

世界のカンキツ産業
生産流通の現状と栽培流通技術

2025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

〒100-0011 東京都千代田区内幸町1-2-1 日土地内幸町ビル

【電 話】03-6910-2922 (代)

【F A X】03-6910-2923

序 文

我が国のウンシュウミカン、中晩柑等のカンキツは、マルドリ栽培やマルチ栽培、光センサー導入等により高品質果実生産が進んでいます。一方、温暖化気候変動の影響が懸念される中、高齢化や担い手の減少が進み、栽培面積、収穫量、国内供給量も減少が続いています。

世界のカンキツ産業を見ると、壊滅的被害を及ぼす HLB（グリーンング病）の拡大や温暖化に伴う干ばつや高温障害の頻発が大きな脅威になっています。我が国は、オレンジ、マンダリン、レモン等の生果やオレンジ果汁を輸入し、マンダリン等の輸出を進めていますが、温暖化に伴い変動しつつある世界のカンキツ生産・輸出入の動向把握がますます重要になっています。栽培流通技術に関する情報についても、今後の我が国のカンキツ産業の将来方向を考える上で、大いに役立つと考えられます。

当協会では、過去にもイタリアやスペインのカンキツ生産・流通事情調査を行っていますが、世界のカンキツ産業についての全般的な情報把握はできていません。

このようなことから、農林水産省補助事業である果樹農業生産力増強総合対策の調査研究等事業の一環として、本年度は、世界のカンキツ産業、特に生産流通の現状と栽培流通技術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、カンキツの栽培流通等関連技術の開発に少しでもお役に立てば幸いです。

令和7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	4
II 日本のカンキツ生産と流通	5
III 世界のカンキツ生産と流通	16
IV 米国のカンキツ生産	27
V ブラジルのカンキツ生産	33
VI スペインのカンキツ生産	36
VII その他主要国のカンキツ生産	39
VIII 気象条件と気象災害	45
1. 気温と降水量	45
2. 寒害	46
3. ハリケーン、台風の被害	47
4. 干ばつ、気候変動	48
VIII HLB（グリーニング病）	49
IX 果実品質と消費者嗜好	53
X 世界のカンキツ品種、台木	55
1. 品種	55
2. 台木	57
XI 栽培技術	59
1. カンキツの労働時間と機械収穫	59
2. 樹形、整枝・せん定	60
3. 密植栽培	61
4. 水管理	62
XII 流通貯蔵技術	63
XIII まとめ	65

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、主要生産国の現状および品種や栽培流通に関する研究・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。

ウンシュウミカンや中晩柑等のカンキツは、国内ではマルドリ栽培やマルチ栽培による高品質栽培が進む一方で、高齢化や担い手の減少が進み、栽培面積、収穫量も減少が続いている。輸入オレンジ果汁は主産国の気象災害・天候不順、病害影響による減産と在庫の逼迫等により価格が大幅に上昇し、国内供給が不安定化している。輸入生果については、オレンジ、マンダリン、グレープフルーツ、レモン等多様なカンキツが、多くの国から輸入され、こうした生産国、輸出国の動向が国内市場にも影響する状況にある。

そこで、国内のカンキツ産業について整理するとともに、海外の主要生産国の生産、輸出入動向、品種、栽培流通技術等について整理する。

2. 調査の方法および内容

(1) 調査の実施期間

令和6年4月～令和7年3月

(2) 調査の方法

カンキツに関する海外の論文、調査報告書、インターネット情報、書籍等を幅広く収集した。また、韓国済州島で開催された第15回国際柑橘会議（15th International Citrus Congress (ICC 2024)、国際柑橘学会主催）に参加し、世界の最新情報を取得した。

(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. 日本のカンキツ生産・流通、栽培技術等を踏まえ、世界のカンキツ産業について、その実態を多角的に取りまとめた。主な調査内容は、生産と流通、気象条件、HLB（グリーンング病）、果実品質、品種、栽培技術、流通貯蔵技術である。
2. 日本のウンシュウミカン、カンキツ類の結果樹面積、収穫量は減少し続け、ウンシュウミカンの国内供給量の減少は、他の主要果樹に比べても顕著である。面積が増加している品目・品種はユズ、シイクワシャー、レモン、肥の豊、せとか、甘平、愛媛果試第 28 号等である。オレンジ、マンダリン、グレープフルーツ、レモンについて生果の輸入量は、年により変化が大きいものの、全体的にはオレンジ、グレープフルーツ、レモンは減少、マンダリンは増加傾向である。みかん輸出は、カナダが大幅に減少し、香港、台湾が増加している。卸売価格は、近年増加傾向である。みかんは他の主要果樹に比べ労働力を必要としないが、収穫調製の時間は長い。傾斜地も多く、省力化が課題である。
3. オレンジ生産の多い国は、ブラジル、中国、メキシコ、エジプト、米国、スペインである。マンダリン生産の多い国は、中国、インド、インドネシア、トルコ、スペイン、モロッコ、ブラジル、エジプト、イラン、イタリア、日本、米国、韓国である。グレープフルーツ・ポメロの生産が多い国は、中国、ベトナム、メキシコ、南アフリカ、米国である。レモン・ライムの生産量の多い国は、インド、メキシコ、中国、アルゼンチン、ブラジル、トルコ、米国である。
4. オレンジ生果の主要輸出国は、エジプト、スペイン、南アフリカである。オレンジの最大生産国のブラジルは大部分がジュース加工用である。マンダリン生果の主要輸出国は、スペイン、トルコ、中国、南アフリカ、モロッコ、エジプトであり、グレープフルーツ・ポメロ生果の主要輸出国は、南アフリカ、中国、トルコ、エジプト、スペイン、イスラエル、タイ、米国である。
5. オレンジ果汁の大部分はブラジルで生産されている。米国は、世界第 2 位のオレンジ果汁生産国であったが 2004 年頃から急激に減少し、現在は 2000 年頃の 10 分の 1 程度までになり第 3 位に転落している。
6. 米国では、オレンジが多く、マンダリン、グレープフルーツ、レモンは比較的少ない。生産州は、フロリダ州、カリフォルニア州、テキサス州に限られる。オレンジは、1980 年代にフロリダ州の寒害の影響で減少しその後回復したが、2005 年頃より HLB（グリーンング病）やハリケーンの影響で減少し続けている。米国のカンキツ産業は、過去 20 年間、気象災害、HLB だけでなく、各種輸入果実との競争、価格低迷、生産費の上昇、労働力不足等多くの課題がある。
7. ブラジルのオレンジ生産量は、フロリダ州の度重なる寒害による生産量の不安定化を受けて、1960 年代から 2000 年頃にかけて急増した。その要因には、効率的輸送が可能なタンカートラック、タンカー船による FCOJ（冷凍濃縮オレンジジュース）の大量輸送がある。主要生産州はサンパウロ州であり、サンパウロ港から直接タンカー船に直接積載が可能である。オレンジ生産量は、2000 年代に入ると 1990 年代後半に比べて減少しているが、HLB や気象変動の影響である。
8. ブラジル、フロリダ州に代わるオレンジ果汁産地があるかどうかに関心がもたれるが、第 2 位の生産国であるメキシコも HLB の被害拡大が懸念されている。他にもオレンジ生産国は多いが、生食用品種を栽培している場合が多く、オレンジ生果輸出量も少なく、当面、果汁向けの増産は難しいと考えられる
9. スペインの生果輸出量は、オレンジは世界 2 位、マンダリンは世界 1 位である。気象条件はカンキツ栽培に好適であり、欧州市場にもアクセスしやすい位置にある。スペインでは、輸出を重視した品種の選択と開発が重要視されている。

10. 主要なカンキツ産地は、亜熱帯から地中海性気候、一部温帯に広がっている。しかし、中国やインドにおける産地は広く分布するものの、米国のフロリダ州・カリフォルニア州、ブラジルのサンパウロ州、スペインやイタリアの南部州のように多くの国では限られた地域に産地がある。気象災害には、寒害、ハリケーン・台風の被害、干害がある。ブラジルやフロリダ州では HLB による被害や気象災害を受け、地中海性気候地域では干害を受けている。
11. HLB は、世界のカンキツ産業、オレンジ果汁産業にとって最も脅威となっている。被害は、果実では、小玉、変形、苦み、着色異常、落果等であり、樹体も根が極端に減少して地上部、地下部のバランスが崩れ樹勢衰弱、枯死につながる。フロリダ州では当初、HLB の拡大はゆるやかであったが 2009 年頃から急拡大し、いまではすべての地域に広がり、大きな被害を受けている。確実な対策として、媒介昆虫ミカンキジラミの侵入を防ぐ大型の網室での栽培も普及し始めている。ブラジルは、フロリダ州での経験も踏まえてうまく対応できているが、近年、発生が増加傾向である。
12. 果実品質では、糖含量（糖度）、酸含量、糖酸比とともに香り、ジューシーさが食味に大きく影響する。栄養成分、健康機能性成分について取りまとめられ、体重管理（肥満）、糖尿病、心血管疾患（CVD）、メンタルヘルス、認知機能、慢性炎症、免疫、腸内細菌、骨の健康等についての総説が報告されている。
13. スイートオレンジには、普通オレンジ、ネーブルオレンジ、ブラッドオレンジ等がある。普通オレンジの品種は、ジュース加工に使われることが多い。ネーブルオレンジは、主に生食用であり地中海性気候の地域で高品質果実が生産される。
14. マンダリンは、果皮と果肉が離れやすく手で皮を剥くことができ、マンダリン雑種を含めて非常に多くの品種がある。このグループは、日本、中国、スペイン、イタリアではマンダリンと呼ばれ、米国ではタンジェリン、南アフリカではソフトシトラスと呼ばれることもある。
15. カンキツ栽培では、収穫のコストが最も高い。特に、果皮の破れやすいマンダリンは、ハサミ収穫を行う必要がある。一時普及したオレンジの機械収穫は、HLB 感染樹では機械的ストレスが大きくなることから、現在では行われていない。
16. せん定は、スペイン、イタリア、日本、中国では手せん定で樹をコンパクトに仕立てている。大規模な産地である米国、ブラジルでは大型機械を利用したヘッジングやトッピングを行っている。
17. ブラジル、フロリダ州では、HLB の影響もあり、早期の投資回収、栽培管理の簡易化、HLB の戦略的管理等により密植栽培が多くなっている。こうした理由から、わい性、半わい性の台木開発の必要性も高まってきている。
18. カンキツは亜熱帯から温帯で主に栽培され、常緑果樹であることから比較的多くの水を必要とする。雨の少ない地中海性気候の地域にも多くの産地があり、灌水が必須である。年間降水量が多い産地でも、時期によって雨が少なく乾燥しやすい土壌では干害を受けることがある。一方、雨や土壌水分が多すぎると、品質が低下しやすい。
19. カンキツは、ノンクリマクテリック型果実で呼吸量も非常に少ないので、比較的日持ちしやすい。流通貯蔵中の損失には、主に生理障害によるものと病害虫によるものとに分けられる。生理障害には、不適切な温湿度管理による障害、低温障害等がある。病害では、緑かびと青かび発生しやすい。海外では、収穫後に防かび剤が使われるが、使用しない方法も検討されている。
20. スペインではカンキツ産業について、現状と今後の方向を踏まえたロードマップが作成されている。日本でも、世界のトレンドを注視しつつ現状と課題を整理し将来の姿を考えていく必要がある。

I はじめに

我が国のカンキツは、栽培面積、収穫量とも減少を続け、消費量の指標となる国内供給量（生産量+輸入量-輸出量）の減少も他の樹種に比べ顕著である。国産果実の産出額は、ブドウやリンゴの増加もあり果実合計では増加傾向であるものの、ウンシュウミカンが増加していない。

ウンシュウミカンや中晩柑等のカンキツは、国内ではマルドリ栽培やマルチ栽培による高品質栽培が進む一方で、高齢化や担い手の減少が進み、栽培面積、収穫量も減少が続いている。輸入オレンジ果汁は主産国の気象災害・天候不順、病害影響による減産と在庫の逼迫等により価格が大幅に上昇し、国内供給が不安定化している。輸入生果については、オレンジ、マンダリン、グレープフルーツ、レモン等多様なカンキツが、多くの国から輸入され、こうした生産国、輸出国の動向が国内市場にも影響する状況にある。

こうしたことから、最初に日本のカンキツ生産の状況を多角的にまとめた。次に、世界のオレンジ、マンダリン、グレープフルーツ、レモン、オレンジ果汁の生産・輸出入の概況について整理した。さらに、HLB（グリーンング病）や気象災害の影響を受けている米国とブラジル、比較的規模が小さく先進的な栽培を行うスペインについて整理するとともに、その他、主要生産国である、中国、インド、メキシコ、トルコ、イタリア、韓国についても簡潔にまとめた。

気象条件と気象災害については、世界の主要産地の気象的特徴、気象災害、ハリケーン・台風害、干ばつ・気候変動についてまとめた。HLBについては、主に、フロリダ州とブラジルでの発生状況と対策について整理した。栽培流通技術については、世界の品種と台木、労働時間と機械収穫、樹形、整枝・せん定、密植栽培、水管理、流通貯蔵についてまとめた。

注

- 1) カンキツの品目に関する用語については、国により文献により異なることもあり統一していない。
- 2) マンダリンは、比較的皮が剥きやすく、ウンシュウミカン、クレメンティン、マンダリン雑種等を含む。米国ではタンジェリン、南アフリカではソフトシトラスと呼ぶこともある。
- 3) 海外の品種名（一部商品名）は英語表記とした。

II 日本のカンキツ生産と流通

日本のウンシュウミカンの結果樹面積は減少を続け1975年に16万700haであったが、2022年には3万6,200haにまで低下している(図1)¹⁾。カンキツ類(特産果樹動態調査、ウンシュウミカン以外)の結果樹面積もゆるやかに減少し、2021年には1万9,574haとなっている²⁾。ウンシュウミカンの収穫量も、1975年に366万5,000tを超えていたものが、2022年には68万2,200tとなり、カンキツ類も2021年には27万3,000tに低下している。長期的に見ると、栽培面積の減少には生産量の拡大に伴う価格の暴落や、生鮮オレンジ、オレンジ果汁の輸入自由化も関係している。

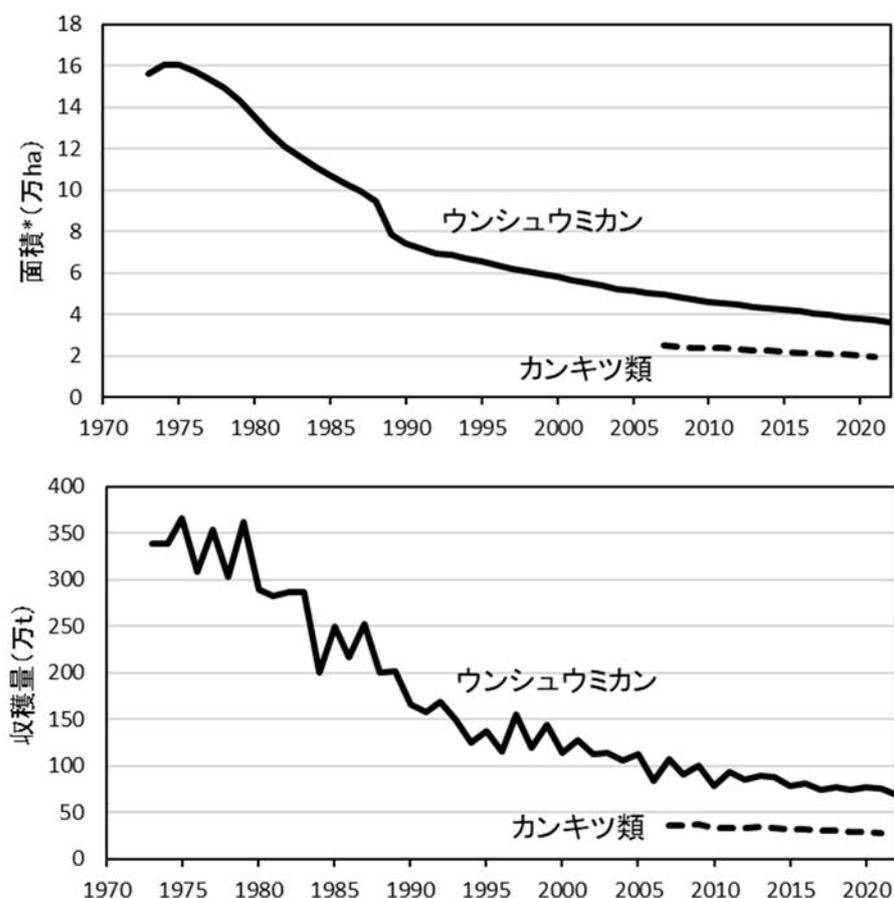


図1 ウンシュウミカン、カンキツ類の栽培面積、収穫量

*面積 ウンシュウミカンは結果樹面積、カンキツ類は栽培面積

代表的な果樹の国内供給量(生産量+輸入量-輸出量)を国連食糧農業機関(FAO)の統計から計算すると、国内供給量はバナナを除く果樹で減少し、特にウンシュウミカンの減少が顕著である(図2)。このことは、一人当たり消費量、摂取量の減少も非常に大きいことを示している。

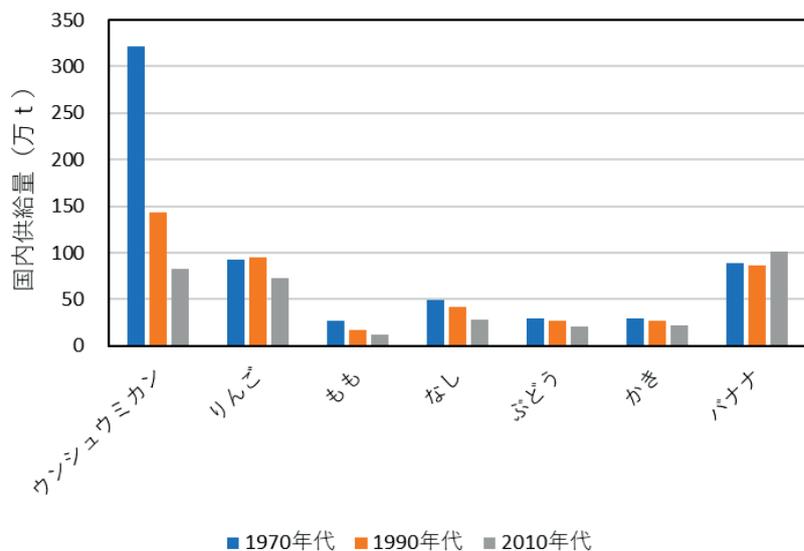


図2 代表的果樹の国内供給量の年代別変化

カンキツ類主要品目の栽培面積（特産果樹動態調査）は、イヨカン、不知火、なつみかん、ポンカン、はっさく、文旦、ネーブルオレンジで減少している（図3）。ユズ、シイクワシャー、レモンは増加傾向であり、特にレモンはここ数年急増している（図4）。また、肥の豊、せとか、甘平、愛媛果試第28号は増加が顕著である（図5）。

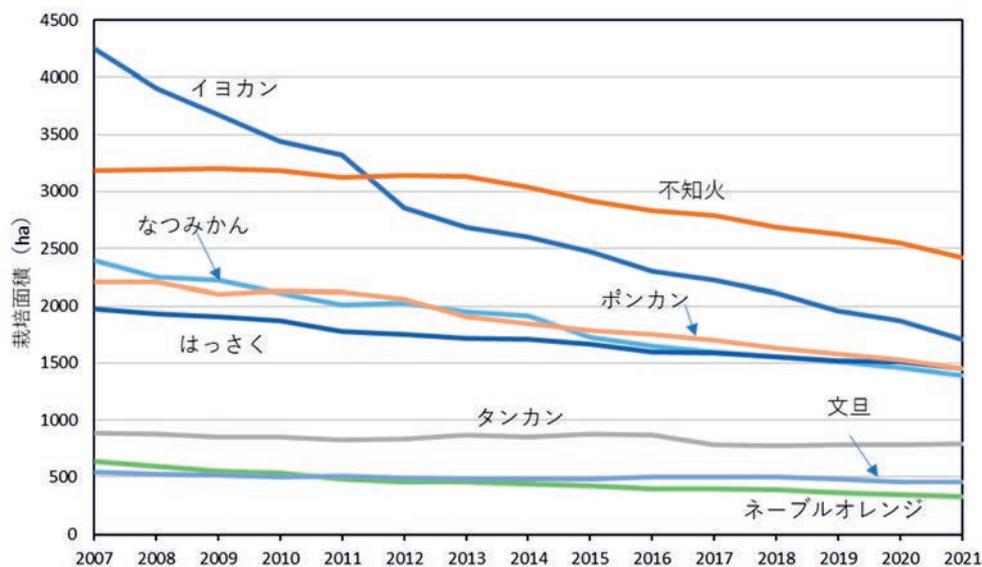


図3 カンキツ主要品目の栽培面積

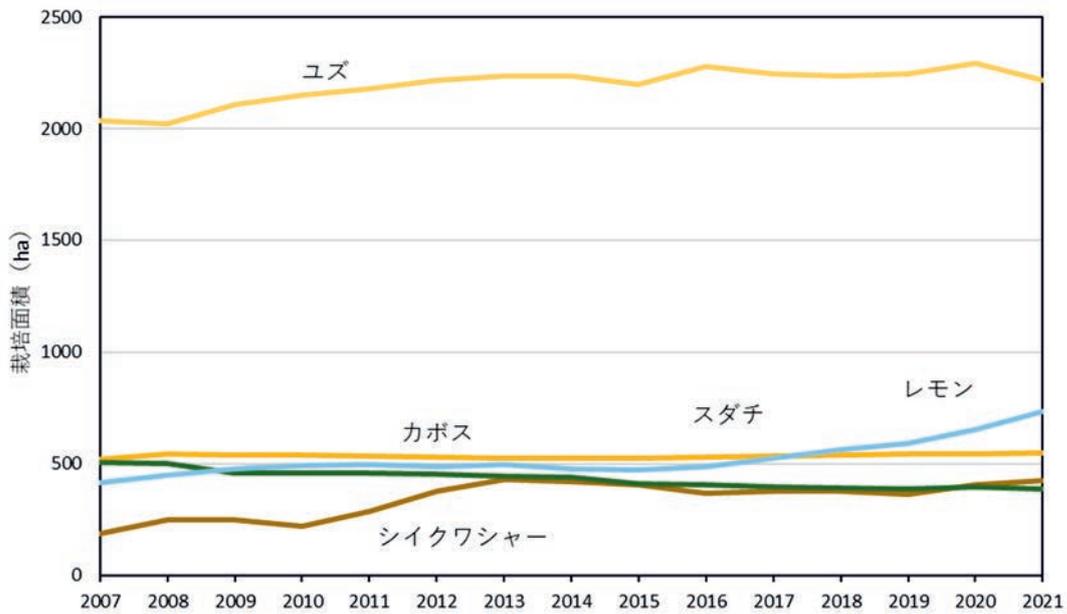


図4 カンキツ主要品目の栽培面積（香酸カンキツ）

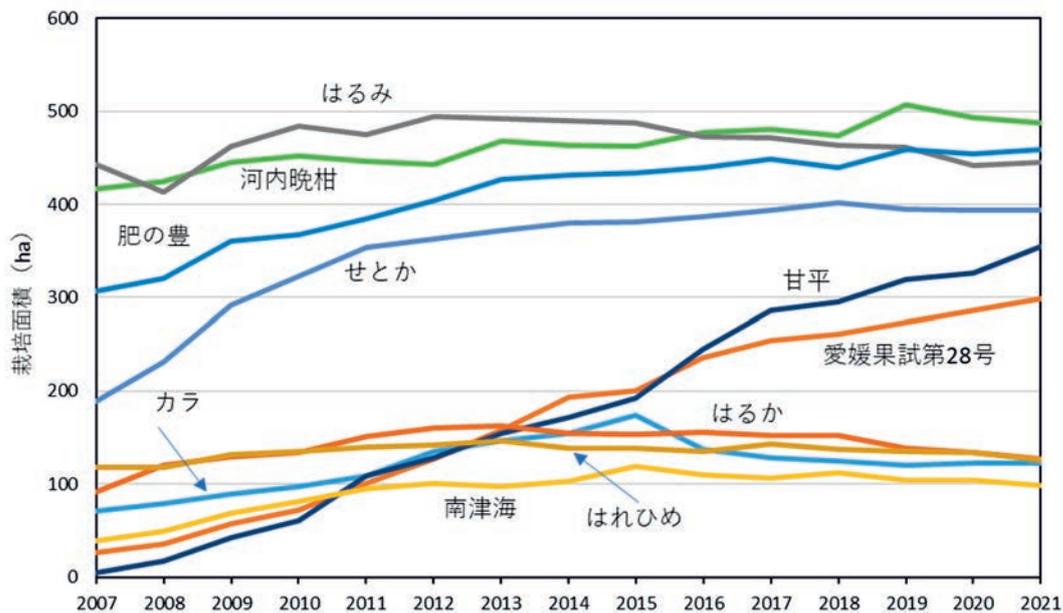


図5 近年栽培面積の増加した中晩柑類

主なカンキツ類の品目・品種の面積割合は、多い順に不知火、ユズ、イヨカン、ハッサク、ポンカン、なつみかん類であり、これらが半分以上を占める（図6）。次いで、タンカン、清見、レモン、カボス、河内晩柑、肥の豊、文旦、はるみ、シイクワシャー、せとか、スダチ、甘平、ネーブルオレンジ、ヒュウガナツである。

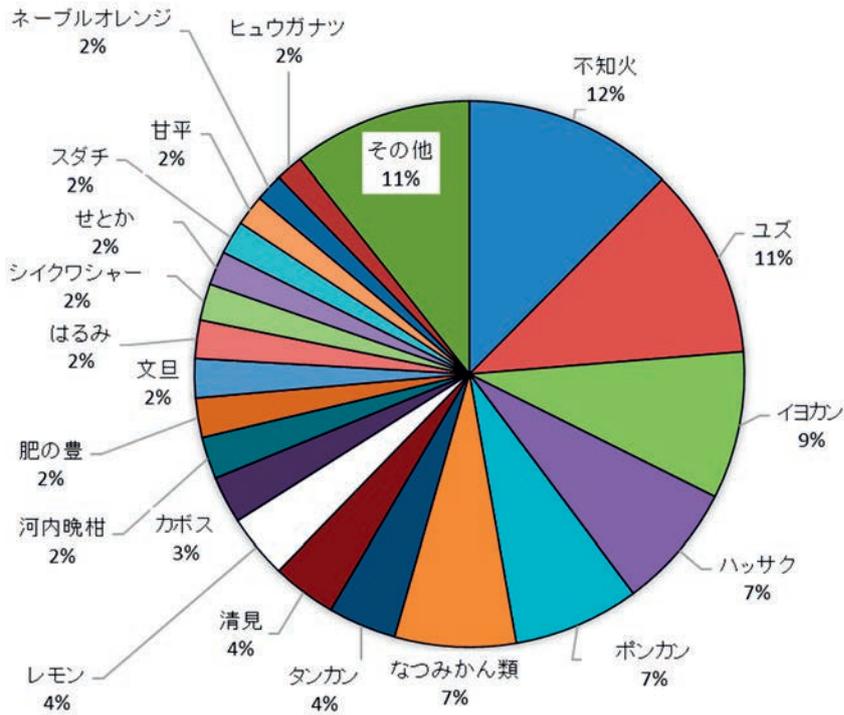


図6 カンキツ類の栽培面積割合（令和3年特産果樹動態調査）

オレンジ、マンダリン、グレープフルーツ、レモン、ライム生果の輸入量は、年により変化が大きいものの、全体的にはオレンジ、グレープフルーツ、レモンは減少、マンダリンは増加、ライムは変化が少ない傾向である（図7、図8）⁴⁾。

品目別に輸入先を見ると、オレンジ（生果）は米国が6から7割を占めていたが減少傾向である。一方、オーストラリアからの輸入が増加し、ここ数年米国を上回って第1位となっている。その他、南アフリカ、チリ、トルコからも輸入している。

マンダリンも米国が7から8割を占めていたが、2017年以降は低下している。2015年頃からオーストラリアの輸入が増加し、近年、特にペルーやトルコの輸入が顕著に増加している。その他、ニュージーランド、イスラエル等から輸入している。

