

SOP21-303

禁転載

# 収穫後のブドウの着色改善 標準作業手順書

公開版



## 改訂履歴

版 数	発行日	改訂者	改訂内容
第 1 版	2022 年 1 月 28 日	湯川 智行	初版発行

**2022 年 1 月 28 日版**

# 目次

はじめに	1
免責事項	2
<b>I. ブドウ果実の着色不良と着色の要因</b>	<b>3</b>
<b>II. 収穫後ブドウの着色改善に適した光と温度処理</b>	<b>5</b>
1.光と温度処理による着色改善効果の有無	5
<b>III. 収穫後の着色改善効果が高い品種</b>	<b>9</b>
1.着色系品種における収穫後の着色改善効果	9
2.処理による果皮色以外の果実品質への影響	13
3.果実糖度が収穫後の着色改善効果に及ぼす影響	14
4.まとめ：収穫後のブドウ着色改善に必要な条件	16
<b>IV. 収穫後のブドウの着色を改善する「果実発色促進装置」</b>	<b>19</b>
1.装置の構成	19
2.装置の効果	23
3.粒売りブドウ（「クイーンニーナ」）を例とした装置の使用手順	25
4.「果実発色促進装置」の入手先	28
5.「果実発色促進装置」の普及対象	28
6.「果実発色促進装置」の実施許諾について	28
<b>V. 参考データ</b>	<b>29</b>
1.光と温度処理による着色改善の遺伝子レベルでの要因	29
2.果実糖度が収穫後の着色改善に及ぼす遺伝子レベルの影響	31
<b>用語解説</b>	<b>33</b>
<b>参考資料</b>	<b>36</b>
<b>担当窓口、連絡先</b>	<b>37</b>

## はじめに

ブドウ果皮色の良否は、市場価値に直結する重要な果実形質の一つです。しかし、現在普及しているブドウの着色系品種は、温暖化による果実成熟期の高温の影響により着色不良が多発しています。ブドウでは、糖度が十分で食味良好でも色ムラ等の外観の問題で等級が下がるため、着色の不安定さは生産者の悩みの種です。このことから、簡便で効果的な着色改善技術の開発が求められています。これまでにブドウの着色改善技術として、環状はく皮や摘葉処理等、栽培期間中の果実を対象とした技術が開発されています。しかし、収穫後の果実を対象とした着色改善技術の報告例はありませんでした。

本手順書では、収穫時に糖度が十分に高く、食味が良好であるにもかかわらず着色不良となったブドウを収穫後に着色改善するための光と温度の処理条件を示しています。さらに、収穫後のブドウの着色を光と温度を用いて効果的に改善する「果実発色促進装置」の説明とその使用方法を記載しています。本手順書は、①収穫後の果実の着色改善を実現できる装置の開発・販売を検討するメーカー等向けの技術情報を提供するとともに、②「果実発色促進装置」の購入・利用を検討している果樹生産者、市場・流通業者、普及指導機関を主なユーザーとして想定しています。

本研究で得られた成果の一部は、農研機構生研支援センター革新的技術開発・緊急展開事業（うち先導プロジェクト）国産果実の供給期間拡大を目指した鮮度保持・栽培技術の開発により得られたものです。

## 免責事項

- 農研機構は、利用者が本手順書に記載された技術を利用したこと、あるいは技術を利用できないことによる結果について、一切責任を負いません。
- 本手順書に記載された技術の効果は農研機構等の試験研究機関における例であり、地域や気候条件、使用する果実の品質等より変動する可能性があることにご留意ください。
- 本手順書に記載の技術の利用により、この通りの効果が得られることを保証したものではありません。
- 本手順書に記載の技術の利用によって、着色が改善された果実の販売価格が上昇することを保証したものではありません。
- 本手順書に記載の図表は全て農研機構が著作権を有するか、許可を得て転載したものです。

## I. ブドウ果実の着色不良と着色の要因

○ブドウの果皮色は、商品価値に直結する重要な果実形質です。しかし、現在普及している着色系品種の多くは、温暖化の影響により着色不良が多発しています（図 I -1）。ブドウでは糖度が高く食味良好でも、着色不良等の外観の問題で等級が下がり生産者の所得に影響が出るため、大きな問題となっています。

○ブドウの果皮色の良否は、果実成熟期のさまざまな環境要因の影響を受けることが知られています。その中でも「光」と「温度」は重要な環境要因です。さらに、1 樹当たりの果房数や土壌環境等の栽培管理方法も着色に影響を与えており、着色にはこれらの要因が複雑に関与していると考えられます。

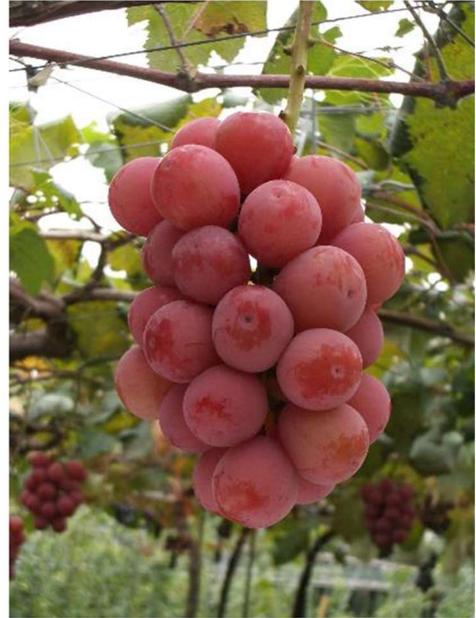
○私たちはこれまでの研究で、果実成熟期のブドウに青色光照射と 15℃程度の低温の同時処理を行うことで、ブドウの着色を相乗的に促進できることを実験的に明らかにしました。

○この基礎知見から、私たちは「収穫後」のブドウに対しても、人工的な制御がしやすい光照射と温度処理を併用することで、果皮色を改善できるのではないかと考え、各種条件を検討しました。

**参考：**ブドウの果皮色は果皮に蓄積されるアントシアニン色素の含量によって主に決定されます。アントシアニン含量が遺伝的に多い品種は黒色系、含量が遺伝的に少ない品種は赤色系となり、アントシアニンを蓄積しない品種は黄緑色のブドウになります。黒色系や赤色系品種において、収穫時に品種本来のアントシアニン含量に満たないものが着色不良果となります。



