

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



助教 張 政陽
Assistant Professor
Zhengyang Zhang

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 our 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 systemic development of sustainable resource management. To build a sustainable society in times of multiple crises, such as global climate change, overconsumption of natural resources, environmental degradation with rising inequalities, and deepening contradictions between economics and societies, it is vital to understand fully the supply and demand structure of food, water, resources, and energy associated with economic activities, the quantity and quality of waste and by-products, 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 life cycle perspective.

リサイクル新技術の開発と評価

アルミニウムは最もリサイクルされている素材の一つではあるが、現在のスクラップ溶解法では、高品質アルミニウムの生産上有害とされる不純物元素は、リサイクルを重ねるたびに再生アルミニウムの中に蓄積されて次第に含有量が高くなるため、再生アルミニウムの品質低下が避けられない。再生アルミニウムの最終用途は、主に自動車用エンジンブロック鋳造品向きである。世界で進むガソリン車から電気自動車へのシフトによる脱エンジン化に伴い、アルミニウムの循環構造の破綻が懸念される。このままでは将来的に受け皿のないアルミニウム(デッド・メタル)の大量発生が予想される。この“アルミニウム危機”は、先進国共通の課題であるが、高純度アルミニウムに再生できる技術があれば、この危機を克服できる。この度、東北大学工学研究科の朱鴻明教授らのグループと連携し、不純物元素を大量に含む廃アルミニウムを純アルミニウムに再生でき、多様なアルミニウム需要へ対応できる世界唯一の技術を開発した。そして、新技術の導入による世界でのアルミニウムの循環構造の変化を解析した。研究成果は英国科学誌 Nature に掲載された。

Development and evaluation of new recycling technologies

Aluminum (Al) is one of the most recycled and recyclable materials in use today. The recycling of Al scrap today utilizing remelting techniques downgrades the quality of the Al because impurities are accumulated in the recycled Al and their concentration gradually increases every time the Al scrap is recycled. This downgraded recycled Al is mostly used in vehicle engine blocks as Al casting alloys. With the global shift from gasoline vehicles to electric vehicles, the predicted increase in demand for high-grade Al is expected to be accompanied by a drop in the demand for low-grade recycled Al. This will lead to an imbalance in Al cycles and a secondary Al surplus that has become a “dead metal.” This looming imbalance in the Al cycle is a common challenge for developed countries, but rational solutions are available for it. Through the cooperation with Professor Hongmin Zhu’s group from the Graduate School of Engineering at Tohoku University, we developed the world’s first and only solid-state electrolysis (SSE) process for upcycling Al scrap and evaluated the effects of introducing the SSE process to global Al cycles, with the aim of achieving true sustainability in the Al industry. The results have been published in *Nature* (Fig.1).

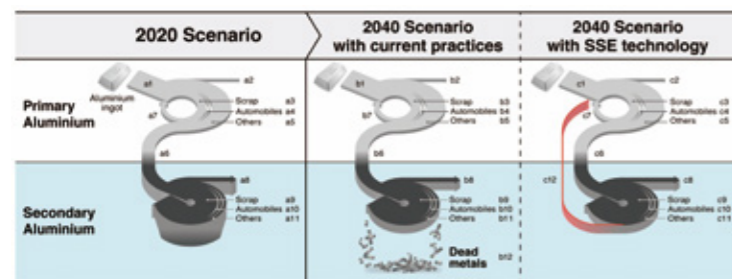


Fig.1 Global aluminium cycle in 2020 and 2040 (Lu, X., Zhang, Z., et al. Nature 606, 511–515, 2022. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04748-4>)



Fig.2 Group photo at the ASGM event.

