

# 微生物機能高度活用プロジェクト

研究代表者 木野 邦器  
(先進理工学部 応用化学科 教授)

## 1. 研究課題

微生物や酵素による反応は、常温・常圧において進行可能であり、高い立体選択性や位置選択性が発揮される。本研究課題では、微生物や酵素の機能を高度に利用することで、有用性の高い水酸化化合物やペプチド、さらには、バイオマスを原料とした汎用化成品の合成プロセスを開発することを目的としている。本稿では、主に水酸化芳香族化合物の合成法の開発ならびにペプチド合成酵素と有用ジペプチドの生産法の開発研究について報告する。

## 2. 主な研究成果

### 2.1 ピセアタンノール合成活性を有する酸化酵素遺伝子の探索と同定

レスベラトロールの水酸化物であるピセアタンノールは、抗酸化作用や抗癌作用等の多様な生理活性を示す有用なポリフェノールであり、機能性食品や医薬品、化粧品の原料として有用な化合物である。我々はこれまでに、*Pseudomonas aeruginosa* PAO1 株由来の二成分型フラビン依存性モノオキシゲナーゼ HpaBC を発現させた大腸菌細胞を用いて、レスベラトロールからピセアタンノールを合成可能なことを明らかにしている (*Tetrahedron Lett.*, **55**, 2853 (2014))。HpaBC は 4-ヒドロキシフェニル酢酸を生理基質としてオルト位の水酸化反応を触媒する酵素であり、Fig. 1 に示すような反応機構で作用するモノオキシゲナーゼである。一方、昨年度、レスベラトロールからピセアタンノールへの変換活性を有する微生物 KSH1 株を自然界から新たに取得した。系統解析の結果、KSH1 株はこれまで報告のない非病原性の *Ensifer* 属に属するグラム陰性細菌と同定された。我々は KSH1 株にレスベラトロール水酸化を担う HpaBC 類似タンパク質が存在するという作業仮説を立て、KSH1 株から *hpaBC* 相同遺伝子を主軸とした遺伝子探索と、当該候補遺伝子が大腸菌内で発現させてその活性評価を行った。

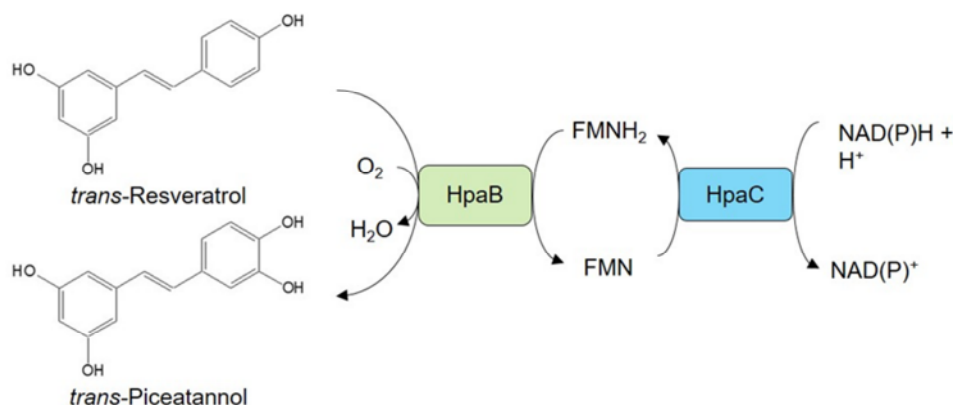


Fig. 1. HpaBC による *trans*-レスベラトロールから *trans*-ピセアタンノールの合成

PCR クローニングを検討した結果、Fig. 2 に示す KSH1 株由来の *hpaBC* 相同遺伝子の取得および全塩基配列の同定に成功し、既報の *P. aeruginosa* PAO1 由来 *hpaB* および *hpaC* とアミノ酸レベルでそれぞれ 61%、46% の相同性を有することを明らかにした。また、KSH1 株由来の *hpaBC* 相同遺伝子発現大腸菌を用いて、30 mM のレスベラトロールから 12 時間で 25.9 mM のピセアタンノール合成を達成した。