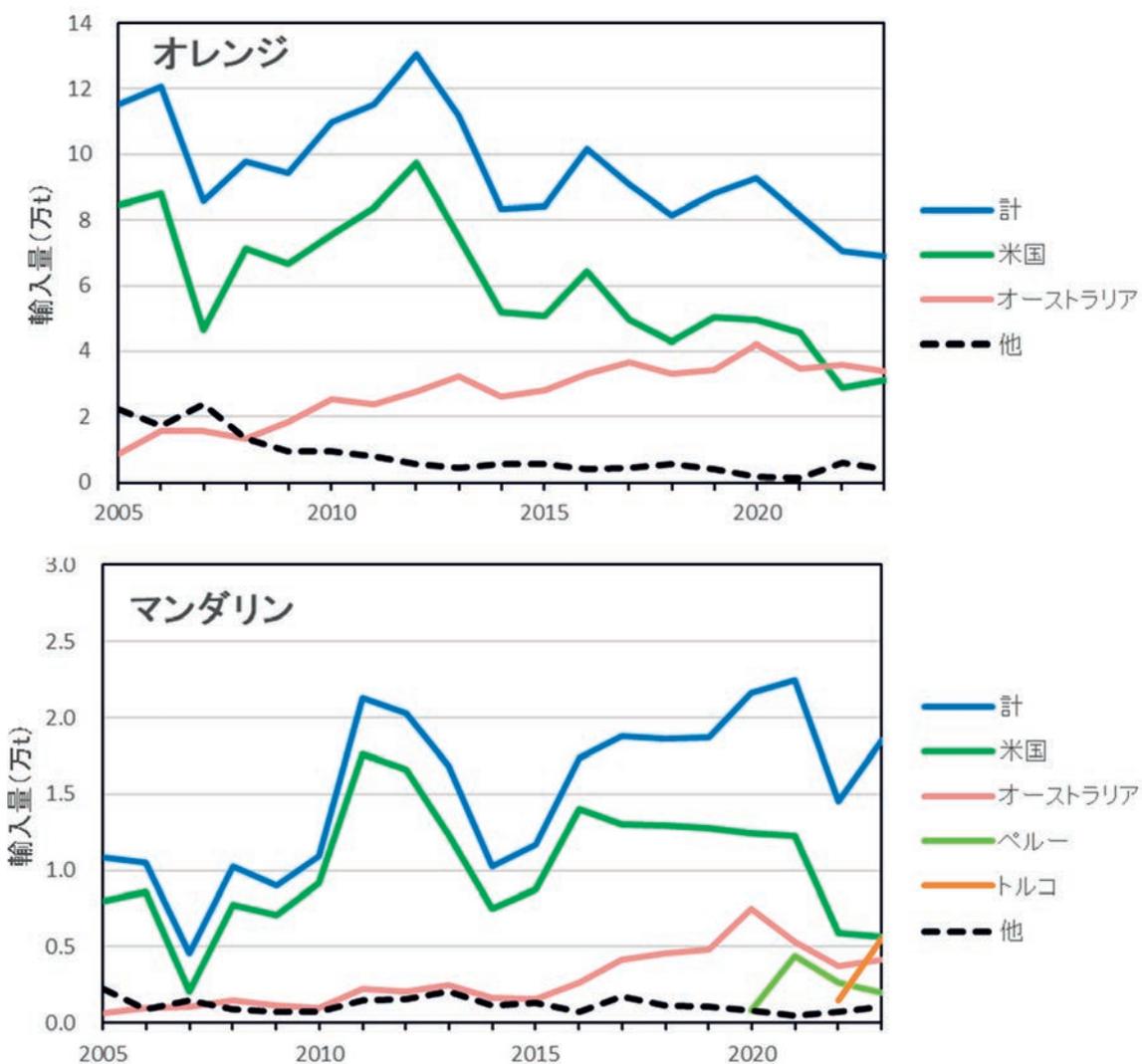


図7 オレンジ、マンダリンの輸入量と輸入先

グレープフルーツの輸入量は減少傾向が激しく、2007年に21.3万tであったが2023年には3.6万tにまで低下している。米国からの輸入割合は6割を超えていたが、2023年には16%にまで低下した。南アフリカも減少傾向であるが、米国に比べゆるやかであり、2018年以降第1位の輸入先国となっている。その他、イスラエル、トルコ、メキシコ、オーストラリア等から輸入している。

レモンの主な輸入先は、米国、チリであり、米国はゆるやかに減少、チリはゆるやかに増加している。その他、オーストラリア、南アフリカ、ニュージーランド等からも輸入している。ライムは、ほぼすべてがメキシコからの輸入である。

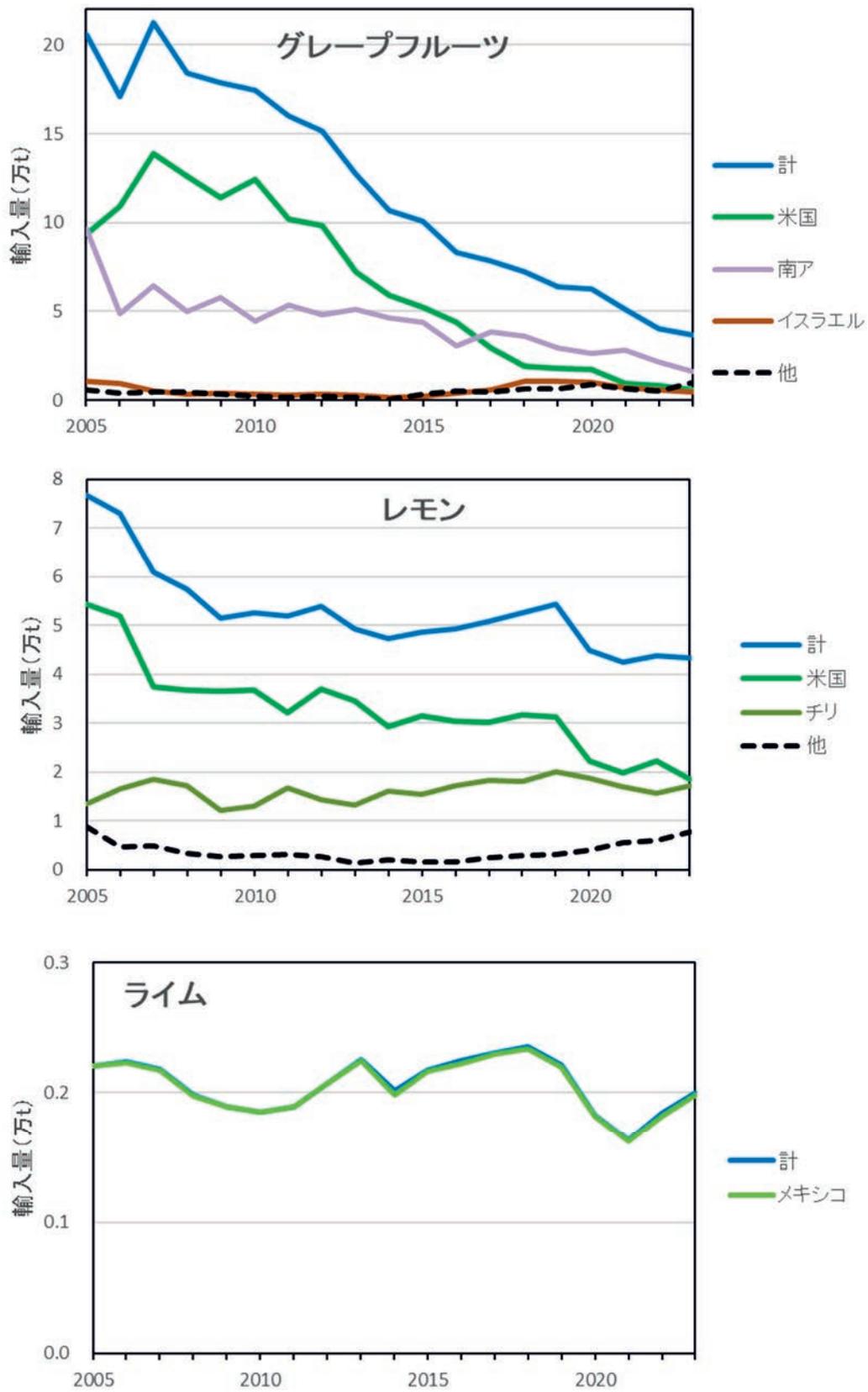


図8 グレープフルーツ、レモン、ライムの輸入量と輸入先

果汁の輸入量は、オレンジ果汁、グレープフルーツ果汁は減少傾向であり、近年増加傾向であったレモン果汁は2023年には低下した（図9、図10）。

オレンジ果汁の輸入は、世界最大の製造国であるブラジルからの輸入が減少している（図9）。その他、イスラエル、メキシコ、スペイン、イタリア、米国、オーストラリア等から輸入している。グレープフルーツ果汁の輸入は、イスラエルからが多く米国は近年急速に減少している（図9）。その他、イタリア、南アフリカ等から輸入している。

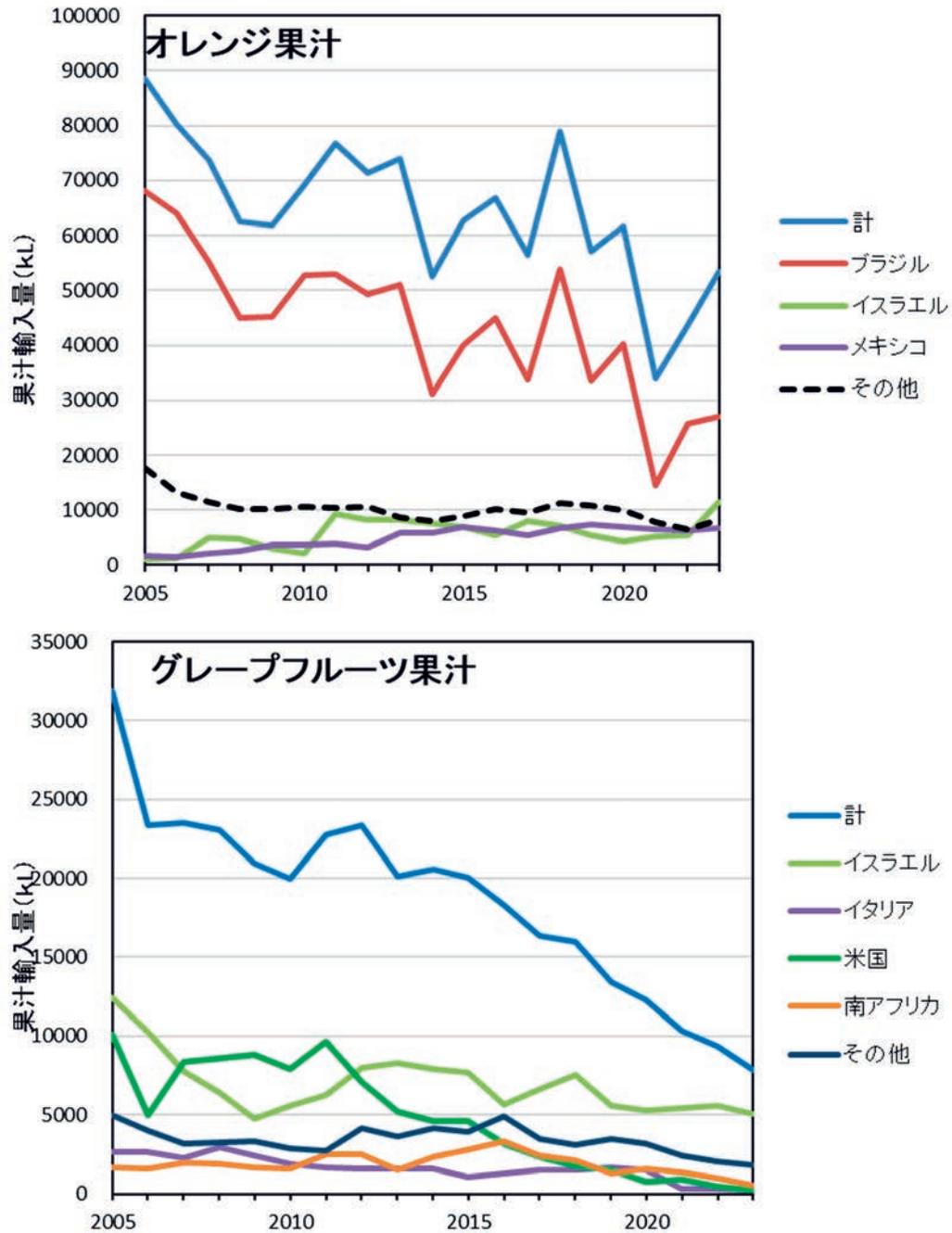


図9 オレンジ果汁、グレープフルーツ果汁の輸入量と輸入先

レモン果汁は、イタリア、アルゼンチン、イスラエルからの輸入が多く、その他、ブラジル、スペイン等から輸入している（図10）。

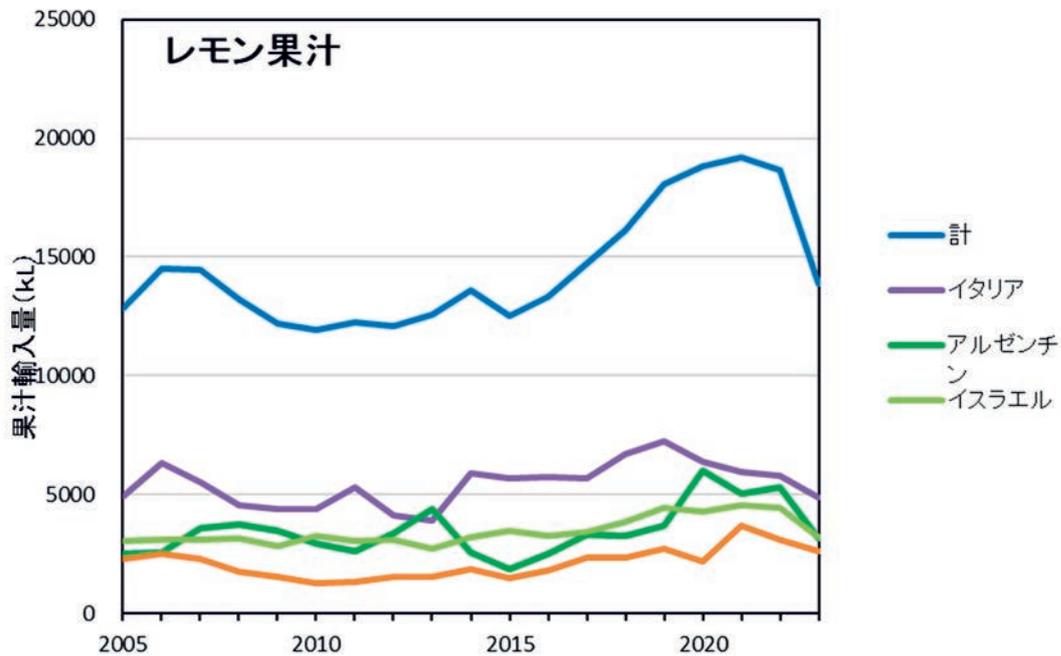


図10 レモン果汁の輸入量と輸入先

みかんの輸出は、カナダが4千tを超えていたが、2018年以降非常に少なくなり2023年には11tとなっている（図11）。一方、2018年以降、香港、台湾は増加傾向であり、2023年には、それぞれ901t、461tとなっている。

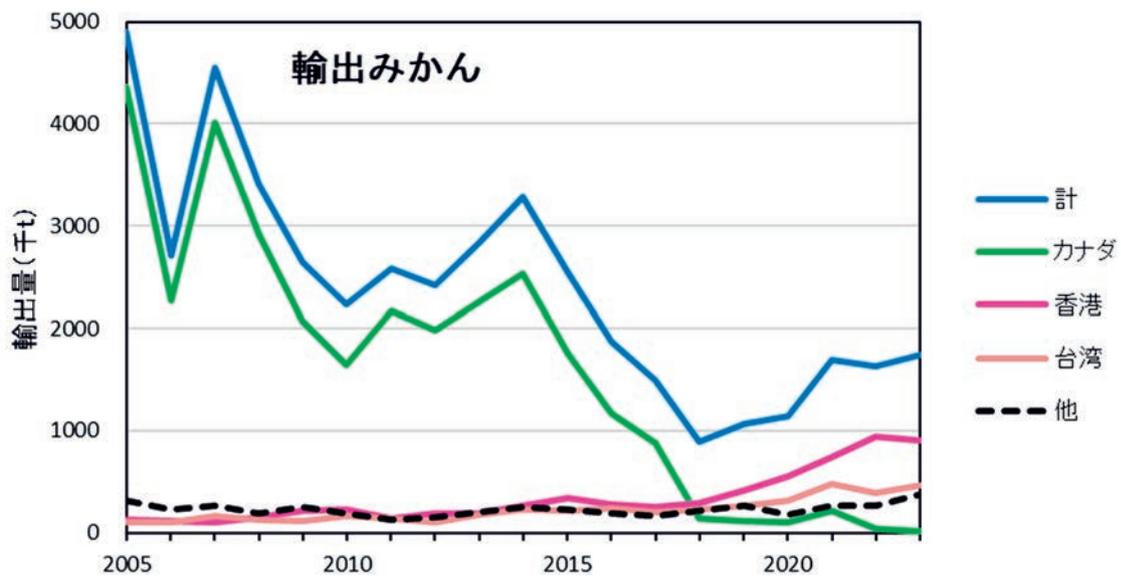


図11 みかんの輸出量と輸出先

みかん（ウンシュウミカン）の卸売数量は直線的に低下し、2022年には48万tにまで低下した（図12）⁵⁾。卸売価格は、1990年代に上昇しその後低迷したが、2016年以降250円を上回っている。雑かんについては、卸売数量は2010年頃をピークに近年低下傾向であるが、卸売価格は上昇傾向を示している。

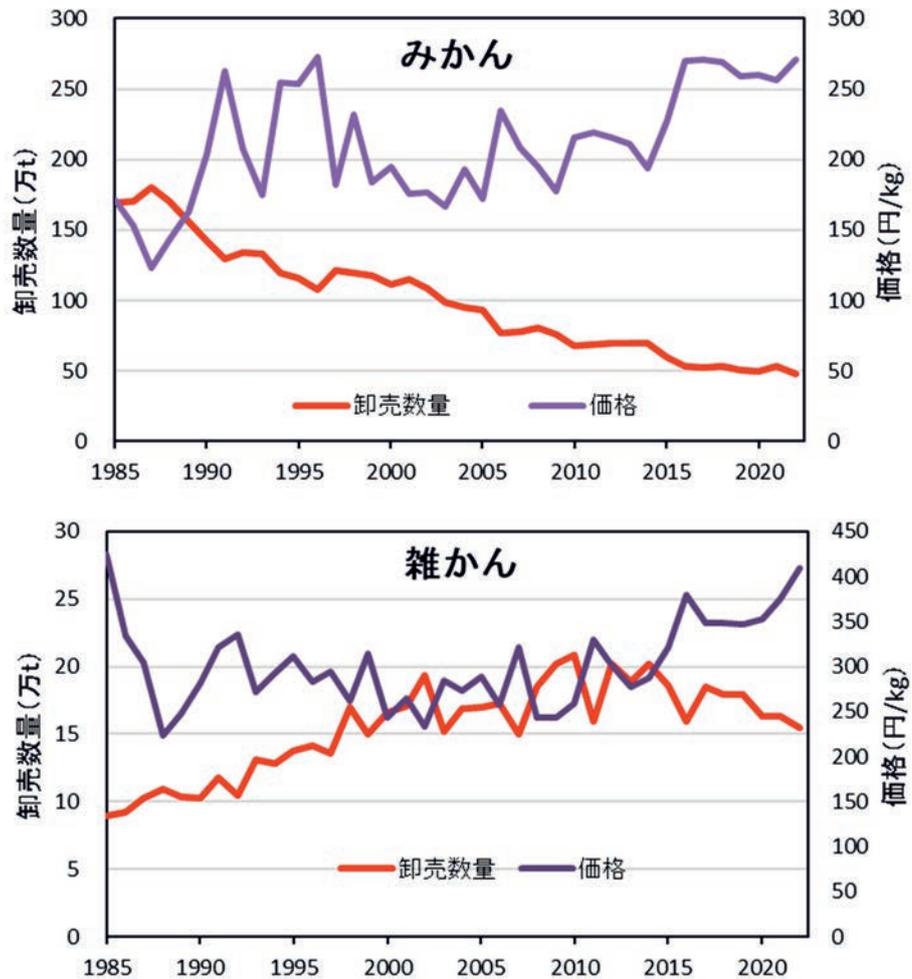


図12 みかん、雑かんの卸売数量と価格

みかんおよび主要果樹の作業別労働時間の合計は、みかんは208時間であり、ぶどう（露地）429時間、なし349時間、りんご241時間、かき214時間に比べて少ない（図13）⁸⁾。みかんで労働力を必要とする作業は、収穫調製の78時間であり、かきとともに比較的多い。みかんの収穫調製に時間がかかる要因として、果実数が多くはさみ作業が必要で、運搬にも時間を要することがあげられる。

みかんは授粉・摘果、整枝・せん定の時間は、他の果樹に比べて少なく、作業別労働時間の計が少なくなっている。

カンキツ類は傾斜地での栽培が多く、中山間地域の割合が48%、傾斜度も15度以上が44%（農林水産省果樹花き課調べ平成14年度）となっていて、規模拡大や省力化が難しくなっている。

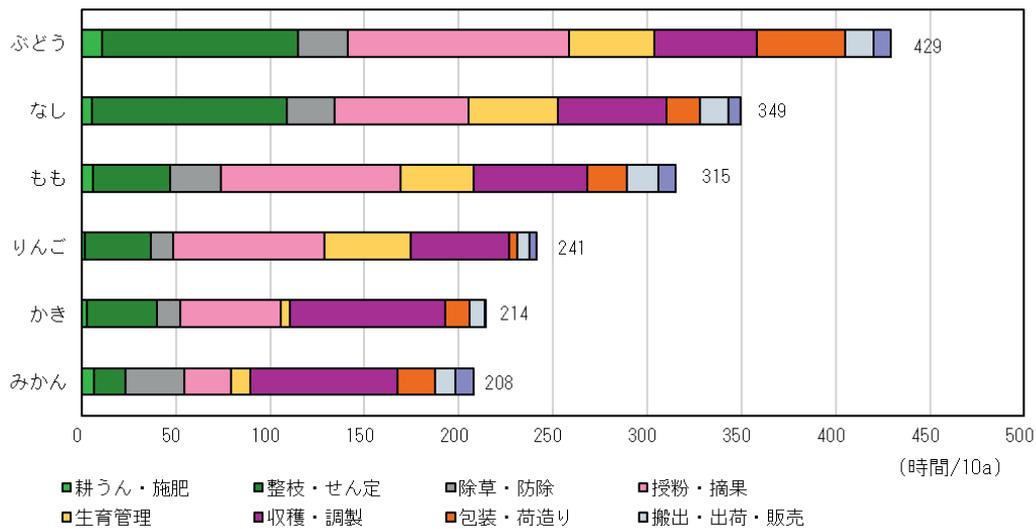


図13 代表的な果樹の労働時間

果樹農業振興基本方針（令和2年）では、近代的果樹園経営の指標が樹種別に取りまとめられている⁹⁾。ウンシュウミカンについては、基幹技術は垣根仕立て・加温施設栽培、双幹形仕立て・根域制限栽培、わい性台木（ヒリュウ台）・草生栽培、マルチドリップかんがい方式、不知火・せとかでは雨よけ施設栽培としている。

ウンシュウミカン、中晩柑の省力樹形としては、省力樹形樹種別栽培事例集（第2版）では双幹形仕立て、密植双幹形仕立てを取り上げている¹⁰⁾。

果樹農業振興基本方針の栽培に適する自然的条件に関する基準では、年平均気温についてはウンシュウミカン 15℃以上 18℃以下、いよかん、はっさく 15.5℃以上、ネーブルオレンジ、不知火、せとか等は 16℃以上、ぶんたん類 16.5℃以上、たんかん 17.5℃以上、ゆず 13℃以上、かぼす、すだち 14℃以上、レモン 15.5℃以上としている。冬季の最低極温は、いよかん、はっさく、ネーブルオレンジ、不知火、せとか等は -5℃以上、ぶんたん、たんかん -3℃以上、ゆず -7℃以上、かぼす、すだち -6℃以上、レモン -3℃以上である。冬季から早春季に成熟する果実では、果実が凍結するとす上がり等の品質低下が起こりやすくなる。

施設栽培面積は、ウンシュウミカンは徐々に低下していて 2022 年には 298ha となっている¹¹⁾。その他カンキツ類は、900ha 前後で推移している。ウンシュウミカンの施設が多いのは、佐賀県 103ha、愛知県 50ha、大分県 23ha、鹿児島県 21ha であり、その他カンキツ類で多いのは、愛知県 221ha、愛媛県 219ha、鹿児島県 131ha、宮崎県 101ha である。

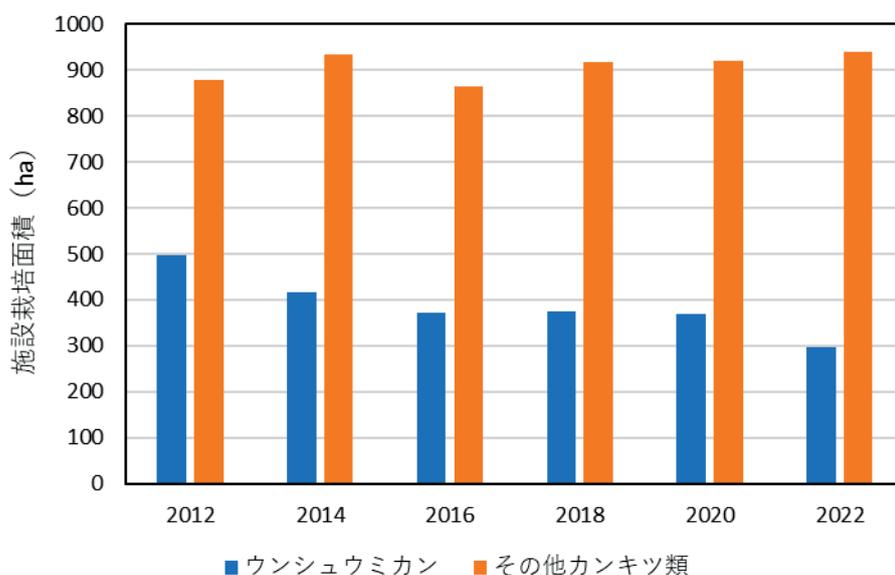


図 14 ウンシュウミカン、その他カンキツ類の施設栽培面積

引用・参考文献

1. 農林水産省. 果樹生産出荷統計.
2. 農林水産省. 特産果樹生産動態等調査.
3. FAO. FAOSTAT.
4. 財務省. 貿易統計.
5. 農林水産省. 青果物卸売市場調査報告.
6. 農林水産省. 2020年農林業センサス
7. 農林水産省. 令和2年営農類型別経営統計.
8. 農林水産省生産局果樹花き課調べ(平成14年)
9. 農林水産省(2020). 果樹農業の振興を図るための基本方針(果樹農業振興基本方針).
10. 農研機構. 省力樹形 樹種別栽培事例集(第2版)
11. 農林水産省. 園芸用施設等の設置状況.

