

ライフサイクル視点から真に持続可能な資源循環を目指す研究

Research for a true sustainable circulation of resources from a life cycle perspective



教授 松八重 一代
Professor
Kazuyo Matsubae

本研究分野では、社会の礎となる栄養塩類や資源を巡り、物質循環解析や資源利用に伴う環境影響の評価、環境負荷低減技術と未利用資源の利活用に向けた技術の社会的評価、資源の持続的管理システムの開発を多岐にわたって行っている。地球規模の気候変動、資源の過剰消費、格差が加速する環境破壊、経済社会矛盾の深刻化などの複合的危機の時代に持続可能な社会を構築するためには、経済活動に伴う食料・水・資源・エネルギーの需給構造、廃棄物・副産物の量と質の把握、及びそれらに関連する技術、社会経済的事象の全容を理解する必要がある。これらを踏まえ、真に持続可能な資源循環システムの構築を目指す研究活動をライフサイクル視点から様々なスケールで取り組んでいる。

In this research field, we conduct a wide range of analyses on nutrients and resources that form the basis of society, such as material flow analysis, the assessment of environmental impacts related to resource use, social evaluation of technologies for alleviating environmental burdens and utilizing untapped natural resources, and the system development of sustainable resource management. To build a sustainable society in times of multiple crisis, such as the global climate change, overconsumption of natural resources, environmental degradation with rising inequalities, and deepening contradictions between economics and societies, it is vital to fully understand the supply and demand structure of food, water, resources, and energy associated with economic activities, the quantity and quality of waste and byproducts, and the overall picture of related technologies and socioeconomic events. We passionately conduct research aimed at building a true sustainable circulation system of resources on different scales from the perspective of life cycle.

リンと窒素の適切な管理に向けて

リンと窒素などの栄養塩類は農業生産において肥料の原料としての用途が大きいが、自動車や半導体・電子部品、化学品、医薬品など広範な工業分野で重要な資源としても使われている。特にリンは多くの国で戦略物資として位置づけられており、その供給混乱は食糧生産や工業製造に深刻な影響を及ぼす恐れがある。一方、水域・環境中に流出したリンと窒素は水質汚染や富栄養化、酸性化等の負の環境影響を引き起こす原因物質でもある。水環境保全の観点で環境対策強化や排水処理技術の高度化は経済圏からの栄養塩排出を防ぐが、沿岸養殖業では貧栄養化による養殖海苔の色落ちや水産物の収穫量減少も課題となっている。農業・水産業・工業の持続可能な生産のため、陸域・沿岸海域の栄養塩動態の解明と適切な管理手法の開発が重要である。我々は日本の排水処理及び中国の都市ごみ処理に関わる窒素フロー解析、並びにリン鉱石採掘に起因する鉱山周辺の環境攪乱評価に取り組んでいる。これらの成果を中国の汕頭大学で開かれた The 24th Pacific Science Congress とアフリカのガーナで初開催となった The 8th Global Sustainable Phosphorus Summit (SPS8) で報告した。また、秋田県大湯村の農地から八郎湖流域、もみ殻処理施設、排水処理場に加え、遠くガーナのココア生産農園まで巡って、見て、聞いて、匂いを通じて栄

Toward Appropriate Management of Phosphorus and Nitrogen

Phosphorus (P) and nitrogen (N) are essential nutrients critical for fertilizers and diverse industries, including automotive, semiconductor, chemical, and pharmaceutical sectors. Recognizing P as a strategic material, many nations acknowledge that supply disruptions could severely impact food security and industrial output. However, excessive P and N entering aquatic environments contribute to detrimental environmental consequences, such as water pollution, eutrophication, and acidification. Although enhanced environmental regulations and advanced wastewater treatment technologies mitigate nutrient discharge from terrestrial areas, coastal aquaculture faces challenges, including seaweed discoloration and diminished seafood yields, potentially linked to oligotrophication. Sustainable production across agriculture, fisheries, and industry necessitates a deep understanding of nutrient dynamics in terrestrial and coastal marine environments, coupled with the development of effective management strategies. Currently, our focus is on quantifying N flows associated with wastewater treatment in Japan and municipal waste treatment in China as well as environmental disturbances surrounding global phosphate rock mines. The findings from these investigations have been presented at international conferences and shared during field visits in Japan and Ghana. Such activities fostered productive discussions regarding the efficient utilization and proper management of nutrients regionally or worldwide.