着色不良果



着色良好果

図 I -1 赤色品種「クイーンニーナ」の着色不良果と着色良好果

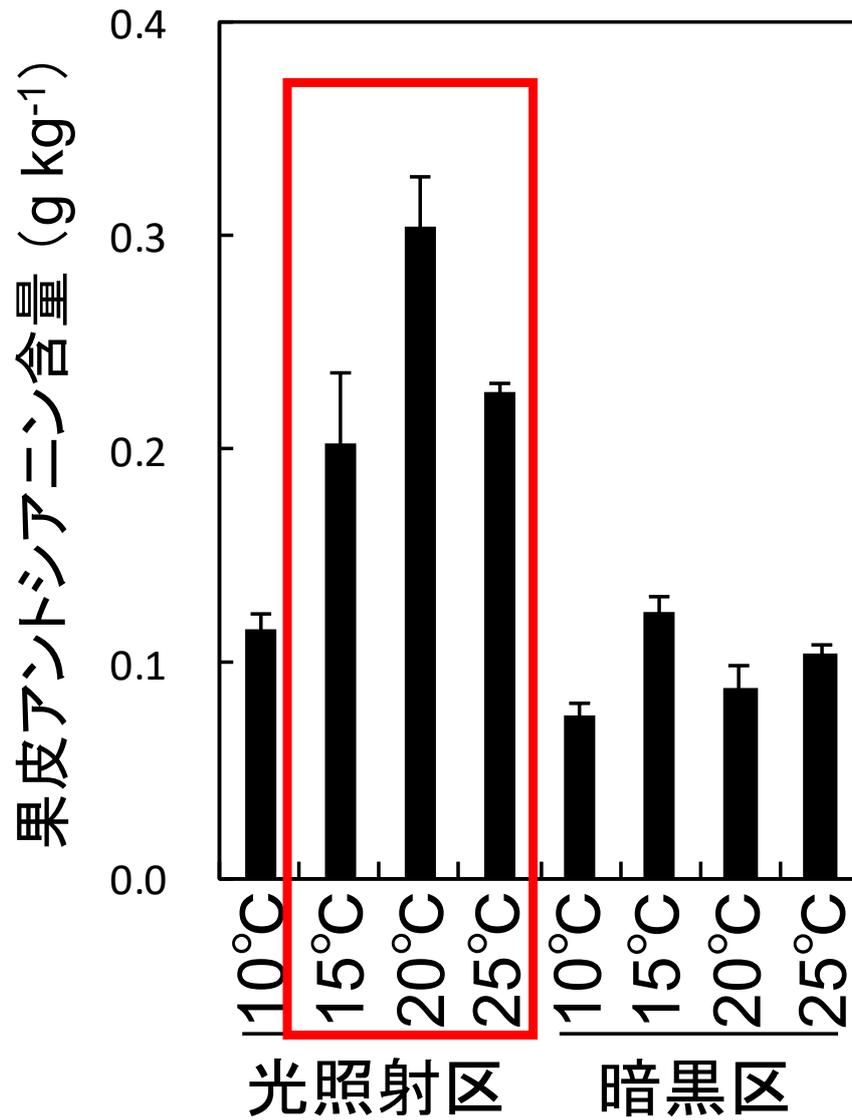
## Ⅱ. 収穫後ブドウの着色改善に適した光と温度処理

### 1. 光と温度処理による着色改善効果の有無

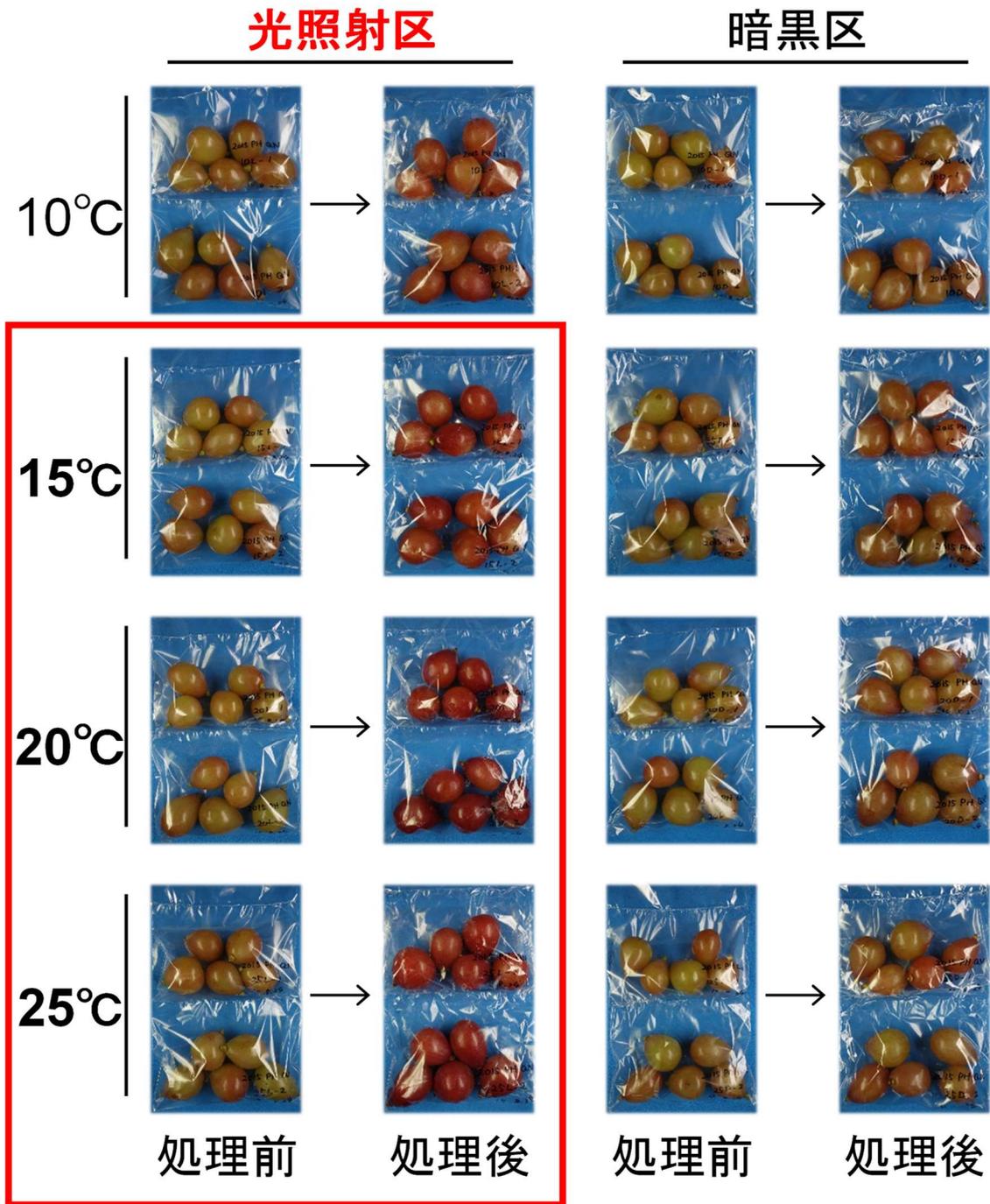
○光照射と温度処理のみで収穫後のブドウの着色が改善するのか、赤色品種「クイーンニーナ」の果粒を用いて試験を行いました。処理中の果実重の減少等の品質低下を防ぐために、鮮度保持資材である MA 包装資材（P-プラス、ブドウ用、住友ベークライト）に着色不良が生じた果粒を密封した後、光照射（白色蛍光灯、光量（光合成有効光量子束密度）：約  $80\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ）と  $10\sim 25^\circ\text{C}$  の温度処理を併用した処理を 9 日間行いました。その結果、光照射を行った処理区で果皮アントシアニン含量が増加する傾向があり、 $20^\circ\text{C}$  区をピークとして  $15\sim 25^\circ\text{C}$  区の含量が多くなりました（図Ⅱ-1）。また、これらの処理区の果実の果皮色は、処理前と比較して明らかに改善していることが確認されました（図Ⅱ-2）。一方、暗黒区あるいは  $10^\circ\text{C}$  処理区のアントシアニン含量は処理前とほとんど変わりませんでした。

○このように、収穫後のブドウにおいても、光照射と適切な温度処理（ $15\sim 25^\circ\text{C}$ ）を併用すれば、着色を改善できることが明らかになりました。

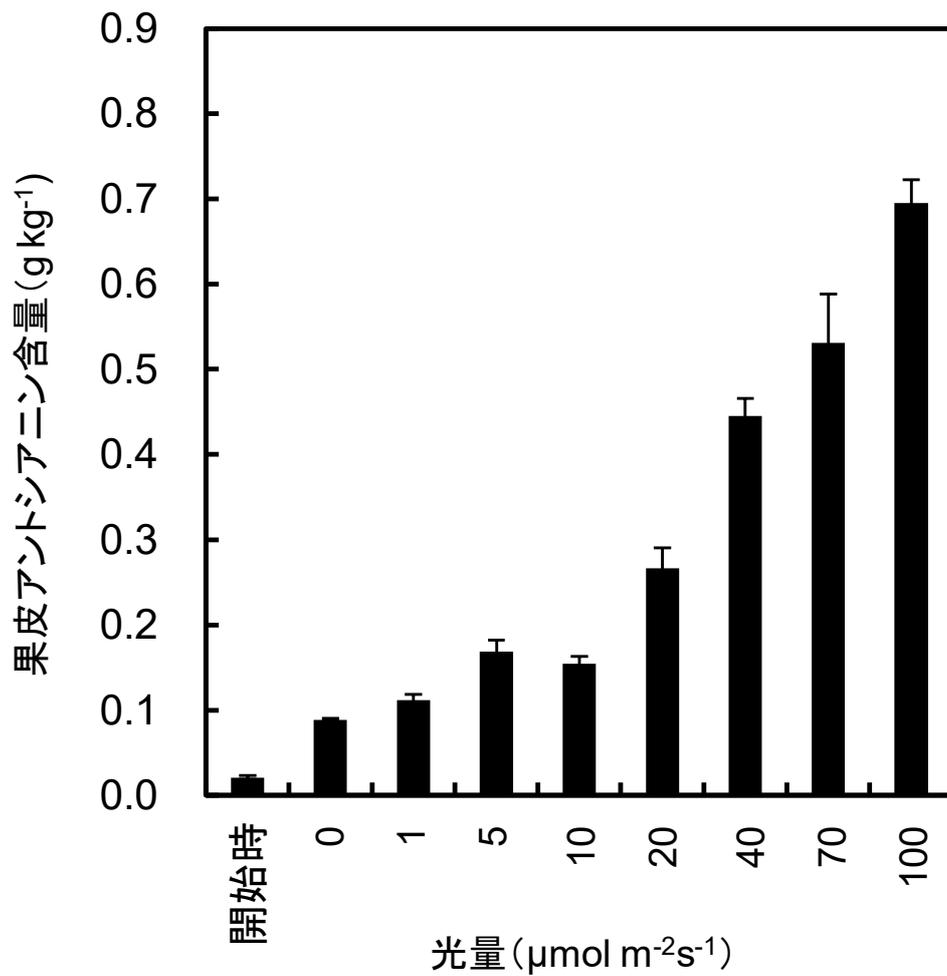
**参考：**着色開始期の「ピオーネ」果粒を用いて、光照射の光量とアントシアニン含量との関係を調査したところ、約  $0\sim 100\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  までの光条件では光量が多くなるほどアントシアニン含量が多くなる傾向がありました（図Ⅱ-3）。したがって、収穫後のブドウにおいても、光量を増やすことでアントシアニン蓄積がさらに促進する可能性があります、高光量による果実の焼けの発生等に注意する必要があることから、 $80\sim 100\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  程度の光量が適していると考えられます。



図Ⅱ-1 収穫後の光照射と温度処理条件の違いが「クイーンニーナ」の果皮アントシアニン含量に及ぼす影響 処理期間：9日



図Ⅱ-2 収穫後の光照射と温度処理条件の違いが「クインニーナ」の果皮色に及ぼす影響 処理期間：9日



図Ⅱ-3 光照射における光量の違いが「ピオーネ」の果皮アントシアニン含量に及ぼす影響 処理期間：9日、処理温度：17.5℃

### Ⅲ. 収穫後の着色改善効果が高い品種

#### 1. 着色系品種における収穫後の着色改善効果

○着色系品種の果粒を対象に、青色 LED 光照射（ピーク波長：445nm、光量：約  $100\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ）と温度処理による着色改善効果を調査した結果、多くの品種で果皮アントシアニン含量が増加しました（表Ⅲ-1）。

○特に 20℃区で果皮アントシアニン含量が最高になる傾向があり、図Ⅲ-1 に示した赤色系品種では、品種本来の果皮色にまで改善しました。

○一方、紫黒色品種の「巨峰」や「ピオーネ」等では、アントシアニン含量比で 2 倍以上増加する処理区はなく、赤色系品種と比較すると外観上の色の变化も明瞭ではありませんでした（図Ⅲ-1）。

