

戦略的国際共同研究プログラム(SICORP)

日本－カナダ共同研究

終了報告書 概要

1. 研究課題名：「小規模水道における持続的水供給の実現に資する革新的紫外線技術の創出」
2. 研究期間：2014年12月～2018年3月
3. 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	准教授	東京大学・先端科学技術研究センター	研究総括、紫外発光ダイオード (UV-LED) を用いた水処理装置の開発と消毒性能評価、実証試験
主たる共同研究者	浅見 真理	首席主任研究官	国立保健医療科学院・生活環境研究部	小規模水道の課題抽出と微生物リスク評価手法を用いた健康リスク推定
主たる共同研究者	島崎 大	首席主任研究官	国立保健医療科学院・生活環境研究部	小規模水道の課題抽出と微生物リスク評価手法を用いた健康リスク推定
主たる共同研究者	松下 拓	准教授	北海道大学大学院工学研究院	真空紫外線促進酸化処理による難分解性物質の処理特性評価
主たる共同研究者	白崎 伸隆	助教	北海道大学大学院工学研究院	真空紫外線促進酸化処理による難分解性物質の処理特性評価
研究参加者	Rattanakul Surapong	特任研究員	東京大学・先端科学技術研究センター	UV-LEDを用いた水処理装置の性能評価
研究期間中の全参加研究者数			10名	

カナダ側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	Madjid Mohseni	Professor	University of British Columbia	PI, UV-based AOP
主たる共同研究者	Fariborz Taghipour	Professor	University of British Columbia	UV-LED reactor design, kinetic studies and modeling
主たる共同研究者	Benoit Barbeau	Professor	École Polytechnique de Montréal	Algal detection, water disinfection
主たる共同研究者	Sarah Dorner	Assistant Professor	École Polytechnique de Montréal	Algal detection, source water characterization

主たる 共同研究者	Graham Gagnon	Professor	Dalhousie University	UV-based AOP, UV-LED disinfection
研究期間中の全参加研究者数			5名	

4. 共同研究の概要

山間集落など遠隔地の水供給をいかに維持するかは、日本とカナダに共通の課題である。そこで、両国の専門家が集結し、小規模水道の持続性確保に役立つ紫外線技術を提案することを本研究の目的とした。技術の有効性について、処理性能、電力消費量、運転維持管理の簡便さ等を軸に評価した。具体的には、紫外発光ダイオード（UV-LED）による消毒、真空紫外線促進酸化（VUV-AOP）による難分解性物質の分解、統計データ等に基づく健康リスク解析を実施した。3年4か月間にわたる国際共同研究の結果、UV-LEDとVUV-AOPについて将来の装置開発に資する基盤的データを獲得したほか、国内でUV-LED装置の実証試験も実施した。さらに、日本カナダ両国での施設見学や実務者ヒアリングを通じて、小規模施設のニーズや技術要件を具体化した。本共同研究により、小規模施設の持続的水供給を実現する技術として紫外線水処理が有効であることを示し、今後の研究展開や将来にわたる国際連携の礎を築いた。

5. 共同研究の成果

5-1 共同研究の学術成果

UV-LEDによる消毒およびVUV-AOPによる難分解性物質の分解について、処理性能、電力消費量、処理の簡便さなどを評価し、今後の装置開発に資する基盤的知見を獲得した。国内の小規模施設でUV-LED装置の実証試験を実施した。統計データ等の解析により小規模水供給施設の消毒に課題があることを定量的に示し、さらに施設見学や実務者ヒアリングを通じて小規模施設に求められる要件を具体化した。

5-2 国際連携による相乗効果

紫外線を共通の研究領域としながら、消毒・光分解・藻類・リスク解析など専門性の異なる日本とカナダの研究者が連携したことで、それぞれの強みを相補的に生かし、新たな着眼と発想を与えあい、相互に研究を深化させる連鎖が生まれた。さらに、人的交流を通じて若手研究者のキャリアパスに正の影響があったこと、日本カナダ両国の企業から注目を得たこと、カナダの経験知が日本の紫外線水処理のあり方に示唆を与えたこと、確かな人脈と将来にわたる連携体制を構築したことなど、単一国の研究では得難い多くの相乗効果があった。