Fig. 1 Engaged presence at the 8th Global Sustainable Phosphorus Summit in Ghana



Fig. 2 Thoughtful exchanges on nitrogen flows at the 24th Pacific Science Congress in China



Fig. 3 Assessing heavy metal pollution at an artisanal small-scale gold mine in Ghana



助教 張 政陽
Assistant Professor
Zhengyang Zhang

養塩の流れを感じることができた。これらの活動は、リンと窒素をいかに効率的に利用し適切に管理するか実りある議論が展開され、更なる研究発展につながる重要な足がかりとなった (Figs. 1-2)。

鉱山活動に伴う環境攪乱評価手法の構築

鉱山活動は自然環境に複合かつ長期的な影響を与えている。掘削や森林伐採による著しい地形変化や生態系破壊に加え、酸性鉱山排水や重金属の流出による水質・土壌汚染、大量に発生する鉱滓の管理不全による災害リスク、閉山後も半永久的に続く坑廃水処理などの課題も抱えている。これらの影響は、資源採掘国や地域、鉱山によって多様であり、同一鉱石であっても精錬技術や適正管理の有無により、金属資源の背負う環境負荷は大きく変動する。これらの差異を明示し、それに応じた適切な環境管理は重要な課題である。我々のグループは、リモートセンシングと衛星画像解析、機械学習を軸に、鉱山採掘活動に起因する環境攪乱の時空間変化を評価し、技術選択のトレードオフを明らかにするための革新的な手法を開発している。これらの手法をチリの銅採掘やインドネシアのニッケル採掘に適応した研究論文は *Resources* 誌と *Environmental Research Letters* 誌に掲載された。また、関与物質総量の観点から中国の自動車部門の脱炭素化に必要な金属資源の背負う環境負荷を可視化した研究成果は *Nature Communications* 誌にも掲載された。更には、鉱物資源採掘が盛んなモンゴル国、ナイジェリア、ガーナの鉱山地域におけるフィールド調査・実証研究を通じて、多種多様な採掘活動がもたらす環境影響の特徴を特定している (Figs. 3-4)。

活力あふれる研究活動

国際色豊かな当研究室は今年度も精力的に活動し、国際学術誌への17編の論文掲載をはじめ、広島やシンガポールなどで開かれた国内外の学会で数十件の発表を行い、優秀ポスター発表賞など複数の賞を受賞した。また、英国・カナダ・豪州・インドネシア・中国からの研究者らとのワークショップ開催などの国際連携も強化した (Fig. 5)。大阪万博オーストラリアパビリオンの重要鉱物イベントにVIPとして招待されたことは最高に素敵な経験となった。



Fig. 4 Investigating the environmental impacts of copper mining in Mongolia



Fig. 5 Inspiring talks with professors from the University of Oxford and Indonesia



Fig. 6 Wrapping up the year with a party full of unboxing surprises

The exchange of knowledge and perspectives has served as a valuable foundation for future research endeavors (Figs. 1-2).

Developing Environmental Disturbance Assessment Methodologies for Mining Activities

Mining activities have complex and long-term impacts on the environment, including significant land use change and ecosystem destruction, water and soil contamination from acid mine drainage and heavy metal leakage, disaster risks due to mismanagement of massive amounts of tailings, and semipermanent mine water treatment that continues even after mine closure. These impacts vary across countries and individual mines. Even for the same ore, the environmental burden metals carry changes significantly depending on refining technologies and the extent of proper management. Identifying these differences and implementing appropriate environmental management strategies accordingly is important. Our group is developing innovative methods to evaluate the spatiotemporal changes in environmental disturbances caused by mining and to clarify the trade-offs of technology choices, primarily using remote sensing, satellite imagery analysis, and machine learning. Research papers applying these methods to copper mining in Chile and nickel mining in Indonesia have been published in the journals *Resources* and *Environmental Research Letters*. Our research visualizing the total material requirement for China's automotive decarbonization was also published in *Nature Communications*. Through field surveys in various mines in Mongolia, Nigeria, and Ghana, we are distinguishing the characteristics of environmental impacts caused by various mining activities (Figs. 3-4).

Vibrant Research Activities

Our internationally diverse research group has been engaged this year, making 17 publications; delivering dozens of presentations at domestic and international conferences held in Hiroshima, Singapore, etc.; and receiving awards, including the Outstanding Poster Presentation Award. We also strengthened international collaborations through workshops with scholars from the UK, Canada, Australia, Indonesia, and China (Fig. 5). Being invited as VIPs to the critical minerals event at the Australia Pavilion of the Osaka Expo was a truly exceptional experience.