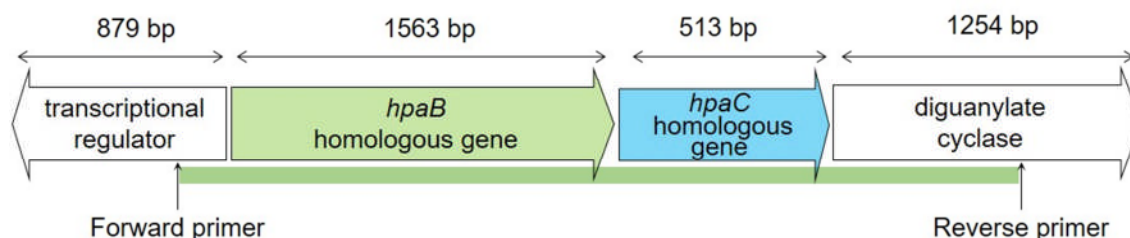


Fig. 2. *Ensifer* sp. KSH1 株由来 *hpaB* および *hpaC* 相同遺伝子の塩基配列

## 2.2 バニリン高生産に向けたバイオプロセスの開発

フレーバーやフレグランスとして有用なバニリンはバニラビーンズからの抽出により得られるがその量は限られており、代替製法として微生物や酵素を利用したバイオプロセスに関心が寄せられている。これまでに、バイオマス資源のフェルラ酸を原料としたバニリン合成が試みられているが、既報の経路は補酵素を必要とするためその供給が高生産を阻む一因となっている。我々はこれまでに、補酵素非依存性の脱炭酸酵素 Fdc と酸化酵素 Cso2 からなる新規バニリン合成経路を設計し、これらの酵素を発現させた組換え大腸菌を利用してバニリンを合成可能なことを実証している (Fig. 3) (*ChemBioChem*, **15**, 2248-2254 (2014))。

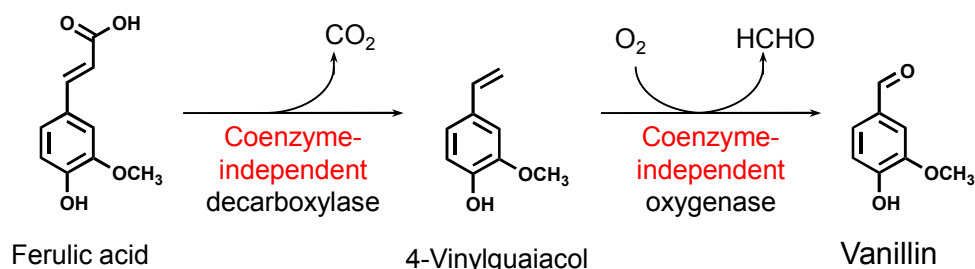


Fig. 3. 補酵素非依存性の脱炭酸酵素 Fdc と酸化酵素 Cso2 を用いるバニリン合成

この二つの酵素の最適反応条件が異なっており、一段階目の脱炭酸酵素 Fdc は pH6.0 から pH9.0 の広範な領域で高い活性を示したのに対し、二段階目の酸化酵素 Cso2 は pH9.0 から pH10.5 のアルカリ性領域で高い活性を示すことがわかった。そこで、それぞれの遺伝子を大腸菌で別々に発現させて二段階の反応プロセスを採用することにした。また、基質や生成物の菌体に対する毒性や酵素に対する阻害を回避するために、油水二相系での反応を検討したところ、酢酸ブチルの添加が効果的であることが明らかになった。その結果、一段階目の反応では、75 mM のフェルラ酸が 2 時間で 4-ビニルグアヤコール (4-VG) に変換された。さらに、二段階目の反応を行ったところ、4-VG が 24 時間でバニリンにほぼすべて変換された。この方法により、52 mM (7.8 g/L) のバニリン合成に成功した。

酸化酵素 Cso2 が補酵素非依存性であるため、酵素反応系による 4-VG からの高濃度生産系を考えた。しかしながら、Cso2 は安定性が低く反応中の活性低下が大きな課題であった。Cso2 の反応を行う pH であるアルカリ性領域において Cso2 はマイナスに荷電していることに着目し、陰イオン交換樹脂による Cso2 の固定化を検討した。若干の活性低下抑制効果が認められ、固定化による酵素の回収と併せ、遊離酵素を用いる方法に比べ、生産性向上を達成することができた。