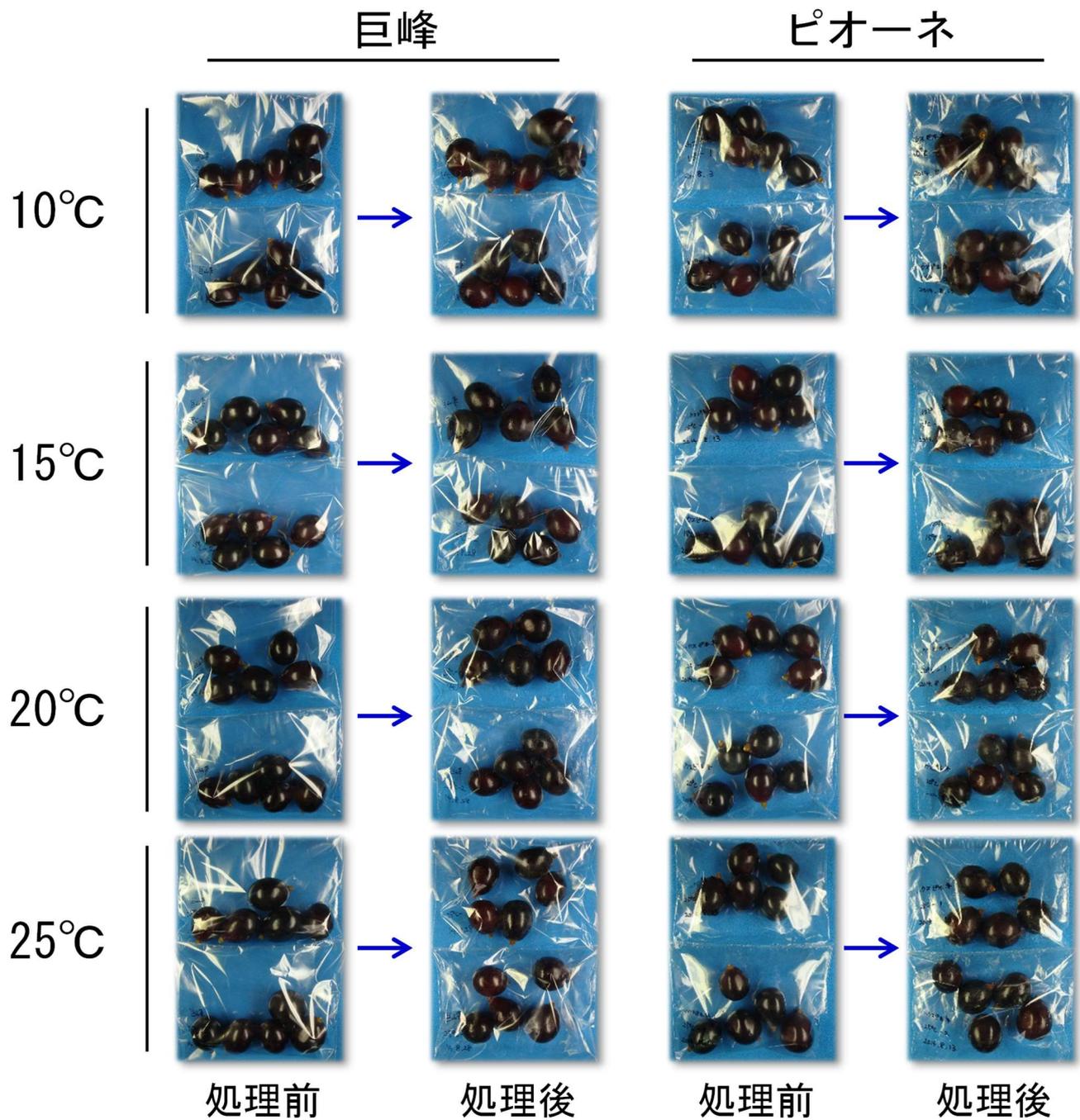
○収穫後の光照射と適切な温度処理を併用することで様々な品種の着色を改善できることが確認され、特に「クイーンニーナ」、「甲斐路」等の赤色品種での効果が高く、これらの品種は本技術の利用価値が高いと考えられました。

表Ⅲ-1 収穫後の光照射と温度処理が着色系ブドウ品種の果皮アントシアニン含量に及ぼす影響 処理期間 7~9 日

品種	果皮色	年度	果皮アントシアニン含量( $\text{g kg}^{-1}$ )					判定 <sup>z</sup>
			処理前	10℃	15℃	20℃	25℃	
巨峰	紫黒	2016	1.66	1.21	1.10	1.22	1.05	×
		2017	1.88	1.94	2.16	2.23	1.65	×
ピオーネ	紫黒	2016	1.38	1.07	1.50	1.96	1.53	×
		2017	1.19	1.46	1.48	1.71	1.55	×
クイーンニーナ	赤	2016	0.10	0.20 <sup>y</sup>	0.25	0.40	0.31	◎
		2017	0.07	0.12	0.20	0.30	0.23	◎
安芸クイーン	赤	2016	0.06	0.12	0.19	0.26	0.13	◎
		2017	0.08	0.11	0.19	0.25	0.17	◎
オリエンタルスター	紫赤	2016	0.10	0.28	0.51	0.83	0.48	◎
		2017	0.52	0.83	1.31	1.35	0.98	○
甲斐路	赤	2016	0.03	0.07	0.20	0.57	0.21	◎
		2017	0.02	0.04	0.16	0.50	0.21	◎

<sup>z</sup> ×：処理前アントシアニン含量の2倍未満の増加、○：2倍以上3倍未満、◎：3倍以上

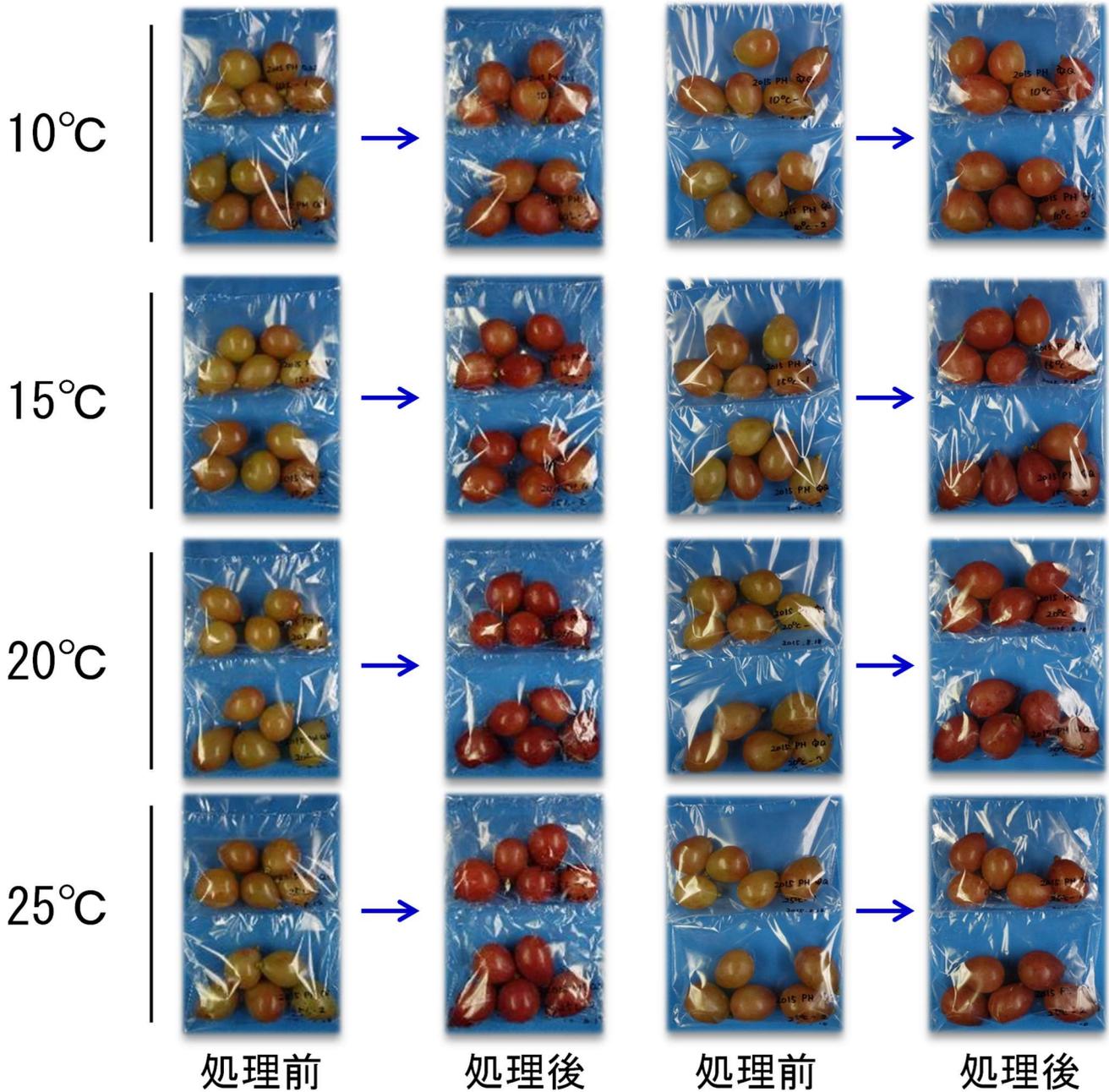
<sup>y</sup> 薄い灰色：処理前の2倍以上、濃い灰色：2倍以上のうち最も含量が高い処理区



