

Plant Cell and Developmental Biology 生体分子生合成

I ユビキチン-プロテアソーム経路反応機構の解明

X-ray structural analysis of the ubiquitin proteasome pathway

水島恒裕・中井朋則
Mizushima, T., Nakai, T.

ユビキチンによる翻訳後修飾は、特異的タンパク質分解・DNA修復・転写・免疫応答など、さまざまな生命現象を制御するために不可欠なシグナル伝達経路を調節する役割を担っている。この経路において不要タンパク質を認識し、ユビキチンを付加するユビキチンリガーゼはヒトでは約 600 種類存在し、細胞内の状況に応じて適切なシグナル応答を制御している。また、ユビキチン化修飾されたタンパク質は分子量 250 万、66 サブユニットから構成される超分子複合体タンパク質 26S プロテアソームにより特異的に分解される。これらの高度に制御されたシステムで機能するタンパク質群の立体構造を決定することで、その分子機構の解明を目指している。

II 病原菌エフェクタータンパク質の構造解析による感染機構の解明

Structural analysis of bacterial effector proteins to reveal the pathogenic mechanism

水島恒裕・中井朋則
Mizushima, T., Nakai, T.

病原細菌は感染の過程で、エフェクターと呼ばれるタンパク質を宿主細胞に分泌し、宿主の持つ防御機構を妨げることで感染を拡大している。これらの病原細菌エフェクターは宿主の炎症応答・細胞接着・オートファジーなどを制御するタンパク質に作用し、防御応答を阻害する。病原細菌エフェクターと宿主内標的タンパク質の複合体を、構造生物学的手法を用いて解析することにより感染機構の理解を目指している。

III 種子内部構造の X 線 CT による解析

Analysis of internal structure of seeds using X-ray computed tomography

山内大輔・中井朋則・峰雪芳宣
Yamauchi, D., Nakai, T., Mineyuki, Y.

種子は乾燥していて休眠状態にあり、吸水するとその中の胚は生命活動を再開して発芽する。その過程に起こる種子中での構造変化を観察する時に、種皮が種子の周りを覆っており、支障となっている。しかし、X線CT技術を用いれば、固定や切片作製をしなくても種子内部構造を観察可能である。SPring-8のBL20B2を利用して外部環境によるイネ発芽種子内部構造への影響を調べた。また、富山大学などとの共同研究でコケ植物のX線CTの画像解析法についても検討を行った。さらに金沢大学や大阪大学などとの共同研究でキクタニギク花序の形態についても解析を行なった。

IV シダの前葉体における造精器形成機構の解析

Analysis of formation of antheridium in prothallia of fern

山内大輔・峰雪芳宣
Yamauchi, D., Mineyuki, Y.

シダ前葉体における造精器形成の誘導がカニクサではジベレリンによって行われることがよく知られているが、その機構についてはよくわかっていない。そこで、ジベレリンがなくても造精器を形成する突然変異体などについてジベレリンの合成やその応答に関与する遺伝子発現解析を行った。

V 種子発芽時における遺伝子発現機構の解析

Analysis of gene expression during seed germination

山内大輔・水島恒裕
Yamauchi, D., Mizushima, T.

種子貯蔵物質は、発芽時に分解され、芽や根の成長に利用される。この分解に関わる加水分解酵素の遺伝子発現は、植物ホルモンであるジベレリンに誘導される。オオムギのジベレリン応答発現に関わると予想される転写因子のcDNAを単離して、それらの大腸菌での発現を試みた。

VI 分裂準備帯の形成機構と機能の解析

Analyses of development and function of preprophase bands

中井朋則・山内大輔・水島恒裕・峰雪芳宣

Nakai, T., Yamauchi, D., Mizushima, T., Mineyuki, Y.

分裂準備帯 (preprophase band) は、高等植物体細胞分裂の分裂面挿入位置決定に関与する微小管でできた装置である。この装置は G₂ 期に出現し、前期に完成するが核膜崩壊前後に消失する。しかし、この装置が存在した位置になんらかの位置情報が残され、細胞分裂の最後で、確実に細胞板はこの位置に向かって伸長する。我々は、どのようにして微小管が将来の分裂面の位置に分裂準備帯として並ぶのか、分裂準備帯が消失した後に残るメモリーは何か、また、そのメモリーの蓄積機構は何か、を明らかにすることを目的として研究を行っている。現在は、分裂前期に発現するサイクリン依存リン酸化酵素、CDKB1 とその複合体形成候補であるサイクリン B1 について解析を行っている。

VII 植物の細胞分裂と細胞質分裂に関与するナノマシンの解析

Analyses of nano-machines involved in plant cell division and cytokinesis

中井朋則・山内大輔・峰雪芳宣
Nakai, T., Yamauchi, D., Mineyuki, Y.