5-3 共同研究成果から期待される波及効果

小規模水供給施設に適した紫外線技術の装置化・産業化を見据え、国内外の企業と意見交換を開始した。日本カナダの両国でUV-LED浄水装置の長期的な実証試験を行う計画を具体化した。本研究成果を踏まえた提案が厚生労働科学研究「小規模水供システムの安定性及び安全性確保に関する統合的研究」（H29-健危-一般-004）に採択され、研究を発展的に継続する体制を構築した。

Strategic International Collaborative Research Program (SICORP)
Japan – Canada Joint Research Program
Executive Summary of Final Report

1. Project Title: Innovative UV Technologies for the Removal of Emerging Contaminants and Sustainable Water Supplies in Small Communities
2. Project Period: December 2014 - March 2018
3. Main Participants:
Japan-side

	Name	Title	Affiliation	Role
PI	Kumiko Oguma	Associate Professor	Research Center for Advanced Science and Technology, The University of Tokyo	UV-LED disinfection, performance evaluation, field test
Co-PI	Mari Asami	Chief Senior Researcher	Department of Environmental Health, National Institute of Public Health	Data analysis and Microbial risk assessment
Co-PI	Dai Shimazaki	Chief Senior Researcher	Department of Environmental Health, National Institute of Public Health	Data analysis and Microbial risk assessment
Co-PI	Taku Matsushita	Associate Professor	Graduate School of Engineering, Hokkaido University	VUV-AOP for refractory contaminants
Co-PI	Nobutaka Shirasaki	Assistant Professor	Graduate School of Engineering, Hokkaido University	VUV-AOP for refractory contaminants
Collaborator	Rattanakul Surapong	Project Researcher	Research Center for Advanced Science and Technology, The University of Tokyo	UV-LED disinfection, performance evaluation
Total number of participating researchers in the project:				10

Canadian-side

	Name	Title	Affiliation	Role
PI	Madjid Mohseni	Professor	University of British Columbia	PI, UV-based AOP
Co-PI	Fariborz Taghipour	Professor	University of British Columbia	UV-LED reactor design, kinetic studies and modeling
Co-PI	Benoit Barbeau	Professor	École Polytechnique de Montréal	Algal detection, water disinfection
Co-PI	Sarah Dorner	Assistant Professor	École Polytechnique de Montréal	Algal detection, source water characterization
Co-PI	Graham Gagnon	Professor	Dalhousie University	UV-based AOP, UV-LED disinfection
Total number of participating researchers in the project:				5

4. Summary of the joint project

The objective of this project was to jointly evaluate and propose the application of novel UV based technologies, i.e. UV-LED and VUV-AOP, for ensuring the safety and sustainability of drinking water supplies in small and rural communities. UV-LED and VUV-AOP were evaluated in a lab-scale in multiple viewpoints while UV-LED was also tested in a pilot-scale in the field. In addition, statistical data analysis and microbial risk assessment were conducted to identify the technical needs in practice at small water systems. The intellectual achievements and expertise were shared between Japan and Canada, and tight networking of water specialists were achieved to seed future research collaborations and enable long term cooperation.

5. Outcomes of the joint project

5-1. Intellectual Merit

UV-LED and VUV-AOP were evaluated based on the performance, electrical energy consumption and simplicity in operation and maintenance. Field test was also conducted with UV-LED. These data will serve as fundamental reference data to design and develop treatment systems in future studies. Statistical data analysis and health risk assessment revealed the needs of appropriate disinfection technologies for small water supplies. Site visits at small systems in Japan and Canada and hearings with local engineers enabled the clarification of practical needs to be reflected in the system design.

5-2. Synergy through the Collaboration

All research members share the research interest in UV while the strengths and specialty of each researcher are different in complementary manners, i.e., photobiology (disinfection), photochemistry (photo-oxidation), taste/odor compounds, algal toxins and health risk assessment. Hence, collaboration resulted in win-win relationships by inspiring new ideas each other. In addition, collaborative activities brought about the positive impacts on students and young researchers, positive attentions from industries in both countries, Canadian expertise as a role model for Japan, and networking of specialists for long-term partnership.

