

日本農芸化学会関西支部

第 536 回講演会

講演要旨集

令和 7 年(2025)年 7 月 11 日(金)

大阪公立大学(中百舌鳥キャンパス) 学術交流会館

日本農芸化学会関西支部



日本農芸化学会関西支部 第 536 回講演会

開会の辞(13:00-13:05)

谷森 紳治(大阪公立大学 大学院農学研究科教授)

【第 1 部】ミニシンポジウム(13:05-15:10)

「酵素改変が拓く未来の産業革新」

世話人代表 西村 重徳(阪公大院・農)

1. 「産業利用を目指した微生物 β -アミラーゼの熱安定性と高温反応性の増強」

炭谷 順一(阪公大院・農)

2. 「セルロース系バイオマス分解に重要な酵素 β -グルコシダーゼの耐熱化とその結晶構造解析」

松崎 千秋(石川県大・資源研)

3. 「Understanding Rare Sugar Biosynthesis and the Role of Key Enzymes」

Pashpa Kiran Gullapalli(松谷化学工業株式会社)

休憩(15:10-15:25)

【第 2 部】一般講演(15:25-16:35)

[発表時間 10 分: 質疑応答 3 分: 交代 1 分] *印は優秀発表賞対象講演

*1. 分泌シグナル配列とアルブミン融合タンパク質発現量の相関解析

○東 莉子、小森美月、藤枝伸宇、森田能次(阪公大院・農)

*2. ユーグレナの炭素代謝制御による脂質・コハク酸同時生産法の開発

○大石陸人、片山竜之介、上田光宏、阪本龍司、中澤昌美(阪公大院・農)

*3. 噴霧乾燥によるアルロースの非晶質化と賦形剤比率が粉末特性に与える影響

○出島夏海、高重至成、渡邊義之(阪公大院・農)

*4. *Collimonas fungivorans* Ter331 株が産生する細菌ポリイン collimonin 類の生合成研究

○久米琴音、片山直香、甲斐建次(阪公大院・農)

5. 乳脂肪球膜タンパク質ブチロフィリン 1A1 への曝露と腸管上皮細胞の炎症反応

○石田みのり、加藤幹也、宮地陽平、谷 史人(京大院・農)

・ 休憩/優秀発表賞の投票・集計(16:35-16:50)

【第 3 部】受賞講演(16:50-17:20)

農芸化学技術賞

「ロコモティブシンドローム対策を目指したロコモアの開発研究」

出雲 貴幸(サントリーウエルネス株式会社)

優秀発表賞(支部長推薦)・優秀発表賞(賛助企業推薦)表彰式(17:20-17:25)

JSBBA KANSAI Student Committee からの案内(17:25-17:30)

次回中四国・関西・西日本 3 支部合同大会アナウンスおよび閉会の辞(17:30-17:35)

関西支部長 谷 史人

懇親会(17:40-18:40)

ミニシンポジウム

酵素改変が拓く未来の産業革新

産業利用を目指した微生物 β -アミラーゼの熱安定性と高温反応性の増強

炭谷 順一（阪公大院・農）

β -アミラーゼはデンプンを非還元末端からマルトース単位に加水分解する酵素であり、マルトース製造および食品加工に利用されている。現在、工業的なマルトース生産において植物由来酵素が多く使用されているが、穀物価格が高騰傾向にあることから安定供給が可能である微生物由来 β -アミラーゼの獲得が望まれている。さらにマルトース製造におけるデンプンの糖化处理が高温下において行われることから、高温条件でも活性を保持できる酵素の獲得が望まれている。そこで、本研究では土壌を分離源として耐熱性 β -アミラーゼ生産菌を単離し、酵素の諸性質検討と X 線結晶構造解析によって熱安定性を決定する構造的要因について知見を得るとともに、それらの情報を基に設計した変異酵素を評価することで、産業応用に資する β -アミラーゼを創製することを目指した。

【耐熱性 β -アミラーゼ生産菌の単離と酵素の諸性質】

土壌を分離源として単離した好熱性デンプン資化菌のうち No. 58 株の培養上清は反応初期からマルトースのみを生産し、高い熱安定性を示すことが判明した。可溶性デンプンの分解に伴う生成還元糖量とヨウ素デンプン反応における青価との関係が既存の β -アミラーゼのものと一致したことから、培養上清中に含まれるアミラーゼが β -アミラーゼであることが強く示唆された。16S rRNA 遺伝子配列から本菌株を *Bacillus halosaccharovorans* と同定し、N 末端アミノ酸配列の情報を基に本酵素遺伝子をクローニングした。配列解析を行った結果、本酵素は N 末端側に GH14 に属する触媒ドメイン、C 末端側には CBM20 に分類されるデンプン結合ドメインを有することが明らかになった。*Brevibacillus* を宿主として本酵素遺伝子を発現させたところ酵素の高い生産性が確認できた。得られた培養上清を用いて酵素を精製し、諸性質の検討を行った。温度安定性は 60°C、1 時間の処理で 95%以上の残存活性を保持し、市販品酵素の中で熱安定性が高いとされているダイズ由来酵素よりも安定性に優れていた。また産業利用を考慮して高温条件で生デンプン分解を調べた。本酵素をコムギ由来デンプンを基質として 65°C で 8 時間反応させた際の分解率は植物由来酵素では 0%であったが、本酵素は 54%であったことから高い生デンプン分解活性を有することが明らかとなった。本酵素の高い熱安定性に関与する構造的要因を明らかにするため、X 線結晶構造解析を行った。その結果、1.8Å の解像度で立体構造の決定に成功し、本酵素が $(\beta/\alpha)_8$ バレル構造からなる触媒ドメインを有し、熱安定性の低い

Bacillus cereus var. *mycoides* 由来 β -アミラーゼ (identity : 52%) と非常に類似した立体構造であることが判明した。両者の構造の類似性から、No. 58 株由来酵素が有する熱安定性は微小な構造の違いに起因することが推察された。

