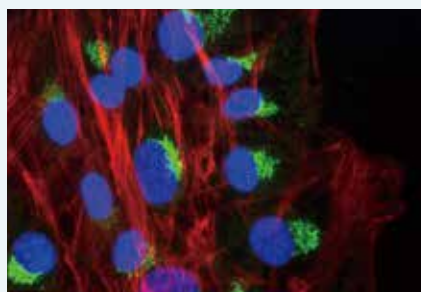


# 応用生命科学専攻

URL:<http://www.applife.kais.kyoto-u.ac.jp/>

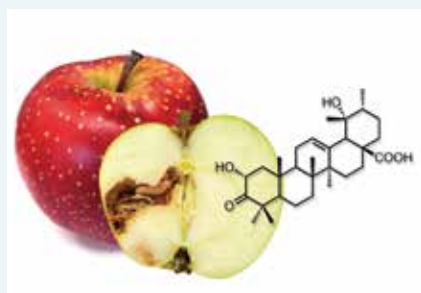
応用生命科学専攻では、微生物、植物、動物など、多様な生物種を対象として、その生命現象を化学の視点から、分子・細胞レベルで理解し、生物生産・生物機能応用の基盤となるサイエンスを創造します。現在、私達には、環境への負荷を抑制しながら、食糧とエネルギーを確保し、生活の質を向上させていくことが求められています。この困難な課題を解決するために、様々な生物が持つ能力を高度に利用していくことが、今後ますます重要になると考えられます。様々な生物の優れた機能を支える科学的基盤を理解することを通して、健全な地球環境、持続的な循環型社会、そして、快適な生活の実現を目指した教育と研究が行われています。



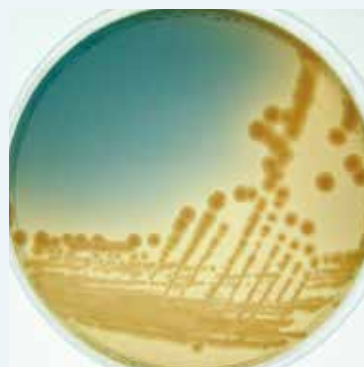
動物細胞の神秘にせまる



植物の生理を理解する



生態系の化学暗号を解く



微生物の機能を拓く



有用物質を合成する



植物の形質を制御する



巧みな分析手法を確立する



細胞生理を紐解いて役立てる

## 分野名

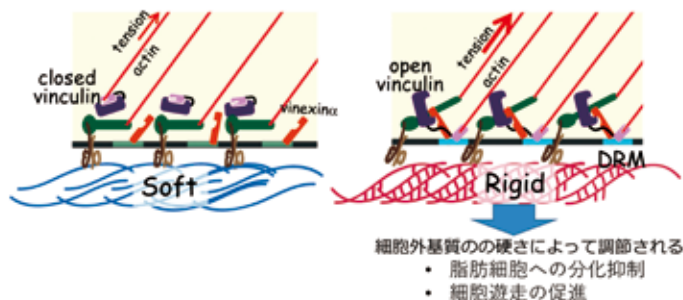
- 細胞生化学
- 生体高分子化学
- 生物調節化学
- 化学生態学
- 植物栄養学
- エネルギー変換細胞学
- 発酵生理及び醸造学
- 制御発酵学
- 生体機能化学
- 生物機能制御化学
- 応用構造生物学
- 分子生体触媒化学
- 分子微生物科学
- 森林圏遺伝子統御学
- 森林代謝機能化学
- 木質バイオマス変換化学
- 産業微生物学  
(産学共同講座)

# 生命現象の仕組みを動物細胞を用いて探る

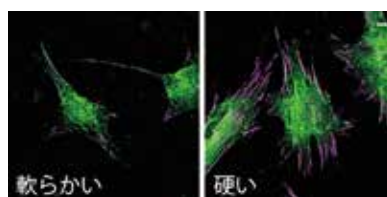
私たちの研究室では動物細胞の生命維持に重要な細胞膜とその周辺部分の構造と機能の解明を目指しています。特にコラーゲンなどの細胞外基質と細胞との接着を担い細胞外環境を感知するタンパク質（接着斑タンパク質）や善玉コレステロール（HDL）の形成にかかわるトランスポーター群（ABCタンパク質）に着目し、これらのタンパク質の生理機能が生活習慣病や癌とどのように関連するのかを探ろうとしています。

## 細胞接着による細胞制御機構の研究

ヒトをはじめとする多細胞動物の体では、細胞はコラーゲンなどの非細胞成分（細胞外基質）に囲まれて存在しています。細胞の細胞外基質への「接着」は、幹細胞の脂肪細胞や骨芽細胞への分化、およびがん細胞の遊走の調節に必須の役割を果たしています。細胞生化学分野では細胞接着装置（接着斑）に局在するタンパク質が、細胞外環境、特に細胞外基質の性質や種類を感知し、細胞の分化や遊走を調節する仕組みを明らかにすることで、生活習慣病やロコモティブ症候群、癌の予防、治療に役立つ情報を見出そうとしています。



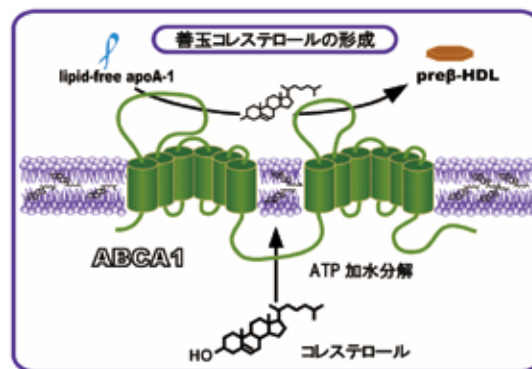
接着斑における細胞外基質の硬さ感知モデル



細胞外基質の硬さにより接着斑タンパク質（赤紫）が変化し、脂肪細胞分化を抑制する

## ヒトの健康をまもるABCタンパク質の研究

ヒトで発現している48種類のABCタンパク質はコレステロールなどの脂質の輸送や生体異物の排出に関与し、体内の脂質恒常性や生体防御に重要な役割を果たしていることが明らかになりつつあります。細胞生化学分野では高脂血症や動脈硬化、癌の多剤耐性に関連するABCタンパク質の生理的役割や分子メカニズムを明らかにし、ABCタンパク質を調節して健康な体を保つ方法を見出そうとしています。



ABCA1はコレステロールを細胞から排出し善玉コレステロールを形成する

■ **キーワード** 細胞外基質、コラーゲン、ABCタンパク質、細胞接着、コレステロール、脂肪細胞分化、生活習慣病、癌、間葉系幹細胞、薬物体内動態

教授：木岡 紀幸

准教授：木村 泰久

助教：黒田 美都・永田 紅

TEL: 075-753-6104

E-mail: kioka.noriyuki.3x@kyoto-u.ac.jp

URL: <http://www.biochemistry.kais.kyoto-u.ac.jp/>

私たちは疾患・長期記憶・エピゲノム制御などの高次な生命現象のメカニズムを、タンパク質や核酸の動的な構造変化という観点から研究に取り組んでいる。新しい装置や方法論も開発しながら、原子レベルから分子・細胞レベルまでのマルチスケールな研究を展開し、得られた成果を健康長寿社会の実現につなげることをめざしている。

