



北海道大学
HOKKAIDO UNIVERSITY



東海国立
大学機構



名古屋大学

2024年2月1日

甲殻類と植物の細胞壁由来のオリゴ糖を用いた バイオスティミュラント(植物成長や免疫の活性化資材)を製品化 - 産学連携研究の成果 -

自然界の植物は、細胞が壊れたときに放出される細胞壁由来のオリゴ糖^{注1)}を「体が傷ついた指標」として認識します。また植物の病原菌には甲殻類由来のオリゴ糖と同じ成分が含まれていることから、植物が甲殻類オリゴ糖を認識すると、「免疫力」を高める遺伝子が活性化されます。北海道大学、名古屋大学などの研究グループは、オリゴ糖の効率的な合成法の開発、植物へのオリゴ糖の作用や認識機構の解析を行いました。これらの知見を生かして開発されたバイオスティミュラント^{注2)}資材が、株式会社レゾナックより製品化されました。

【本研究のポイント】

- ・触媒^{注3)}とメカノケミカル法^{注4)}を組み合わせることでオリゴ糖の効率的合成法を開発した。
- ・植物の細胞壁由来のオリゴ糖を植物が認識する機構を解明した。また植物由来オリゴ糖と甲殻類由来オリゴ糖の混合物を処理することで、植物の成長や免疫力を向上する遺伝子が活性化されることを示した。

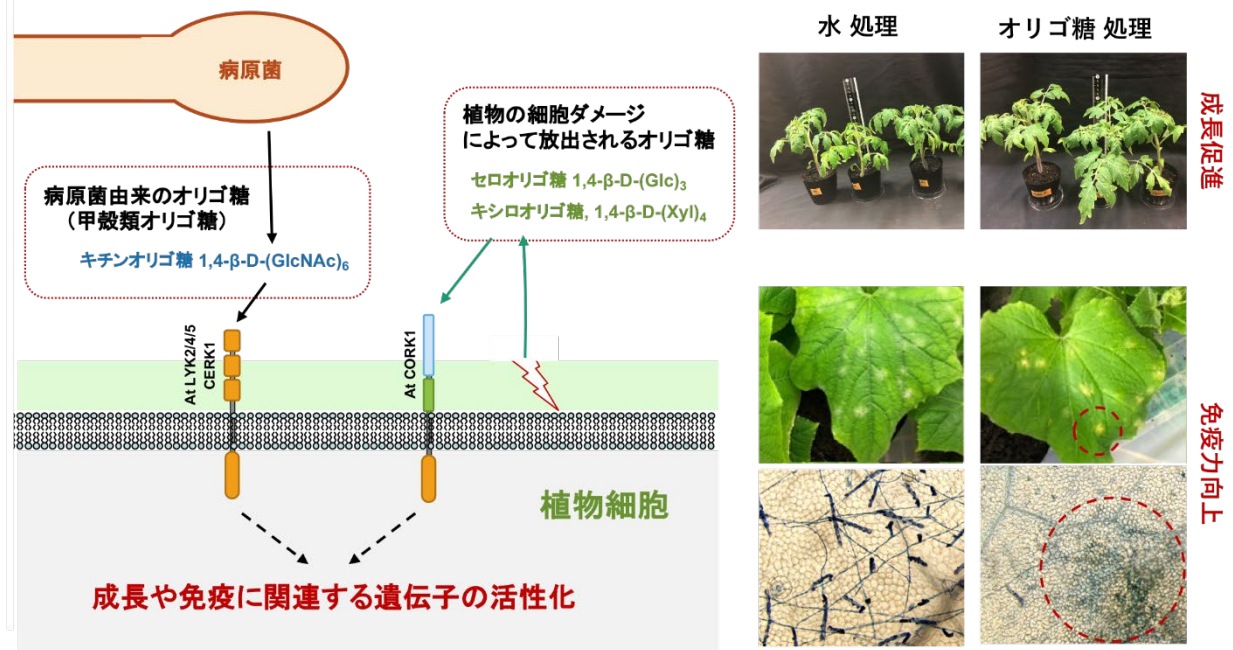
【研究概要】

北海道大学触媒科学研究所の福岡 淳 教授、シュロトリ アビジット 助教、北海道大学大学院理学研究院の佐藤 長緒 准教授、高木 純平 助教、名古屋大学大学院生命農学研究科の竹本 大吾 教授、スレイニッチ プリング 博士前期課程学生らの研究グループは、株式会社レゾナックとの共同研究により、甲殻類および植物から水溶性オリゴ糖を選択的に合成する方法を確立し、それらオリゴ糖の混合物を植物に与えることで、植物の成長や免疫力を促進することを見出しました。

