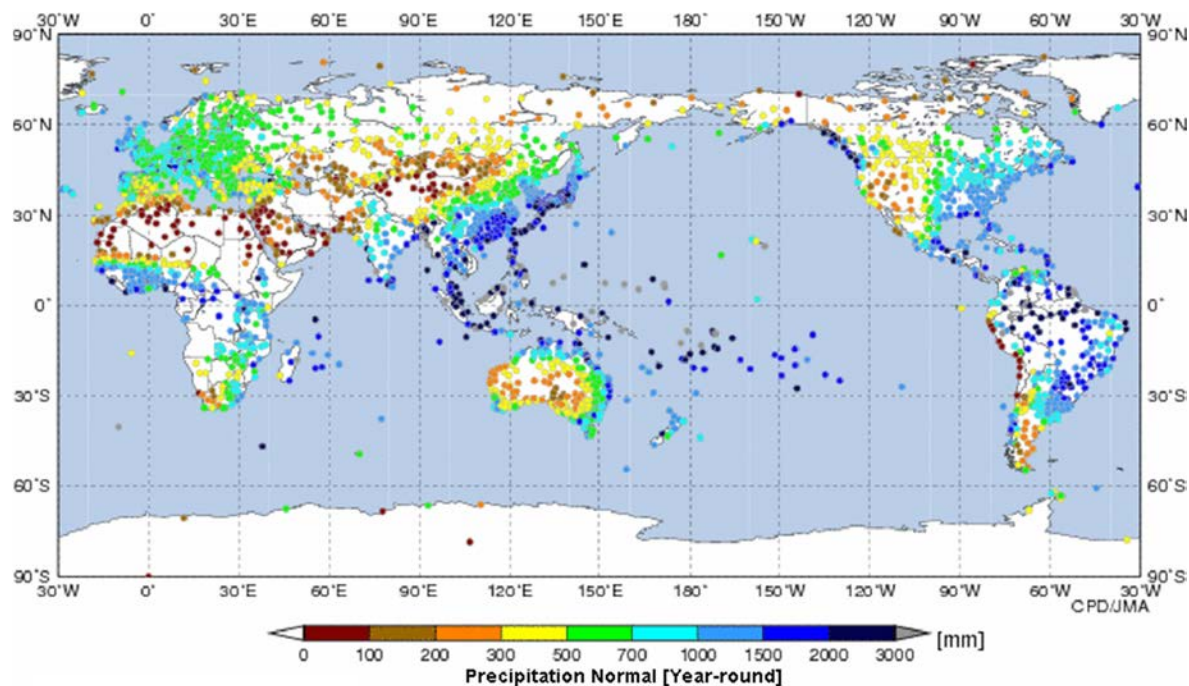


図 8 世界の年平均気温分布



出所：気象庁ホームページ

図 9 世界の年平均降水量分布

代表的な産地の気象条件を比較したのが表 5 である。ほぼすべての産地は年平均気温 10～20℃の範囲にある。醸造用ぶどうの気象的適地を判定する最も一般的な指標は生育期平均気温である^{20, 21, 22)}。生育期平均気温は、北半球では4月から10月の、南半球では10月から4月の平均気温である。生育期平均気温によって、醸造用ぶどうの気候区分が決まり、冷涼 (Cool) 13.0～14.9℃、温帯 (Temperate) 15.0～16.9℃、温暖 (Warm) 17.0～18.9℃、高温 (Hot) 19.0～21.9℃とされている。温帯 (Temperate) は中間 (Intermediate) とも呼ばれる。生育期平均気温は、品種を選択する際の重要な指標となっている。

北海道は、年平均気温は8.7℃と10℃を下回るが、生育期の気温は15.6℃と比較的高く、醸造用ぶどう栽培に適する温度域にある。

表 5 代表的な醸造用ぶどう生産国の年平均気温、生育期平均気温、気候区分、生育期降水量

国	地方・地域・州	地点	年平均 気温 (°C)	生育期 平均気温 (°C)	気候 区分	生育期 降水量 (mm)
フランス	ボルドー	Merignac	13.0	16.9	T	445
	ブルゴーニュ	Dijon	10.8	15.6	T	459
	シャンパーニュ	Reims	10.5	14.7	C	370
	アルザス	Colmar	10.7	15.6	T	400
	ロワール	Bourges	11.5	15.8	T	421
	ラングドック・ルシヨン	Carcassonne	14.0	18.2	W	362
イタリア	シチリア島	Agrigento	17.6	21.2	H	169
	プーリア州	Bari	16.3	20.5	H	276
	トレンティーノ＝アルトアディジェ州	Bolzano-Bozen	9.6	14.6	C	549
	トスカーナ州	Firenze	14.6	19.3	H	475
	ヴェネト州	Verona	13.6	19.4	H	535
スペイン	カスティーリャ＝ラ・マンチャ州	Albacete	14.5	19.5	H	224
	ラ・リオハ州	Logrono	13.5	17.7	W	249
	バレンシア州	Valencia	17.8	21.5	H	250
ポルトガル	リスボン地方	Lisbon	16.9	19.8	H	261
	ドウロ・ヴァレー地方	Pinhao	13.0	16.6	T	470
ドイツ	ラインヘッセン地域	Worms	10.8	15.6	T	386
	ラインガウ地域	Geisenheim	9.6	14.2	C	367
	モーゼル地域	Trier	9.8	14.4	C	462
英国		Brighton	10.3	13.5	C	399
米国	カリフォルニア州	St Helena	14.6	18.1	W	142
	カリフォルニア州	Sonoma	15.1	18.4	W	122
	カリフォルニア州	San Luis Obispo	15.4	17.5	W	86
	ワシントン州	Prosser	11.0	17.0	W	82
	オレゴン州	McMinnville	11.6	15.3	T	288
	ニューヨーク州	Chautauqua	8.1	15.1	T	737
チリ	セントラル・ヴァレー地方	Curico	14.2	17.7	W	109
	セントラル・ヴァレー地方	Santiago	15.6	19.0	H	47
アルゼンチン	サンファン	San Juan	17.6	22.4	H	257
	メンドーサ	San Martín	16.6	21.2	H	172
	メンドーサ	San Rafael	14.3	18.7	W	218
オーストラリア	南オーストラリア州	Lenswood	14.2	17.0	W	298
	南オーストラリア州	Nuriootpa	14.8	18.0	W	218
	ニューサウスウェールズ州	Cessnock	17.9	21.3	H	569
	ヴィクトリア州	Healesville	13.9	16.8	T	532
	西オーストラリア	Margaret River	16.6	18.8	W	245
	タスマニア州	Launceston	11.7	14.4	C	326
ニュージーランド	マールボロ	Blenheim	12.9	15.7	T	430
	ホークスベイ	Napier	13.8	16.3	T	498
	オタゴ	Cromwell	10.4	14.1	C	374
南アフリカ	沿岸地域	Stellenbosch	17.0	19.7	H	222
	沿岸地域	Paarl	18.0	21.0	H	197
	ブレード・リヴァー・ヴァレー地域	Robertson	18.1	21.3	H	163
日本	北海道	札幌	8.7	15.6	T	769
	岩手県	盛岡	10.6	17.3	W	948
	長野県	長野	12.3	18.7	W	795
	山梨県	甲府	13.2	19.1	H	918

出所：Anderson, K., & Nelgen, S. (2020)²⁰⁾より作成

引用・参考文献

- マデリン・パケット、ジャスティン・ハマック. (2019). The WINE マグナムエディション ワインを極めたい人のマスター&テイスティングバイブル. 日本文芸社.
- Jackson, R. S. (2020). Wine science: Principles and applications. Academic Press.
- 気象庁. ホームページ

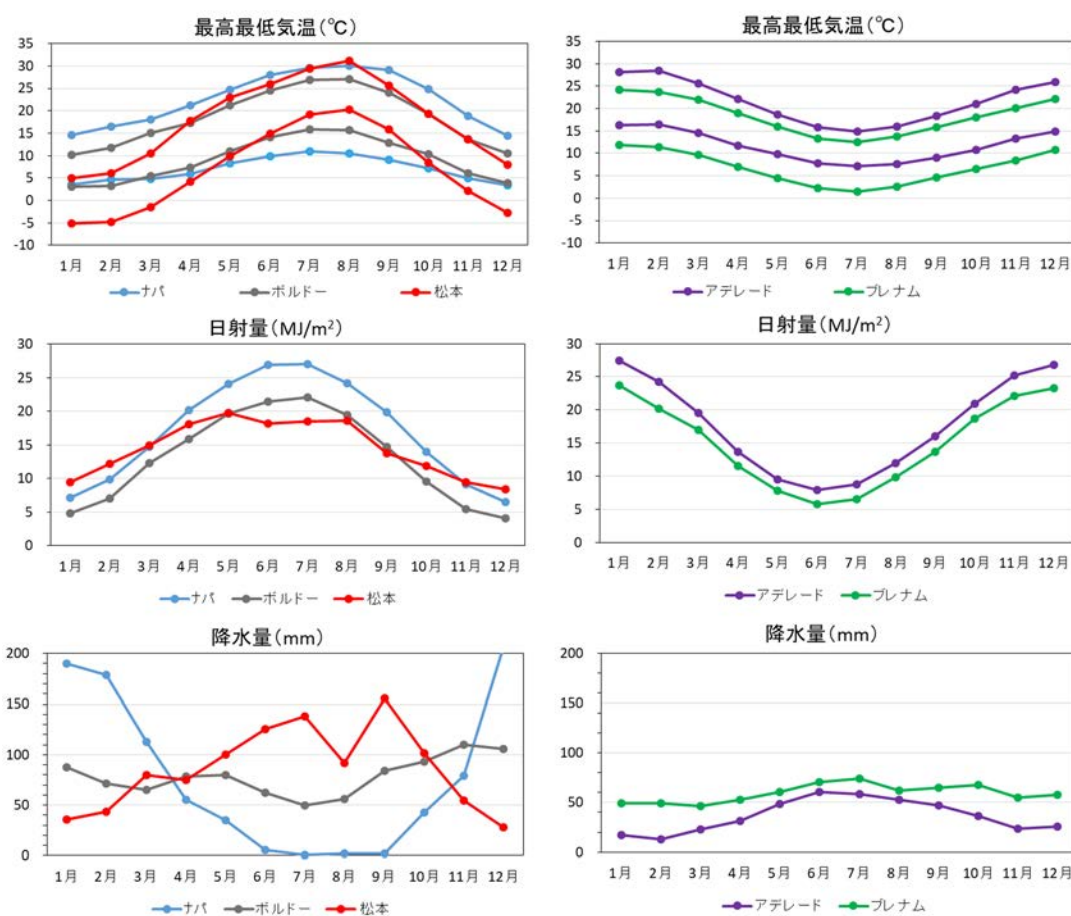
20. Anderson, K., & Nelgen, S. (2020). Which winegrape varieties are grown where? : a global empirical picture. revised edition. University of Adelaide Press.
21. OIV. (2012). Guidelines for vitiviniculture zoning methodologies on a soil and climate level.
22. Jones, G.V. (2006). Climate and terroir: Impacts of climate variability and change on wine. In Fine wine and terroir - The Geoscience Perspective.

2. フランス、米国、オーストラリア、ニュージーランド、日本の気象比較

フランスのボルドー、カリフォルニアのナパ、オーストラリアのアデレード（南オーストラリア州）、ニュージーランドのブレナム（マールボロ地域）および松本の気象を比較したのが図 10 である。これらの観測地点は、比較的長期に日射量の観測があることを基準に選択した。

ボルドーは年間の気温差が小さく、最高最低気温の差も小さい。ナパは、最高最低気温の差が大きく、昼間の温度は高いが夜間は非常に低い。日射量は、ナパで大きいのが特徴である。松本は、6、7月の日射量がやや低い。降水量は、ボルドーは月別の降水量はほぼ一定で、生育期も降水がある。ナパは、冬季は降水量が多いものの6～9月にかけてはほとんど降水がない。松本は、生育期の降水量が多い。

アデレードは、生育期についてみると気温が高く日射量も多く、降水量はやや少なめである。ブレナムは、月は異なるが、最高最低気温、日射量、降水量はボルドーとよく似た傾向である。



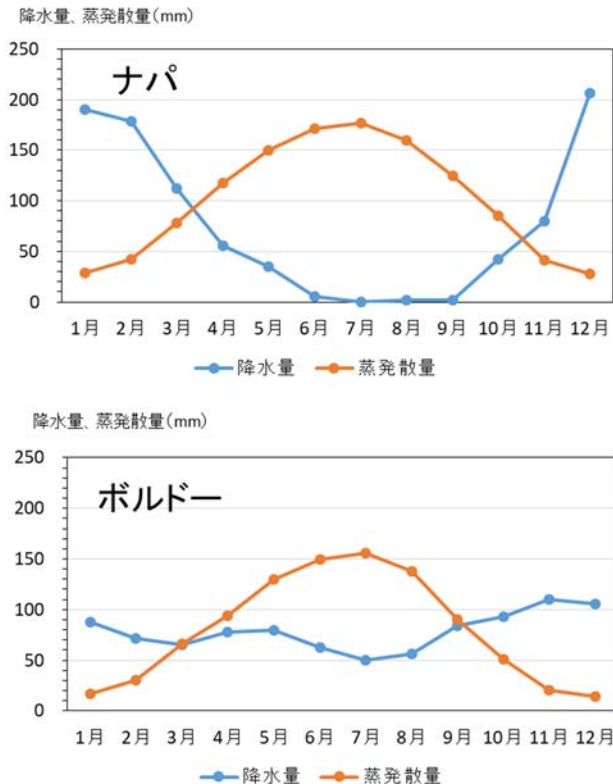
出所：気象庁データ^{23~27)}より作成

図 10 ナパ、ボルドー、松本、アデレード、ブレナムにおける平年の最高最低気温、日射量、降水量

醸造用ぶどうの栽培を考えるうえで水管理は重要であり、降水量とともに蒸発散量は重要な指標である。

ボルドーとナパの降水量、可能蒸発散量を比較したのが図 11 である。ボルドーは生育期に降水量が毎月 50～70mm あるが、ナパは夏季の降水がなく、一方可能蒸発散量は多く、灌水が必要になることがわかる。