5-3. Potential Impacts on Society

Networking and information sharing have been going with UV-related water industries. Field tests will be conducted in both Japan and Canada. Results of this study are expanded to another research project supported by the Ministry of Health, Labour and Welfare (Research on Health Security Control, Health, Labour and Welfare Sciences Research Grants, H29-Kenki-Ippan-004).

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)
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)
*査読あり

1. 喜多諒、小熊久美子、酒井宏治、滝沢智, 紫外線発光ダイオード(UV-LED)を用いた環状外照式水消毒装置の開発と評価, 土木学会論文集, 2014, Vol. 70, No. 7, III_1-III_8.
2. Matsushita, T., Hirai, S., Ishikawa, T., Matsui, Y. and Shirasaki, N., Decomposition of 1,4-dioxane by vacuum ultraviolet irradiation: study of economic feasibility and by-product formation, *Process Safety and Environmental Protection*, 2015, 94, 528-541.
3. Surapong Rattanakul, Kumiko Oguma, Satoshi Takizawa, Sequential and Simultaneous Applications of UV and Chlorine for Adenovirus Inactivation, *Food and Environmental Virology*, 2015, 7(3), 295-304. 10.1007/s12560-015-9202-8
4. 岸田直裕、松本悠、山田俊郎、浅見真理、秋葉道宏、我が国における過去30年間の飲料水を介した健康危機事例の解析(1983～2012年)、*保健医療科学*、2015、Vol.64 No.2、70-80.
5. Kumiko Oguma, Ryo Kita and Satoshi Takizawa, Effects of Arrangement of UV Light-Emitting Diodes on the Inactivation Efficiency of Microorganisms in Water, *Photochemistry and Photobiology*, 2016, 92, 314-317. 10.1111/php.12571
6. 岸田直裕、松本悠、山田俊郎、浅見真理、秋葉道宏、国内の水道施設における水質事故の発生実態、*水道*、2016、vol.61 No.1、19-25.
7. 浅見真理、水道及び環境分野におけるリスク評価・管理と行政的枠組み、*日本リスク研究学会誌*、2016、26(2)、83-89.
8. Kumiko Oguma, Surapong Rattanakul and James R. Bolton, Application of UV Light Emitting Diodes to Adenovirus in Water, *Journal of Environmental Engineering, ASCE (American Society for Civil Engineers)*, 2016, Volume 142, Issue 3, 04015082. 10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0001061.
9. 小熊久美子、小塩美香、Jenyuk Lohwacharin、滝沢智、水中の懸濁粒子が紫外線消毒効率に及ぼす影響、*水環境学会誌*、2017、Vol.40, No.2、59-65.
10. Surapong Rattanakul and Kumiko Oguma, Analysis of Hydroxyl Radicals and Inactivation Mechanisms of Bacteriophage MS2 in Response to a Simultaneous Application of UV and Chlorine, *Environmental Science and Technology*, 2017, 51(1), 455-462. 10.1021/acs.est.6b03394,
11. Surapong Rattanakul and Kumiko Oguma, Inactivation kinetics and efficiencies of UV-LEDs against *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella pneumophila*, and surrogate microorganisms, *Water research*, 2018 (published online in Nov. 2017), 130, 31-37. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.11.047>

12. 細井山豊、小熊久美子、滝沢智、大腸菌の不活化と光回復を考慮した紫外発光ダイオード(UV-LED)の評価、土木学会論文集 G(環境)、2017、Vol.73、No.7、Ⅲ_337-Ⅲ_343.

13. Kumiko Oguma, Kaori Kanazawa, Ikuro Kasuga and Satoshi Takizawa, Effects of UV Irradiation by Light Emitting Diodes on Heterotrophic Bacteria in Tap Water, Photochemistry and Photobiology, in press. 10.1111/php.12891

*査読なし

1. 小熊久美子、金澤かおり、紫外発光ダイオードを利用した水処理技術の研究動向と課題、第19回日本水環境学会シンポジウム講演集、pp.241-242、2016.

*その他の著作物 (相手側研究チームとの共著のみ) (総説、書籍など)

1. Kumiko Oguma and Madjid Mohseni, UV Treatment: A Solution for Small Community Water Supplies?, IUVA News, Fall 2015, 25-27, International Ultraviolet Association

*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)

1. Ernest R. Blatchley III, Kumiko Oguma and Regina Sommer. Comment on 'UV Disinfection Induces a VBNC State in *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*', IUVA News, Fall 2016, 12-16, International UV Association.