【熱安定性および高温反応性が増強された変異酵素の取得】

部位特異的変異を導入し、本酵素の熱安定性をさらに向上させることで高温における反応性の増強を目指した。変異導入部位は PyMOL による立体構造の観察と FireProt (耐熱性タンパク質の自動設計を行う Web プログラム) により決定し、88 ヲ所に対して合計 136 種類の変異酵素を設計し作製した。得られた *Brevibacillus* 形質転換体の培養上清を用いて熱処理 (65°C, 1 時間) 後の残存活性を測定した結果、WT より熱安定性が明らかに向上した変異酵素が数種類得られた。得られた変異酵素の最適温度は 50°C で WT と変わらなかったが、65°C における生デンプン分解活性は得られた変異酵素において上昇した。

【構造安定性に要求される Ca^{2+} 非添加条件でも安定な変異酵素の取得】

本酵素は、穀物由来酵素とは異なり高い熱安定性を発揮するには Ca^{2+} の存在が必須である。そのため Ca^{2+} 非添加条件では熱安定性が低下することが問題となった。本酵素の X 線結晶構造解析の結果から 1 分子の Ca^{2+} が結合していること、 Ca^{2+} 結合部位は 5 アミノ酸 (E48, D52, N53, Q133, E136) で構成されることが分かった。 Ca^{2+} を介して E48, D52, N53 を含むループ構造と Q133, E136 を含む α ヘリックスをつなぎとめることで、高温条件下における熱変性に対する抵抗性を発揮する可能性が示唆された。そこで、酵素液中に Ca^{2+} を添加しない条件で本酵素の熱安定性向上を目指し、部位特異的変異導入を行い得られた変異酵素の性質について検討した。

まず、 Ca^{2+} 結合部位を構成するアミノ酸残基間に静電的相互作用を導入することで、 Ca^{2+} に依存しない相互作用の導入を試みた。その結果、四重変異酵素において WT と比較して僅かに 60°C における安定性が上昇したが、EDTA 添加によって安定性は大きく低下したため、 Ca^{2+} 非依存性にはなっていないことが明らかになった。次に、 Ca^{2+} がつなぎとめているループ構造と α ヘリックスについて他の部位との相互作用を増強することで、 Ca^{2+} 依存性を相対的に低下させ Ca^{2+} 非存在下での熱変性に対する抵抗性が獲得できる可能性を考え、ジスルフィド結合を導入した 3 種類の二重変異酵素を作製したところ、2 種類において Ca^{2+} 非添加条件において 60°C における安定性が上昇した。

今後、得られた変異酵素の変異部位を組み合わせることで、 Ca^{2+} 非存在下でも熱安定性や高温反応性に優れた変異酵素の獲得を目指して行く予定である。

セルロース系バイオマス分解に重要な酵素 β -グルコシダーゼの耐熱化とその結晶構造解析

松崎 千秋（石川県大・資源研）

【背景】

植物細胞壁の約 50%を占めるセルロースは、地球上でもっとも豊富に存在する難分解性のバイオマスである。この未利用バイオマスを汎用性の高い原料であるグルコースに変換する技術は持続可能な社会実現の鍵となる。有害な副産物を生成しない酵素糖化によって効率的にセルロースをグルコースに変換する技術の確立が期待されている。我々の研究室では酵素反応速度の速い高温で効率的にセルロースを分解する基盤技術の確立を目指しており、セルロース分解に関与する酵素の耐熱化に取り組んでいる。今回、酵素によるセルロース分解の最終段階で作用する、2～5 糖のセロオリゴ糖を分解する酵素 β -グルコシダーゼの耐熱化に成功したので報告する。

【耐熱化酵素の作製】

CAZy (Carbohydrate-Active enZymes) データベースにおける糖質加水分解酵素ファミリー3 に属する *Thermoascus aurantiacus* 由来 β -グルコシダーゼ TaBGLI (GenBank DQ114396) は、バイオマス分解で産業利用されている *Aspergillus aculeatus* 由来 β -グルコシダーゼ AaBgl1 (GenBank BAA10968.1) とアミノ酸配列の相同性が高く (71%)、ゆえに 2 糖セロビオースやセロオリゴ糖に対する高い活性を有している。この TaBGLI のランダム変異ライブラリーを構築して基質 *p*-ニトロフェニル β -D-グルコピラノシドに対する活性にて耐熱化変異体をスクリーニングした。得られた変異箇所に対してさらに部位特異的サチュレーション変異を導入し、最適化アミノ酸置換を同定した。最終的に 5 か所の耐熱化変異 T308S, K361R, D433N, M279V, N514C を見出し、単独変異酵素および 5 重変異酵素 (耐熱化酵素) を作製した。野生型酵素では 60.7°C であった T_m 値 (midpoint of thermal unfolding transition) は、5 重変異酵素では 9.2°C 上昇して 69.9°C となった (図 1)。

野生型酵素および 5 重変異酵素の X 線結晶構造解析 (PDB:8Y0L および 8Y0M) により、耐熱化変異は活性中心の周囲に位置することが明らかとなった (図 2)。disorder 領域にあった T308S 以外の 4 か所について、詳細な構造を比較した。K361R (ΔT_m 値=2.1°C) および D433N (ΔT_m 値=4.5°C) の変異では、タンパク質安定化因子の一つである水素結合が導入されていた。M279V (ΔT_m 値=1.9°C) および N514C (ΔT_m 値=2.6°C) の変異ではそれぞれ、疎水

性相互作用および水素結合が減少しており、野生型酵素において立体障害を引き起こしていた結合が取り除かれて安定化したと予想している。自由エネルギーの差の比較など、詳細な解析を試みる予定である。

【酵母発現系による耐熱化酵素生産】

Kluyveromyces marxianus は、菌体外に多量のイヌリナーゼを分泌する酵母である。この強力なプロモーター及び分泌シグナルを付加した *TaBGLI* 遺伝子を *K. marxianus* ゲノムへ導入し酵素を発現させ、糖鎖が付加した酵母発現 *TaBGLI* を作製した。酵母発現 5 重変異酵素の T_m 値は 82.0℃まで上昇した。酵母発現 *TaBGLI* を用いて耐熱性エンドグルカナーゼと共に 70℃でトウモロコシ茎葉由来の天然基質 GS-PCS (ground and sieved-pretreated corn stover) の分解を試みたところ、野生型酵素と比較して 5 重変異酵素のグルコース収率は 22%増加した (図 3)。セルロース系バイオマス分解に有用な酵素の耐熱化に成功したと考えている。