フランスの産地では、伝統的に灌水を行わないことが多く、生育期には灌水が禁止されている地域もある。



出所：気象データ^{23～27)}より作成

図 11 ナパ、ボルドーの平年の降水量と蒸発散量

引用・参考文献

23. 気象庁 平年 1981-2010 松本日射 1977-2006
24. Meteo France. Bordeaux-Merignac 1981-2010
25. California UC IPM. Napa Oakville 1991-2010
26. Australia Bureau of Meteorology. アデレード空港 平年 1981-2010 日射 1990-2010
27. New Zealand NIWA. 1981-2010

3. 醸造用ぶどう品種と適地条件

主要な醸造用ぶどう品種は、国によってかなり異なる。メルロ、カベルネ・ソーヴィニヨン、シャルドネ等の国際品種とともに、独自品種が主要品種となっている場合も多い²⁸⁾。

表 6 は、醸造用ぶどう主要生産国の、全栽培面積、栽培面積上位 5 品種、上位 5 品種面積計の全面積

に対する割合である。

フランスは、メルロ、カベルネ・ソーヴィニヨン等の高級ワイン品種が有名である。面積としては、南部地方で生産されるグルナッシュ、シラーの面積も多い。

イタリアは、南北に長く多くの産地があり伝統的な品種も多い。サンジョヴェーゼの面積が多いが、上位5品種の割合は低く、多様な品種が栽培されていることを示している。

スペインも古い産地であるが、アイレン、テンブラリーニョのような伝統的品種の面積が多く、上位5品種の割合は高い。一方、ポルトガルは、上位5品種の割合が低く、数多くの伝統的品種が栽培されている。

ドイツは比較的冷涼な地域であり、シャルドネ、ミュラー・トゥルガウの面積が多い。

米国、チリ、オーストラリア、ニュージーランド、南アフリカのような新世界ワインの国は、上位5品種の割合は高く、限られた国際品種の面積が多いことを示している。

表 6 醸造用ぶどう生産国における主要品種とその面積割合

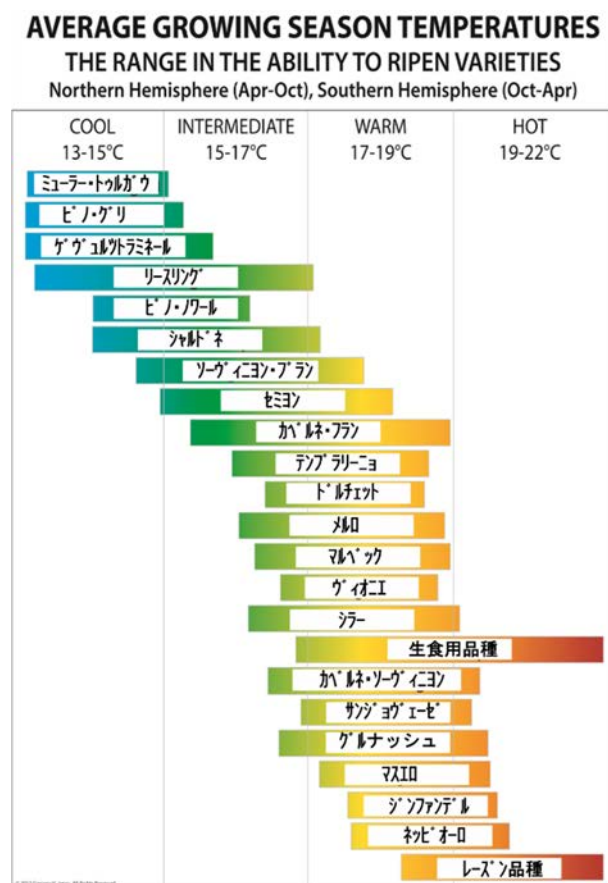
国	全面積 (ha)	主要品種 (面積割合、%)	上位5品種の全面積に対する割合 (%)
フランス	846,880	メルロ (13.7)、グルナッシュ (11.7)、トレッビアーノ・トスカーノ (9.9)、シラー (8.1)、カベルネ・ソーヴィニヨン (6.7)	49.5
イタリア	625,700	サンジョヴェーゼ (11.4)、モンテプルチアーノ (5.6)、カタラット (5.6)、メルロ (4.5)、トレッビアーノ・トスカーノ (3.4)	30.5
スペイン	1,028,258	アイレン (24.5)、テンブラリーニョ (20.2)、ボバル (7.8)、グルナッシュ (6.8)、モナストレル (5.7)	65.0
ポルトガル	163,522	テンブラリーニョ (10.2)、トゥーリガ・フランカ (7.1)、カステラン (6.8)、トゥーリガ・ナショナル (6.2)、フェルナン・ピレス (5.7)	36.0
ドイツ	102,060	リースリング (22.1)、ミュラー・トゥルガウ (13.2)、ドルンフェルダー (7.8)、ピノ・グリ (4.4)、ピノ・ブラン (3.8)	51.2
米国	227,948	シャルドネ (17.9)、カベルネ・ソーヴィニヨン (15.3)、メルロ (10.0)、ジンファンデル (8.7)、ピノ・ノワール (7.4)	59.2
アルゼンチン	201,060	マルベック (15.4)、セレサ (14.5)、ドウース・ノワール (9.0)、クリオーリャ・グランデ (8.5)、カベルネ・ソーヴィニヨン (8.1)	55.5
チリ	111,525	カベルネ・ソーヴィニヨン (36.5)、シャルドネ (11.7)、ソーヴィニヨン・ブラン (10.9)、メルロ (9.0)、カルメネール (7.9)	76.1
オーストラリア	151,788	シラー (28.1)、シャルドネ (18.3)、カベルネ・ソーヴィニヨン (17.1)、メルロ (6.6)、ソーヴィニヨン・ブラン (4.3)	74.4
ニュージーランド	31,964	ソーヴィニヨン・ブラン (50.7)、ピノ・ノワール (14.9)、シャルドネ (12.2)、ピノ・グリ (4.7)、メルロ (4.3)	86.9
南アフリカ	101,016	シュナン・ブラン (18.3)、カベルネ・ソーヴィニヨン (12.2)、コロンバール (11.9)、シラー (10.0)、ソーヴィニヨン・ブラン (9.5)	61.9

出所：Anderson, K., & Aryal, N. R. (2013)^{2,8)} より作成

主要品種について、好適な生育期平均気温の範囲がわかりやすくまとめられている^{30, 31)} (図 12)。生育期平均気温は、北半球では4月から10月、南半球では10月から4月の平均気温である。各品種の生育期平均気温の範囲であれば、正常にぶどうが成熟し高品質ワインが生産できることを示している。

表5の主要地点の生育気温と図12から、地域ごとの好適品種を把握できる。ピノ・ノワールは、冷涼から中間（およそ、14～16℃）であり、フランスのブルゴーニュ（15.6℃）、ニュージーランドのマールボロ（15.7℃）、オレゴン州（15.3℃）、札幌（15.6℃）等は適地に入ることがわかる。カベルネ・ソーヴィニヨンは、中間から高温（およそ、16.5～19.5℃）であり、フランスのボルドー（16.9℃）、カリフォルニア州セントヘレナ（18.1℃）、チリのセントラル・ヴァレー地方クリコ（17.7℃）、長野（18.7℃）は適地に入ることがわかる。

図 12 は、気候温暖化の影響評価の指標の一つとして使われることも多い^{32, 33)}。現在、生育期平均気温が 15℃でピノ・ノワールを栽培する産地が 2℃温暖化して 17℃になると、ピノ・ノワールを栽培するのが困難になることが予想される。4℃温暖化すると、その産地では、全く異なる品種を栽培せざるを得なくなることも予想される。一方、今まで生育期平均気温 12℃で醸造用ぶどうを栽培していない地域でも、温暖化することで栽培ができる可能性もある。



出所：Jones 博士の許可を得て日本語品種名として引用、関係論文は Jones (2006)³⁰⁾、Jones ら(2012)³¹⁾

図 12 主な醸造用ぶどう品種の好適な生育期平均気温

引用・参考文献

28. Anderson, K., & Aryal, N. R. (2013). Which winegrape varieties are grown where?: a global empirical picture. University of Adelaide Press.
29. 農林水産省. 平成 29 年産特産果樹生産出荷統計.
30. Jones, G.V. (2006). Climate and Terroir: Impacts of Climate Variability and Change on Wine. In Fine Wine and Terroir - The Geoscience Perspective. Macqueen, R.W., and Meinert, L.D., (eds.), *Geoscience Canada Reprint Series* Number 9, Geological Association of Canada, St. John's, Newfoundland, 247 pp.
31. Jones, G.V. et al. (2012). Climate, Grapes, and Wine: Structure and Suitability in a Variable and Changing Climate pp 109-133 in *The Geography of Wine: Regions, Terrior, and Techniques*, edited by P. Dougherty. Springer Press, 255 pp.
32. Jones, G. V. et al. (2005). Climate change and global wine quality. *Climatic change*, 73(3), 319-343.
33. Jackson, R. S. (2020). Wine science: Principles and applications. Academic Press.

IV テロワールとヴィンテージ

1. テロワール

テロワールとは、フランス語で場所を示す言葉で地理的表示にも関係する。その物理的・生物的環境、栽培・醸造の相互関係により、その地域の産物が特徴づけられるという概念である。テロワールには、土壌、地形・地勢、気候、風景、生物多様性も含まれる^{34, 35)}。

さらに、人的要因、例えば、栽培・醸造技術とともに、歴史や社会経済的要因もテロワールの一部とする考え方もある³⁶⁾。

テロワールワインは、長期にわたり特別な地域で同様に生産され、その地域の特徴が反映されたワインと考えることができる。

好適な気候条件としては、生育期平均気温（12～22℃）であり、12℃未満では積算温度が不足し十分な成熟ができず、22℃を超えると夏季高温により、果実品質が低下することが考えられる。気温だけでなく、降水量の多さ、特に成熟期の多雨は果実品質の低下や病害の発生を引き起こす。その他、地形、方位、標高、傾斜、土壌条件が局地気象、土壌水分に関係する。

土壌も重要な環境要因である³⁷⁾。土壌の影響は複雑であり、樹体栄養、水分吸収、根の深さ、根圏の温度等が複雑に関係する。肥沃地では生育が旺盛で収量は多いが果実品質は悪く、一般的に高品質ワインは痩せ地で生産されることが多い。土質は、一般的に石灰岩土壌で高品質ワインが生産されるが、それ以外の土壌でも高品質ワイン生産は可能とされる。

最高のテロワール土壌は、水はけがよく、地下水面の高さが十分で、ぶどうの根に常に水分が供給される一方で、ベレゾーンになったら地下水面が下がって栄養成長を止め、果実の成熟にエネルギーが向けられるような土壌である³⁸⁾。ベレゾーンは、ぶどう果粒の成長の段階で、果粒の軟化、糖の増加、有機酸の減少、着色品種ではアントシアニン含量が増加する時期である。

テロワールは、高品質なワインと結び付けられて考えられることも多い³⁹⁾。フランスブルゴーニュのぶどう園地価格は、最高のテロワールとして、非常に高額になっている。ブルゴーニュのコート・ド・ニュイ、コート・ド・ボヌでは1 ha 当たり 100 万ユーロ以上、グラン・クリュでは 1,100 万ユーロ以上とされている。一方、南部のラングドック＝ルシヨンでは、ブルゴーニュの 100 分の 1 とされている⁴⁰⁾。

一方、テロワールの考えを精密農業に結びつけて、栽培に活かす精密ぶどう栽培 (Precision viticulture) の研究も進められている^{41,42)}。

引用・参考文献

34. OIV. (2012). Guidelines for vitiviniculture zoning methodologies on a soil and climate level.
35. OIV. (2010). Definition of vitivinicultural “Terroir”.
36. Van Leeuwen, C., & Seguin, G. (2006). The concept of terroir in viticulture. *Journal of wine research*. 17(1): 1-10.
37. van Leeuwen, C. et al. (2018). Soil-related terroir factors: a review. *OENO One*. 52(2): 173-188.
38. ジェイミー・グッド.(2014). 新しいワインの科学 (梶山あゆみ訳). 河出書房新社. 東京.
39. Haeck, C. et al. (2019). The Value of Terroir: A Historical Analysis of the Bordeaux and Champagne Geographical Indications. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 41(4), 598-619.
40. 蛭原 健介.(2019). ワイン法. 講談社
41. Bramley, R. G., & Hamilton, R. P. (2007). Terroir and precision viticulture: are they compatible?. *Journal*

42. van Leeuwen, C., & Bois, B. (2018). Update in unified terroir zoning methodologies. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 50, p. 01044). EDP Sciences.