2. 紫外発光ダイオード(UV-LED)の水処理光源としての魅力、用水と廃水、2017、vol.59、No.4、177-281.

3. 小熊 久美子. 紫外線を利用した水の消毒と紫外発光ダイオード (UV-LED) の展望、環境技術、2017、Vol.46、No.7、378-382.

4. Kumiko Oguma, UV-LEDs for Water Treatment: Research Overview and Perspectives. IUVA News, Spring 2018, Vol.20 No.1, 18-20, International UV Association.

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 0 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 50 件 (うち招待講演：13 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

Kyle Rauch, Graham Gagnon, and Kumiko Oguma. Effects of UVC-LED wavelength diversity and wavelength combination on disinfection kinetic rates of *Escherichia coli*. IUVA 2017 World Congress & Exhibition, Dubrovnik, Croatia, September 17-20, 2017.

*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 4 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-NSERC Research Cooperative Program Innovative UV Technologies for the Removal of Emerging Contaminants and Sustainable Water Supplies in Small Communities 1st joint workshop、小熊久美子 (東京大学・准教授)、東京大学、東京、日本、2015年1月26日～2015年1月27日、参加人数35名程
2. 第10回水道技術国際シンポジウム「小規模 小規模水道の持続可能性を考える 日本-カナダ特別セッション」、水道技術研究センター、小熊久美子 (東京大学・准教授、セッション責任者)、神戸国際展示場、神戸、日本、2015年7月21日、参加者人数80名程
3. セミナー、浅見真理 (国立保健医療科学院・上席主任研究官)、Sarah Dorner (École Polytechnique de Montréal・Assistant Professor)、名城大学、名古屋、日本、2015年7月22日、参加人数10名程
4. セミナー、Madjid Mohseni (University of British Columbia・Professor)、小熊久美子 (東京大学・准教授)、University of British Columbia、バンクーバー、カナダ、2015年8月10日、参加人数30名程
5. JICA 研修における特別セミナー、小熊久美子 (東京大学・准教授)、浅見真理 (国立保健医療科学院・上席主任研究官)、島崎大 (国立保健医療科学院・上席主任研究官)、浜松市 春野上下水道室、浜松市春野、日本、2015年10月29日、参加人数30名程
6. セミナー、浅見真理 (国立保健医療科学院・上席主任研究官)、島崎大 (国立保健医療科学院・上席主任研究官)、国立保健医療科学院、埼玉、日本、2016年4月6日、参加人数30名程
7. セミナー、小熊久美子 (東京大学・准教授)、東京大学、東京、日本、2016年4月12日、参加人数30名程
8. セミナー、松下拓 (北海道大学・准教授)、北海道大学、札幌、日本、2016年4月18日、参加人数30名程
9. IUVA 東京シンポジウム、小熊久美子 (東京大学・准教授)、東京大学、東京、日本、2016年4月22日、参加人数150名程
10. AOPに関する特別セミナー、小熊久美子 (東京大学・准教授)、東京大学、東京、日本、2016年8月9日、参加人数50名程
11. NSERC-JST セミナー、Sarah Dorner (École Polytechnique de Montréal・Assistant Professor)、小熊久美子 (東京大学・准教授)、École Polytechnique de Montréal、モントリオール、カナダ、2017年2月28日、参加人数10名程
12. NSERC-JST セミナー、Madjid Mohseni (University of British Columbia・Professor)、小熊久美子 (東京大学・准教授)、University of British Columbia、バンクーバー、カナダ、2017年3月1日、参加人数30名程
13. JST-NSERC Final Workshop、Madjid Mohseni (University of British Columbia、Professor)、小熊久美子 (東京大学・准教授)、University of British Columbia、バンクーバー、カナダ、2018年2月19日～2018年2月21日、参加人数30名程

