

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

Development of Environmental Friendly Biotechnologies
for Pollution Remediation and Resource Recovery



教授 井上千弘
Professor
Chihiro Inoue

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、および鉱物やエネルギー資源枯渇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 2023 年の主な研究活動を紹介する：(1) 植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) 複合生物系を利用した環境技術の開発に関する研究、(3) 生物工学的資源循環プロセスの構築に関する研究。

The contamination of soil and groundwater by heavy metals and persistent organic pollutants has been a serious environmental issue of global concern. Moreover, the depletion of certain mineral and energy resources is approaching. However, effective pollution removal and resource recovery methods with low environmental burdens have not been successfully developed, and thus, 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 2023: (1) the phytoremediation of heavy metals from polluted soil and water, (2) research on the development of environmental technology using complex biological systems, and (3) research on the construction of bioengineering-resource recycling processes.

植物を用いた有害重金属の化合物による 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: オオバノイノモトソウ、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) 旧廃止鉱山から流出したヒ素含有浸出水をオオバノイノモトソウにより処理するパイロットスケールの実証試験を開始した (Fig. 1)。(2) ハクサンハタザオの根分泌物が土壌中の Cd と Zn の溶出性を高めることを確認した。

複合生物系による環境技術の開発に関する研究

複合生物系による環境・生物間相互作用の解明および機能予測をネットワーク解析や網羅的解析手法により行っている。具体的には、モエジマシダの根圏環境より取得した元素、微生物叢と代謝産物のデータに対し分析し、環境におけるモエジマシダのヒ素蓄積に寄与する因子を可視化することに成功した (Fig. 2)。また、植物のヒ素吸収または成長を促進する微生物をヒ素超蓄積植物と共栽培することで、植物の生存率を上げ、加えて根圏中亜硫酸化微生物が増え、植物体内ヒ素濃度の上昇につながることを、生物学的ヒ素除去を効率化するメカニズムになることを把握した。

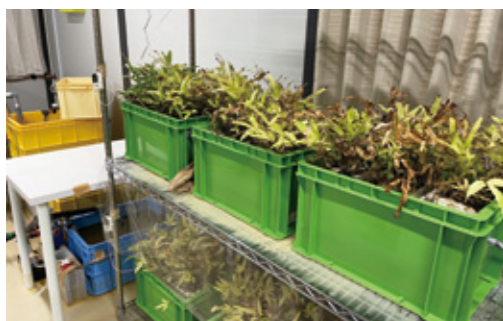


Fig. 1 Photo of the pilot scale biosystem which applying *Pteris cretica* to treat As contained drainage from a closed mining site

Phytoremediation 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 on and demonstration of hyperaccumulators *Pteris cretica* (As) and *Arabidopsis halleri* ssp. *gemmaifera* (Cd). In 2023, we started a pilot-scale study that applies *P. cretica* to treat As-contained drainage from a closed mining site (Fig. 1). Second, we confirmed the components of the root exudate of *A. halleri* ssp. *gemmaifera* increased the leachability of Cd and Zn from the soil.

Research on the development of environmental technology using complex biological systems

For the practical application of complex biological systems to environmental technologies, we applied network analysis and comprehensive analyses to elucidate and predict the functions and interactions among organisms in the system. Particularly, we conducted ionomic, microbiomic, and metabolomic analyses on the rhizosphere of *P. vittata* and visualized the factors that contribute to As accumulation in the environment (Fig. 2). We also found that the co-cultivation of

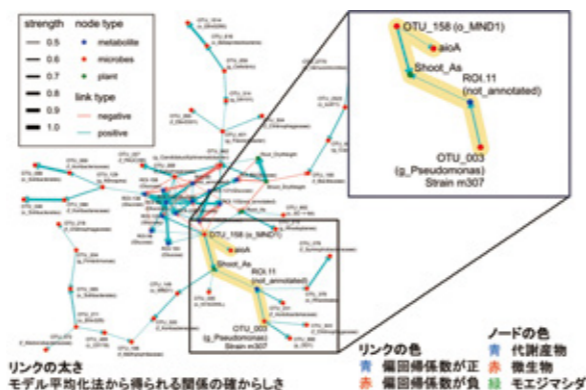


Fig. 2 Image of a network which visualizes factors contribute to As phytoextraction