2. ヴィンテージと気象要因

醸造用ぶどう栽培には、平均的な気候が重視されるが、実際にはその年の気象要因が品質に大きく影響する。ヴィンテージはぶどうの収穫年を示し、年によりワイン品質が異なる。当たり年は、ヴィンテージワインと呼ばれる。

ブルゴーニュワインについて、ヴィンテージランキングと気象要因との関係が解析され、生育期の気温との関係が報告されている⁴³⁾。赤ワインでは気温日較差が、白ワインでは平均最高気温に関係する。また、水条件との関係では、発芽期（4月）に雨が多く、ベレゾーンから収穫まで乾燥するのがよい。

ボルドーの赤ワインは、気温より体内水分の影響が大きく、ある程度の水ストレスが重要である⁴⁴⁾。メルロの果粒重、糖度、アントシアニン、リンゴ酸は、成熟期の体内水分と関係する。

ボルドー、ブルゴーニュ、トスカーナ（イタリア）、ポルト（ポルトガル）のトップヴィンテージは、晩冬・早春が湿潤で、生育期は温暖（1～2℃高め）で気温日較差が大きく、生育後半は乾燥気味の年である⁴⁵⁾。

時期と場所にもよるがある程度的高温、乾燥年は、ヴィンテージ評価の向上にも結び付くと考えられるが、気候温暖化のように一年中かなり高温になる場合の影響は予測しておく必要がある。

引用・参考文献

43. Davis, R. E. et al. (2019). The effect of climate on Burgundy vintage quality rankings. *OENO One*. 53(1): 59-73.
44. Van Leeuwen, C. et al. (2009). Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? *OENO One*. 43(3): 121-134.
45. Jones, G. V. (2020). Vintage Ratings: Applications of a Ranking Procedure to Facilitate a Better Understanding of Climate's Role in Wine Quality. *IVES Technical Reviews*.

V EUのワイン規則と地理的表示

1. EUのワイン規則

欧州では、新世界ワインの質の向上、量の拡大 EU 産ワインのシェア低下、ワイン消費量の減少により、余剰ワインの増加が目立つようになってきた。そうした生産過剰への対処のため、ワインの蒸留措置が拡大され、蒸留補助金が、ワイン関係予算を圧迫するようになってきた⁴⁶⁾。

そこで、ワインについて EU の農産物共通市場の形成とそれを通じた市場の安定化及び農業者の適切な生活水準の確保のため、欧州では以下の政策が行われるようになった⁴⁷⁾。

(1) 需給の均衡によるワイン価格の維持・安定

ブドウの新植権の許可（既存面積の1%以下）、抜根・グリーンハーベストに対する助成

(2) ワインぶどうの使用、ヴィティス・ヴィニフェラ種を重視

(3) 地理的表示ワインと表示なしワイン

ぶどうの品質にとって大きな影響を及ぼす産地の気候、土壌などを重視し、それらの条件を最大限活かすぶどう栽培を実現すれば産地を表現、他と異なる特徴のある上質ワインができる

(4) ぶどう畑の登録義務、収穫量の申告義務

一方、新世界では、新規にぶどう畑を拓くうえで法的制限はなく、大規模化して低コスト化も可能であり、品種選択の自由度が高く、適する品種を選んで栽培することが可能である⁴⁸⁾。市場動向に合わせて人気の国際品種の選択が可能である。ヨーロッパでは、産地と品種の伝統的な結びつきを前提であるが、新世界では地理的表示ワインでも、品種選択の自由度は高い。

引用・参考文献

- 46. 安田 まり.(2009). EU ワイン改革とワイン法. J. ASEV Jpn. Vol. 20, No. 1・2, 15-22.
- 47. 高橋 梯二.(2019). のびゆく農業. No.1045-1046. EU ワイン基本規則
- 48. 蛭原 健介.(2019). ワイン法. 講談社

2. 地理的表示

欧州では、地理的表示は「産地を基礎とした上質で価値の高いワイン生産のための枠組みを産地の生産者が共同で提案し、それを行政が消費者の意見も踏まえ確認したうえで、産地の個々の生産者がその枠組みに則してワインを生産し市場に提供するもの」とされる。このようなワインは保護され知的財産として取り扱われ、地理的表示の名称は保護され、フランスでは通常「アペラシオン（呼称）」といわれている⁴⁹⁾。

EU の原産地呼称と地理的表示は、以下のように定められている⁵⁰⁾。

原産地呼称 (PDO、Protected Designation of Origin)

- (1) 地域固有の自然的及び人的要素により、製品の品質及び特徴が基本的あるいは排他的に特定の地理的環境に由来していること
- (2) 製品の生産原料であるぶどうは、排他的にその地域からのものであること
- (3) 生産は、その地理的地域でなされること
- (4) 製品は、排他的にヴィティス・ヴィニフェラに属するぶどう品種から得られること

地理的表示 (PGI、Protected Geographical Indication)

- (1) 原産地に由来する特別の品質、名声、その他の特徴を有していること
- (2) 生産物に使われるぶどうの少なくとも 85%は、専ら、その地域からのものであること
- (3) 生産は、その地理的地域でなされること
- (4) ヴィティス・ヴィニフェラまたはヴィティス・ヴィニフェラと他のヴィティス属の交配種に属するぶどう品種から得られること

欧州主要生産国における、PDO、PGI の登録数は表 7 のようになり、イタリア、フランスは PDO の登録数が特に多い。

表 7 欧州の主要ワイン生産国における PDO、PGI の登録数

国名	PDO	PGI	計
イタリア	407	118	525
フランス	436	75	511
スペイン	97	42	139
ブルガリア	52	2	54
ルーマニア	40	13	53
ギリシャ	33	114	147
ポルトガル	30	10	40
ドイツ	18	26	44
イギリス	10	2	12

出所：e-Ambrosia⁵¹⁾ より作成 (閲覧：2020 年 11 月 11 日)

フランスのブルゴーニュとボルドー、スペインのリオハの PDO のスパークリングワインについて、栽培について特徴的な項目をまとめたのが表 8 である。フランスシャンパーニュのスパークリングワインについては、詳細な栽培法が報告されている⁵⁵⁾。

表 8 フランスのブルゴーニュとボルドー、スペインのラ・リオハの PDO スパークリングワインの栽培に関する規則 (抜粋)

製品名	Crémant de Bourgogne				製品名	Rioja
地理的表示	PDO				地理的表示	PDO
製品分類	高品質スパークリングワイン				製品分類	高品質スパークリングワイン、ワイン
栽植密度	5000本/ha以上	8000本以上	5000～8000本	列植しない場合9000本以上	栽植密度	2850～1万本/ha
列間	2.5m未満				列間	
樹間	0.85m以上	0.5m以上	0.8m以上	0.5m以上	樹間	
せん定	コルドン・ロワイヤル、最大12芽/m ² ギヨ、最大10芽/m ²				樹形	ゴブレ、コルドン ダブルギヨ (以下品種のみシャルドネ、ソーヴィニヨン・ブラン、ベルデホ、マトゥーラーナ、テンブラリーニョ、トゥルンデス)
灌水	禁止				せん定	12芽/樹 16芽/樹(特定の白品種) 14芽/樹(グルナツシュ) 例外ありうる
最大収量	90hl/ha				灌水	8月15日から収穫までは、許可を受けて可能 ただし、局所灌水で行い24時間前に申請 スプリンクラーは許可があれば可能、他の方式は禁止
地域	ヨヌヌ、コート＝ドール、ソーヌ＝エ＝ロワール、ローヌ地域の傾斜地 (標高150～300m) ディジョンからリヨン境界にいたる地域(標高250～400m)				収穫	手収穫のみ、機械収穫禁止
主要品種	ピノ・グリ				地域	リオハ

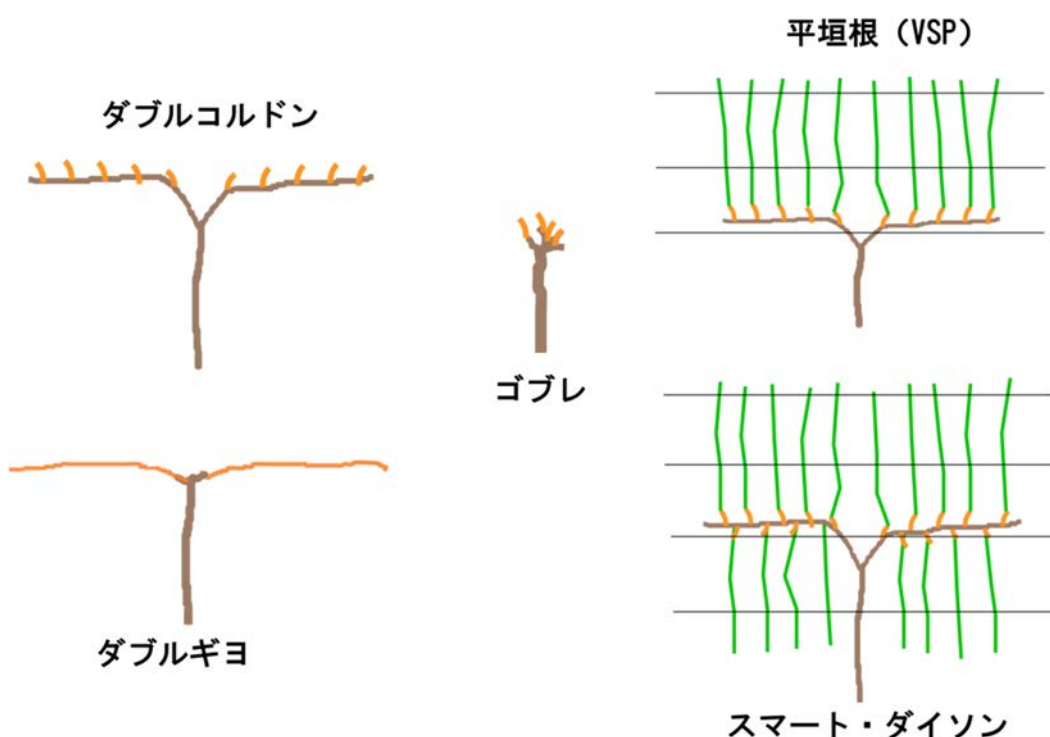
製品名	Crémant de Bordeaux	
地理的表示	PDO	
製品分類	高品質スパークリングワイン	
栽植密度	4000本/ha以上	
列間	2.5m未満	
樹間	0.85m以上	
せん定	メルロ、セミノン、ミュスカデル 芽数 5万/ha、20/樹を超えない 他品種 芽数 6万/ha、22/樹を超えない	
灌水		
最大収量	78hl/ha	
地域	ジロンド	
主要品種	ソーヴィニヨン・グリ	

出所：European Commission 資料^{52～54)} より作成

高品質スパークリングワインの品質を維持するために、栽植密度、せん定法、最大収量、適用地域、灌水、収穫法等が厳密に決められている^{52～54)}。これに従わないと、PDO ワインとして出荷はできない。

醸造用ぶどうの樹形は、非常に多くの種類がある^{56)~58)}。ここでは、代表的な樹形として表8の事例を紹介する。コルドンは、短梢せん定の仕立て方である。コルドンと呼ばれる骨格となる枝を伸ばし、そこから伸長した枝を冬季に短くせん定する。ギョは、長梢せん定の仕立て方で、1、2本の結果母枝を延ばす。図13はダブルコルドンとダブルギョの例である。ゴブレは、主幹の先端を短梢せん定し、ブッシュ状に仕立てる樹形で、コンパクトで温暖乾燥地に適する。ただし、垣根仕立てのように平面的樹形でないので、機械収穫は困難である。

最も一般的な仕立て方は、平垣根式（VSP、Vertical Shoot Position）であり、コルドン、ギョともに適用可能である。スマート・ダイソンは、コルドンから伸びた新梢を上下に延ばす仕立て方である。こうした平面的樹形は、せん定、摘葉、収穫等の機械化に適する。



出所：文献^{57), 58)}より作成

図13 醸造用ぶどうの代表的なせん定法と仕立て方

欧州では、一般的には灌水は禁止されていると思われることもあるが、地域により灌水に対する制限は異なる^{59) 60)}。フランスでも、対象とする地理的表示によっても異なる⁶¹⁾。すなわち、すべてのぶどう栽培で8月15日から収穫までの灌水は禁止されているが、PGIと地理的表示以外のワインでは、収穫が8月15日以前の場合は、収穫後から8月15日までは灌水可能である。一方、AOC（PDOのフランス語表記）では、5月1日から収穫までは禁止されている。幼木については、例外的に、最大で6月15日から8月15日までは、許可を得て灌水可能な場合がある。

引用・参考文献

49. 高橋 梯二.(2019). ワインの地理的表示とは何か, 日本のワイン生産におけるその意義は. 日本醸協会誌. 114(8):410-490.

50. 高橋 梯二. (2019). のびゆく農業. No.1045-1046. EU ワイン基本規則.
51. EU. e-Ambrosia. 2020.11.11 閲覧
52. European Commission. ‘Crémant de Bourgogne’ PDO-FR-A0676-AM01.11.4.2019
53. European Commission. ‘Crémant de Bordeaux’ .PDO-FR-A0488-AM03.16.1.2019
54. European Commission. ‘Rioja’ PDO-ES-A0117-AM06 Date of application: 24.9.2018
55. 恩田 匠. (2015). シャンパーニュ地方におけるブドウ栽培. 日本醸協会誌. 110(5):306-317.
56. ジェイミー・グッド. (2014). 新しいワインの科学. 河出書房新社.
57. Dokoozlian, N. K. (2003). Trellis Selection and Canopy Management. In Wine Grape Varieties in California. UCANR Publications, pgs. 16-21
58. Reynolds, A. G., & Heuvel, J. E. V. (2009). Influence of grapevine training systems on vine growth and fruit composition: a review. *American Journal of Enology and Viticulture*. 60(3): 251-268.
59. The Irrigation of grapevines in Europe – an update on existing legislation _ Irrigazette
60. Myths about wine _ It is forbidden to irrigate in the vineyard _ BK Wine Magazine _
61. Ugaglia, A. A. et al. (2019). The French wine industry. In The Palgrave Handbook of Wine Industry Economics (pp. 17-46). Palgrave Macmillan, Cham.

