

令和5年度
統合研究拠点利用状況報告書

目次

| | | |
|--|--------|-----|
| ・ 統合バイオファウンドリ研究 | ・・・・・・ | 1 |
| ・ イオン液体を用いた高性能 CO ₂ 分離膜の開発 | ・・・・・・ | 15 |
| ・ 惑星科学国際研究プロジェクト | ・・・・・・ | 38 |
| ・ 透視科学に革新をもたらす数理とテクノロジーの開拓 | ・・・・・・ | 54 |
| ・ ゲノム編集研究 | ・・・・・・ | 63 |
| ・ 次世代バイオロジクスのプロセスサイエンス研究 | ・・・・・・ | 70 |
| ・ 電磁耐性量子集積エレクトロニクス・イノベーション | ・・・・・・ | 76 |
| ・ グリーンイノベーション関連有用物質のバイオプロダクションに 関する研究 | ・・・・・・ | 86 |
| ・ 未来世紀都市学研究 | ・・・・・・ | 98 |
| ・ 健康・医療ビッグデータと人工知能を活用したデジタルヘル ス研究 | ・・・・・・ | 104 |

令和 6 年 5 月 23 日

令和 5 年度 神戸大学統合研究拠点利用状況報告書

1. 研究概要

| | |
|----------------|--|
| 研究テーマ | 統合バイオファウンドリ研究 |
| 研究代表者 部局・専攻・氏名 | 科学技術イノベーション研究科・近藤 昭彦 先端バイオ工学研究センター・蓮沼 誠久 |
| 入居室番号 | 本館 401・504～506 号室 アネックス 301～306 号室 |
| 外部資金 獲得実績 | 科学研究費補助金 8,750 千円, 受託研究経費 816,028 千円 奨学寄附金 15,000 千円, 共同研究経費 171,874 千円 |
| | 特許出願件数 12 件, 論文発表件数 18 件, 著書数 13 件 |

* 外部資金獲得実績については、研究代表者および研究チームメンバーのものの合計とする。
(間接費含む)

* 論文発表については令和 6 年 3 月末までに発表されたもの (in press は含まない) とする。

* 論文について共著などの関係にて重複カウントなきようにお願いいたします。

2. 研究チームメンバーとその役割分担

※主に統合研究拠点で研究活動を行っている方の氏名に下線を付してください。

| 氏名 | 所属部局・専攻 | 役割分担 |
|--------|----------------|--|
| 近藤 昭彦 | 科学技術イノベーション研究科 | 総括 |
| 蓮沼 誠久 | 先端バイオ工学研究センター | ・代謝評価技術の開発 ・微生物の機能評価 |
| 秀瀬 涼太 | 先端バイオ工学研究センター | ・酵素機能改変および代謝経路の設計 ・微生物機能評価の自動化技術の開発 |
| 竹田 弘法 | 先端バイオ工学研究センター | ・酵素機能改変 ・微生物の機能評価 |
| 吉田 崇伸 | 先端バイオ工学研究センター | ・代謝評価技術の開発 ・微生物の機能評価 ・微生物機能評価の自動化技術の開発 |
| 那須野 亮 | 先端バイオ工学研究センター | ・酵素機能改変および代謝経路の設計 ・微生物機能評価の自動化技術の開発 |
| 堀 良美 | 先端バイオ工学研究センター | ・微生物機能評価の自動化技術の開発 ・微生物の機能評価 |
| 八反 順一郎 | 先端バイオ工学研究センター | ・計算科学による設計に基づく遺伝子改変微生物の作出 |
| 工藤 恒 | 科学技術イノベーション研究科 | ・酵素機能改良のための計算科学技術の開発 ・微生物の機能評価 |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

3. 研究成果の概要等について

*継続用紙添付可、研究者や研究テーマごとなど、3ページ以内に簡潔にまとめて下さい。

*特に統合研究拠点での研究活動による成果には下線を付してください。

*継続用紙添付可、研究者や研究テーマごとなど、3ページ以内に簡潔にまとめて下さい。

本拠点では物質生産技術の根幹となるバイオ技術にデジタル技術（AI技術、ロボティクス技術）を融合した研究プラットフォーム（統合型バイオファウンドリ）を構築し、属人的手法では実現できなかった『テラーメイドバイオ生産』を行っている。以下に研究テーマごとの研究成果の概要を示す。

< NEDO 「カーボンリサイクル実現を加速するバイオ由来製品生産技術の開発」プロジェクト>

・有用物質生産に資する高活性酵素候補をデータベース空間から抽出可能な計算科学技術の開発を行った。計算科学が提示する高活性酵素候補について、酵素機能および有用物質生産菌の評価を通して、計算科学技術の有効性を実証した。