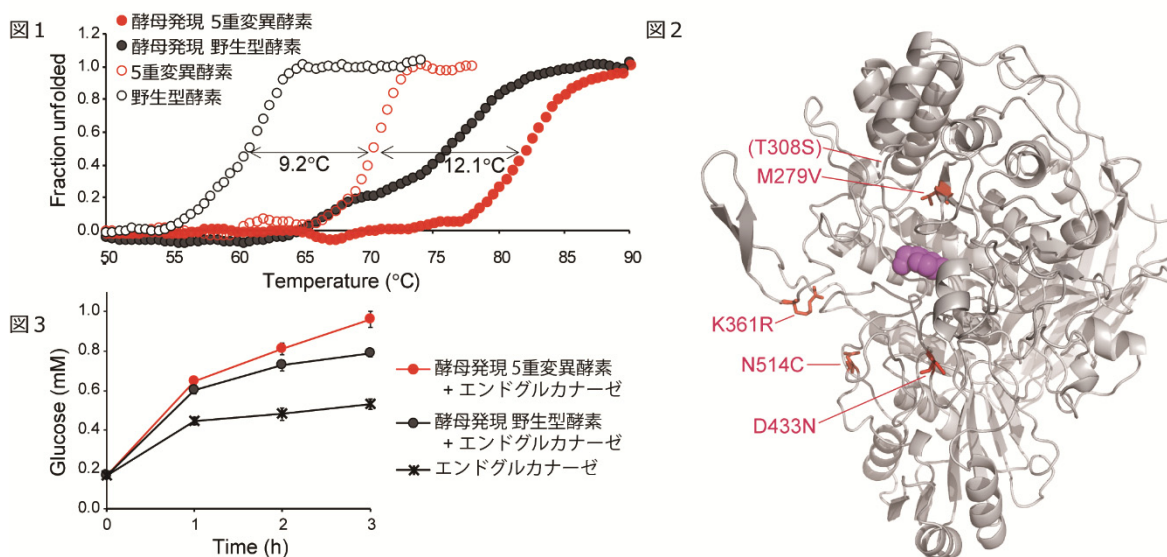


図 1 5 重変異酵素の熱変性曲線の中点温度 (T_m 値) は、野生型酵素より 9.2℃上昇し、酵母発現による糖鎖付加によってさらに 12.1℃上昇した。

図 2 5 重変異酵素の立体構造 (PDB:8Y0M)。耐熱化変異 (赤) は活性中心 (マゼンタ：基質 1-デオキシノジリマイシン) の周囲に位置していた。

図 3 酵母発現 5 重変異酵素を用いた場合、野生型酵素と比較して、トウモロコシ茎葉由来の天然基質 GS-PCS からのグルコース収率が 22%増加した。

参考文献

1. Matsuzaki C. et al. Proc. Jpn. Acad. Ser. B 101(3):177-195 (2025)
2. Matsuzaki C. et al. J. Biosci. Bioeng. 113(5): 604-607 (2012)

Understanding Rare Sugar Biosynthesis and the Role of Key Enzymes

Pushpa Kiran Gullapalli (R&D Center, Matsutani Chemical Industry Co., Ltd)

Abstract:

Rare sugars, which are monosaccharides found in limited quantities in nature, are gaining attention as valuable bioactive compounds due to their diverse applications in functional foods and pharmaceuticals. Their unique physiological properties, such as low caloric value and potential health benefits, have spurred interest in developing scalable production methods. Rare sugars can be synthesized via chemical, enzymatic and microbial methods. Among these, enzymatic biosynthesis is particularly notable for its high specificity, efficiency, and environmental sustainability. Key enzyme catalyzed reactions in rare sugar production include isomerization, epimerization, and oxidoreduction. These reactions enable the selective conversion of common sugars into rare sugar analogs.

Isomerization: D-allose can be synthesized from D-allulose through an isomerization reaction catalyzed by L-rhamnose isomerase. This reaction involves rearrangement of the carbonyl group within the sugar molecule without altering the molecular formula (Fig. 1).

Epimerization: D-allulose is commonly produced from D-fructose via epimerization¹. This reaction is catalyzed by D-allulose 3-epimerase, which alters the configuration at a single stereocenter (C-3 position) of the sugar molecule (Fig. 2).

Oxidoreduction: Although less frequently used, D-allulose can also be synthesized from allitol through oxidoreduction reaction. In this process, the enzyme ribitol dehydrogenase catalyzes the oxidation of sugar alcohol, facilitating the transfer of electrons to convert it into the corresponding ketose (Fig. 3).

D-allulose 3-epimerase is a key enzyme in the synthesis of D-allulose, a rare sugar gaining attention for its health and nutritional benefits. Advances in protein engineering have significantly improved the thermostability of this enzyme by leveraging insights from its amino acid sequence and structural modeling. These engineered variants exhibit robust catalytic activity under industrial conditions, making them ideal for large-scale D-allulose production^{2,3}. Comprehensive structural and functional analyses of D-allulose 3-epimerase have deepened our understanding of its substrate specificity, catalytic mechanism, and stability. These insights are crucial for further optimizing enzyme performance and expanding its use in diverse biotechnological applications.

In summary, integrating protein engineering with enzymatic optimization marks a significant advancement in rare sugar production. This strategy enhances the catalytic efficiency and stability of key enzyme D-allulose 3-epimerase, enabling manufacturing processes that are more efficient, scalable, and environmentally sustainable.

