

## 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  
技術補佐員 山本 麻理  
事務補佐員 工藤 悦子



Group Photo

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 2020 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 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 2020: (1) phyto- and bioremediation of heavy metals from polluted soil and water, (2) development of biotechnologies by utilizing bio-functions, and (3) investigation of the distribution and degrading process of microplastic in the 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い、微生物や他の植物との共同栽培効果を検証した (Fig.1)。 (2) モエジマシダは根においてリンのトランスポーター PvPht1;3 よりヒ素を吸収、ヒ素還元酵素 PvACR2 より還元したのち、地上部に輸送することを RNA レベルにて確認した (Fig.2) (3) 短寿命放射性同位体を用いた PETIS 測定によりモエジマシダとハクサンハタザオの体内における対象金属輸送過程の追跡を、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継続している。

#### 生物機能を利用した環境技術の開発に関する研究

石油系炭化水素化合物を分解する集積培養系の構築に成功し、うち *Achromobacter* sp. と *Ochrobactrum* sp. が主とする集積培養は、培養系に分泌される生物学的界面活性物質により、炭化水素化合物

#### 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 continued to apply the hyperaccumulators *Pteris vittata* (As) and *Arabidopsis halleri* ssp. *gemmifera* (Cd) to demonstrate their hyperaccumulation mechanisms through basic research and to apply them in field trials in Japan and Vietnam using soil and hydroponic cultivations. In 2020, first, we continued the field trails in three fields in Miyagi prefecture (Fig.1). Second, we confirmed the sensitive AsV absorption by a P transporter PvPht1;3, constitutive AsV reduction by PvACR2 and subsequent AsIII transportation in root of *P. vittata* in RNA level (Fig.2). Third, we continued applying the PETIS method using short-living radioisotopes to investigate and visualize the transportation of As in *P. vittata* and Cd in *A. halleri* ssp. *gemmifera*.

#### Development of biotechnologies by utilizing bio-functions

Petroleum hydrocarbon compound-degrading consortia were established, in which the biosurfactant produced from the consortium contained mainly *Achromobacter* sp. and *Ochrobactrum* sp. supported efficient degradation. We also successfully isolated two novel 1,4-dioxane degrading bacteria,



Fig.1 Photo of a field trial for *Pteris vittata* and *Arabidopsis halleri* ssp. *gemmifera* in Miyagi prefecture.

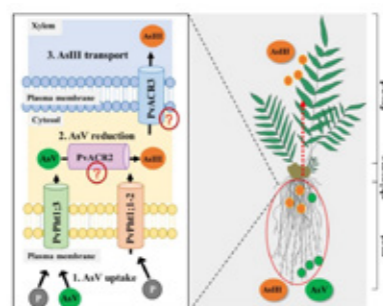


Fig.2 Hypothesis of As absorption, reduction and transportation by *P. vittata*.

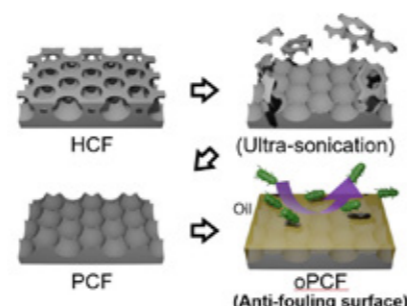


Fig.3 Procedure of fabricating anti-fouling surface.

の分解がより効率的に進行することがわかった。また、1, 4-ジオキサンに分解能を示す集積培養系から新規分解菌の *Dokdonella* sp. と *Bradyrhizobium* sp. の単離に成功した。その他、微生物によるレアメタル回収技術の開発を目指し、固定したモリブデン吸着酵母を用いた効率的なモリブデン回収を技術的に確認できた。また、油層担持高分子多孔質薄膜を平面・曲面基板上に作製し、微生物に対する抗生物質付着特性を確認した (Fig.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

土壌からのマイクロプラスチックの分離について、フェントン反応により生体物質を除去し、エルトリレーションと遠心機を用いた分離、さらに蛍光染色によりプラスチックの分離法を確立し、精度を上げた。また、畑から回収した農業用プラスチック資材に存在する微生物を調べ、土壌中存在割合の低い *Pseudomonas* 属と *Janthinobacterium* 属がプラスチック表面の優占種であり、またこれらの菌はプラスチックに付着性を示したことを確認した (Fig.4)。

