



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	寒冷地における醸造用ブドウの耐凍性と組織内成分との関連性および耐凍性推定モデルの構築に関する研究
Author(s)	来田, 祐太郎
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第16758号
Issue Date	2026-03-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k16758
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/99603
Type	doctoral thesis
File Information	KITA_Yutaro_review.pdf, 審査の要旨 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博 士（農学） 氏名 来 田 祐 太 朗

審査担当者	主 査	特任教授	鈴 木 卓
	副 査	教 授	志 村 華 子
	副 査	准教授	荒 川 圭 太
	副 査	講 師	実 山 豊

学 位 論 文 題 名

寒冷地における醸造用ブドウの耐凍性と組織内成分との関連性
および耐凍性推定モデルの構築に関する研究

本論文は、図 32、表 17、引用文献 126 を含む、総ページ数 124 の和文論文である。別に 1 編の参考論文が添えられている。

北海道は夏季に冷涼な亜寒帯気候に属し、20 世紀後半までは生育期の積算温度不足などにより、欧州系醸造用ブドウ（*Vitis vinifera*）の安定栽培は困難と考えられてきた。そのため、北米系品種や野生種を基盤とした耐寒性品種の導入・育種が進められてきた。しかし近年の温暖化により、生育期気温の上昇を背景として‘ピノ・ノワール’など一部の欧州系品種の栽培が可能となり、北海道のワイン産業は品質面でも発展を遂げている。一方で冬季の低温は依然として厳しく、凍害は醸造用ブドウの安定生産を制約する主要因である。加えて、秋季高温化による低温馴化の遅延は、十分な耐凍性が獲得されないまま厳冬期を迎えるリスクを高める可能性があり、寒冷地における凍害リスクは今後さらに重要性を増すと考えられる。ブドウの耐凍性は器官ごとに異なる機構によって成立しており、越冬芽では深過冷却や凍結脱水、当年生枝では細胞外凍結が生存維持に関与するとされる。低温馴化に伴う含水率低下や糖類蓄積などの生理的変化が耐凍性向上に寄与することは知られているが、北海道のような厳寒地条件下で、遺伝的背景の異なる複数品種を対象に、長期間かつ体系的に検証した研究は限られている。また、従来の耐凍性評価法は高精度である一方、現場での迅速なリスク評価には実用上の課題がある。そこで本研究では、寒冷地における醸造用ブドウの安定生産に資することを目的として、越冬芽および当年生枝の耐凍性の季節変動および品種間差を明らかにするとともに、耐凍性成立に関与する生理・代謝要因を包括的に解析し、簡便な耐凍性推定手法の構築を試みた。得られた結果の概要は、以下のとおりである。

1. ブドウ越冬芽および当年生枝の耐凍性と組織内成分含量の季節変動

北海道で栽培されている欧州系品種、北米系品種、および野生種由来の交配品種を含む計 10 品種を供試し、3 シーズンにわたり調査を行った。越冬芽および当年生枝を対象に、示差熱分析および電解質漏出法により耐凍性を評価するとともに、組織含水率、可溶性炭水化物、アミノ酸お

よびポリフェノール類の含量を定量し、耐凍性との関連を解析した。調査は晩秋の低温馴化開始期から厳冬期、春季の脱順化期まで連続的に実施した。その結果、すべての品種において耐凍性は秋季から初冬にかけて向上し、厳冬期に最大となった後、春季に低下する共通した季節変動を示した。一方、最大耐凍性水準、低温馴化の進行速度、脱順化開始時期には顕著な品種間差が認められた。特に *V. amurensis* や *V. riparia* を遺伝的背景に持つ交配品種は、*V. vinifera* 品種と比較して高い最大耐凍性を示し、寒冷条件下でも安定した耐寒性を保持した。さらに *V. vinifera* 品種間においても耐凍性獲得特性には差異が認められ、欧州系品種内にも寒冷地適応性の多様性が存在することが明らかとなった。耐凍性と生理指標との関係では、越冬芽および当年生枝の耐凍性は含水率と強い関連を示し、低温馴化に伴う組織含水率の低下が耐凍性向上において中心的役割を果たすことが示された。含水率低下は細胞内凍結の回避や氷晶形成の抑制に寄与すると考えられ、寒冷地における耐凍性成立の基盤的要因であることが示唆された。また、可溶性炭水化物含量は耐凍性と負の相関を示し、特に単糖類やラフィノースファミリーオリゴ糖 (RF0) の蓄積が高い耐凍性の形成に関与する可能性が示された。ただし、耐凍性に寄与する糖の種類や寄与度は品種によって異なり、寒冷地における耐凍性獲得戦略には明確な品種特異性が認められた。一方、プロリンや総ポリフェノール含量は多くの場合耐凍性との明確な関連を示さず、北海道の栽培条件下では主要因ではない可能性が示唆された。以上より、ブドウの耐凍性は、特定代謝物の単純な変動ではなく、含水率および糖代謝を中心とした複数の生理・代謝要因が相互に関与する過程を通じて成立することが示された。

2. 含水量および可溶性炭水化物含量を用いたブドウ越冬芽の耐凍性推定モデルの構築

前章で得られた生理学的指標の中でも特に強い関連性を示した含水量と可溶性炭水化物含量に着目し、これらを説明変数とする耐凍性推定モデルを構築した。先行研究で木本植物に対して提案された JUG, TOT および ISC モデルに加え、新たに VIT モデルを定義し、3 年間の‘ピノ・ノワール’越冬芽データを用いて回帰分析を行った。その結果、ISC モデルが最も高い推定精度を示したものの、全体の約 24% の分散は説明されず、細胞構造の変化など、他の要因の寄与も大きいことが示唆された。今後は、これら多様な生理的・形態学的因子を加えた統合的モデルの開発が必要であると考えられた。また、生産現場での実用化という観点では、可溶性炭水化物の測定に HPLC 分析が必要であることが制約となるため、糖度計による簡易指標の活用や代替測定法の開発が実用化への鍵となる。さらに、現在のモデルは測定時点の耐凍性を推定するものであるが、寒冷地栽培では凍害リスクの事前察知が求められるため、気象データと連携した短期予測モデルへの発展も重要な課題である。

以上より、本研究は寒冷地における醸造用ブドウの耐凍性成立機構を品種間差と季節変動の両面から明らかにし、実用的な耐凍性評価手法の基盤を提示した点で学術的・実践的意義を有する。本成果は、気候変動下における北海道のブドウ栽培の安定化および寒冷地適応型栽培技術の高度化に貢献すると期待される。

よって、審査員一同は、来田祐太郎が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。