図Ⅲ-1 収穫後の光照射と温度処理が着色系ブドウ品種の果皮色に及ぼす影響 処理期間：7～9日

クインニーナ

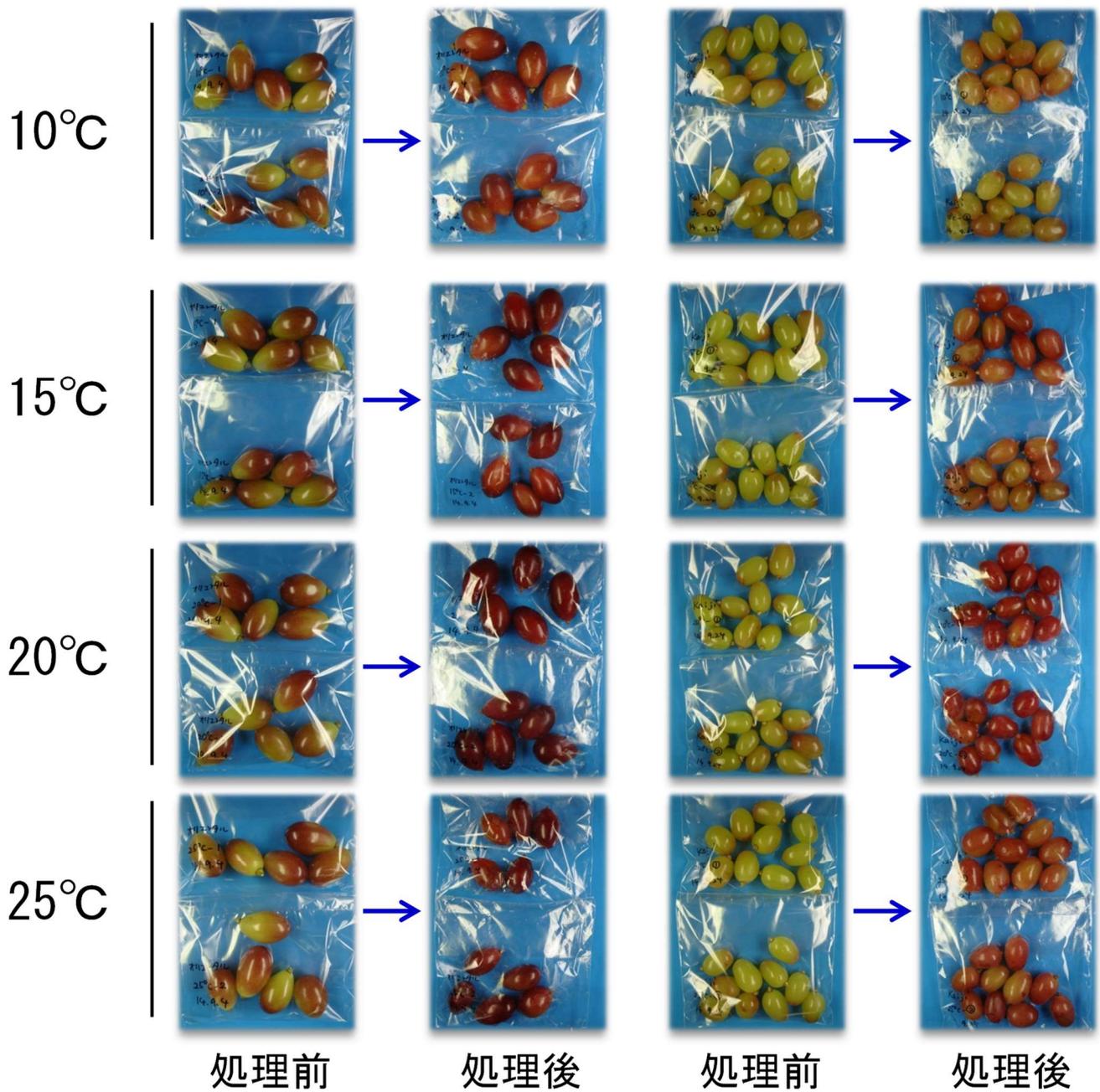
安芸クイン



図Ⅲ-1 (続き) 収穫後の光照射と温度処理が着色系ブドウ品種の果皮色に及ぼす影響 処理期間：7～9日

オリエンタルスター

甲斐路



図Ⅲ-1 (続き) 収穫後の光照射と温度処理が着色系ブドウ品種の果皮色に及ぼす影響 処理期間：7～9日

## 2. 処理による果皮色以外の果実品質への影響

○収穫後の光照射と温度処理による果実品質への影響を「クインシーナ」を用いて調査したところ、果実硬度は処理区間で差は認められず（表Ⅲ-2）、他の品種においても同様の傾向が認められました。糖度は「クインシーナ」においては無照射区よりも光照射区で高くなる傾向がありましたが、他品種ではその傾向は判然としませんでした。

○酸含量は光条件に関わらず温度が高いほど低下し、25℃区で最も低くなりました。また、温度が高いほど果粒重が減少する傾向があり、光照射・25℃区で最も減少率が高くなりました。これらの傾向は他の品種でも認められました。

**表Ⅲ-2 収穫後の光照射と温度処理が「クインシーナ」の果実品質に及ぼす影響 処理期間：9日**

処理区	果実硬度 (N)	糖度 (%)	酸含量 (g 100mL <sup>-1</sup> )	果実重減少率 (%) <sup>z</sup>
処理前	4.47	19.2	0.41	—
光照射	10℃	4.36	18.9	0.39
	15℃	4.37	19.2	0.38
	20℃	4.24	19.1	0.36
	25℃	4.25	19.2	0.34
無照射	10℃	4.37	18.6	0.42
	15℃	4.39	18.5	0.41
	20℃	4.44	18.8	0.38
	25℃	4.37	18.7	0.37
Two-way ANOVA <sup>y</sup>	L <sup>x</sup>	NS	**	**
	T	NS	NS	**
	L×T	NS	NS	NS

<sup>z</sup> (処理前の10粒重 - 処理後の10粒重) / (処理前の10粒重) × 100

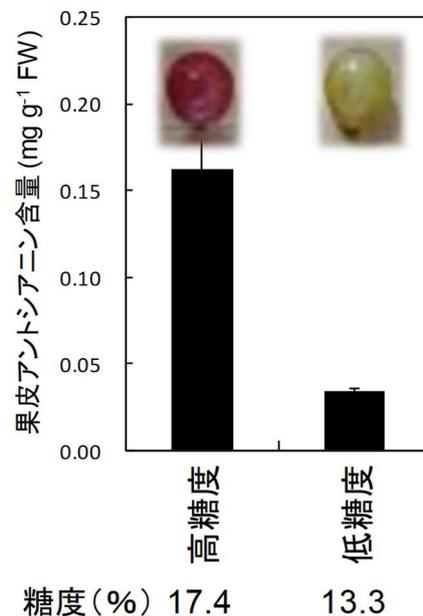
<sup>y</sup> 分散分析により、NS: 有意差なし、\*\*: 1%水準で有意差あり