生命体を構成する生体分子は集合してナノマシン、あるいはより高次のナノシステムを形成し生命活動を行っている。植物の細胞質分裂に関与する微小管・アクチン繊維・膜系からなるナノマシン・ナノシステムの構築と制御機構を様々な顕微鏡を使って解析している。特に、国内外の幾つかの研究室と共同で、加圧凍結・2軸電子線トモグラフィー法を使ったナノマシンの～7 nm レベルでの解析を行っている。

VIII 細菌由来セルロースの合成機構

Mechanism of cellulose production from bacteria

中井朋則・水島恒裕・峰雪芳宣
Nakai, T., Mizushima, T., Mineyuki, Y.

酢酸菌 *Gluconacetobacter xylinus* が生産するセルロースは、他の細菌が合成するセルロースと比較して、高等植物のセルロースと結晶構造が近く、その合成機構の解明は植物由来セルロースの合成機構の解明にも直結している。特に、セルロース分解酵素であるセルラーゼが植物でも細菌でもセルロースの合成に深く関与していることが知られている。このセルラーゼの機能を調べるにあたり、セルラーゼ遺伝子破壊株の合成するフィブリルの形態を観察する必要がある。セルラーゼ遺伝子破壊株及び野生株の合成するセルロース繊維について、ネガティブ染色を行った試料から電子線トモグラムを作製し、3次元構造解析を進めている。

発表論文 List of Publications

- I-1 Structural basis of sugar recognition by SCF^{FBS2} ubiquitin ligase involved in NGLY1 deficiency. Satoh, T., Yagi-Utsumi, M., Ishii, N., Mizushima, T., Yagi, H., Kato, R., Tachida, Y., Tateno, H., Matsuo, I., Kato, K., Suzuki, T., Yoshida, Y. *FEBS Let* (2024) 598, 2259-2268.
- I-2 Structural basis for the recognition of citrate synthase by the SCF^{Ucc1} ubiquitin ligase complex. Nishio, K., Mizushima, T. and Nakatsukasa, K., *SPRING-8 Research frontiers* (2024) 34-35.
- I-3 水島恒裕：ユビキチンリガーゼ SCF^{Ucc1} が制御する代謝経路の構造基盤、第 105 回 SPRING-8 先端利用技術ワークショップ 2024 年 9 月 9 日 大阪
- I-4 水島恒裕：KEAP1-NRF2 システム制御機構の解明に向けた構造生物学的解析、第 97 回日本生化学会 シンポジウム KEAP1-NRF2-sMAF システム制御の分子基盤、2024 年 11 月 6-8 日 横浜
- I-5 後藤 柊哉・田本 和宏・八代田 英樹・水島 恒裕：プロテアソーム複合体形成シャペロンヒト PSMD9 の基質複合体結晶構造解析、2024 年度日本結晶学会年会 2024 年 11 月 8-10 日 名古屋
- I-6 後藤 柊哉・田本 和宏・八代田 英樹・水島 恒裕：プロテアソーム複合体形成シャペロン ヒト PSMD9 の基質複合体結晶構造解析、第 15 回バイオダイナミクス研究科 2024 年 12 月 5 日 兵庫
- II-1 馬場 拓海・平木 慶人・西出 旭・Kim Minsoo・水島 恒裕：Legionella 菌 Cif と制御タンパク質 Lstg0558 の複合体構造解析、2024 年度日本結晶学会年会、2024 年 11 月 8-10 日 名古屋
- II-2 中村真唯子・Kim Minsoo・水島恒裕：新規病原細菌 HECT 型ユビキチンリガーゼの構造と特性の解析、第 15 回バイオダイナミクス研究科 2024 年 12 月 5 日 兵庫
- II-3 馬場 拓海・平木 慶人・西出 旭・Kim Minsoo・水島 恒裕：Legionella 菌 Cif と制御タンパク質 Lstg0558 の複合体構造解析、第 15 回バイオダイナミクス研究科 2024 年 12 月 5 日 兵庫
- III-1 CT image-based 3D inflorescence estimation of *Chrysanthemum seticuspe*. Matsumoto S, Utsumi Y, Kozuka T, Iwamura M, Nakai T, Yamauchi D, Karahara I, Mineyuki Y, Hoshino M, Uesugi K, Kise K. *Frontiers in Plant Science* (2024) 15, 1374937.
- III-2 唐原 一郎・若林 孝尚・八木原 直樹・山浦 遼平・玉置 大介・蒲池 浩之・山内 大輔・峰雪 芳宣・星野 真人・上杉 健太郎・日渡 祐二・半場 祐子・久米 篤・藤田 知道：X 線マイクロ CT を用いたヒメツリガネゴケ仮根系の 3D 可視化 - セグメンテーション精度向上の取組 -、第 59 回根研究集会 2024 年 7 月 20-21 日 福井
- III-3 八木原 直樹・若林 孝尚・山浦 遼平・玉置 大介・蒲池 浩之・山内 大輔・峰雪 芳宣・星野 真人・上杉 健太郎・日渡 祐二・半場 祐子・久米 篤・藤田 知道・唐原 一郎：X 線 μ CT データにおけるヒメツリガネゴケ仮根の機械学習を用いた検出法の改良、日本植物形態学会第 36 回大会 2024 年 9 月 13 日 宇都宮
- III-4 米倉 崇晃・松本 壮史・内海 ゆづ子・岩村 雅一・中井 朋則・山内 大輔・唐原 一郎・星野 真人・上杉 健太郎・黄瀬 浩一・峰雪 芳宣・小塚 俊明：数理モデルを用いた、キクタニギク頭状花序パターンを変化させる要因の探究、日本植物学会第 88 回大会 2024 年 9 月 14-16 日 宇都宮

