

戦略的国際共同研究プログラム(SICORP)

EIG CONCERT-Japan 共同研究

終了報告書 概要

- 研究課題名：「集落規模の持続的水マネジメントを可能にする革新的水処理技術の提案と実証」
- 研究期間：2020 年 4 月～2024 年 3 月
- 主な参加研究者名：
日本側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	小熊 久美子	教授	東京大学大学院工学系研究科	日本総括、UV-LED 装置実証、データ解析、日本の協力企業との調整、成果発信
主たる共同研究者	橋本 崇史	准教授	東京大学大学院工学系研究科	データ解析、膜ろ過併用の検討
研究期間中の全参加研究者数			2名	

相手側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	Jutta Eggers	Senior Researcher	Water Technology Division, German Technical and Scientific Association for Gas and Water (DVGW-TZW)	全体総括、装置性能評価、ドイツの協力企業との調整、成果発信
研究代表者	Ludek Blaha	Professor, Vice-Dean for Doctoral Studies, Faculty of Science	Research Centre for Toxic Compounds in the Environment (RECETOX), Masaryk University	チェコ総括、医薬品分析、チェコの協力企業との調整、成果発信
主たる共同研究者	Tim Schwarzenberger	Research Scientist	DVGW-TZW	装置性能評価、データ解析、成果発信
研究参加者	Michal Bittner	Lector	RECETOX, Masaryk University	医薬品類分析、データ解析
研究期間中の全参加研究者数			4名	

4. 国際共同研究の概要

将来にわたる持続可能な水マネジメントの鍵は小規模分散型の水システムにあると考え、それを可能にする有望な技術の一つとして、紫外発光ダイオード（UV-LED）による水処理を多角的に評価した。参加国の研究上の強みとして、日本（東京大学）は UV-LED の水処理応用に関する基礎研究の蓄積とフィールド実証研究の実績、ドイツ（DVGW-TZW）は欧州を包括する装置認証機関としての実績と国際的な影響力、チェコ（RECETOX）は浄水や下水処理水を対象とする環境毒性研究の実績がある。これら各国の強みを相補的に生かし、日本の水供給施設およびチェコの下水再生処理パイロット施設で UV-LED 装置の実証試験を行ったほか、従来の水銀紫外線ランプとは異なる UV-LED の光源特性を踏まえた装置性能評価を行い、さらに、紫外線照射による医薬品等への影響も実験的に検証した。

3 か国が横断的に連携することで、「中長期的な実証データの獲得」「UV-LED 装置の性能評価」「処理水の安全性評価」の 3 項目に取り組み、当初の計画を完遂した。これにより、各国それぞれ単独の研究では得難い成果が複数得られており、3 か国協働による相乗効果が見られた。学術論文や学会、公開セミナー等を通じて知見を社会発信し、国内外の研究者や実務者から反響を得た。本研究で得られた研究者間の相互理解や信頼関係は将来の研究連携の礎となるものであり、今後も欧州と日本の協働を発展的に継続する方針で合意した。本共同研究により、小規模分散型の水システムに適した水処理技術の選択肢として、UV-LED を用いた紫外線処理の有効性が示された。

5. 国際共同研究の成果

5-1 国際共同研究の学術成果および実施内容

UV-LED 装置の性能評価、小規模水供給施設および下水再生処理パイロット施設における装置実証、紫外線照射による医薬品分解の実験を行い、計画した研究をすべて完了した。日本における実証研究の成果は査読付き欧文学術誌に発表し国際的な注目を集めたほか、一連の成果は 3 か国メンバー共著の査読付き学術論文 2 編として投稿準備中である。国際学会での連名や連番での口頭発表およびポスター発表、各国の国内学会での発表、学協会機関誌への寄稿などを通じて、成果を社会発信した。

5-2 国際共同研究による相乗効果

ドイツが「装置性能評価」、日本が「実証試験」、チェコが「処理水の安全性評価」をそれぞれ主導し、それぞれに得られた知見を横断的に連携させる体制をとった。これにより、日本の実証試験に倣ってチェコでの実証試験が実現したこと、実証試験で注目すべき特異値をドイツの性能評価結果に照らして容易に同定できたことなど、各国単独の研究では得難い相乗効果が得られた。