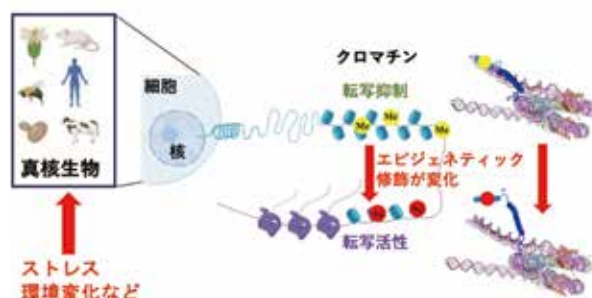
## 生命の動的な活動の中から見いだす健康長寿のヒント

私たちの体の中では、ATPや塩などの物質の濃度が絶えず変動している。さらに、細胞内の流れや神経細胞に発生する電場といった物理的な環境も変動している。このような溶液環境の変動は、タンパク質の凝集ひいては神経変性疾患や血栓症などの疾患の原因となりうる。また、動的に変化する翻訳後修飾によってもタンパク質の凝集は制御されており、そのような凝集が長期記憶の形成に関わったりする。私たちは、このような生命の動的な活動に伴って生じる環境の変化や翻訳後修飾を試験管内に再現し、それらが引き起こすタンパク質の凝集メカニズムや発揮される機能のメカニズムを、主に核磁気共鳴 (NMR) を用いて原子レベルで研究している。また、私たちの健康長寿を妨げる神経変性疾患と血栓症の予防法の確立をめざして、食品成分によるタンパク質の凝集の抑制についても研究している。



## クロマチンの動的構造変化からみる遺伝子発現制御と疾患の理解

真核生物のゲノムDNAは、クロマチン構造という形でコンパクトに細胞核内に収納されている。クロマチンは、ヌクレオソームが数珠状に連なった構造をとり、転写抑制される領域と、転写が活性化される領域によって遺伝子の発現を調節している。ストレスや環境変化によって、メチル化やアセチル化などのエピジェネティックな修飾がタンパク質や核酸に入り、クロマチンの構造変化を引き起こすため、遺伝子の発現が変化し疾患などの発症に関わる。私たちは、タンパク質が持つ天然変性領域の構造揺らぎに着目し、修飾などによるクロマチン構造の動的な変化を原子レベルで研究することによって精神疾患などに関わる分子機構の理解をめざしている。



■ **キーワード** NMR、動的構造、動的溶液環境、天然変性タンパク質、エピゲノム、アミロイド線維、液-液相分離、精神疾患、血栓症、食品成分、健康長寿社会

教授：菅 瀬 謙 治

准教授：古 川 亜 矢 子

助 教：宗 正 智

TEL: 075-753-6112

E-mail: sugase.kenji.8c@kyoto-u.ac.jp

URL: <http://www.tenko.kais.kyoto-u.ac.jp/>

# 生物毒の謎を化学の力で解き明かす

有毒生物は効き目の鋭い毒素を多く持っています。これらの毒素の中には昆虫に対してのみ毒性を示すものや、特定のイオンチャンネルにのみ作用するものがあり、農薬・医薬への応用が期待されています。私たちは、化学的手法を駆使してサソリやクモなどの毒から未知の毒素を探索し、その構造と活性の関係を明らかにすることで、生物毒のもつさまざまな機能・役割を解き明かそうとしています。

## 生物毒は生理活性物質の宝庫

ある種の生物は、他の生物から身を守るため、また食糧となる生物を捕獲するために「毒」を使います。これらの生物の毒は効果が強いだけでなく、特定の生物（例えば昆虫）にだけ作用する性質を持っています。このような生物毒のもつユニークな特徴を生かすことで、害虫にだけ作用する優れた農薬を開発することが可能です。

## サソリ毒に含まれる殺虫性ペプチド

サソリは代表的な有毒生物として知られていますが、日本にも2種（ヤエヤマサソリとマダラサソリ）が生息しています。私たちはこれらのサソリの毒を生物材料として用いて、未知の毒素成分の探索をおこなっています。これまでに多くの毒素ペプチドの発見に成功していますが、その中でもヤエヤマサソリから見つかったLaIT1は昆虫に特異的に作用することが分かっています。さらに、化学合成した類縁体を用いて、これらのペプチドが生理活性を示すために必要な構造について明らかにしようとしています。また、国際共同研究によって、エジプトに生息するサソリやクモなどの毒の研究も進めています。



ヤエヤマサソリ



マダラサソリ

## 謎の多い生物毒の構造と機能

サソリやクモの毒は100種類を超えるペプチド成分によって構成されています。そのうち、役割が明らかにされている成分はほんの一部で、その他の多くの成分についてはその構造や機能が分かっていません。この謎を解き明かすためには、まずそれぞれの構造を正しく同定する必要があります。私たちは、高感度の質量分析計を駆使して、毒の中にわずかしかな含まれないペプチド成分の構造決定に取り組んでいます。また、毒成分の多くは分子量の大きいペプチドであるため、化学合成が容易ではありません。私たちは化学ライゲーション法を活用してこの問題を克服し、毒成分のもつ未知機能の解明へ向けた研究を進めています。



LaIT1の立体構造

■ キーワード 生理活性物質、ペプチド、有毒生物、質量分析、化学合成、構造活性相関、イオンチャンネル、膜破壊

准教授：宮下 正弘

TEL:075-753-6123

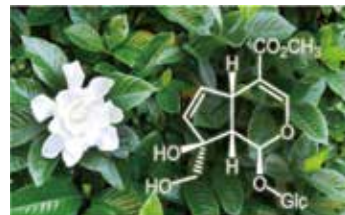
E-mail:miyashita.masahiro.6e@kyoto-u.ac.jp

URL: <http://www.seicho.kais.kyoto-u.ac.jp/>

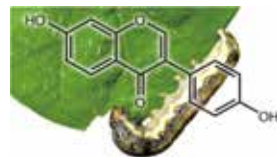
「化学生態学」とは生物間相互に作用する化学因子に注目して、そのメカニズムを解析する研究領域です。当研究室では、特に「食う-食われる」の生物間相互作用を取り上げ、植物の防御機構を掻い潜る昆虫の化学的戦略、昆虫に食害された植物に誘導される防御機構に注目しています。また、昆虫は食べ物由来のステロールからホルモンを体内で生合成して利用しています。このような化学物質を介した生物の適応様式やそのメカニズムを明らかにすることは、複雑な地球生態系ネットワークを理解し、植物防御の新たな素材を開拓するうえにも重要です。

## 昆虫と植物の相互作用

植物は昆虫の食害から身を守るために様々な化学物質を作っている。たとえばガーデノサイドはクチナシ葉に含まれる猛毒のイリドイド配糖体である。多くの植物防御システムを突破してきたハスモンヨトウ幼虫ですら、この葉を食べると死んでしまうが、クチナシに適応したオオスカシバの幼虫は独自の方法でこの毒を回避している。この2種の幼虫が持つ対抗適応戦略の違いが明らかになりつつある。



リンゴの果実もまた、害虫であるモモヒメシンクイ幼虫に対して致死性の防御物質を誘導するが、摘果した果実では同種昆虫の死亡率が下がることが知られている。青森県産業技術センターとの共同研究で、リンゴの対虫防御メカニズムを解き明かす。



同様に、ハスモンヨトウに食害されたダイズに誘導されるフラボノイドの機能（育種研との共同研究）など、昆虫と植物の相互作用を化学の視点から解明することで、作物を守るための化学物質の開発や、有用な作物育種に貢献している。またゲノム編集により、カイコにおける植物防御応答を誘導する昆虫エリシターの生合成酵素をノックアウトし、その遺伝的背景の解析を進めている。

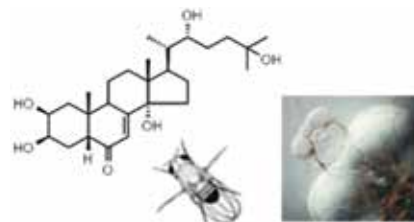
## 獲物からハンターへ 受け継がれる毒

ヤドクガエルの持つアルカロイドはどこから来たのだろうか？アリという説もあったが、我々はカエルが食べる小さなダニの一種アズマオトヒメダニが矢毒の起源であることを発見した。ヒキガエルも防御物質としてガマ毒のブフォトキシンを持つことで有名だが、ヒキガエルを食べるヤマカガシという毒蛇が、これらの毒を頸腺に蓄える（理学部との共同研究）。身を守るための毒を手に入れると、その毒を目当てにハンターが現れる。生物たちの命がけの攻防を化学分析により解明する。