III 世界のカンキツ生産と流通

カンキツ生産量の多い国は、中国4,234万t、ブラジル1,973万t、インド1,398万t、メキシコ896万t、スペイン556万t、米国509万t、エジプト475万t、トルコ471万t、イラン375万t、南アフリカ359万t、アルゼンチン340万t、イタリア307万t、ベトナム295万t、インドネシア269万t、モロッコ266万t、パキスタン231万tである（図15）¹²⁾。

注 FAO統計では、インドはオレンジ1,020万t、レモン378万tであるが、インド国内の統計^{13) 14)}では、オレンジ399万t、マンダリン622万t、レモン355万tであり、ここでは後者を採用した。同様に、インドネシアはFAO統計では、オレンジ269万tであるが、国内統計¹⁵⁾ではオレンジ・マンダリンが255.2万tであり、多くがマンダリンと考えられる^{16) 17)}ので、オレンジをゼロとしてマンダリン269万tとした。ベトナムは、FAO統計では、オレンジ181万tであるが、国内統計¹⁸⁾ではオレンジ・マンダリン181万tであり、多くがマンダリンと考えられる^{18) 19)}ことから、すべてマンダリンとした。

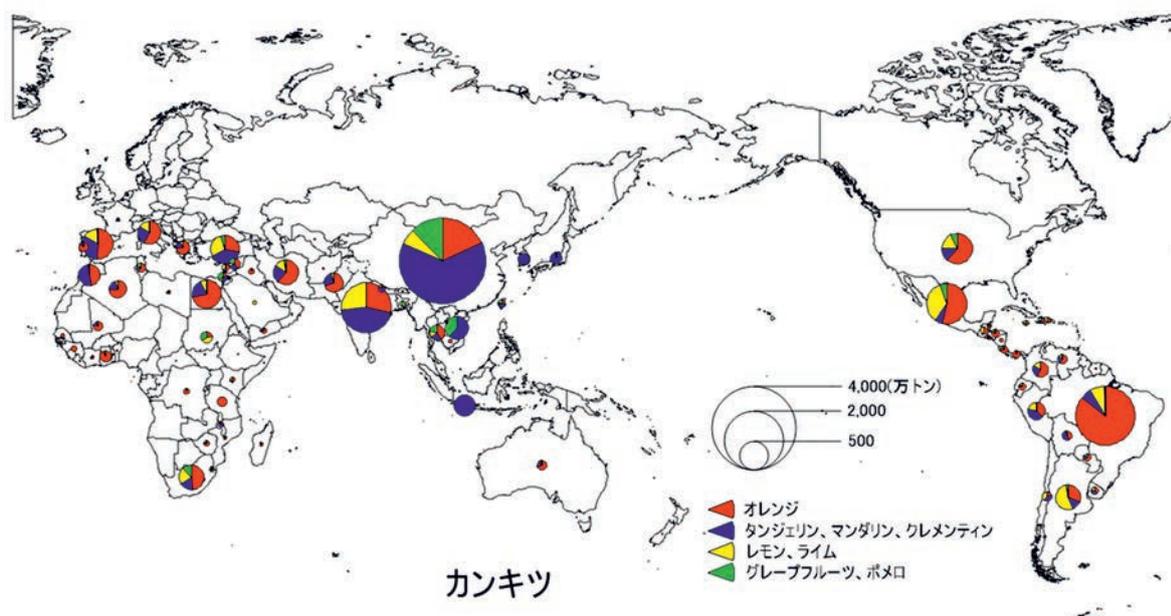


図15 世界のカンキツ生産

オレンジ生産の多い国は、ブラジル1,693万t、中国760万t、メキシコ485万t、エジプト339万t、米国315万t、スペイン282万t、イラン232万t、イタリア178万t、南アフリカ175万t、パキスタン161万t、トルコ132万t、モロッコ125万tである（図16）。

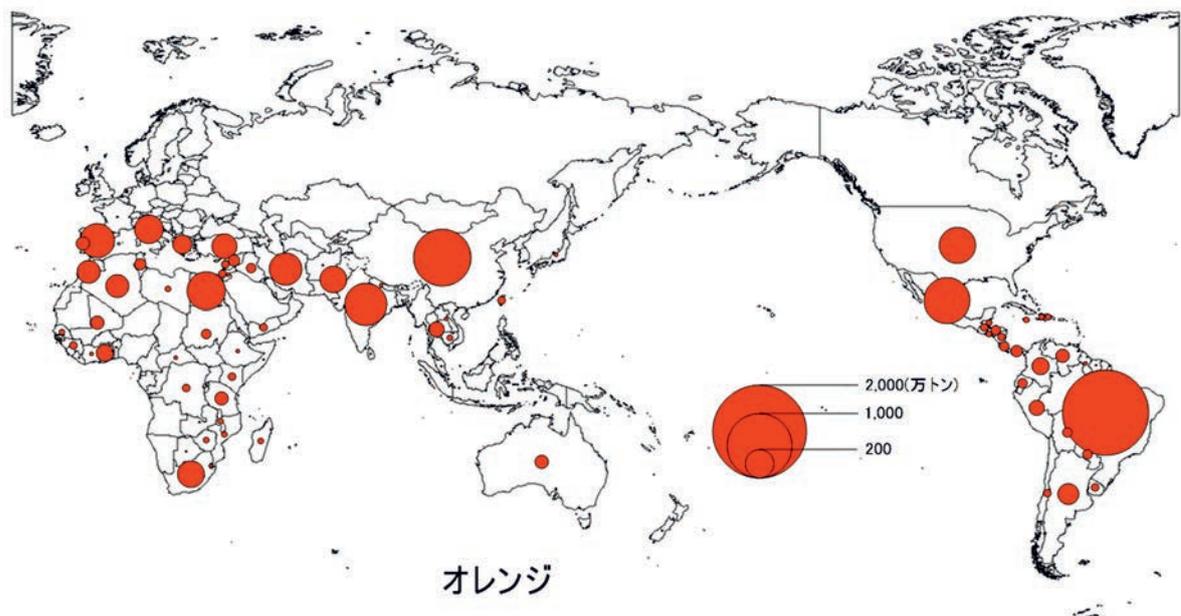


図 16 世界のオレンジ生産

1970年代までは、米国が最大のオレンジ生産国であったが、1980年代から90年代に生産量が減少し、その後回復したが、2005年以降急激に減少している（図 17）。これら減少要因について、IV 米国のカンキツ生産で詳しく紹介する。1980年代以降、米国に代わってブラジルが世界最大のオレンジ生産国になっている。中国は、1980年代以降生産量が増加し、一時停滞していたもの、2000年代以降大きく増加し、ブラジルに次ぐ生産国となっている。メキシコは、徐々に生産量が増加し、世界第3位の生産国となっている。

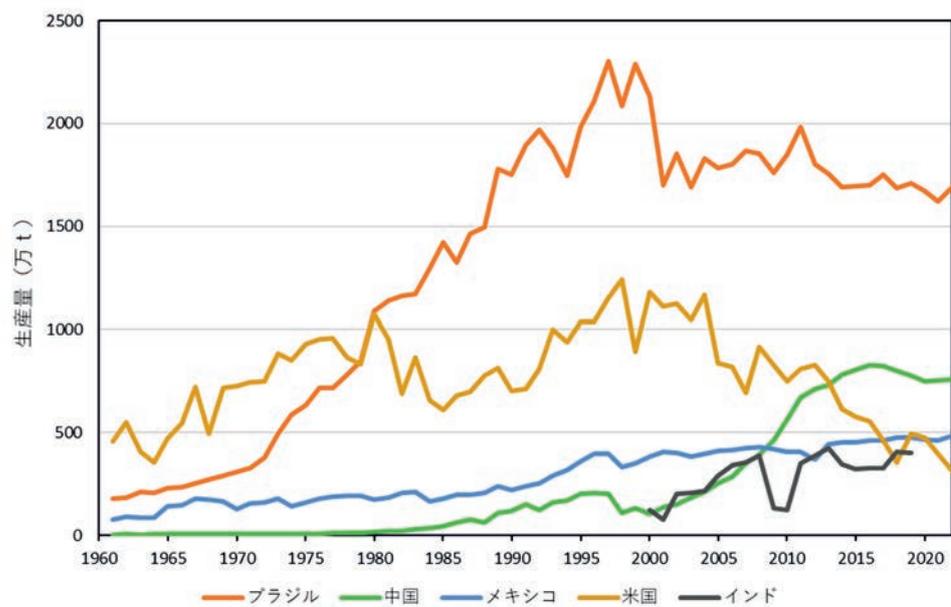


図 17 主要国のオレンジ生産量

近年、オレンジの生産量が大幅に増加しているのは、エジプト、スペイン、トルコである。これらは、いずれも地中海沿岸の国である（図18）。

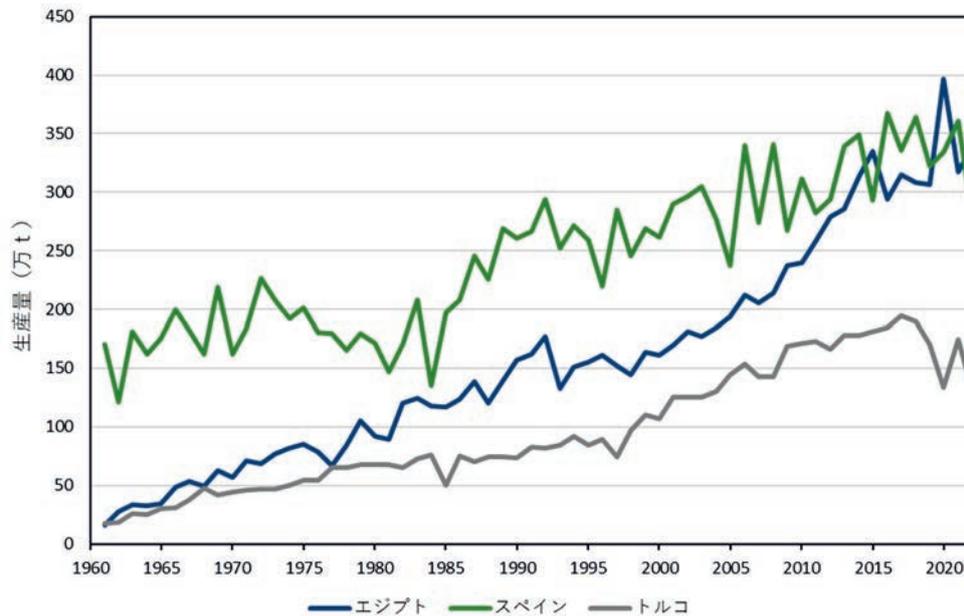


図18 主要国のオレンジ生産量 (増加が顕著な地中海沿岸国)

マンダリン (タンジェリン、マンダリン、クレメンティン) 生産の多い国は、中国 2,700 万 t、インド 622 万 t、インドネシア 269 万 t、トルコ 187 万 t、スペイン 180 万 t、モロッコ 136 万 t、ブラジル 109 万 t、エジプト 99 万 t、イラン 83 万 t、イタリア 80 万 t、日本 68 万 t、米国 66 万 t、韓国 65 万 t である (図19)。

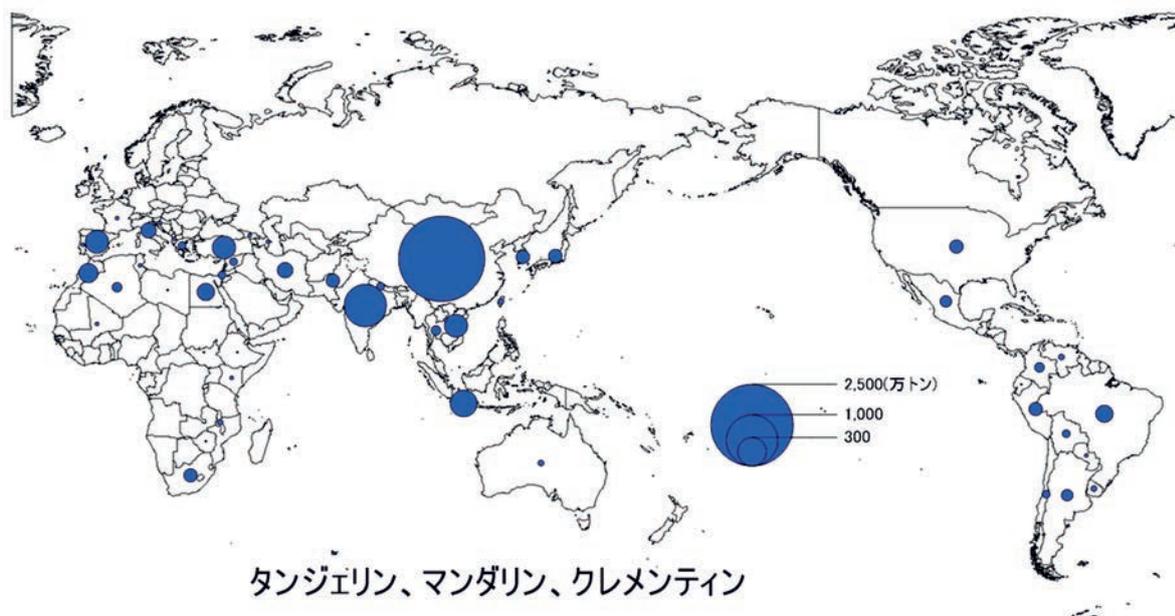


図19 世界のマンダリン (タンジェリン、マンダリン、クレメンティン) 生産

日本は1980年代半ばまで世界最大のマンダリン生産国であったが、1975年頃より生産量は徐々に減少している（図20）。中国は1980年頃よりマンダリン生産量が増加し、現在は世界生産の6割を占めるまでになっている。近年、インドのマンダリン生産量が増加し、世界第2位となっている。スペインは2005年頃まで増加傾向にあったが、それ以降は200万t程度で推移している。

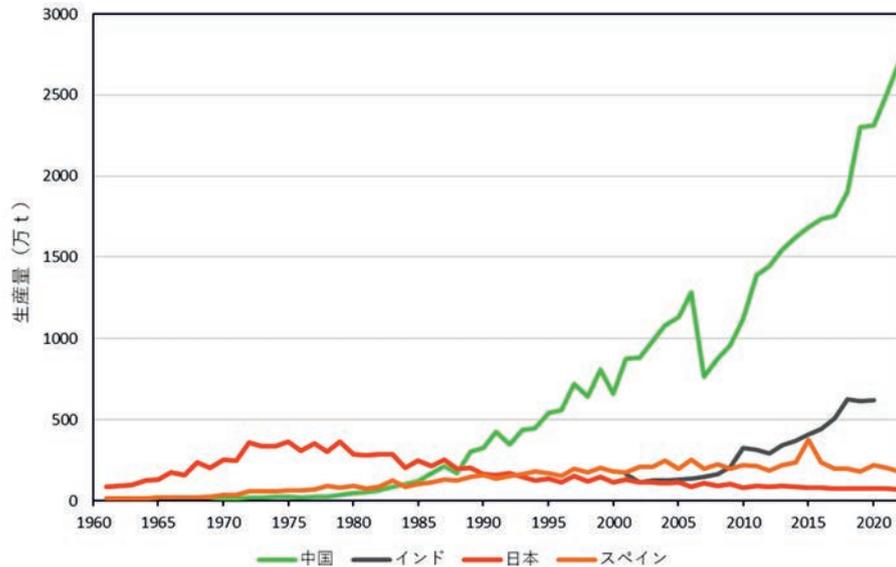


図20 主要国のマンダリン生産量

主要国を除いて、近年、マンダリン生産量の増加が顕著な国は、トルコ、エジプト、ペルー、米国、南アフリカである（図21）。米国は1980年代から2000年代前半にかけて生産量が低下したが、その後増加傾向である。

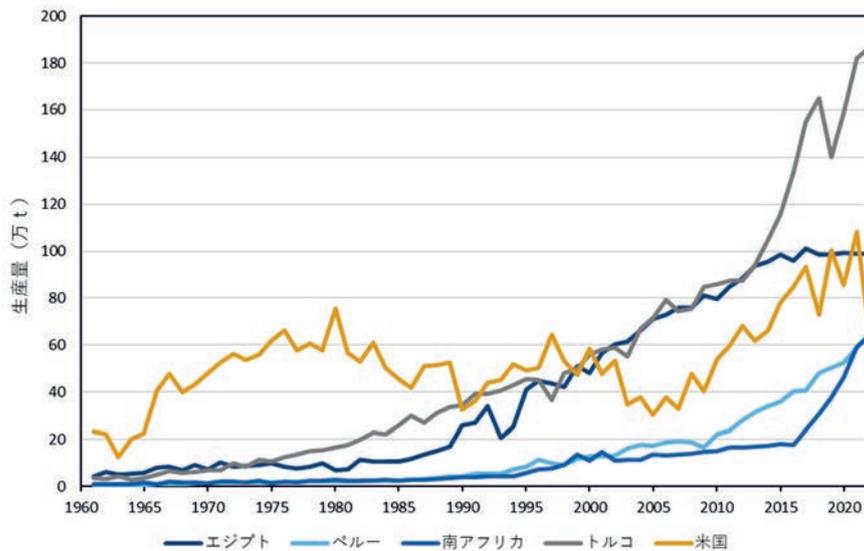


図21 主要国のマンダリン生産量（増加が顕著な国）

グレープフルーツ、ポメロの生産が多い国は、中国515万t、ベトナム114万t、メキシコ49万t、南アフリカ42万t、米国34万t、スーダン29万t、タイ27万t、トルコ20万t、イスラエル18万tである（図22）。

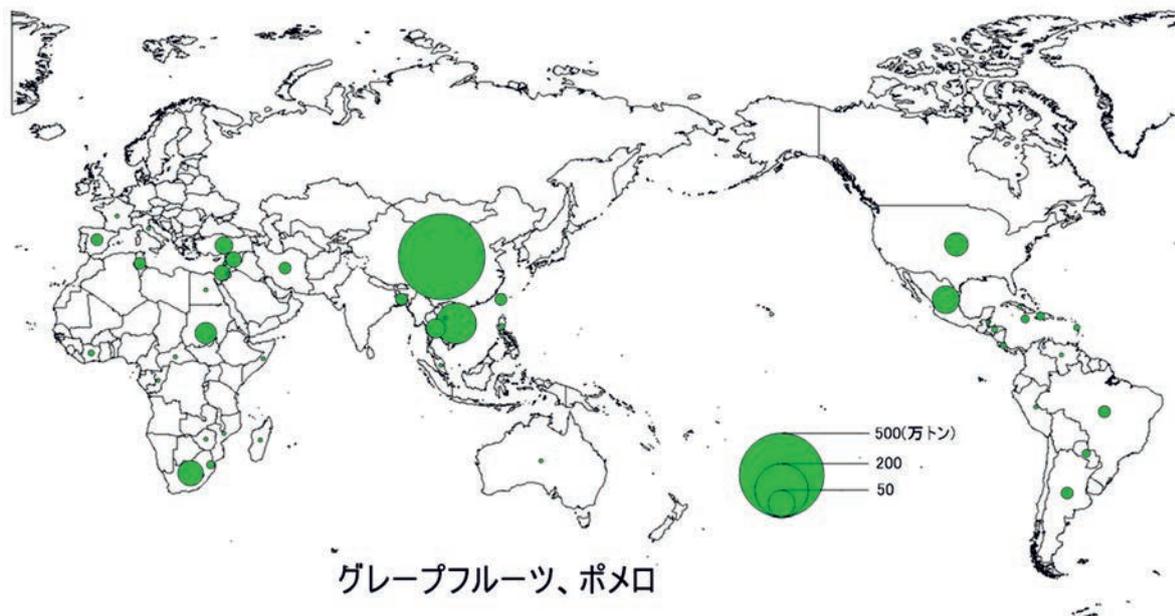


図22 世界のグレープフルーツ、ポメロ生産

中国のグレープフルーツ、ポメロの生産量は、近年大幅に増加している（統計が連続していない理由不明）（図23）。一方、米国は世界最大の生産国であったが、2000年以降オレンジと同様に急速に減少している。ベトナムは、ここ10年で生産量を急速に伸ばし、世界第2位の生産国となっている。メキシコも、堅調に生産量を伸ばし、米国を抜いて世界3位の生産国となっている。

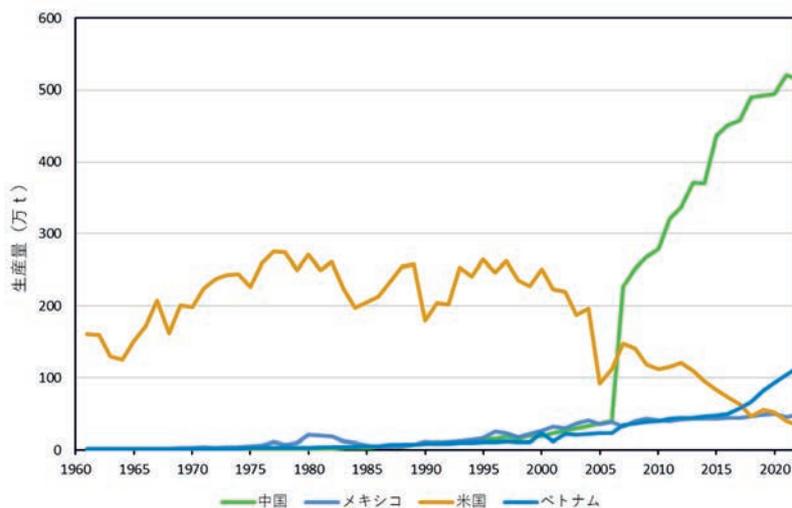


図23 主要国のグレープフルーツ生産量

レモン、ライムの生産量の多い国は、インド378万t、メキシコ310万t、中国259万t、アルゼンチン183万t、ブラジル163万t、トルコ132万t、米国94万t、スペイン86万t、南アフリカ78万t、イラン51万t、イタリア48万tである（図24）。インドは、FAO統計にレモン、ライムの生産量が掲載されていないが、世界最大の生産国と考えられる¹⁹。

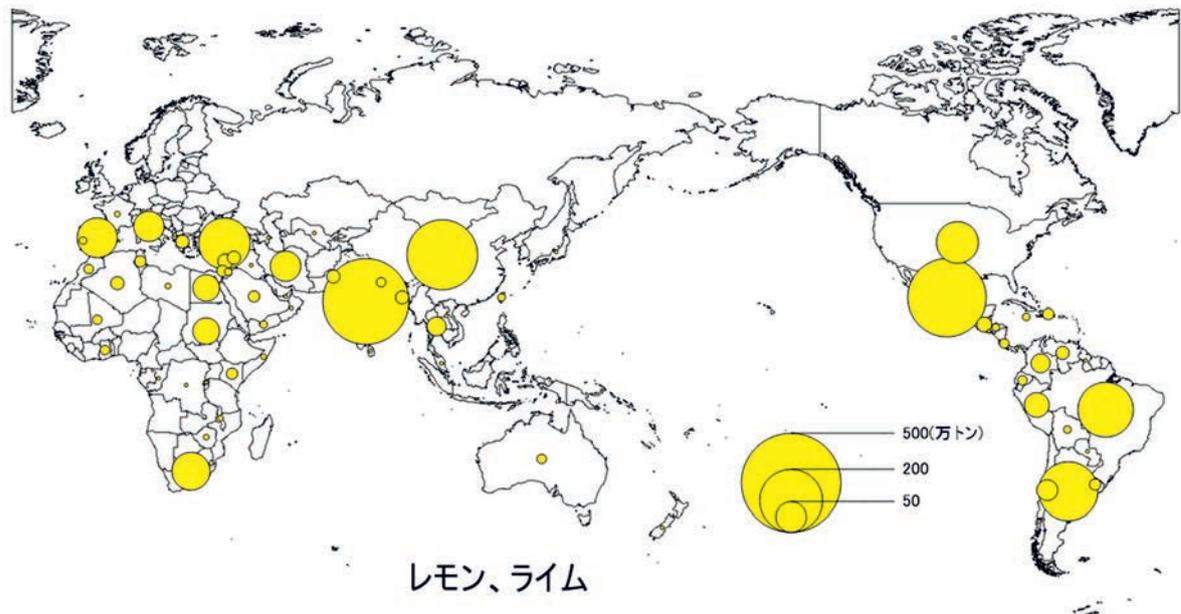


図24 世界のレモン、ライム生産

米国は、1980年代まで世界第1位のレモン、ライム生産国であったが、それ以降、生産量は伸びていない（図25）。1990年代以降、インド、メキシコ、中国、インド、アルゼンチン、ブラジルの生産量の増加が顕著である（中国の2007～2010年データは変化が非常に大きいため、ここではその部分を除いて図示した）。

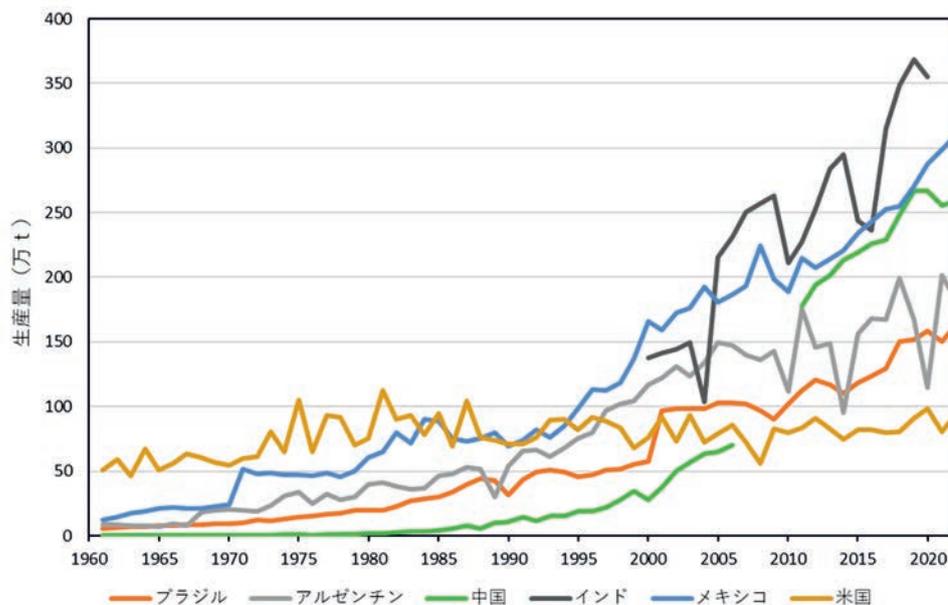


図25 主要国のレモン、ライムの生産量

カンキツの有機栽培は、世界で約 11.5 万 ha あり、その割合は約 1.1%である²¹⁾。有機栽培面積の多い国は、イタリア、スペイン、メキシコ、南アフリカであり、品目では、レモン・ライムが多く、次いでオレンジであり、マンダリンは少ない。有機栽培の課題は、低収量、病害虫管理、HLB（グリーンニング病）、生産コスト上昇等である。

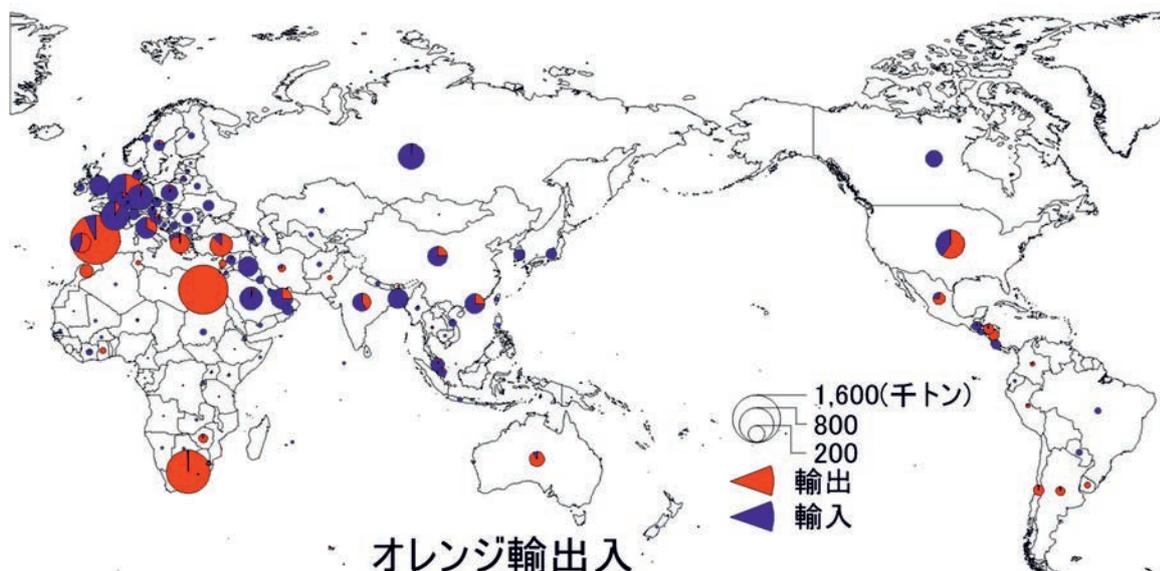


図 26 世界のオレンジ輸出量と輸入量

オレンジ生果の主要輸出国は、エジプト、スペイン、南アフリカである（図 26）。オレンジの最大生産国のブラジルは、大部分がジュース加工用である。中国、ブラジルもオレンジの生産量が多いが国内向けが多く、輸入量は輸出量を上回っている。主なオレンジ輸出国の輸出先は以下の通りである^{22,23)}。