<sup>x</sup> L: 光条件、T: 温度条件

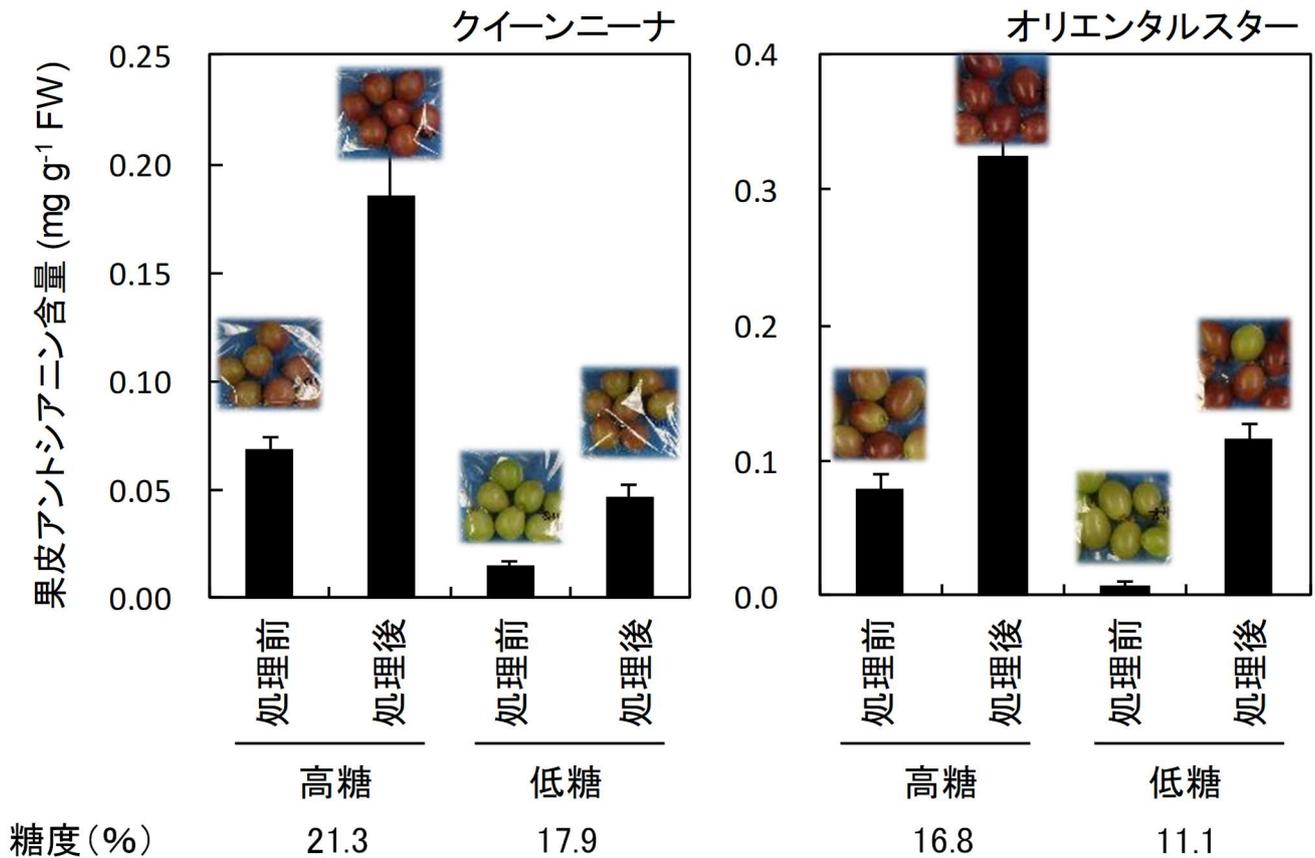
### 3. 果実糖度が収穫後の着色改善効果に及ぼす影響

○赤色品種「安芸クイーン」の高糖度果実（17.4%）と低糖度果実（13.3%）を用いて、収穫後の青色LED光照射（ピーク波長：445nm、光量：約 $100\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ）と温度処理（ $17.5^{\circ}\text{C}$ ）による着色改善処理を行ったところ、高糖度で一定の着色が見られる果実ではアントシアニン蓄積が促進されたのに対し、低糖度で未着色の果実ではアントシアニンがほとんど蓄積しませんでした（図Ⅲ-2）。また、「クイーンニーナ」、「オリエンタルスター」等、他の品種においても同様の傾向が認められました（図Ⅲ-3）。

○以上のように、高糖度のブドウ果粒では、収穫後の着色改善効果が顕著であったのに対し、低糖度で未着色の果粒では十分な着色改善を得られなかったことから、**本技術を用いるためには、処理開始時に一定以上の果実糖度と着色が必要**と考えられました。



図Ⅲ-2 果実糖度の違いが「安芸クイーン」の着色処理後の果皮アントシアニン含量に及ぼす影響 処理期間：9日 処理温度： $17.5^{\circ}\text{C}$



**図Ⅲ-3 果実糖度の違いが赤色系ブドウの着色処理後の果皮アントシアニン含量に及ぼす影響** 処理期間：9日 処理温度：17.5℃

**注意：** 今回の試験結果から、着色改善に最低限必要な糖度は、品種ごとに異なることが示唆されます。また、目標とするアントシアニン含量（あるいは見た目の着色程度）も各産地や品種によって異なると考えられるため、本技術は、各産地における各品種の糖度の出荷基準をクリアし、一定程度の着色が進んでいる果実に適用してください。

#### 4. まとめ：収穫後のブドウの着色改善に必要な条件

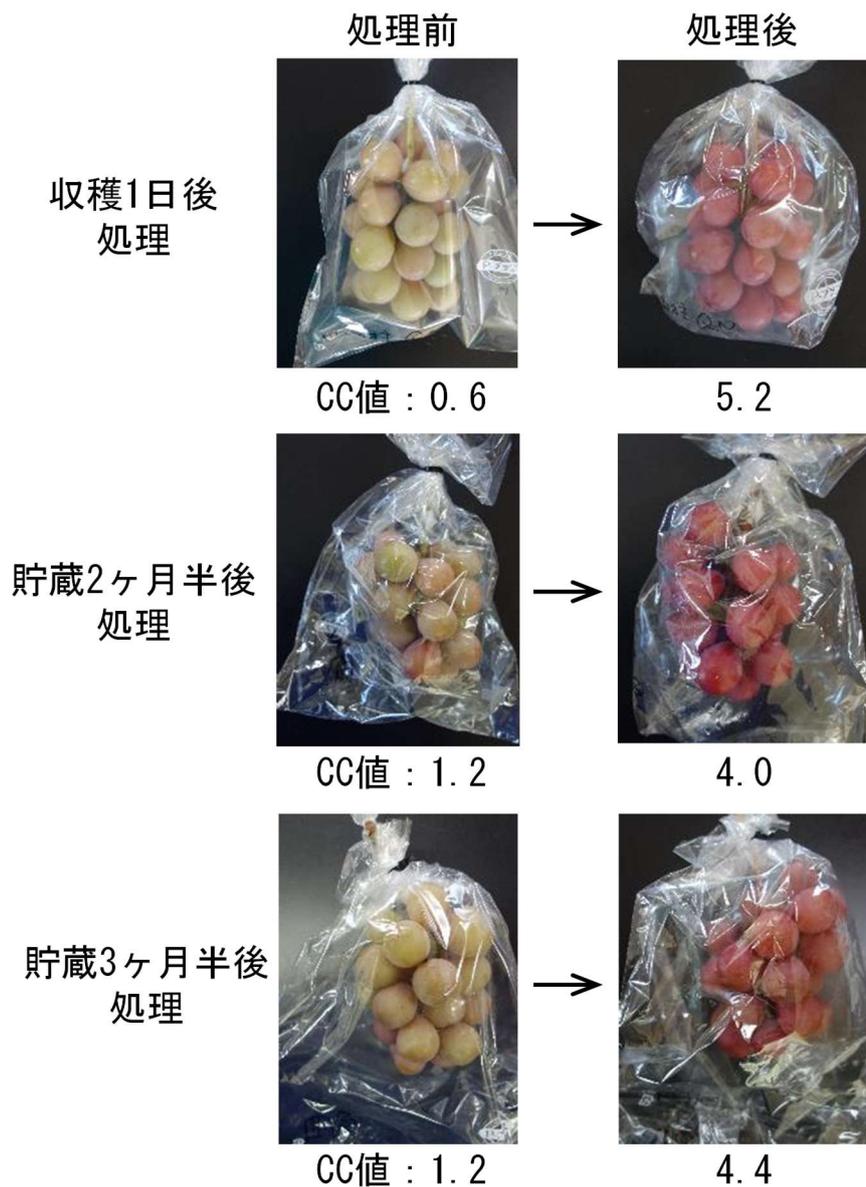
○収穫後のブドウの着色を効果的に改善し、かつ酸含量の低下や果粒重の減少等の果実品質の低下を防ぐには、青色LED光照射条件において、処理温度帯を15～20℃程度とした処理を7～9日間行うのが適切と考えられました。また、糖度が低く極端に着色が不良な果実（例えば、「安芸クイーン」では糖度13%程度）では着色改善効果が十分に得られないことが示されました。

○上記の条件を簡易に再現できる装置や方法を検討することで、収穫後ブドウの着色改善の実用化が図れると考えられます。

○IVでは、実用化技術開発の一例として、「果実発色促進装置」の概要とその使用方法について説明しています。

**参考①**：同じ品種であっても、産地ごとに異なる糖度基準を設定していることが多いため、各産地の基準を確認の上、本技術を使用することを推奨します。また、糖度基準を重視する理由の一つとして、基準を下回る果実を着色処理した結果、外観は良いが食味が劣る果実が市場に出回り、将来的にその産地や品種自体の評判が下がることを防ぐ点があります。

**参考②**：着色不良の「クイーンニーナ」果房を MA 包装資材に密封、1℃で冷蔵貯蔵し、貯蔵 2 ヶ月半、3 ヶ月半後の果房に着色処理を行った結果、果皮色の指標であるカラーチャート値が、収穫 1 日後の果房を用いて処理を行った場合と同様に明らかに増加することが確認されました（図Ⅲ-4）。食味にも問題はありませんでした。このことから、本技術は冷蔵貯蔵した日持ち性の良いブドウ品種に対しても適用可能であることが示され、ブドウの流通過程における、さまざまな場面（生産者から選果場、小売店まで）での利用が期待できます。



