

## 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

1. 研究課題名：「複合／ミックスマトリックス多孔質膜プロセスによる新機能の発現 (X-MEM)」
2. 研究期間：2019年4月～2022年9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	熊切 泉	教授	山口大学	日本側代表 無機多孔質膜
主たる 共同研究者	隅本 倫徳	准教授	山口大学	計算科学
研究期間中の全参加研究者数			12名	

## 相手側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	DIBAN Nazely	Associate Professor	University of Cantabria, Spain	Coordinator, Medical applications
主たる 共同研究者	PACULA Aleksandra	Research Scientist	Polish Academy of Sciences, Poland	Representative from Poland, Nano-materials/modifications
主たる 共同研究者	GULER Enver	Assistant Professor	Atilim University, Turkey	Representative from Turkey, Energy applications
研究参加者	KABAY Nalan	Professor	Ege University, Turkey	Membrane processes for water treatment
研究参加者	TUNCEL Ali	Professor	Hacettepe University, Turkey	Polymeric materials, surface modification
研究期間中の全参加研究者数			18名	

## 4. 国際共同研究の概要

多孔質材料にナノ粒子を分散担持した複合材料を検討し、選択した複合材料を薄膜化する手法を開発した。複合材料の開発では、実験的手法に加えて分子シミュレーション (Gaussian) を用いて、ゼオライトの内部空間に Pt クラスタを担持する効果を、クラスターサイズによる吸収波長の変化や、反応経路の違い等で評価した。複合材料薄膜 (例えば、Pt-ゼオライト膜や、Ag/TiO<sub>2</sub> 膜、グラフェン-高分子膜、Ag-高分子膜) の機能を、光活性を利用した水の浄化や、海水・淡水の濃度差を利用した発電、神経細胞培養の足場としての利用で評価した。研究室で合成した市販されていない材料をグループ間で共有し、また、分担して分析を行い、異なる視点から議論することで、共同研究を促進した。加えて、同じ材料や複合膜を異なるグループで評価し、実験結果の再現性や材料の耐久性を確認した。得た成果の一部は、国際会議や論文で発表した。また、学生や研究者を相互に派遣し、

若手人材の育成を協力して行った。共同して国際シンポジウムやワークショップを開催し、これらは一般にも公開し、ネットワークを拡張した。

## 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

各グループが保有する知見を基盤とし、金属・無機材料・高分子材料からなる複合材料の開発検討を行った。例えば、Ag、Pt/TiO<sub>2</sub>や、それらのzeoliteとの複合化による触媒能の向上や、グラフェンやAgなどの導電性物質と多孔質膜の複合化による濃度差発電（RED）用のイオン交換膜性能や細胞培養足場としての特性の向上を試みた。複合化の効果は、実験的な手法に加えて、計算科学（Gaussian）でも支援し、例えば、ゼオライトの内部空間にクラスターPtを担持する効果を、クラスターサイズによる吸収波長の変化や、反応経路の違い等で評価した。複合材料の薄膜化も行った。合成方法や、合成した複合材料や膜を共有し、異なる修飾を行ったり、構造や物性の分析を分担して行ったりした。得た成果を、国際共同研究として国際会議や論文で発表した。

### 5-2 国際共同研究による相乗効果

異なる技術や知見を持つグループとの共同研究を通して、様々な視点からの議論や、各国でのニーズや関連研究の情報を収集できた。さらに、共同研究を行うことで、より多くの分析手法の試みに加えて、同じ評価法の再現性確認も行えた。コロナ禍で人数は予定よりも少なくなったが、欧州側の人材交流費（Erasmus+）を獲得して学生の派遣・招へいも行った。また、オンラインを利用して国際シンポジウムやワークショップを共同して開催し、学生や若手研究者に発表や議論の場を提供し、若手研究者や技術者の育成を協力して行った。

