

### タマネギ機能性成分フラボノイドの生産制御因子と関連染色体を特定

- 近縁種シャロットがもつフラボノイド高含有性をネギに導入することで  
 新規の機能性・ストレス耐性品種育成を目指す -

#### 【発表のポイント】

- 国連が提唱する Sustainable Development Goals (SDGs : 持続可能な開発目標) 中の能力目標 3 [保健]では、「あらゆる年齢のすべての人々の健康的な生活を確保し、福祉を推進する。」ことが謳われている。特に我が国では、2030年に人口の約1/3が高齢者になると予測され、動脈硬化性疾患、血管疾患、神経変性疾患などの加齢関連疾患が増加すると考えられており、発症する前の段階で加齢に伴って起こる疾患を予防することが重要となる。また、SDGsの能力目標13[気候変動]の中で「気候変動及びその影響を軽減するための緊急対策を講じる」を提唱している。農業分野では、温暖化が進行する中でも、各種の生物的また非生物的ストレスに曝された状況でも健全に生育できる品種の育成が求められる。
- 葉鞘基部のフラボノイドについて低生産性のネギと高生産性のシャロット\*<sup>1</sup> (図1)の掛け合わせから得られた単一異種染色体添加系統シリーズ\*<sup>2</sup> (図3) (以下、添加系統シリーズ)を用い、上記の健康機能性や各種ストレス耐性に関与する生合成経路中の代謝産物であるフラボノイドについて、葉鞘基部での生産性が低いネギと高いシャロットの掛け合わせから得られた単一異種染色体添加系統シリーズを用いて代謝物生産と遺伝子発現を網羅的に比較解析した結果、フラボノイド生産に強く関与する染色体と遺伝子を特定した。
- 本研究成果はヒトの健康機能性や植物体のストレス耐性を併せ持つ新たな品種育成に貢献することが期待され、この様なネギ品種が育成されると、SDGsの上記の能力目標達成へ貢献できる可能性がある。

#### 【概要】

山口大学大学院創成科学研究科(農学系学域)の執行正義教授のグループは、理化学研究所環境資源科学研究センターの平井優美チームリーダーと澤田有司研究員、東北大学大学院生命科学研究所の佐藤修正准教授、かずさDNA研究所ゲノム情報解析施設の平川英樹施設長、東京農業大学の峯洋子教授、田中啓介研究員との共同研究により、フラボノイド低含有性のネギと高含有性を有する近縁種シャロットの掛け合わせから得られた添加系統シリーズを用いて健康機能性や各種ストレス耐性に関与するフラボノイド生合成経路中の代謝物生産と遺伝子発現を網羅的に比較解析しました。その結果、フラボノイド生産に強く関与する染色体と遺伝子を特定しました。本研究成果は、2019年3月5日付で国際科学雑誌SCIENTIFIC REPORTS電子版に掲載されました。本研究は、日本学術振興会科学研究費助成事業および東京農業大学生物資源ゲノム解析センターのサポートを受けて行われました。

#### 【詳細な説明】

フラボノイドとは、植物によって合成される多数のポリフェノール化合物の総称です。特に、赤タマネギでは、鱗葉球の可食部にフラボノール類であるケルセチン配糖体やアントシアニン類であるシアニン配糖体を多く含有しており、これらに着目した成分育種が行われて機能性品種が開発されています。一方で、ネギの近縁種には香辛野菜として知られるシャロット(図1)があり、シャロットも様々なフラボノイド化合物を有することが外観からも容易に想像できます。シャロットはネギと交雑できるため、我々はシャロット由来の異種遺伝子を利用してネギのフラボノイド生産能を高める研究を進めています。すなわち、シャロットの第5染色体を添加すること(図2)でネギにフラボノイド高含有性を付与することができ、同染色体上にフラボノイド生産に関与する遺伝子が存在することがわかっています。本研究では、第1染色体~第8染色体をそれぞれネギに添加した系統シリーズ(図3)のフラボノイド生産能を検証するとともに、ネギ葉鞘部の着色に関わるフラボノール類、フラボン類およびアントシアニン類の生合成に関与する遺伝子群を網羅的に比較解析することにより、シャロットの鱗葉球着色に関与すると考えられる遺伝子群の特定を試みました。