これらの研究成果を背景に、株式会社レゾナックより、バイオスティミュラント資材が製品化されました。

関連する研究成果は、これまでに国際科学雑誌「ChemSusChem」、「Angew. Chem. Int. Ed.」、「Physiologia Plantarum」誌などに掲載されています。

Press Release



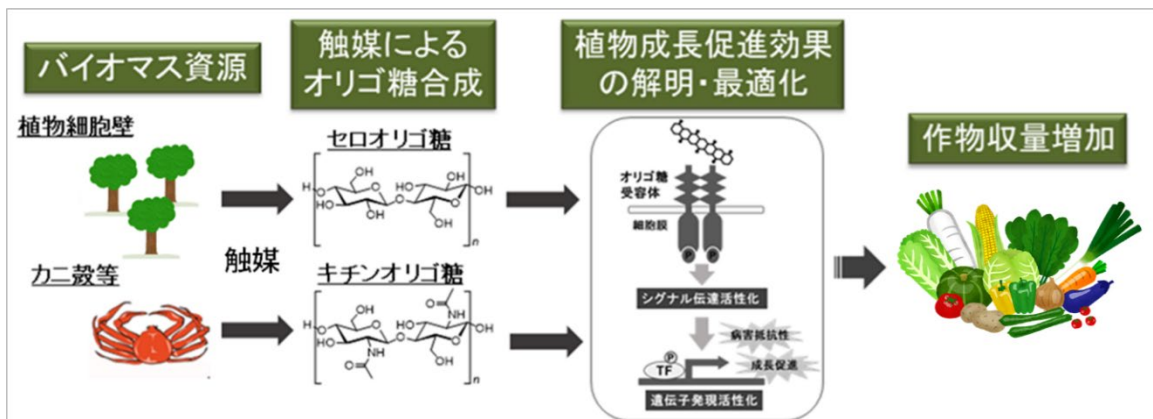
【研究背景】

- ・陸上で最も豊富なバイオマスであるセルロース(植物細胞壁成分)と、最大の海洋バイオマスであるキチン(甲殻類成分)は資源として魅力的です。これらバイオマス資源からオリゴ糖を選択的に合成しバイオスティミュラントとしての利用が可能になれば、環境負荷の低い農業の実現につながります。しかし、セルロースとキチンは難分解性であり、解重合してオリゴ糖に変換することは極めて困難でした。
- ・セルロースやキチン由来のオリゴ糖が植物の生育促進や免疫力向上に作用する可能性は示唆されていましたが、その効果や作用機序の詳細は明らかになっていませんでした。

【研究内容】

北海道大学の福岡教授・シュロトリ助教の研究グループは、地球上に豊富にあるものの分解が難しいセルロースとキチンを資源として利用するために、触媒による解重合法を検討してきました。さらに、セルロースとキチンをオリゴ糖に変換する触媒と反応法を見出しました。

- ・酸性点をもつ触媒とボールミル粉碎とを組み合わせることで、結晶性で分解が困難なセルロースとキチンから温和な条件で水溶性のセロオリゴ糖^{注5)}・キチンオリゴ糖^{注6)}(3~6量体)を選択的に合成することに成功しました(下図)。触媒としては、弱酸点をもつ炭素系材料、硫酸、リン酸などを用いることができます。触媒反応法を工夫することで、オリゴ糖収率を高めることも可能となります。



北海道大学の佐藤准教授・高木助教の研究グループは、モデル植物であるシロイヌナズナを用いた検討で、オリゴ糖処理は土壌からの窒素栄養源吸収を促進する遺伝子の発現を増加させ、窒素栄養獲得効率を上げることで植物の成長を促進する可能性を示しました。