- Ⅲ-5 八木原 直樹・若林 孝尚・山浦 遼平・玉置 大介・蒲池 浩之・山内 大輔・峰雪 芳宣・星野 真人・上杉 健太郎・日渡 祐二・半場 祐子・久米 篤・藤田 知道・唐原 一郎：X線マイクロCTデータにおけるヒメツリガネゴケ仮根の機械学習を用いた検出法の改良、日本植物学会第88回大会 2024年9月14-16日 宇都宮
- Ⅲ-6 八木原 直樹・若林 孝尚・山浦 遼平・玉置 大介・蒲池 浩之・山内 大輔・峰雪 芳宣・星野 真人・上杉 健太郎・日渡 祐二・半場 祐子・久米 篤・藤田 知道・唐原 一郎：X線μCTデータにおけるヒメツリガネゴケ仮根の機械学習を用いたセグメンテーション法の改善、日本宇宙生物学会第38回大会 2024年9月21日 山形
- Ⅲ-7 八木原 直樹・若林 孝尚・山浦 遼平・玉置 大介・蒲池 浩之・山内 大輔・峰雪 芳宣・星野 真人・上杉 健太郎・日渡 祐二・半場 祐子・久米 篤・藤田 知道・唐原 一郎：X線μCTデータにおけるヒメツリガネゴケ仮根の機械学習を用いたセグメンテーション法の改善、北陸植物学会第14回大会 2024年11月20日 富山
- Ⅲ-8 荒牧 輪・中井 朋則・上杉 健太郎・星野 真人・玉置 大介・唐原 一郎・峰雪 芳宣・山内 大輔：イネ種子発芽条件の違いにおける形態的差異と遺伝子発現との関連性、種子生理生化学研究会 2024年11月21-22日 京都
- Ⅲ-9 山内 大輔・米田 早秀・中井 朋則・峰雪 芳宣・玉置 大介・上杉 健太郎・星野 真人・唐原 一郎：ミヤコグサ種子吸水に関わるタンパク質の探索、種子生理生化学研究会 2024年11月21-22日 京都
- Ⅲ-10 八木原 直樹・若林 孝尚・山浦 遼平・玉置 大介・蒲池 浩之・山内 大輔・峰雪 芳宣・星野 真人・上杉 健太郎・日渡 祐二・半場 祐子・久米 篤・藤田 知道・唐原 一郎：ヒメツリガネゴケ仮根のX線μCTデータおよび機械学習を用いた三次元形態解析、第66回日本植物生理学会年会 2025年3月14-16日 金沢
- Ⅲ-11 田端 桂介・八木原 直樹・千龍 海夕・山浦 遼平・玉置 大介・蒲池 浩之・小塚 俊明・山内 大輔・峰雪 芳宣・星野 真人・上杉 健太郎・日渡 祐二・半場 祐子・久米 篤・藤田 知道・唐原 一郎：X線μCTを用いたヒメツリガネゴケ茎葉体の三次元形態解析、第66回日本植物生理学会年会 2025年3月14-16日 金沢
- Ⅵ-1 小林寛卓・中井朋則・山内大輔・水島恒裕 タマネギ根端分裂組織の細胞周期におけるCDKB1とCYCB1の発現、令和6年度兵庫県立大学理学部 技術・人材マッチング交流会、2024年12月13日、兵庫

生命科学専攻

博士前期課程

荒牧 輪：イネ種子発芽条件の違いにおける形態的差異と遺伝子発現との関連性

後藤柊哉：シャペロンPSMD9によるプロテアソーム複合体形成機構の解析

中村真唯子：新規病原細菌HECT型ユビキチンリガーゼの構造と特性の解析

馬場拓海：Legionella 菌 Cif と Lstg0558 複合体の構造解析に基づく機能制御機構の解析

科学研究費補助金等

- 1 科学研究費助成事業（令和6～令和9年度）基盤研究（B） 課題番号：24K01968

研究課題 ユビキチンリガーゼが制御する病原菌感染と生体防御応答の構造生物学的解析

研究代表者 水島恒裕

2 公益財団法人ひょうご科学技術協会 令和6年度 学術研究助成

研究課題 ユビキチンリガーゼを利用した病原細菌タンパク質分解誘導剤の開発

研究代表者 水島恒裕