### 5-3 国際共同研究成果の波及効果と今後の展望

本国際共同研究は、SDGs3、5、6、7、17に特に関連するもので、水処理や再生可能エネルギー、再生医療用途での細胞培養に利用可能な新規な多孔質膜の開発を行い、スケールアップ可能な膜合成法を得た。一般にも公開した国際会議を開催して、得た知見を公開してネットワークの拡張を行った。また、国際会議では学生の発表・議論の場も設けた。学生や研究者を相互に派遣・招へいも行い、これらを通して、若手人材の育成を共同して行った。

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

1. Project title : 「Outperforming Functionality: Composite/mixed Matrix Porous Materials in Membrane-Based Processes (X-MEM)」
2. Research period : 04/2019 ~ 09/2022
3. Main participants :  
Japan-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Kumakiri Izumi	Professor	Yamaguchi University	Representative from Japan
Co-PI	Sumimoto Michinori	Associate Professor	Yamaguchi University	Simulation
Total number of participants throughout the research period:				12

## Partner-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	DIBAN Nazely	Associate Professor	University of Cantabria, Spain	Coordinator, Medical applications
Co-PI	PACULA Aleksandra	Research Scientist	Polish Academy of Sciences, Poland	Representative from Poland, Nano-materials/modifications
Co-PI	GULER Enver	Assistant Professor	Atilim University, Turkey	Representative from Turkey, Energy applications
Collaborator	KABAY Nalan	Professor	Ege University, Turkey	Membrane processes for water treatment
Collaborator	TUNCEL Ali	Professor	Hacettepe University, Turkey	Polymeric materials, surface modification
Total number of participants throughout the research period:				18

## 4. Summary of the international joint research

The X-MEM project consortium worked on the development and improvement of the functionality of composite porous materials and membranes. The aim of the project in terms of applications was to look into solutions to H2020 societal challenges such as 'Clean water', 'Green Energy' and 'Health'. The properties of the developed materials were evaluated in photocatalytic membrane for water treatment, an ion exchange membrane for reverse electrodialysis and an electro-active biocompatible membrane for neural models to study mechanisms and treatments of neural pathologies. The expertise of the consortium partners in a broad typology of functional porous materials, synthesis and characterization techniques and for very different uses were exploited to create new materials synergy in a holistic approach. The obtained results have been published in international journals and at various conferences/workshops. Researchers and students were exchanged between partners. The consortium also worked on the development of a network by organizing several symposiums/workshops.

## 5. Outcomes of the international joint research

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

The X-MEM project aimed at understanding and improving the functionality in terms of reactivity, selectivity and efficiency of photocatalytic- and electro-active porous materials using systematization of synthesis variables and nano-scale management approaches. In particular this methodology was applied to develop and improve the functionality of membrane materials where their efficient function relies on optimizing their porous structure. Composite materials such as Ag (Pt)/TiO<sub>2</sub>/zeolite, graphene/Ag/polymer were investigated and selected materials were shaped as thin membranes for functionality tests in the areas listed above. Results were published in scientific journals and at conferences/workshops.

### 5-2 Synergistic effects of the joint research

The partners have a broad expertise on functional porous materials, synthesis and characterization techniques. The collaboration between partners enabled the access to different techniques and deepened the discussions, which facilitated the research and development. The number of exchanging researchers and students was reduced from the planning due to the COVID-19 restrictions, however, the consortium applied to Erasmus+ and supported the mobility between partners. The X-MEM consortium organized several online/hybrid international symposiums/workshops, providing platforms for students and young researchers to discuss their scientific achievements.

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

The X-MEM project aimed to develop and improve materials, in particular membrane devices to addressing the H2020 societal challenges such as 'Clean water', 'Green Energy' and 'Health'. The obtained results were reported in international scientific journals and at conferences/symposiums/workshops which were open to public. The X-MEM consortium aimed also to help young researchers to develop their skills and expand the network by exchanging personnel and organizing symposiums/workshops.