5-3 国際共同研究成果の波及効果と今後の展望

国内の水供給施設に UV-LED 装置の実装が決定した。実証試験の結果をまとめた査読付き欧文学術論文が、発表月に当該誌の月間最多閲覧数を獲得した。小規模水施設への UV-LED 適用に関する一連の研究に対し、日本 PI が日本水環境学会から 2023 年度技術賞を授与された。国内の複数の小規模自治体から問い合わせや実証試験協力の申し出を得たほか、国内外の複数の水処理関連企業や研究者から連携の意向が寄せられ、新たな研究や技術実装に展開する可能性を見出した。

Strategic International Collaborative Research Program (SICORP)
EIG CONCERT-Japan Joint Research Program
Executive Summary of Final Report

1. Project title : 「 Innovative UV-LED applications to drinking water and wastewater treatment systems for sustainable water management in future communities 」
2. Research period : April 2020 ~ March 2024
3. Main participants :
Japan-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Kumiko Oguma	Professor	Department of Urban Engineering, The University of Tokyo	Japan PI, field test, data analysis, coordination with corporate partners in Japan, publications
Co-PI	Takashi Hashimoto	Associate Professor	Department of Urban Engineering, The University of Tokyo	Data analysis, review on membrane-UV combination
Total number of participants throughout the research period: 2				

Partner-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Jutta Eggers	Senior Researcher	Water Technology Division, German Technical and Scientific Association for Gas and Water (DVGW-TZW)	Project PI, validation, coordination with corporate partners in Germany, publications
PI	Ludek Blaha	Professor, Vice-Dean for Doctoral Studies, Faculty of Science	Research Centre for Toxic Compounds in the Environment (RECETOX), Masaryk University	Czech Republic PI, PPCPs analysis, coordination with corporate partners in Czech Republic, publications
Co-PI	Tim Schwarzenberger	Research Scientist	Water Technology Division, German Technical and Scientific Association for Gas and Water (DVGW-TZW)	Validation, data analysis, publications

Collaborator	Michal Bittner	Lector	Research Centre for Toxic Compounds in the Environment (RECETOX), Masaryk University	PPCPs analysis, data analysis
Total number of participants throughout the research period: 2				

4. Summary of the international joint research

Small and decentralized water systems may play key roles to achieve sustainable water management in the future. As an option to enable decentralized water supplies, water treatment systems using UV light-emitting diode (UV-LED) were evaluated in multiple viewpoints. The research strengths of research team include the expertise in field demonstration of UV-LED reactors (U Tokyo, Japan), expertise as a validation center with high international recognition (DVGW-TZW, Germany), and expertise as a research center on environmental toxicology (RECETOX, Czech Republic). To highlight these strengths in an interactive manner, three main tasks were challenged including the validation of UV-LED reactors; field test of the reactors at a drinking water supply and a wastewater reclamation pilot facility; and examination of the fate of PPCPs in UV treatment. With integration of outcomes from these components, this joint research showed some synergies which were not achievable without collaboration. The outcomes were presented and published in multiple occasions, having fruitful feedbacks from academia, industries and practitioners. Project members obtained mutual understanding and trust, which are invaluable for future collaboration. To conclude, this research indicated the effectiveness of UV-LED water treatment as a technical option for small and decentralized water systems.

5. Outcomes of the international joint research

5-1 Scientific outputs and implemented activities of the joint research

Three main tasks were challenged including the validation of UV-LED reactors, field test of the reactors, and PPCPs measurements in the treatment systems. Findings at the field test in Japan have been published in a peer-reviewed journal to gain international attentions, and the other outcomes are in preparation for 2 publications under the co-authorship of project members. Results of this project have been presented in multiple occasions such as international and domestic conferences as well as relevant newsletter articles.

