

京都大学教育研究振興財団助成事業  
成果報告書

令和5年 7月 28日

公益財団法人京都大学教育研究振興財団

会長 藤 洋作 様

所属部局・研究科 工学研究科

職名・学年 助教

氏 名 竹内 悠

|            |   |             |           |  |
|------------|---|-------------|-----------|--|
| 助成の種類      | 令和4年度 ・ 在外研究助成  |             |           |  |
| 研究課題名      | 膜処理と促進酸化処理を組み合わせたオンサイト型下水再利用システムの開発   |             |           |  |
| 受入機関       | ミュンヘン工科大学(ドイツ)  |             |           |  |
| 渡航期間       | 令和5年4月1日 ～ 令和5年6月30日  |             |           |  |
| 成果の概要      | タイトルは「成果の概要／報告者名」として、A4版2000字程度・和文で作成し、添付して下さい。「成果の概要」以外に添付する資料 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有( ) |             |           |  |
| 会計報告       | 交付を受けた助成金額  | 1,007,000 円 |           |  |
|            | 使用した助成金額  | 1,007,000 円 |           |  |
|            | 返納すべき助成金額   | 0 円         |           |  |
|            | 助成金の使途内訳  | 費 目         | 金 額 (円)   |  |
|            |   | 滞在費         | 1,007,000 |  |
|            |   |             |           |  |
|            |   |             |           |  |
| 当財団の助成について | 貴財団からの研究助成により、研究課題を円滑に進めることができました。海外の研究環境に触れる機会を得られたことや、渡航期間中に参加した国際学会で海外研究者と交流できたことは、これからの研究や研究環境づくりに大いに役立つ感じています。心より感謝申し上げます。     |             |           |  |

## 成果の概要/竹内 悠

### 背景

本研究の目的は、膜処理や促進酸化処理技術を活用した下水再利用システムの開発である。気候変動・災害・施設老朽化・環境管理に対応するため、様々な水資源を統合的に管理し有効に利用する概念がますます重要となっている。都市で発生する下水は重要な水・エネルギー・熱資源として注目され、効率的な資源回収技術の開発が求められている。申請者はこれまで、膜処理や促進酸化処理技術を活用した下水再利用システムの開発を進めてきた。渡航先であるミュンヘン工科大学（ドイツ）の Drewes 教授の研究グループは、水処理技術開発、微生物学的安全性評価、化学的安全性評価といった多分野の研究者が共同し、多角的な側面から下水再利用システムを開発する研究体制を構築している。さらに、当該研究室のあるミュンヘン工科大学は下水処理場に隣接し、実際の下水処理水を用いて水処理技術の処理効果をそれぞれ検証することができるため、実用性の高い処理技術の開発につながる。派遣先では、このような充実した研究体制、研究施設において、申請者がこれまでに開発を進めてきた膜処理や促進酸化処理技術の処理効果を検証する。

### 成果

光触媒膜処理の除去特性を明らかにするため、光分解性およびラジカル分解性の異なる 11 種の微量化学物質を対象に、異なる運転条件下での除去性能を評価した。処理の操作因子である膜の透過流束、UV 照射強度、UV 波長が除去率に与える影響を定量的に評価した結果、透過流束は除去率に大きく影響する因子の一つであり、透過流束を上げることにより微量化学物質の除去率は著しく減少することが明らかとなった。これは、透過流束の上昇に伴って、微量化学物質とラジカルとの接触時間が短縮し、微量化学物質の不十分であることに起因すると考えられた。研究を進めるにあたり、促進酸化処理を専門とする Dr. Hübner や、膜処理を専門とする Drewes 教授らと意見交換を行い、異なる視点からの意見を得られたことは非常に有意義であった。助成期間である 2023 年 4 月～6 月には微量化学物質の除去性評価に注力した。2023 年 7 月以降は引き続き同機関に滞在し、分子生物学を専門とする Dr. Wurzbacher らとともに、下水処理水中に残存する薬剤耐性遺伝子の除去特性の解明を進める予定である。

海外の研究室の研究体制・環境を知ることのできるよい機会になったと感じている。所属研究室は、教授 2 名、秘書 4 名、研究員 4 名、技術補佐員数名、博士課程の学生 13 名、修士課程の学生 10 名ほどで構成されていた。印象的であったことの一つは、研究員 4 名が水処理工学、環境化学、分子生物学といった異なる専門性を持つ研究者であり、それぞれが各分野のグループリーダーを務めていたことである。グループリーダーは各分野の学生指導当たるほか、研究内容に応じて相互に連携し、頻繁に意見を交わして研究を効率よく進める役

割を担っていた。研究室のルールとして実験を行ってよいのは平日の 18 時までであったが、このような限られた時間内であっても研究成果を挙げられるのは、異なる専門性を持つ研究者や学生同士が頻繁にコミュニケーションを取り、研究アイデアや進捗状況を相互に理解して実験方針を決定していくからなのだろうと感じた。その他、Ph. D. セミナーがある期間中に週 1 回開催されていた。セミナーでは教授が積極的にアドバイスをするよりも、学生が主体となって研究内容や発表方法について活発に意見を交わしており、学生の主体性が重要視されている点が印象的であった。このような滞在期間中に得られたいくつかの気づきを、帰国後の研究室の環境づくりに活かしていきたい。

2023 年 6 月 26~29 日には、スペイン（ジローナ）で開催された学会「The 6th IWA International Conference on eco-Technologies for Wastewater Treatment」に参加する機会を得ることができた。これまでの研究成果として、「Potential of integrated membrane and TiO<sub>2</sub>-based advanced oxidation processes for greywater reclamation」というタイトルでポスター発表を行った。ヨーロッパを中心とする海外研究者と意見を交わすことのできる貴重な機会となった。本学会では、下水再利用、資源回収技術、微量汚染物質の除去技術、下水処理システムの数理モデル開発、デジタル技術など、多岐に渡る研究トピックについて最新の情報を得ることができた。また発表内容は実験室規模の萌芽的な研究のみならず、パイロット・実証規模の研究プロジェクトに関するものが多く、スペイン、フランス、ベルギー、ドイツなどの EU 諸国では研究成果を実用化して社会課題を解決しようとする意識が高いことも印象的であった。私も近い将来は若手研究者同士や他機関との連携を通じて、今の研究成果を社会に適用する研究プロジェクトを展開していきたいと強く感じた。