## 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 1 件

・査読有り: 発表件数: 計 1 件

1. Diban, N., Pacuła, A., Kumakiri, I., Barquín, C., Rivero, M. J., Urriaga, A., & Ortiz, I., "TiO<sub>2</sub>-Zeolite metal composites for photocatalytic degradation of organic pollutants in water", *Catalysts*, 11(11), 1367, (2021)

DOI: 10.3390/catal11111367

・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 2 件

・査読有り: 発表件数: 計 1 件

1. Kumakiri I, Murasaki K, Yamada S, Abdul Rahim AN, Ishii H. A, "Greener Procedure to Prepare TiO<sub>2</sub> Membranes for Photocatalytic Water Treatment Applications", *Journal of Membrane Science and Research*, 8(2), (2022) (in progress)

2. Che Abdul Rahim A.N., Yamada S., Bonkohara H., Mestre S., Imai T., Hung Y.T., Kumakiri I., "Influence of Salts on the Photocatalytic Degradation of Formic Acid in Wastewater", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, (accepted)

・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 0 件

該当なし

\*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 1 件

### 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 3 件 (うち招待講演: 1 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 14 件 (うち招待講演: 1 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 2 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 8 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. X-MEM Kick-off Meeting (一般に公開)、主催者: Diban Nazely (カンタブリア大学・准教授)、カンタブリア大学、サンタンデール、スペイン、2019年10月19日、参加人数10名

2. International Young Researcher Forum -Membranes for sustainable future-(一般に公開)、

主催者:熊切泉（山口大学・准教授）、山口大学、宇部、日本、2019年12月24日、参加人数20名

3. Women Scientists Working on Membranes(一般に公開)、主催者:熊切泉(山口大学・教授)、オンライン、2020年10月5日、参加人数30名

4. 6th International symposium on Green and Smart Technologies for a Sustainable Society(一般に公開)、主催者 : Diban Nazely (カンタブリア大学・准教授)、オンライン、2020年12月9-10日、参加人数90名

5. Microporous and dense inorganic membranes for membrane separations and membrane reactor applications-(一般に公開)、主催者:熊切泉（山口大学・教授）、山口大学、宇部、日本、2022年8月24日、参加人数17名

6.Composite/Mixed Matrix Porous Materials in Membrane-Based Processes(一般に公開)、主催者:Kabay Nalan（エゲ大学・教授）、ハイブリッド、エゲ大学、イズミール、トルコ、2022年9月17-19日、参加人数約30名

#### 4. 研究交流の実績（主要な実績）

##### 【合同ミーティング】

・日欧のチームメンバーを交えて、各 WP 及び全体のオンラインミーティングを6ヵ月に1回開催した。定期的なミーティングに加えて、必要に応じて WP 毎のオンライン会議を開催した。

##### 【学生・研究者の派遣、受入】

・2019年7月：本国際共同研究プログラムのコーディネーターの Diban Nazely 准教授をスペイン・カンタブリア大学から、Erasmus+の経済支援を得て1週間招へいし、共同研究や人材交流について打ち合わせた。

・2019年9月：山口大学大学院前期課程学生を、Erasmus+の経済支援を得て、スペイン・カンタブリア大学に3か月派遣し、山口大学で合成した金属（無機）・ゼオライト複合材料の分析や光触媒能試験をカンタブリア大学で行った。

・2019年9月：スペイン・カンタブリア大学の博士前期・後期課程学生、計2名を、Erasmus+の経済支援を得て、山口大学で3か月受け入れた。

・2019年10月：山口大学から教員を、Erasmus+の経済支援を得て、スペイン・カンタブリア大学に1週間派遣し、カンタブリア大学で開催された kick-off 会議に参加した。

(・2020年12月：山口大学大学院前期・後期課程学生2名を選抜した。Erasmus+の支援でスペイン・カンタブリア大学に3か月派遣する予定は、コロナ禍で実施できなかった。)

#### 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

該当なし

#### 7. その他

##### 【シンポジウム等の一般公開】

・ワークショップやセミナーの案内を山口大学や山口大学研究推進体、山口地区化学工学懇話会などのHPやメールで紹介し、広く参加を求めた。

##### 【オープンキャンパスやHPでの国際協力の紹介】

・山口大学工学部のオープンキャンパスの学科案内で、本国際共同研究を通じた人材交流を紹介した。招へい・派遣学生の感想を山口大学工学部循環環境工学科のHPで公開した。