VI 醸造用ぶどう栽培、ワイン生産のリスクと方向

1. 持続可能性と気候変動に関する政策とリスク

EU の共通農業政策では、環境に関する持続可能性が重要視され、気候変動への取組、天然資源の保護、生物多様性の強化が3つの柱である。具体的な農業政策としては、有機農業の推進、責任ある適切な農薬、肥料の使用があげられている⁶²⁾。

気候変動への取組は、2014 年から 2020 年の共通農業政策補助金のうち 25%に当たる 1,040 億ユーロが支出されている。こうした取組によって、1990 年から 2017 年にかけて生産量を低下させることなく農業分野から排出される温室効果ガスを 21%減少させた。さらに EU は、2050 年までに温室効果ガスの収支をゼロにする目標をかかげ、温暖化緩和策の支援強化を行うこととしている。

天然資源の保護では、水源・水路沿いの緩衝地帯の設置、より効率的な灌水の支援、亜硝酸が問題になりやすい地域での規制の強化を行い、農業分野の水量・水質を保護する。最低限の植生の保護基準を設定し、土壌浸食防止と有機物維持を推進する。アンモニアの排出抑制、残渣の燃焼抑止、強風時の農薬散布禁止により大気を保全する。

生物多様性については、景観の保全、農薬削減対策とともに、野鳥と植生保護を含む環境基準の遵守と直接支払を結びつける。グリーン化支払による景観の保全と休耕地を拡大し、受粉と植生保護による生物多様化を進める。農村開発政策、例えば、景観の確立・維持、自然環境を重視する農法の確立、野生生物に優しい自然管理計画への支援を行う。

EU の代表的なワイン産地について、SWOT 分析が行われている。SWOT は、強み、弱み、機会、脅威 (Strength, Weakness, Opportunities, Threats) を抽出し、それに基づいて活動計画を策定するのが目的である。ここでは、フランス、スペイン、ドイツの産地について、産地の特徴と醸造用ぶどう栽培、ワイン生産に対する脅威を紹介する^{63~67)}。

スペインのラ・リオハを除いてフランスのブルゴーニュ、ラングドック＝ルシヨン、スペインのカステイリャ＝ラマンチャ、ドイツのラインランド＝パラチネートは、いずれも気候変動を脅威としてあげている。気候変動影響について具体的な記載がない産地もあるが、温暖化に関係したワイン品質の変化、

気候変動による気象災害、高温乾燥による水資源不足や灌水の必要性等が課題と考えられる。ラ・リオハでは、生物多様性の喪失をあげ、持続可能性を脅威としている。また、産地間の競争激化をあげる産地も多く、新世界ワインとの競合等も大きな脅威となっている。

表 9 欧州の代表的産地における産地の特徴と脅威

国	国・地域	産地の特徴	脅威
フランス	ブルゴーニュ	フランスの最も有名な産地の一つ。フランスのブドウ面積の4.1%30,000ha。品質、歴史的に有名。ピノ・ノワール、シャルドネ。大部分がPDOワイン。	・第3国との競争激化 ・気候変動に関係した異常な気象現象(霜害、雹) ・気候変動に関係したティピシティ(その土地・品種のらしさ)の損失
フランス	ラングドック＝ルシヨン	フランス最大の産地、面積2,240,000haでフランス全体の30%。PDO10.9%、PGI12.9%、PDO/PGI以外56.5%。赤品種が77%。赤ではシラー21%、グルナッシュ20%等。白ではシャルドネ28%、ソーヴィニヨン15%。	・気候変動の影響、灌水用水の不足 ・第3国との競争激化
スペイン	ラ・リオハ	スペインの栽培面積の4.9%、44,000ha。高品質赤ワインで有名。PDO93%、PGI0.04%。主要品種は、テンブラリーニョ、グルナッシュ。	・沖積地(肥沃)に園地移動した場合の品質の低下 ・テンブラリーニョ、国際品種への偏重 ・最新の栽培技術導入による生物多様性の損失 ・ロシアのような重要輸出国の通貨変動
スペイン	カスティーリャ・ラ・マンチャ	スペイン最大の産地、面積434,000haでスペイン全体の47%。PDO10.9%、PGI12.9%、PDO/PGI以外56.5%。品種は白ではアイレン86%(当地の原産で乾燥、やせ地に適する)、赤ではテンブラリーニョ36%。	・気候変動の影響 ・重要市場における輸入制限の可能性(米国、英国、ロシア)
ドイツ	ラインランド＝パラチネート	ラインヘッセン、ファルツ、ナーエ等の産地を含むライン川西部地域。面積64,100haでドイツ全体の56.4%。主要品種はリースリング、ミュラー＝トゥルガウ、ドルンフェルダー。傾斜地が多く、8%は傾斜30度以上。	・気候変動とそれに関連した問題(高温乾燥時期の拡大、豪雨、霜害、新規病害虫) ・急傾斜地での後継者不足 ・国内人口構成の変化、ワイン摂取しない民族の増加 ・アルコール摂取に関係して健康を気にする人の増加

出所：European Commission 資料^{63～67)}より作成

オーストラリアでも、ワイン産業分野の脅威が取りまとめられている⁶⁸⁾。土地・水・労働力に対する他の作物との競争、政策・規則・規制変更の影響とともに、気候変動と水源の確保が大きな脅威となっている。気候変動の影響は、ワイン品質の低下、生産費の上昇である。水源の確保については、オーストラリアのぶどう栽培では灌水が必須であり、水利権を確保するとともに効率的な灌水が求められる。

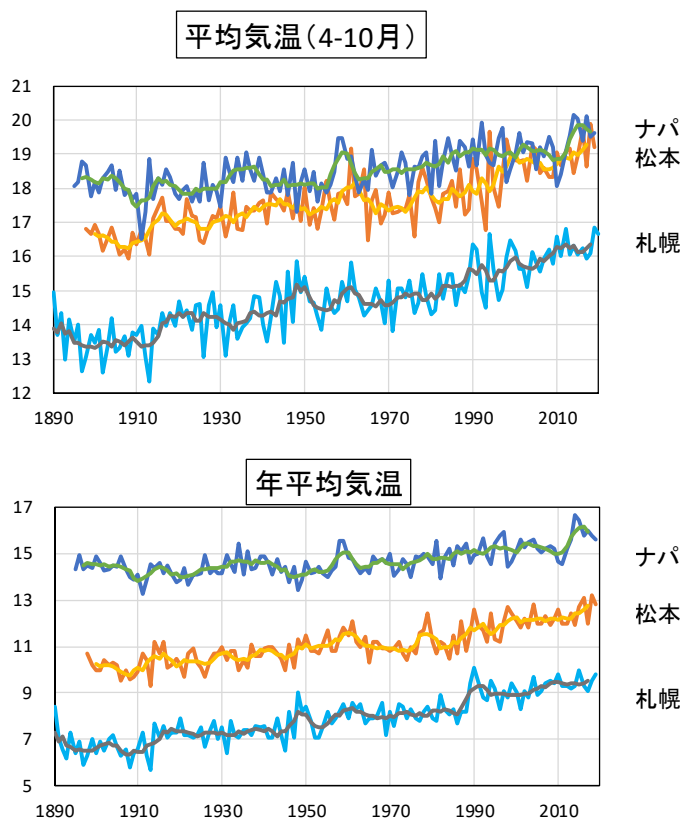
引用・参考文献

62. EU. An environmental sustainable CAP. 2021.1.28
63. European Commission (2018) Evaluation of the CAP measures applicable to the wine sector. Case study report: France – Burgundy
64. European Commission (2018) Evaluation of the CAP measures applicable to the wine sector. Case study report: France - Languedoc-Roussillon
65. European Commission (2018) Evaluation of the CAP measures applicable to the wine sector. Case study report: Spain – La Rioja
66. European Commission (2018) Evaluation of the CAP measures applicable to the wine sector. Case study report: Spain – Castilla-La-Mancha
67. European Commission (2018) Evaluation of the CAP measures applicable to the wine sector. Case study report: Germany –Rhineland-Palatinate
68. Wine Australia. Australian Grape and Wine Sector Strategic Planning Discussion Paper

VII 気候変動と醸造用ぶどう栽培

1. 気候変動と温暖化

札幌、松本およびカリフォルニア州ナパの年平均気温と生育期平均気温（4月から10月）の推移を見ると、気温が着実に上昇していることがわかる（図14）。1910年と2010年の年平均気温は、札幌で3.0℃（6.5℃から9.1℃）、松本で2.1℃（10℃から12.1℃）、ナパで1.2℃（13.8℃から15.0℃）上昇している。生育期平均気温は、札幌で2.8℃（13.5℃から16.3℃）、松本で2.2℃（16.5℃から18.7℃）、ナパで1.4℃（17.5℃から18.9℃）上昇している。



出所：気象庁データ^{69, 70)}より作成

図14 ナパ、松本、札幌の年平均気温と、生育期平均気温の推移

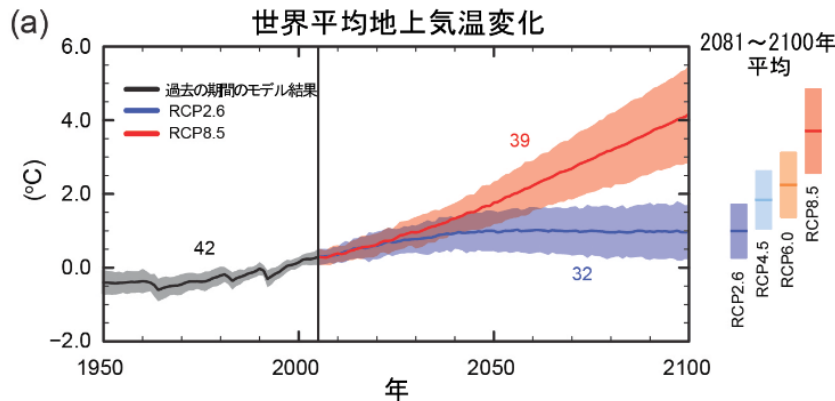
フランスでは生育期の平均気温は、過去70年間で約2℃上昇、特に、1985年から2006年にかけて急激な上昇が認められている。これにより発芽、開花、ベレゾーン、収穫始め等の植物季節や果実品質に大きな影響が出ている⁷¹⁾。

世界平均地上気温の予測について見ると、温暖化シナリオによって異なるが、21世紀末には20世紀末と比べて、RCP2.6シナリオでは0.3～1.7℃、RCP4.5シナリオでは1.1～2.6℃、RCP6.0シナリオでは1.4～3.1℃、RCP8.5シナリオでは2.6～4.8℃の範囲に入ると予測されている（図15）。

地球温暖化は気温上昇だけでなく、気候変動と異常気象を引き起こすと考えられている。降水量の予測については、北半球の中・高緯度地域では増加、亜熱帯地域では減少する^{72,73)}。南米、ヨーロッパ、

北部・中部アジアでは増加、地中海沿岸地域や南米では減少する。すなわち、湿潤地域はより湿潤に、乾燥地域はより乾燥する。

このような温暖化、気候変動は、醸造用ぶどう栽培、ワイン醸造にも大きな影響を及ぼすと予想され、的確な影響評価と適応策が必要になる⁷³⁾。また、温暖化自体を抑制するために、二酸化炭素の放出を抑えることも必要である。



出所：IPCC 第5次評価報告書（気象庁ホームページ）より引用

図 15 世界平均気温の温暖化予測

引用・参考文献

69. 気象庁データ
70. NOAA Climate a glance. County time series. California. Napa County
71. van Leeuwen, C. et al. (2019). An Update on the Impact of Climate Change in Viticulture and Potential Adaptations. *Agronomy*. 9(9): 514.
72. IPCC 第5次評価報告書
73. ADVICLIM. (2016). Adapting viticulture to climate change guidance manual to support winegrowers' decision-making.

