



赤い王林も!? “青”りんごが赤くなる不思議 —眠りから覚めた遺伝子が果皮の色を変えるメカニズム—

千葉大学大学院園芸学研究院の齋藤 隆徳准教授、静岡県立農林環境専門職大学の森口 卓哉教授（当時、2024年3月定年退職）、弘前大学農学生命科学部の林田 大志助教らの共同研究グループは、**遺伝的に着色しない青りんごにも、赤くなる仕組みが備わっていること、またその“赤くなりやすさ”の遺伝的な仕組みが品種ごとに多様**であることを発見しました。本研究成果により、遺伝子組換えや薬剤なども使わずに色を変えることが可能であると判明したため、今後は“赤い”青りんごのような新たな商品開発や、未利用の遺伝子による新たな品種改良につながることを期待できます。

本研究成果は、国際学術誌 *Scientia Horticulturae* に2025年2月11日に掲載されました。

■ 研究の背景

りんごの果皮はアントシアニンとよばれる色素が蓄積することで赤く色づきます。またりんごの果皮にアントシアニンが蓄積するかどうかは遺伝的に決まっておらず、**MdMYB1-1 とよばれる遺伝子を両親のいずれかから受け継ぐことで赤いりんごになります。**一方で **MdMYB1-2 や MdMYB1-3** といったその他の対立遺伝子^{注1}しか持たない場合に青りんごになります（図1）。しかし **MdMYB1-1** を持たないとされる‘陸奥’や‘弘大みさき’のように、**遺伝的には青りんごであるはずの一部の品種は、幼果のときに果実袋をつけて暗黒下で栽培し、収穫期の直前に太陽光を当てると赤くなる**ことが以前から知られていました。

しかしこの現象が生じるメカニズムと、‘陸奥’や‘弘大みさき’以外の青りんご品種でもこの現象が生じるのかについては未解明でした。

■ 研究の成果

今回の研究では、はじめに‘陸奥’や‘弘大みさき’を含む様々な青りんごの品種の果実袋への反応性を比べました。その結果、‘陸奥’や‘弘大みさき’ほどではないものの、‘王林’や‘金星’といった品種でも赤くなることが分かりました（図2）。一方で‘ゴールデンデリシャス’や‘とき’といった品種では、わずかに赤くなるものの、‘陸奥’や‘弘大みさき’のように鮮やかに色づきませんでした。このことから果実袋により果皮が赤くなる可能性があるものの、その反応性は**品種によって異なる**ことがわかりました。

さらに今回の研究では、本来は発現をしないはずの **MdMYB1-2 や MdMYB1-3** が発現することも確かめること

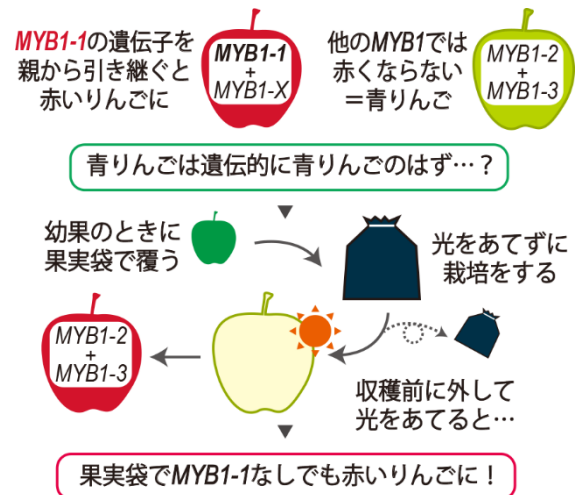


図1. 今回の研究背景の概略図

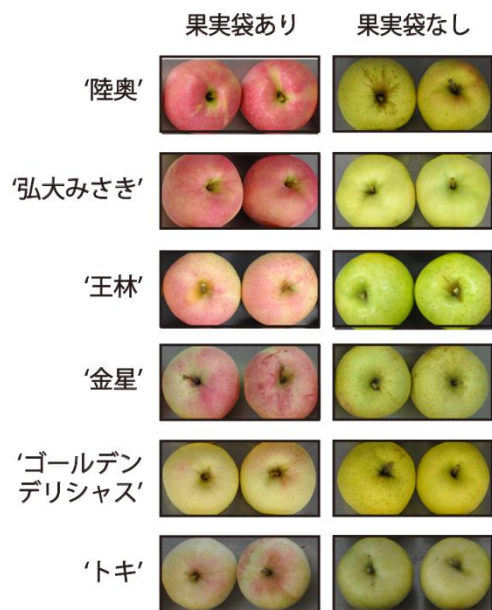


図2. 青りんご品種ごとの果実袋に対する反応性の違い
(論文より一部を抜粋・改変)