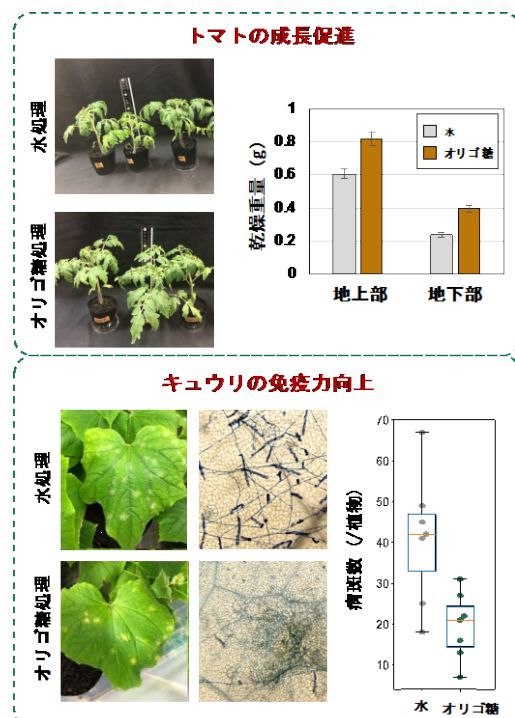
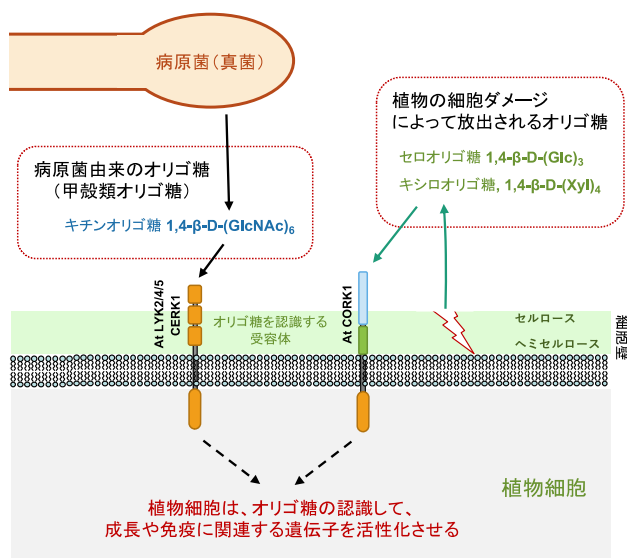
・シロイヌナズナを用いた遺伝子発現解析の結果、オリゴ糖処理により、土壌からの窒素栄養源(硝酸イオン)吸収を促進するトランスポーター^{注7)}遺伝子の発現が増加することが分かりました。この遺伝子には側根形成を促進する作用も見つかっており、これによりオリゴ糖が植物の窒素栄養獲得効率を上げることで、植物の成長を促進する可能性が示されました。

名古屋大学の竹本教授らの研究グループは、植物および甲殻類由来のオリゴ糖を混合処理した際の植物の免疫応答や活性化される遺伝子の網羅的解析を行いました。また植物由来オリゴ糖を植物が認識する機構の解明に取り組みました。さらに、オリゴ糖の処理が、トマトやキュウリなどの病原菌抵抗性や生育へ及ぼす効果を調査しました。

・植物細胞壁由来の2種類のオリゴ糖(セロオリゴ糖、キシロオリゴ糖^{注8)})と甲殻類外骨格由来のキチンオリゴ糖の混合物を植物に処理した際に活性化される遺伝子の網羅的な解析の結果、病害抵抗性や根の発達に関わる多数の遺伝子が活性化されることが示されました。

・セロオリゴ糖とキシロオリゴ糖を認識する機構の解明に取り組み、モデル植物であるシロイヌナズナを用いて、オリゴ糖を認識出来ない変異株から、受容体^{注9)}遺伝子を特定しました。また、活性の最も高いオリゴ糖の鎖長を明らかにしました(左下図)。

・これらオリゴ糖の処理が、トマトやキュウリの生育や免疫力に及ぼす効果を調査しました。その結果、オリゴ糖混合物の処理が、植物の地上部および地下部の成長促進や病原菌へ



の抵抗性を向上させる効果があることが示されました(右上図)。

以上の研究成果を背景に、株式会社レゾナックより、バイオスティミュラント資材として製品化されました。

【成果の意義】

北海道大学、名古屋大学などと株式会社レゾナックの共同研究により、これまで活用が難しかったセルロースとキチンを資源として利用する効率的合成法が確立され、さらに得られたオリゴ糖により植物の成長や病害抵抗性が活性化される機構の一端が解明されました。

これらの研究成果をもとに開発されたバイオスティミュラント資材は、植物が本来持っている成長力や免疫力を活性化する効果が期待されます。また本資材の有効成分は、自然界に広く分布する物質であるため、本バイオスティミュラント資材の農業利用は環境負荷がほとんどないと考えられます。

【用語説明】

注 1)オリゴ糖:

糖類のうち、最小単位である単糖が 2-10 個程度結びついたもの。

注 2)バイオスティミュラント:

生物(Bio)を刺激する(Stimulate)資材のこと。植物を刺激して本来持っている有益な能力を引き出すことを目的として用いる。

注 3)触媒:

