

環境思いの修復技術と資源回収技術の開発

Development of Environmental Friendly Remediation Technologies and Resource Recovery Technologies



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
JSPS 外国人特別研究員
何 櫻寧 (Ying-Ning Ho)
研究支援者 趙 成珍
技術補佐員 山本 麻理
事務補佐員 工藤 悦子



Group photo of Inoue lab members 2018

重金属や難分解性有機化合物による土壌・地下水の環境汚染の深刻化や、地下資源への需要増加に対する供給不足が関心を集めてきているが、これらの問題を解決する有効な手法やその適用にはまだ多くの課題が残されている。我々の研究室は上記の問題を低コスト・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 2018 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) 難分解性有機化合物の生物分解に関する研究、
- (3) 有害化合物の放出を低減する技術および有用化合物の回収技術の開発に関する研究。

The contamination of soil and groundwater by heavy metals and persistent organic compounds such as chlorinated organic compounds and petroleum hydrocarbons is a serious environmental issue of concern. In addition, there is growing demand for underground resources. However, no effective methods of removing pollutants and recovering resources with low environmental burden have been developed, and thus this remains a challenge. Our aim is to develop remediation technologies and resource recovery technologies with lower cost, less energy demand, and reduced environmental load. Our major scientific activities in 2018 were as follows: (a) phyto- and bio-remediation of heavy metals from polluted soil/water, (b) microbial degradation of chlorinated organic compounds and polycyclic aromatic hydrocarbons, and (c) development of technologies to prevent elution of hazardous compounds and/or to recover valuable compounds.

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

ヒ素やカドミウムによる土壌・水環境汚染の修復について、それぞれの高蓄積植物（ヒ素：モエジマシダ、カドミウム & 亜鉛：ハクサンハタザオ）を用いた日本国内の圃場や現場においての実証試験を継続し、その実用性を検討した。基礎研究として (1) 吸収・蓄積に関するメカニズムに関して、関連遺伝子の酵母組換え体および RNA 転写量の定量解析を進めた。(2) シダによるヒ素の除去効果を促進する根圏細菌の単離とその植物に応用した効果を実証した。(3) 短寿命放射性同位体を用いたヒ素とカドミウム高蓄積植物体内の金属輸送機序の解明について、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共同研究を行い、PETIS を用いてハクサンハタザオのカドミウムと亜鉛の吸収輸送経路が異なることを示唆するデータを取得した (Fig.1)。

難分解性有機化合物の生物分解に関する研究

多環芳香族炭化水素 (PAHs) の生物分解について、水耕栽培実験により、植物の年齢による根分泌物が PAH 分解能の持つ微生物の

Phyto- and bio-remediation of heavy metals in polluted soil and water

Regarding the applicable phytoremediation of soil or water contaminated with arsenic, cadmium, or zinc, we conducted continuous field trials in several fields across Japan; in these trials, we tested soil planting and hydroponically cultivating hyperaccumulators *Pteris vittata* (arsenic) and *Arabidopsis halleri* spp. *gemmaifera* (cadmium and zinc). In this basic research, we (1) investigated the expression of genes related to arsenic, cadmium, and zinc absorption and accumulation so as to clarify the mechanisms of hyperaccumulation; (2) isolated and characterized the multifunctional rhizobacteria from *Pteris vittata* and *Pteris multifida* that aid in arsenic phytoremediation; and (3) applied the PETIS (Positron-Emitting Tracer Imaging System) method to investigate the absorption and transportation of arsenic, cadmium, and zinc in hyperaccumulators (Fig.1)

Microbial degradation of persistent organic compounds

The results of hydroponic-culture experiments of plants with bacteria that degrade polycyclic aromatic hydrocarbons suggest that plant-root exudates (which vary with the plants' age) affect the microbial degradation of these hydrocarbons. In addition, we constructed consortia with the ability to

degrade carbon tetrachloride, heavy oil, and 1,4-dioxane; we also sought to isolate and characterize the microbes that comprise these consortia.