ができ、青りんごにも赤くなる仕組みが本来は備わっていることも明らかにしました。これは *MdMYB1-1* を持っていないか、眠った状態の *MdMYB1-2* や *MdMYB1-3* のスイッチが果実袋によって ON になることで赤く色づくことを示しています。

しかし、この現象は突然変異のように DNA 情報が変化するわけではないため、どのように眠った状態の *MdMYB1-2* や *MdMYB1-3* のスイッチが ON になるのか、という新たな疑問が生まれました。そこで DNA の化学構造の変化である、メチル化^{注2)}を調べたところ、*MdMYB1-2* や *MdMYB1-3* の DNA の一部で、果実袋により DNA のメチル化が低下 (図3) することで、*MdMYB1-2* や *MdMYB1-3* 遺伝子が目覚めることを‘陸奥’で発見しました。

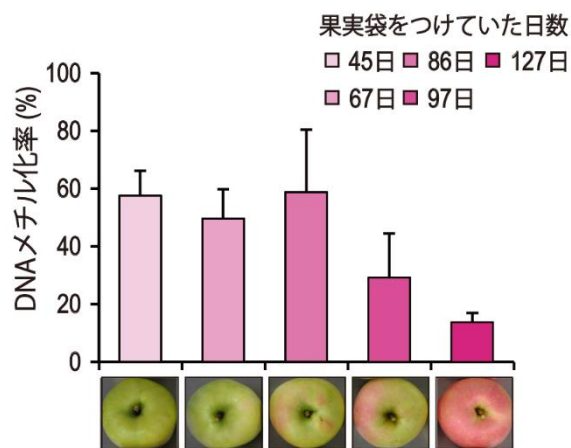


図3. 果実袋をつけていた日数、果皮の色とDNAのメチル化 (*MYB1-2/1-3*の転写調節領域内)の関係 (論文より一部を抜粋・改変)

■ 今後の展望

これまで果実袋によって青りんごが赤くなることは知られていましたが、**品種ごとの“赤くなりやすさ”の違いを明らかにしたのは世界で初めての**成果です。また遺伝子組換えや薬剤に頼らずに、役に立っていないと思われてきた遺伝子を目覚めさせるメカニズムを DNA レベルで明らかにしました。ただしこのメカニズムは‘陸奥’でのみ特定されたもので、今後は『品種を超えて青りんごが色づくスイッチがあるのか?』という問題が残されています。これらを解明することで、眠っているとみなされて、その役割が見過ごされてきた遺伝子の活用による、新たな赤いりんご品種の開発が期待されます。

■ 用語解説

注1) 対立遺伝子：遺伝子の多くは父親と母親に由来する一対の組み合わせとなっている。この対となる遺伝子セットのそれぞれを対立遺伝子と呼ぶ

注2) DNA のメチル化：ゲノム DNA を構成する4つの塩基のうち、シトシンがメチル化されると DNA 情報がうまく読み取れず、一時的に遺伝子の発現が抑制される

■ 論文情報

論文タイトル：Enhanced red pigmentation in yellow/green apples via paper bagging treatment

著者情報：Takanori Saito* (責任著者), Taishi Hayashida, Saki Sato, Tomomichi Fujita, Naritsara Yatin, Yuki Fujisaku, Katsuya Ohkawa, Takaya Moriguchi

DOI: 10.1016/j.scienta.2025.113993

雑誌名：Scientia Horticulturae

本件に関するお問い合わせ

<研究に関するお問い合わせ>

千葉大学 大学院園芸学研究院 准教授 齋藤 隆徳

E-mail : takanori_saito@chiba-u.jp

<広報に関するお問い合わせ>

千葉大学 広報室

TEL : 043-290-2018 E-mail : koho-press@chiba-u.jp

静岡県立農林環境専門職大学 教務課

TEL : 0538-31-7906 E-mail : noukandaikyomu@pref.shizuoka.lg.jp

弘前大学農学生命科学部附属生物共生教育研究センター 藤崎農場

助教 林田 大志

TEL : 0172-75-3026 E-mail : hayashida@hirosaki-u.ac.jp