2. 醸造用ぶどうに対する温暖化の影響

全般的な影響

気候変動に関して醸造用ぶどう生産者、ワイナリーに対する世界規模のアンケート調査が行われている⁷⁴⁾。最大の脅威と課題は何かという問には、健康政策（アルコール類に対する増税、最低価格）61%、世界的景気減退55%に次いで気候変動が50%と上位を占めている。

また、生産者の大部分が、過去5年間で気候変動の影響を認識しており、生産者（小規模ワイナリー261、協同組合51）のうち、異常気象による減収59%、収量変動激化52%、水分不足・水ストレス51%、熟期の重なりによる収穫期間の制約46%、植物保護の必要性増大27%、品種変更の必要性22%等をあげている。

さらに、全員（生産者、ワイナリー、流通）を対象として、環境・持続可能性についての問には、ワイン産業はより持続可能性に配慮すべき86%（特に欧州で顕著）、気候を保護しカーボンフットプリントを削減すべき74%、将来的には消費者はclimate-neutral（気候中立、温室効果ガス排出・吸収を拮

抗)で製造されたワインを嗜好 56%等があげられている。

気候変動の影響について、欧州(ボルドー、ブルゴーニュ、ドイツ 2 人、英国、オーストリア、イタリア、スペイン)、米国 5 人、アルゼンチン、オーストラリア、南アフリカからの現場報告がまとめられている⁷⁵⁾。それによると、温暖化で収穫期の前進、糖度上昇、酸度低下等が報告されている。地域によってある程度の温暖化がプラスになる場合もあるとしている。温暖化・乾燥が、ヴィンテージ評価向上に結びつく場合、降水量については、変動が大きく、乾燥での水源確保が問題になる場合、発育期の降水量上昇による品質低下、病害虫の発生リスクが高まる場合もある。また、地域によって、霜害、雹害のリスクが高まる。

オーストラリアの代表的な 6 つの産地のワインぶどう栽培者を対象にした気候リスクについての調査によれば、多くの地域で現在問題となっているのは干ばつ、熱波、夏季高湿度による病害である⁷⁶⁾。タスマニアのような南部産地では、熱波の影響は少ないが、温暖化により発育が早まることによる晩霜害が高リスクとなっている。

植物季節

ぶどう樹は温度に敏感で、植物季節は栽培管理、収穫時期判断等の意思決定に重要である。また、品種については、その土地の気候に対して好適な生育、成熟となるよう適合する必要がある^{77,78)}。

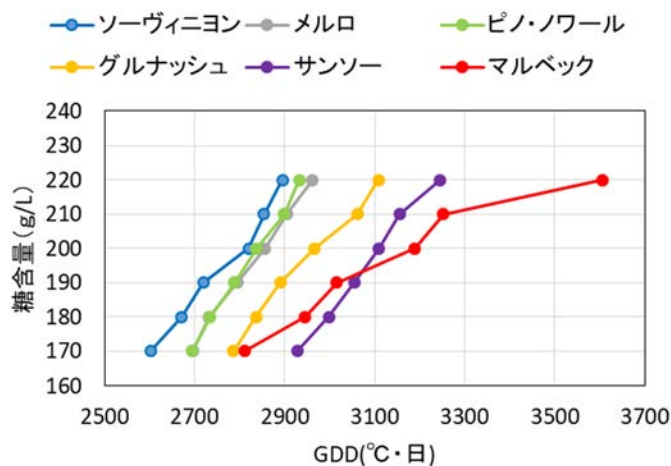
フランスアルザス地方のリースリング品種における過去 70 年間での前進化日数は、発芽 10 日、開花 23 日、ベレゾーン 39 日、収穫 25 日である⁷⁸⁾。植物季節の進み方は品種によって異なり、理想的な収穫時期となるよう、その地域にあった品種が伝統的に選ばれてきている。しかし、以前はリースリングの収穫時期は 10 月前半であったが、最近では 9 月第 1 週になる場合も多く、時には 8 月の終わりになることもあるという。

気候変動の影響評価、新品種育成に利用できるぶどうの開花日、ベレゾーンの時期を予測するモデルが開発されている⁷⁹⁾。Parker ら(2013)は、温度から開花、ベレゾーンを予測するモデルを作成しており、多様な品種(95 品種)に適用でき、温暖化影響評価にも利用可能である。

Molitor & Junk(2019)は、ぶどうの植物季節を予測するモデルにより、温暖化条件での成熟期の気温を予測している⁸⁰⁾。その結果、温暖化することにより成熟期は早まるだけでなく、期間も短くなる。そのため、予測平年気温が+2.6℃としても、成熟期に樹体が遭遇する温度は、4.6~5.3℃上昇することから、温度上昇の影響は 2 倍になるとしている。

収穫期は、果実品質だけでなく、地域・用途、ワイナリーへの要望、病害圧等にも影響される。欧州の伝統的産地では、収穫期が 9 月 10 日~10 月 10 日に入るように品種の選択、栽培管理が行われている。

収穫の指標として糖度がもっとも重要であり、Parker ら(2020)は、温度から糖度を予測するモデルを作成している⁸¹⁾。多様な品種に適用でき、温暖化影響評価にも利用可能である(図 16)。



出所: Parker ら (2020) ⁸¹⁾ より作成

図 16 ぶどう果粒の糖含量と有効積算温度との関係

果実品質

果実品質については、アルコール濃度上昇、果実の糖度上昇、酸度低下、着色不良、アロマへの影響が報告されている⁷⁸⁾。こうした影響は高二酸化炭素濃度条件で顕著とされている⁸²⁾。

アントシアニンは32℃以上、糖度は35℃を超えると低下する⁸³⁾。また、カベルネ・ソーヴィニヨンのアントシアニンは25℃以上、糖度は32℃を超えると低下する⁸⁴⁾。リンゴ酸は、温度上昇につれ直線的に減少する^{83,84)}。

フランス南部ラングドックでの調査によれば、1984～2018 年にかけて醸造後のアルコール濃度は11%から14%に上昇、pHは3.5から3.75に上昇、全酸(酒石酸含量)は6.0から4.5 g/Lに減少している⁷⁸⁾。ワインは酵母菌の発酵によりでき、その原料となるぶどう果汁の糖が多いほど、アルコール度数が高くなる。アルコール度数が高いことは、果実の糖度が上昇していることを示している。概算では、果汁の糖度(° Brix) × 0.55 = ワインのアルコール濃度(%) になる。好適な果汁糖度は、スパークリングワイン 18～20、白ワイン 19.5～23、赤ワイン 20.5～23.5 とされている^{85,86)}。

ワイン品質を決める要素としてアロマは極めて重要である。アロマは、栽培時の気温、水分状態にも影響されることが知られている。温度が高いと IBMP、Rotundone は減少し、TDN は増加する⁷⁷⁾。

熱波・山火事の影響

熱波の時期と期間にもよるが、平年+5℃の熱波により欧州では最大 35%収量減の地域も予測される⁸⁷⁾。遭遇時期では8月1日の影響が最も大きく、全般的に、欧州中部の方が、南部より影響が大きい。

温暖化や乾燥により、醸造用ぶどう産地でも山火事リスクは高まる。果樹の被害だけでなく、煙による汚染により煙臭が付き、ワインのアロマに大きく影響する⁸⁹⁾。ワイン原料として出荷できなくなったり、ワイン製造後に廃棄されるなどして、大きな被害となる。気候予測から、2050 年までに山火事リスクは15%から70%に上昇するとされている。

特に、オーストラリア、米国西海岸、南アフリカ等では、山火事が大きなリスクとして認識されている。2019 年から 2020 年にかけてのオーストラリア火災によるぶどう園の焼失面積は14.6 万 ha にもおよび、果実に対する煙臭被害も広範囲にわたった⁹⁰⁾。ワシントン州では、圃場での煙暴露試験により、煙臭の影響評価試験も行われている。

晩霜害

醸造用ぶどう栽培では、発芽から展葉期にかけての晩霜害で大きな被害を受けることがある^{91~93)}。冬季に耐凍性が強い時期には、ぶどうは -20°C から -15°C にも耐えることができるが、発芽に向かうと急速に耐凍性は失われる。そこで、3つの発芽予測モデルと8つの気候モデルを使い、芽の耐凍性の推移と最低気温との関係から、晩霜害に対する影響評価が行われている⁹³⁾。モデルにより異なるが、将来的にはフランスでは晩霜害が増加すると予測されている。特に、アルザス、ブルゴーニュ、シャンパーニュのような冷涼な地域で霜害危険度は高くなる。

雹害

雹は醸造用ぶどう栽培に甚大な被害を及ぼす。欧州や米国では、2000年以降、雹、特にサイズの大きい雹の観測が急増している^{94,95)}。

病虫害

世界の研究者、生産者を対象にした重要病虫害のアンケート調査から、地域別に重要な病虫害と気温、降水量との関係がまとめられている⁹⁶⁾。世界的に見ると重要度（深刻度）順に、べと病、うどん粉病、灰色かび病、trunk diseaseである。ウイルス病（ファンリーフ病 GFLV、リーフロール病 GRLaV）は特に、南アフリカで深刻である。これらは、幅広い気温、降水量条件で発生する。その他、地域によってフラヴェセンストレ、European grape moth、black rot も問題になる。

気候変動は、ぶどう樹だけでなく害虫にも影響することから、対策を考えるには、ぶどう樹とともに害虫、天敵に対する影響も合わせて考える必要がある⁹⁷⁾。

産地移動

Hannah ら(2013)は、気候変動が世界の醸造用ぶどう、ワイン産地に対する影響を予測している⁹⁸⁾。それによると、2050年までに、主要ワイン産地ではRCP8.5シナリオでは、適地が25%~73%減少し、RCP4.5シナリオでは19%~62%減少する。気候変動により、適地は標高の高い地域に移動する。

温暖化しても伝統的に同じ品種を栽培し続ける場合、栽培的にも醸造技術においても、温暖化に適応していく必要がある。Morales-Castilla ら (2020)によると、世界の各産地で品種の変更を考えず同一品種を栽培しようとする、現在適地とされる地域のうち 2°C 上昇で56%が、 4°C 上昇で85%が不適地になる⁹⁹⁾。一方、品種の多様性（最大11品種から選択）により、不適地になる56%を24%に緩和できるという。早生品種は、温暖化によりベレゾーンが前進化し、産地が北上する。このことはピノ・ノワールで、特に顕著である。晩生品種は、前進する品種（ボルドーのカベルネ・ソービニオン）と遅れる品種に分かれる。産地の不適地化に関係するのは、ベレゾーンから成熟にかけての期間の温度上昇であり、降水量の変動の影響は小さい。

それに加えて、温暖化した場合には、適地が不適地になるだけでなく、不適地が適地になることも考慮する必要があり、その傾向は、地域により大きく異なる⁹⁹⁾。スペイン、イタリアは、品種の多様性を考慮しても、 2°C 上昇で、それぞれ65%と68%が不適地となり、適地となるのは5%と9%となる。フランスは、22%が不適地に、25%が適地となる。一方、米国北西部は20%から100%、ニュージーランド15%から60%となり、適地が大幅に増加する。

温暖化による産地化の実態と今後の産地移動予測について、英国の例を紹介する。英国のぶどう栽培

面積は、2004～2013 で 148%増加している。この間イングランド、ウェールズの中には、生育期平均気温 13～15℃となる地域もあり、この気温帯に適するスパークリングワイン生産が増加している¹⁰⁰⁾。

イングランド、ウェールズ南部地方に潜在的にワインぶどうに適する面積は、33,700ha であり、2100 年になると、英国の多くがワインぶどう栽培に適するようになると予測されている¹⁰¹⁾。適するのは、特に、白ぶどう、ピノ・ノワールである。適する地域は、降水量の少ないイングランド、ウェールズの東部（年間 1,000mm 未満、10 月 100mm 未満）で、スコットランド南部でも栽培可能と予測されている¹⁰²⁾。

水ストレス

温暖化が進むと、温度上昇により蒸発散が促進され、地域によっては降水量の減少、冬季の降雪不足による水資源の不足等が発生することが考えられる。醸造用ぶどうの水管理には、樹体の水ポテンシャルや土壌の有効水分量が重要な指標とされている¹⁰³⁾。水ストレスは、新梢伸長の抑制、果粒重の増加抑制、アントシアニン含量の増加に関係する。また、糖度は、水ストレスがそれほどでない時に最大になる。

植物の水分状態は、茎水ポテンシャルや、果実に含まれる糖の炭素安定同位体比 ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) で評価できる。炭素安定同位体比は、成熟期における水ストレスの平均値の指標になる。

地域における生育期の水分状態は、土壌の有効水分量で評価でき、以下の関係式で表される。

土壌の有効水分量＝土壌の蒸散可能水分量＋降水量＋灌水量－蒸発散量

ボルドー近郊のサン＝テミリオン地域について 1952 年から 2012 年までの年次別の土壌の水収支が計算され、全体的に見ると、しだいに土壌は乾燥する傾向であることが示されている¹⁰⁴⁾。ヴィンテージ品質と水収支の関係は、土壌が乾燥するほどヴィンテージ品質が高まる傾向である。調査期間 61 年間のうち、土壌乾燥年は 20 回であるが、そのうち 10 回は 2000 年～2012 年に発生している。ヴィンテージ品質と平均気温（4 月～10 月）とは関係が認められない。

引用・参考文献

74. Prowein business report. (2019). Climate change.
75. Adelsheim, D. et al. (2016). Climate change: Field reports from leading winemakers. *Journal of Wine Economics*. 11(1): 5-47.
76. Harris, R. M. B. et al. (2019). AUSTRALIA'S WINE FUTURE: Adapting to short-term climate variability and long-term climate change. Final report to Wine Australia, Antarctic Climate and Ecosystems Cooperative Research Centre, University of Tasmania, Hobart, Tasmania.
77. Van Leeuwen, C., & Darriet, P. (2016). The impact of climate change on viticulture and wine quality. *Journal of Wine Economics*, 11(1), 150-167.
78. van Leeuwen, C. et al. (2019). An Update on the Impact of Climate Change in Viticulture and Potential Adaptations. *Agronomy*. 9(9): 514.
79. Parker, A. et al. (2013). Classification of varieties for their timing of flowering and veraison using a modelling approach: A case study for the grapevine species *Vitis vinifera* L. *Agricultural and Forest Meteorology*. 180: 249-264.
80. Molitor, D., & Junk, J. (2019). Climate change is implicating a two-fold impact on air temperature increase in the ripening period under the conditions of the Luxembourgish grapegrowing region. *OENO One*, 53(3).