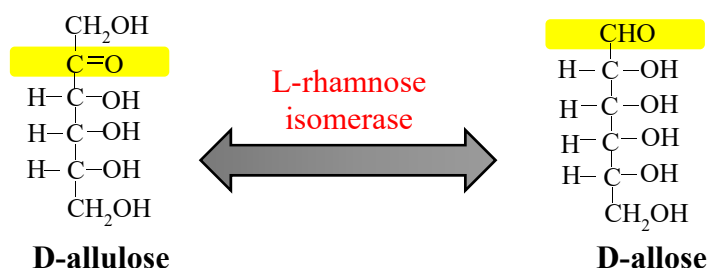


Fig.1 Schematic representation of D-allulose isomerization to D-allose

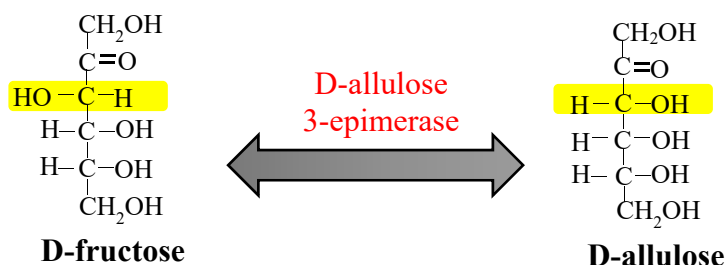


Fig.2 Schematic representation of D-fructose epimerization to D-allulose

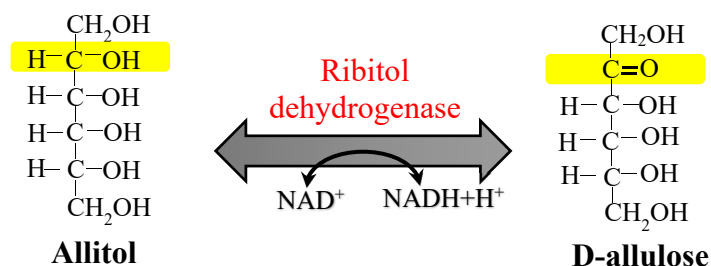


Fig.3 Schematic representation of allitol oxidation to D-allulose

References:

1. Yoshihara et al. (2017). Purification and characterization of D-allulose 3-epimerase from *Arthrobacter globiformis* M30. *J. Biosci. Bioeng*, 123, 170–176.
2. Ohtani et al. (2024). Construction of thermostable D-allulose 3-epimerase from *A. globiformis* M30 by protein engineering method. *J. Appl. Glycosci*, 71, 95–102.
3. Shimada et al. (2025). Construction of hyperthermostable D-allulose 3-epimerase from *Arthrobacter globiformis* M30 using the sequence information from *Arthrobacter psychrolactophilus*. *FEBS Open Bio*.

○ 演者プロフィール

名前：炭谷 順一 (**Jun-ichi Sumitani**)

連絡先：〒599-8531 大阪府堺市中区学園町 1-1

大阪公立大学大学院農学研究科生命機能化学専攻

E-mail address: sumitani@omu.ac.jp

略歴：

1989 年 3 月 大阪府立大学農学部農芸化学科卒業
1991 年 3 月 大阪府立大学大学院農学研究科博士前期課程修了
1991 年 4 月 東洋醸造株式会社ライフサイエンス研究所 入社
1992 年 1 月 会社合併により 旭化成工業株式会社診断薬事業部転属
1994 年 4 月 大阪府立大学農学部助手
2000 年 7 月 大阪府立大学大学院農学研究科講師
2008 年 4 月 大阪府立大学大学院生命環境科学研究科准教授
2022 年 4 月 大阪公立大学大学院農学研究科准教授
現在に至る

主な研究テーマ：微生物由来酵素に関する応用研究

今後の展望：産業応用可能な微生物酵素をひとつでも多く開発していきたい

名前：松崎 千秋 (**Chiaki Matsuzaki**)

連絡先：〒921-8836 石川県野々市市末松 1 丁目 308 番地

石川県立大学生物資源工学研究所

E-mail address: chiaki@ishikawa-pu.ac.jp

略歴：

1995 年 3 月 神戸大学農学部園芸農学科卒業
1997 年 3 月 神戸大学大学院自然科学研究科生物環境制御学専攻
博士前期課程修了
2012 年 3 月 石川県立大学大学院生物資源環境学研究科生物機能開発科学
専攻博士後期課程修了、博士（生物資源環境学）
2016 年 2 月 石川県立大学生物資源工学研究所助教
2020 年 4 月 石川県立大学生物資源工学研究所講師
2025 年 4 月 石川県立大学生物資源工学研究所准教授
現在に至る

主な研究テーマ：微生物酵素とその応用に関する研究。

今後の展望：微生物のもつ無限の可能性を一つでも多く解き明かし、産業応用へと結び付けたい。

Name: **Pushpa Kiran Gullapalli** 【プシュパ キラン グラッパリ】

Affiliation: Senior Researcher, Research & Development Center,
Matsutani Chemical Industry Co., Ltd, 5-3 Kita-Itami, Itami City,
Hyogo 664-8508, Japan.

E-mail address: pushpa-kiran-gullapalli@matsutani.co.jp

Educational & Professional Background:

Year: 2002, Master of Science in Biochemistry, Annamalai University, India.

Year: 2004, Master of Philosophy in Biochemistry, Annamalai University, India.

Year: 2006, Master of Science in Biochemistry & Food Science, Kagawa University.

Year: 2009, Doctor of Philosophy in Biotechnology, Ehime University.

Year: 2010, Researcher, Matsutani Chemical Industry Co., Ltd.

Year: 2017~Present, Senior Researcher, Matsutani Chemical Industry Co., Ltd.

Research Theme: Identifying innovative and economically viable methods for rare sugar production.

Future Prospects: Optimizing rare sugar production through advanced biotechnological techniques, and addressing regulatory requirements to ensure their safe and widespread application.

一般講演

*1

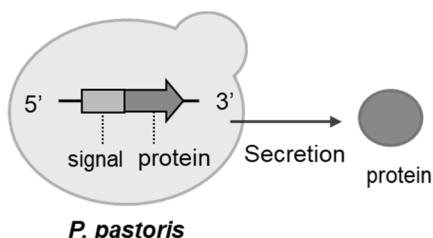
分泌シグナル配列とアルブミン融合タンパク質発現量の相関解析

○東莉子¹、小森美月¹、藤枝伸宇¹、森田能次¹

(¹ 阪公大院・農)

【目的】

近年、バイオテクノロジーの進歩に伴い、タンパク質を基盤とした医薬品の開発が加速している。しかしながら、これらの多くは血中半減期が短く、頻回の投与が必要となることが課題である。ヒト血清アルブミン(HSA)との融合は、血中



半減期の延長ならびに免疫学的安全性の向上に寄与することが知られており、HSA融合タンパク質の開発が注目されている。実用化に向けては、スクリーニングコストや生産効率の観点から、HSA融合タンパク質の高発現系の構築が求められる。