## ステロイドホルモンによる昆虫の発生制御

昆虫は環境に適応するために脱皮変態といった独特の生活環を発達させている。いつ脱皮するか？いつ蛹になるか？といった発生のプログラムは昆虫ホルモンの作用によって制御されている。この仕組みを明らかにするために、ショウジョウバエを材料に用いて、ステロイドホルモン（エクジステロイド）がどのタイミングで生合成されるか、その情報がどのようにして伝えられるか、を研究している。



幼虫の脳にリンクしたホルモン生産器官（矢印）でエクジステロイド生合成酵素が働いている。

■ キーワード 生物間相互作用、フェロモン、ホルモン、産卵刺激物質、エリシター、volicitin、エクジステロイド

教授：森 直樹 准教授：小野 肇 助教：吉永 直子

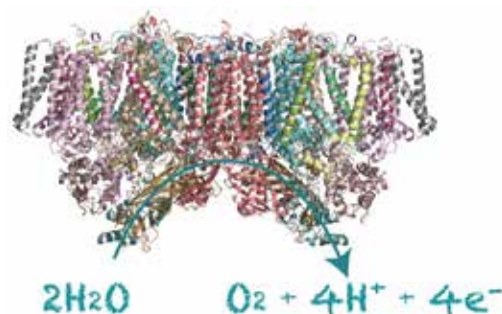
TEL: 075-753-6307  
E-mail: mori.naoki.8a@kyoto-u.ac.jp  
URL: <http://www.chemeco.kais.kyoto-u.ac.jp>

# 地球を支える植物の光エネルギー・物質変換

植物は太陽光をエネルギー源として、水と二酸化炭素、そして土壌から吸収する無機物を、生命活動に必要な有機物に変換します。この光エネルギー・物質変換反応、即ち、光合成は地球の環境と物質循環を支え、我々人類の持続可能社会を実現する上でも根幹となる反応です。私たちの研究室では、植物の光合成を支える分子機構と、その応用開発を目指して研究を行っています。

## 光合成のしくみを分子レベルで理解し利用する

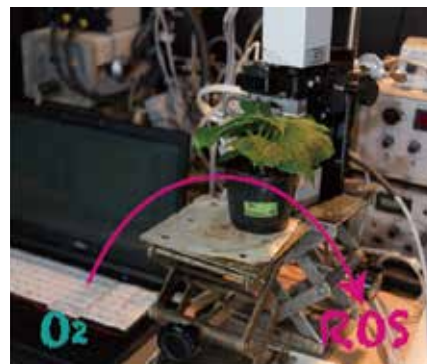
光合成研究に革新を生むためには分子レベルでの反応機構の基礎研究が欠かせません。これまでに、水分解―酸素発生を行う光化学系IIの反応制御機構、集光調節機構などを明らかにしてきました。さらに陸上で繁栄する緑色植物だけでなく、海洋で支配的な紅色進化系統の微細藻類の光合成についても、その特性を研究しています。こうした研究を通して、変動する地球環境に対応できる柔軟性と回復力（レジリエンス）を植物の光合成に付与し、食料やエネルギー問題の解決につなげることを目標に研究しています。



光化学系IIのタンパク質立体構造

## 植物の環境ストレス応答の仕組みを理解する

酸素は我々の生命活動に必須ですが、余分な電子やエネルギーを受け取ると危険な「活性酸素」(Reactive Oxygen Species: ROS) となります。光合成では、酸素を発生しながら大量の電子が生体膜中を流るため、植物はROS発生を抑制し、かつ、ROSを迅速に消去する仕組みを有します。そしてその頑健性こそが植物の環境ストレスに対するレジリエンスの鍵となります。そこで様々な非破壊測定を通して、植物のROSに対応する仕組みと能力を解析しています。こうした研究は、新しい栽培管理法や育種指標の開発など、応用利用にもつながります。



非破壊測定による活性酸素ストレスの評価

## 植物の生長を支える無機栄養素の役割を知る

土壌中には植物の生育に不可欠な無機栄養が含まれ、それらが不足すると様々な生理障害が発生し、作物の収量や品質が著しく低下します。そうした欠乏の早期発見や、欠乏に耐性の高い品種の選抜に役立つ知見を得るため、無機栄養欠乏時の植物細胞の応答や変化を分子・細胞レベルで解析し、障害が発生する機作を明らかにすることを目指しています。

■ **キーワード** 低炭素社会、光合成、光エネルギー変換、電子伝達、活性酸素、環境ストレス応答、微細藻類、有用物質生産、代謝工学、無機栄養、ホウ素、窒素、次世代型農業

教授：伊 福 健 太 郎

准教授：小 林

優

助教：落 合 久 美 子・上 妻 馨 梨

TEL: 075-753-6109

E-mail: ifuku.kentaro.2m@kyoto-u.ac.jp

URL: <https://kyotoplantnutrition.wixsite.com/website>

生物は、さまざまなストレスにさらされながら生きています。そのストレスを細胞レベルで捉えると、細胞を取り巻く環境から受ける物理化学的なストレス（生育環境の温度変化や種々の生体異物）だけでなく、細胞内での通常の代謝バランスが崩れることもストレスになります。そういった代謝バランスの異常は、ヒトではメタボリックシンドロームなどの原因になります。しかし、生物の細胞は、そういった種々のストレスに対して巧みなサバイバル戦略を駆使して適応を図っています。わたしたちの研究室では、主に真核微生物である酵母をモデル生物として、その適応のメカニズムを分子遺伝学、分子生物学、細胞生物学などの手法を使って解明し、生命現象についての理解を深めることを目指しています。

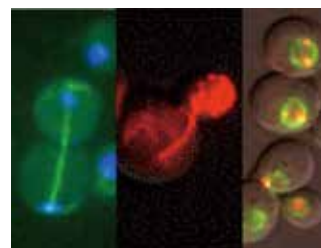
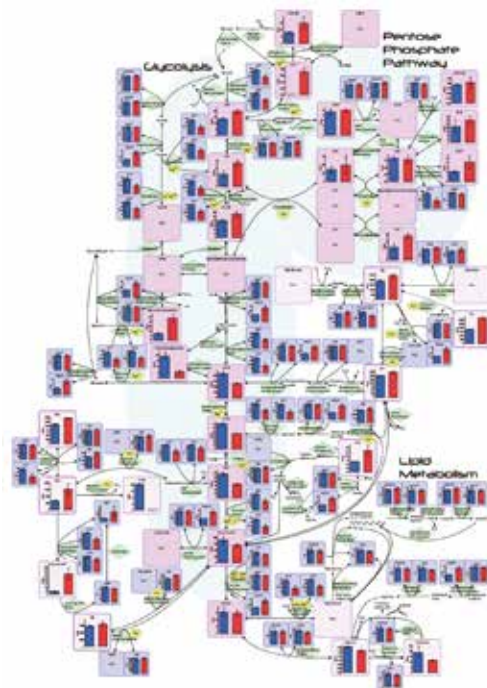
## エネルギー変換プロセスでの代謝ストレス

エネルギー生産における中心代謝経路である解糖系や、ミトコンドリアでの電子伝達系の過程で、反応性の高い代謝中間体が発生します。それらの蓄積は代謝ストレスとしてさまざまな細胞応答を引き起こします。わたしたちは、細胞がどのようにしてその代謝異常を感知し、シグナルを伝え、遺伝子発現やオルガネラの形成などを通して代謝の修正などの生化学的対応に変換しているのかを、代謝物の動態を含め、統括的に理解しようと試みています。さらに、それをアルコール発酵などのバイオプロセスにフィードバックする方法も探索しています。

## シグナルの伝達と遺伝子発現の制御

環境変化を認識して、それを遺伝子発現や代謝変化に結びつけるためには、細胞内でシグナル伝達経路が働きます。そのためには、細胞がどのように細胞内外の変化を感知し、それをシグナルに変換しているのかを明らかにする必要があります。