有害化合物の放出を低減する技術および有用化合物の回収技術の開発に関する研究

有害物質の放出低減について、石灰灰中の微量有害元素の溶出とその抑制メカニズムの解明に向け、SEM/EDX/MLA などを用いた石灰灰粒子の元素マッピングおよび化合物の同定、微量元素の可視分析を行ってきた (Fig.2)。また、環境中のマイクロプラスチックを分離する手法や、廃水中の窒素除去を目的とした微生物燃料電池の作製を検討している。資源の回収技術の開発について、有価金属の持続可能な利用を目指した生物学的回収・濃縮システムの開発研究を開始した。レアメタルであるモリブデンの吸着・脱着が可能な酵母の作製に成功し、吸着・脱着および条件の検討を進めている。

国際交流、学会発表、その他活動

井上教授、簡助教が中国上海大学に招聘レクチャーを行った (Fig.3)。簡助教、D2 Sandia がインドネシアのバンドン工科大学にてセミナー講演を行った (Fig.4)。D2 魏が台湾の中央研究院生物多様性研究センター、D2 関がタイのカセサート大学で研修を行った。中国太原理工大学の馬小麗講師を半年間訪問者として、カセサート大学 4 年生の Panupong Wethangkaboworn を半年間、上海大学 4 年生の邵曉琳を 3 カ月間研修生として受け入れた。また、2018 年 11 月から台湾出身の何櫻寧さんが学振外国人特別研究員として在籍中である (Fig.5)。D3 John が環境バイオテクノロジー学会、International Phytotechnology Conference にて最優秀発表賞を受賞した (Fig.6)。その他国際・国内学会における研究発表を計 12 件行った。

Development of technologies to prevent the elution of hazardous compounds and recover valuable compounds

We used SEM, EDX, and MLA to map the elements and compounds in fly ash in order to determine the mechanisms involved in the elution of hazardous compounds (Fig.2). We studied the removal of microplastics from the environment and the development of microbial fuel cells that are intended to remove nitrogen and selenic acid from wastewater. Regarding the technology for recovering resources, we aimed to develop biological recovery systems for valuable metals. As the first target, we constructed a molybdenum-adsorbing yeast by engineering a molybdate-binding domain to the yeast's cell surface.

International exchange and other activities

Prof. Inoue and Asst. Prof. Chien each conducted invited lectures at Shanghai University, China (Fig.3). Asst. Prof. Chien and Ms. Primeia (D2) each gave speeches at Institute Technology Bandung, Indonesia (Fig.4). Ms. Wei (D2) and Ms. Seki (D2) held short-term internships in the biodiversity research center at Academia Sinica, Taiwan, and Kasetsart University, Thailand, respectively. We received Ms. Ma as a visiting scholar from Taiyuan University of Technology, China, and Mr. Panupong and Ms. Shao as visiting students from Kasetsart University, Thailand, and Shanghai University, China, respectively. Dr. Ying-Ning Ho from Taiwan served as a JSPS Postdoctoral Fellowship starting in November 2018 (Fig.5). Mr. Domingues (D3) received the Best Poster Presentation Award at the 2018 meeting of the Japan Society of Environmental Biotechnology and awarded as the 3rd-place Oral Presentation at the 15th International Phytotechnology Conference (Fig.6). In addition, we have given 12 total oral or poster presentations at international and domestic conferences.



Fig.1 Image of PETIS in As mapping of *Pteris cretica*, an As hyperaccumulator

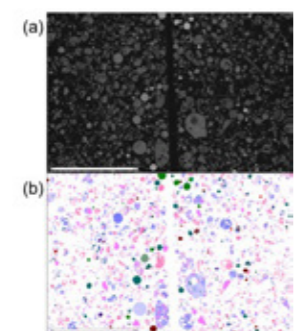


Fig.2 Image of (a) BSE and (b) element mapping of fly ash particles

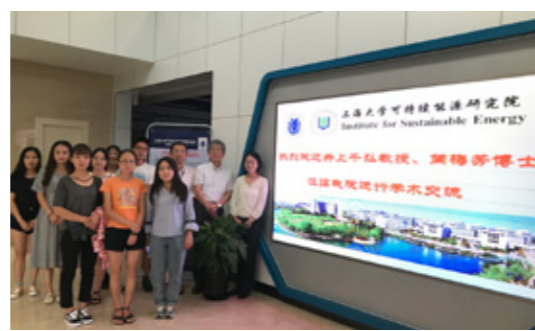


Fig.3 Prof. Inoue and Asst. Prof. Chien after the invited lecture in Shanghai Univ., China



Fig.4 Group photo after the seminar in ITB, Indonesia.

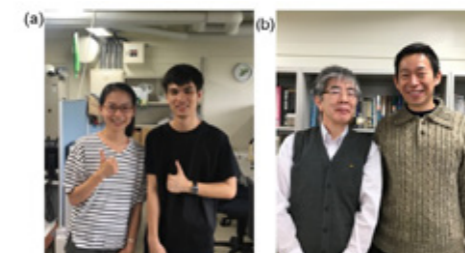


Fig.5 Photos of (a) visiting student, M-kun and (b) JSPS fellow, Ho-san.



Fig.6 Photo of John (D3) receiving the 3rd-place Oral Presentation Award in the 15th IPC, Serbia.