一方、酵素反応系にカタラーゼを添加すると合成量が向上することを見出した。過酸化水素を分解するカタラーゼの添加効果は、酸化反応で生成する活性酸素種による Cso2 への悪影響を示唆する結果と推察した。Cso2 発現大腸菌の細胞破碎液を用いたバニリン合成において、カタラーゼの添加効果はほとんど認められなかったが、これは宿主大腸菌に内在するカタラーゼが機能しているためであり、これらの結果から、Cso2 を利用するバニリン生産では、菌体反応系が適していると判断した。これまでに、アルギン酸カルシウムゲルによって包括した組換え大腸菌を用いた繰り返し利用による生産性の向上を確認している (Fig. 4)。

現在、さらなる高生産を目指して初の連続プロセスによるバニリン生産を検討中である。

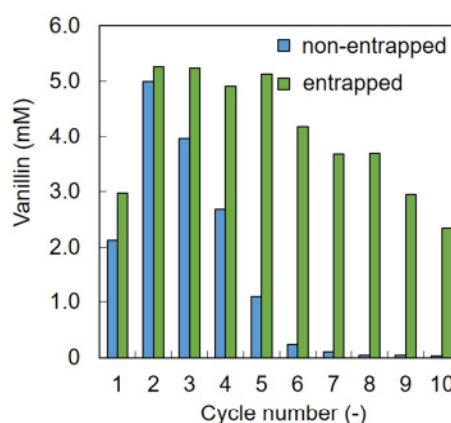


Fig. 4. Cso2 高発現大腸菌によるバニリン合成におけるアルギン酸カルシウムゲル包括の影響

## 2.3 アデニル化酵素を利用したアミド化合物合成の拡張

アミド化合物は化成品や医薬品、機能性食品などとして利用される有用化合物である。我々は昨年度までに、非リボソーム型ペプチド合成酵素 (NRPS) のアデニル化ドメイン (A ドメイン) や fatty acyl-AMP ligase (FAAL) といったアデニル化酵素に属する酵素を利用したアミド化合物合成法を開発している (Fig. 5)。これまでに、アミノ酸アミドや脂肪酸アミドの合成に成功している。今年度は合成可能なアミド化合物の拡張を目指し、D-アミノ酸を含むジペプチドをはじめ、芳香族カルボン酸アミドおよびβ-アスパルチルアミドの合成法の開発を検討した。



Fig. 5. アデニル化酵素と化学的求核置換反応がドッキングしたアミド化合物合成

### (1) D-アミノ酸を含むジペプチドの合成

Fig. 5 で示される新規アミド化合物合成法においてジペプチドを合成する場合、その N 末端側基質はアデニル化酵素 (A ドメイン) の基質特異性による制限を受けるが、C 末端側はキラリティに関係なく求核活性を有する任意のアミノ酸が導入可能になる。Brevibacillus parabrevis IAM1031 由来 tyrocidine synthetase A の A ドメイン (TycA-A) を用いると、生理基質の L-Phe を N 末端基質として認識するが、Pro を求核剤とすると C 末端には L-Pro と D-Pro を同程度に基質として認

識・配置され、L-Phe-L-Pro と L-Phe-D-Pro を生成する。

また、TycA-A は L-Phe のみならず、L-Trp、L-Met、L-Tyr、L-Val、L-Leu もアデニル化し、さらに興味深いことに、それらアミノ酸の D-体も基質となることを見出した。この結果を踏まえると、TycA-A を用いると、L-L-体、D-L-体、L-D-体、D-D-体のキラリティが混在した多様なジペプチド合成が可能となることを明らかにした。これまでに、TycA-A の他にも L-Lys (D-Lys) をアデニル化する A ドメインを見出しており、今後、D-体も L-体も認識する A ドメインを発見することにより、合成可能なジペプチドが大幅に拡張されるものと思われる。さらには、光学異性体の起源や酵素機能との関わりにおいて学術的にも重要な知見を得るヒントが見出されるものと期待される。