4. 研究交流の実績

【合同ミーティング】

- ・2015年1月26日～2015年1月27日：キックオフミーティング、東京大学、東京、日本、参加15名ほど
- ・2015年7月21日：第10回水道技術国際シンポジウムに合わせた研究ミーティング、参加7名
- ・2015年12月15-16日：PI ミーティング、Pacifichem 2015 会場、ホノルル、アメリカ、参加2名 (小熊、Mohseni)

- ・2016年2月2日:PI ミーティング、IUVA World Congress 2016 会場、バンクーバー、カナダ、参加2名 (小熊、Mohseni)
- ・2016年4月18日:カナダPI 来日に合わせた研究ミーティング、北海道大学、札幌、日本、参加4名
- ・2016年4月20日:カナダPI 来日に合わせた研究ミーティング、東京大学、東京、日本、参加4名
- ・2017年2月28日:研究ミーティング、モントリオール工科大学、モントリオール、カナダ、参加4名
- ・2017年3月2日:研究ミーティング、ブリティッシュコロンビア大学、バンクーバー、カナダ、参加4名
- ・2017年9月18日:PI ミーティング、IUVA World Congress 2017 会場、ドウブロブニク、クロアチア、参加2名 (小熊、Mohseni)
- ・2018年2月19日~21日:ファイナルワークショップ、ブリティッシュコロンビア大学、バンクーバー、カナダ、参加約30名

【学生・研究者の派遣、受入】

- ・2016年1月30日~2016年2月27日:日本から博士研究員1名をブリティッシュコロンビア大学に1か月間派遣した。
- ・2016年4月21-26日:ブリティッシュコロンビア大学の博士課程大学院生を東京大学に受け入れた。

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. 日本水環境学会水環境技術会議 (WET2016) 優秀発表賞、浅見真理、2016/8/28
2. Innovative UV Application Award, International Ultraviolet Association, Kumiko Oguma, 2017/9/19

報道

1. 水道産業新聞 (2015/6/4)
2. 日本水道新聞 (2015/10/17)
3. 日経産業新聞 (2016/2/26)
4. 化学工業日報 (2016/3/1)
5. ディスカバリーチャンネル (2015/7/25) 小熊久美子、番組名「インサイドアウト:ミクロの世界が作る未来 Inside Out: Rise of Smart Tech」(アジア・オセアニア全域放映) に出演
6. 養父市ケーブルテレビ (2015/7/25) Madjid Mohseni、Sarah Dorner、浅見真理、小熊久美子、番組名「カナダの大学教授 養父市の水道施設を視察」に出演
7. BS-TBS (2017/1/7) 小熊久美子、番組名「夢の鍵 深紫外線で水殺菌」に出演

7. その他

【市民向けアウトリーチ活動】

- ・2016年10月27日:未来志向の技術に関する展示会「スマートエンジニアリング TOKYO」(国際展示場、東京)にて、小熊が「紫外発光ダイオードを用いた水処理」と題して講演し、本国際共同研究の知見を産業界に発信した。

- 2016年11月18日：市民環境学校『水道技術講座』（東京）にて小熊が「水の消毒技術としての紫外線処理」と題して講演し、本国際共同研究の成果を紹介した。
- 2017年6月17日：横浜南高校（スーパーグローバルハイスクール指定校、横浜）にて小熊が「世界の水を考える」と題した出張講義を行い、本国際共同研究を紹介した。
- 2017年9月30日：東京大学先端科学技術センター30周年記念市民講演会（東京）にて、小熊が「水と衛生 -紫外線を利用した水処理技術の新展開-」と題して講演し、本国際共同研究の知見を市民に発信した。
- 2018年1月22日：浅草寺仏教文化講座（東京）にて、小熊が「水をめぐる世界の暮らしと水処理技術の最前線」と題して講演し、本国際共同研究の知見を市民に発信した。
- 2018年3月2日：三重大学主催の「深紫外LEDで創生される産業連鎖フォーラム」（津）にて、小熊が「深紫外LEDを利用した水処理 -研究最前線と将来展望-」と題して講演し、本国際共同研究の知見を産業界に発信した。
- 2018年3月6日：LEDの展示会「LED NEXT STAGE 2018」（国際展示場、東京）にて、小熊が「紫外線を利用した水処理の現状とUV-LEDの応用」と題して講演し、本国際共同研究の知見を産業界に発信した。