その結果、シャロット由来の第5染色体を添加することでネギのフラボノイド生産の様相が、

特に葉鞘部において質的・量的に改変され、着色性が導かれていることがわかりました。例えば、第5染色体を添加にしたネギの葉鞘部では、luteolin-4'-O-glucoside、quercetin-4'-glucoside、quercetin 3-galactoside、quercetin-3,4'-O-di-beta-glucopyranoside/quercetin-3,4'-diglucoside、petunidin 3-O-glucoside の含量がシャロットと同様にネギや他の添加系統より有意に増加していました。また、フラボノイド生合成遺伝子に着目し、遺伝子発現量を単一異種染色体添加系統シリーズで比較解析したところ、dihydroflavonol 4-reductase、chalcone synthase、flavanone 3-hydroxylase、UDP-glucose flavonoid-3-O-glucosyltransferase、anthocyanin 5-aromatic acyltransferase-like、pleiotropic drug resistance-like ATP binding cassette transporter、MYB14 転写調節因子等からなるフラボノイド含量を上方修正する遺伝子が特定できました（図4）。なお、本解析により得られた遺伝子の配列や発現に関する情報は Allium TDB (<http://alliumtdb.kazusa.or.jp>) から公開しています。

本研究成果はネギ葉鞘部着色の分子機構の解明に繋がるとともに、着色性品種作出に用いる選抜用 DNA マーカーの開発が期待されます。ネギで着色性品種が育成できれば、現在利用されているネギ品種に健康機能性という付加価値により単価上昇ができるだけでなく、各種ストレス被害の回避で収量増加が可能になり、国産ネギの労働生産性を改善できます。

### 【謝 辞】

本研究は、以下のサポートを受けて実施いたしました。ここに記して御礼を申し上げます。

- ・平成26～28年度 日本学術振興会科学研究費 基盤（B）ネギ属バイオリソースを用いたオミクス統合解析のタマネギ育種への応用（研究課題番号：26292020）
- ・平成26年度後期 東京農業大学生物資源ゲノム解析センター共同研究

### 【用語説明】

\*1 シャロット：東南アジアでよく栽培されているサイズの小さなタマネギ。暑さに強く、強健だが、国内生産はされていない。

\*2 単一異種染色体添加系統シリーズ：シャロット由来の8種類の染色体をそれぞれ1本ずつ添加した一連のネギ系統。



図1 シャロット



図2 ネギ（左）にシャロット第5染色体を添加した系統（真ん中、右）

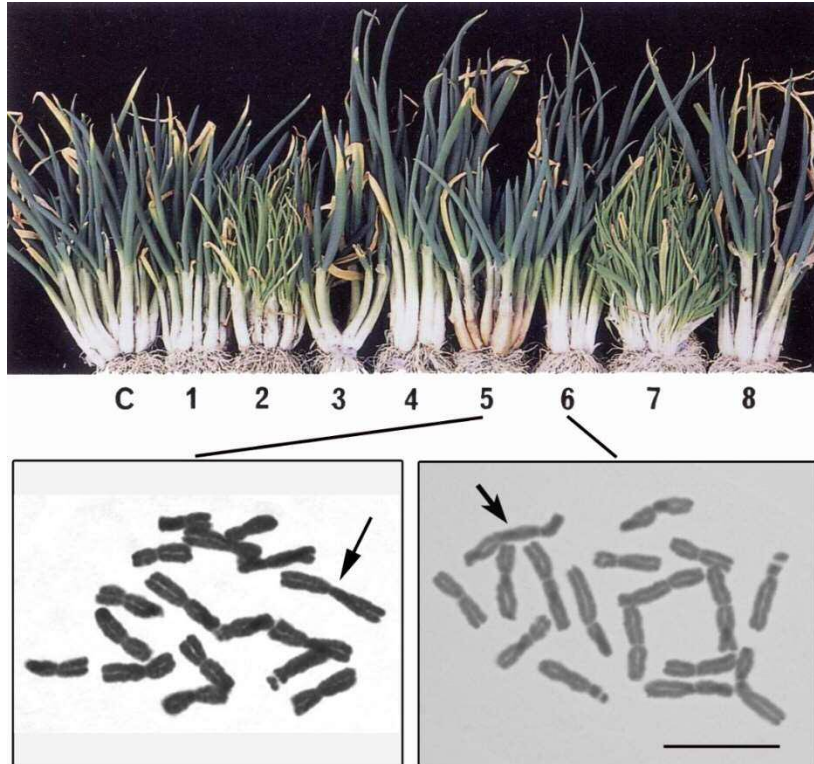


図3 シャロット由来の8種類の単一異種染色体をそれぞれもつネギ系統シリーズの形態と染色体像

Cは対象植物のネギを表し、1から8は添加されたシャロットの第1染色体から第8染色体を表す。染色体像は第5染色体添加型と第6染色体添加型のみ示す。矢印は添加染色体を表す。Bar=10  $\mu$ m