81. Parker, A. K. et al. (2020). Temperature-based grapevine sugar ripeness modelling for a wide range of *Vitis vinifera* L. cultivars. *Agricultural and Forest Meteorology*. 285. 107902.
82. Arrizabalaga-Arriazu, M. et al. (2020). High Temperature and Elevated Carbon Dioxide Modify Berry Composition of Different Clones of Grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. Tempranillo. *Frontiers in plant science*, 11.
83. Poni, S. et al. (2018). Grapevine quality: A multiple choice issue. *Scientia Horticulturae*, 234, 445-462.
84. Jackson, R. S. (2020). Cultural and climatic influences on berry maturation. In *Wine science: Principles and applications*. p130-150. Academic Press.
85. Goldammer, T.(2018). Grape grower's handbook. Apex Publishers.
86. Boulton, B. et al. (1996). Principles and Practices of Winemaking. 1st ed. Chapman & Hall.
87. Fraga, H. et al. (2020). What Is the Impact of Heatwaves on European Viticulture? A Modelling Assessment. *Applied Sciences*, 10(9), 3030.
88. Wine Australia. (2012). Factsheet. Managing vines during heatwaves.
89. Summerson, V. et al. (2021). Review of the Effects of Grapevine Smoke Exposure and Technologies to Assess Smoke Contamination and Taint in Grapes and Wine. *Beverages*, 7(1), 7.
90. Henly, S. G. (2020). After the fires, Australian wineries assess the damage. *Wine Spectator*. March 3 2020.
91. Mosedale, J. R. et al. (2015). Climate change and crop exposure to adverse weather: changes to frost risk and grapevine flowering conditions. *PLOS ONE*. 10(10). e0141218.
92. Neethling, E. et al. (2017). Assessing local climate vulnerability and winegrowers' adaptive processes in the context of climate change. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 22(5): 777-803.
93. Sgubin, G. et al. (2018). The risk of tardive frost damage in French vineyards in a changing climate. *Agricultural and Forest Meteorology*. 250: 226-242.
94. Prein, A. F., & Holland, G. J. (2018). Global estimates of damaging hail hazard. *Weather and Climate Extremes*, 22, 10-23.
95. Púčik, T. et al. (2019). Large hail incidence and its economic and societal impacts across Europe. *Monthly Weather Review*, 147(11), 3901-3916.
96. Bois, B., Zito, S., & Calonnec, A. (2017). Climate vs grapevine pests and diseases worldwide: the first results of a global survey. *OENO One*. 51(2-3): 133-139.
97. Reineke, A., & Thiéry, D. (2016). Grapevine insect pests and their natural enemies in the age of global warming. *Journal of Pest Science*. 89(2): 313-328.
98. Hannah, L. et al. (2013). Climate change, wine, and conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 110(17): 6907-6912.
99. Morales-Castilla, I. et al. (2020). Diversity buffers winegrowing regions from climate change losses. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 117(6): 2864-2869.
100. Nesbitt, A. et al. (2016). Impact of recent climate change and weather variability on the viability of UK viticulture—combining weather and climate records with producers' perspectives. *Australian journal of grape and wine research*. 22(2), 324-335.
101. Nesbitt, A. et al. (2018). A suitability model for viticulture in England and Wales: opportunities for investment, sector growth and increased climate resilience. *Journal of Land Use Science*. 13(4), 414-438.
102. Georgeson, L. & Maslin, M. (2017). Distribution of climate suitability for viticulture in the United Kingdom in 2100. ECRC Research Report Number 177.
103. van Leeuwen, C. et al. (2009). Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red

- Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? *OENO One*. 43(3): 121-134.
104. van Leeuwen, C., & Darriet, P. (2016). The impact of climate change on viticulture and wine quality. *Journal of Wine Economics*. 11(1), 150-167.
105. Simik, I. et al. (2018). Viticulture under climate change impact: future climate and irrigation modelling. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 50, p. 01041). EDP Sciences

VIII 気候変動の適応策

1. 適応策の考え方

気候変動の適応策には、温暖化・気候変動予測、植物季節・収穫期、病虫害発生等のモデルを利用した影響評価を行うことが望ましい。それに基づいて、短期的、中期的、長期的適応策を考えていく必要がある。

- 1) 醸造用ぶどう栽培に関する気象要因、気候指標がどのようになるか、温暖化・気候変動予測
- 2) 植物季節モデル、収穫期予測モデル、病虫害発生予測モデルを利用した影響評価
- 3) 以上に基づく、適応策の策定

オーストラリアでは気候モデルを利用して、全国 71 産地ごとの生育期における平均気温と降水量、乾燥度指数（年降水量／年蒸発計蒸発量）、霜害リスク等の推移とこれらの気候マップが作成され、影響評価や適応策の開発に利用されている^{106,107)}。

代表的な産地について、2007 年代（1997-2017 年）、2050 年代（2041-2060 年）、2090 年代（2081-2100）の各年代の気候指数の推移は表 10 のとおりである¹⁰⁷⁾。2007 年代と 2090 年代とを比較すると、生育期平均気温は 2.5～3.0℃上昇、生育期降水量の変化は比較的少ない、晩霜害リスクはいずれの地域でも減少、熱波は増加、乾燥度指数は減少し降水量に比べ蒸発量が上昇する傾向と予測されている。

表 10 オーストラリアにおける醸造用ぶどう栽培に関する気候変動指数の長期変動予測

州地区	生育期平均気温(℃)			生育期降水量(mm)		
	2007	2050	2090	2007	2050	2090
南オーストラリア州 リバーランド	21.1	22.4	23.9	148	140	134
南オーストラリア州 アデレードヒルズ	17.9	19	20.4	263	296	278
ニューサウスウェールズ州 ハンターバレー	20.2	21.4	23.2	534	584	589
タスマニア州 セントラルノース	14.5	15.5	17.1	379	343	343

州地区	生育期霜害リスク日数			熱波(過剰熱因子)			乾燥度指数		
	2007	2050	2090	2007	2050	2090	2007	2050	2090
南オーストラリア州 リバーランド	0.3	0	0	16.4	18.2	19	0.14	0.12	0.1
南オーストラリア州 アデレードヒルズ	0.5	0.2	0	19.7	22.5	24.9	0.51	0.4	0.33
ニューサウスウェールズ州 ハンターバレー	0.7	0.3	0.1	8.4	8.7	10.6	0.58	0.51	0.47
タスマニア州 セントラルノース	9.3	8.5	3.7	5.8	8.2	7.6	0.77	0.66	0.57

2007: 1997-2017年
2050: 2041-2060年
2090: 2081-2100年

霜害リスク: 10月～4月の2℃未満の日数
熱波(過剰熱因子): 3日間の日平均気温が95パーセンタイルを超える日数
乾燥度指数: 年間降水量／年間蒸発計蒸発量

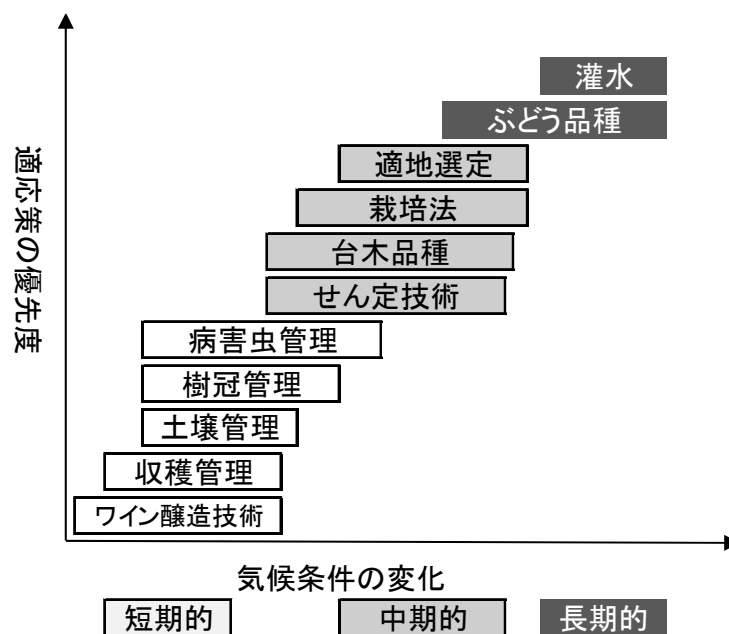
出所: 文献^{106, 107)}より作成

植物季節モデル、収穫期予測モデル、産地移動予測モデルを利用した影響評価については、Parker モデル、Morales-Castilla らのモデル等が開発されてきていることから、今後より詳細な影響評価が可能になると考えられる^{108~112)}。

欧州の ADCLIM では、気候変動の主な影響として、収穫期が前進して高温の時期に成熟することによる果実品質の変化、蒸発散量の増加・降水パターンの変化による水ストレスをあげている¹¹³⁾。さらに気候変化が進むにつれ、各種適応策の優先度が変わるとしている（図 17）。

短期的には、多少の果実品質の変化は、ワイン醸造技術や収穫管理で対応可能であるが、中期的には台木の変更、栽培法の変更が必要となり、さらに長期的にはぶどう品種の変更や現在灌水を行わない産地でも灌水が必要になる。

こうした適応策の優先度は、環境条件、品種、資源が変われば変化する。例えば、生育期の降水量が少ない産地では、現在すでに灌水が必要であり、気候変動が進めばより精密な灌水が求められる。



出所：ADVCLIM (2016)¹¹³⁾ より引用

図 17 気候変動に対する短期的、中期的、長期的適応策

引用・参考文献

106. Harris, R. M. B. et al. (2019). AUSTRALIA'S WINE FUTURE: Adapting to short-term climate variability and long-term climate change. Final report to Wine Australia, Antarctic Climate and Ecosystems Cooperative Research Centre, University of Tasmania, Hobart, Tasmania.
107. Remenyi, T.A. et al. (2019). Australia's Wine Future — A Climate Atlas. University of Tasmania, Hobart, Tasmania.
108. Parker, A. et al. (2013). Classification of varieties for their timing of flowering and veraison using a modelling approach: A case study for the grapevine species *Vitis vinifera* L. *Agricultural and Forest Meteorology*. 180: 249-264.
109. Parker, A. K. et al. (2020). Temperature-based grapevine sugar ripeness modelling for a wide range of *Vitis*

- vinifera* L. cultivars. *Agricultural and Forest Meteorology*. 285. 107902.
110. Camargo-Alvarez, H. et al. (2020). Modeling the effect of temperature on bud dormancy of grapevines. *Agricultural and Forest Meteorology*. 280, 107782.
111. Costa, R. et al. (2019). Grapevine phenology of cv. *Touriga franca* and *Touriga nacional* in the Douro wine region: Modelling and climate change projections. *Agronomy*. 9(4), 210.
112. Morales-Castilla, I. et al. (2020). Diversity buffers winegrowing regions from climate change losses. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 117(6): 2864-2869.
113. ADVICLIM. (2016). Adapting viticulture to climate change guidance manual to support winegrowers' decision-making.
114. Van Leeuwen, C., & Darriet, P. (2016). The impact of climate change on viticulture and wine quality. *Journal of Wine Economics*. 11(1), 150-167.

2. 高温への適応

品種選択

フランスの VitAdapt プロジェクトでは、*Vitis vinifera* 品種の多様性による温暖化に適応したワイン生産を目指している^{115,116)}。欧州の地理的表示ワインでは、地域の気候条件で最高のワイン品質となるような品種だけ栽培が許されてきた。しかし、気候温暖化に伴う高温、夏季乾燥が顕著になり、品種変更の可能性も検討しておく必要がでてきている。

そのため、ボルドー地域において品種変更の可能性について 52 品種の包括的な特性調査が行われている¹¹⁶⁾。調査項目は、植物季節、果実品質、ワイン品質（香り、typicity）であり、現行品種のカベルネ・ソーヴィニオンが最も適合としている。ボルドーで栽培している品種以外では、同様の植物季節、typicity で成熟の遅い品種がよいとしている。

最近、Suter ら（2021）は VitAdapt プロジェクトの一環として、36 品種について糖蓄積と環境要因との関係の詳細な解析を行っている¹¹⁷⁾。その結果、環境要因としては、ベレゾーン前またはベレゾーン後の光合成有効放射、気温、樹体の水分状態の影響が大きい。また、ベレゾーン中期の果実重とその時期も、果実の大きさによって糖度に影響することから、重要である。こうした関係は、品種によってかなり異なる。気候変動への適応については、気温だけ考慮するのではなく、光環境、水分状態、果実の大きさを考慮する必要がある。また、こうしたデータは、今後の品種選択にも極めて有用な情報となる。

英国でも、温暖化により醸造用ぶどう栽培の適地拡大の可能性があり、BritAdapt という同様のプロジェクトをフランスのグループと連携して行う動きがある¹¹⁸⁾。

クローン利用

今までは、クローンは高生産性、早熟性、高糖度で選抜されてきた¹¹⁶⁾。しかし、温暖化すると一般に早く熟しすぎ、糖度も高くなりすぎる場合があり、今後はこれとは逆の選抜も必要になる。カベルネ・フランでは、クローンにより糖度蓄積に差があり、同じ品種でも適応範囲を広げることが期待できる¹¹⁶⁾。

スペインの Arrizabalaga-Arriazu ら（2020）は、テンプラリーニョについて 5 種類のクローンを気温（対照、対照+4℃）、二酸化炭素濃度（対照、700ppm）の温度勾配温室で栽培し、果実成熟や品質への影響を調べ、クローンによって反応が異なることを明らかにしている¹¹⁹⁾。

クローンは、品種の変更ではないことから、その地域の伝統的品種の維持に有効である。

台木利用

台木についても、GreffAdapt で気候変動に適応するための台木品種の早期選抜が行われている^{116,120}。品種の変更ではワインの *typicity* に影響するが、台木ではその影響が少なく、よい台木があれば普及しやすい。55 種の台木(*V. riparia*, *V. rupestris*, *V. berlandieri*) を用いて、植物季節、熟期、樹勢、乾燥耐性の影響が調査されている。

カリフォルニア州では、カベルネ・ソーヴィニヨンの 10 種類のクローンと異なる 10 の台木を組み合わせた大規模試験が生産者圃場で行われている¹²¹。中国でも、カベルネ・ソーヴィニヨンと 8 種類の台木を用いた圃場試験が行われている¹²²。このような穂木・台木品種を組み合わせた圃場試験は、今後、適応策の開発に重要になると考えられる。