また、生物が持つ遺伝子は、全てが同時に発現しているわけではなく、その時々に応じて必要な遺伝子が必要だけ発現するように制御されています。わたしたちは、特定の環境条件や変異株で、どのような遺伝子が発現しているかをトランスクリプトーム解析やプロテオーム解析により網羅的に調べることで、生物がどのようにして環境変化に適応を図っているかを俯瞰的に調べています。また、遺伝子の発現を制御する転写因子が、どのように活性化されているかについても研究しています。



■ キーワード シグナル伝達、遺伝子発現、オミクス解析、酵母、代謝バランス、メタボリックストレス

教授：井上 善晴

TEL: 0774-38-3773

E-mail: inoue.yoshiharu.5x@kyoto-u.ac.jp

URL: <http://www.molmicrobiol.kais.kyoto-u.ac.jp>

# 応用生命科学専攻 発酵生理及び醸造学分野

## 微生物に無限の可能性を求めて

これからの地球社会が目指している持続的社會は、健やかな物質循環と、授受関係にある生物間の健全な相互作用が保たれている社会と考えます。このような社会の実現に、地球上に広く存在し多様な働きを担う微生物が果たす役割はとても大きいのです。私たちの研究室では、微生物が持つユニークな潜在能力を探索し、見いだした機能の科学的基盤を解き明かすことを通して、それらを産業や暮らしに役立てる研究を行っています。自然界から様々な微生物を収集し、健康・食料生産・環境保全・石油からバイオマスへの原料転換・有用物質生産プロセス開発などに役立つ能力・機能を見いだし、磨き上げ、実際に使われる形で世の中に送り出すことを目標に研究に取り組んでいます。

### 微生物は人々の健康を支える

微生物機能利用の原型と言える発酵醸造のサイエンスを、現代人の健康を支える技術に応用しています。たとえば、体脂肪率70%という驚異的なカビ（右上写真）の発見を契機に、機能性食品素材として注目を集めるアラキドン酸、EPA、DHAなどの高度不飽和脂肪酸の発酵生産技術を開発しました。また、重要な発酵微生物でもある乳酸菌などの腸内細菌における食事成分の代謝解析をとおして、腸内環境改善や生活習慣病予防に役立つ機能性食品素材、プロバイオティクスならびにポストバイオティクスの開発に取り組んでいます。



### 微生物は環境調和型の化学工業を実現する

石油を原料とする化学工業の発達は人々の暮らしを豊かにしましたが、環境汚染・地球温暖化などの諸問題を引き起こしました。これらを解決する環境調和型技術として、微生物を物質変換触媒とするバイオプロセスが注目を集めています。微生物代謝や酵素といった物質変換に有利な機能の解析を通して私達が開発したバイオプロセスは、数多く実用化されています（右中図）。バイオ技術による未来型物質生産への転換、再生可能資源の活用促進を牽引すべく、新規微生物代謝ならびに酵素の研究に取り組んでいます。



### 微生物は生物間相互作用を介して物質循環を駆動する

生物間相互作用が発現する機能に焦点をあてた新たな応用研究を、水圏、根圏や腸内環境を対象に展開しています（右下写真）。微生物と他生物の相互作用に関しては、資源循環を実現する生態系を模倣した一次生産技術や水質浄化などの環境技術の開発に取り組んでいます。例えば、二酸化炭素固定の主役である植物の生育は、微生物が駆動する窒素循環に大きく依存しています。有機態窒素の硝化を実現する土壌様の微生物生態系を水耕栽培系に構築することで、有機物を肥料としうる水耕栽培技術を開発しています。さらに脱窒を組み合わせた技術の水産技術に展開しています。また、藍染などの伝統的発酵技術における複合的微生物機能の解析に取り組んでいます。



■ キーワード 応用微生物学、発酵、醸造、微生物変換、バイオプロセス、酵素合成、機能性食品、腸内細菌、プロバイオティクス、根圏微生物、硝化脱窒菌、作物生産、バイオレメディエーション、環境保全、複合微生物系

教授：小川 順 准教授：岸野 重信 助教：安藤 晃規

TEL: 075-753-6115  
E-mail: ogawa.jun.8a@kyoto-u.ac.jp  
URL: <http://www.hakko.kais.kyoto-u.ac.jp>

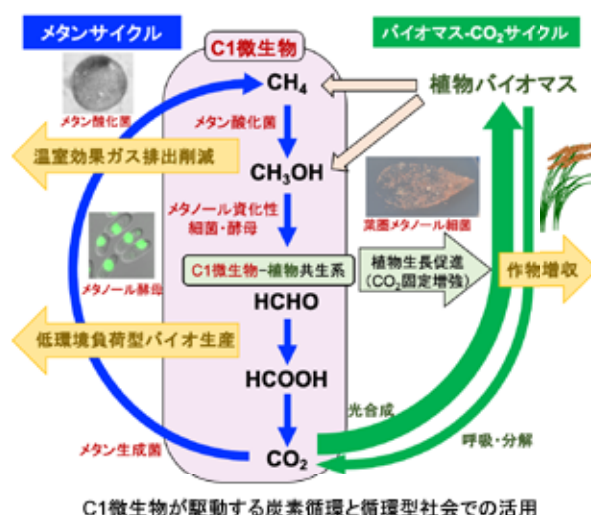
## 応用生命科学専攻 制御発酵学分野

# 循環型社会で活用する微生物機能の理解と制御 —分子細胞生物学からの探求と機能開拓—

私たちの研究室では、主に微生物がもつ細胞機能について様々なアプローチにより本質的に理解し、有用タンパク質の生産や資源・環境問題解決のために応用利用することを目指しています。「循環型社会での活用を目指すC1微生物の細胞機能解明と新技術開発」と「分子細胞生物学に立脚する新しい制御発酵分野の開拓」という2つの大きな研究テーマを縦軸・横軸として、研究室一丸となって研究に取り組んでいます。

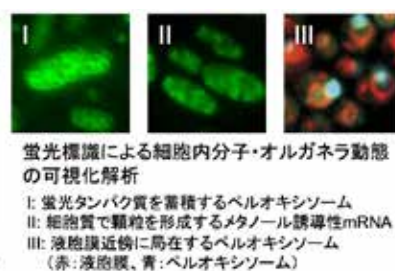
### 循環型社会での活用を目指すC1微生物の細胞機能解明と新技術開発

メタンやメタノールなどのC1化合物を炭素源・エネルギー源として増殖するC1微生物は、二大温室効果ガスであるメタン・CO<sub>2</sub>間の炭素循環（メタンサイクル）を駆動しています。近年、植物からのメタン・メタノールの生成・放出、C1微生物の葉面での優占化、植物への生長促進効果などが明らかになり、メタンサイクルとバイオマス・CO<sub>2</sub>サイクルが共役する新しい炭素循環像が明らかとなりました。私たちは、大規模炭素循環に寄与するC1微生物の細胞機能について、分子レベルでの理解と制御を主眼とした基礎研究を行うとともに、作物増収、温室効果ガス削減や低環境負荷型バイオ生産など、資源・環境問題の解決と脱炭素・循環型社会の実現を目的としたバイオテクノロジー新技術の開発を行っています。



### 分子細胞生物学に立脚する新しい制御発酵学分野の開拓

当研究室において世界で初めて発見したメタノール酸化性酵母を主な研究対象とし、遺伝子発現制御、mRNA 動態、タンパク質合成、オルガネラ膜動態などの分子機構に関する研究を行っています。分子・化学・細胞・代謝をキーワードとした分子細胞生物学研究によって得られた知見に立脚し、異種タンパク質生産など幅広い応用展開が期待される領域における新しい制御発酵学分野の開拓を目指しています。



■ キーワード 炭素循環、C1微生物、メタン、メタノール、バイオマス、葉面微生物、植物微生物相互作用、遺伝子発現制御、異種タンパク質生産、mRNA 動態、オルガネラ膜動態、タンパク質品質管理、レドックス