5-2 Synergistic effects of the joint research

Research teams in Germany, Japan and Czech Republic took the leadership in UV-LED reactor validation, field test, and PPCPs measurement, respectively. The outcomes were shared and integrated to achieve synergistic effects in research, including the additional field test in Czech Republic to follow the field test in Japan, and the quantitative comparison of reactor performance between field test and validation.

5-3 Scientific, industrial or societal impacts/effects of the outputs

Field test resulted in the implementation of UV-LED system at a small water supply facility in Japan. The published paper gained the most read of the month in the journal. Japan PI gained the honor of Technology Award 2023 by the Japan Society on Water Environment. Project members got inquiries and feedbacks from water utilities, industries and academia, implying high potential for future research and technology implementation.

国際共同研究における主要な研究成果リスト

1. 論文発表等

* 原著論文 (相手側研究チームとの共著論文) 発表件数 : 計 0 件

・ 査読有り : 発表件数 : 計 0 件
該当なし

・ 査読無し : 発表件数 : 計 0 件
該当なし

* 原著論文 (相手側研究チームを含まない日本側研究チームの論文) : 発表件数 : 計 20 件

・ 査読有り : 発表件数 : 計 20 件

1. Sachithra Imbulana, Kumiko Oguma, Satoshi Takizawa. Evaluation of groundwater quality and reverse osmosis water treatment plants in the endemic areas of Chronic Kidney Disease of Unknown Etiology (CKDu) in Sri Lanka, *Science of The Total Environment*, 2020, 745, 140716.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140716>
2. 小熊 久美子, 渡邊 真也. 分散型水処理技術としての活用を想定した紫外発光ダイオード (UV-LED) 装置の実証, *水環境学会誌*, 2020, 43(4), 119-126.
<https://doi.org/10.2965/jswe.43.119>
3. Surapong Rattanakul, Kumiko Oguma. Applicability of infectivity assay for the quantification of infectious human adenovirus genotype 5 in UV-irradiated wastewater, *Journal of Water and Health*, 2021, 19(1), 67-78.
<https://doi.org/10.2166/wh.2020.224>
4. Majid Keshavarzfathy, Yamato Hosoi, Kumiko Oguma, Fariborz Taghipour. Experimental and computational evaluation of a flow-through UV-LED reactor for MS2 and adenovirus inactivation, *Chemical Engineering Journal*, 2021, 407, 127058.
<https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.127058>
5. Sachithra Imbulana, Kumiko Oguma. Groundwater as a potential cause of chronic kidney disease of unknown etiology (CKDu) in Sri Lanka, *A review Journal of Water and Health*, 2021, 19(3), 393-410.
<https://doi.org/10.2166/wh.2021.079>
6. Kumiko Oguma, Surapong Rattanakul. UV inactivation of viruses in water: its potential to mitigate current and future threats of viral infectious diseases, *Japanese Journal of Applied Physics*, 2021, 60(11), 110502.
<https://doi.org/10.35848/1347-4065/ac2b4f>
7. 渡邊真也, 小熊久美子. 紫外線照射が緑膿菌のバイオフィーム形成に及ぼす影響, *土木学会論文集 G (環境)*, 2021, 77(7), III_93-102.
https://doi.org/10.2208/jscejer.77.7_III_93
8. Sachithra Imbulana, Kumiko Oguma, Satoshi Takizawa. Seasonal Variations in Groundwater Quality and Hydrogeochemistry in the Endemic Areas of Chronic Kidney Disease of Unknown Etiology (CKDu) in Sri Lanka, *Water* 2021, 2021, 13, 3356.
<https://doi.org/10.3390/w13233356>
9. Chao Chena, Lihui Guoa, Yu Yanga, Kumiko Oguma, Li-an Hou. Comparative effectiveness of membrane technologies and disinfection methods for virus elimination in water: A review, *Science of The Total Environment*, 2021, 801, 149678.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149678>
10. Tomoya Hayashi, Kumiko Oguma, Yoshihiro Fujimura, Rika A. Furuta, Mitsunobu Tanaka, Mikako Masaki, Yasuhito Shinbata, Takafumi Kimura, Yoshihiko Tani, Fumiya Hirayama, Yoshihiro Takihara, Koki Takahashi. UV light-emitting diode (UV-LED) at 265 nm as a potential light source for disinfecting human platelet concentrates, *PLoS ONE*, 2021, 16(5), e0251650.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251650>