エジプト：ロシア、サウジアラビア、ドイツ、バングラデシュ、インド

スペイン：欧州、英国

南アフリカ：オランダ、UAE、中国、ロシア、英国、サウジアラビア

米国：カナダ、韓国、香港、日本、メキシコ

トルコ：ロシア、イラク、ウクライナ

オーストラリア：日本、中国、香港、韓国

オランダは、輸出量、輸入量とも多い。

オレンジ生果の輸入の多い国は、オランダ、フランス、ロシア、ドイツ、サウジアラビア、バングラデシュ、英国、イラク、UAE、米国である。

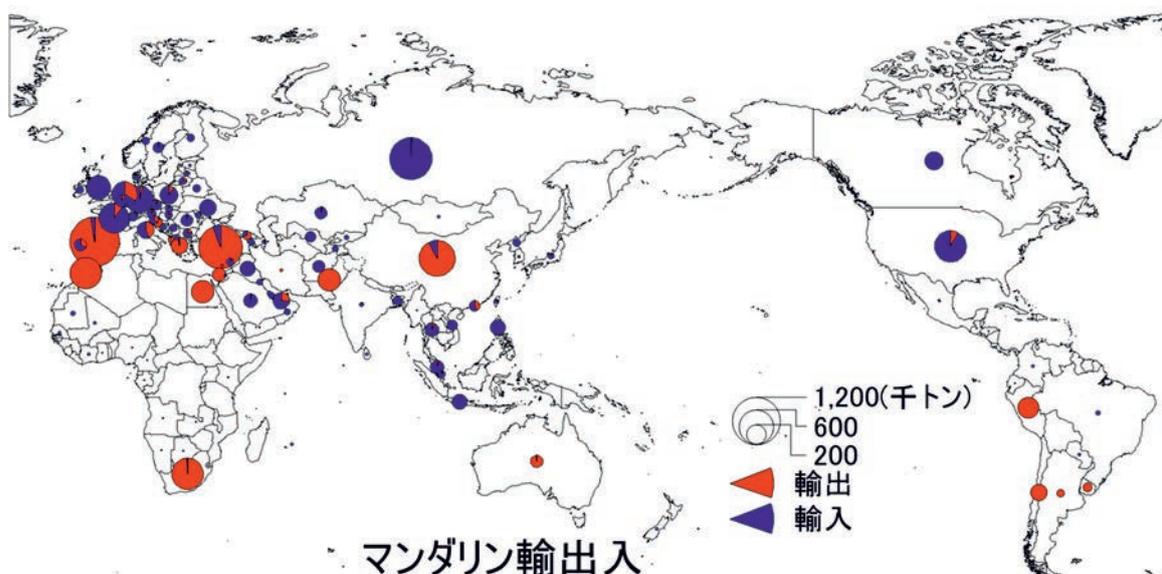


図27 世界のマンダリン輸出量と輸入量

マンダリン生果の主要輸出国は、スペイン、トルコ、中国、南アフリカ、モロッコ、エジプトである(図27)。主なマンダリン輸出国の輸出先は以下の通りである^{22,23)}。

スペイン：欧州、英国

トルコ：ロシア、ウクライナ、イラク

中国：ベトナム、インドネシア、フィリピン、マレーシア

南アフリカ：オランダ、英国、米国、ロシア、UAE

モロッコ：欧州、ロシア、米国、カナダ

パキスタン：アフガニスタン、ロシア

エジプト：ロシア、サウジアラビア、UAE

ペルー：米国、オランダ、英国、カナダ、中国

チリ：米国、プエルトリコ

オーストラリア：中国、インドネシア、ベトナム、フィリピン

米国：カナダ、メキシコ、日本、オーストラリア

韓国：ロシア、カナダが多く、韓国内で人気のない大玉果の人気が高い。

マンダリン生果の輸入の多い国は、ロシア、米国、フランス、ドイツ、英国、オランダ、ポーランド、カナダである。

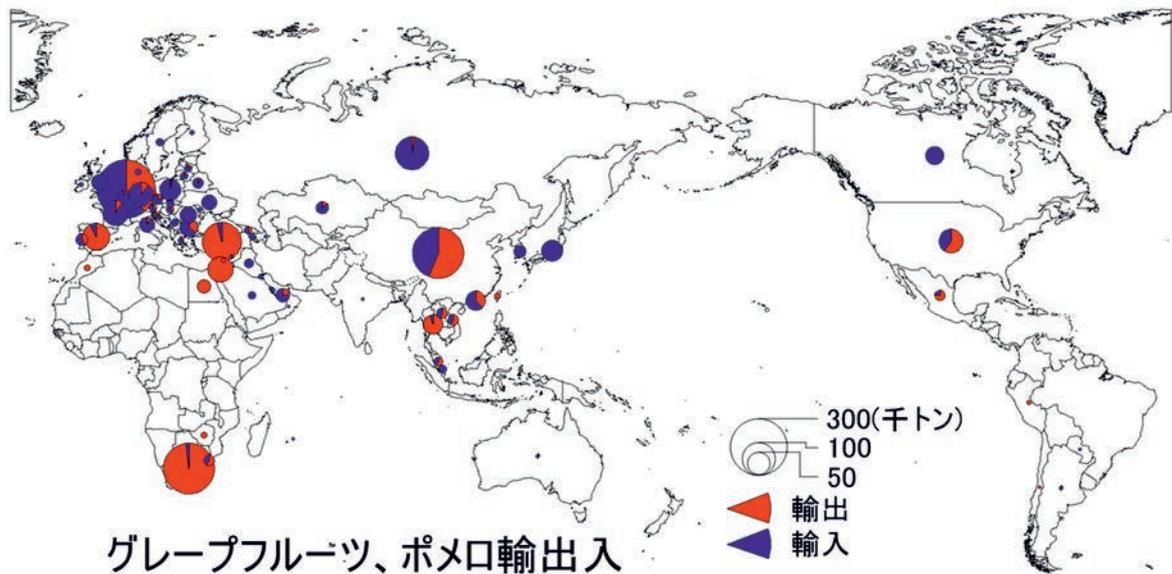


図28 世界のグレープフルーツ、ポメロ輸出货量と輸入量

グレープフルーツ、ポメロ生果の主要輸出国は、南アフリカ、中国、トルコ、エジプト、スペイン、イスラエル、タイ、米国である（図28）。主なグレープフルーツ、ポメロの輸出国の輸出先は以下の通りである^{22,23)}。

- 南アフリカ：中国、オランダ、日本、ロシア、英国
- 中国：ロシア、オランダ、キルギスタン、ルーマニア
- トルコ：ロシア、ポーランド、ルーマニア
- スペイン：欧州、英国
- イスラエル：欧州、ロシア、中国、日本、韓国
- 米国：カナダ、日本、韓国、ベルギー
- オランダは、輸出货量、輸入量とも多い。

グレープフルーツ、ポメロ生果の輸入の多い国は、オランダ、中国、ロシア、フランス、ドイツ、日本、ポーランド、カナダである。

オレンジ果汁の大部分はブラジルで生産されている（図29）²⁴⁾。ブラジルのオレンジ果汁生産量は、2005年頃まで上昇傾向にあったが、その後は、傾向としてはゆるやかに減少している。また、変動幅が大きいのが特徴である。米国は、世界第2位のオレンジ果汁生産国であったが、2004年から急激に減少し2000年頃の10分の1程度までになり第3位に転落している。現在は、メキシコが第2位となっている。

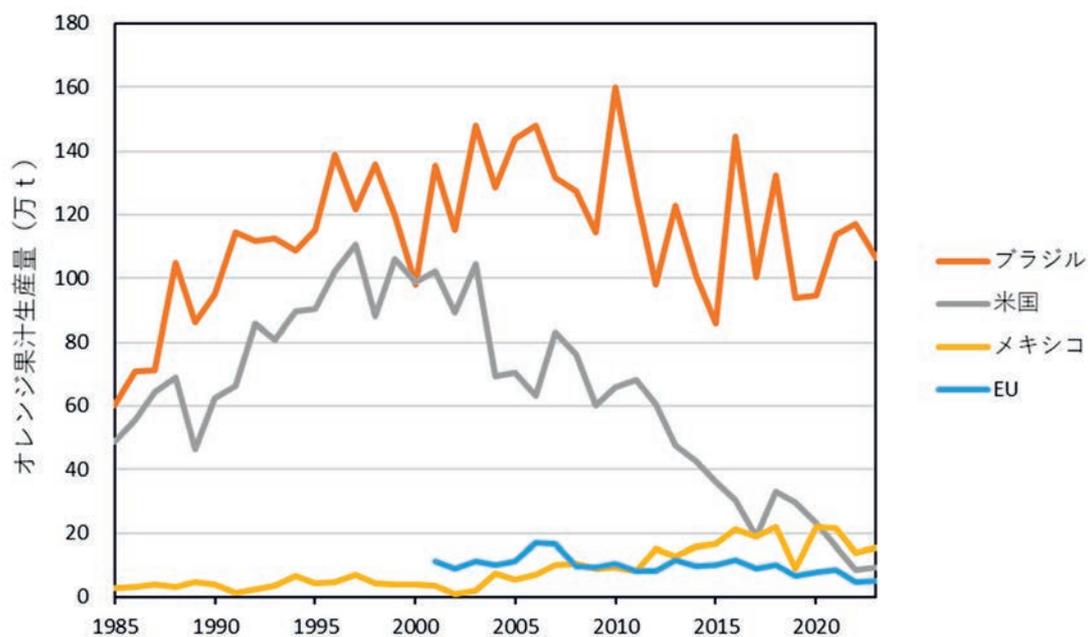


図 29 主要国のオレンジ果汁生産量

65° Brix 換算

マーケティング年度 北半球では10月から9月、南半球では翌年となり南アフリカ2月から1月、オーストラリア4月から3月

近年のオレンジ果汁生産国（地域）占有率は、ブラジル69%、メキシコ12%、米国9%、EU4%、南アフリカ3%である（図30）²⁴。

オレンジ果汁（2020-2023平均）

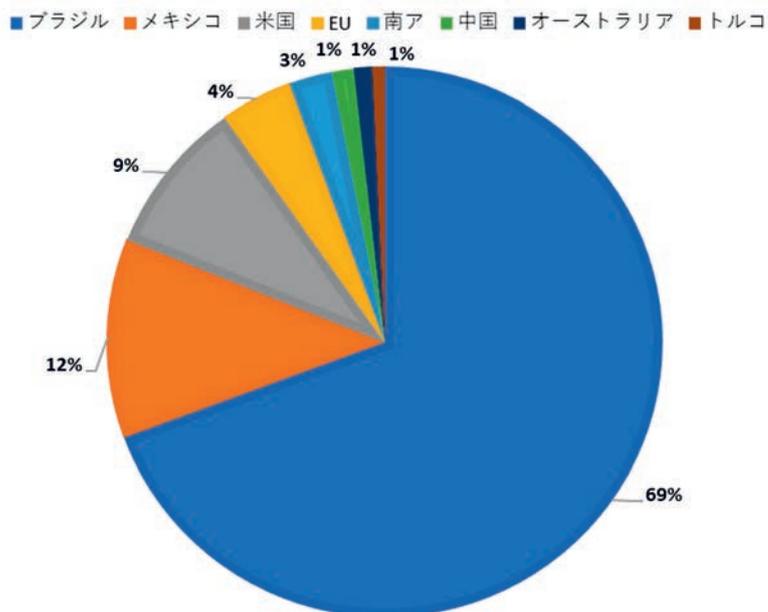


図 30 オレンジ果汁の生産国（地域）割合

引用・参考文献

12. FAO. FAOSTAT.
13. India Horticulture Statistics Division. (2023). Horticultural statistics at a glance 2021.
14. India Ministry of Agriculture. (2015). Indian horticulture database-2014.
15. BPS-Statistics Indonesia.
16. Supriyanto, A. et al. (2018). Citrus variety improvement program in Indonesia: varieties, production and distribution viruses free of citrus nursery stocks. *International Symposium on Tropical Fruits*, 73-78.
17. Sukasih, E. (2013). Processing the Indonesian tangerine (*Citrus Nobilis* Lour.). *Acta Horticulturae*, 975. 513-517.
18. Statistical Yearbook of Viet Nam 2023.
19. FAO (2004). Fruits in Vietnam.
20. Tran Nguyen, T. T. et al. (2019). Input factors affecting of orange production in Tuyen Quang province. *Vietnam. Asian Social Science*, 15(11).
21. FiBL & IFOAM – Organics International (2024): The World of Organic Agriculture. Frick and Bonn
22. USDA Foreign Agricultural Service. Citrus annual.
23. USDA Economic Research Service. Trade Tables.
24. USDA. Foreign Agricultural Service. Production, Supply and Distribution Online.

IV 米国のカンキツ生産

米国におけるカンキツの結果樹面積は、オレンジが多く、マンダリン、グレープフルーツ、レモンは比較的少ない。生産州は、フロリダ州、カリフォルニア州、テキサス州に限られると言ってよい。

オレンジは、1980年代にフロリダ州の寒害の影響で減少しその後回復したが、2005年頃より HLB（グリーンング病）やハリケーンの影響で減少し続けている（図 31）²⁶⁾。グレープフルーツは、オレンジの次に面積が多かったが、オレンジと同様に面積が減少し、マンダリン、レモンより少なくなっている。マンダリンは、フロリダ州では、オレンジ、グレープフルーツ同様、面積が減少しているものの、カリフォルニア州では皮が向きやすく食べやすいこともあり増加している。レモンは大部分が HLB の影響の少ないカリフォルニア州で生産されていることもあり、ほぼ一定で推移している。

生果仕向け割合（2019/2020～2022/2023 の4年平均）は、オレンジ 40.9%、グレープフルーツ 58.2%、レモン 69.8%である²⁶⁾。

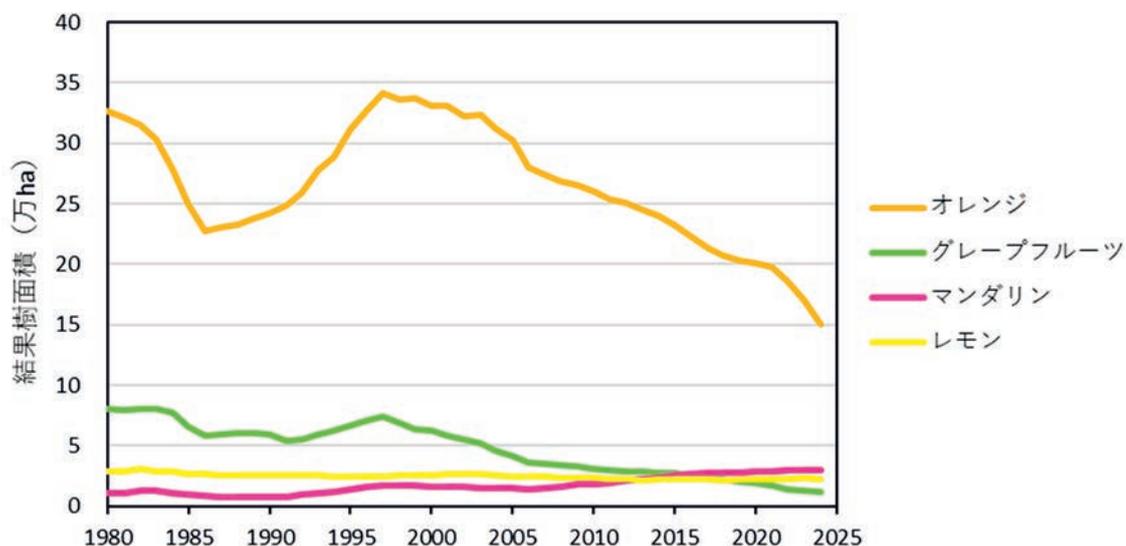


図 31 米国のオレンジ、グレープフルーツ、マンダリン、レモンの結果樹面積

米国の主要生産州である、フロリダ州とカリフォルニア州のオレンジ生産量²⁶⁾を見ると、フロリダ州の減少が顕著である（図 32）。特に、2005年以降の生産量、10a 当たり生産量の減少が顕著である。一方、カリフォルニア州については、そのような減少傾向は認められない。

フロリダ州の減少には、HLB、ハリケーンが関係しているが、それについては後述する。カリフォルニア州での 1990/1991, 1998/1999, 2007年1月の減少は、寒害の影響である。

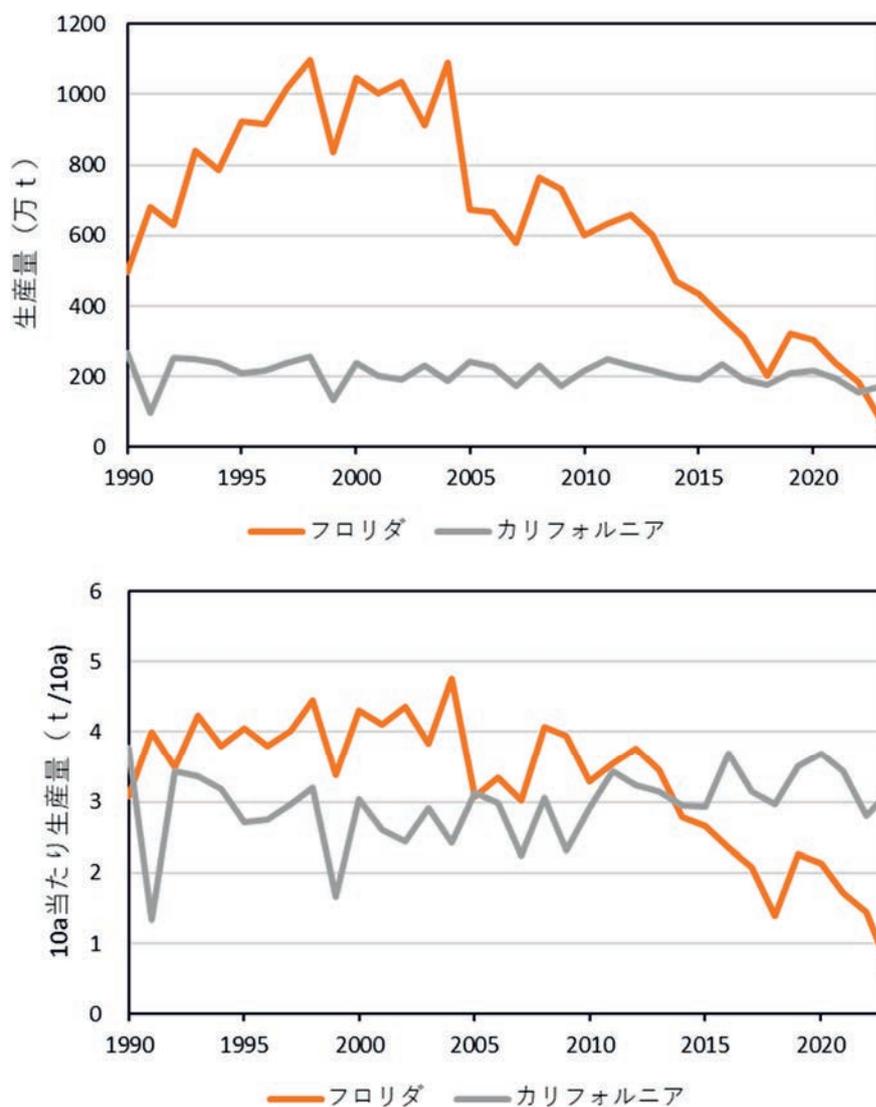


図 32 フロリダ州、カリフォルニア州のオレンジ生産量と 10a 当たり生産量

フロリダ州、カリフォルニア州のオレンジの仕向け量を見ると、フロリダ州は大部分が果汁向けであり、生果向けは非常に少ない (図 33)。一方、カリフォルニア州について見ると、生果向けが多く果汁向けの 3 倍程度ある。

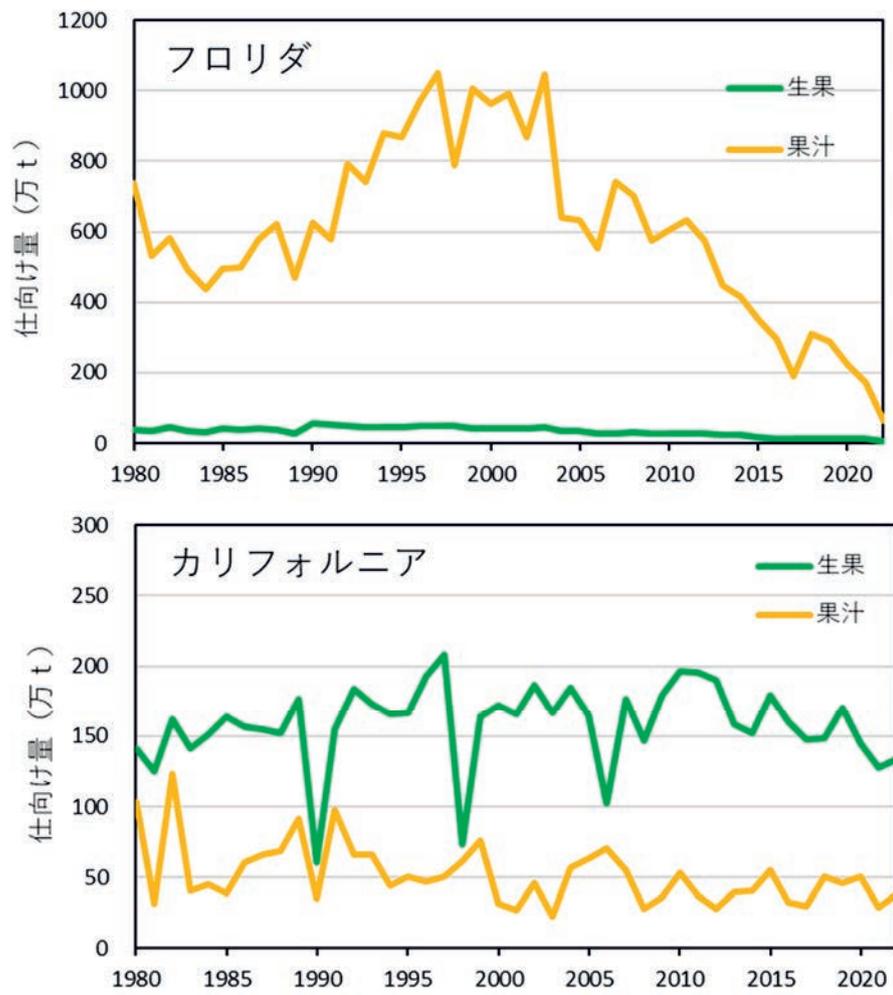


図33 フロリダ州、カリフォルニア州のオレンジの生果、果汁仕向け量

グレープフルーツについては、フロリダ州は生産量、10a 当たり生産量とも急激に減少している（図 34）。今や、生産量はカリフォルニア州を下回る程度にまでなっている。2005 年、2018 年には生産量が低下しているが、ハリケーンの影響である。カリフォルニア州は、生産量はゆるやかに減少しているものの、10a 当たり生産量は、安定して 4 t を維持している。テキサス州は、ここ数年生産量、10a 当たり生産量が低下している。1990 年代初めの生産量の低下は、1989 年 12 月の寒害の影響と考えられる。2021 年 2 月にも寒害が発生している。

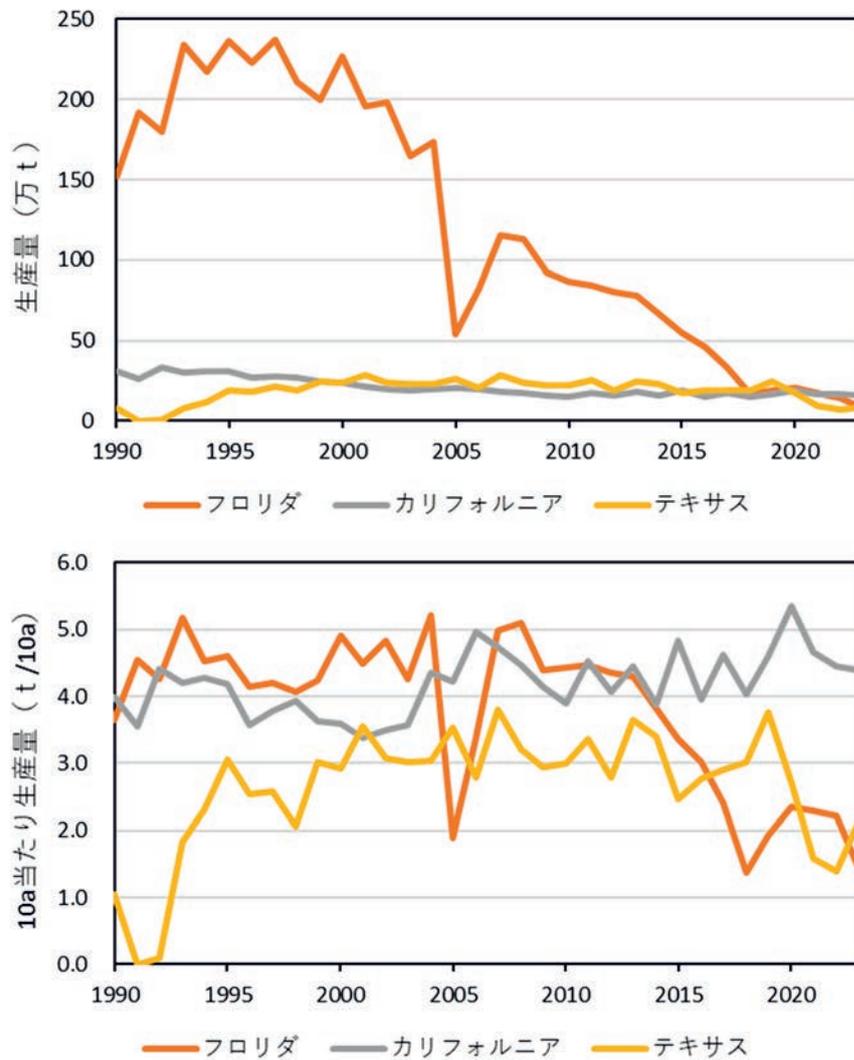


図 34 フロリダ州、カリフォルニア州、テキサス州のグレープフルーツ生産量と 10a 当たり生産量

フロリダ州のオレンジ、グレープフルーツ、その他カンキツの生産量の長期的傾向と、寒害、ハリケーン、HLBとの関係を取りまとめた（図 35）²⁷⁻³⁸。

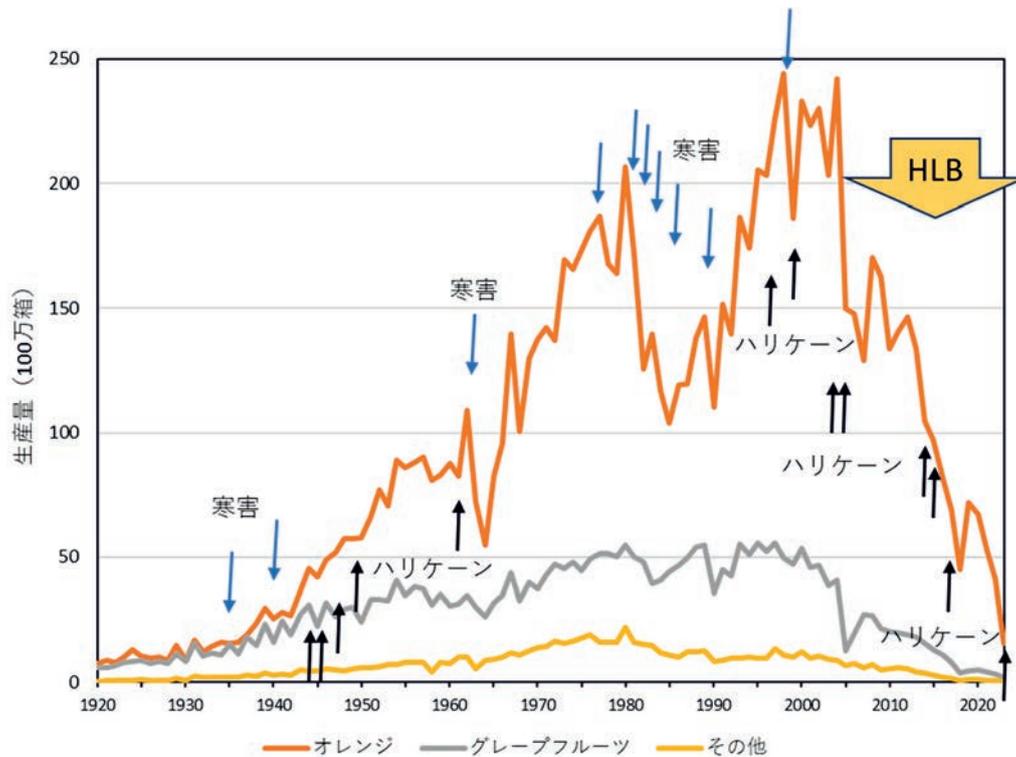


図 35 フロリダ州のオレンジ、グレープフルーツ、その他カンキツ類の生産量と気象災害、HLB の影響

フロリダ州について、オレンジ生産の長期的傾向を見ると、度重なる寒害の影響はあるものの、オレンジの生産量は大幅に増加し、その後 HLB やハリケーンにより急激に減少した。フロリダ州のオレンジは大部分がジュース加工向けであり、長期にわたりフロリダ州が世界のオレンジジュース市場を支配してきた。オレンジ果汁は、消費者の求める高品質と簡便さに合致し、フロリダ州のカンキツ産業発展の原動力となってきた²⁸。