## (2) 芳香族カルボン酸アミドの合成

NRPS の A ドメインは一般的にアミノ酸を基質とするが、一部は芳香族カルボン酸を基質とすることが知られている。例えば、*Bacillus subtilis* 168 が産生する bacilibactin と呼ばれるシデロフォアには構造中に 2,3-ジヒドロキシ安息香酸(2,3-DHB)が含まれ、A ドメインである DhbE の基質となることで導入される。そこで、DhbE を用いた芳香族カルボン酸アミドの合成を検討した。

初めに、DhbE がどのような芳香族カルボン酸をアデニル化可能か明らかにするため、ヒドロキシルアミンを用いた比色分析を利用して基質特異性評価を行った。最も単純な芳香族カルボン酸である安息香酸および 7 種類の置換基(OH, NO<sub>2</sub>, NH<sub>2</sub>, Cl, F, CH<sub>3</sub>, COOH)で異なる位置(*o*-, *m*-, *p*-位)が置換された安息香酸一置換体(サリチル酸を除く)の計 21 種類の基質に対して試験を行った。その結果、安息香酸および、アミノ基、フルオロ基、メチル基での *o*-, *m*-, *p*-位置換体、ヒドロキシ基での *m*-, *p*-位置換体、ニトロ基、クロロ基、カルボキシ基での *m*-位置換体の 15 種類の芳香族カルボン酸が基質となることを明らかにした (Fig. 6)。

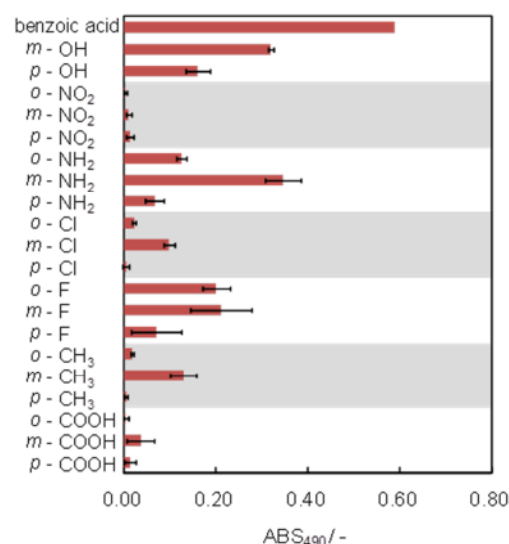


Fig. 6. DhbE の比色分析による基質特異性評価

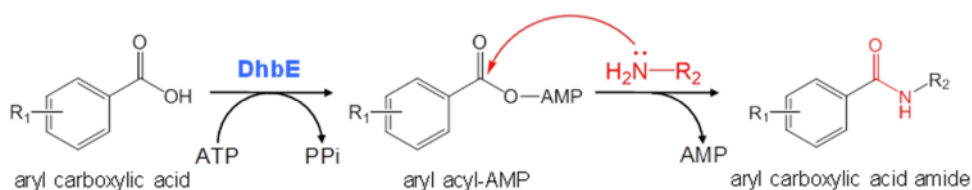


Fig. 7. DhbE を利用した芳香族カルボン酸アミドの合成

続いて、比色分析で判明した 15 種類の芳香族カルボン酸およびサリチル酸を基質、ヒドロキシルアミンおよび L-Pro を求核剤としてアミド合成反応を行った。HPLC 分析の結果、ヒドロキシルアミンとの反応では 16 種類すべてで、また、L-Pro との反応では 12 種類で新規ピークを検出した。

さらに新規ピークの MS 分析を行ったところ、対応するアミド化合物の分子量のピークを確認す

ることができた。以上より、DhbE を用いることで多様な芳香族カルボン酸アミドが合成可能であることが実証できた (Fig. 7)。

### (3) $\beta$ -アスパルチルアミドの合成

$\beta$ -アスパルチルアミドはアスパラギン酸 (L-Asp) の  $\beta$ -カルボキシ基がアミド化された化合物である。最も単純な  $\beta$ -アスパルチルアミドであるアスパラギンはアデニル化酵素であるアスパラギン合成酵素により L-Asp とアンモニアから合成されることが知られている。そこで、アデニル化酵素によるアミド合成の知見から、アスパラギン合成酵素を利用することで同様の反応機構により  $\beta$ -アスパルチルアミドが合成可能であると推測した (Fig. 8)。