栽培管理

栽培管理により熟期を遅延させることも行われている。せん定時期を遅くしたり、果房数に対して葉面積を減らす、主幹を長くし着果位置を高くすることにより、熟期を数日遅くできる¹¹⁶。オーストラリアの熱波の対策については、灌水管理、栽培管理、品種・台木選択等の面から整理されている¹²³。

標高差利用

標高が 100m 上がるごとに約 0.6℃低下するので、標高の高いところに園地を移動することも、熟期を遅らせるのに有効である^{116,124}。アルゼンチンのメンドーサでは、標高の違いによって、栽培品種を変えている。海拔 800m の温度が高い地域では、初心者向きワイン用の高収量品種、海拔 1,100m ではマルベック、カベルネ・ソーヴィニヨン、海拔 1,500m では早熟のシャルドネ、ピノ・ノワールを栽培している¹¹⁶。

引用・参考文献

115. Irvine, A.D. & Thibon, C. Adapting wine production to climate change through the exploration of the diversity of *Vitis vinifera* cultivars. <https://ives-openscience.eu/3762/>.
116. van Leeuwen, C. et al. (2019). An Update on the Impact of Climate Change in Viticulture and Potential Adaptations. *Agronomy*. 9(9): 514.
117. Suter, B. et al. (2021). Adapting Wine Grape Ripening to Global Change Requires a Multi-Trait Approach. *Frontiers in plant science*. 12, 36.
118. Climate change creates opportunities and risks for UK viticulture. <https://www.cambridgenetwork.co.uk/news/climate-change-creates-opportunities-and-risks-uk-viticulture>.
119. Arrizabalaga-Arriazu, M. et al. (2020). High Temperature and Elevated Carbon Dioxide Modify Berry Composition of Different Clones of Grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. Tempranillo. *Frontiers in plant science*. 11.
120. Marguerit, E. et al. Greffadapt: a relevant experimental vineyard to speed up the selection of grapevine rootstocks. <https://ives-openscience.eu/4150/>
121. Mertz, L. (2020). Under the California sun. *Good Fruit Grower*. May 1.
122. Wang, Y. et al. (2019). Rootstock-Mediated Effects on cabernet sauvignon performance: vine growth, berry ripening, flavonoids, and aromatic profiles. *International journal of molecular sciences*. 20(2), 401.
123. Wine Australia. (2012). Factsheet. Managing vines during heatwaves.
124. Schmid, A. et al. (2018). Upward shifts in elevation—a winning strategy for mountain viticulture in the context of climate change? *E3S Web of Conferences*. Vol. 50. EDP Sciences.

3. 水ストレス対策

水ストレスは、収量を減少させるが、厳しい水ストレス条件でなければ、赤ワイン品質を良くさせ、白ワインも、ある程度の水ストレス条件がよいとされている¹²⁵⁾。しかし、気候変動によりさらに乾燥が進み、水ストレスが厳しくなると、そのための適応策が必要になる。

台木利用

強い水ストレス条件でも収量を維持し、品質低下を避けることができれば、強力で環境に優しい適応策になる。GreffAdapt では、55 種の台木(*V. riparia*, *V. rupestris*, *V. berlandieri*) を使い、樹勢、乾燥耐性の調査が行われている。台木によって、水ストレスに対する適応性の低いものから、極めて高いものがあることが報告されている^{126,127)}。

品種利用

耐乾性は、品種によっても異なり、地中海沿岸地域が原産の品種、グルナッシュ、サンソー、カリニャンは乾燥に強く、一方、メルロ、テンブラリーニョ、ソーヴィニヨン・ブランは比較的弱いとされている¹²⁵⁾。

樹形（整枝法）

ゴブレは、乾燥地に適する樹形であり、水ストレスが厳しい条件での選択枝の一つである。しかし、平面樹形でなく機械収穫には適さない¹²⁵⁾。列間を広げることにより蒸発散量を少なくすれば灌水量を減らすことができるが、収量が減ることになる。収量・品質と水使用量金を含めた栽培経費のバランスを考慮する必要がある。

灌水

水源がある条件であれば、乾燥による過度な収量低下を避けるために灌水を行うことは選択枝となる。欧州の地理的表示ワイン、例えばフランスの原産地呼称 PDO では8月15日以降の灌水は禁止されている。その理由は、この時期はベレゾーンの時期に当たり、これ以降灌水すると果実重と収量が増加し、果実品質が低下しやすいためである¹²⁶⁾。スペインやイタリアでは気候温暖化の進展により、灌水の一部制限が緩和されてきている。

新世界の乾燥地では、制度的な灌水制限はないと考えられるが、樹体の水分状態を把握しながらドリップ灌水を行う等、節水栽培を行うことが望ましい^{126,128)}。節水法として RDI (Reduced deficit irrigation)、PRD (Partial rootzone drying) 等が注目されている。PRD は、根圏を2つに分けて、定期的に片方ずつ灌水する方法で、かなりの節水効果が期待できるが、課題もあり実用化に向けて研究が進められている。乾燥耐性台木と節水法を組み合わせた場合の、収量や収益性に対する影響を評価する試験も行われている¹²⁹⁾。

オーストラリアでは、90%のぶどう園に節水栽培がしやすいドリップやマイクロスプレーが装備されている¹³⁰⁾。土壌水分センサの普及率も高く、一部にサップフロー等の樹体水分センサが導入されている。RDIを行うぶどう園も多く、数は少ないものの PRD も普及している。

しかし、乾燥地では灌水によって塩集積が起こる場合もあり、ぶどうは塩ストレスに弱いことから、ぶどう栽培が困難になる場合もある。

引用・参考文献

125. van Leeuwen, C. et al. (2019). An Update on the Impact of Climate Change in Viticulture and Potential Adaptations. *Agronomy*. 9(9): 514.
126. Scholasch, T., & Rienth, M. (2019). Review of water deficit mediated changes in vine and berry physiology; Consequences for the optimization of irrigation strategies. *OENO One*. 53(3).
127. Marguerit, E et al. Greffadapt: a relevant experimental vineyard to speed up the selection of grapevine rootstocks. <https://ives-openscience.eu/4150/>
128. Keller, M. (2005). Deficit irrigation and vine mineral nutrition. *American Journal of Enology and Viticulture*. 56(3), 267-283.
129. Azorín, P. R., & Garcia Garcia, J. (2020). The productive, economic, and social efficiency of vineyards using combined drought-tolerant rootstocks and efficient low water volume deficit irrigation techniques under Mediterranean semiarid conditions. *Sustainability*. 12(5), 1930.
130. The Australian Wine Research Institute. (2019). AWRI vineyard and winery practices survey.

IX 持続可能性と醸造用ぶどう栽培

1. 持続的な醸造用ぶどう栽培

ワイン産業では、持続可能性については、醸造用ぶどう栽培とともにワイン製造に関係するすべてが対象となる。持続可能性は、環境にやさしく、従業員と地域にも等しく社会的に公正で、経営的にも実現可能なビジネス慣行とすることができる¹³¹⁾。また、持続可能な醸造用ぶどう栽培での優先事項第1位は、その土地を次の世代により形で継承することである。例えば、その土地から短期的に最大の収益を上げて、それから廃棄するような栽培は、持続可能性を無視した栽培となる。

世界 25 か国の醸造用ぶどう栽培者、ワイナリー、組合、ワイン関係のサービスや機器メーカーに対して持続可能なぶどう園開発についてアンケート調査が行われている¹³²⁾。ワイン生産について何が最も重要かとの問いに、持続可能性をあげたのが 36%であり、販売広報 75%、製品の官能特性 69%、生産費の管理 53%に比べれば低い。しかし、ニュージーランドでは 66%のように持続可能性を重要視する国もある。

一方、持続可能性の開発モデルに従うことは重要に思うかの問いには、89%がそのように思うと回答している。特に、ニュージーランド、オーストラリアは 100%で、持続可能性を重要視している。持続可能性について最も優先度が高いのは、総合的なエネルギー削減82%、環境を汚染する製品の削減72%、残渣・排水削減 71%、総合的な節水管理 62%である。

持続可能性の認証スキームには、表 11 のような例がある¹³³⁾。認証の要件は、世界的に統一されているわけではなくスキームによって異なる。ニュージーランドでは 96%のぶどう園が、Sustainable Winegrowing New Zealand の認証を受けている¹³⁴⁾。カリフォルニア州のワイン生産認証連合のまとめでは、州内のぶどう園全体の 29%、149 のワイナリー、ワインケースの 85%がなんらかの持続可能性認証を受けている¹³⁵⁾。カリフォルニア州のソノマ郡の生産者は、2014 年に世界でもっとも持続可能なワイン産地を目指すことを決定し、現在では郡内ぶどう栽培面積の 99%が認証を受けている¹³⁶⁾。

表 11 醸造用ぶどう栽培、ワイン生産における持続可能性スキームの例

持続可能性のスキーム(認証年、創立年)	国・地域
Sustainable Winegrowing New Zealand (1997)	ニュージーランド
Sustainable Australia Winegrowing Certification (2011)	オーストラリア
LIVE (1999)	オレゴン、ワシントン、アイダホ
Lodi Rules (2005)	カリフォルニア
Sustainability in Practice (2008)	カリフォルニア
Certified California Sustainable Winegrowing (2010)	カリフォルニア
Wines of Chile (2011)	チリ
Vignerons en Développement Durable Sustainable (2007)	フランス
V.I.V.A (2014)	イタリア
Certified Sustainable Austria (2015)	オーストリア
Integrated Production of Wine – Integrity and Sustainability (2010)	南アフリカ

出所: 文献¹³³⁾ より作成

持続可能性をワイン産業の重要な柱とするニュージーランドでは、持続可能性の重点領域として、生物多様性、副産物、水、エネルギー、ヒト、病虫害管理、土壌、空気、ビジネスの9つをあげている¹³⁷⁾。最近の報告では重点領域として、気候変動、ヒト、土壌、水、病虫害、廃棄物の6つをあげている¹³⁴⁾。生物多様性では、ぶどう園周囲に緩衝地帯を設置し、環境保全だけでなく病虫害の生物防除や土壌改善の推進、副産物では、せん定枝、果実残渣(果梗、果皮、種子等)の有効利用、水については水使用量の測定記録による有効利用、人については研修、イベント等を通じた人材育成、エネルギーについては、電力、燃料使用量の測定記録、病虫害については総合防除の推進、土壌については列間周年草生管理等である。病虫害については、2001年から2016年の間に、農薬の使用量を50%削減している。人材育成については、ビジネスとしても経費削減、効率的な管理につながるだけでなく地域の貢献にもなる。

持続的なぶどう栽培の経費については、慣行栽培より労働力が必要で経費がかかるものがある。一方、環境に対する利益が大きく経費削減につながるものであれば、そうした管理法は生産者も取り組みやすい。カリフォルニア州の調査では、このような管理法として、園全体の農薬散布でなく必要部分への局所散布、フェロモン利用、コンピュータモデルを利用した病害予測、カバークロップを利用した粉じん抑制、蒸発散モデルを利用した水管理等がある¹³⁸⁾。一方、経済的利益が低くても環境に対する利益が大きい管理について、生産者に取り組んでもらうにはどのようにすればよいか課題である。

消費者も持続可能性に対する関心が高まっている。イタリアの消費者を対象に行われたワインの嗜好調査では、消費者にとって最も重要な要素は、伝統と持続可能性である¹³⁹⁾。ワイン購入時に重視するのは、地理的表示(GI)、品種、持続可能性認証、ヴィンテージ、価格である。

引用・参考文献

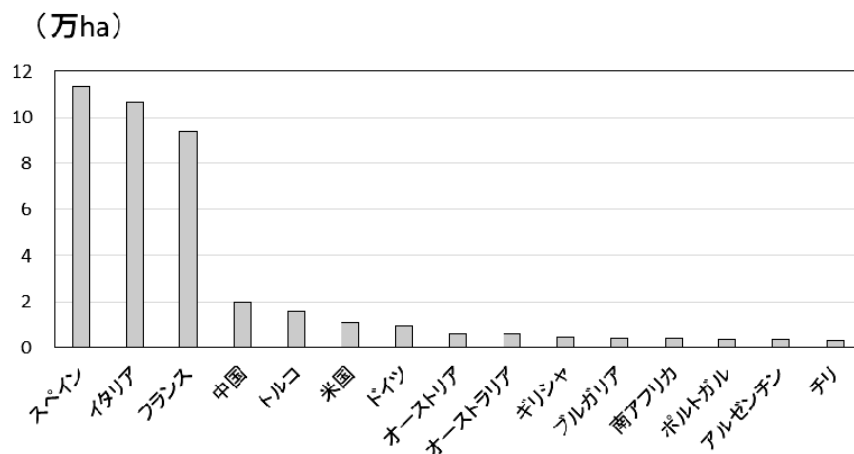
131. Gilinsky, A. et al. (2016). Sustainability in the global wine industry: Concepts and cases. *Agriculture and agricultural science procedia*. 8(1), 37-49.
132. Jones, G. V. (2012). Sustainable vineyard developments worldwide. *Bulletin de l'OIV*, 85(971-972), 973.
133. Moscovici, D., & Reed, A. (2018). Comparing wine sustainability certifications around the world: History, status and opportunity. *Journal of wine research*. 29(1): 1-25.
134. New Zealand Winegrowers Inc. Annual report 2019.
135. California Sustainable Winegrowing Alliance 2019 Annual Report.
136. Sonoma County Sustainable Winegrowing. <https://sonomawinegrape.org/scw/sustainability/>
137. New Zealand Winegrowers Inc. Sustainability Report 2016.

138. Lubell, M. et al. (2010). The perceived benefits and costs of sustainability practices in California viticulture. Center for Environmental Policy and Behavior, University of California, Davis.
139. Capitello, R., & Sirieix, L. (2019). Consumers' perceptions of sustainable wine: an exploratory study in France and Italy. *Economies*. 7(2). 33.