フロリダ州のカンキツ産業にとって最大の脅威は寒害であった。特に、1980年代は、寒波の襲来により中北部の産地で樹体が枯死する等の壊滅的な被害を受けた。それにより、中北部の面積が減少し、南部での新植が進められた³²。寒害については、1962年にフロリダ州を襲った寒害により生産量の減少が続いたこともあり、フロリダ州の加工業者はブラジルの企業と連携してサンパウロ州での生産を開始した。その後もフロリダ州が、米国向けのオレンジの主な供給元であったが、1980年代の度重なる寒害の大被害を受けたこともあり、ブラジルが生産量を急増させることにつながった³⁹。

その後、生産量は回復しオレンジは 2.5 億箱近くまで、グレープフルーツは 5 千万箱を超えたが、2005年頃から頻発するハリケーンと HLB により壊滅的な被害を受けた。

ハリケーンは、落葉、落果、倒木にとどまらず、樹体ごと吹き飛ばしたり、海水の侵入を引き起こして大きな被害を及ぼす。2022年のハリケーンは深刻な被害となり、新植しても収益を確保できるのか厳しい状況であることが報告されている³⁹。

カンキツ樹が HLB に感染すると、収量低下、樹体枯死だけでなく、小玉果、変形果、早期落果が起こり果実品質も低下する^{37, 40, 41)}。フロリダ州では 2015 年には 90% の樹に HLB が感染したとされている³⁷⁾。米国では、主要カンキツ生産州すべてで HLB が発生している³⁸⁾。カリフォルニア州、テキサス州では南部の限られた地域にキジラミ、HLB が見つかっているがフロリダ州の経験を踏まえて、HLB 対策を行っておりその進行は遅い。その理由としてカリフォルニア州では地形的影響、テキサス州では夏季の高温乾燥が関係している可能性も指摘されている。

フロリダ州のオレンジ果汁産業の発展には、加工流通技術の貢献が大きい^{39, 42)}。加工技術面で見ると、第 2 次大戦直後に FCOJ (frozen concentrated orange juice、冷凍濃縮オレンジジュース) が開発され、輸送貯蔵が簡便になり、1950 年代から 1960 年代に米国でオレンジジュースの消費量が急増した。さらに、ジュースの無菌貯蔵が開発され、これにより NFC (not from concentrate、濃縮還元でない) オレンジジュースの市場が広がった。1990 年代以降、NFC の消費が米国、カナダで急増した。

1990 年代にはサンパウロ州とフロリダ州で画期的な技術革新が行われ、世界のオレンジ市場を激変させた。それはタンカー船による FCOJ の大量輸送である。以前は、200L ドラム缶で輸送していたため、積み下ろしに多くの労力を必要としたが、タンカートラックで FCOJ を港まで運び、タンカー船に直接積載が可能になった。

米国のカンキツ産業は、過去 20 年間、気象災害、HLB だけでなく、各種輸入果実との競争、価格低迷、生産費の上昇、労働力不足等多くの課題に直面している⁴³⁾。米国のオレンジジュース消費量は、健康への関心、他の飲料との競争により徐々に低下している。米国ではジュース消費量に比べ生産量は少なく、メキシコ、ブラジルから多くを輸入している。価格については、小売価格は上昇傾向であるが、生産者売り渡し価格は低迷したままである。

生産費の上昇については、HLB 対応のため、健全苗木利用、罹病樹除去、農薬 (キジラミ対策) と肥料 (樹体栄養管理) 使用量の増加等によりコストが上昇した。生産コストは 3 倍に増加し、収量は半減したともいわれている³⁷⁾。労働力不足も深刻で、H-2A (季節農業ビザの労働者) に頼るようになり生産費が上昇した⁴⁴⁾。フロリダ州では、1999~2006 年にかけて機械収穫が増加したが、その後 HLB 発生を受けて感染樹等への機械的ストレスを軽減するために 2015 年には機械収穫は行われなくなった⁴⁵⁾。

引用・参考文献

25. USDA. Quick Stats.
26. USDA. Fruit Yearbook Citrus Fruit Tables.
27. USDA National Agricultural Statistics Service. Florida Citrus Statistics.
28. Morris, R. A. (2010). Structure overview of the Florida citrus industry in 2009. UF/IFAS Extension.
29. Ferrarezi, R. S. et al. (2020). How historical trends in Florida all - citrus production correlate with devastating hurricane and freeze events. *Weather*, 75(3), 77-83.
30. Rogers, J. C., & Rohli, R. V. (1991). Florida citrus freezes and polar anticyclones in the Great Plains. *Journal of Climate*, 4(11), 1103-1113.
31. Yelenosky, G. (1985). Cold hardiness in citrus. *Horticultural reviews*, 201-23
32. Miller, K. A. (1991). Response of Florida citrus growers to the freezes of the 1980s. *Climate Research*, 1, 133-144.
33. Parsons, L. R. et al. (1986). Florida freezes and the role of water in citrus cold protection. *HortScience*, 21(1),

- 2-175.
34. Albrigo, L. G. et al. (2005). The impact of four hurricanes in 2004 on the Florida citrus industry: Experiences and lessons learned. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 118, 66-74.
 35. Hodges, A. W. et al. (2018). Economic losses of hurricane Irma on agriculture in Florida counties. UF/IFAS.
 36. Spreen, T. (2023). The Florida Citrus Industry After the 2022 Hurricanes. *Citrus Industry*, May 22, 2023.
 37. Singerman, A., et al. (2018). The profitability of new citrus plantings in Florida in the era of huanglongbing. *HortScience*, 53(11), 1655-1663.
 38. Graham, J. et al. (2020). Status of huanglongbing (HLB) outbreaks in Florida, California and Texas. *Tropical Plant Pathology*, 45, 265-278.
 39. Spreen, T. H. et al. (2020). Global economics and marketing of citrus products. In *The genus citrus* (pp. 471-493). Woodhead Publishing.
 40. Dala-Paula, B. M. et al. (2019). Effect of huanglongbing or greening disease on orange juice quality, a review. *Frontiers in plant science*, 9, 1976.
 41. Bassanezi, R. B. et al. (2009). Effects of huanglongbing on fruit quality of sweet orange cultivars in Brazil. *European Journal of Plant Pathology*, 125, 565-572.
 42. The Orange Book. <https://orangebook.tetrapak.com/chapter/principles-processing-orange-juice>
 43. Luckstead, J., & Devadoss, S. (2021). Trends and issues facing the US citrus industry. *Choices*, 36(2), 1-10.
 44. Onel, G. & Farnsworth, D. (2016). Guest Workers: Past, Present and the Future. *Citrus Industry*, May 2016.
 45. Roka, F.M. et al. (2014). Citrus Mechanical Harvesting Systems-Trunk Shakers. UF/IFAS Extension. FE950.

V ブラジルのカンキツ生産

ブラジルは HLB (グリーンング病) 等の病害の課題はあるものの、広大な土地、好適土壌、十分な降水量、少ない寒害被害、生産・収穫コストの低さを活かして、世界で消費されるオレンジジュースの大部分を生産している⁴⁶⁻⁴⁷⁾。その生産量の変動は、世界市場への供給量、価格に大きく影響する。

フロリダ州とブラジルサンパウロ州の生産・収穫コストを比較すると、ブラジルサンパウロ州はフロリダ州の生産コストの3分の1、収穫コストは4分の1である⁴⁸⁾。

ブラジルのカンキツは、大部分が果汁用のオレンジで、一部、マンダリン、レモン、グレープフルーツがある (図 36)⁴⁹⁾。オレンジ生産量は、2000年代に入ると1990年代後半に比べて減少しているが、HLBや気象変動の影響が考えられる。

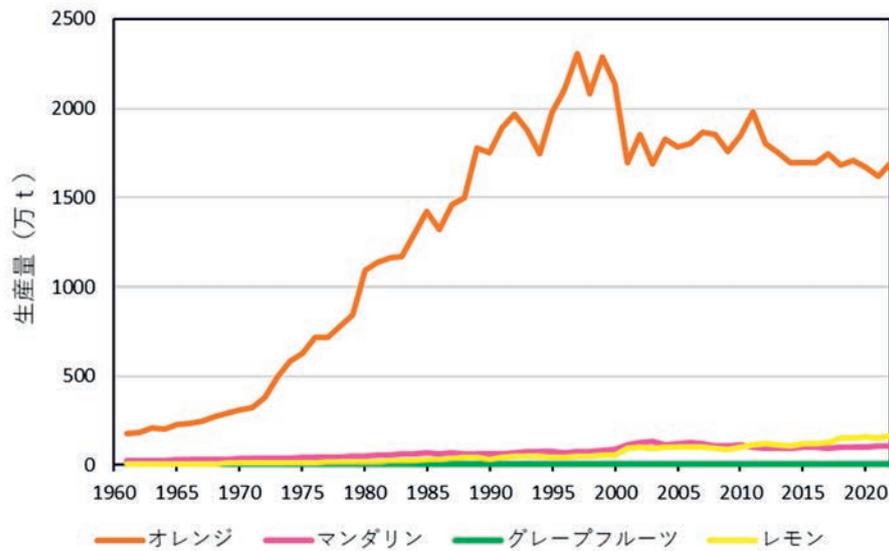


図36 ブラジルのカンキツ生産量

ブラジルのオレンジ生産量は、フロリダ州の度重なる寒害による生産量の不安定化を受けて、1960年代から2000年頃にかけて急増した⁵⁰⁾。

当初は200Lドラム缶で輸送していたため、積み下ろしに多くの労力を必要とした。その後、1990年代に入るとタンカー船によるFCOJ（frozen concentrated orange juice、冷凍濃縮オレンジジュース）の大量輸送が始まり、タンカートラックでFCOJをサンパウロ市に近いサントス港まで運び、タンカー船に直接積載が可能になった。また、無菌貯蔵によるNFC（not from concentrate、濃縮還元でない）オレンジジュースの市場が広がった。

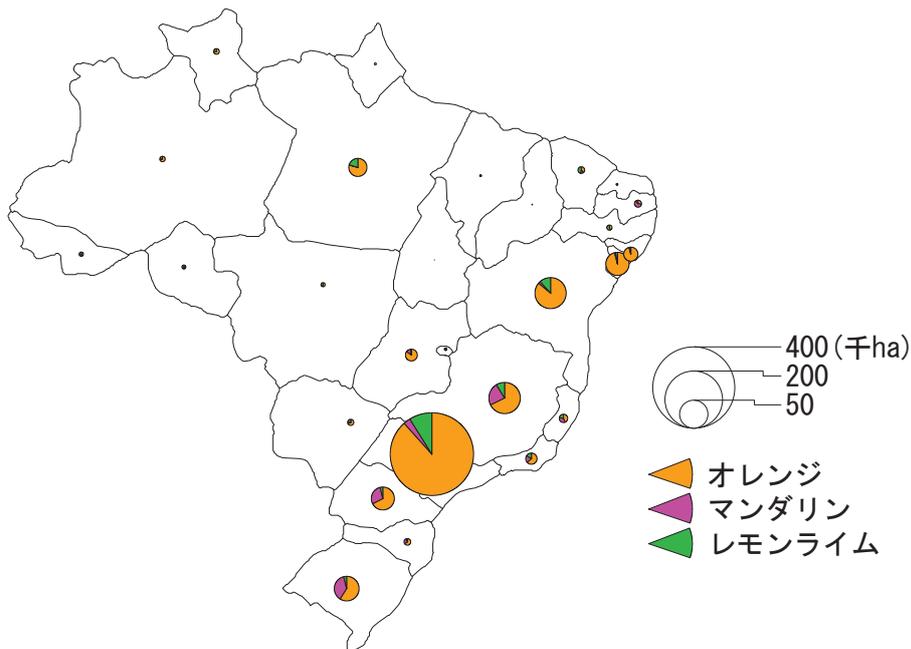


図37 ブラジルの州別カンキツ栽培面積

主要産地はサンパウロ州で、サンパウロ州の北側のミナスジェライス州、バイーヤ州、南側のパラナ州等にも産地がある⁵¹⁾。

Fundecitrus (Fund for Citrus Protection、カンキツ保護基金) は、1977年にカンキツ生産者、オレンジジュース企業によって設立された研究教育指導機関であり、サンパウロ州からミナスジェライス州南西部にかけてのカンキツ地帯を管轄している。Fundecitrus は、HLB、かいよう病、CVC (Citrus Variegated Chlorosis) のモニタリング、感染拡大防止活動を行うとともに、サンパウロ州を中心とするカンキツ地帯のオレンジ生産量の予測を発表している。

ブラジルでは、HLBはフロリダ州より1年早く2004年に見つかったが、Fundecitrusの活動もありフロリダ州に比べて急激な広がりを抑えてきた。しかし、感染樹の生産力低下や枯死による収量減、果実のジュース含量や糖度低下等の品質低下も発生している^{52) 53)}。

Fundecitrus が公表しているカンキツ地帯の生産量は2000年代に入って、大きく変動している(図38)⁵⁴⁾。特に2024/2025年は、1988年以来の最低水準になることが予想されている。その理由として5月から8月の平均気温が記録的高温28~30℃であり(平年は25~27℃)、同期間の積算降水量も平年の54%減が関係している。これにより、生理落果、成熟が進み小玉果での収穫となり、HLBによる落果を避けるための早めの収穫を行っていることも減収につながっている。

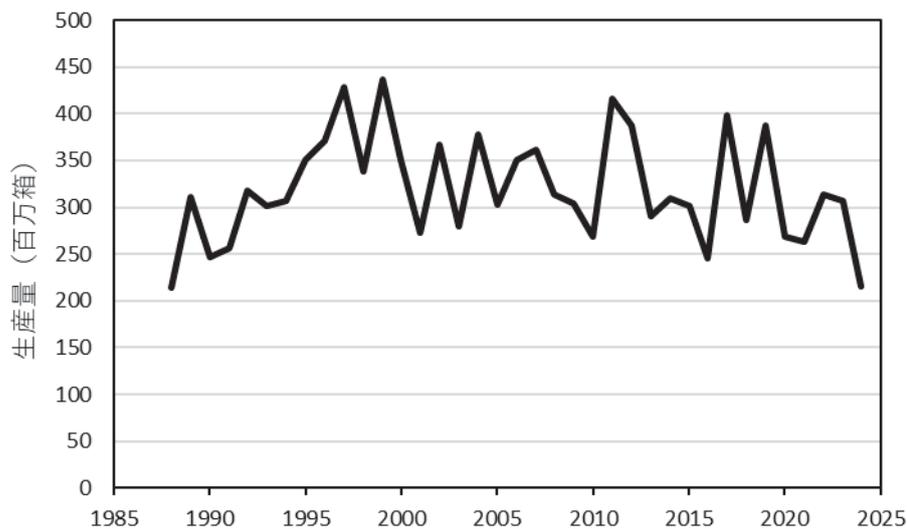


図38 サンパウロ州からミナスジェライス州南西部のカンキツ地帯の生産量

亜熱帯地域ではカンキツの花芽が誘導されるには、秋冬季の低温、乾燥が必要である^{55) 56)}。サンパウロ州南部では、主に低温により、北部は乾燥で花成誘導される。2000年は、過度な乾燥により、2002年は不十分な低温・乾燥条件で、開花が不十分で記録的な不作となった。2009/2010は、開花期生育期の多雨、2016/2017は、開花着果期の高温、干ばつ(蒸発散量の増加と過度な水分欠乏)により着果量が減少した。

カンキツ地帯におけるHLBの罹病樹割合は、2015年17.9%、2021年22.4%、2022年24.42%、2023年38.1%、2024年44.4%(2億300万樹のうち9千万樹が罹病)となり、ここ数年急増している⁵⁷⁾。

CVC (Citrus Variegated Chlorosis) は、2012年37.6%、2022年0.8%となり、健全苗木、殺虫剤散布(キジラミ対策)、罹病樹の除去により減少している⁵⁸⁾。

引用・参考文献

46. Passos, O. S. et al. (2018). Citrus industry in Brazil with emphasis on tropical areas. *Citrus-health benefits and production technology*, 5.
47. Baratti, A. C. C. et al. (2023). Brazilian citrus industry: a sustainable production chain. *Chronica Horticulturae*, 63(3), 22-25.
48. Murano, R. P. et al. (2003). Comparative costs of growing citrus in Florida and San Paulo (Brazil) for the 2000-01 season. UF/IFAS Extension.
49. FAO. FAOSTAT.
50. Spreen, T. H. et al. (2020). Global economics and marketing of citrus products. In *The genus citrus* (pp. 471-493). Woodhead Publishing.
51. Brazil IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)
52. Bassanezi, R. B. et al. (2009). Effects of huanglongbing on fruit quality of sweet orange cultivars in Brazil. *European Journal of Plant Pathology*, 125, 565-572.
53. Bassanezi, R. B. et al. (2020). Overview of citrus huanglongbing spread and management strategies in Brazil. *Tropical plant pathology*, 45, 251-264.
54. Fundecitrus (2024). Orange crop forecast. 2024/25.
55. Albrigo, et al. (2019). Citrus, 2nd Edition. CABI.
56. Albrigo, L. G. & Saúco, V. G. (2004). Flower bud induction, flowering and fruit-set of some tropical and subtropical fruit tree crops with special reference to citrus. *Acta Horticulturae*, 632, 81-90.
57. HLB Incidence Exceeds 44% in Brazil's CitrusBelt. *Citrus Industry*, Sep. 17, 2024.
58. USDA (2022). Brazil citrus annual, 2022.

VI スペインのカンキツ生産

スペインにおける 2022 年のカンキツ生産量は、オレンジ世界 7 位、マンダリン世界 3 位であるが、生果輸出量は、オレンジ世界 2 位、マンダリン世界 1 位である⁵⁹⁾。スペインの気象条件はカンキツ栽培に好適であり、欧州市場にもアクセスしやすい位置にある。カンキツ生産量の半分はオレンジであり、マンダリンは 3 分の 1、レモンは 15% 程度である。

オレンジの生産量は増加傾向にあり、マンダリン、レモンも 2005 年ころまでは増加傾向にあったが、近年その伸びは止まっている。

生産量の多くは生果用であり、生ジュースでの利用（レストラン、バー、スーパーマーケット）も多い。優れた生産システム、最先端の選果場、優れた輸送システムを保持し、輸出量は世界 1、2 位である⁶⁰⁾。輸出については、オレンジはエジプトと、マンダリンはモロッコ、イスラエル、トルコ等の地中海沿岸諸国と競合関係にある⁶¹⁾。

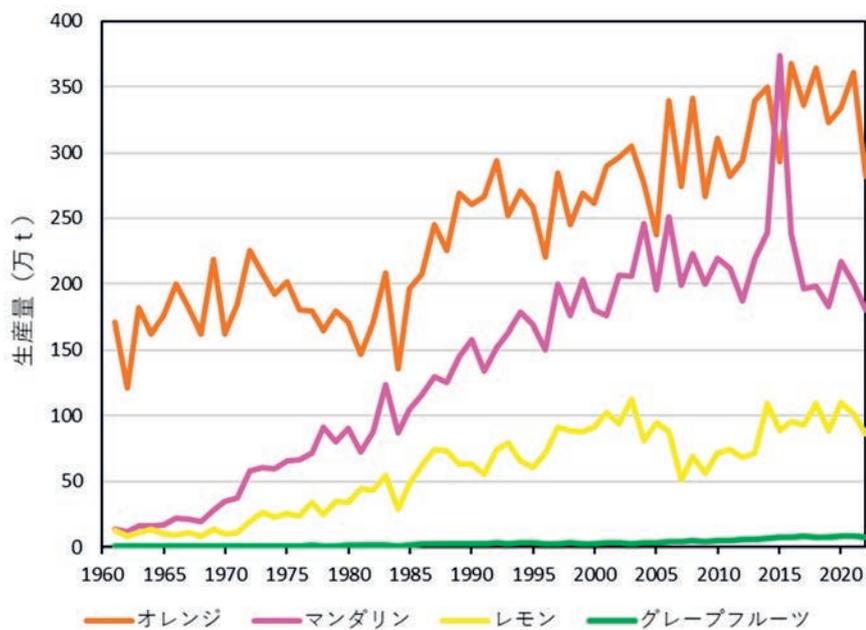


図39 スペインのカンキツ生産量

スペインの主要なカンキツ産地は地中海沿岸地方に限られ、中でも東部のバレンシア州と南部のアンダルシア州とで生産量の8割を占める。その他にも、ムルシア州、カタルーニャ州にも産地がある⁽²⁾⁽³⁾。

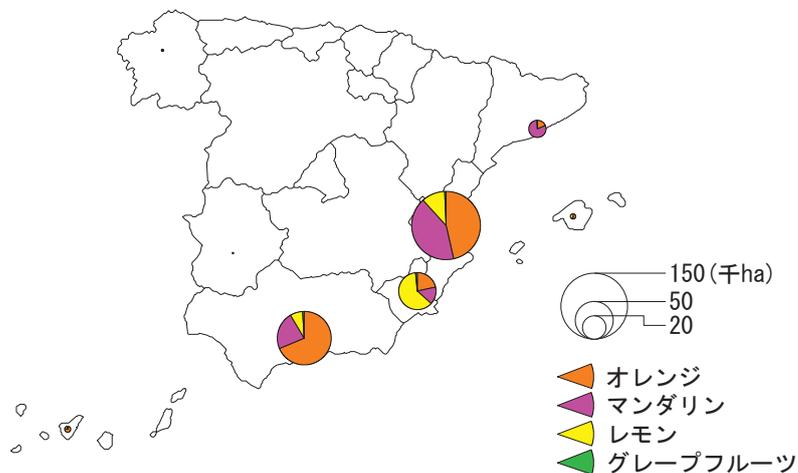


図40 スペインの州別カンキツ栽培面積

スペインのカンキツ生産は、小規模生産者が多く、7エーカー未満が多い。アンダルシア州は比較的規模の大きい生産者が多い。バレンシア州は、丘陵地でテラスが必要で、機械の使用は制限される。雨が少なく灌水が必須であり、水利用経費が非常に高く、マンダリンの収穫は鋏で行うため時間がかかる。

そのため、生産・収穫コストが高くなる。土壌pHは7～8と高く塩分も多いので、そのための台木が必要である⁶⁴⁾。有機栽培カンキツ面積は25,800haでイタリアの31,200haに次いで多い⁶⁵⁾。

スペインのカンキツ生産技術を見ると、輸出を重視した品種選択・開発、病虫害研究に基づく機械利用防除、品種認証に基づくウイルスフリー苗配布、収量・品質向上のための植物成長調節剤利用、品質重視のためのせん定・収穫、水・肥料の有効利用のための点滴灌水（灌水施肥）等により発展してきた。この中で、国際市場の要望に添えていくために品種が重要視されている^{66)~68)}。

スペインのオレンジは、ネーブルが4分の3、バレンシアが4分の1であり、ごく一部ブラッドオレンジがある。主な品種は、ネーブルNavelateとNavelina、バレンシアValencia Late、ブラッドオレンジSanguinelliである。マンダリンは、クレメンティン62%、マンダリン雑種31%、ウンシュウミカン7%である。主な品種は、クレメンティンではClemenules、Oronules、マンダリン雑種ではNova、Fortune、Ortanique、Ellendale、Murcott、ウンシュウミカンは興津早生、岩崎早生である。クレメンティンは海外市場の人気の栽培面積が増えたが過剰傾向にあり、Nadorcott、Tango-Gold、Orri等が増えている。レモンの主要品種は、FinoとVernaである。

スペインのカンキツ産業について、マーケティング、生産コスト、品種・台木、機械化、スマート農業、密植栽培・機械利用、灌水等の現状と今後の方向を踏まえたロードマップが作成されている⁶⁸⁾。

引用・参考文献

59. FAO STAT.
60. Futch, S., & Singerman, A. (2020). Inside Spain's citrus industry. *Citrus Industry*, July 3, 2018.
61. USDA (2023). EU citrus annual 2023.
62. スペイン農業漁業環境省 ESYRCE 2022.
63. スペイン農業漁業環境省 CÍTRICOS: Análisis de la Realidad Productiva 2020.
64. Garcia-Álvarez-Coque, J. M. & García, M. G. (2021). Una hoja de ruta para la citricultura española. Cajamar Caja Rural.
65. FiBL & IFOAM – Organics International (2024): The World of Organic Agriculture. Frick and Bonn
66. Navarro, L. (2009). The Citrus Industry in Spain. *Chronica Horticulturae*, 49(4), 17.
67. De-Miguel, M. D. et al. (2019). Varietal change dominates adoption of technology in Spanish citrus production. *Agronomy*, 9(10), 631.
68. Garcia-Álvarez-Coque, J. M. & García, M. G. (2021). Una hoja de ruta para la citricultura española. Cajamar Caja Rural.