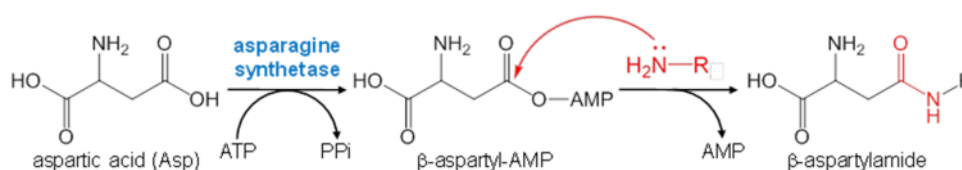


Fig. 8. アスパラギン合成酵素による  $\beta$ -アスパルチルアミドの合成

*Escherichia coli* BL21 (DE3) 由来のアスパラギン合成酵素 (AsnA) を利用した。AsnA の基質として L-Asp、求核剤として本来のアスパラギン合成反応を起こす塩化アンモニウムに加えて、ヒドロキシルアミン、メチルアミン、トリプトファンを用いて反応を行った。HPLC 分析の結果、塩化アンモニウムを用いた際にはアスパラギンが生成し、他の求核剤を用いた場合にも新規ピークが検出された。さらに、新規ピークの成分について MS 分析を行ったところ、求核剤に対応した  $\beta$ -アスパルチルアミドの分子量に一致するピークを確認することができた。これらの結果より、予想通り、アスパラギン合成酵素を用いるとアスパラギンはもとより、多様な  $\beta$ -アスパルチルアミドの合成も可能であることを示した。

## 2.4 アミノ酸リガーゼの高機能化と機能性ジペプチド合成法の開発

### (1) ポリ- $\alpha$ -グルタミン酸合成酵素 RimK の高機能化

RimK は大腸菌のリボソーム S6 タンパク質 RpsF の C 末端の Glu 残基に対して 1~4 個の Glu を付加する修飾酵素である。また、遊離の Glu を基質として ATP の加水分解反応と共役して poly- $\alpha$ -Glu ( $\alpha$ -PGA) を合成可能であること、また Glu-Glu や C 末端残基が Glu であるペプチドに対し広範な特異性でアミノ酸を連結可能であることを既に報告している。昨年度、RimK の結晶構造解析を実施し、反応機構の解明と基質特異性の改変検討を行った。その中で、今年度は RimK を利用してタンパク質やペプチドの C 末端をアミド化する汎用的な技術の開発を検討した。タンパク質の C 末端のアミド化は当該タンパク質の安定性維持や活性発現に重要であるが、その簡便な方法が開発されていない。結晶構造解析と D-アラニン-D-アラニン合成酵素変異体における D-アラニンアミド合成活性の発現情報を踏まえて、C 末端側基質として Glu-CONH<sub>2</sub> や NH<sub>4</sub>Cl を認識する RimK 変異体の創製を検討した。これまでに、ある変異酵素において目的の活性を有する可能性を示す結果を得ており、現在鋭意検討中である。

## (2) イミダゾールジペプチド合成法の開発

イミダゾールジペプチド（カルノシン、アンセリン、バレニン）は、疲労軽減効果や認知症予防効果などの生理機能を有する食材として広く注目されており、社会的背景を受けてその需要の増大が見込まれている。鶏肉や魚肉などからの抽出法に依存しない安定供給可能な低コスト型生産プロセスの開発を目指して、これまでにアミノ酸リガーゼを利用する合成法を開発している。昨年度は、L-アミノ酸リガーゼである YwfE の結晶構造情報とこれまでに知見を踏まえて、合成収量（変換効率）が大幅に向上した変異型酵素の創製に成功した。その結果、精製酵素反応において 90%以上収率でカルノシン（ $\beta$ -Ala-L-His）の合成に成功し、アンセリン（ $\beta$ -Ala-3-methyl-L-His）においても高収率合成を達成することができた。