一方、ピキア酵母はジスルフィド結合を有するHSAの発現に適しており、 α -交配因子(MF)分泌シグナルを目的タンパク質のN末端側に組み込むことで、異種タンパク質の菌体外分泌が可能となる(上図)。その発現量は分泌シグナルの配列にも依存することが知られている。先行研究において、 α -MFシグナルの特定領域(57-70番目のアミノ酸)を欠損させることで、西洋わさびペルオキシダーゼ(HRP)の分泌が促進されることが報告されており¹⁾、最適なシグナル配列は発現させるタンパク質に依存することが示唆されている。本研究では、HSA融合タンパク質の分泌効率向上を目的として、 α -MF分泌シグナルに変異を導入し、分泌発現量への影響を検討した。

【方法・結果】

α -MF分泌シグナルに複数の変異を導入し、分泌発現量への影響を評価した。対象としたタンパク質は、HSA、緑色蛍光タンパク質の一種であるymUkG1、およびそれらの融合体(HSA-ymUkG1、ymUkG1-HSA)の4種類である。これらの融合タンパク質の発現系を構築し、 α -MF分泌シグナルの各領域を欠損させた8種類の変異導入を行い、分泌発現量を比較した。その結果、同一の変異シグナルであっても、タンパク質の種類や融合の順序により分泌量への影響が異なることが明らかとなった。また、すべてのタンパク質において共通して発現量を制御する変異シグナルも確認された。これらの結果は、分泌シグナルの影響がタンパク質の一次配列に加え、立体構造にも依存している可能性を示唆している。以上の結果から、HSA融合タンパク質の高効率分泌を実現する手段として、分泌シグナルへの変異導入は有望な手段であることが示された。

1) J. Lin-Cereghino *et al. Gene*. **2013**, 519, 311-317

*2

ユーグレナの炭素代謝制御による脂質・コハク酸同時生産法の開発

○大石陸人、片山竜之介、上田光宏、阪本龍司、中澤昌美

(阪公大院・農)

【目的】

真核光合成微生物である*Euglena gracilis* (ユーグレナ) は、嫌気下でワックスエステル (WE) を合成・蓄積する。ユーグレナ由来のWEは、化成品やバイオディーゼル燃料、バイオジェット燃料の原料として利用可能である。また、光合成によりCO₂を固定する能力や油糧植物に対する単位面積当たりの脂質収量の高さから、石油代替資源として注目されている。しかしながら、産業応用を見据えると、収量のさらなる向上と生産コストの削減が依然として課題である。そこで本研究では、代謝経路の改変により、WEと高付加価値物質の同時生産によるコスト効率の向上を目指した。中でも本研究では、化学品およびバイオプラスチックの原料として期待されるコハク酸に着目し、WE量を維持したまま、コハク酸の分泌量を高めることを目的とした。

【方法・結果】

まず、コハク酸を基質とする酵素で、奇数鎖WEの合成経路に存在するスクシニル-CoAシンテターゼ (SCS) のβサブユニットアイソザイム1 (SCSβ1) をノックアウトし、その影響を評価した。SCSβ1-KO株では、奇数鎖WEの量が減少する一方、偶数鎖WE量が2倍に増加し、結果として総WE量は減少しなかった。また、コハク酸の分泌量が2.8倍に増加し、リンゴ酸やフマル酸の分泌量も増加していた。これらの結果から、還元的TCA回路が有機酸の蓄積に寄与している可能性が示唆された。

次に、同様に還元的TCA回路に含まれるリンゴ酸の代謝に着目した。リンゴ酸からピルビン酸への変換を担うリンゴ酸酵素 (ME) はミトコンドリアに局在し、嫌気下での炭素代謝で機能することが示唆されてきた。本研究では、完全な機能障害は生育に影響を与える可能性があると考え、ME遺伝子の発現をRNA干渉 (RNAi) により抑制した。その結果、WE量およびWE組成はほとんど変化しなかったが、コハク酸分泌量はWTの5.3倍に増加した。

最後にSCSβ1-KO株に対してME遺伝子のRNAiを行い、組み合わせによる効果を検証した。その結果、WE量はほとんど変化しなかったが、コハク酸分泌量はSCSβ1-KO株の2.8倍に増加し、最大で約1000 mg/Lに達した。

これらのことより、本研究では、WE合成量を下げることなく、コハク酸の分泌量を高める代謝改変を実現できたと結論した。

*3

噴霧乾燥によるアルロースの非晶質化と賦形剤比率が 粉末特性に与える影響

○出島夏海、高重至成、渡邊義之

(阪公大院・農)

【目的】

希少糖であるアルロースは低カロリーであり、食後血糖値の上昇抑制や内臓脂肪の蓄積抑制など有益な生理作用を示すことが報告されており、シヨ糖の代替糖として注目されている。しかし、製造コストが高く、生産に時間がかかるといった課題があるため、安価かつ迅速な粉末化技術として噴霧乾燥法が提案されている。アルロースのような低いガラス転移温度 (T_g) を有する糖の噴霧乾燥による粉末化には、多糖やタンパク質などの賦形剤の添加が求められる。著者らの先行研究により、多糖系賦形剤として種々のマルトデキストリン (MD) を添加した場合、粉末の回収のためには70%以上の濃度でMDを添加する必要がある、タンパク質系賦形剤としてカゼインナトリウム (SC) を添加した場合には、MDと比較して低濃度で粉末が回収できるものの、溶解性の低下といった物性の悪化などが確認された。そこで本研究では、多糖系およびタンパク質系賦形剤を混合してアルロース含有噴霧乾燥粉末を作製し、2種の賦形剤の混合比率や乾燥条件が粉末の製造や特性に及ぼす影響について検討した。

【方法・結果】

固形分中のアルロース濃度を50%に固定し、多糖系賦形剤としてデキストロース当量値が11のMDおよびタンパク質系賦形剤としてSCを使用した。これら2種の賦形剤の混合比率、噴霧乾燥時の入口温度および送液流速を変数として実験計画法を用いて条件を設定し、計13条件で噴霧乾燥粉末を作製した。得られた粉末について収率、粒子形態、粒子径分布および T_g を評価し、各変数の影響について検討した。

