

環境調和型バイオテクノロジーによる 汚染浄化と資源回収技術の開発

The Development of Environmentally Friendly Biotechnologies for Pollution Remediation and Resource Recovery



教授 井上 千弘
Professor
Chihiro Inoue



准教授 グラウゼ ギド
Associate Professor
Guido Grause



助教 簡 梅芳
Assistant Professor
Mei-Fang Chien

博士研究員 黄田 毅
技術補佐員 山本 麻理
事務補佐員 工藤 悦子



Group Photo

当研究室は、深刻化している重金属や難分解性有機化合物による土壌・地下水の環境汚染および、地下資源への需要増加による資源不足問題を解決する有効な手法として、生物機能を活かした低コスト・低環境負荷の環境修復技術や資源回収技術により解決することを目指し、これらの技術開発に関する研究を行っている。以下 2021 年の主な研究活動を紹介する：(1) 植物・微生物を用いた有害重金属化合物による土壌・水環境汚染の修復に関する研究、(2) 生物機能を利用した環境技術の開発に関する研究、(3) 土壌環境中のマイクロプラスチックの実態およびその分解プロセスに関する研究

The contamination of soil and groundwater by heavy metals and persistent organic pollutants, such as petroleum hydrocarbons, has been a serious environmental issue of global concern. Moreover, demand for underground mineral resources is growing. However, effective pollution removal and resource recovery methods with low environmental burdens have not been successfully developed and thus they remain a challenge. Our target is to develop remediation and resource recovery technologies that reduce costs, energy demands, and environmental loads. Here, we introduce our major scientific activities in 2021: (1) phyto- and bioremediation of heavy metals from polluted soil and water, (2) development of biotechnologies by using complex biological systems, and (3) investigation of the distribution and degradation process of microplastic in soil.

植物・微生物を用いた有害重金属化合物による土壌・水環境汚染の修復に関する研究

ヒ素(As) やカドミウム(Cd) による土壌・水環境汚染の修復について、それぞれの高蓄積植物 (As: モエジマシダ、Cd: ハクサンハタザオ) を用いた基礎研究及び実証試験を継続し、今年 (1) 宮城県内三つの圃場にて栽培試験を行った。(2) ハクサンハタザオの根におけるトランスポーター遺伝子の *HMA4* は Cd と Zn に応答し、*IRT3* は恒常的に転写することを確認し、植物全体の Cd/Zn 輸送経路に新たな情報を提供した(Fig.1)。(3) 本学サイクロトロラジオアイソトープセンター、量子科学技術研究開発機構高崎量子応用研究所との共同研究として、短寿命放射性同位体を用いた PETIS 測定により高蓄積植物の体内における対象金属輸送過程の追跡を行い、ヒ素輸送過程を動画像として世界で初めて撮影した結果をプレスリリースした (Fig.2)。

複合生物系を利用した環境技術の開発に関する研究

複合生物系・生物機能による環境技術の実用化に必要な環境・生物間相互作用の解明および機能予測に、ネットワーク解析および機械学習を含むデータサイエンスの手法を取り入れた。この手法を導入した

Phyto- and bioremediation of heavy metals from polluted soil and water

Regarding the phytoremediation of arsenic (As) and cadmium (Cd) from contaminated soil or water, we have continued the basic research and demonstration on hyperaccumulators *Pteris vittata* (As) and *Arabidopsis halleri* ssp. *gemmifera* (Cd). First, in 2021, we continued the field trials in three fields in Miyagi Prefecture. Second, we confirmed the transporter gene *HMA4* is expressed in response to Cd and Zn, and *IRT3* is constitutively transcribed in the roots of *A. halleri* ssp. *gemmifera* (Fig.1). Third, as a collaboration with the Cyclotron Radioisotope Center of Tohoku University, Takasaki Advance Radiation Research Institute, and the National Institutes for Quantum Science and Technology, we have traced the process of target metal in *P. vittata* by PETIS measurement using short-living radioisotopes. In addition, we have issued a press release on the results of the world's first moving image of the As transport process (Fig.2).

Development of biotechnologies by using complex biological systems

For the practical application of complex biological system to environmental technologies, we have applied data science approaches, including network analysis and machine learning, to elucidate and predict the functions and

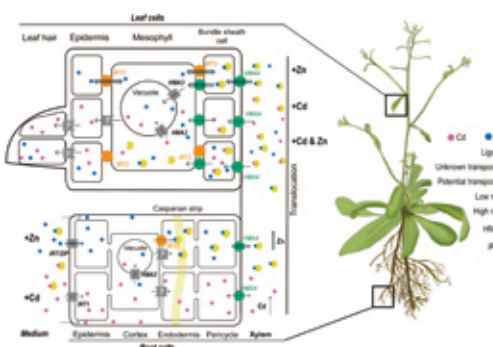


Fig.1 Proposed roles of *HMA4* and *IRT3* during Cd and Zn absorption by *Arabidopsis halleri* ssp. *gemmifera*

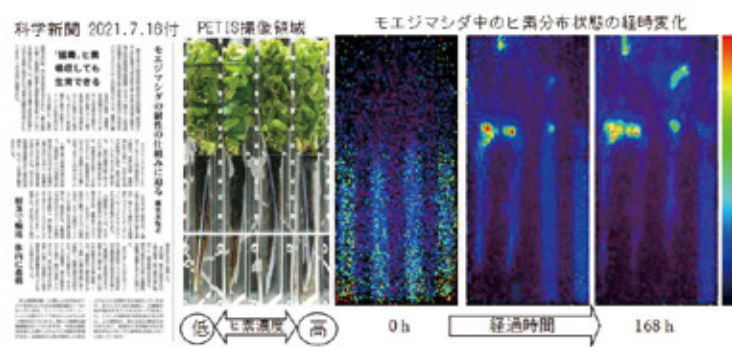


Fig.2 Illustration of the As hyperaccumulator *Pteris vittata*.