2. 有機栽培、ビオディナミ

有機ワイン、ビオディナミワインも、持続可能ワインとされている¹⁴⁰⁾。有機ワインと認証されるには、醸造用ぶどうが有機農法、すなわち化学合成の農薬、肥料を使わず、周辺環境とのバランスを考慮して栽培される必要がある。醸造段階でも有機的な技術が用いられる。

世界のぶどう有機栽培面積は近年急増しており、2018年には42.2万haである¹⁴¹⁾。これは、世界のぶどう栽培全体の6.1%を占める。有機栽培面積の多い国は、スペイン11.3万ha、イタリア10.6万ha、フランス9.4万ha、中国2.0万ha、トルコ1.6万ha、米国1.1万haである。ぶどう栽培面積に対する有機栽培ぶどうの占有率を見ると、イタリア15.9%、フランス12.6%、スペイン12.1%、ドイツ9.3%、米国2.7%、ニュージーランド7.2%である¹⁴¹⁾。主要生産国ではないが、英国は28.6%で有機ぶどう栽培面積の割合が大きい。



出所：文献¹⁴¹⁾より作成

図 18 世界主要国におけるぶどうの有機栽培面積

ビオディナミ (Biodynamic) は、哲学者・教育者のルドルフ・シュタイナーによって提唱された有機農法の一つでバイオダイナミック (Biodynamic) 農法とも呼ばれる^{142~144)}。世界全体では20万haでビオディナミに基づく栽培が行われている。特に、醸造用ぶどう栽培ではその重要性が増しており、世界で15,000haにのぼる¹⁴¹⁾。

ビオディナミはぶどう園全体の10%を保護用地とする、肥料は自前で生産することでカーボンフットプリントを削減する、天敵用の植生を確保して害虫対策を行う。肥料は牛の角等を利用して作る。その考えは、周辺環境への依存と負荷を最小限にしながら持続的な農園にすることであり、有機栽培の精神をすべて取り入れ、さらにその上を行くものである¹⁴⁴⁾。

ビオディナミは奇妙ともいえる肥料を使う等、通常の農法とはかなり異なる。最近、ビオディナミについて、土壌、樹体、果実品質への影響を科学的に評価する試験も行われている^{145,146)}。

引用・参考文献

140. CBI Market Intelligence. (2016). CBI Product Factsheet: Sustainable wine in Europe.
141. Helga, W. et. al (Eds). (2020). The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2020. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL). Frick, and IFOAM - Organics International, Bonn.
142. Castellini, A. et al. (2017). An overview of the biodynamic wine sector. *International Journal of Wine Research*. 9: 1-11.
143. ジェイミー・グッド.(2014). 新しいワインの科学 (梶山あゆみ訳). 河出書房新社. 東京.
144. Courtney, R. (2020). An ethos beyond organic. *Good Fruit Grower*, Nov. 2020
145. Döring, J. et.al. (2019). Organic and biodynamic viticulture affect biodiversity and properties of vine and wine: a systematic quantitative review. *American Journal of Enology and Viticulture*. 70(3): 221-242.
146. Meissner, G. et al. (2019). Conversion to organic and biodynamic viticultural practices: impact on soil, grapevine development and grape quality. *OENO One*. 53(4): 639-659.

3. カーボンニュートラル

醸造用ぶどう栽培は、気候変動に対して、大きく2つの課題、すなわち適応策の開発と温室効果ガス削減に直面している。温室効果ガス放出の評価は、ライフサイクルアセスメント (LCA) で行われ、カーボンフットプリントが計算される。カーボンフットプリントは、ぶどう園での果実栽培、ワイナリーでの醸造、包装・輸送等の過程が関係する^{147~150)}。カーボンニュートラルは、消費者がワインを購入飲酒しビン等を廃棄する時点での炭素収支がゼロとなることを意味する。

イタリアの調査では、ぶどう園の炭素吸収量は0.8~0.9 t/haであり、そのうちの20~25%が果実に、20%が枝葉に、20%は枝幹根等の貯蔵組織に分配される¹⁵⁰⁾。一方、ぶどう栽培に関して炭素放出が多いのは、重油、電気、肥料である。重油はトラクター、スプレーヤー等に使われる。電動トラクターが市販され、重油の代わりにバイオ燃料を使用することも検討されている。Chiriaco ら (2019) によれば、カーボンフットプリントの15%が栽培関係、85%が醸造関係としている¹⁴⁹⁾。

窒素肥料は、製造時にかなりのカーボンフットプリントがあり、二酸化炭素より300倍温室効果の高い亜酸化窒素を放出する。自前で有機物肥料をつくることも行われている。また、せん定枝から炭を作り土壌改良用とするのも有効である。

Smart ら (2020) は、各種取組によりオーストリアの醸造用ぶどう・ワイン分野におけるカーボンニュートラルの可能性はありとしている¹⁴⁷⁾。

引用・参考文献

147. Smart, R. et al. (2020). Towards Australian grape and wine industry carbon neutrality... the possible dream. <https://winetitles.com.au/199176-2/>
148. Ferrara, C., & De Feo, G. (2018). Life cycle assessment application to the wine sector: a critical review. *Sustainability*. 10(2), 395.
149. Chiriaco, M. V. et al. (2019). The potential carbon neutrality of sustainable viticulture showed through a comprehensive assessment of the greenhouse gas (GHG) budget of wine production. *Journal of Cleaner Production*, 225, 435-450.
150. Adoir, E. et al. (2019). Study of the viticultural technical itineraries carbon footprint at fine scale. In BIO Web of Conferences (Vol. 15, p. 01030). EDP Sciences.
151. Pitacco, A., & Meggio, F. (2015). Carbon budget of the vineyard—A new feature of sustainability. In *BIO Web of*

X まとめ

近年、日本でもワインブームの影響もあり、国産醸造用ぶどうの需要は増加している。日本は、南北に長く気候・土壌も多様であり、地域のテロワールに合わせて醸造用ぶどう栽培、ワイン生産を進めていく必要がある。それには、新しい時代のテロワールともいえる精密ぶどう栽培の考えを導入するのが望ましいと考えられる。欧州における最新の精密ぶどう栽培については、当協会発行の「欧州及びイタリアの果樹農業の現状とスマート農業に関する調査報告書」¹⁵²⁾に一部掲載されているので参考にしてほしい。

日本における醸造用ぶどう栽培の研究は、世界的に見ると進んでいるとは言えない。しかし、生食用ぶどうに関する研究は世界をリードしており、その知見を醸造用ぶどうにも活かすことができる。醸造用ぶどうの果実品質に対する気象要因、土壌要因の影響については、いまだ不明な点も多い。日本では、施設栽培、雨除け栽培、根圏制御栽培について数多くの知見があり、それを生理的解明に活かすことができると考えられる。また、温度勾配チャンバー (TGC) は、日本で生まれた技術であり、ぶどうの温暖化影響評価研究に有効と考えられる。

日本は、醸造用ぶどうの干ばつの被害は少ないと思われるが、凍害、晩霜害、雹害、台風（強風害）等多くの気象災害や、雨が多いこと等による病虫害の発生もある。醸造用ぶどうについては、日本における被害状況は詳しくは整理されていないと考えられる。今後、その実態解明、影響評価、対策の検討を進めておく必要があるのではと考える。

気候変動の適応策は、短期的、中期的、長期的な視点で考えていく必要がある。特に、中長期的視点では、どのような品種・クローン、台木を組み合わせればよいかが重要になる。フランス、米国でもこのような圃場試験は行われているが、環境条件が異なれば生育反応、果実収量・品質は異なるので、海外の好適組み合わせが日本でもよいとは限らない。このような試験は、時間がかかるので、研究者、生産者、関連組織を含めて対応を検討しておくことが望ましい。

持続可能性は、今のところ消費者の選択基準としてはそれほど重要視されていないかもしれない。しかし、今後世界的に持続可能性の動きは確実に進むと考えられる。日本では、雨が多いこともあり持続可能性に配慮した栽培や有機栽培の導入は困難が伴うと考えられる。比較的降水量が多い条件でも持続可能性でアピールしているニュージーランドの動向は参考になると考えられる。

カーボンニュートラルについても、目標達成時期を決めて推進する動きが世界中で始まっている。すでに、その可能性を見通している国もある。日本の対応は今後検討していくことになるが、世界の動向を把握・整理して置くことが望ましいと考えられる。

参考文献

152. 中央果実協会. (2020). 欧州及びイタリアの果樹農業の現状とスマート農業に関する調査報告書. 海外果樹農業情報. No.142.

(朝倉)

海外果樹農業情報 刊行物一覧

No.	調査報告書名	発行年月
89	台湾における果実の生産・流通・消費事情等に関する調査報告書	06. 6
90	スペインにおけるカンキツ類の生産・流通事情調査報告書	06. 10
91	ベトナム・韓国・インドネシア・台湾における果実の生産・流通事情調査報告書（補遺版）	06. 10
92	チリにおける落葉果実等の生産・流通事情調査報告書	07. 2
93	台湾における果実の輸入関連制度に係る調査報告書（付 果実の生産・流通状況）	07. 5
94	アラブ首長国連邦・インド・タイにおける果実の生産・流通・消費事情調査報告書	07. 7
95	ニュージーランドにおける果実の生産・流通・消費事情等調査報告書	08. 3
96	台湾における日本産果実の流通・消費実態調査報告書	08. 6
97	韓国における主要果実の生産及び輸出入等に関する実態調査報告書	08. 7
98	ドイツ・オランダにおける果実・果実加工品の生産・流通状況調査報告書	09. 2
99	台湾における日本産果実の生産・流通・消費実態調査報告書	09. 6
100	世界の主要果実の生産・貿易概況 2009 年版	09. 11
101	中国におけるボンカンノ生産・流通実態調査報告書ー福建省及び浙江省を中心としてー	09. 11
102	米国におけるリンゴの加工品等実態調査報告書	10. 2
103	ロシアにおける日本産果実の販売可能性及び同国の果樹農業・政策基礎調査報告書	10. 7
104	米国連邦行政組織による果実消費拡大に向けた取組みに係る調査報告書	10. 8
105	台湾における日本産果実の流通・消費実態調査報告書	10. 8
106	グローバルゼーション下の米国の果汁産業及び新たな生産流通システム実態調査報告書	10. 8
107	インドにおける日本産果実の販売可能性及びインド産ブドウの対日輸出可能性調査報告書	10. 10
108	カナダの果樹農業・政策実態調査報告書	11. 3
109	米国カリフォルニア州におけるオウトウの生産・流通事情調査報告書	11. 6
110	台湾における果実の生産・流通・消費等実態調査報告書	11. 6
111	中東における日本産果実の販売可能性調査	11. 8
112	ブラジルにおけるオレンジ及びオレンジ果汁を中心とした生産・流通事情調査報告書	11. 9
113	中国の主要都市における日本産果実の販売可能性及び中国のオウトウ産地調査報告書	11. 10
114	世界の主要果実の生産・貿易概況 2012 年版	12. 3
115	台湾における日本産果実の流通状況等実態調査報告書	12. 6
116	中国におけるブドウの生産・流通・消費調査報告書	12. 10
117	韓国の対米国 FTA 締結による韓国果樹産業への影響等調査報告書	12. 11
118	台湾における東日本大震災後の日本産果実等流通状況実態調査報告書	13. 3
119	中国におけるモモの生産・流通・消費調査報告書	13. 3
120	世界の主要果実の生産概況 2013 年版	13. 10
121	台湾における日本産果実の流通状況及び輸入に関連する規制等に係る調査報告書	14. 3
122	世界の主要果実の貿易概況 2013 年版	14. 3
123	世界の主要果実の生産概況 2014 年版	14. 10
124	世界の主要果実の生産概況 2015 年版	15. 3
125	台湾における日本産果実の流通及び輸入促進に向けた諸課題に係る調査	15. 3
126	ニュージーランドの果樹農業及び香港の日本食品・果実事情調査報告書	15. 8
127	海外の果樹産業ニュース 2015 年度版	16. 3
128	台湾における日本産食品の輸入規制強化にともなう日本産果実の流通への影響に係る調査報告書	16. 3
129	海外の果樹産業ニュース 2016 年度上期版	16. 10
130	世界の主要果実の生産概況 2016 年版	17. 2
131	海外の果樹産業ニュース 2016 年度下期版	17. 3
132	台湾における日本産果実の流通状況及び輸入促進に向けた諸課題に係る調査	17. 3
133	海外の果樹産業ニュース 2017 年度上期版	17. 9
134	世界の主要果実の生産概況 2017 年版	18. 2
135	世界の果樹産業ニュース 2017 年度下期版	18. 3
136	台湾における日本産果実の流通・消費の状況及び輸入促進に向けた諸課題に係る調査	18. 3
137	海外の果樹産業ニュース 2018 年度上期版	18. 10
138	世界の主要果実の生産概況 2018 年版	19. 2
139	海外の果樹産業ニュース 2018 年度下期版	19. 3
140	米国ワシントン州のりんご生産の現状と省力・機械化技術に関する調査報告書	19. 3
141	海外の果樹産業ニュース 2019 年度上期版	19. 10
142	欧州及びイタリアの果樹農業の現状とスマート農業に関する調査報告書	20. 3
143	海外の果樹産業ニュース 2019 年度下期版	20. 3
144	世界の主要果実の生産概況 2019 年版	20. 3
145	海外の果樹産業ニュース 2020 年度上期版	20. 9
146	世界の主要果実の生産概況 2020 年版	21. 3
147	海外の果樹産業ニュース 2020 年度下期版	21. 3