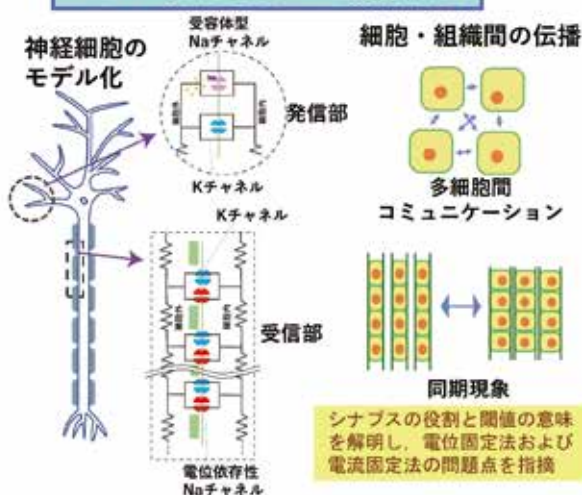
教授：由里本 博也 助教：白石 晃将

TEL: 075-753-6385  
E-mail: yurimoto.hiroya.5m@kyoto-u.ac.jp  
URL: <http://seigyo.kais.kyoto-u.ac.jp>

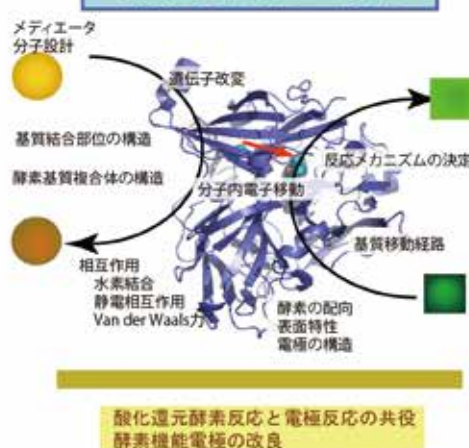
# イオン・電子の流れと生命現象

生体内では電子とイオンの流れによりすべての生命活動を支える「エネルギー」が生み出されています。私たちは、電子とイオンの流れを利用する生物の高度な仕組みを化学するという「生物電気化学」という学問領域を拓いています。生体膜を介した電子とイオンの移動や、酸化還元反応を担う酵素の機能を原子・分子・細胞レベルで解明し、それらを踏まえ電子とイオンの流れを巧みにコントロールすることで、幅広い分野での有効利用を目指しています。

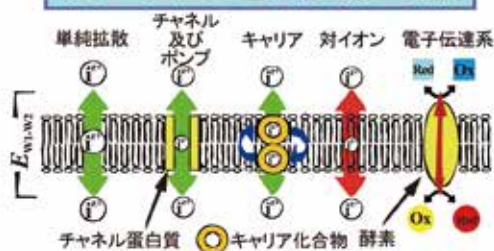
## モデル細胞を用いた情報伝達



## 酵素電極反応の解明



## イオン透過と電子移動の共役



生体膜でのイオン透過は1)～3)の機構で説明されてきた

- 1) 疎水性イオンの透過
- 2) チャネル蛋白質の働きによるもの
- 3) キャリア化合物の働きによるもの

透過イオンの対イオン(反対電荷をもつ共存イオン)も同時に膜に分配し、移動に関与することを明らかにした。

多くの生体反応はイオン透過と電子移動反応の共役によって生じている。電気化学的な知見に基づく呼吸・代謝反応に深く関わる共役反応を明らかにする。

膜透過機構の知見に基づいた生体内における薬物輸送の評価系を構築する。

## 電池・センサへの応用

### バイオ燃料電池の設計



### 肥料センサと自動施肥システムの開発



### 血糖センサ



左：センサのチップに血を吸い込ませる  
右：血糖値が表示される

ここに酸化還元酵素  
ブドウ糖を酸化  
する際の電流から  
血糖値が算出される

■ キーワード 生物電気化学、イオン移動、電子移動、呼吸、光合成、酸化還元酵素、生体膜、薬物輸送、塩分濃度差発電、イオンチャネル、リボソーム、微生物代謝、バイオセンサ、化学センサ、バイオ電池、肥料センサ、細胞間コミュニケーション、神経伝導

教授：白井 理 准教授：北 隅 優 希 助教：宋 和 慶 盛

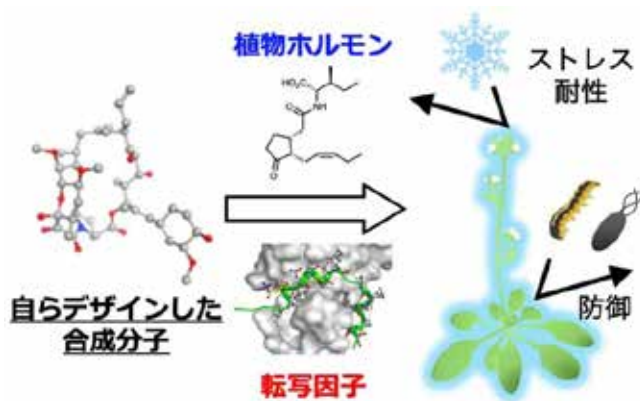
TEL:075-753-6392  
E-mail:shirai.osamu.3x@kyoto-u.ac.jp  
URL: <http://www.bapc.kais.kyoto-u.ac.jp>

# 人工分子で生命現象を紐解き、制御する

植物の生理応答を担う植物ホルモンや、エネルギー代謝を制御する化合物など、重要な生理活性化合物を独自の発想に基づいて改変した人工分子を設計・合成し、その挙動を植物体内などで詳細に調べることによって、化合物が関与する不可思議な生命現象を理解し、制御することを目的に研究を行っています。

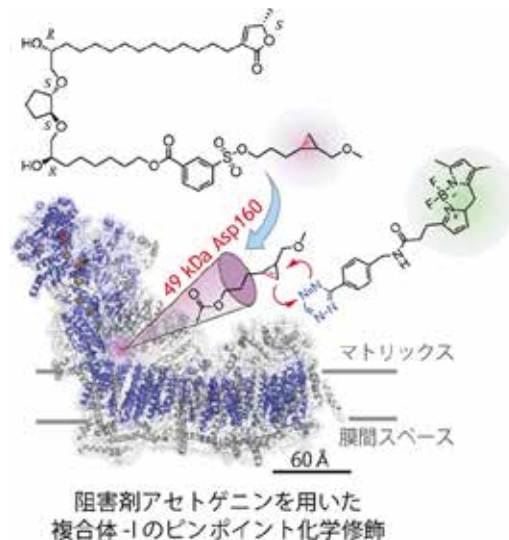
## 植物ホルモン関連転写因子のケミカルバイオロジー

植物のほぼ全ての生理応答（生長・開花・防御・環境ストレス応答など）を担う重要な生理活性化合物である植物ホルモンは、それぞれのシグナル伝達の下流で多くの転写因子の活性を制御することで、1分子で多様な応答を引き起こす。この転写因子が、必要な時に必要な応答だけを誘導する調整役として機能していることが示唆されているが、その詳細なメカニズムはほとんど分かっていない。当研究室では、この植物ホルモン関連転写因子の活性を選択的に制御できる人工分子を、その三次元立体構造を基にして設計・開発し、転写因子間の活性調節機構の解明を目指している。将来的には、植物が元来もつ能力や、まだ明らかになっていない未知の能力を最大限引き出すことに繋がるのが期待され、食料問題への貢献や、資源としての植物の利用を目指して研究を行っている。



## エネルギー代謝酵素のケミカルバイオロジー

細胞のエネルギー代謝を支えるミトコンドリアには、「呼吸鎖複合体」や「ミトコンドリア膜輸送体」と呼ばれる酸化リン酸化（ATP合成）に必須の膜タンパク質が数多く含まれている。エネルギー代謝を制御する生理活性化合物を独自の発想に基づいて設計・合成し、その挙動を酵素レベルで詳細に調べることによって、化合物が関与するエネルギー代謝のメカニズムを明らかにすることを目的に研究を行っている。