VII その他主要国のカンキツ生産

中国のカンキツ産地は、広西壮族自治区、湖南省、湖北省、広東省、四川省、江西省等の南部地域である⁶⁹。カンキツのなかではマンダリンの生産が多く3分の2、次いで、スイートオレンジ15%、ポメロ13%、レモン等5%である。多くは生果用95%であり、加工用は5%である⁷⁰。

広西壮族自治区では、栽培面積の半分はShatang mandarinであり、Wo tangerineも多い⁷¹。オレンジの主産地は、江西省であり、ポメロの産地は、福建省、広東省、広西壮族自治区、江西省である。オレンジの主な輸入先は、南アフリカ、エジプト、オーストラリア、米国、スペインである。輸出の多くはベトナム92%であり、残りはマレーシアである。マンダリンの主な輸入先は、南アフリカ、オーストラリア、ペルー、ベトナム、米国であり、輸出先はベトナム、キルギスタン、ロシア、インドネシア、タイである。

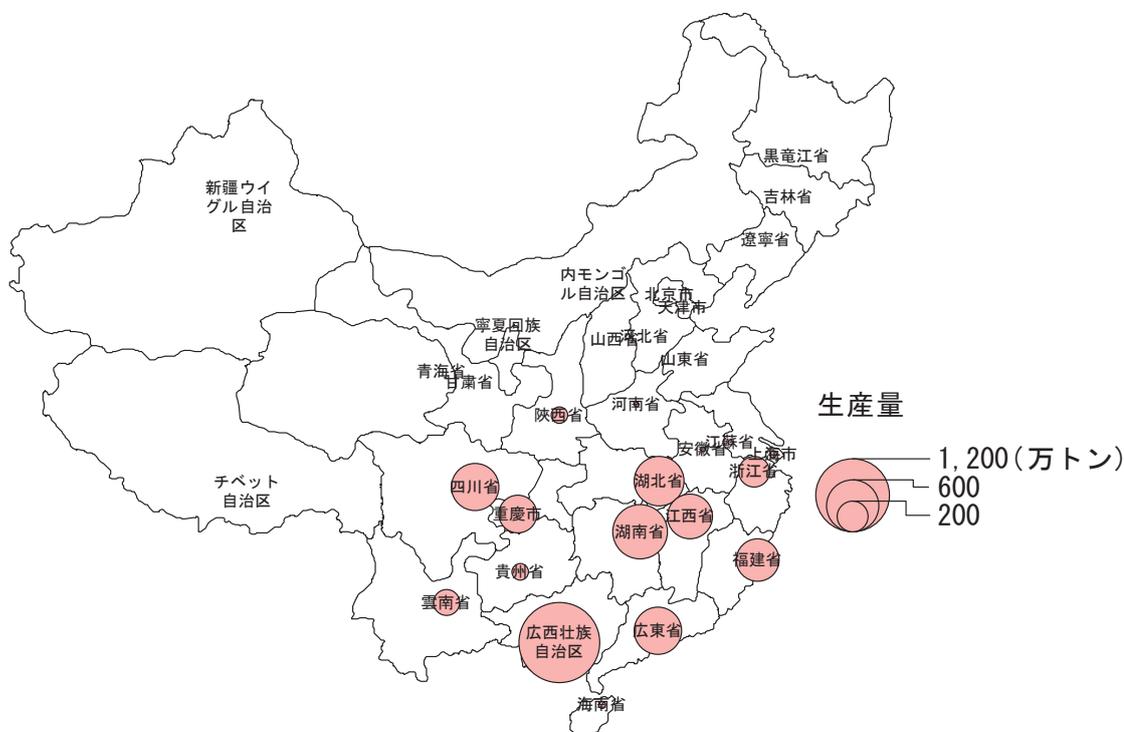


図41 中国の省別カンキツ生産量

インドのカンキツ産地は、中西部のマハーラーシュトラ州、南東部のアーンドラ・プラデーシュ州、中央部のマディヤ・プラデーシュ州である⁷⁴。その他、全国各地でカンキツが栽培されている。北よりのマハーラーシュトラ州とマディヤ・プラデーシュ州はマンダリンが多く、南寄りのアーンドラ・プラデーシュ州ではオレンジが多い。オレンジの輸出先は、バングラデシュ約85%、ネパール約15%である。

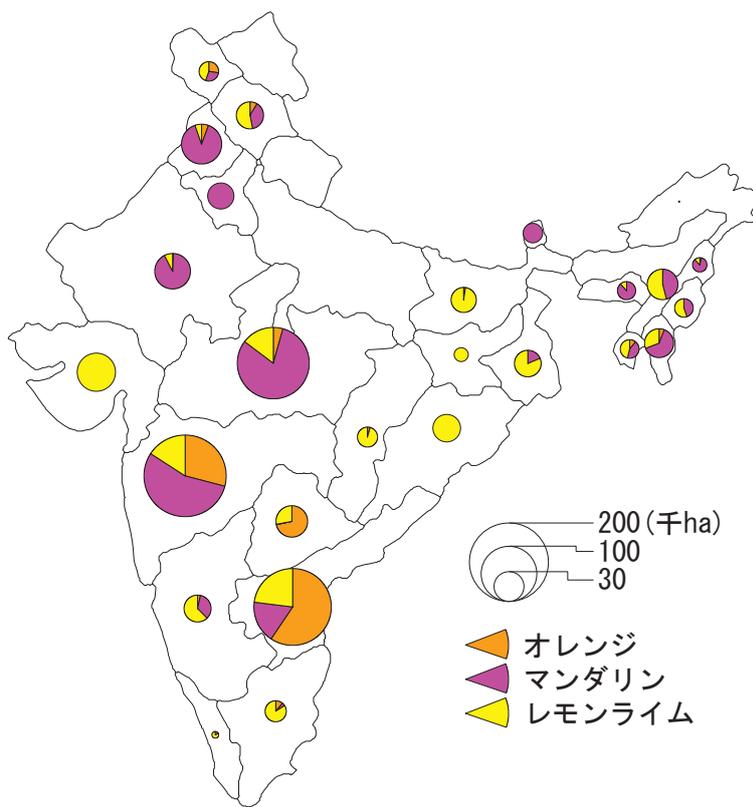


図42 インドの県別カンキツ栽培面積

メキシコは、オレンジとライムの主要生産国であり、主要産地はメキシコ湾西岸のベラクルス州である⁷⁸⁾。ベラクルス州は、オレンジが4分の3であり、ライム産地は、ベラクルス州とともに、西部のミチョアカン州である。

オレンジ品種は、Valencia95%と Hamlin 4%であり、オレンジ生産量の半分程度はジュース加工用である⁷⁸⁾。オレンジ生果、ジュースのほとんどは米国向けである。ライム品種は、Persian、Key limeが多い。

メキシコにおける HLB (グリーンング病) の現状は、十分な制御ができてなく、対応策も有効でなく、HLB 発生前の収量に回復してなく、生産費も増加している⁷⁹⁾。メキシコでは、HLB は 2009 年に見つかり、全国的に拡大している。

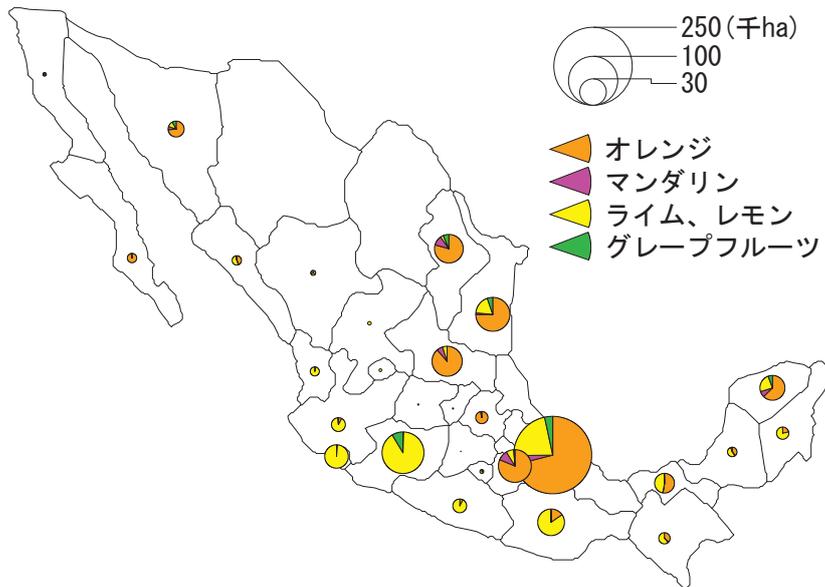


図43 メキシコの州別カンキツ栽培面積

トルコのカンキツ産地は、地中海沿岸のアダナ県、メルスィン県、ハタイ県、アンタルヤ県である⁸⁰⁾。輸出先と主要品種は以下の通りである⁸¹⁾。

輸出先については、オレンジはイラク、ロシア、ウクライナであり、マンダリンはロシア、ウクライナ、イラク、レモンはイラク、ロシアである。

品種については、オレンジ（ネーブル）は、Washington、Navelina、Navelate、Lane Late、Cara、ウンシュウミカンは尾張系、興津早生、三保早生、マンダリン・クレメンティンは Nova、Robinson、Minneola、レモンは Kutdiken、Interdonato、Meyer、グレープフルーツは Ruby、Rio Red である。

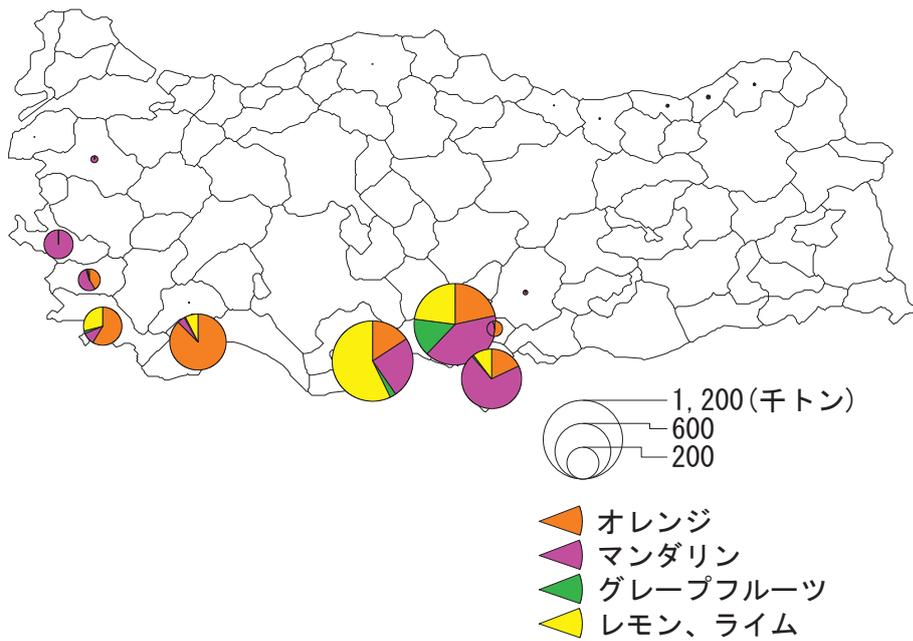


図44 トルコの県別カンキツ生産量

イタリアの主要カンキツ産地は、シチリア自治州とカラブリア州である⁸²⁾。オレンジは、ネーブルとブラッドオレンジが多く、マンダリンはクレメンティンが多い。レモンは、シチリアが産地である。輸出先は、ドイツ、フランス、オーストリア等である。

主要品種は以下の通りである^{83) 84)}。

オレンジ Tarocco、Moro、Sanguinello、Naveline、Valencia

クレメンティン Comune、Oroval、Monreal

マンダリン Avana、Tardivo di Ciaculli

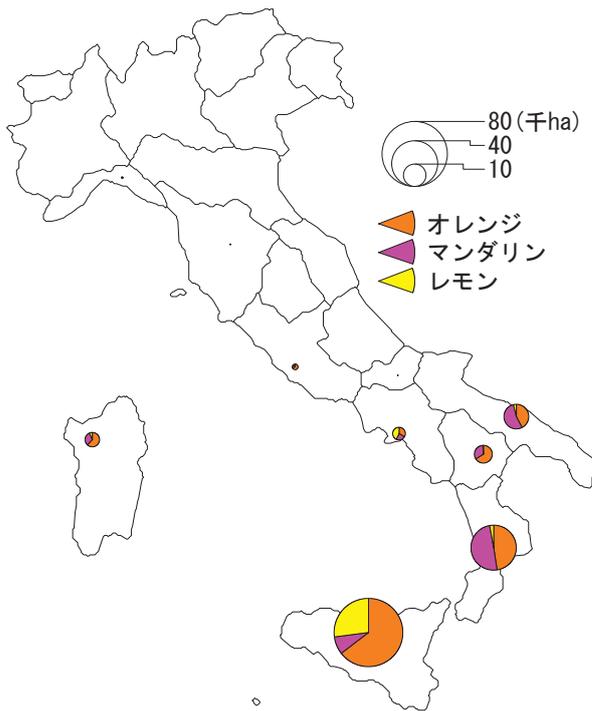


図 45 イタリアの州別カンキツ栽培面積

韓国のカンキツは、ウンシュウミカンと中晩柑が多く、日本の品種も数多く普及している^{85 86)}。産地は済州島に限られる。済州島のカンキツ産地は平地が多く、97.6%が傾斜 10 度以下で大部分が 5 度以下である⁸⁷⁾。

韓国の施設栽培面積は、果樹全体としては減少傾向にあるものの、カンキツは直線的に増加しており、2022 年には 6,053ha に達している (図 46)。ウンシュウミカンは露地栽培に比べて施設栽培の割合は少ないが、中晩柑では施設栽培の割合が非常に多い。タイベックマルチを利用した高糖度果実生産も行われている⁸⁸⁾。

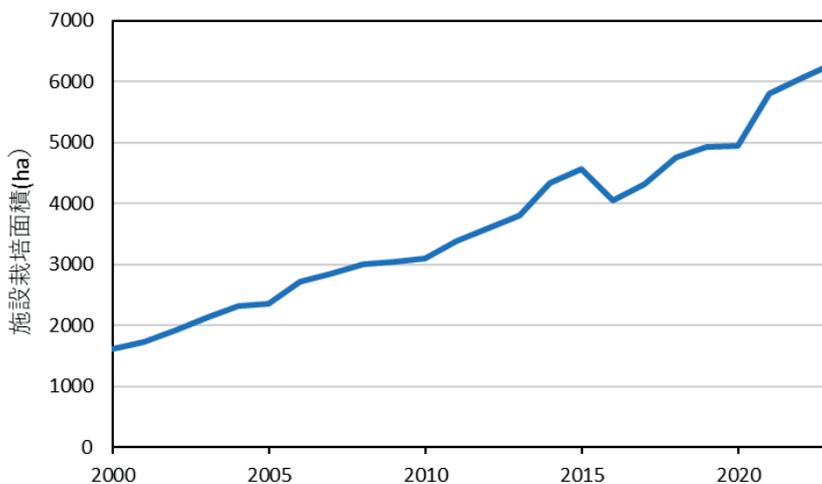


図 46 韓国のカンキツ施設栽培面積



写真 韓国済州島のカンキツ栽培施設

引用・参考文献

69. 中国統計年鑑 2021.
70. FAOSTAT.
71. Liu, Y. Z., & Deng, X. X. (2007). Citrus breeding and genetics in China. *The Asian and Australasian Journal of Plant Science and Biotechnology*, 1(1), 23-28.
72. USDA (2025). China citrus annual 2025.
73. Emily, F. (2019). Guangxi's citrus production hits 10 million tons. *Produce Report*, Dec.11, 2019.
74. India Horticulture Statistics Division. (2023). Horticultural statistics at a glance 2021.
75. India Ministry of Agriculture. (2015). Indian horticulture database-2014.
76. Mexico SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera).
77. USDA (2024). Mexico citrus annual 2024.
78. USDA (2025). Mexico citrus annual 2025.
79. Villar-Luna, H. et al. (2024). Economic and Social Impact of Huanglongbing on the Mexico Citrus Industry: A Review and Future Perspectives. *Horticulturae*, 10(5), 481.
80. FiBL & IFOAM – Organics International (2024): The World of Organic Agriculture. Frick and Bonn
81. Turkish Statistical Institute. TURKSTAT.
82. Yeşiloğlu, T. et al. (2017). The Turkish citrus industry. *Chronica Horticulturae*, 57(4), 17-22.
83. Italy ISTAT.
84. USDA (2018). Italy citrus annual 2018.
85. 中央果実基金 (1995). イタリアにおける柑橘類の生産・流通事情調査報告書.
86. 韓国農村振興庁 (2023). 果樹施設栽培 農業技術指針 077. (原文韓国語)
87. KOSIS Korea Statistical Information Service.
88. Moon, K. H. et al. (2015). Quantification of environmental characteristics on citrus production area of Jeju Island in Korea. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, 17(1), 69-74.
89. Ko, S. B., & Kim, B. S. (2013). A study on the technology evaluation of development of Tyvek planting techniques in citrus. *Journal of The Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 14(7), 3232-3237.

VIII 気象条件と気象災害

1. 気温と降水量

カンキツ類の原産地は、ヒマラヤの南東にある山麓地帯で、アッサムの東部、ミャンマーの北部、雲南省の西部が含まれる地域である。古代のカンキツは中生代後期に急激な種の分化が起こったと推定され、この時期は湿潤モンスーン気候から乾燥気候に変化した時期と一致している⁸⁹⁾。その後、種の分化を繰り返しながら世界各地へと広がっていった。

世界の代表的なカンキツ産地の年平均気温と年積算降水量の関係を図 47 に表した。主要なカンキツ産地は、亜熱帯から地中海性気候、一部温帯に広がっている⁹⁰⁾。北緯 40 度から南緯 40 度の間で、最低気温がおおむね -7°C より下がらない地域で、年間 1,000~1,600mm 程度の降水量が必要である。

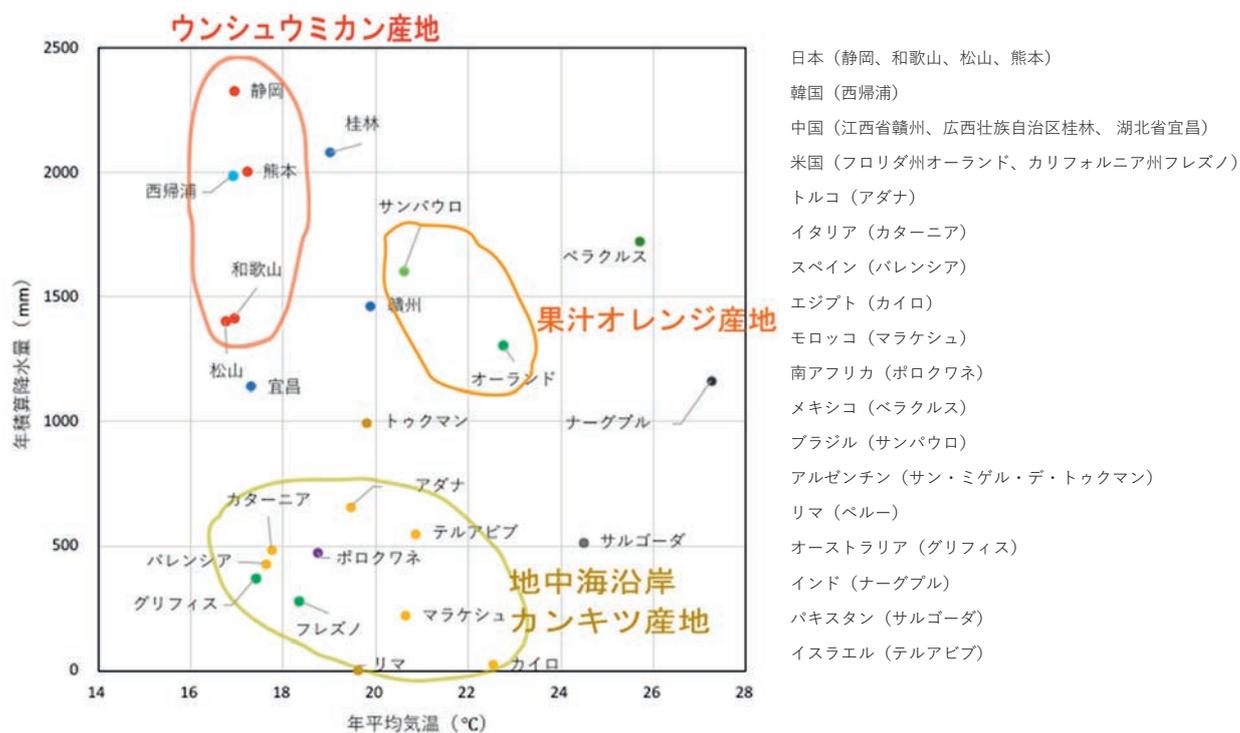


図 47 カンキツ代表的産地の年平均気温と年積算降水量

ウンシュウミカンの産地である静岡、和歌山、松山、熊本、韓国西帰浦は、年平均気温 17°C 、年積算降水量 1,400~2,400mm 付近にある。これら地域は世界のカンキツ産地から見ると、比較的低温で降水量が多い地域にある。

オレンジ果汁の主要産地であるブラジルサンパウロ州やフロリダ州は、年平均気温 $20\sim 23^{\circ}\text{C}$ 、年降水量 1,200~1,700mm 付近にある。中国の江西省赣州は、オレンジ生産が多いことで知られている。

地中海沿岸には、スペインバレンシア、イタリアカタールニア、トルコアダナ、エジプトカイロ、モロッコマラケシュ、イスラエルテルアビブ等があり、年平均気温 $17\sim 23^{\circ}\text{C}$ 、年積算降水量 700 mm 以下である。カリフォルニア州フレズノ、オーストラリアグリフィス、南アフリカポロクワネ、ペルーリマもこの範囲に含まれる。これら地域は、年積算降水量が少ない。インドナグプル、パキスタンサルゴダ、メキシコベラクルスは、年平均気温が 24°C を超える。

一般に気温が高いほど、糖度上昇は早い酸の減少も早い。逆に温度が低いと糖度上昇、酸の減少も

ゆっくりである⁹⁰⁾。フロリダ、サンパウロは、秋冬季の気温が涼しく、果肉のオレンジ色の着色に好適であり、呼吸がゆるやかで酸の低下も少ない。さらに、秋冬季も光合成が抑制されることなく、糖度が上昇する。果皮も薄く、ジュース含量も50%以上と高い。

地中海性気候は、熱く乾燥する夏、寒い冬で日較差が大きい。熱帯に比べ樹体成長が抑制的で、果実呼吸も低く、成熟がゆるやかで果実品質も高い⁹¹⁾。一方、熱帯のように高温で温度の変化の少ない(日較差)条件では、樹体成長・成熟が早く、果実の糖度が低く、酸の減少が早く、風味も悪い。

バレンシアオレンジは気候適応性が広く、ネーブルオレンジは地中海性気候が優れ、グレープフルーツは冬季に温度が下がらない温暖な気候が適する⁹²⁾。ブラッドオレンジは果肉着色にはある程度の低温が必要であり、イタリアシチリアのエトナ山の近郊に適地がある⁹³⁾。

ウンシュウミカンの産地は、冬季の気温が低くても栽培が可能な品目を選択する必要がある。これら地域では、厳冬季や越冬して収穫するカンキツの場合には、施設栽培や防寒対策が必要になる場合がある。

地中海沿岸産地は、灌水のための水源を確保する必要がある。雨が多い、サンパウロやフロリダ州でも、時期によっては雨が少なく、灌水が必要になることがある⁹⁴⁾。

引用・参考文献

89. Wu, G.A. et al. (2018). Genomics of the origin and evolution of Citrus. *Nature*, 554(7692), 311-316.
90. Albrigo, L.G. et al (2019). Citrus second edition. CABI.
91. NOAA. WMO Climate normal.
92. 気象庁. 世界の地点別平年値.
93. Lado, J. et al. (2018). Key determinants of citrus fruit quality: Metabolites and main changes during maturation. *Scientia Horticulturae*, 233, 238-248.
94. Zekiri, M. (2011). Factors affecting citrus production and quality. *Citrus Industry*, Dec., 2011.
95. Seminara, S. et al. (2023). Sweet orange: Evolution, characterization, varieties, and breeding perspectives. *Agriculture*, 13(2), 264.
96. Kadyampakeni, D. M. et al. (2022). 2022–2023 Florida citrus production guide: Irrigation management of citrus trees UF/IFAS Extension.

2. 寒害

寒害は世界の多くの産地で発生し、特に大きな被害が発生しているのは、米国、日本、中国中部、メキシコ北東部、アルゼンチン、ギリシャ、イラン等である⁹⁷⁾。米国や日本では、過去に大規模な寒害が発生したが、近年は温暖化が進んでいることもあり、一時期に比べ被害の発生頻度は低下している。しかし、温暖化しても気象変動もあり寒害のリスクはある。

カンキツは、亜熱帯、熱帯地域の原産であるが、冬季にはある程度の低温に耐えることができる。特に、ウンシュウミカンは厳冬期には樹体は-8~-7℃にも耐えることができる。

果実は、温度が-2℃より下がると凍結しやすくなる。凍結程度や頻度によって落果、果皮障害、す上がりや苦みが発生することがある⁹⁷⁾⁹⁸⁾。す上がりは、凍結後に融解しても、水分はさじょうにもどらず、ぱさぱさとなる障害である。

寒害対策には、燃焼法、送風法、散水法(マイクロスプリンクラー)、被覆法がある。フロリダ州では、寒気の移流により被害が発生することが多いことから、樹冠の下部や地表面に少量散水する散水法が最も一般的である。また、カンキツ耐寒性(被害発生温度)の推移が発表され、寒害警報システムに

よりスマホにメッセージが入るようになっている⁹⁸⁾。

引用・参照文献

97. Zekri, M. et al. (2016). Freeze damage symptoms and recovery for citrus. *Citrus Industry*; Dec., 2016.
98. Oswalt, C. & Vashisth, T. (2022). 2022–2023 Florida citrus production guide: Citrus cold protection. UF/IFAS Extension.

3. ハリケーン、台風の被害

カンキツに対するハリケーン、台風の被害には、落果、落葉、倒木、傷果、枝折れ、枝葉の損傷、湛水被害、塩害等がある⁹⁹⁻¹⁰⁰⁾。

表1は米国で用いられているサファ・シンプソンのハリケーンスケールとカンキツの被害との関係である¹⁰⁰⁻¹⁰¹⁾。サファ・シンプソンにおける階級4は、台風階級での非常に強い台風に、階級5は猛烈な台風に相当する。ハリケーンスケールでは、1分間の平均最大風速により、台風階級では10分間の平均最大風速により階級分けされる。そのため、台風階級の風速は2割ほど低い数値となる。上陸時の階級は、2017年のイルマ、2022年のイアン、2024年のヘレンは階級4である¹⁰²⁻¹⁰³⁾。

米国では落果の被害が大きく、落果率100%になることもある。これは、オレンジやグレープフルーツのように手で引きもぎしやすく大きな果実では、マンダリンに比べて落下しやすいことが関係している。ハリケーン通過時に落下しなくても、樹体衰弱により落果することもある。フロリダ州は砂質土壌で倒伏しやすいと考えられ、HLB(グリーンング病)で根が弱っている場合は特に倒伏しやすい。

表1 ハリケーン、台風の階級とカンキツ被害

階級	風速(MPH)*	風速(m/s)*	カンキツ被害	台風階級
1	74~95	33~42	一部の葉や果実に被害	
2	96~110	43~49	葉や果実に被害、一部が倒木	強い台風
3	111~130	50~58	葉や果実に大きな被害、多くが倒木	強い~非常に強い
4	131~155	59~69	すべての葉や果実がなくなる、多くの樹が飛ばされる	非常に強い台風
5	155~	70~	果樹園が完全に破壊される	猛烈な台風

*1分間の平均最大風速

温暖化によりハリケーン、台風の強度がどうなるかについては、世界の全熱帯低気圧に占める強い熱帯低気圧(カテゴリ3~5、1分間の平均風速50m/s以上)の発生割合は過去40年間で増加している可能性が高いとされている¹⁰⁴⁾。

引用・参照文献

99. Albrigo, L. G. et al. (2005). The impact of four hurricanes in 2004 on the Florida citrus industry: Experiences and lessons learned. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*; 118, 66-74.
100. Zekri, M. et al. (2017). Hurricane preparedness for citrus groves. UF/IFAS Extension, HS-804.
101. JAXA. 台風・ハリケーンの強さ比較.
102. Spreen, T. (2023). The Florida citrus industry after the 2022 hurricanes. *Citrus Industry*; May 22, 2023.
103. Hurricane Milton: spotty citrus damage, some severe. *Citrus Industry*; Oct. 14, 2024.
104. 気象庁(2023). 気候変動監視レポート 2022.

4. 干ばつ、気候変動

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) は、過去2,000年間で経験したことない速度で地球が温暖化しているとして、地球の平均気温は19世紀後半から現在(2011~2020年)までに、すでに約1.09°C上昇していると報告している¹⁰⁵⁾。また、大雨、干ばつ、極端な高温、干ばつと熱波の同時発生等の極端な気候、気象が増加していると報告している。

2022年の干ばつは、カリフォルニアではこの1,200年間で最悪、欧州でも500年間で最悪と言われている^{106) 107)}。2023年は観測史上最も暑かった年であり、各地で干ばつ、豪雨が発生した。2024年は、それを0.12°C上回ると発表されている。世界気象機関(WMO)は、2023年は過去33年間で世界の河川にとって最も乾燥した年になり、氷河も50年間で最も失われたと報告している¹⁰⁸⁾。

カンキツは、地中海性気候であるスペイン、イタリア、トルコ、エジプト、モロッコ、イスラエル、カリフォルニア、オーストラリア等に多くの産地があり、降水だけでは必要とする水分を満足することができず、必要に応じて灌水する必要がある。これら地域では、水源を確保するのが困難になる場合もあり、干害の発生リスクが高い。地域によっては、地下水のくみ上げが増えると海水を引き込みやすくなり、こうした産地では、干害だけでなく、塩害リスクもある¹⁰⁹⁾。地中海沿岸地域は、気候変動のホットスポットとも呼ばれ、高温だけでなく降水量のさらなる減少が危惧されている¹¹⁰⁾。

雨が比較的多い地域である、ブラジル、中国、インド等でも干ばつが発生している^{110)~116)}。ブラジルでは、近年、高温乾燥により灌水の必要性が高まっている¹¹¹⁾。中国のカンキツの7割を生産する長江流域では、2022年、2024年に干ばつが発生している^{112)~115)}。2024年は、高温乾燥 葉焼け、落葉、日焼け、裂果により大きな被害が発生した。

カンキツの温暖化影響評価については、韓国でも温暖化するとウンシュウミカン、不知火の産地は北上することが示されている¹¹⁷⁾。ウンシュウミカンの現在の栽培地域は済州島の沿岸地域であるが、RCP8.5シナリオでは、栽培可能地域は2030年代には済州島から全羅南道沿岸にまで、2060年代には済州島の沿岸地域は不適地になり標高の高い地域に移動、さらに慶尚南道にまで広がる。2090年代には済州島は不適地になる。2060年代以降は、栽培可能地域は広がるが、栽培適地ははだいに減少する。不知火の現在の栽培適地は、済州島の沿岸地域である。栽培可能地域の拡大はウンシュウミカンと同様であるが、済州島の適地は拡大するので、韓国全体で見ると栽培可能地域、栽培適地も増加する。

米国では、CO₂濃度に変化がない場合は、温暖化により米国のカンキツ産地は北上し、フロリダ州、テキサス州の収量は、冬季の温度上昇により低下する。CO₂濃度が上昇すると、その影響を緩和する方向に変化する¹¹⁸⁾。

中国におけるカンキツの果実品質と収量に対する温暖化影響評価が行われ、果実品質は7月の日較差(最高気温と最低気温の差)との関係が最も密接で、温暖化すると日較差が増加する四川省、浙江省、福建省で品質が向上し、日較差が低下する広東省、広西省、湖北省では低下する。収量については全地域で増加する¹¹⁹⁾。

主要カンキツ産地における灌水必要量の将来予測では、CO₂濃度一定条件で温度が上昇すれば、蒸発散量は増加する。気孔コンダクタンスは、温度上昇に比べCO₂濃度上昇の影響が大きく、CO₂濃度が上昇すると気孔コンダクタンスが低下し、年間の蒸発散量、灌水必要量は低下する¹²⁰⁾。

引用・参考文献

105. IPCC第6次評価報告書AR6 第1作業部会WG1報告書。

106. California suffers the worst drought in 1,200years. *FreshPlaza*. 19 Jul 2022.

107. Newburger, E. (2022). Europe is experiencing its worst drought in at least 500 years. *CNBC*. Aug.23, 2022.
108. WMO. (2024). WMO report highlights growing shortfalls and stress in global water resources. Press release. Oct. 7, 2024.
109. Ziogas, V. et al. (2021). Drought and salinity in citriculture: optimal practices to alleviate salinity and water stress. *Agronomy*, 11(7), 1283.
110. Tuel, A., & Eltahir, E. A. (2020). Why is the Mediterranean a climate change hot spot? *Journal of Climate*, 33(14), 5829-5843.
111. USDA (2024). Brazil citrus annual, 2024.
112. Xiong, Y. et al. (2024). Drought risk assessment for citrus and its mitigation resistance under climate change and crop specialization: A case study of southern Jiangxi, China. *Agricultural Water Management*, 306, 109195.
113. USDA (2023) China citrus annual 2023.
114. Zang, J. (2024). China's citrus output set to see impact of drought. *Produce Report*, Sep. 29, 2024.
115. Dohale, V. et al. (2024). Orange grower's perception of drought impacts and strategies for mitigation and adaptation: A study of the Vidarbha region in India. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 105, 104392.
116. Balfagón Sanmartín, D. et al. (2022). The future of citrus fruit. impact of climate change on citriculture. *Metode Science Studies Journal*, 12 (2022): 123–129. University of Valencia.
117. Moon, Y. E. et al. (2017). Projection of potential cultivation region of Satsuma mandarin and 'Shiranuhi' mandarin hybrid based on RCP 8.5 emission scenario. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, 19(4), 215-222.
118. Rosenzweig, C. et al. (1996). Potential impacts of climate change on citrus and potato production in the US. *Agricultural Systems*, 52(4), 455-479.
119. Wang, S. et al. (2022). Effects of future climate change on citrus quality and yield in China. *Sustainability*, 14(15), 9366.
120. Fares, A. et al. (2017). Potential climate change impacts on citrus water requirement across major producing areas in the world. *Journal of Water and Climate Change*, 8(4), 576-592.