**図Ⅲ-4 冷蔵貯蔵後の光照射と温度処理が「クイーンニーナ」の果皮色に及ぼす影響** 処理期間：7～8日 処理温度：17.5℃ カラーチャート値（CC値）はブドウ赤・紫・黒色系カラーチャート（農林水産省 1975年）を使用

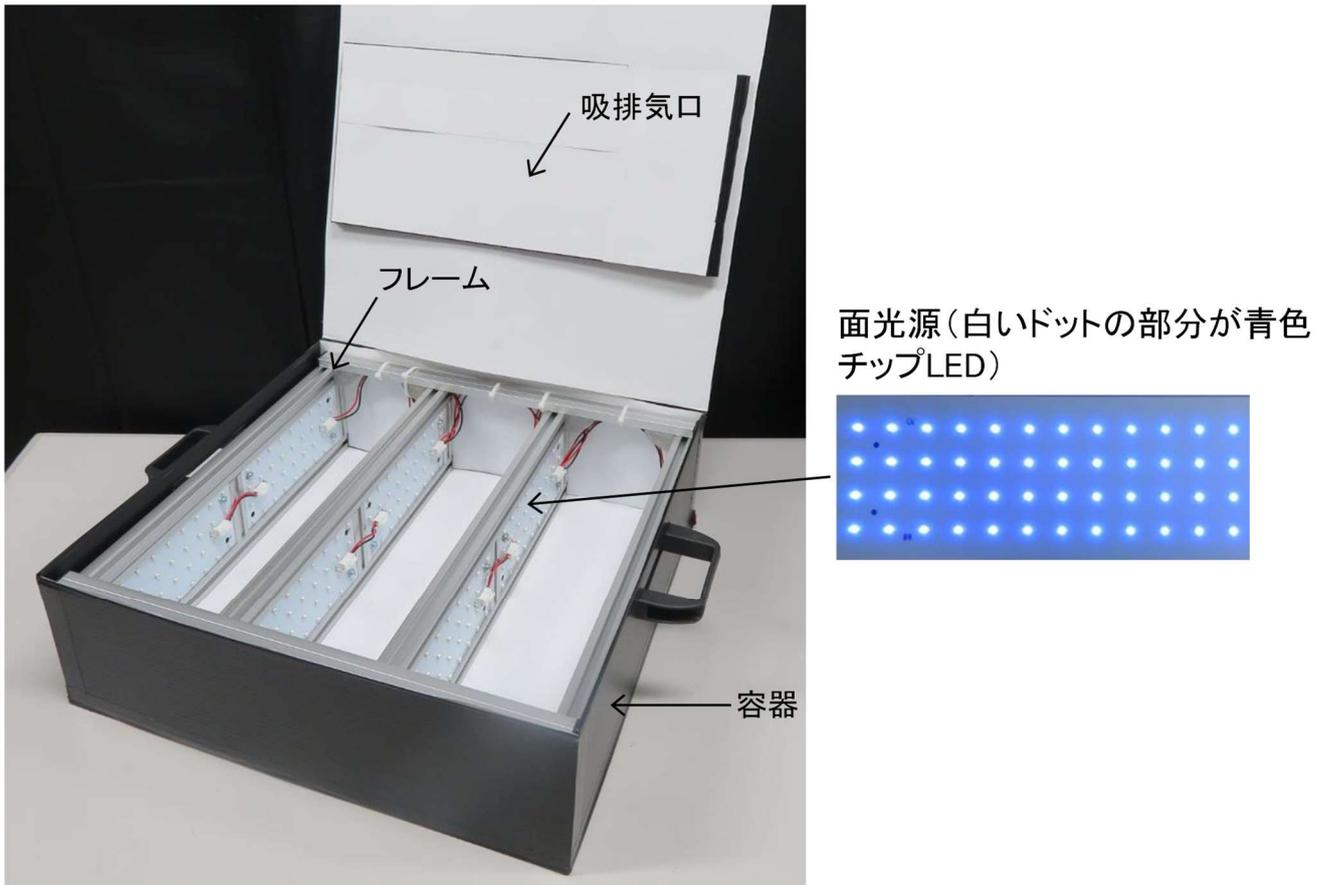
## IV. 収穫後のブドウの着色を改善する 「果実発色促進装置」

### 1. 装置の構成

○果実発色促進装置は、収穫後のブドウの着色（アントシアニン蓄積）に適した光条件（青色光ピーク波長：約 460nm、光量： $100\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  程度）と温度条件（15～20℃）を冷蔵貯蔵庫内で保持できる装置として、山口県産業技術センター等と共同開発しました（特許第 6781991 号）。

○装置は青色チップ LED を多数配置した面光源、面光源と果実までの距離を調整可能なフレーム、温度制御のための容器で構成され、これらの構成品を調整することで、形状や大きさが異なるブドウの着色促進が可能です（図IV-1）。

○現在、「粒売りブドウ用」装置が購入可能です（29 ページ参照）。この基本仕様を表IV-1 に示します。装置はシンプルな箱型（約 500mm×約 400mm×約 150mm）で、高齢の方や女性でも持ち運びできるサイズ、重さです。



図IV-1 果実発色促進装置の基本構造

表IV-1 装置の基本仕様

外寸 [mm]	約500 x 約400 x 約150
重量 [kg]	約3.5
LED基板	青色LED ※Wp <sup>typ.</sup> 465 [nm]
消費電力 [W]	約21
可動機構	内側2つの基板がフレームに沿って移動可能 (果実の大きさに応じて調整)  ※特許第6781991号
外装	プラスチックダンボール

○近年、スーパーやコンビニ等でよく見かけるようになった粒売りブドウ用に開発した装置の使用例を図IV-2に示します。着色不良の果粒をMA包装資材に入れて果粒全体に光を照射します。

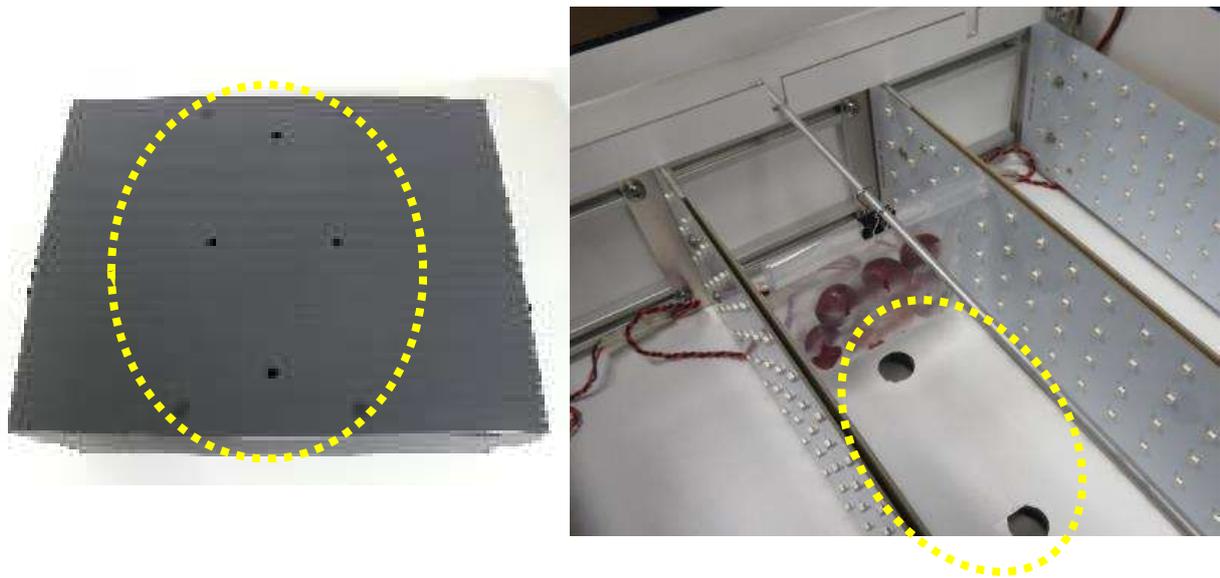
○装置壁面の青色LEDを点灯することでLEDから生じる熱と、容器の吸排気口の開口部の大きさや形、穴の数を調整することで、装置を設置する低温貯蔵庫内の温度に応じて、装置内の温度が着色促進に適した15～20℃の温度帯になるように設計されています（図IV-3）。

○同様の仕組みでブドウ果房用の着色装置も開発しています。

**参考：**吸排気口の調整は、現時点ではメーカーが実施する作業となります。設置先の貯蔵庫の温度や、処理する果実の情報を確認し、それに合わせて装置を製造した上で納品し、現地で最終調整を行います。また、面光源間の距離を変えると果実面に照射される光量が増減します。そのため、LEDの電流量を調整する必要があります。これにより発熱量が変わるため、吸排気口の数や形、位置、面積を調整する必要があります。



図IV-2 果実発色促進装置によるブドウ果粒の着色促進状況



図IV-3 装置のふた面と底面の吸排気口の検討による温度調整

## 2. 装置の効果

○着色不良の赤色系ブドウ（「クイーンニーナ」、「甲斐路」等、対象となるブドウ品種についてはⅢで詳述）の果粒や果房を MA 包装資材（P-プラス、ブドウ用、住友ベークライト）に入れ、各部屋の両壁面から青色 LED 光を 7～9 日間照射することで、着色不良果実の果皮色が改善します（図Ⅳ-4）。

○照射期間は、収穫時のブドウの着色程度により前後しますが、最短でも 5 日以上の照射が必要です。また、10 日以上照射は酸含量や果実重の減少等の果実品質の低下を招く恐れがあるため、照射期間は 5～9 日間で、着色改善の効果を見て適宜、処理を終了させてください。

○適切な条件で着色処理を行えば、処理後の販売可能日数が短くなる等の悪影響も少ないと考えられます。

**注意：**ブドウでは、糖度が低く極端に着色が不良な果実（「安芸クイーン」では糖度 13 度程度）では着色改善効果が得られません。したがって、各産地における品種毎の糖度基準をクリアした着色不良果実への適用が推奨されます。

A

クイーンニーナ(果房)

照射前



照射後



B

クイーンニーナ(果粒)

照射前



照射後



図IV-4 果実発色促進装置による照射前後のブドウ果房 (A)、果粒 (B) の果皮色の比較

### 3. 粒売りブドウ（「クインニーナ」）を例とした装置の使用手順



○適期に収穫した果房のうち、着色不良のものを  
使用します。装置で処理する前に、いくつかの果  
粒の糖度を測定し、各産地における糖度基準を  
クリアした果房を使用することを推奨します。



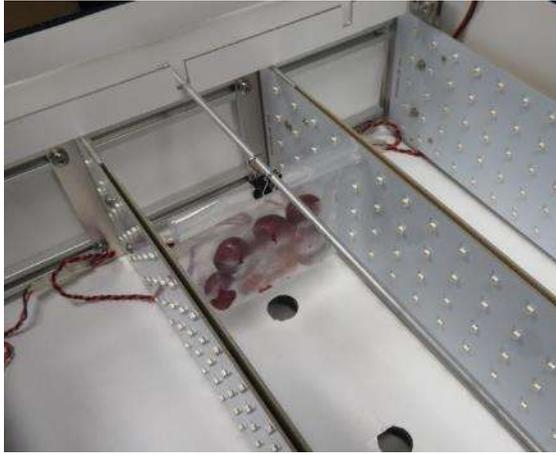
○果梗を残した状態で果粒を切り取り、MA 包  
装資材に約 10 粒ずつ入れます。果粒の消毒処  
理等を行う必要はありません。