■ キーワード 植物ケミカルバイオロジー、有機合成、植物ホルモン、転写因子、タンパク質間相互作用、阻害剤、活性化剤、ミトコンドリア、NADH-キノン酸化還元酵素（複合体-I）、 $\text{Na}^+$ 輸送型NADH-キノン酸化還元酵素（ $\text{Na}^+$ -NQR）

教授：高岡 洋輔

准教授：村井 正俊

助教：榎谷 貴洋

TEL: 075-753-6408

E-mail: murai.masatoshi.5s@kyoto-u.ac.jp

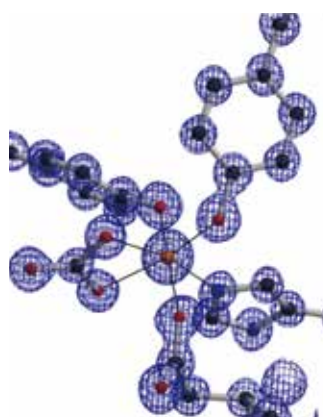
URL: <http://www.biofunc-chem.kais.kyoto-u.ac.jp>

# タンパク質の構造から機能を探る

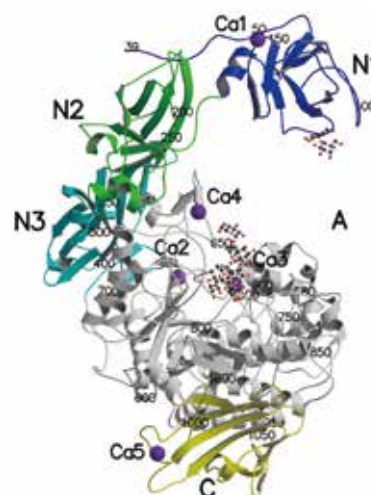
ゲノム解析により、遺伝子の情報が蓄積してきたが、実際の生命現象の場で「はたらく」個々のタンパク質の理解は不十分である。遺伝情報により合成されるポリペプチドは、固有の「構造」(コンフォメーション)をとることによって、はじめてその「はたらき」を示す。生命現象を理解するためには、この「構造」と「はたらき」(機能)の関係を原子レベルで解明することが重要であると考えている。

## タンパク質・酵素の立体構造の決定

タンパク質(卵白タンパク質、種子タンパク質、レクチンなど)や酵素(アミラーゼ、プルラーゼ、グルタミナーゼ、トランスグルタミナーゼ、多糖リアーゼなど)の立体構造をX線結晶構造解析法によって決定している。卵白タンパク質のオボトランスフェリンについては水素原子の位置を明らかにするため、高分解能X線回折と中性子線回折に挑戦している。

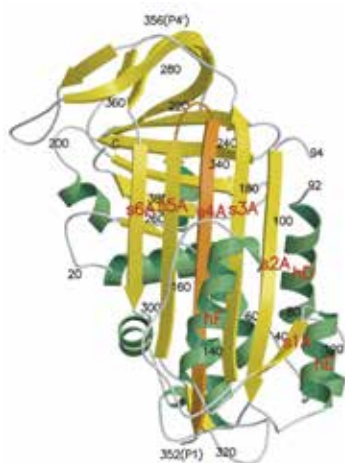


0.88Å分解能でのオボトランスフェリンの鉄周辺の電子密度。



微生物プルラーゼの構造  
5個のドメインから成る。

## X線結晶構造解析を用いたタンパク質の機能解析とタンパク質工学



遺伝子改変によりループ挿入(橙色のβストランド)が起こるようになったオボアルブミン。

タンパク質の「はたらき」は実はタンパク質の「かたち」(構造)の変化によって実現されている。この構造変化をX線結晶構造解析法によって捉えて、その「はたらき」の構造的メカニズムを明らかにする。このことによってタンパク質の機能の改変や新機能を持ったタンパク質・酵素の設計が可能になる。具体的にはβ-アミラーゼの活性部位に存在するフレキシブルループの機能解明、β-アミラーゼの至適pHの変更、プルラーゼの基質特異性の変更、オボアルブミンへのセリンプロテアーゼインヒビター活性の付与、オボアルブミンのアルカリ安定化機構の解明および各酵素の反応機構の解明等の研究を、結晶中での構造変化を見ることによって行っている。

■ キーワード 構造生物学、X線結晶構造解析、タンパク質工学、酵素工学

教授：菅瀬 謙治(兼任) 助教：水谷 公彦

TEL:0774-38-3736 / 3716

E-mail: kmizutani@kais.kyoto-u.ac.jp

URL: <http://www.structure.kais.kyoto-u.ac.jp>

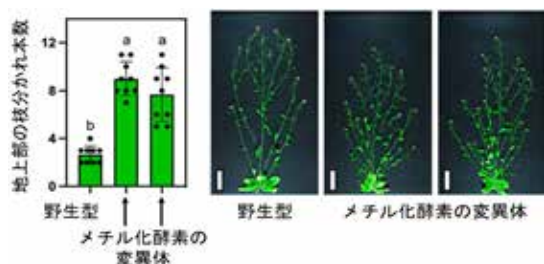
## 応用生命科学専攻 分子生体触媒化学分野

# 二面性を併せ持つ植物ホルモンの機能解明と未知ホルモンの追究

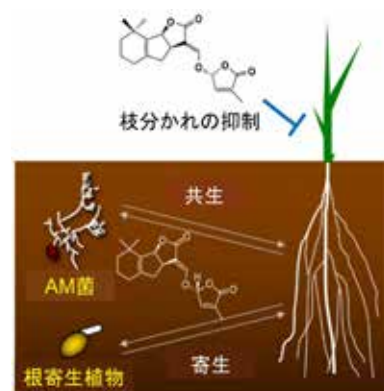
植物ホルモンは、植物に広く保存された物質で、植物の生長や環境応答をコントロールするために重要な役割を果たしています。私たちが主に注目しているストリゴラクトンは、私たちが世界ではじめて植物ホルモンであることを明らかにした物質ですが、同時に根から放出され、根圏での化学コミュニケーション物質としても働く、二面性を持つ物質です。その分子メカニズムの解明を、遺伝学・分子生物学・生化学・化学的アプローチを駆使して行っています。

### ストリゴラクトンの分子メカニズムの解明

ストリゴラクトンは、植物の地上部の枝分かれなどを制御する植物ホルモンとしての側面と、植物の栄養吸収を助けるAM菌との共生促進や農業に深刻なダメージを与える根寄生植物の種子発芽誘導など、根圏でのコミュニケーション物質としての側面を併せ持ちます。しかし、その生合成や代謝・組織間輸送や根からの分泌機構・受容体への結合・シグナル伝達・構造多様性の意義など、未解明な点が多く残されており、これらを様々なアプローチを用いて解析しています。



新規ストリゴラクトン生合成酵素の同定。最近シロイヌナズナで明らかにしたメチル化酵素の変異体は、活性型ストリゴラクトンを作ることができないため、枝分かれが多い。



ストリゴラクトンは、植物の枝分かれを抑制する植物ホルモンとしての機能と、AM菌や根寄生植物との根圏コミュニケーション物質としての機能を併せ持つ。

### ストリゴラクトンの分子進化と未知の植物ホルモンの探索

植物は陸上に進出後、常に環境の変化や外敵の出現に対応して、数億年もの間、その繁栄を築いてきました。それに伴い、植物体内で働く植物ホルモンやそのシグナル伝達に関わる遺伝子も変化してきました。ストリゴラクトンも例外ではなく、進化の過程で、機能や化学構造を微妙に変化させてきました。一方、既知の植物ホルモンでは説明がつかない形態を示す変異体も未だ多く存在します。例えば、私たちは、コケ植物から被子植物まで陸上植物に広く存在しており、ストリゴラクトンに構造が類似しているかもしれない未知ホルモンについて、ゼニゴケやシロイヌナズナなどを用いて追究しています。