全ての条件において、アルロース含有粉末の作製に成功した。粉末の収率は40–70%の範囲で変動し、乾燥時の流速の影響を最も受けた。得られた粉末の T_g は0–15°Cの範囲であったが、粉末として回収可能であった。これは、Yogitaら(2021)¹⁾によって報告されているように、タンパク質系賦形剤がその界面活性作用によって乾燥時に液滴表面へ優先的に移動し、粉末表面に T_g の高い薄膜が形成されたためと推察される。それぞれの変数は粉末の形態や特性に影響を及ぼしており、入口温度や流速の変化による乾燥不良や、粒子径の変化などが観察された。また、SC濃度が低い粉末は安定性が低く、粒子の凝集や固着が確認された。以上の結果から、アルロースの噴霧乾燥粉末化において、多糖およびタンパク質賦形剤の混合比率および噴霧乾燥条件が粉末特性に大きな影響を与えることが示された。

[1] Yogita S et al. (2021) *Food* **10**, 145–162

*4

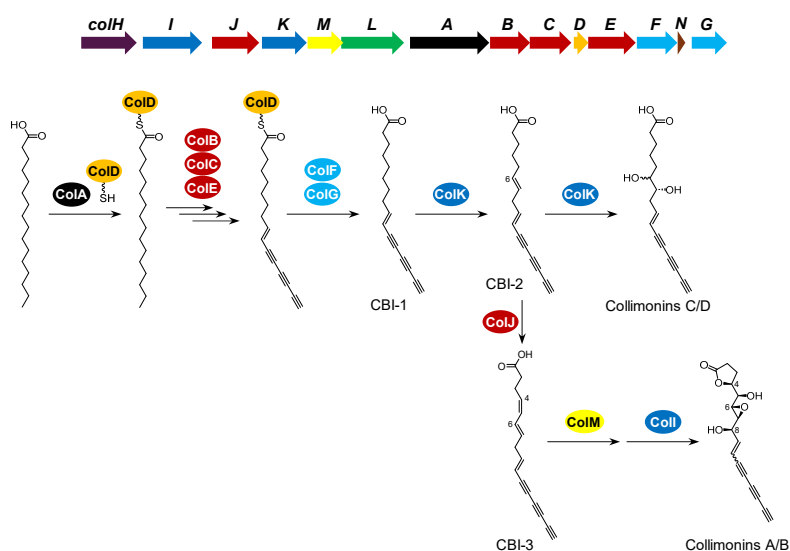
Collimonas fungivorans Ter331 株が産生する細菌ポリイン collimonin 類の生合成研究

○久米琴音、片山直香、甲斐建次

(阪公大院・農)

【目的】細菌ポリイン類は、末端から共役したC≡C結合を持ち、真菌や卵菌に対して卓越した生育阻害効果を示す。しかし、不安定性による取扱いの難しさにより、これまでに5クラスしか報告されていない。我々は、30年ぶりに新規細菌ポリインである collimonin類を*Collimonas fungivorans* Ter331株から単離・構造決定することに成功した。Ter331株のゲノム中には、collimoninの生合成に関与すると考えられるcolクラスターが存在するが、これらがどのようにcollimonin類の構造を構築するのかは未解明である。そこで本研究では、col遺伝子の欠損と過剰発現により、生合成中間体の検出、単離・構造決定、さらに共培養による変換実験を行い、collimonin類の生合成に関する知見の獲得を進めた。

【方法・結果】生合成中間体(CBI-1、CBI-2、CBI-3とした)は、遺伝子欠失株から単離し、NMRとMSによりそれらの構造を解明した。これらの中間体または collimonin類へと変換される過程は、変異体の共培養、遺伝子過剰発現、および変換実験により解析



した。CBI-1は、最初に検出可能な生合成中間体であり、反復的な不飽和化と酸化を経てcollimonin類へと転換された。その過程で、Rieske型酸化酵素ColK、脂肪酸不飽和化酵素ColJ、推定環化酵素ColM、およびフラビン依存性モノオキシゲナーゼColIが関与し、CBI-1をcollimonin AとBへ変換した。一方、collimonin CとDへの変換はColKのみが担っていた。Ter331とそのcol遺伝子欠損株の抗真菌活性と抗卵菌活性の比較は、collimonin生合成における後者の酸化修飾とラクトン化が抗微生物活性に重要な役割を果たすことを示した。まとめると、本研究はcollimonin類の生合成経路に関する初めての包括的な理解を提供し、各変換ステップの今後の生化学的解析のための重要な基盤を確立した。

参考文献

Kai *et al.*, *Organic Letters*, 20, 3536–3540 2018.

5

乳脂肪球膜タンパク質ブチロフィリン 1A1 への曝露と腸管上皮細胞の炎症反応

○石田みのり¹、加藤幹也¹、宮地陽平¹、谷 史人¹

(京大院・農・食品生物)

【目的】

ブチロフィリン1A1(BTN1A1)は、乳脂肪球膜に存在する I 型膜タンパク質である。BTN1A1は、その膜外ドメインは、免疫グロブリン(Ig)様構造を有していることから、生体内で最も重要な免疫器官の一つである腸管において免疫制御機能にかかわることが予想される。実際、当研究室の先行研究において、当該ドメインが、ヒト結腸腺癌由来のHT29-MTX-E12細胞からのムチンや情報伝達物質の産生能に影響を与えることを見出している。しかし、BTN1A1の腸管上皮細胞への作用機序は未だ明らかになっていない。本研究の目的は、BTN1A1膜外ドメインが腸管上皮細胞に及ぼす免疫学的機能とその機構について解明することである。

【方法・結果】

ヒト由来BTN1A1の膜外ドメインを、ヒトIgG1のFc領域と融合させた組換えタンパク質(BTN1A1-Fc)として発現させ、BTN1A1-FcをProtein Gカラムで精製して用いた。単層培養したHT29-MTX-E12細胞にBTN1A1-FcとTNF- α を添加し、所定の時間経過後に培養上清を回収し、サイトメトリビーズアレイ法によりケモカインIL-8の産生量を定量した。また、細胞よりタンパク質を抽出し、ウェスタンブロッティング法により、シグナル伝達分子の発現を解析した。