○果実発色促進装置（粒売りブドウ用）を  
1℃の貯蔵庫内に設置します。装置内の部屋は  
3 室あります。



○処理する果粒や MA 包装資材のサイズに合わ  
せて、面光源間の幅を調整します。写真は基板  
間の幅が 110mm となっています。3 室ある部  
屋のいずれかを使用不能とすれば、1 室を  
300mm まで広げることが可能です。



○ブドウ果粒の入った MA 包装資材を固定用治具（ステンレス製の丸棒：直径約 5 mm、長さ約 40cm）を用いて固定します（写真の果粒は別品種）。



○固定用治具への MA 包装資材の固定方法の一例として、市販のダブルクリップで資材の上部を挟み、持ち手部分に固定用治具を通すことで上記のように設置することができます。



○MA 包装資材に固定用の穴がある場合は、ここに固定用治具を通すことができます（写真の果粒は別品種）。



○LED を点灯し、上記の要領で装置内にブドウ果粒入りの MA 包装資材を設置します。装置は 3 室あり、本例では 1 室に約 10 粒入りの MA 包装資材を 5 袋設置しています。



○およそ 150 粒（15 袋）の「クインシーナ」果粒を設置した状況（ふたを閉じる前）。



○おんどとり等の計測器を各部屋の中央部に設置した後、ふたを閉じて 2 ～ 3 時間後の装置内の各部屋の温度が 15～20℃の温度帯で安定していることを確認し、7～9 日間処理を行います。



○処理 5 日後以降に果実の着色状況を確認し、9 日後までに処理を終了させます（写真は処理 7 日後の「クインシーナ」果粒。

#### 4. 「果実発色促進装置」の入手先

○果実発色促進装置は、許諾契約を締結した宇部興機株式会社（山口県宇部市）から購入できます（粒売りブドウ用：約 26,000 円/台（量産時の参考価格））。なお、「果房用」の装置については開発者と宇部興機株式会社において最終仕様を検討中であるため、本手順書には仕様や写真、価格等を掲載しておりません。粒売りブドウ用の着色装置についても、今後の改良等により価格が変動する可能性がありますので、導入をご検討の際にご相談ください。

#### 5. 「果実発色促進装置」の普及対象

○着色不良が問題となっている全国のブドウ生産者、市場・流通業者への本技術ならびに装置の普及が期待されます。

○光質（青色～赤色光）や光量等を検討することで、ブドウ以外の果実（リンゴ、モモ、カキ、カンキツ等）や果菜類（カラーピーマン、ナス等）への応用も期待されます。試してみたい果実がありましたらご相談ください。

#### 6. 「果実発色促進装置」の実施許諾について

○「果実発色促進装置」は特許登録されています（特許第 6781991 号）。本特許を用いた装置の開発・製作をご希望される際は、許諾契約が必要です。農研機構果樹茶業研究部門 研究推進部 研究推進室（[NIFTS\\_inq@naro.affrc.go.jp](mailto:NIFTS_inq@naro.affrc.go.jp)）にご相談ください。

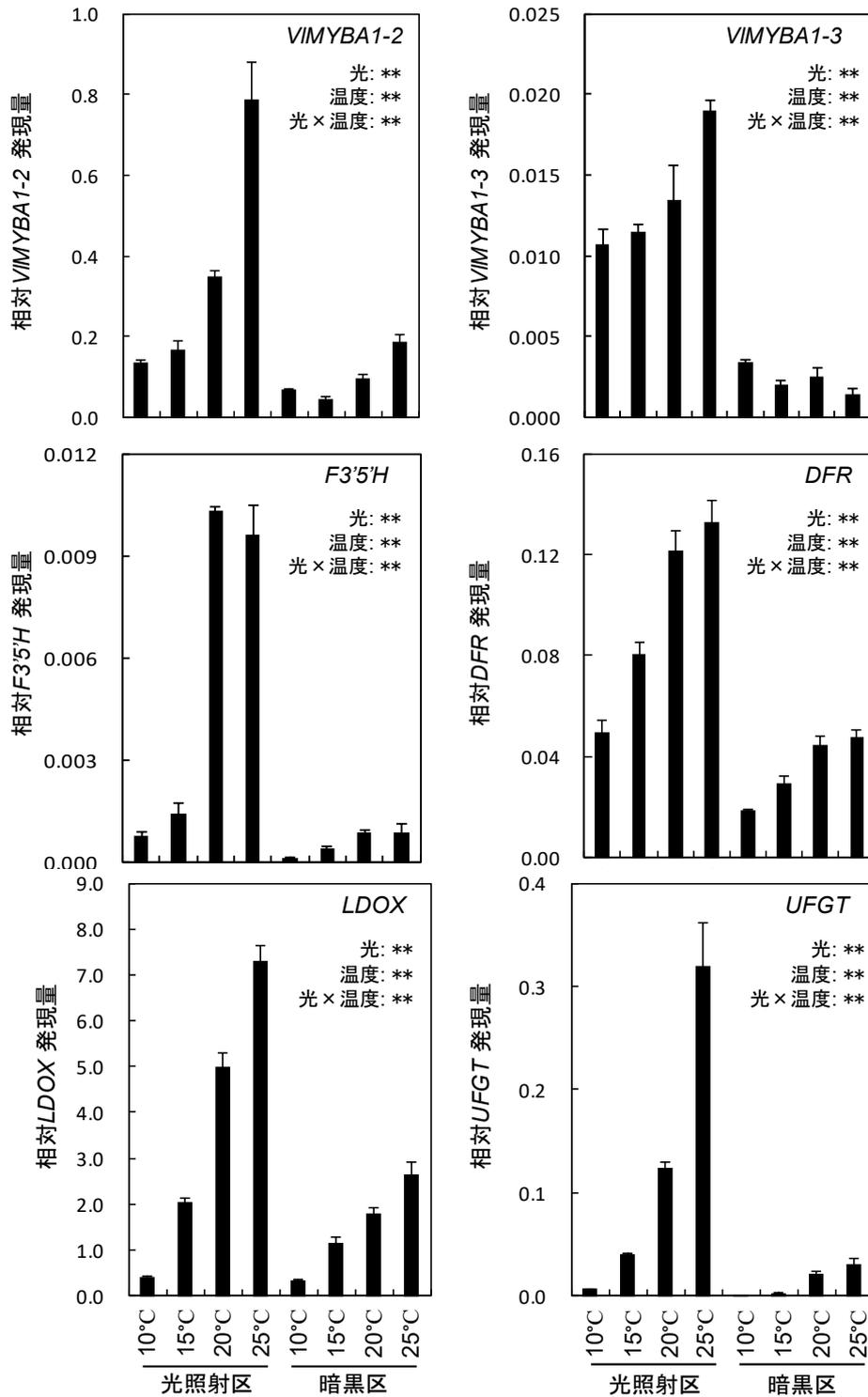
## V. 参考データ

### 1. 光と温度処理による着色改善の遺伝子レベルでの要因

○ブドウ果皮のアントシアニン蓄積は、アントシアニン合成系酵素遺伝子（*CHS3*、*F3'H*、*F3'5'H*、*DFR*、*LDOX*、*UFGT*等）やアントシアニン合成系を制御するMYB転写因子遺伝子（*VIMYBA1-2*、*VIMYBA1-3*）等の着色関連遺伝子の影響を受けていることが分かっています。

○Ⅱ. 1 で示した「クイーンニーナ」について、光照射と温度処理後の着色関連遺伝子群の発現量を調査したところ、光照射と適切な温度処理区（15～25℃）では発現量が相乗的に高くなりました（図V-1）。一方、着色改善効果が低い暗黒区では温度に関わらず発現量が低くなりました。