11. Ryusei Hashimoto, Shinobu Kazama, Takashi Hashimoto, Kumiko Oguma, Satoshi Takizawa. Planning methods for conjunctive use of urban water resources based on quantitative water demand estimation models and groundwater regulation index in Yangon City, Myanmar, *Journal of Cleaner Production*, 2022, 367, 133123.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133123>
12. 小熊 久美子. 海外における小規模水供給施設の実態と課題, *保健医療科学*, 2022, 71(3), 234-240.
https://doi.org/10.20683/jniph.71.3_234
13. Shinya Watanabe, Kumiko Oguma. A Simple and Practical Method for Fluence Determination in Bench-Scale UV-LED setups, *Photochemistry and Photobiology*, 2023, 99(1), 19-28.
<https://doi.org/10.1111/php.13668>
14. 渡邊 真也, 小熊 久美子. 省電力長距離通信を利用した簡易無線モジュールによる小規模水供給施設の遠隔監視, *水環境学会誌*, 2023, 46(1), 11-19.
<https://doi.org/10.2965/jswe.46.11>
15. Jack Jia Xin Song, Kumiko Oguma, Satoshi Takizawa. Inactivation kinetics of 280 nm UV-LEDs against *Mycobacterium abscessus* in water, *Scientific Reports*, 2023, 13, 2186.
<https://www.nature.com/articles/s41598-023-29338-w>
16. Vu Duc Canh, Midori Yasui, Shotaro Torii, Kumiko Oguma, Hiroyuki Katayama. Susceptibility of enveloped and non-enveloped viruses to ultraviolet light-emitting diode (UV-LED), irradiation and implications for virus inactivation mechanisms, *Environmental Science: Water Research & Technology*, 2023, 9, 2283-2292.
<https://doi.org/10.1039/d3ew00277b>
17. Achilles E. Espaldon, Kumiko Oguma. Conformation-dependent UV inactivation efficiency of a conjugative, multi-drug resistant plasmid, *Journal of Hazardous Materials*, 2023, 460, 132324.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132324>
18. Kumiko Oguma. Field demonstration of UV-LED disinfection at small and decentralized water facilities, *Journal of Water & Health*, 2023, 21 (9), 1369–1384.
<https://doi.org/10.2166/wh.2023.192>
19. Gordon Knight, Natalie Hull, Kumiko Oguma. Considerations for determining the performance of ultraviolet light emitting diode fluid disinfection systems, *Water and Environment Research*, 2023, 95(11), e10947.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/wer.10947>
20. Jack Jia Xin Song, Kumiko Oguma. Mycobacterial contamination in tap and shower waters in Thailand, *Letters in Applied Microbiology*, 2023, 76 (8), ovad090.
<https://doi.org/10.1093/lambio/ovad090>

・査読無し：発表件数：計 0 件
該当なし

*その他の著作物（相手側研究チームとの共著総説、書籍など）：発表件数：計 1 件

1. Lucie Bláhová, Luděk Bláha, Michal Bittner, Katerina Bocková, Kumiko Oguma, Tim Schwarzenberger, Jutta Eggers, Jaroslav Lev, Michaela Majcinová. Pilot testing of UV LED for recycling of municipal wastewater（都市排水リサイクルのための UV LED パイロット試験）, *日本紫外線水処理技術協会（JUVA）ニューズレター*, 2024, 16, 15-20.

*その他の著作物（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの総説、書籍など）：発表件数：計 9 件

1. 小熊久美子. 紫外発光ダイオード（UV-LED）を用いた消毒技術, *日本防菌防黴学会誌*, 2020, 48(8), 351-354.
2. 小熊久美子. ウィズ・コロナ時代の紫外線技術, *日本紫外線水処理技術協会ニューズレ*

ター, 2021, 13, 3-5.