HT29-MTX-E12細胞にTNF- α とBTN1A1-Fcを同時に添加したとき、TNF- α のみ添加した場合と比べて、TNF- α 刺激後3～6時間に産生される炎症性サイトカインIL-8量には差がなかった。しかし、TNF- α 添加の24時間前にBTN1A1-Fcの添加した場合は、BTN1A1-Fc非存在下の場合に比べてIL-8の産生量は減少した。また、刺激後の細胞において、細胞に含まれる物質のリン酸化を解析したところ、BTN1A1-Fcで事前処理した細胞ではNF- κ B p65 のリン酸化が、また、TNF- α 同時処理した細胞ではFOXO1のリン酸化がそれぞれ抑制されていることが見出された。これらの結果は、腸管上皮細胞はヒトBTN1A1に事前に曝露されることによって、主として、NF- κ Bのリン酸化経路を介して炎症反応が軽減される可能性を示唆しているが、同時に、NF- κ B以外の異なるシグナル伝達経路が関与する可能性も示唆された。

2025 年度農芸化学技術賞

受賞記念講演

ロコモティブシンドローム対策を目指したロコモアの開発研究

出雲 貴幸（サントリーウェルネス株式会社）

1. はじめに

超高齢社会の日本では、高齢による衰弱、骨折・転倒、および関節疾患といった運動器疾患が要介護の要因の約 1/3 を占める。そのため運動器疾患の予防は、生活の質や健康寿命の維持・延伸に重要である。サントリーでは 1990 年代から運動器の健康に向けた食品の研究開発を開始し、2001 年には膝関節の健康対策商品としてグルコサミン&コンドロイチンTMを発売した。また、運動器疾患を対象とする日本最大のコホート研究である ROAD スタディとの共同研究により、2005 年と 2015 年の膝関節の病態を比較したところ、いずれにおいても加齢に伴い膝関節裂隙が減少することが確認された。一方で、2005 年と 2015 年の同世代間の比較では 2015 年の方が膝関節裂隙の幅が大きかった。この結果は、年齢と共に擦り減り続ける膝関節の構造的機能低下に対して、食や運動などの生活習慣の改善が膝関節の健康維持に寄与した結果と考えられた。さらに、2007 年には日本整形外科学会により、「運動器の障害のために立ったり歩いたりするための身体能力（移動機能）が低下した状態」と定義されたロコモティブシンドローム（ロコモ）が提唱され、運動器疾患への包括的な診断と予防が重要視されるようになった。

2. ヒト骨格筋細胞におけるケルセチンの作用

最初に我々は、抗炎症作用を始めとして多くの生理作用を有するケルセチンに着目をして、骨格筋細胞を用いた in vitro での有効性を探索した。in vitro の筋機能評価には、平面培養の実験が一般的であるが、骨格筋の重要な表現型である筋力や筋持久力を測定することは困難であることが課題であった。我々は、名古屋大学との共同研究により独自のマイクロデバイスを用いた三次元ヒト骨格筋組織培養系を構築して、ケルセチンの作用を検討した。その結果、ケルセチンは遅筋線維への分化を促進し、筋持久力を増加させることを明らかにした。さらにヒト初代骨格筋細胞から間葉系前駆細胞を単離する技術を確立し、ケルセチンによる筋線維化や筋脂肪化の抑制効果を見出した。加齢による筋力の低下は、筋肉の量だけでは説明できず、筋細胞外での線維組織や脂肪滴の増加など筋肉の質が寄与することが報告されていることから、ケルセチンには加齢に伴う筋肉の質の低下を改善する可能性が考えられた。

3. ケルセチン配糖体と運動による筋肉の柔軟性の改善効果

筋肉の線維化を評価する超音波エラストグラフィを用いた中高齢者での検討において、膝完全屈曲時の大腿部筋スティフネスが加齢に伴い増加することを確認した。この結果は加齢に伴って筋肉が硬くなる、すなわち筋肉の柔軟性が低下することを意味している。筋肉の柔軟性は関節可動域や筋機能と関連があり、ストレッチなどの運動により一過的に改善することが知られているが、食品成分による有効性研究はこれまで報告されていない。そこで、軽度な運動と併用時のケルセチン配糖体による筋肉の柔軟性に対する有効性を評価した。その結果、低強度のレジスタンス運動とケルセチン配糖体摂取の組合せにより、運動とプラセボ食品と比較して、筋肉の柔軟性が有意に改善することを見出した。以上の結果から、ケルセチン配糖体は、筋肉の質の一部である筋肉の線維化を改善して、筋機能の維持に寄与している可能性が示された。

4. ロコモアTMによる歩行速度の増加効果

筋機能に対して様々な効能を示すケルセチン配糖体に加えて、筋力増加作用を示すアンセリン、膝関節の健康に寄与するグルコサミン塩酸塩およびコンドロイチン硫酸の4つの成分を独自配合したロコモアTMを開発した。ロコモアTMを評価する移動機能の中で最も重要な指標の一つとして歩行速度に着目して、ロコモアTMの有効性を検討した。ランダム化二重盲検プラセボ対照並行群間比較試験の結果、4成分の組合せの16週間摂取により、プラセボと比較して通常歩行速度が有意に増加した。また8週目では、4成分の摂取により膝伸展筋力の増加が見られ、膝関節機能を評価する日本版膝関節症機能評価尺度スコアの有意な改善が確認された。さらに単群オープン試験において、4成分の摂取は歩行速度や膝痛改善に加えて、歩容指標の一部である歩幅および足底角度の延長が確認された。以上の結果より、4成分の組合せは膝関節の違和感軽減および下肢筋力の増加により、地面に対する脚の蹴り出しが強くなることで歩行の推進力が高まり、歩幅や歩行速度が増加すると考えられた。

5. おわりに

ロコモアTMは、2013年の発売以降販売数を拡大し続け、現在では脚対策サプリメントでシェア No. 1の商品である。さらに2024年10月から、国内で初めて「軽い運動との併用で、加齢により衰える筋肉の柔軟性（ひざ関節を完全に曲げた状態での筋肉の柔らかさ）の向上」を表示する機能性表示食品としてリニューアルした。今もなお高齢化が進む日本において、運動器に対して多面的な効果を発揮するロコモアTMが今後も多くの方々の健康の維持・増進に寄与することを期待したい。

○ 受賞者プロフィール

名前：出雲 貴幸 (Takayuki Izumo)