VIII HLB（グリーニング病）

HLB（グリーニング病）は、カンキツ篩管部に局在し、ミカンキジラミで媒介される破壊的な病害であり、世界のカンキツ産業、オレンジジュース産業にとって最も脅威となっている¹²¹⁾。この病害は1995年までは南アフリカで使われていたグリーニング病という名称で呼ばれていたが、今では世界的に見るとHLB（Huanglongbing）と呼ばれることが多くなってきた。

HLBは、アジア型とアフリカ型があり、前者はミカンキジラミにより、後者はミカントガリキジラミで媒介される。アジア型はアフリカ型より被害はより深刻であり、熱に対して耐性がある。アフリカ型は30℃以上の高温で抑制される¹²²⁾。

主要生産国でアジア型HLBが発生しているのは、ブラジル、米国、メキシコ、インド、中国、イラン、インドネシア等である。アフリカ型HLBは、アフリカ、中東のごく一部で発生している。

被害は、果実では、小玉、変形、苦み、着色異常（果梗に近い方から着色）、落果等であり、樹体も根が極端に減少して地上部、地下部のバランスが崩れ樹勢衰弱してひどい場合は枯死する^{123) 124)}。成木

では、病徴はゆっくり進むが、幼木ではより深刻で、感染すると成園化にまで達することなく衰弱し、ひどい場合は植え付け後、1、2年で枯死する¹²⁵⁾。果実品質の低下も深刻で、苦みの発生、糖度不足、酸度低下、オレンジ風味不足となる¹²⁶⁾。病徴は、オレンジ（スイートオレンジ）、マンダリンで最も激しく、レモンやサワーオレンジでは比較的中庸であり、グレープフルーツは当初は中庸でも、その後急激に激しくなる。ライム、ポメロは比較的強い。

HLB は、当初は原因不明であったが、中国の林孔湘により、細菌、ネマトーダ、湛水による障害、無機養分欠乏でないことが確かめられた¹²⁷⁾。南アフリカでも同様の症状がありグリーンングと呼ばれていた。HLB (Huanglongbing) は、中国語の huang (黄)、long (龙、梢)、bing (病) からきている。龍と梢は同じ発音で、龍は龍 (dragon) の意味である。当初、黄龙病とされることもあったがそれでは症状を示してなく、現在では、黄梢病の意味で使われている¹²⁸⁾。

フロリダ州では、2005年8月に HLB が発見されたが、直後の調査で、おそらく発見の4～6年前には存在し広がっていたことが示された¹²⁹⁾。感染樹の伐採が拡大防止に有効であるが、農家の抵抗も大きかったこともあり感染樹の伐採は進まなかった。当初、HLB の拡大はゆるやかであったが2009年頃から急拡大し、いまではすべての地域に広がり、壊滅的に近い状況になった¹³⁰⁾。

フロリダ州での HLB の急拡大については、以下の要因が指摘されている^{130) 131)}。

- ・カンキツかいよう病根絶計画の失敗による HLB 感染樹の伐採停滞

カンキツかいよう病根絶計画では、罹病樹だけでなく周辺の樹を除去することが要請されたが、庭先カンキツを栽培するような小規模生産者が反対し計画が中断した。計画が完了する前の2004年、2005年に4度のハリケーンが襲来し、州の主要産地にかいよう病が拡大し2006年に計画が停止した。これにより HLB での同様の取組への意欲を失わせることになり強制的な伐採計画は行わず、苗木についてのみの対策になった。

- ・HLB 対策に対する生産者の対応の差

フロリダ大学等の対応策に従って複数回のキジラミ防除、年4回の全樹調査と発病樹の伐採を進めようとしたが、生産者は、発病樹を伐採せず施肥管理で樹勢を維持しながら生産を継続しようとした。

- ・キジラミが好むゲッキツの苗が大量に発売されていた。
- ・高い機会費用

2004/2005、2005/2006 のハリケーンによりオレンジ価格が上昇し、果実を生産している樹を伐採するのは生産者、特に小規模生産者の場合は特に困難であった。将来得られるメリットを考慮して伐採するか、将来のことは無視して今の利益を優先し伐採しないかの選択となるが、通常、生産者は今の利益を優先する。

- ・農家の抵抗については、1995年にカンキツかいよう病が再発生し、感染樹の半径600m以内のすべての樹200万本を強制伐採したこともあり、HLB については栄養改善により樹勢を維持し収穫を確保しようとした。2000年代に土地代が上昇し、生産者が果樹園を売却しようとする放棄状態にして、管理しなくなり管理が不十分になった。

フロリダ州での対策

無病の健全苗木（ガラス室や網室での苗木生産）、樹体栄養管理、サーベイ（スカウティング）、感染樹の伐採、キジラミ対策としての新葉時期の殺虫剤散布である¹²⁵⁾。経営的に見ると早期成園化が有効であり密植栽培が増加している¹³²⁾。

感染樹の伐採は、改植しても3年後には感染している場合もあり、特に小規模生産者にとって経営的

に有効な手段ではなくなっている。感染樹は外観だけでは判別できず、成木では無機成分の欠乏症と間違えやすく、PCR検査しても病気の局在性もあり見逃す可能性も高い。

HLBの病害圧やミカンキジラミの虫害圧は高いが、フロリダ州では樹体栄養管理のおかげで、果実生産を続けられている。HLB対策として農薬や化学肥料の使用量が増加し、結果として健康や環境への影響も懸念されている¹³³⁾。定植後の幼木をネットで覆うIPC (Individual Protective Cover) や大型の網室内で果実生産を行うCitrus Under Protective Screen (CUPS)も普及している^{134~136)}。CUPSでは、生果用(タンジェリン)で高単価な品種を選び、密植栽培で早期成園化を行い、施肥灌水は同時施用されている。

カリフォルニア州、テキサス州の現状と対策

HLBの確認は、フロリダ州では2005年、カリフォルニア州、テキサス州では2012年である¹³⁰⁾。カリフォルニア州では、州南部のロサンゼルス周辺でミカンキジラミ、HLBが見つかっていて、検疫・対処地域が指定されている。州ではアクションプランが策定され、厳重な警戒がなされている。カンキツ産地であるセントラルバレーではミカンキジラミの密度は非常に低い。その要因として、セントラルバレーを西部から南部にかけて取り囲む沿岸山脈とテハチャッピー山地がミカンキジラミにとって物理的な壁となっていること、さらに冬季の気温も越冬や定着には低いことが関係していると考えられている。

テキサス州では、HLB、ミカンキジラミの発生は拡大しているがHLBによる被害の進行はゆっくりであり、その要因として夏の高温乾燥が関係している可能性がある¹³⁰⁾。また、カンキツ栽培面積の70%は大規模生産者2社が所有していることもあり統一的に管理しやすい。フロリダ州も当初10年ほどは被害の拡大はゆっくりであったが、その後の急拡大を考えると、テキサス州でも楽観はできない。

ブラジルでの対策

ブラジルではフロリダ州より1年早く2004年にHLBが確認されたが、その後の対応も被害も大きく異なる¹³⁷⁻¹³⁸⁾。ブラジルのHLB対策は、フロリダ州での経験も踏まえて進められ効果をあげている。

ブラジルの対策は、発症樹の伐採、侵入を防ぐ検疫対策、母樹、苗木は無病環境で栽培、ベクター(媒介生物)の撲滅対策、果樹園だけでなくその周辺の対策、地域全体での対策、リスクアナリシスである¹⁴⁰⁾。ブラジルは、大規模生産者が多く伐採計画が順調に進み、サンパウロ州では2005年から2019年で、症状の出た樹、5,550万本を伐採した。また、公的利益を考えた管理が行われ、自分の所有するカンキツ園・周辺の管理だけでなく、周囲の他の小規模生産者や庭先カンキツのキジラミについても防除を行う。庭先果樹栽培者も、カンキツ以外の植物に植え替えている¹³⁹⁾。

天敵利用

天敵利用については、レユニオン島(アフリカのマダガスカル東方のインド洋上に位置するフランスの海外県)で、健全樹への改植と天敵であるミカンキジラミヒメコバチ利用でHLBを抑え込むことに成功した¹²⁷⁾。このように狭い地域での天敵利用の有効性が示されたが、その後、再度、感染拡大した。恐らく、旅行者が不法に果物、野菜を持ち込んだためとされている。

天敵利用は、カリフォルニア州での対策のアクションプログラムにも組み込まれ、成果を出し始めている¹⁴⁰⁾。

最新の対策

HLBは篩管に局在しているので、通常の農薬散布は効果がない。そこで、師部にOTC(抗生物質、

オキシテトラサイクリン)、抗体、抗菌性ペプチド等を灌注する方法が検討されている^{141, 142)}。灌注部の傷害と抗体による障害、労力、経費が課題である。手作業でも効率的に灌注するシリンジが市販され、トラクター搭載型の自動灌注システムも開発されている¹⁴²⁾。HLB抑制による生産性向上効果についてもさらに長期的な検討が必要である。

マンダリンの Sugar Belle は、比較的 HLB に強く、フィンガーライムは HLB に耐性であり、こうした品種を使って、HLB 耐性の生理的機構が検討されている^{143~145)}。将来的には、こうした成果を生かした抵抗性品種の開発が期待される。

引用・参考文献

121. Bové, J. M. (2006). Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of plant pathology*, 7-37.
122. Gottwald, T. R. et al. (2007). Citrus Huanglongbing: the pathogen and its impact. *Plant Health Progress*, 8(1), 31.
123. Citrus greening—Disease and symptoms FiBL Film、EPPO Global Database
124. Morgan, K. T. et al. (2022). 2022–2023 Florida citrus production guide: Root health management. UF/IFAS Extension.
125. Dewdney, M. M. et al. (2022). 2022–2023 Florida citrus production guide: Huanglongbing (Citrus Greening). UF/IFAS Extension.
126. Dala-Paula. 2019. Effect of Huanglongbing or greening disease on orange juice quality, a Review. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1976.
127. Williams, L. et al. (2020). BSPP Huanglongbing—A century-long citrus pandemic. British Society for Plant Pathology. Plant Pandemic Study 1.
128. Zheng, Z. et al. (2018). Historical perspectives, management, and current research of citrus HLB in Guangdong Province of China, where the disease has been endemic for over a hundred years. *Phytopathology*, 108(11), 1224-1236.
129. Kuchment, A. (2013). No More OJ? An invasive insect threatens the citrus industry. *Scientific American*. <https://www.scientificamerican.com/article/no-more-orange-juice-invasive-insect-threatens-citrus-industry/> (2024.5.20 閲覧)
130. Graham, J. et al. (2020). Status of Huanglongbing (HLB) outbreaks in Florida, California and Texas. *Tropical Plant Pathology*, 45, 265-278.
131. Singerman, A., & Rogers, M. E. (2020). The economic challenges of dealing with citrus greening: the case of Florida. *Journal of Integrated Pest Management*, 11(1), 3.
132. Singerman, A., et al. (2018). The profitability of new citrus plantings in Florida in the era of huanglongbing. *HortScience*, 53(11), 1655-1663.
133. Singerman, A., & Useche, P. (2017). Florida citrus growers' first impressions on genetically modified trees. *AgBioForum*, 20(1): 67.
134. IPCs prove to be game-changer in citrus production. *Citrus Industry*, Nov.13, 2023.
135. IPCs on more than a million Florida citrus trees. *Citrus Industry*, Dec. 13, 2023.
136. Schumann, A. W. et al. (2022). 2022–2023 Florida citrus production guide: Citrus under Protective Screen (CUPS) Production Systems. UF/IFAS Extension.
137. Bassanezi, R. B. et al. (2020). Overview of citrus Huanglongbing spread and management strategies in

- Brazil. *Tropical plant pathology*, 45, 251-264.
138. Futch, S. & Ferrarezi, R. S. (2019). Inside Brazil's citrus industry. *Citrus Industry*, Dec. 2019, 14-17.
139. Alquézar, B. et al. (2022). Cultural management of Huanglongbing: Current status and ongoing research. *Phytopathology*, 112(1), 11-25.
140. California Department of Food and Agriculture (2024). California statewide action plan for Asian citrus psyllid and Huanglongbing.
141. Archer, L., & Albrecht, U. (2023). Evaluation of trunk injection techniques for systemic delivery of Huanglongbing therapies in citrus. *HortScience*, 58(7), 768-778.
142. Ojo, I. et al. (2024). Development of an automated needle-based trunk injection system for HLB-affected citrus trees. *Biosystems Engineering*, 240, 90-99.
143. Wang, Y. et al. (2019). Sugar Belle® shows potential in orange juice processing. *Citrus Industry*, Sep, 2019.
144. Robledo, J. et al. (2024). Phloem and xylem responses are both implicated in Huanglongbing tolerance of Sugar Belle. *Phytopathology*, 114(2), 441-453.
145. Weber, K. C. et al. (2022). Insights into the mechanism of Huanglongbing tolerance in the Australian finger lime (*Citrus australasica*). *Frontiers in plant science*, 13, 1019295.

IX 果実品質と消費者嗜好

果実等青果物の品質は、外観（大きさ、形、色、艶、傷や腐り）、食感（硬さ、噛み切りやすさ、ジューシーさ、粉質感）、風味（甘味、酸味、渋み、香り）、栄養価（ビタミン、ミネラル、食物繊維、機能性成分）が関係する^{146~148}。これら要素の重要度は、果実の種類によっても変化するが、カンキツについては、糖含量（糖度）、酸含量、糖酸比とともに香り、ジューシーさが食味に大きく影響する¹⁴⁹⁻¹⁵⁰。

42 品種のマンダリン（ウンシュウミカン、地中海マンダリン、キングマンダリン、クレメンティン、タンゴール、タンゼロ）について、消費者評価と官能パネル評価で、望ましい食味が明らかにされている¹⁵¹。高評価品種は、糖度が高く、酸度がやや低く、苦みは低く、香りがよく、ジューシーである。特に、高評価9品種では平均糖度 13.1%、平均酸含量 1.1%であり、低評価8品種では平均糖度 12.0%未満、平均酸含量 1.4%以上である。

消費者嗜好では、新鮮さ、風味、外観が重要であり、種子の有無はそれほど重要でない¹⁵²⁻¹⁵³。皮のむきやすさは、それほど重要でないという報告¹⁵²と、重視する報告¹⁵⁴とがある。外観では、オレンジ色の果皮色、がくの健全さが重要である¹⁵⁵。

健康機能性は、品質要素としても販売促進の上からも重要である。カンキツの、栄養成分、健康機能性成分について取りまとめられている^{156~158}。また、体重管理（肥満）、糖尿病、心血管疾患（CVD）、メンタルヘルス、認知機能、慢性炎症、免疫、腸内細菌、骨の健康等との関連についての総説が報告されている^{158~160}。

認知機能については、動物実験ではカンキツ含有成分の認知機能改善の報告が多数あり、ヒト試験は限られるが、カンキツポリフェノールは認知機能、うつ症状、脳卒中等に対して有益であることが明らかになってきている¹⁶⁰。

引用・参考文献

146. Kader, A. A. (2001). Quality assurance of harvested horticultural perishables. *Acta Horticulturae*. 553, 51-

56.

147. Kader, A. A. (2008). Flavor quality of fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(11), 1863-1868.
148. Shewfelt, R. L. (1999). What is quality? *Postharvest Biology and Technology*, 15(3), 197-200.
149. Lado, J., Rodrigo, M. J., & Zacarías, L. (2014). Maturity indicators and citrus fruit quality. *Stewart Postharvest Review*, 10(2), 1-6.
150. Lado, J. et al. (2018). Key determinants of citrus fruit quality: Metabolites and main changes during maturation. *Scientia Horticulturae*, 233, 238-248.
151. Goldenberg, L. et al. (2015). Diversity in sensory quality and determining factors influencing mandarin flavor liking. *Journal of food science*, 80(2), S418-S425.
152. Baldwin, E. A. et al. (2014). Citrus fruit quality assessment; producer and consumer perspectives. *Stewart Postharvest Rev*, 10(2), 1-7.
153. Gao, Z. et al. (2011). Consumer preferences for fresh citrus: impacts of demographic and behavioral characteristics. *International Food and Agribusiness Management Review*, 14(1), 23-40.
154. Simons, T. et al. (2018). Mapping the preferences of adult and child consumers for California-grown mandarins. *HortScience*, 53(7), 1029-1037.
155. Tarancón, P. et al. (2021). External quality of mandarins: influence of fruit appearance characteristics on consumer choice. *Foods*, 10(9), 2188.
156. Turner, T., & Burri, B. J. (2013). Potential nutritional benefits of current citrus consumption. *Agriculture*, 3(1), 170-187.
157. Tripoli, E. et al. (2007). Citrus flavonoids: Molecular structure, biological activity and nutritional properties: A review. *Food chemistry*, 104(2), 466-479.
158. 杉浦 実(2023). 国産柑橘類に多いβ-クリプトキサンチンの生体調節機能と機能性表示食品への展開. *園芸学研究*, 22(1), 1-10.
159. Nakamura, M., & Sugiura, M. (2019). Health effects of β-cryptoxanthin and β-cryptoxanthin-enriched satsuma Mandarin juice. In *Nutrients in beverages* (pp. 393-417). Academic Press.
160. Aslan, M. N. et al. (2024). Roles of citrus fruits on energy expenditure, body weight management, and metabolic biomarkers: a comprehensive review. *Nutrition Reviews*, 82(9), 1292-1307.
161. Zurbau, A. et al. (2020). Relation of different fruit and vegetable sources with incident cardiovascular outcomes: a systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *Journal of the American Heart Association*, 9(19), e017728.
162. Yamada, T. et al. (2011). Frequency of citrus fruit intake is associated with the incidence of cardiovascular disease: the Jichi Medical School cohort study. *Journal of Epidemiology*, 21(3), 169-175.
163. Gandhi, G. R. et al. (2020). Citrus flavonoids as promising phytochemicals targeting diabetes and related complications: A systematic review of in vitro and in vivo studies. *Nutrients*, 12(10), 2907.
164. Aruoma, O. I. et al. (2012). Functional benefits of citrus fruits in the management of diabetes. *Preventive medicine*, 54, S12-S16.
165. Głabka, D. et al. (2020). Fruit and vegetable intake and mental health in adults: a systematic review. *Nutrients*, 12(1), 115.
166. Wang, Y. et al. (2023). Effects of chronic consumption of specific fruit (berries, cherries and citrus) on cognitive health: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *European journal*

of clinical nutrition, 77(1), 7-22.

167. Wang, M. et al. (2021). Citrus flavonoids and the intestinal barrier: Interactions and effects. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(1), 225-251.
168. Stevens, Y. et al. (2019). The intestinal fate of citrus flavanones and their effects on gastrointestinal health. *Nutrients*, 11(7), 1464.
169. Pontifex, M. G. et al. (2021). Citrus polyphenols in brain health and disease: current perspectives. *Frontiers in Neuroscience*, 15, 640648.

X 世界のカンキツ品種、台木

1. 品種

スイートオレンジは、普通オレンジ (Common orange, Round orange)、ネーブルオレンジ (Navel orange)、ブラッドオレンジ (Pigmented orange, Blood orange)、無酸オレンジ (Acidless orange) に分けられる¹⁷⁰⁻¹⁷³⁾。これらの中で最も多く栽培されているのは普通オレンジであり、次いでネーブルオレンジである。ブラッドオレンジは地中海気候の地域で多く栽培されている。無酸オレンジは、主に庭先果樹としての栽培が多い。

普通オレンジ

普通オレンジで最も重要な品種は、**Valencia** である。1865年以前にポルトガルで見つけられた古い品種で、起原は中国とされている。フロリダ州で選抜されて別の名称がつけられていたが、後にスペインバレンシアで似た品種が栽培されていることがわかり、**Valencia** と命名された。晩生種で主にジュース加工用である。収穫時期は北半球では2~10月、南半球では8~4月であり、樹上での品質劣化が少なく長期間樹上におくことができる。果実品質は良好で、果皮、果汁とも濃厚なオレンジ色で、高糖度であり、ジュース用として品質の劣る品種とブレンドするのに適している。生食用には、**Valencia** の珠心胚実生由来である、**Olinda**、**Frost** 等がある。

Hamlin は、1879年にフロリダ州で見つかった古い品種である。早生で品質はやや劣るが収量が多く、フロリダ州では寒波が来る前に収穫できる。主に、ジュース用であるが、生果としても利用されている。

Pera は、中晩生種でありブラジルで多く栽培されている。品質は中程度 (**Valencia** と **Hamlin** の中間) である。

ネーブルオレンジ

ネーブルオレンジは、果頂部にへそがあるのが特徴であり、主に生食用である。地中海性気候の地域で高品質果実が生産される。

Washington は最も重要なネーブルオレンジで、カリフォルニア州、フロリダ州、オーストラリア、スペイン、モロッコ、南アフリカで多く栽培されている。最近では、**Washington** の枝代わり (芽条変位) や珠心胚実生である品種に置き換わってきている。そうした品種には、以下のようなものがある。

Atwood、**Fisher**、**Newhall** (これら3品種カリフォルニア州由来)。Newhallは中国で多い。

Navelina (カリフォルニア州由来) と **Navelate** (スペイン由来) はスペインで最も重要な品種である。

Summerfield と **F-56-11** はフロリダ州で多い。

Baianinha はブラジルで多い。

Leng と **Lane Late** はオーストラリアで多い。

Palmerは南アフリカが多い。

Caraはベネズエラ由来で、赤い果肉（リコペン）であり熱帯地方でも着色する。

ブラッドオレンジ

ブラッドオレンジは、地中海性気候であるイタリア、スペイン、モロッコ、アルジェリア、チュニジアで多く栽培されている。果肉の赤い色素はアントシアニンであり、昼間が高温で夜温が低い条件で着色しやすく、熱帯、亜熱帯地方では赤色に着色しない。主な品種はシチリアで選抜された Tarocco、Sanguinello、Moro と、スペインで選抜された Sanguinelli である。Tarocco Vigo は、アントシアニン含量が多く早期に着色する新しい品種である。

マンダリン、マンダリン雑種

マンダリンは、果皮と果肉が離れやすく手で皮を剥くことができる。マンダリンは、マンダリン雑種を含めて非常に多くの品種がある¹⁷⁰⁻¹⁷¹⁾。このグループは、日本、中国、スペイン、イタリアではマンダリンと呼ばれ、米国ではタンジェリン、南アフリカではソフトシトラスと呼ばれることもある。

ウンシュウミカン（サツママンダリン）は、他のカンキツに比べ比較的気温の低い地域に適し、日本、韓国、中国中部、スペイン、トルコ、南アフリカ等で栽培されている。

クレメンティンは、アルジェリアで見つかったカンキツで、北アフリカや地中海性気候の地域で多く栽培されている。ポンカンは、中国、インド、日本で多く栽培されている。

タンゴールは、タンジェリンとオレンジの雑種で、Murcott、Nadorcott (Afourer、W.Murcot)、タンカン、清見、不知火等がある。

タンゼロは、タンジェリン・マンダリンとグレープフルーツ・ブンタンとの雑種で、Orland、Minneola、セミノール、スイートスプリング等がある。

国別の最近の主なマンダリン品種は、以下の通りである¹⁷⁴⁻¹⁸⁴⁾。

米国カリフォルニア州は、Tango (W. Murcott の放射線処理により育成され、種子が少ない)、W. Murcott、Clemenules (Nules)、Minneola である。フロリダ州は、HLB にも比較的強い Sugar Belle、Bingo が推奨されている。

スペインは、クレメンティン (Clemenules、Oronules)、Nova、Ortanique、Nadorcott、ウンシュウミカン (岩崎早生、興津早生、橋本早生、尾張系) である。

トルコは、マンダリンの3分の2はウンシュウミカンで、尾張系、興津早生、三保早生、土橋紅温州が多く、その他 Nova、Robinson 等がある。

南アフリカは、Nadorcott、Arcit9 (Nadorcott LS)、Tango、Nova、Nules、三保早生である。

モロッコは、Nadorcottが増加しているようである。

オーストラリアは、Afourer、Murcott、Imperial である。

イスラエルは Or/Orr である。

中国は、Shatang、Wo、Nanfeng である。

インドは、Coorg、Khasi、Nagpur、Kinnow である。

ペルーは、Murcott、Nadorcott が多い。国際市場の需要増に応じて晩生マンダリン (Murcot、Nadorcott) が増加傾向であり、エルニーニョの影響を受けやすい早生マンダリン (ウンシュウミカン、クレメンティン) は減少傾向である。

グレープフルーツは、カリブ海の西インド諸島で見つかったと考えられている。熱帯地域、高温高湿度の亜熱帯地域が適する。これら地域に比べ地中海性気候では、酸が高めで、果皮が厚くなる傾向がある¹⁷⁰⁾。果肉が白系、赤系の代表的な品種は以下の通りである。

果肉が白系（黄色）品種 Marsh、Duncan

果肉が赤系（赤色、ピンク色）Foster、Thompson（Pink Marsh）、Star Ruby、Rio Red

レモンは、半乾燥地、乾燥亜熱帯地域に主要な産地がある¹⁷⁰⁾。他のカンキツに比べて冬季の低温には弱い。Eureka は、シチリア由来であり、イタリアで最も重要な品種であり、カリフォルニア、オーストラリアでも栽培されている。Lisbon は、アルゼンチン、カリフォルニア、オーストラリアで多く栽培されている。カリフォルニアでは、Lisbon が Eureka に代わって主要品種となっている。アルゼンチンでは、加工用でオイルの多い Lisbon が人気である。Verna はスペインの主要品種である。

ライムは、熱帯、亜熱帯地域で栽培され、レモンよりさらに低温に弱い。ライムの重要品種は、Tahiti (Persian、Bearss) と Mexican (Key、West Indies) である。Tahiti の果実は形態的にレモンに似ている。Mexican の果実は、それより小さく丸い。

引用・参考文献

170. Albrigo, et al. (2019). Citrus, 2nd Edition. CABI.
171. Singh, J. et al. (2021). Horticultural classification of citrus cultivars. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.96243>.
172. Seminara, S. et al. (2023). Sweet orange: Evolution, characterization, varieties, and breeding perspectives. *Agriculture*, 13(2), 264.
173. Ollitrault, P. & Navarro, L. (2012). Citrus. M.L. Badenes, M. L. & Byrne, D. H. (eds.), Fruit Breeding. 623-662.
174. California Department of Food and Agriculture. 2022 California Citrus Acreage Report.
175. Albrecht, U. et al. (2022). 2022–2023 Florida citrus production guide: Root stock and scion selection. UF/IFAS Extension.
176. Hardy, A. et al. (2017). Australian mandarin production manual. NSW Department of Primary Industries.
177. Citrus Growers' Association of South Africa. 2024 Industry Statistics.
178. USDA (2023) China Citrus annual.
179. Emily, F. (2019). Guangxi's citrus production hits 10 million tons. *Produce Report*, Dec. 11, 2019.
180. India Ministry of Agriculture. (2015). Indian horticulture database-2014.
181. USDA (2024) Morocco Citrus annual.
182. USDA (2024) Peru Citrus annual.
183. Peru's citrus cultivation tends towards late varieties. *FreshPlaza*, Sep.4, 2024.
184. Yeşiloğlu, T. et al. (2017). The Turkish citrus industry. *Chronica Horticulturae*, 57(4), 17-22.