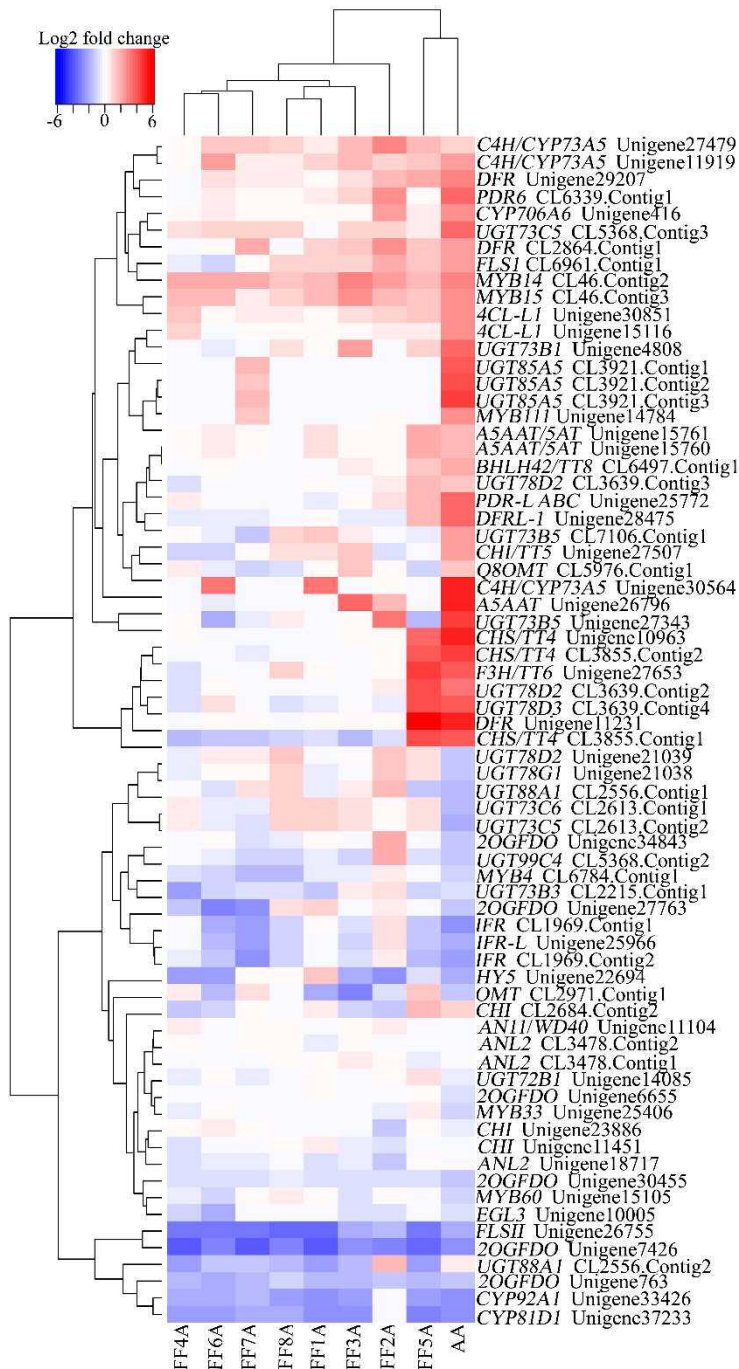


図4 添加系統シリーズにおけるフラボノイド生合成遺伝子の発現量を示すヒートマップ  
右から、シャロット (AA)、シャロット第5染色体を添加したネギ系統 (FF5A)、その他の系統 (FF2A 等7種類) のネギに対する相対遺伝子発現量を示す。縦方向に並ぶ多数の遺伝子について赤くなっているものは発現量が極めて多くなっていることが示されている。

【論文題目】

題目: Widely targeted metabolome and transcriptome landscapes of *Allium fistulosum*-*A. cepa* chromosome addition lines revealed a flavonoid hot spot on chromosome 5A

著者: Mostafa Abdelrahman, Sho Hirata, Yuji Sawada, Masami Yokota Hirai, Shusei Sato, Hideki Hirakawa, Yoko Mine, Keisuke Tanaka, Masayoshi Shigyo

雑誌: SCIENTIFIC REPORTS

DOI: 10.1038/s41598-019-39856-1

URL: www.nature.com/articles/s41598-019-39856-1