それ自身は消費されず少量で化学反応を促進する物質。

注 4)メカノケミカル法:

固体物質に粉碎などの機械的力を加えることで、その物質の物理化学的性質に変化を引き起こす方法。

注 5)セロオリゴ糖:

グルコース分子が β 1,4 結合でつながったオリゴ糖。植物の細胞壁の主成分であるセルロースの主成分。

注 6)キチンオリゴ糖:

N-アセチルグルコサミン分子が β 1,4 結合でつながったオリゴ糖。甲殻類の外骨格や真菌の細胞壁の構成成分であるキチンの主成分。

注 7)トランスポーター:

細胞において、生体膜を通して物質の輸送をするタンパク質。植物は、根の細胞膜に存在する硝酸イオントランスポーターを介して、土壌からの効率的な硝酸イオン吸収を行う。

注 8)キシロオリゴ糖:

キシロース分子が β 1,4 結合でつながったオリゴ糖。植物の細胞壁の構成成分であるヘミセルロースの主成分。

注 9)受容体:

細胞の表面で、外界の刺激を受容するタンパク質。セロオリゴ糖、キシロオリゴ糖の受容体は、その構造から植物細胞がオリゴ糖と接した際に細胞内のリン酸化を活性化して、その情報を細胞内の核に伝えることで免疫関連の遺伝子発現を活性化していると考えられる。

【論文および学会発表情報】

雑誌名: ChemSusChem

論文タイトル: Catalytic Depolymerization of Chitin with Retention of *N*-Acetyl Group

著者: Yabushita M, Kobayashi H, Kuroki K, Ito S, Fukuoka A

DOI: 10.1002/cssc.201501224

URL: <https://chemistry-europe.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cssc.201501224>

雑誌名: ChemSusChem

論文タイトル: Soluble Cello-Oligosaccharides Produced by Carbon-Catalyzed Hydrolysis of Cellulose.

著者: Chen P, Shrotri A, Fukuoka A.

DOI: 10.1002/cssc.201900800

URL: <https://chemistry-europe.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cssc.201900800>

雑誌名: Angewandte Chemie International Edition

論文タイトル: Selective Synthesis of Oligosaccharides by Mechanochemical Hydrolysis of Chitin over a Carbon-Based Catalyst

著者: Kobayashi H, Suzuki Y, Sagawa T, Saito M, Fukuoka A.

DOI: 10.1002/anie.202214229

URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/anie.202214229>

雑誌名: Physiologia Plantarum

論文タイトル: Induction of Plant Disease Resistance by Mixed Oligosaccharide Elicitors Prepared from Plant Cell Wall and Crustacean Shells.

著者: Pring S, Kato H, Imano S, Camagna M, Tanaka A, Kimoto H, Chen P, Shrotri A, Kobayashi H, Fukuoka A, Saito M, Suzuki T, Terauchi R, Sato I, Chiba S, Takemoto D.

DOI: 10.1111/ppl.14052

URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ppl.14052>

Press Release

学会発表:第 35 回日本植物細胞分子生物学会

タイトル:糖シグナルによる植物の栄養成長と病原体抵抗性のトレードオフ制御機構

著者 佐藤 長緒, Xingwen Li, 山口淳二

学会発表:令和 5 年度日本植物病理学会(関西部会)

タイトル: DAMPs Derived from Plant Cell Wall, Cello- and Xylo-oligosaccharides, are Recognized by a Common Mechanism via Arabidopsis LRR-malectin Receptor Kinase CORK1.

著者: Pring S, Kato H, Camagna M, Tanaka A, Terauchi R, Sato I, Chiba S, Takemoto D

【研究者連絡先】

北海道大学触媒科学研究所

教授 福岡 淳(ふくおか あつし)

TEL:011-706-9140 FAX:011-706-9139

E-mail:fukuoka@cat.hokudai.ac.jp

東海国立大学機構 名古屋大学大学院生命農学研究科

教授 竹本 大吾(たけもと だいご)

TEL:052-789-4029, 090-4264-4192 FAX:052-789-5525

E-mail:dtakemo@agr.nagoya-u.ac.jp

【報道連絡先】

国立大学法人北海道大学

社会共創部広報課 広報・渉外担当

TEL:011-706-2610 FAX:011-706-2092

E-mail:jp-press@general.hokudai.ac.jp

東海国立大学機構 名古屋大学広報課

TEL:052-558-9735 FAX:052-788-6272

E-mail:nu_research@t.mail.nagoya-u.ac.jp