准教授 簡梅芳
Associate Professor
Mei-Fang Chien

- 博士研究員 黄田 毅
- 技術補佐員 山本 麻理
青木 静
福井 由佳梨
岡本 悦世
- 事務補佐員 工藤 悦子

生物工学的資源循環プロセスの構築に関する研究

生物による金属資源の濃縮回収を目的とし、レアメタルのニッケル (Ni) とコバルト (Co) を低濃度・高感度で吸着する機能を持つ酵母の作製に成功している。また、このような金属吸着酵母を利用した金属回収プロセスの構築に向け、酵母を多孔質材料に固定した金属吸着について検討している。微生物の他、Ni、Co を蓄積する植物の探索も開始している。(Fig. 3) また、生物利用による製錬過程に伴う環境負荷とコストの低減に関する研究も開始し、プロセス中における鉄酸化細菌の調査に力を入れている。

受賞・登用

Thiti Jittayasotorn

- ・9月にサステナブル環境マスター (PMSE) 受賞 (Fig. 4)
- ・10月に東北大学 JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム 採用 韓凝 (D3)、Agni Lili Ariyanti (D3)
- ・4月に文部科学省補助事業「東北大学高等大学院博士学生フェローシップ」継続 簡梅芳
- ・4月に東北大学大学院環境科学研究科准教授 昇任

学会発表、その他活動

国内学会では6月にM1 犬伏、塚田が環境バイオテクノロジー学会にポスター発表 (Fig. 5)、11月に簡准教授がヒ素シンポジウムに口頭発表を行った。国際学会では6月にD3のAgniがInternational Phytotechnology Symposiumに、8月に簡准教授がWRI-17にそれぞれ口頭発表を行った。その他簡准教授は国内では日本生物工学会、資源素材学会、国際会議ではInternational Symposium on Advanced and Sustainable Science and Technologyにて招待講演を行った。



Fig. 3 Candidate plants which accumulating Ni or Co.

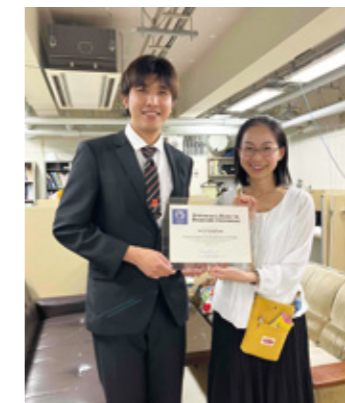


Fig. 4 Photo of Mr. Jittayasotorn with the certification of Professional Master for Sustainable Environmental during his master course.



2023 year end party

P. vittata with microorganisms that promote plant growth and/or As absorption increases plant survival rates and increases arsenite-oxidizing microbes in the rhizosphere, leading to an increase in As concentration in the plant as the mechanism of efficient As phytoextraction.

Research on the construction of bioengineering-resource recycling processes

Aiming at the recovery of metal resources through a biological process, we succeeded in producing yeast capable of adsorbing the rare metals Nickel (Ni) and Cobalt (Co) at low concentrations with high sensitivity. In addition, we are investigating metal adsorption using yeast immobilized on porous material to construct a metal recovery biomaterial. Other than microbes, we have also begun searching for plants that accumulate Ni and Co (Fig. 3). In addition, research on reducing the environmental impact and cost during the smelting process by using microbes has also been initiated, and the efforts focused on investigating the performance of iron-oxidizing bacteria are in process.

Awards and appointments

Mr. Jittayasotorn

- ・Professional Master for Sustainable Environmental (PMSE) award (Fig. 4)
- ・Tohoku University Advanced Graduate School Pioneering Research Support Project for PhD Students

Ms. Han (D3), Ms. Ariyanti (D3)

- ・MEXT "Tohoku University Doctoral Fellowship"

Dr. Chien

- ・Promotion to associate professor at Graduate School of Environmental Science, Tohoku University

Presentations in conferences

Mr. Inubushi and Mr. Tsukada (M1) gave presentations at domestic conferences. Ms. Ariyanti (D3) and Dr. Chien gave presentations at international conferences (Fig. 5). Dr. Chien also gave invited lectures in two domestic conferences and one international symposium.

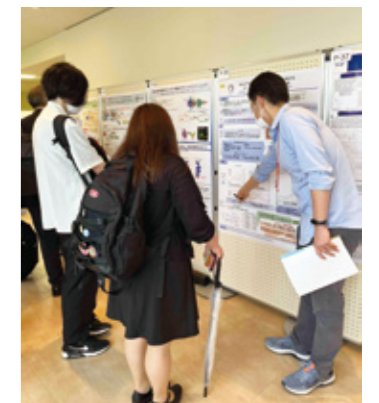


Fig. 5 Photo of Mr. Inubushi in annual meeting of Japan Society for Environmental Biotechnology during his master course.