ヒ素の生物学的除去の研究テーマが理研-東北大学科学技術共同研究プログラムに採択され、その遂行により、根圏中特定の代謝産物がヒ素の生物利用可能性および微生物活動の診断指標になりうることを見出した (Fig.3)。12月にシンポジウム「環境研究とデータサイエンスの接点とそれから見えるもの」を主催し、さらなる連携のきっかけを作った (Fig.4)。他の生物学環境技術について、1,4-ジオキサンを分解するコンソシアムから、分解菌と非分解菌の役割を解明し、他の汚染物と共存しても高効率で1,4-dioxaneを分解できる合成コンソシアムの構築に成功した。

土壌環境中のマイクロプラスチックの実態およびその分解プロセスに関する研究

土壌からのマイクロプラスチックの分析法について、フェントン反応により有機物を除去し、エルトリエーションと遠心機を用いた分離後、さらに蛍光染色によりプラスチックを定量評価する方法を確立した。ポリエチレンを主成分とした農業用プラスチック資材の長期間暴露実験では、プラスチックの表面酸化およびその過程に微生物活動が関与していることを明らかにした。

国際交流、学会発表、その他活動

簡助教は国際学会 International Conference on Biotechnology and Healthcare Industry に基調講演を行った (オンライン)。井上教授は「QST 高崎サイエンスフェスタ 2021」で招待講演を行った。国内学会では環境バイオテクノロジー学会、農芸化学会、生物工学会、土壌地下水汚染集会において、D3 Tusher, Park, D2 黄, D1 韓, 工藤, M2 佐藤、志村により計8件の発表を行った。簡助教が「環境調和型バイオテクノロジーの創出を目指した生物機能と生物間作用の解明」を題目として、日本微生物学連盟野本賞を受賞した (Fig.5)。3月に6名、9月に4名の修了・卒業生を送り出し (Fig.6)、10月に1名の新学生を迎え、現在所属学生は21名になった。

interactions among organisms in the system, which is necessary for practical use. This study was adopted as a joint research program of RIKEN-Tohoku University Kagi-hub collaboration program, and through this study, we found that some sugar-like metabolites identified from the rhizosphere could be used as indicators of arsenic concentration in plants (Fig.3). We hosted a symposium in December that created an opportunity for further collaboration (Fig.4). We also elucidated the roles of degrading and non-degrading bacteria from a 1,4-dioxane-degrading consortium and found the importance of non-degraders. In addition, we successfully constructed a synthetic consortium that can efficiently degrade 1,4-dioxane with coexistent of other pollutants.

Investigation of the distribution and degradation process of microplastic in soil

For the assessment of microplastic in soil, we separated the microplastic through elutriation and centrifugation, including the removal of organic material by the Fenton reaction, and we identified plastic particles by staining and visualization by fluorescence microscopy at several wavelengths. We confirmed the involvement of microbial activity in the surface oxidation of plastics by long-term exposure experiments of agricultural plastic materials made of mainly polyethylene.

International exchange and other activities

Dr. Chien provided a keynote lecture at the International Conference on Biotechnology and the Healthcare Industry. Professor Inoue gave an invited lecture at the QST Takasaki Science Festival 2021. Mr. Tusher (D3), Miss Park (D3), Mr. Huang (D2), Miss Han (D1), Mr. Kudo (D1), Mr. Shimura (M2), and Miss Sato (M2) gave presentations at domestic conferences. Dr. Chien and her research, entitled "Elucidation of biofunctions and interactions among organisms toward to develop environmentally friendly biotechnologies," received the Nomoto award from the Federation of Microbiological Societies of Japan (Fig.5). We sent out six graduates in March and four in September (Fig.6) and welcomed three new students in April and one in October, bringing the number of affiliated students to twenty-one.

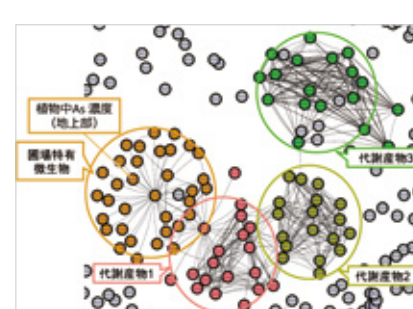


Fig.3 Clusters of factors obtained through network analyzing on data from field trails



Fig.4 Poster of the symposium "The interface between environmental research and data science and what we can see from it"

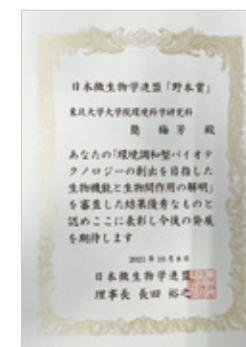


Fig.5 Certificate of Nomoto Award won by Assist. Prof. Chien from FMS Japan



Fig.6 The "INOUE-LAB" cake designed by Dr. Tusher for the graduation ceremony