○以上から、光照射と適切な温度処理による着色改善の要因の一つは、着色関連遺伝子群の相乗的な発現量増加であると考えられます。

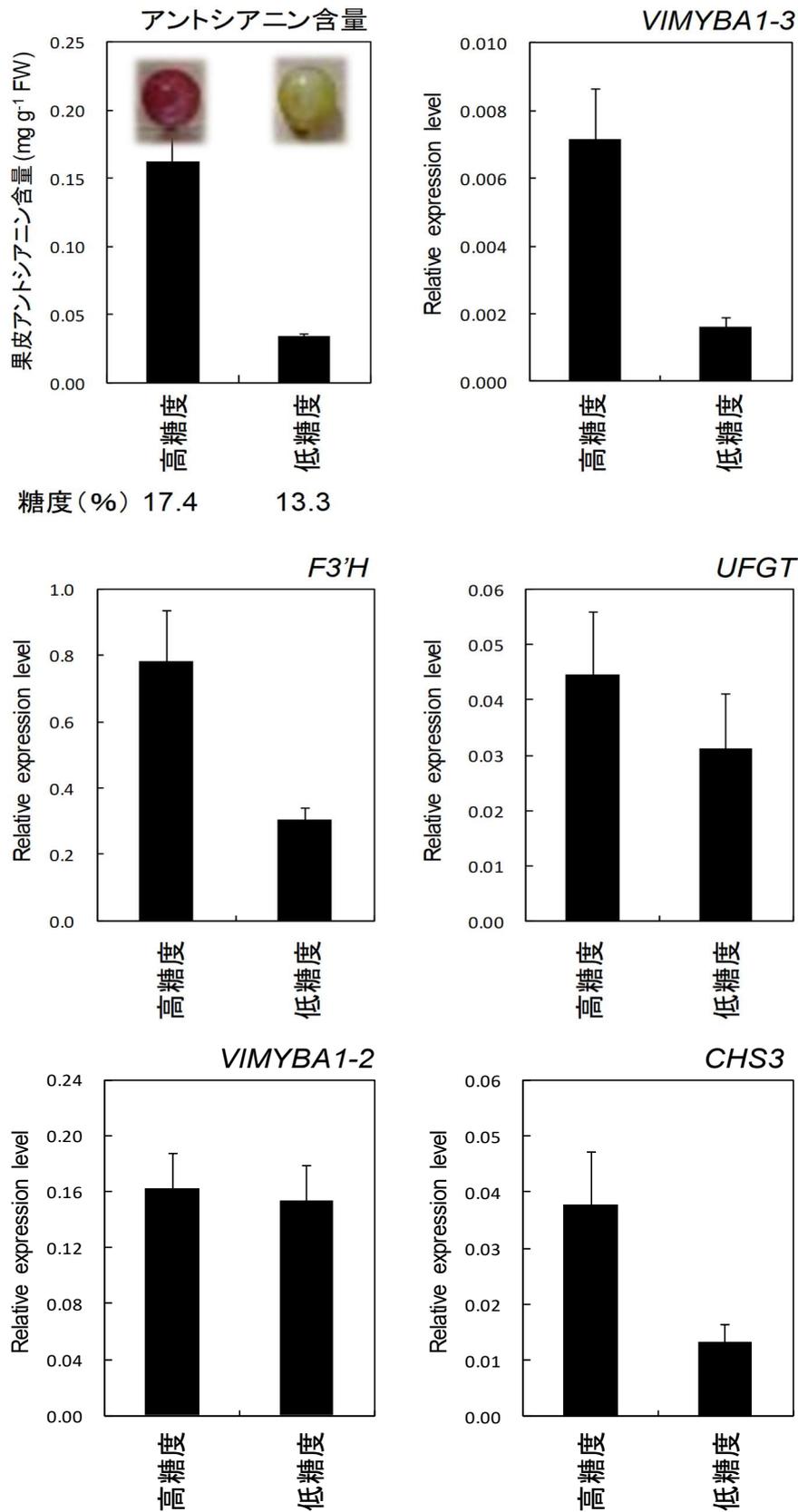


**図 V-1 収穫後の光照射と温度処理条件の違いが「クイーンニーナ」果皮における着色関連遺伝子群の発現量に及ぼす影響** ハウスキーピング遺伝子 *VvUbiquitin1* に対する相対発現量。エラーバーは標準誤差 (n=3)。二元配置分散分析により、\*\*は 1%水準で有意差あり。

## 2. 果実糖度が収穫後の着色改善に及ぼす遺伝子レベルの影響

○Ⅲ. 3で示した「安芸クイーン」について、糖度の異なる果実に対する着色処理後の着色関連遺伝子の発現量を調査したところ、*VIMYBA1-3*、*CHS3*、*F3'H* 等では、高糖度の果粒に比べて低糖度の果粒における発現量が明らかに低くなっていました（図 V-2）。

アントシアニン合成系を制御する *VIMYBA1-3* や、アントシアニン合成経路の上流に位置する *CHS3*、*F3'H* 等の遺伝子発現量が、着色改善効果があった高糖度区での光照射と温度処理により高くなったことから、果実糖度の違いは、光と温度処理による着色関連遺伝子群の発現量変動に影響を与えている可能性が示唆されました。



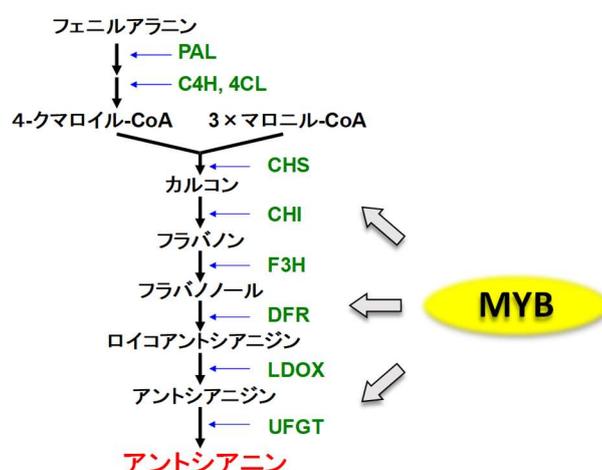
**図 V-2 果実糖度の違いが「安芸クイーン」の着色改善処理後における着色と着色関連遺伝子群の発現量に及ぼす影響**

ハウスキーピング遺伝子 *VvUbiquitin1* に対する相対発現量。エラーバーは標準誤差 (n=3)。

## 用語解説

○アントシアニン：植物界において広く存在するフラボノイドの一種で、花や果実の色を表現する色素体。ブドウ果皮に蓄積するアントシアニンの含量と組成は品種間で大きく異なり、これが果皮色の多様性（黒、赤、黄緑色等）を生み出している。

○アントシアニン合成系酵素：CHS3（Chalcone synthase 3）、F3'H（Flavonoid 3'-hydroxylase）、F3'5'H（Flavonoid 3'5' hydroxylase）、DFR（Dihydroflavonol 4-reductase）、LDOX（Leucoanthocyanidin dioxygenase）、UGFT（UDP-glucose : flavonoid 3-O-glucosyltransferase）等。上記アントシアニン合成系酵素遺伝子群の働きはVIMYBA1-2、VIMYBA1-3等のMYB（ミブ）とよばれる転写因子によって制御されている。MYB転写因子遺伝子の発現量はベレーゾン（果実が軟らかくなり糖蓄積等の果実成熟が始まる時期）後の着色開始期頃に急激に高くなり、それに伴ってアントシアニン合成系酵素の発現が誘導されアントシアニンが合成される。



MYB遺伝子がアントシアニン合成系を制御する

○MA (Modified Atmosphere) 包装 : 外気からの酸素の取り入れと二酸化炭素の排出量を制御することで包装資材内の空気を低酸素、高二酸化炭素の状態にし、青果物の鮮度を保つ包装方法。

○LED (Light Emitting Diode) : 電圧をかけた際に発光する半導体素子のこと。材料の違いにより、赤、緑、青等、様々な色に発光する。寿命が長く、消費電力が白熱電球の 10 分の 1 で省エネかつ低発熱である。

○果梗 : 果実の柄になっている部分のこと。ブドウのように果実が多数集まった果房の中では、個々の果実の柄を小果梗 (しょうかこう) とよぶこともある。

○光合成有効光量子束密度 (PPFD (Photosynthetic Photon Flux Density)) : 植物栽培での光強度として主に用いられる単位 ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )。植物の成長に有効な可視領域 400~700nm の光の単位時間、単位面積当たりの量子数を表す。

○光質 : 植物表面に達する光の波長分布特性。青色から赤色の波長域に相当する光放射は、植物生長への影響が大きいとされている。可視光においては、青 (430~

490 nm) 、緑 (490~550 nm) 、黄 (550~590 nm) 、橙 (590~640 nm) 、赤 (640~770 nm) として認識される。

○面光源：広がりのある面全体から光を発する光源。点光源に対していう。点光源やスポットライトと異なり、光源の大きさや形を調整しやすい。

## 参考資料

1. 果実発色促進装置、東 暁史・本多親子・吉村和正・長山憲範、特許第 6781991 号 (2020 年 10 月 21 日)
2. 果実発色促進装置による収穫後のブドウ、リンゴ果実の着色改善—技術紹介リーフレット— (農研機構果樹茶業研究部門刊、2021 年 3 月)  
[https://www.naro.go.jp/publicity\\_report/publication/pamphlet/tech-pamph/139240.html](https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/139240.html)  
からダウンロード可能。
3. 果実発色促進装置による収穫後のリンゴとブドウの着色改善、東暁史・吉村和正 (山口県産技セ)・本多親子 (東京大)・岩波宏、2020 年度普及成果情報  
[https://www.naro.go.jp/project/results/4th\\_laboratory/nifts/2020/20\\_026.html](https://www.naro.go.jp/project/results/4th_laboratory/nifts/2020/20_026.html)  
からダウンロード可能。
4. 収穫後の適切な光照射と温度処理により赤色系ブドウ果実の着色が改善する、東暁史・薬師寺博・佐藤明彦、2019 年度研究成果情報  
[https://www.naro.go.jp/project/results/4th\\_laboratory/nifts/2019/nifts19\\_s10.html](https://www.naro.go.jp/project/results/4th_laboratory/nifts/2019/nifts19_s10.html)  
からダウンロード可能。
5. Postharvest light irradiation and appropriate temperature treatment increase anthocyanin accumulation in grape berry skin、東 暁史・薬師寺博・佐藤明彦、Postharvest Biol. Technol. 147:89-99、2019 年
6. 「果実発色促進装置」による収穫後ブドウの着色改善、東 暁史・吉村和正・長山憲範・佐藤明彦・薬師寺博、園芸学研究、18 (別 1) 462、2019 年 3 月
7. 収穫後のリンゴ及びブドウ用果実発色促進装置の開発、吉村和正・長山憲範・東暁史・本多親子、園芸学研究、18 (別 1) 460、2019 年 3 月

## 担当窓口、連絡先

外部からの受付窓口：

農研機構 果樹茶業研究部門 研究推進部 研究推進室

029-838-6453（研究推進室長）

029-838-6451（果樹連携調整役）

[NIFTS\\_inq@naro.affrc.go.jp](mailto:NIFTS_inq@naro.affrc.go.jp)





「農研機構」は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（通称）です。