

工藤 洋

京大大学生態学研究センター
教授

フィールド・エピジェネティクス:環境変動下での頑健性の基盤

§ 1. 研究成果の概要

自然生育地における野生植物の集団は、人間による播種・植え付け・施肥・病害虫管理を受けることなく継続的に維持されており、そこで見出される環境変動に対する頑健性の仕組みは、「地球環境が変動する中での極端気象にも対応できる持続的農業」が取り入れるべき仕組みとして有望である。野生植物が複雑な自然環境下で頑健な応答を達成するために持っているエピジェネティックな機構を明らかにし、それを植物の設計・改良に利用するのが本研究のねらいである。

ハクサンハタザオの長期エピゲノムデータ取得により、頑健性付与のための設計ロジックを探索するとともに(工藤グループ)、シロイヌナズナを対象に分子遺伝学的エピゲノム解析をすすめた(角谷グループ)。昨年度までのプロジェクト前半で、長期エピゲノムデータの取得が予定通り進み、設計ロジックと分子遺伝学的エピゲノム解析が良好に進んだため、今年度は具体的な技術目標を立てて進めた。長期エピゲノムデータの解析に重点をおいて進めるとともに、新規に発見したヒストン修飾介在型プロモーターの活用、エピゲノム編集因子の配列特異的DNAメチル化除去機構の解析を進めた。また、新たに福田グループを加え、植物工場の出荷前の前歴環境効果(予冷)がレタス鮮度を保つ効果に着目した研究を進めた。

2019 年度までに得られた成果として、野外の植物集団を対象に 2 年間 50 タイムポイントのエピゲノム動態が得られた。世界で初めて、環境・遺伝子発現とエピゲノム時系列データが統合的に得られた。この解析の主要な成果として、①環境の長期傾向のみに従って変動するヒストン修飾の同定、②環境変動に対して一方向のみに応答するラチェット制御機構の解明があり、これらの成果はハイインパクトな国際誌に 2020 年度中に掲載される。また、③ウイルス感染に対抗する植物の防御法が季節依存的にシフトすることを見出した(Honjo et al. 2020)。④配列特異的な DNA メチル化喪失を引き起こすタンパク質を見出したこと、⑤長期の環境変化に応答するプロモーターを見出し、外来のレポーター遺伝子に長期の応答性を付与したことは、エピゲノム操作技術へとつながる成果である。さらに、国際強化支援により、⑥機械学習によるトランスクリプトームデから表現型(本課題では植物体内の感染ウイルス量)を推定するプラットフォームを英国の情報工学の研究者とともに構築した。これはすぐに使える技術開発である。

【代表的な原著論文】

Honjo MN, Emura N, Kawagoe T, Sugisaka J, Kamitani M, Nagano AJ, Kudoh H. (2020) Seasonality of interactions between a plant virus and its host during persistent infection in a natural environment. *The ISME Journal* :14(2) 506–518 (2020). DOI: 10.1038/s41396-019-0519-41.

Honjo MN, Kudoh H (2019) *Arabidopsis halleri*: A perennial model system for studying population differentiation and local adaptation. *AoB PLANTS* 11(6), December 2019 :Plz076 DOI: 10.1093/aobpla/plz076

§ 2. 研究実施体制

(1) 工藤グループ

- ① 研究代表者: 工藤 洋 (京都大学生態学研究センター 教授)
- ② 研究項目
 - ・ エピジェネティック調節プロモーターの利用
 - ・ 野外環境データの取得
 - ・ 頑健性モデリング
 - ・ 予冷効果によるエピゲノム状態の変化を捕捉するための技術開発
 - ・ エピゲノム解析技術の確立とデータの情報解析
 - ・ トランスクリプトームからウイルス感染量を推定

(2) 角谷グループ

- ① 主たる共同研究者: 角谷 徹仁 (東京大学大学院理学系研究科 教授)
- ② 研究項目
 - ・ シロイヌナズナにおける修飾間クロストークの解析
 - ・ エピゲノム編集因子の解析

(3) 角谷グループ

- ① 主たる共同研究者: 角谷 徹仁 (国立遺伝学研究所総合遺伝研究系 教授)
- ② 研究項目
 - ・ DNAメチル化変動のゲノムワイド解析を中心としたエピゲノム頑健性の理解と設計基盤の構築
 - ・ 配列特異的にDNAメチル化を除く活性のあるタンパク質における抗抑制の分子機構解明に向けた遺伝学および生化学実験

(4) 福田グループ

- ① 主たる共同研究者: 福田 弘和 (大阪府立大学工学研究科 教授)
- ② 研究項目
 - ・ 標準データの取得: 実際の流通販売系の標準的な条件における栽培終期-収穫-コールドチェーンの時系列トランスクリプトームによる概日リズム動態の把握
 - ・ 実際の流通販売系におけるトランスクリプトームの実測と光の影響の解明
 - ・ 予冷におけるエピゲノム動態の基礎分析