#### 国際交流、学会発表、その他活動

グラウゼ准教授がインドネシアのブラウイジャヤ大学の「3 in 1」プログラムに客員教授として勤めた。また、第4回国際グリーン農業・バイオ経済会議 (ICGAB 2020) にて土壌中のマイクロプラスチックについて基調講演を行った。簡助教は「微生物・植物による環境汚染浄化機構の解明とその応用に関する研究」を題目として環境バイオテクノロジー学会奨励賞を受賞した。グラウゼ准教授は The 2nd International Conference on Advances in Civil and Ecological Engineering Research (ACEER2020) に出席・発表を行い、Best Oral Presentation を受賞した (Fig.5)。第二回環境討論会に、M1 佐藤花奈子と M1 志村龍之介が優秀ポスター賞を受賞した (Fig.6)。

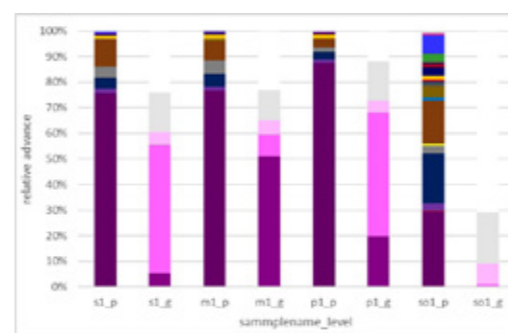


Fig.4 Distribution of bacteria from s1)sheet-rinsing water, m1)mulch-rinsing water, p1)peg-rinsing water, s0)soil at p)phylum and g)genus level.

*Dokdonella* sp. and *Bradyrhizobium* sp., from a consortium. We applied immobilization technology to molybdenum-adsorbing yeast and confirmed the efficient molybdenum adsorption by the immobilized yeast. We fabricated oil-infused honeycomb film (oPCF) by breath figures and confirmed its antibiofouling properties (Fig.3).

#### Investigation of the distribution and degrading process of microplastic in the soil

For the assessment of microplastic in soil, we continued developing approaches to separate microplastic from the soil. We separated the microplastic through elutriation and centrifugation, including the removal of biological material by the Fenton reaction, and we identified plastic particles by staining and visualization through fluorescence microscopy at several wavelengths. We investigated the influences of agricultural plastics to soil bacteria and found that *Pseudomonas* and *Janthinobacterium*, which were minority in soil bacterial communities, became majority on the surface of plastic (Fig. 4), suggesting the existence of plastics in soil interferes with soil microflora.

#### International exchange and other activities

As a visiting professor, Dr. Grause provided several lectures for the “3 in 1” program of Brawijaya University. The lectures focused on the impact of plastics on the environment. This included a webinar on microplastic and a workshop. The whole program was conducted online. As a part of the program, Dr. Grause provided a keynote lecture at the 4th International Conference on Green Agro-industry and Bioeconomy (ICGAB 2020) about microplastic in soil. Dr. Chien and her research, entitled “Clarification and application of the mechanisms of purifying environmental contamination by plants and microbes,” received the Encouragement prize from Japan Society for Environmental Biotechnology. Dr. Grause also received the best oral presentation award at the ACEER2020 (Fig.5), and Mr. Ryonosuke Shimura (M1) and Miss Kanako Sato (M1) received the poster award in the 2nd Environmental Forum (Fig.6).

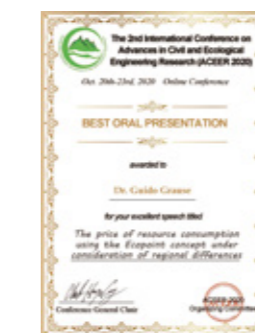


Fig.5 Best oral presentation by Assoc. Prof. Grause in ACEER 2020.



Fig.6 Photo of Mr. Shimura (M1) and Miss Sato (M1) receiving the award of the Best Poster Presentation in the Environmental Forum 2020.