3. 小熊久美子. 環境技術の実証研究における住民参加の取り組み, 月刊下水道, 2021, 44, 13, 70-74.
4. 小熊久美子. 新型コロナウイルス感染症と紫外線消毒, 光アライアンス, 2022, 33(2), 42-44.
5. 小熊久美子（一部監修）. 「地球の危機図鑑 滅亡させないために知っておきたい12のこと」, 学研プラス, 2022年02月03日出版
6. 小熊久美子. 「水道」から「水供給システム」へ, 水道, 2023, 68(3), 3.
7. 小熊久美子. UV-LED を利用した消毒技術, 応用電子物性分科会誌, 2023, 29(1), 31-36.
8. 小熊久美子. 紫外発光ダイオードを用いた水の消毒 -小規模な水供給施設における実証と実装-, 水環境学会誌, 2024, 47(3), 95-98.
9. 小熊久美子. 日本 - ドイツ - チェコ国際共同研究 - 小規模水施設における UV-LED 消毒装置実証 -, 日本紫外線水処理技術協会 (JUVA) ニュースレター, 2024, 16, 6-8.

2. 学会発表

*口頭発表（相手側研究チームとの連名発表）

発表件数：計 1 件（うち招待講演：0 件）

*口頭発表（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表）

発表件数：計 47 件（うち招待講演：29 件）

*ポスター発表（相手側研究チームとの連名発表）

発表件数：計 1 件

*ポスター発表（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表）

発表件数：計 2 件

3. 主催したワークショップ・セミナー・シンポジウム等の開催

1. JST-CONCERT Networking seminar、主催者：Jutta Eggers (DVGW TZW・研究主任)、DVGW TZW、Karlsruhe、Germany、2022年8月2日、参加人数 10 名程
2. Special seminar on CONECRT project、主催者：Ludek Blaha（マサリク大学・教授）、Masaryk University、Bruno、Czech Republic、2022年9月15日、参加人数 30 名程
3. Special seminar, Water Treatment and Supply in Germany, and Japan-Germany-Czech Republic International Research Collaboration on UV-LED Applications to Water Treatment、主催者：小熊久美子（東京大学・教授）、東京大学、東京、日本、2022年11月17日、参加人数 65 名程
4. JST-CONCERT seminar、主催者：小熊久美子（東京大学・教授）、東京大学、東京、日本、2023年10月13日、参加人数 35 名程
5. Final symposium on innovative UV-LED applications for drinking and wastewater treatment、主催者：Ludek Blaha（マサリク大学・教授）、Masaryk University、Bruno、Czech Republic、2024年2月29日、参加人数 45 名程

4. 研究交流の実績（主要な実績）

【合同ミーティング】

- ・2020年6月5日：キックオフミーティング（オンライン）
- ・3か国合同ミーティング（毎年4回程度：オンライン）

- ・2 か国ミーティング（ドイツー日本、チェコー日本、ドイツーチェコ、随時、オンライン）
- ・チェコ実証研究うちあわせ（日本とチェコの研究メンバー、チェコ民間企業の研究開発担当者、計4回、オンライン）
- ・2022年8月1日～5日：3 か国合同ミーティング（DVGW-TZW）
- ・2022年9月14日～19日：日本 PI 小熊がチェコメンバーとミーティング、実験室視察（マサリク大学 RECETOX）
- ・2023年10月10日：3 か国合同ミーティング、プロジェクトオフィサー同席（東京大学）
- ・2023年11月28日～12月2日：3 か国合同ミーティング（DVGW-TZW）
- ・2023年2月28日～3月4日：3 か国合同ミーティング（RECETOX）