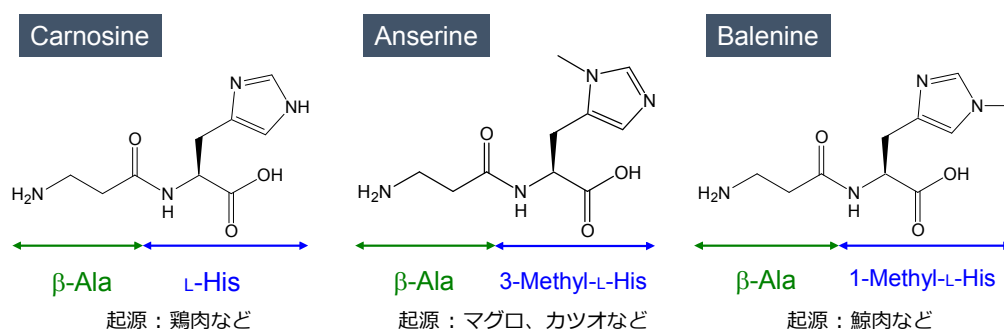


Fig. 9. 抗酸化効果や疲労軽減効果を有するイミダゾールジペプチド

しかし、本反応は等モルの ATP を必要とするため、工業的生産プロセスとして ATP を添加するプロセスは大きな課題となっている。そこで、今年度は宿主大腸菌の糖代謝系による ATP 再生を期待して菌体反応系でのイミダゾールジペプチド合成の可能性を検討した。菌体利用の場合、多くのペプチド分解酵素の影響が無視できないことが知られている。カルノシンなどのジペプチド分解に関与すると思われる *pepD* 欠損株を作製し、野生株と比較したところ、野生株においてもイミダゾールジペプチドの分解活性は低く、*pepD* 欠損株においてさらに分解が抑制されることが判明した。そこで、グルコース添加による菌体反応を実施したところ、ATP 無添加系でもカルノシンやアンセリンが高収率で合成した。最適反応条件を詳細検討中であるが、今回の検討で発酵生産の可能性も強く示唆された。

## 3. 共同研究者

胡桃坂 仁志(先進理工学部・電気・情報生命学科・教授)

原 良太郎(理工学術院・理工総研・次席研究員)

古屋 俊樹(理工総研・招聘研究員、東京理科大学・理工学部・応用生物科学科・講師)

有村 泰宏(先進理工学部・電気・情報生命学科・助教)

鈴木 伸 (先進理工学部・応用化学科・助手)

## 4. 研究業績

### 4.1 学術論文

1. Toshiki Furuya, Mari Kuroiwa, Kuniki Kino, "Biotechnological production of vanillin using immobilized enzymes", *Journal of Biotechnology*, **243**, 25-28 (2017).

2. Ryotaro Hara, Kai Yamagata, Ryoma Miyake, Hiroshi Kawabata and Kuniki Kino, “Discovery of lysine hydroxylases in the Clavaminic Acid Synthase-like superfamily for efficient hydroxylysine bioproduction”, Appl.Environ.Microbiol.,September 2017 vol.83 no.17 e00693-17 doi:10.1128/AEM.00693-17
3. Ryotaro Hara, Kengo Hirai, Shin Suzuki, and Kuniki Kino, “A chemoenzymatic process for amide bond formation by an adenylating enzyme-mediated mechanism”, Scientific Reports **8**, 2950 (2018). doi:10.1038/s41598-018-21408-8
4. Shin Suzuki, Ryotaro Hara, and Kuniki Kino, “Production of aminoacyl prolines using the adenylation domain of nonribosomal peptide synthetase with class III polyphosphate kinase 2-mediated ATP regeneration”, J. Biosci. Bioeng., Available online 1 February 2018. doi.org/10.1016/j.jbiosc.2017.12.023