鉱物資源のサプライチェーンリスク最小化に向けて

鉱物資源の採掘から製品の配送に至るまでのサプライチェーンには様々なリスクが付随している。資源の供給制約となり得るリスク要因を踏まえた戦略的な資源管理は、鉱物資源の持続的な利用に対して極めて重要な課題である。当研究室は、科学技術振興機構 (JST) 未来社会創造事業「鉱物資源のサプライチェーンリスク最小化に向けたリソースロジスティクス解析システムの構築 (JPMJMI2115)」に取り組むとともに、「零細及び小規模金採掘における水銀の遺贈」と題した国際的な情報交換イベントを2022年10月に福岡で開催された「エコバランス国際会議」で行った。イベントでは健全な水銀管理の実現に向け、水銀の使用・貿易ならびに環境への排出削減、そして機械学習や無償衛星画像を活用し金鉱山の違法採掘スポットの発見手法開発に関して議論していた。今後も専門家や有識者、各国・各域の関係者との連携を強化し、ものづくりの現場で鉱物資源供給リスクの最小化に向けた意思決定支援を行う (Fig.2)。

Minimizing supply chain risks of mineral resources

The supply chain of minerals, from the extraction of resources and the production of goods through to the distribution of products, is accompanied by various risks. Strategic resource management in the context of risk factors that may constrain the supply of minerals is of vital importance for the sustainable use of minerals. We have begun a project titled “Systemic Development of Resource Logistics for Minimizing Supply Chain Risks of Mineral Resource” (JPMJMI2115), funded by the Japan Science and Technology Agency (JST). In addition, we have co-organized an event titled “Mercury Legacy in Artisanal and Small-Scale Gold Mining (ASGM)” at the International Conference on EcoBalance in Fukuoka City in October 2022. International views have been exchanged on the issues associated with the use and trade of mercury, and the development of detection methods for illegal gold mining to achieve sound management of mercury in the ASGM. We will continue to strengthen the cooperation with experts in this field and support decision-making to minimize supply risks for minerals in industries (Fig.2).

研究成果の発信と受賞

2022に我々の研究成果が様々な分野で表彰された。まず、当研究室を率いる松八重一代教授は、持続可能なリソース管理に向けたライフサイクル的思考の分野で優れた業績を上げたため、日本ライフサイクル学会より「功労賞」を受賞した (Fig.3)。また、博士課程1年生の王彬澤は、第4回環境討論会で発表した電気自動車の普及や自動車軽量化の進展に伴う中国における二次アルミニウム循環の解析が評価され、「最優秀ポスター賞」と「研究科長賞」両方を受賞した (Fig.4)。次に、博士課程3年生のDheanara Pinkaは、日本の真珠養殖業の環境影響評価につき、ウィーンで開催された国際産業エコロジー学会・社会経済的代謝分科会より「最優秀ポスター賞」を受賞した (Fig.5)。さらに、9月に博士号を取った Aurup Ratan Dhar は学業成績優秀者として本研究科より表彰された (Fig.6)。

Research outcome communication and awards

In 2022, we enthusiastically presented our research outcomes and were awarded in several fields. Prof. Kazuyou Matsubae received the Distinguished Service Award for her achievements in the field of life cycle thinking for sustainable phosphorus management from the Institute of Life Cycle Assessment of Japan (Fig.3). Binze Wang received both the Best Poster Award and the Dean’s Award for her excellent research on China’s secondary aluminum flow analysis at the 4th Academic Forum on Environmental Studies in the GSES (Fig.4). Moreover, Dheanara Pinka won one of the five selected for the Best Poster Award for her presentation on the environmental impact assessment of Japanese pearl farming at the 14th International Society for Industrial Ecology Socio-Economic Metabolism (ISIE-SEM) Conference held in Vienna, Austria (Fig.5). Further, Dr. Aurup Ratan Dhar received his PhD in September, and he was commended for his academic achievement by the GSES (Fig.6).



Fig.3 Distinguished Service Award for Prof. Kazuyo Matsubae



Fig.4 Binze Wang’s award of merit.



Fig.5 Dheanara Pinka’s award of merit.



Fig.6 Dr. Aurup Ratan Dhar’s award of merit.