【人材交流等】

- ・2022年9月16日：日本 PI 小熊がチェコの下水再生処理パイロット施設を視察、当該施設を運営する企業の研究開発担当者と意見交換（ブルノ市）
- ・2022年11月17日：3 か国メンバーと東京大学大学院生・教員の交流・意見交換（東京大学）
- ・2022年11月17日：3 か国メンバーとプロジェクトオフィサーの意見交換（東京大学）
- ・2023年10月10日：3 か国メンバーとプロジェクトオフィサーの意見交換（東京大学）
- ・2023年10月13日：3 か国メンバーと東京大学大学院生・博士研究員および国内関係者（民間企業、研究機関等）の意見交換（東京大学）
- ・2023年11月中旬～12月初旬：マサリク大学学生が DVGW-TZW で実験、日本 PI 小熊が一部立ち会い

5. 特許出願

研究期間累積出願件数：0 件

6. 受賞・新聞報道等

【受賞】

1. 日本水環境学会 2023 年度技術賞、小熊久美子、2024 年 3 月 21 日

【新聞報道等】

1. 水道産業新聞、浄水技術における紫外線処理の現状と展望、2021 年 2 月 4 日
2. 北海道新聞 富良野面、小規模水道どう管理？、2021 年 2 月 2 日
3. 日本水道新聞、シンポジウム「小規模水供給システム研究の進展」ダイジェスト、2023 年 4 月 3 日
4. 日本水道新聞（第 5896 号）、東京財団政策研究所研究報告「未来の水ビジョン水みんフラ —水を軸とした社会共通基盤の新戦略—」掲載、2024 年 5 月 9 日

7. その他

1. 国際紫外線協会機関誌 UV Solutions、Deep UV LED Equipment in Operation for Municipal Drinking Water Supply、2020 年 9 月 10 日
<https://uvsolutionsmag.com/articles/2020/deep-uv-led-equipment-in-operation-for-municipal-drinking-water-supply/>
2. 宮崎放送、紫外線で水を浄化 実用化に向けて綾町で実験・宮崎県、2021 年 7 月 20 日
3. AFP 通信、「3 ミリ角」で救える命 紫外線 LED を使う浄水の研究、2021 年 7 月 31 日
<https://www.afpbb.com/articles/-/3357319>
4. Yahoo News、「3 ミリ角」で救える命 紫外線 LED を使う浄水の研究、2021 年 8 月 3 日
5. 東急不動産 HD、GREEN PIONEER NEWS、「水の問題」は水だけの問題じゃない！日本が世界で果たせる役割は？、2023 年 2 月 7 日
<https://www.tokyu-fudosan-hd.co.jp/kankyo/news/13/>

6. ネイチャーポートフォリオで論文が記事に、2023 年 2 月 7 日
<https://engineeringcommunity.nature.com/posts/inactivation-kinetics-of-280-nm-uv-leds-against-mycobacterium-abscessus-in-water>
7. 東京財団政策研究所インタビュー、2023 年 5 月 25 日
<https://www.tkfd.or.jp/research/detail.php?id=4272>
8. 本共同研究の成果を含む論文が当該学術誌（Journal of Water and Health）の月間一覧数 1 位を獲得、2023 年 9 月
<https://mailchi.mp/iwap.co.uk/most-read-september-653292?e=b34bb57a61>
9. October 2023 data-update for "Updated science-wide author databases of standardized citation indicators", 学術論文データベース Scopus 集計で世界の科学者上位 2%に選出（2022 年の被引用数）、2023 年 10 月 4 日
<https://elsevier.digitalcommonsdata.com/datasets/btchxktzyw/6>
10. Wedge 誌 4 月号、水道のシステム転換を図る技術の一例として研究紹介、2024 年 3 月 22 日
<https://wedge.ismedia.jp/articles/-/33301>
11. 一連の実証研究のデータを踏まえ国内の小規模水供給施設に装置実装
12. 若年層へのアウトリーチとして東京大学主催「高校生と大学生のための金曜特別講座」のオンライン講義にて研究成果の一部を話題提供、全国 550 校超の高校で約 1000 人が視聴、2024 年 5 月 10 日
https://high-school.c.u-tokyo.ac.jp/lecture_time/2024s.html
13. 日本紫外線水処理技術協会の機関誌にドイツ、チェコ、日本の PI それぞれが寄稿（JUVA ニュースレターNo.16）