ストリゴラクトン受容体と酷似しており、未知ホルモン受容体と考えられる KAI2 タンパク質が欠損した変異体は、ゼニゴケ (左側) では葉状態が矮化・直立し、シロイヌナズナ (右側) では胚軸が長くなる。

■ **キーワード** 植物ホルモン、ストリゴラクトン、生合成、輸送、受容体、シグナル伝達、菌根菌、形質転換植物、生化学、分子生物学、化学遺伝学、天然物化学、分子進化、未知物質の探索

教授：山口 信次郎 助教：増口 潔・林 謙吾

TEL: 0774-38-3228  
E-mail: shinjiro@scl.kyoto-u.ac.jp  
URL: <https://www.scl.kyoto-u.ac.jp/~plant/index.html>

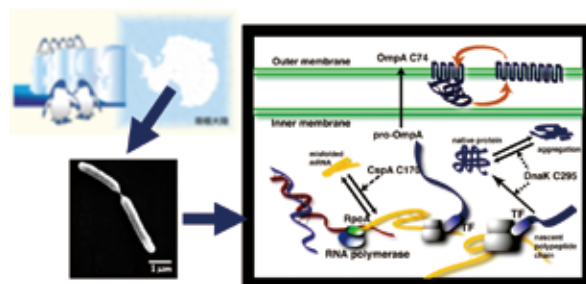
# 微生物機能発現の分子基盤解明と応用

微生物に特徴的な生命現象のメカニズムを生化学的なアプローチによって解き明かし、応用展開することを目指して研究を進めています。特に特殊環境微生物の環境適応を担う分子基盤の解析、ユニークな反応を触媒する新しい微生物酵素の探索と構造・機能解析、生体膜の形成と機能発現を担う分子基盤の解析を行っています。また、それらの知見に基づき、物質生産などに資する新しい微生物利用法の開発を行っています。

## 微生物の環境適応機構の解析と応用

微生物の環境適応を担う分子基盤の解明と応用に取り組んでいます。地球上の生命圏の約8割は常時4℃以下に保たれた低温環境です。このような環境に生息する微生物の環境適応機構を重点的に解析しています。また、これらの微生物を、低温で有用物質を生産するための微生物工場として開発する研究も行っています。

### 微生物の環境適応メカニズム

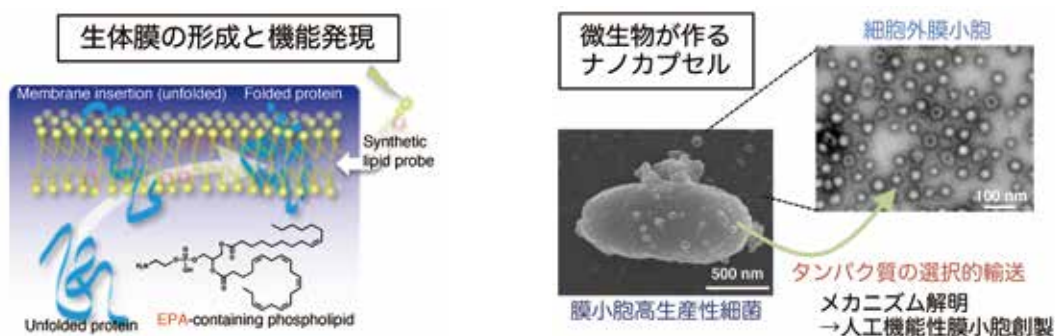


## 酵素の精密反応機構解析と応用

微生物はきわめて多様な物質変換能を有しています。特異な物質変換を担う酵素の中には物質生産や環境浄化への応用が期待されるものも多く、また、化学的に興味深い反応メカニズムをもつものが多数あります。このような微生物酵素の機能解析、精密反応機構解析、応用開発に取り組んでいます。

## 細菌生体膜の形成と機能発現を担う分子基盤の解析と応用

生体膜は細胞の内と外を隔て、細胞内外の物質輸送や情報伝達において必須の役割を担っています。私たちは、このような生体膜の形成や機能発現を担う分子基盤の解明に取り組んでいます。特に、生体膜の主成分であるリン脂質の構造多様性が生み出される機構やそれらの生理機能に関する研究、細菌が細胞外に生産する膜小胞の形成機構や応用に関する研究を行っています。



■ キーワード 微生物、代謝、酵素、補酵素、反応機構、物質生産、極限環境微生物、低温菌、生体膜、脂質、細胞外膜小胞、タンパク質分泌、タンパク質輸送

教授：栗原 達夫

准教授：川本 純

助教：小川 拓哉

TEL:0774-38-3245

E-mail:kurihara@scl.kyoto-u.ac.jp

URL:<http://www.scl.kyoto-u.ac.jp/~mmsicr/mmstojp/Top.html>

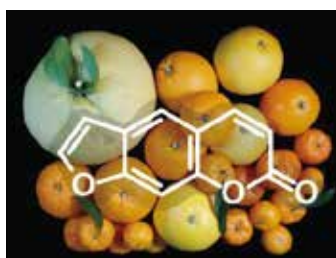
## 応用生命科学専攻 森林圏遺伝子統御学分野

# 植物微生物超個体が作る多様な代謝産物の機能解明と応用

野外で生育する植物は多種多様な微生物と密接に相互作用し、植物-微生物群集の「超個体」として環境に適応しています。本分野では、植物や植物と共存する微生物が生合成する多様な代謝産物に着目し、それらを作る遺伝子や、貯蔵・分泌に関わる遺伝子の機能解明を通して、植物がどのように様々な環境ストレスに適応して進化してきたのかを分子レベルで解明する研究を行っています。また、これらの遺伝子や代謝産物の機能を、化石資源に依存しない有用物質の生産や持続可能な農業生産に応用することを目指します。

### 植物成分の生産機構の解明とその応用

植物は100万種に及ぶ多様な代謝産物を生産し、その中には味や香りの成分、また人の健康に良い薬効成分や逆に毒成分もあります。しかし、代謝産物が植物の中でどのように生合成されるかは未だ多くが謎に包まれています。また、代謝産物は生合成の後に特定の組織に貯蔵されたり、植物体外に分泌されたりしますが、その仕組みもブラックボックスです。そこで柑橘類などの作物や薬用植物を実験材料として、生合成・貯蔵・分泌といった代謝産物の生産機構について遺伝子レベルで解明を進めています。さらに、バイオテクノロジーを駆使して、有用な植物成分の大量生産に向けた応用研究にも取り組んでいます。



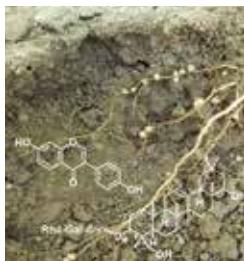
柑橘類の機能性成分・毒性成分の生産を担う遺伝子群の解析を進めています。



植物由来の酵素遺伝子を活用して、植物機能性成分を微生物に大量に作らせる。

### 根圏の植物微生物相互作用に関わる遺伝子の解析とその応用

植物の根の周り（根圏）には多数の微生物が存在します。根粒で窒素固定を行う根粒菌のような植物細胞内共生をする微生物に加え、根の内外にゆるやかに共生する微生物が植物種に特徴的な微生物のコミュニティ（マイクロバイオタ）を形成します。マイクロバイオタがどのように形成され、植物の生育に影響を与えるのかについて、根圏の代謝物の分析、根圏から分離した微生物のゲノム・機能解析、植物生長の解析などを通して研究しています。全国のダイズ圃場でサンプリングした根圏土壌を用いたマルチオミクス解析にも取り組むなど、実験室から圃場まで幅広く研究しています。