#### 4.2 総説・著書

1. 古屋俊樹, 木野邦器, 解説 (査読有) “微生物・酵素を利用したバニリンの合成”, 日本醸造会誌, **113**(2), 64-70 (2018).
2. 木野邦器 (査読有) (分担執筆): 中分子医薬開発に資するペプチド・核酸・糖鎖の合成・高機能化技術, 監修: 千葉一裕, 第Ⅱ編ペプチド, 第6章ペプチド合成酵素を利用した触媒的アミド合成, pp.67-pp.78, シーエムシー出版, 東京, 2018年2月. ISBN978-4-7813-1320-7  
総頁数: 317 頁

#### 4.3 招待講演

1. 木野邦器, “有用物質生産に向けた酵素の探索と利用研究、そして展望”, 日本生物工学会第24回九州支部沖縄大会, 琉球大学, 2017.12.9.
2. 木野邦器, “有用微生物酵素の探索と物質生産プロセスへの展開”, 不二製油株式会社招待講演, 不二製油株式会社不二サイエンスイノベーションセンター, 2017.12.12.

#### 4.4 受賞・表彰

無し

#### 4.5 学会および社会的活動

1. Toshiki Furuya, Masahiko Sai, and Kuniki Kino, “Regioselective Hydroxylation for the Synthesis of Biologically Active Stilbenes”, BioTrans2017 (13<sup>th</sup> International Symposium in Biocatalysis and Biotransformations) (abstract p.103), 9-13 July 2017, Budapest, Hungary.
2. Ryotaro Hara, Kai Yamagata, Ryoma Miyake, Hiroshi Kawabata, and Kuniki Kino, “Discovery of Lysine Hydroxylases in the Clavaminic Acid Synthase-like Superfamily for Efficient Hydroxylysine Bioproduction”, BioTrans2017 (13<sup>th</sup> International Symposium in Biocatalysis and Biotransformations) ,9-13 July 2017, Budapest, Hungary.
3. Shin Suzuki, Ryotaro Hara, and Kuniki Kino, “Aminoacyl Proline Production Coupled with ATP Regeneration System from AMP”, BioTrans2017 (13<sup>th</sup> International Symposium in Biocatalysis and Biotransformations) ,9-13 July 2017, Budapest, Hungary.
4. 古屋俊樹, 中尾友美, 木野邦器, “*Mycobacterium* 属細菌のアセトンを変換する酸

化酵素の同定”,環境微生物系学会合同大会 2017, (講演要旨集 P-021)、東北大学川内北キャンパス, 8/29-8/31

5. 川村駿介,岡本姫佳,古屋俊樹,木野邦器, “生体触媒を利用した 2-フェニルエタノールの位置選択的水酸化によるチロソール及びヒドロキシチロソールの合成”, 日本生物工学会大会, 2P-H105, 要旨集 : p.140, 早稲田大学 (東京)
6. 賀野壮一朗, 鈴木伸, 鈴木亮平, 原良太郎, 木野邦器, “非リボソーム型ペプチド合成酵素のアデニル化ドメインを利用した D-アミノ酸含有ジペプチド合成”, 日本生物工学会大会, 2P-G038, 要旨集 p.123, 早稲田大学 (東京)
7. 原良太郎, 栳沢遼, 広川安孝, 木野邦器, “芳香族ヒドロキシカルボン酸生産に有用な脱炭酸酵素の探索”, 日本生物工学会大会, 2P-G052, 要旨集 p.127, 早稲田大学 (東京)
8. 鈴木伸, 木野邦器, “非リボソーム型ペプチド合成酵素のアデニル化ドメインの利用に向けた pyruvate phosphate dikinase による AMP からの ATP 再生系の構築”, 日本生物工学会大会, 2P-G039, 要旨集 p.124, 早稲田大学 (東京)
9. 駒林卓磨, 橋田紋佳, 木野邦器, “酵素法によるイミダゾールジペプチド生産と発酵法への展開”, 日本化学会第 7 回 CSJ フェスタ, タワーホール船堀 (東京), 2017 年 10 月 17-19 日
10. 重井宏介, 古屋俊樹, 木野邦器, “*Ensifer* 属細菌のピセアタンノール合成活性をコードする酸化酵素遺伝子の同定”, 日本化学会第 7 回 CSJ フェスタ, タワーホール船堀 (東京), 2017 年 10 月 17-19 日
11. 宮本智也, 原良太郎, 木野邦器, 三宅良磨, 川端潤, 後藤勝, “*Niastella koreensis* 由来 L-リジン-4-水酸化酵素の結晶構造解析”, 日本結晶学会平成 29 年度年会, 講演要旨集, 広島 JMS アステールプラザ (広島), 2017 年 11 月 23-24 日
12. 佐々木楓, 鈴木伸, 木野邦器, “アデニル化酵素を利用した芳香族カルボン酸アミドの合成”, 日本農芸化学会 2018 年度大会, 2A10a01, 名城大学 (名古屋) 2018.3.16.
13. 鈴木伸, 宇留野樹生, 木野邦器, “アスパラギン酸合成酵素を利用した  $\beta$ -アスパルチルアミド合成”, 日本農芸化学会 2018 年度大会, 2A10a02, 名城大学 (名古屋) 2018.3.16.
14. 村瀬諒大, 原良太郎, 栳沢 遼, 広川安孝, 木野邦器, “*Arthrobactersp. K8* 由来オルセリン酸脱炭酸酵素の特性解析と当該酵素を利用した有用芳香族ヒドロキシカルボン酸合成”, 日本農芸化学会 2018 年度大会, 2A10p19, 名城大学 (名古屋) 2018.3.16.