連絡先：〒619-0284 京都府相楽郡精華町精華台 8-1-1

サントリーワールドリサーチセンター

E-mail address: Takayuki_Izumo@suntory.co.jp

略歴：

2003 年 11 月	サントリー株式会社 入社
2011 年 05 月	博士（薬学） 取得
2011 年 08 月-2013 年 7 月	アイルランド Teagasc 研究所駐在
2013 年 09 月	サントリー健康科学研究所 研究主幹
2022 年 04 月	サントリー健康科学研究所 部長
2024 年 01 月	サントリー生命科学研究所 部長
	現在に至る

主な研究テーマ：食品素材の有効性・安全性評価

日本農芸化学会関西支部

支部賛助企業

関西支部の活動は、下記の支部賛助企業様からのご支援により支えられています

アース製薬株式会社	日清オイリオグループ株式会社
植田製油株式会社	日世株式会社
江崎グリコ株式会社	株式会社日本医化器械製作所
株式会社カネカ	Noster 株式会社
菊正宗酒造株式会社	ハウスウェルネスフーズ株式会社
黄桜株式会社	ヒガシマル醤油株式会社
月桂冠株式会社	不二製油株式会社
三栄源エフ・エフ・アイ株式会社	松谷化学工業株式会社
サントリーホールディングス株式会社	三井化学クロップ&ライフソリューション株式会社
住友化学株式会社	株式会社三ツワフロンテック
宝酒造株式会社	大和酵素株式会社
株式会社第一化成	理研化学工業株式会社
築野食品工業株式会社	株式会社ロッテ
東洋紡株式会社	和研薬株式会社
ナカライテスク株式会社	

(50 音順 敬称略)

JSBBA KANSAI 12th STUDENT FORUM

2025.10.19(日)

会場 | 京都大学

吉田キャンパス農学部総合館

学生主導
英語のみで行う
農芸化学に関する
ミニ学会

プログラム

ポスター発表

口頭発表

(ポスター発表、口頭発表共に
優秀者には表彰を行います)

特別講演

懇親会

(懇親会の参加は別途費用
(3,500円程度)がかかります。)

特別講演

宇宙飛行士！土井 隆雄 博士



1983 東京大学博士課程修了
1985 NASDA(現JAXA)入社
1997 スペースシャトル「コロンビア号」搭乗
日本人初の船外活動
2004 米国ライス大学博士課程修了
2008 スペースシャトル「エンデバー号」搭乗
2016 京都大学宇宙総合学研究ユニット特定教授
2020 京都大学大学院総合生存学館特定教授
現在 龍谷大学客員教授、
京都大学農学研究科非常勤研究員

当日は土井先生のこれまでの
ご経験やご研究のお話を伺います。

参加登録方法

参加費 | 無料 (懇親会を除く)

締切 | 9.14 発表申し込み

9.21 要旨提出

9.30 懇親会申し込み

10.11 参加申し込み



参加登録フォーム

左QRコードから
参加登録の記入をお願いします！

公式SNS

@Jsbbakansai



@jsbbakansai



お問い合わせは
jsbba.kansai.stu.com@gmail.comまで

プログラムの詳細は参加登録フォームをご確認ください、
最新の情報はSNSで随時更新します！

JSBBA KANSAI 12TH STUDENT FORUMは公益財団法人日本農芸化学会 関西支部の下部組織JSBBA KANSAI Student Committeeが主催する学生向けイベントです。本フォーラムは学生の国際的なコミュニケーション能力と発表力の向上を目指しており、フォーラムの進行と発表はすべて「英語」で行います！
大学、国籍、英語の能力、データの有無は問いません。皆さんの積極的な参加をお待ちしております。



○ 日本農芸化学会関西支部 第 536 回講演会

幹事校 大阪公立大学

幹事校代表 渡邊 義之（大阪公立大学大学院 農学研究科）

（問い合わせ先）

幹事校庶務幹事 中澤 昌美（大阪公立大学大学院 農学研究科）

Tel/Fax: 072-254-9468

E-mail : mami@omu.ac.jp

（ミニシンポジウム）

世話人代表 西村 重徳（大阪公立大学大学院 農学研究科）

○ 次回 日本農芸化学会関西・中四国・西日本支部合同大会（第 537 回講演会）

日時：2025 年 9 月 18 日（木），19 日（金）

第 1 日目：13:00～17:30 第 2 日目：9:00～15:30

会場：岡山大学 津島キャンパス（東） 一般教育棟（岡山市北区津島中 2-1-1）

協賛：日本化学会中国四国支部

参加費：一般 2,000 円，学生 無料（事前申込み制）

講演申込締切：2025 年 7 月 29 日（火）正午

講演要旨締切：2025 年 8 月 5 日（火）正午

事前参加登録締め切り：2025 年 8 月 29 日（金）正午

情報交換会参加登録締切：2025 年 8 月 29 日（金）正午

世話人・連絡先：岡山大学学術研究院環境生命自然科学学域 中村 宜督

E-mail: yossan@okayama-u.ac.jp Tel: 086-251-8300

詳細は日本農芸化学会中四国支部ホームページ

<http://chushikoku.jsbba.or.jp> をご覧ください。

三支部合同大会 HP

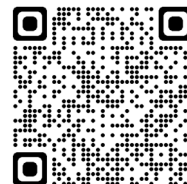


公益社団法人 日本農芸化学会関西支部 事務局
〒606-8502 京都市左京区北白川追分町 京都大学大学院農学研究科内

支部長：谷 史人

Tel: 075-753-6286, Fax: 075-753-6285

E-mail: tani.fumito.6w@kyoto-u.ac.jp



庶務幹事：小倉 康平

Tel: 0774-38-3768, Fax: 0774-38-3756

E-mail: ogura.kohei.7x@kyoto-u.ac.jp

会計幹事：高橋 春弥

Tel: 0774-38-3759, FAX: 0774-38-3752

E-mail: takahashi.haruya.3x@kyoto-u.ac.jp

庶務幹事(補)：小野 肇

Tel: 075-753-6310

E-mail: ono.hajime.5a@kyoto-u.ac.jp

(第2版) 発行日 2025 年 7 月 7 日 (月)

日本農芸化学会関西支部ホームページ: <https://kansai.jsbba.or.jp/>