根圏のメタボローム解析、メタゲノム解析、酵素機能解析などにより植物と微生物の相互作用の鍵を握る代謝物を明らかにします。



トマトの緑色果実に蓄積するα-トマチンは外敵から身を守る生体防御物質ですが、根から土壌中にも分泌され、トマト根圏にスフィンゴビウム属細菌を増加させることを明らかにしました。さらに、トマト根圏のスフィンゴビウム属細菌はα-トマチンを分解し栄養源にできることを明らかにしました。

■ **キーワード** 植物遺伝子、植物特化代謝産物、代謝酵素、代謝工学、膜輸送、物質集積、根圏微生物、超個体形成、メタゲノム解析、実用植物（ダイズ、トマト、レモン、グレープフルーツ、アシタバ、イチゴ）

教授：杉山 暁史

助教：棟方 涼介

TEL: 0774-38-3617

E-mail: sugiyama.akifumi.4m@kyoto-u.ac.jp

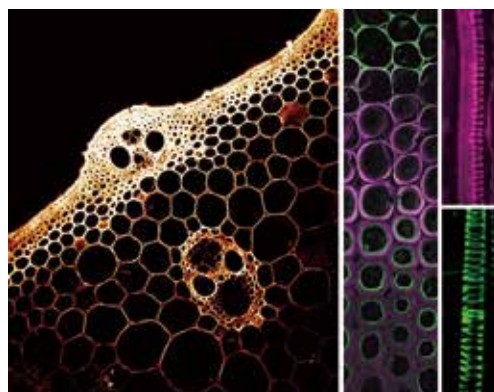
URL: <https://www.rish.kyoto-u.ac.jp/lpge/>

## 植物が作る「細胞壁＝バイオマス」と「二次代謝産物＝有用生理活性物質」の成り立ちを調べコントロールする

陸上で最も豊富に存在する生物資源（バイオマス）は、陸上植物が生産する木質バイオマスであり、その実体は植物細胞を囲む分厚く硬い細胞壁です。当研究室では細胞壁成分をはじめとする植物のからだを構成する生体高分子や関連二次代謝の構造と機能、植物がそれを作り出す仕組みを分子レベルで解明し、その知見を持続型社会の実現に役立つ有用バイオマス生産植物の開発に応用する研究を行っています。

### 植物細胞壁の構造・生合成・進化を解く

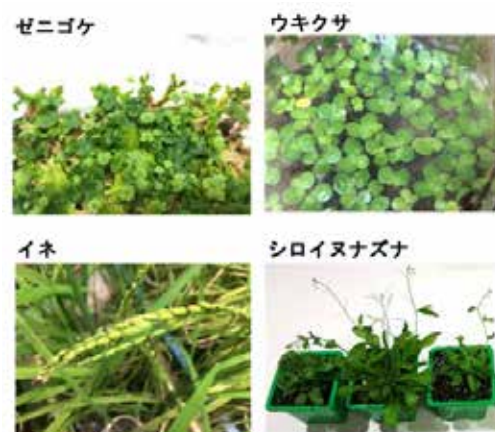
陸上植物は長い進化の過程で、細胞壁を構成するリグノセルロースの構造を複雑化・多様化させ、細胞レベルで高度に制御する生体機構を発達させました。モデル植物であるイネやシロイヌナズナを使って複雑多様なリグノセルロースの構造と生合成、陸上植物の進化と関わりを分子・遺伝子レベルで明らかにする研究を進めています。さらに細胞壁の化学組成・構造を遺伝子操作技術で制御することで改変し、バイオ化成品やバイオ燃料の原料生産に適した植物材料の開発を行っています。



イネの茎（左）、ヒノキの幹（中）、シロイヌナズナの根（右上・右下）で作られる細胞壁

### 植物細胞外ポリマーの化学構造多様性と進化の解明

約5億年前の植物は水中を住処にしていたましたが、乾燥や紫外線から自分自身を守るバリアとして細胞外ポリマー（クチン・スベリン・スポロポレニン）を生合成する能力を獲得し、これを契機に陸上での繁栄を遂げました。この細胞外ポリマーがどのように獲得されたのか、また植物種ごとに異なるその化学構造にどのような生理的意義があるのか、コケやウキクサなど複数の植物種を横断的に比較して研究します。



系統的に位置付けの異なるさまざまな植物種

### 有用二次代謝産物の生合成と代謝工学

植物が生産する様々な二次代謝産物はその多様な生理活性により古来から医薬品や化粧品、香料などに使われてきました。当研究室ではリグナン、ネオリグナン、フラボノイドなどの生合成と代謝工学に関する研究を進めています。

■ **キーワード** 生合成、代謝工学、植物バイオテクノロジー、細胞壁、細胞外ポリマー、リグノセルロース、クチクラ層、リグニン、クチン、スベリン、スポロポレニン、脂質

教授：飛松 裕基

助教：巽 奏

TEL:0774-38-3626

E-mail: ytobimatsu@rishi.kyoto-u.ac.jp

URL: <https://www.rishi.kyoto-u.ac.jp/lmsfpm/>

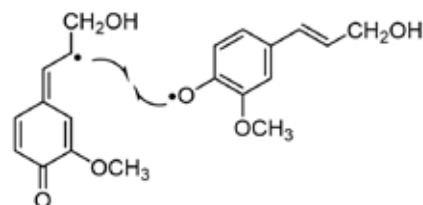
## 応用生命科学専攻 木質バイオマス変換化学分野

# 木質バイオマス成分の構造解析と有用物質への変換

地球温暖化の防止や、資源の有効利用の観点から、石油などの化石資源に依存しない循環型社会の実現が求められています。サステナブル（持続可能）な資源である木質バイオマス（木材）の細胞壁成分の精密な構造解析に基づき、木質バイオマスの成分分離や、化学変換・酵素変換などにより有用物質に変換する（バイオリファイナリー）ため、有機化学や生化学などをベースにした研究を行っています。また、細菌や木材腐朽菌などの微生物を用いた環境浄化に関する研究にも取り組んでいます。

### リグニンの重合メカニズムと化学構造の解明

細胞壁を固める成分であるリグニンは、地球上で2番目に多い天然高分子ですが、モノマーの配列など化学構造の詳細は未解明のままであり、有効利用が遅れています。リグニンの利用にはその構造への深い理解が欠かせません。人工的にリグニンのモノマーを重合させ、リグニンの重合メカニズムや、配列を含めた詳細な化学構造の解明に取り組んでいます。



モノリグノールのラジカルカップリング

### 循環型社会を目指したリグニン研究と新素材創製

木質バイオマスの主要成分であるリグニンおよびリグニンと多糖の結合構造をNMRやMS、様々な分析手法を駆使して解析しています。リグニンは堅固で不定形の複雑な構造を持つ天然ポリマーです。分子構造を理解することで、優れた特性を活用して次世代新素材を開発する研究を進めています。私たちは、環境調和型バイオマス変換技術や、リグニンの生分解機構を研究し、バイオマスを基盤とした循環型社会の実現を目指しています。



木材を構成するリグニンの構造、分離と循環型新素材の創製

### 環境汚染の修復を目指した微生物の利用

自然界に元々存在しなかった化合物や化石資源由来のプラスチックなどは速やかに生分解されず、深刻な環境汚染を引き起こします。このような分解しにくい化合物を土壌細菌や木材を分解するキノコ（木材腐朽菌）を用いて効率良く分解させるための研究に取り組んでいます。その成果を微生物による環境浄化（バイオレメディエーション）技術の一助にしたいとも考えています。



深刻な環境汚染物質であるポリ塩化ビフェニル (PCB) を分解する細菌

■ **キーワード** リグニン、モノリグノール、脱水素重合、リグニン多糖複合体、カーボンニュートラル、バイオリファイナリー、バイオレメディエーション、環境バイオテクノロジー、環境微生物、木材腐朽菌

教授：岸本 崇生

特定准教授：西村 裕志

助教：渡邊 崇人

TEL: 0774-38-3640

E-mail: kishimoto.takao.7k@kyoto-u.ac.jp

URL: <https://www.rish.kyoto-u.ac.jp/lbc/>