## 5. 研究活動の課題と展望

これまで微生物の有する多様な機能を高度に活用した有用物質生産に向けた研究を展開してきた。従来の技術や知見を踏まえつつ、新たな酵素機能を見出し、従来にない革新的なプロセスを開発することもできた。

非リボソーム型ペプチド合成酵素 (NRPS) のアデニル化ドメイン (A ドメイン) や fatty acyl-AMP ligase (FAAL) といったアデニル化酵素を構成するアデニル化酵素を利用したアミド化合物合成法は、微生物酵素の機能と化学的な求核置換反応をドッキングさせた革新的なアミド結合形成反応の開発であり、創薬や機能性化成品などの製造技術としてバイオ産業に貢献するものと考えられる。また、RimK の改変によってタンパク質やペプチドの C 末端をアミド化する技術は、ペプチド性の中分子医薬品や抗体医薬品の開発に有効であり、キラリティに関係しない任意のペプチド合成技術の開発と併せ、実用的プロセスの開発に向けて研究に注力する予定である。

疲労軽減効果や認知症予防効果等を有するイミダゾールジペプチドの安価で安定供給が可能なバイオプロセスの開発は、現代社会において強く求められており、今年度の研究で明らかになったように発酵生産の可能性も見出されており、今後も企業との共同研究を推進して工業化を達成させる予定である。カルノシン( $\beta$ -Ala-L-His)生産に関する開発戦略は明確であるが、現在最も求められているアンセリン( $\beta$ -Ala-3-methyl-L-His)の生産に関しては、ヒスチジンのメチル化プロセスの開発が律速になっている。動物等で報告されているカルノシンを直接メチル化してアンセリンに変換する酵素をモデルとして、実現性の高いバイオプロセスの開発を鋭意検討する予定である。現代社会において問題となっている精神的疾患に対応可能な食品素材として期待されているイミダゾールジペプチドの安価な提供は健康社会増進に貢献するものと期待できる。なお、本プロセスは遺伝子組換え技術を適用しているため、企業サイドの当該官庁への申請と社会的理解をえるための作業が実用化における課題であると考ええる。

非酸化的脱炭酸酵素の可逆的炭酸固定活性を利用した芳香族カルボン酸生産の研究に関しては、今回詳細な報告は省略したが、低炭素化社会の要請に応える革新的な技術として引き続き推進していく予定である。

微生物機能の利用による高機能物質の創出や有用物質の革新的な生産技術の開発は、第5期科学技術基本計画（Society 5.0）に合致するものであり、OECD が提唱しているバイオエコノミーの実現に大きく貢献するものである。人類が直面している地球規模で起きている喫緊の課題に対し、国連はSDGsを推進しているが、その多くのゴールに対して解決のカギを握るバイオテクノロジーを実効性のある具体的なツールとしてブラッシュアップしていくことは我々の使命であると考えている。そうした意識を持ちながら、本研究PGを着実に推進していくつもりである。