2. 台木

果樹生産では、園地の生産性、管理のしやすさが重要である。これらを実現するためには、樹体が枯死することなく健全で、長期にわたって適度な樹勢を維持し、収量性や品質の面でも十分であることが求められる^{185~188)}。こうした点からも台木の選択が重要である。

フロリダ州で最もよく使われる台木、あまり使われていない台木、最近育成された新しい台木の三つに

区分して、園芸的特性（種子発芽率、実生のそろい、樹勢、推奨栽植密度、収量性、果汁品質、果実の大きさ）、耐性（塩ストレス、高 pH、粘土質土壌、湿潤土壌、乾燥、寒害）、病虫害に対する特性（HLB（グリーンング病）、Citrus blight、カンキツ疫病 *Phytophthora nicotianae*、カンキツ褐色腐敗病 *P. palmivora*、センチュウ、ウイルス・ウイロイド）が台木ごとに一覧できるようになっている¹⁸⁵⁾。

すべてに完璧な台木はないので、その地域で最も重要で制限となる要因、すなわち気象、土壌、病虫害、穂品種や用途を考慮して台木の選択を行う¹⁸⁶⁾。サワーオレンジ台木は世界で幅広く利用されているが、カンキツトリステザウイルスが問題となるスペイン、ブラジル、カリフォルニア等では利用できない。ラフレモン台木は、豊産性で乾燥地にも適するが、寒害を受けやすい。ラングプール台木は、カンキツトリステザウイルス、乾燥、酸性土壌に耐性であることからブラジルでは最も重要な台木であるが、ブラジル以外ではあまり利用されていない。カラタチは、耐寒性が強く日本、中国でよく使われているが、Citrus blight に弱くフロリダ州では普及していない。Carrizo citrange は、1 果当たりの種子が多く珠心胚の割合も高いことからそろった苗木をつくりやすくフロリダ州を含めて広く使われている。

フロリダ州では、2006 年に Super Sour と呼ばれる新しい台木開発プロジェクトが開始され、多様な遺伝資源利用、挿し木利用による圃場試験期間の短縮、多数の現地試験とそれに基づく品種の早期公表（珠心胚による繁殖の必要性なし）、数百台木もの標準多年試験データを集め将来の効率的育種のための遺伝子地図や遺伝子マーカーの作成が進められている¹⁹⁰⁾。

HLB に抵抗性の台木はないが、HLB の影響が少ない台木である、US-942、X-639、US SuperSour 2、US SuperSour 3、US SuperSour 4、US SuperSour 5 が公表されている^{191) 192)}。

リンゴのような超密植栽培を可能とするわい性台木利用については、カンキツは進んでいるとは言えない。米国、ブラジルでは十分な土地があり、超密植の必要性があまり高くなかったことも関係している。しかし、HLB が問題となっている地域では、高密植栽培で早期成園化したほうが経営的に有利との試算もあり、わい性台木が注目されるようになってきている^{193) 194)}。

引用・参考文献

185. Castle, W. S. et al. (2019). Florida citrus rootstock selection guide, 4th Edition. UF/IFAS Extension. SP248.
186. Khurshid, T. et al. (2021). Selecting citrus rootstocks. Australia NSW Government, Primefact 21/121.
187. Castle, W. S. (2010). A career perspective on citrus rootstocks, their development, and commercialization. *HortScience*, 45(1), 11-15.
188. Caruso, M. et al. (2024). Rootstocks for the Mediterranean citrus industry: current choices and new releases. *Italus Hortus*, 31, 1-17.
189. Albrigo, L.G. et al. (2019). Citrus second edition. CABI.
190. Bowman, K. D. et al. (2021). SuperSour: A new strategy for breeding superior citrus rootstocks. *Frontiers in Plant Science*, 12, 741009.
191. USDA citrus breeding program focused on rootstock and variety solutions. *Citrus Industry*, July 3, 2023.
192. Bowman, K. D. (2023). Four new SuperSour rootstocks for improved production of sweet orange in a Huanglongbing environment. *HortScience*, 58(12), 1622-1625.
193. Domingues, A. R. et al. (2021). Rootstocks genotypes impact on tree development and industrial properties of 'Valencia' sweet orange juice. *Horticulturae*, 7(6), 141.
194. Pereira Costa, D. et al. (2021). Less is more: A hard way to get potential dwarfing hybrid rootstocks for Valencia sweet orange. *Agriculture*, 11(4), 354.

XI 栽培技術

1. カンキツの労働時間と機械収穫

みかん栽培の労働時間は、日本では10a当たり208時間であり、労働時間の多い作業は、収穫・調製の78時間、除草・防除の31時間であり、これらは他の品目と比べても多い¹⁹⁵⁾。収穫・調製の労働時間は、全体の労働時間の37.4%を占める。海外でも、一般に収穫のコストが最も高い¹⁹⁶⁻¹⁹⁷⁾。スペインの、生産コストは、せん定11~14%、農薬等散布15~20%、収穫30~49%である¹⁹⁸⁾。機械せん定を行えば、手せん定の4分の1に省力化できる¹⁹⁹⁾。

収穫については、オレンジ、グレープフルーツ、レモン、ライム、一部のマンダリンでは引きもぎできるが、ほとんどのマンダリンでは、引きもぎすると果皮が破れて商品価値がなくなる²⁰⁰⁾。そのため、ハサミ収穫を行う。1度切りでは軸が長めに残ることがあるが、2度切りのほうが果実への傷は少ない。このようなことからマンダリンのほうが他のカンキツに比べて、労力と時間が多くかかる。

オレンジの機械収穫は、1970年代から精力的に研究が行われ、2004/2005収穫シーズンにはフロリダ州で、36,000エーカーで機械収穫が行われた²⁰²⁾。その後HLB(グリーンング病)発生を受けて感染樹等への機械的ストレスを軽減するために2015年には機械収穫は行われなくなった²⁰²⁻²⁰³⁾。そのためH-2A(季節農業ビザの労働者)に頼るようになり生産コストも上昇した。

機械収穫は、主幹を加振機で振動させる方式と、回転ドラムに多数取り付けたロッドで樹冠を打ち付ける方式とがある²⁰¹⁾。課題としては、樹体損傷(枝葉の損傷・落下、樹皮部分の損傷)、果実の損傷があり、生果用でなく果汁用である。

超高密植栽培の樹冠をまたいで移動する大型収穫機(加工用ぶどう、ベリー類、オリーブで普及)を利用する方法も注目されている²⁰⁴⁻²⁰⁵⁾。品種によって、機械による収穫率(脱着果率)と樹体損傷程度が異なる。品種や台木の高密植栽培適性の検討も必要である。

生果用果実の機械収穫についても、研究が進められている²⁰⁶⁻²⁰⁸⁾。イスラエルのNanovel社は、複数のロボットアームによる生果用の選択的自動収穫ロボットの開発を進めている²⁰⁹⁾。果実を検出、吸引してカッターで果梗を切断し、収穫果実はコンベヤーで収納ビンに移送する。カリフォルニア州の生産者果樹園での実用化試験が進められている。

引用・参考文献

195. 農林水産省. 令和2年営農類型別経営統計.
196. O'Connell, N. V. et al. (2011). Sample costs to establish an orchard and produce, mandarins Tango, San Joaquin Valley South- 20011. University of California, Cooperative Extension.
197. Kallsen, C. E. et al. (2021). Sample costs to establish an orchard and produce oranges Navels, San Joaquin Valley South- 20021. University of California, Cooperative Extension.
198. Ortiz, C. et al. (2022). Evaluation of citriculture mechanization level in Valencia Region (Spain): Poll Results. *Agronomy*, 12(6), 1366.
199. Chueca, P. et al. (2021). Yield and economic results of different mechanical pruning strategies on "Navel Foyos" oranges in the Mediterranean area. *Agriculture*, 11(1), 82.
200. Australia NSW Department of Primary Industries (2021). Australian fresh citrus harvest handbook.
201. Hannan, M. W., & Burks, T. F. (2004). Current developments in automated citrus harvesting. In 2004 *ASAE annual meeting. American Society of Agricultural and Biological Engineers*.
202. Roka, F. M. et al. (2014). Citrus mechanical harvesting systems-trunk shakers. UF/IFAS Extension.

FE950.

203. Onel, G. & Farnsworth, D. 2016. Guest workers: Past, present and the future. *Citrus Industry*, May, 2016.
204. Arenas, F. J. et al. (2016). Adaptation of two citrus cultivars grafted on former alcaide N° 517 to super high-density system and evaluation of mechanized harvesting. *Citrus Research & Technology*; 37, 123-131.
205. Giles, F. (2019). Taking high-density citrus planting to the next level. *Growing Produce*, Sep. 3, 2019.
206. Ortiz, C. et al. (2021). Comparison of a lightweight experimental shaker and an orchard tractor mounted trunk shaker for fresh market citrus harvesting. *Agriculture*, 11(11), 1092.
207. Xiao, X. et al. (2024). Flexible hand claw picking method for citrus-picking robot based on target fruit recognition. *Agriculture*, 14(8), 1227.
208. Mehta, S. S., & Burks, T. F. (2014). Vision-based control of robotic manipulator for citrus harvesting. *Computers and electronics in agriculture*, 102, 146-158.
209. Mazar, I. & Fogelman, T. (2024). Transforming citrus harvesting. The Nanovel robotic harvester project. *Citrograph*. 15(4): 66-69.

2. 樹形、整枝・せん定

カンキツの樹形は、大きく開心形、主幹形に分けられる。歴史的に見ると、栽植密度を低くして、樹を大きく育てるのが一般的である。しかし、樹冠は3次元で、樹ごとに異なる個性をもち篤農家的な管理が必要になる。果実生産は長期にわたって可能となるが、作業性は低下する。

一般に樹冠が大きければ収量が多くなるが、日当たりが悪く内部に結果しないような状態では、収量は低下する。そのため、樹冠全体とその中に占める結果部の大きさが重要になる^{210~212}。スペイン、イタリア、日本、中国では手せん定で樹をコンパクトに仕立てている。大規模な産地である米国、ブラジルでは機械を利用する機会が多い。

機械せん定は、樹冠通路側を刈り込むヘッジング、樹冠上部を刈り込むトップピング、樹冠のすそを刈り上げるスカーティングに分けられる^{213 214}。ヘッジングの角度は、通常、垂直ではなく角度をつけて行う。トップピングは水平に一度行う場合もあるが、通常、角度をつけて行う。機械せん定は、ヘッジング片側、ヘッジング反対側、トップピングを合わせて1年で行う場合と、これらを数年サイクルで行う場合がある。機械せん定を連年で行うと、樹形が乱れ、樹冠内の光環境が悪化したり、太枝が多くなりすぎて結果部が少なくなったりすることもある。そのため、樹冠内部に光が入りやすくするために、手せん定を組み合わせで行うこともある。例えば、4年サイクルでトップピング、ヘッジング片側、ヘッジング反対側、手せん定を1年ごとに行う^{215 216}。生産コストについては、機械せん定は手せん定の4分の1で、収量、果実重には有意な差はない²¹⁶。

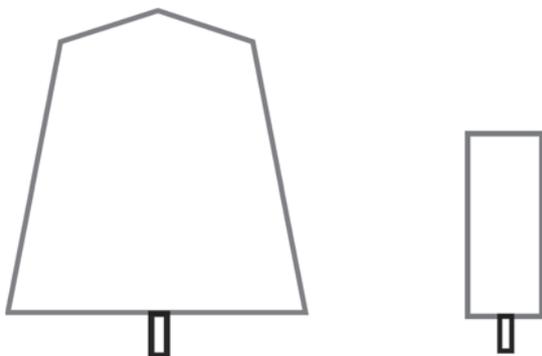


図 48 機械せん定した樹形

引用・参考文献

210. Intrigliolo, F., & Roccuzzo, G. (2011). Modern trends of Citrus pruning in Italy. *Advances in Horticultural Science*, 25(3), 187-192.
211. Vashisth, T. et al. (2022). 2022–2023 Florida citrus production guide: Canopy management. UF/IFAS Extension.
212. Albrigo, L.G. et al (2019) Citrus second edition. CABI.
213. Matias, P. et al. (2023). Citrus pruning in the Mediterranean climate: A Review. *Plants*, 12(19), 3360.
214. Zekri, M. (2018). Mechanical pruning of citrus trees. UF/IFAS Extension. HS1267.
215. Kallsen, C. E. et al. (2021). Sample costs to establish an orchard and produce oranges navels. UC Extension.
216. Chueca, P. et al. (2021). Yield and economic results of different mechanical pruning strategies on “Navel Foyos” oranges in the Mediterranean area. *Agriculture*, 11(1), 82.

3. 密植栽培

カンキツの定植後の積算収量は、栽植密度が大きいほど多収になる。栽植密度を 370 樹/ha (6 × 4.5m)、494 樹/ha (4.5 × 4.5m)、667 樹/ha (6 × 2.5m)、889 樹/ha (4.5 × 2.5m)として積算収量を比較すると、9年までの積算収量は、栽植密度が大きいほど多収となり、9年を超えると栽植密度の影響は少なくなることが明らかにされている²¹⁷⁾。さらに、台木は普通台木(ラフレモン)より、半わい性台木(Rusk citrange)のほうが、樹がコンパクトで、高品質で多収となる。

日本では、栽植本数を多くして若木時から収量を多くし、樹が過密になると間伐する計画密植栽培が行われている²¹⁸⁾。日本のカンキツ農家の経営規模が機械せん定を必要とするほど大面積でなく、人手による丁寧なせん定が可能で、高品質果実生産が重要である。

リンゴではわい性台木を利用した密植栽培が幅広く普及しており、カンキツについても密植栽培に対する関心が高まっている。フロリダ州やブラジルでは、カンキツの栽植密度は増加傾向にある^{219)~222)}。ブラジルでは、過去40年間でカンキツの栽植密度は80%増加した。その理由は、早期の投資回収、栽培管理の簡易化(ハシゴ、脚立不要)、HLB(グリーンング病)の戦略的管理(被害が少ない)である。栽植密度によってHLB被害程度が異なり、高密植の方が被害の少ないことが確認されている。HLB発見前の2004年には1980年と比較して栽植密度は340樹/haから401樹/haになり、さらにHLB拡大後の2017年には668樹/haになっている²²²⁾。

フロリダ州では、HLB被害のリスクが高いため、早期に多収を確保する必要があり、新植する場合、現在の平均的な栽植密度である340~360樹/haでは利益が出ないことから、初期投資がかさんでも544、749樹/haが必要である²²⁰⁾。

こうした点から、わい性、半わい性の台木開発の必要性は高まってきている。わい性台木であるヒリュウは、日本のウンシュウミカン、米国のマンダリン、ブラジルのタヒチアンライムで使用されている²¹⁹⁾。

2008年からスペインのAgromillora社はIFAPA-Centroと連携して機械利用を主体とした超高密植栽培の研究を開始した²²³⁾。最大の特徴は、醸造用ブドウやオリーブでも利用されているOverrow harvester(図48右のような垣根樹形をまたいで収穫する大型機械)を利用した果実収穫であり、そのため、わい性台木を利用した超高密植栽培で機械によるヘッジング、トップピングにより垣根状の樹形に管理する^{224)~225)}。現在、スペイン、ブラジル、米国で現地試験が行われており、列間3.5~4m、樹間1.2~1.5m、樹高2.7~3mとする平面的樹形(垣根状)としている。早期成園化、せん定・収穫の機械化、農薬・水・肥料の有効利用が可能になるとしている。台木は半わい性台木を利用し、スペインでは

CIVAC-19、FA-5、FA-517、ブラジルでは 1600、1711、米国では UFR-4、UFR-5、UFR-6、UFR-17 を使っている。収穫は、生食用は手収穫とし、加工用は機械収穫とする²²⁶⁾。

引用・参考文献

217. Wheaton, T.A. et al. (1995). Citrus scion and rootstock, topping height, and tree spacing affect tree size, yield, fruit quality, and economic return. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 120, 861-861.
218. 農林水産省農林水産技術会議事務局 (1991). 果樹栽培の低コスト・省力化技術 第3章樹種別技術カンキツ. 農林統計協会.
219. Moreira, A. S., et al. (2019). Could tree density play a role in managing Citrus Huanglongbing epidemics? *Tropical Plant Pathology*, 44(3), 268-274.
220. Singerman, A. et al. (2018). The profitability of new citrus plantings in Florida in the era of huanglongbing. *HortScience*, 53(11), 1655-1663.
221. Singerman, A. et al. (2022). 2022–2023 Florida citrus production guide: Planting new citrus groves in Florida in the era of citrus greening. UF/IFAS Extension.
222. Gonzatto, M. P. et al. (2022). Dwarfing rootstocks for high-density citrus orchards. In *Fruit Industry*. IntechOpen.
223. Bordas, M. et al. (2012). High density plantation system of the Spanish citrus industry. *Acta Horticulturae*, 965, 123-130.
224. Giles, F. (2019). Taking high-density citrus planting to the next level. *Growing Produce*, Sep. 3, 2019.
225. Rezazadeh, A. (2023). Considerations for high-density citrus planting. *Citrus Industry*, May 9, 2023.
226. Iglesias, I. et al. Agromillora. Super high density system for citrus.

4. 水管理

カンキツは亜熱帯、地中海性気候で主に栽培され、常緑果樹であることから比較的多くの水を必要とする。年間降水量が多い産地でも、時期によって雨が少なく乾燥しやすい土壌では干害を受けることがある。一方、雨や水分が多すぎると、品質が低下しやすい。

生育に必要な水分量は、ほぼ蒸発散量に相当する。降雨や地下補給水で不足する分は灌水する必要がある。蒸発散量は以下の式から推定できる²²⁷⁾。

$$ET = K_c \times ET_0$$

実蒸発散量 = 作物係数 × 可能蒸発散量

米国、ブラジル、トルコ、南アフリカ、オーストラリアの代表的な産地の可能蒸発散量は、1,000～1,600mmである²²⁸⁾。実蒸発散量は、樹体条件、灌水量、土壌の湿潤状態によって変化するが、年間蒸発散量はおよそ 800～1,500mm である^{229) 230)}。

フロリダ州は気象的にはオレンジ生産の適地であるが、土壌は砂質土壌で保水力が低いいため必ずしも好適ではない²³¹⁾。6月から9月の雨は多いが、2月から5月の展葉、開花、着果、晩生果実の生理落果の時期には雨が少ない²³²⁾。灌水量が多すぎると、養分流防につながる。また、HLB（グリーンング病）の感染樹はストレスを受けやすく、根が弱っているのできめ細やかな少量多頻度の灌水が必要である。灌水管理については、蒸発散量推定に基づく方法、土壌水分測定に基づく方法があり、フロリダ大学開発のスマートフォンアプリもある²³³⁾。

ブラジルのサンパウロ州等のオレンジベルトでは、灌水を行うことにより生産性が 21.9%上昇すると

され、灌水を行う割合が増加している²³⁴⁾。

地中海性気候の産地では、雨が少なく水源確保が深刻な課題となっている。スペインでも水源確保が大きな課題であり、灌水用水は変動コストの10~20%にも達する²³⁵⁾。海水淡水化や排水再利用による水も利用しているが、塩分組成にかたよりがりカルシウム、マンガンが少なく、ナトリウム、ホウ素が多い²³⁶⁾。海水淡水化水では、ホウ素濃度が高く、カンキツはホウ素の影響を受けやすいことから、逆浸透膜やイオン交換樹脂でホウ素を減らすか、他の水と混用する必要がある²³⁷⁾。

韓国は日本と同様降水量が多く、高品質果実生産のための雨除け等施設栽培、マルチ栽培が普及している^{238) 239)}。

引用・参考文献

227. Allen, R. G. et al. (1998). Crop evapotranspiration — Guidelines for computing crop water requirements. FAO irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome, 300(9), D05109.
228. Fares, A. et al. (2017). Potential climate change impacts on citrus water requirement across major producing areas in the world. *Journal of Water and Climate Change*, 8(4), 576-592.
229. Steduto, P., et al. (2012). FAO Irrigation and Drainage Paper 66, Crop Yield Response to Water. FAO
230. Goldhamer, D.A. et al. (2012). Citrus. FAO irrigation and drainage paper 66.316-329.
231. Obreza, T. A. & Collins, M. E. (2008). Common soils used for citrus production in Florida. UF/IFAS Extension.
232. Kadyampakeni, D. M. et al. (2022). 2022–2023 Florida citrus production guide: Irrigation management of citrus trees UF/IFAS Extension.
233. Guzman, S. M. & Ferrarezi, R. S. (2020). Irrigation scheduling methods affect water use. *Citrus Industry*, May 18, 2020.
234. Rossi, F. R. et al. (2020). The role of contracts in the adoption of irrigation by Brazilian orange growers. *Agricultural Water Management*, 233, 106078.
235. Moll, E. P., & Igual, J. J. (2006). Production costs of the organic Clementine crop in the region of Valencia (Spain). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 4(1), 17-25.
236. Franssen, Li D. et al. (2018). Evaluation of an operational real-time irrigation scheduling scheme for drip irrigated citrus fields in Picassent, Spain. *Agricultural water management*, 208, 465-477.
237. Abdallah, S. B. et al. (2023). Environmental footprint of organic and conventional grapefruit production irrigated with desalinated seawater in Spain. *Sustainable Production and Consumption*, 39, 326-335.
238. 韓国農村振興庁 (2023) .果樹施設栽培 農業技術指針 077. (原文韓国語)
239. Ko, S. B. & Kim, B. S. (2013). A study on the technology evaluation of development of Tyvek planting techniques in citrus. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 14(7), 3232-3237.

XII 流通貯蔵技術

カンキツは、ノンクリマクテリック型果実で呼吸量も非常に少ないので、比較的に日持ちしやすい^{240) 241)}。流通貯蔵中の損失には、主に生理障害によるものと病虫害によるものとに分けられる。生理障害には、不適切な温湿度管理による障害、低温障害等がある。低温障害は、果皮障害、す上がり等であり、10℃未満の凍結しない温度で長期間保存すると発生することがある。貯蔵中だけでなく、その後の流通段階で温度上昇したときに顕著になることもある。特に、グレープフルーツ、レモン、ライムは発生

しやすい。湿度は、水分損失による鮮度低下を避けるため、高湿度条件がよいが、病害が発生しやすくなる。カンキツの好適貯蔵条件は以下の通りである²⁴⁰⁻²⁴³⁾。

オレンジの好適温湿度は、フロリダ州、テキサス州では0~1°C・85~90%、カリフォルニア州では3~9°C・90~95%である。ブラッドオレンジも、3~9°C・90~95%である。

マンダリンの好適温湿度は、クレメンティン・ウンシュウミカンは4~5°C・90~95%、その他マンダリンは5~8°C・95%である。

グレープフルーツの好適温湿度は、12~15°C・95%、レモンは7~12°C・85~95%RHである。グレープフルーツ、レモンは低温障害が発生しやすいので、10°C未満に長期間置くことは避ける。

病害では、緑かびと青かびが発生しやすい。緑かびは室温で、青かびは冷蔵条件で発生しやすい。かびは、果実に傷があると発生しやすくなるので、収穫、運搬、選果、流通貯蔵すべての段階で傷つけないようにする。

海外では、収穫後に防かび剤が使われるが、使用しない方法も検討されている^{241, 242)}。物理的処理には、短期間の高温、紫外線・青色LED、強制空冷、MA・CA、新型パッケージング、化学的処理には塩素・過酸化水素・オゾン、植物由来の抗菌剤、エディブルコーティング等がある。病害、低温障害等生理障害を早期発見するために、ナノセンサー、においセンサーの利用も検討されている。

引用・参考文献

240. Kenneth C., et al. (2016). USDA. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks.
241. Strano, M. C. et al. (2022). Postharvest technologies of fresh citrus fruit: Advances and recent developments for the loss reduction during handling and storage. *Horticulturae*, 8(7), 612.
242. Strano, M. C. et al. (2017). Advance in citrus postharvest management: diseases, cold storage and quality evaluation. *Citrus pathology*, 10, 66518.
243. Kitinjoja, L., & Kader, A. A. (2002). Small-scale postharvest handling practices: a manual for horticultural crops. California: University of California, Davis, Postharvest Technology Research and Information Center.

XIII まとめ

世界のカンキツ産業は、HLB（グリーンング病）と気候変動という非常に大きな脅威にさらされている。HLBは、ブラジルやフロリダ州だけでなく、中国、インド、メキシコ等でも大きな被害を与えている。現在発生が認められない地域でも、その拡大が懸念されている。

ブラジル、フロリダ州に代わるオレンジ果汁産地があるかどうかに関心もたれるが、第2位の生産国であるメキシコもHLBの被害拡大が懸念されている。他にもオレンジ生産国は多いが、生食用品種を栽培している場合が多く、オレンジ生果輸出量も少なく、当面、果汁向けの増産は難しいと考えられる。

カンキツは世界的に非常に幅広い地域で栽培されているが、国別に見ると主要産地は非常に狭い地域に限られることが多い。米国は、フロリダ州、カリフォルニア州、テキサス州に限られ、ブラジルはサンパウロ州及びその周辺、スペイン、イタリアのような地中海性気候地域も南部州に限られる。ブラジルやフロリダ州ではHLBによる被害や気象災害を受け、地中海性気候地域では干害を受けている。降水量の少ない地域では、今後ますます水源確保が大きな課題となる。

栽培コスト、労働コストは上昇が続き、今後、機械化・省力化をどのように進めるかが大きな課題である。大規模産地では、機械せん定が行われるが、小規模産地では手せん定である。収穫は最も労働力が必要であり、加工用果実で機械収穫が行われてきたが、HLB衰弱樹では大きなストレスがかかり行われなくなった。密植栽培についてはカンキツではあまり普及していないが、HLB対応としての早期成園化、せん定・収穫の機械化・省力化、農薬・水・肥料の有効利用の面から導入が進むと考えられる。

スペインではカンキツ産業について、マーケティング、生産コスト、品種、機械化、スマート農業、密植栽培、灌水等の現状と今後の方向を踏まえたロードマップが作成されている。日本でも、世界のトレンドを注視しつつ現状と課題を整理し将来の姿を考えていく必要がある。

(朝倉 利員)

海外果樹農業情報 刊行物一覧

No.	調査報告書名	発行年月
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ア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
148	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	21. 3
149	世界の主要果実の貿易概況 2021年版	21. 5
150	海外の果樹産業ニュース 2021年度上期版	21. 9
151	世界の主要果実の生産概況 2021年版	22. 3
152	海外の果樹産業ニュース 2021年度下期版	22. 3
153	世界の生食用ぶどう産業 品種動向と栽培流通技術	22. 3
154	世界の主要果実の貿易概況 2022年版	22. 5
155	海外の果樹産業ニュース 2022年度上期版	22. 9
156	海外の果樹産業ニュース 2022年度下期版	23. 3
157	世界のもも産業 生産・消費動向と栽培流通技術	23. 3
158	世界の主要果実の生産・貿易概況 2022年版	23. 3
159	日本の果実の貿易概況 2022年版	23. 3
160	海外の果樹産業ニュース 2023年度上期版	23. 7
161	海外の果樹産業ニュース 2023年度中期版	23. 11
162	世界の主要果実の生産・貿易概況 2023年版	24. 1
163	世界のおうとう産業 生産・流通の現状と品種・栽培流通技術	24. 3
164	新型コロナウイルス禍の世界の果樹農業 生産流通消費への影響と今後の対応	24. 3
165	海外の果樹産業ニュース 2023年度下期版	24. 3
166	日本の果実の貿易概況 2023年版	24. 4
167	海外の果樹産業ニュース 2024年度上期版	24. 7
168	海外の果樹産業ニュース 2024年度中期版	24. 11
169	世界の主要果実の生産・貿易概況 2024年版	25. 1