・酵素活性を高速高精度に評価できるロボティクスシステムを開発した。

< AMED 「次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業（腸内マイクロバイオーム制御による次世代創薬技術の開発）」プロジェクト>

腸内マイクロバイオーム制御による疾患治療技術開発に取り組んだ。腸内細菌叢の細胞内代謝物および細胞外代謝物を評価する代謝評価系の改良を行った。

< 株式会社島津製作所共同研究>

ロボティクスとAI技術を活用した自律型実験システム(Autonomous Lab)プロトタイプの開発に取り組んでいる。実際のバイオものづくり研究開発に取り組むことで、ロボティクスおよびAI技術の課題を抽出し、課題解決に向けて改良を行った。

<企業共同研究 1>

LC-MS/MSを用いた代謝評価の精度向上を目的に新たなメタボローム解析技術の開発に取り組んだ。新規のカラムおよび、移動相組成の候補を試験することで、技術の改良に成功した。

<企業共同研究 2>

計算科学を用いた代謝経路設計を行い、設計に基づき物質生産菌を作出・評価を行った。設計および物質生産能の解析によって、有用物質生産菌の特徴抽出に成功した。代謝経路設計と物質生産の関係性の理解をさらに深めるために、機能改変を行ったライブラリーを作出し、機能評価を行った。

4. 論文・著書・特許出願リスト

*当該年度において学術誌などに発表した論文・著書等の著者、発表論文名、掲載誌、巻号、ページ、年の各項目及び特許出願について記載して下さい。(受理証明があるものも記載可)

*論文については「査読あり」のもののみ、記載して下さい。

*論文については、in Press は次年度の成果とします。

論文名： Direct production of 4-hydroxybenzoic acid from cellulose using cellulase-displaying *Pichia pastoris*

著者名： Inokuma, K., Miyamoto, S., Morinaga, K., Kobayashi, Y., Kumokita, R., Bamba, T., Ito, Y., Kondo, A., Hasunuma, T.

掲載誌、巻、ページ： Biotechnology and Bioengineering, 120(4), 1097-1107, 2023 年

論文名： Dark accumulation of downstream glycolytic intermediates initiates robust photosynthesis in *cyanobacteria*

著者名： Tanaka, K., Shirai, T., Vavricka, CJ., Matsuda, M., Kondo, A., Hasunuma, T.掲載誌、巻、ページ： Plant Physiology, 191(4), 2400-2413, 2023 年

論文名： Enhanced supply of acetyl-CoA by exogenous pantothenate kinase promotes synthesis of poly(3-hydroxybutyrate)

著者名： Kudo, H., Ono, S., Abe, K., Matsuda, M., Hasunuma, T., Nishizawa, T., Asayama, M., Nishihara, H., Chohnan, S.

掲載誌、巻、ページ： Microbial Cell Factories, 22(1), 75, 2023 年

論文名： L-Lactate treatment by photosynthetic cyanobacteria expressing heterogeneous L-lactate dehydrogenase

著者名： Kato, Y., Inabe, K., Haraguchi, Y., Shimizu, T., Kondo, A., Hasunuma, T.

掲載誌、巻、ページ： Scientific Reports, 13(1), 7249, 2023 年

論文名： Metabolomic analysis of the effect of nitrogen on fucoxanthin synthesis by the haptophyte *Pavlova gyrans*

著者名： Yoshida, E., Kato, Y., Kanamoto, A., Kondo, A., Hasunuma, T.

掲載誌、巻、ページ： Algal Research, 72, 103144, 2023 年

論文名： Skeletal myotube-derived extracellular vesicles enhance itaconate production and attenuate inflammatory responses of macrophages

著者名： Yamaguchi, A., Maeshige, N., Yan, J., Ma, X., Uemura, M., Matsuda, M., Nishimura, Y., Hasunuma, T., Kondo, H., Fujino, H., Yuan, ZM.

掲載誌、巻、ページ： Frontiers in Immunology, section Inflammation, 14, 1099799, 2023 年

論文名 : Circular cell culture for sustainable food production using recombinant lactate-assimilating cyanobacteria that supplies pyruvate and amino acids
著者名 : Haraguchi, Y., Kato, Y., Inabe, K., Kondo, A., Hasunuma, T., Shimizu, T.
掲載誌, 卷, ページ : Archives of Microbiology, 205(7), 266, 2023 年

論文名 : Aromatic secondary metabolite production from glycerol was enhanced by amino acid addition in *Pichia pastoris*
著者名 : Kumokita, R., Yoshida, T., Shirai, T., Kondo, A., Hasunuma, T.
掲載誌, 卷, ページ : Applied Microbiology and Biotechnology, 107(24), 7391–7401, 2023 年

論文名 : Electrical stimulation facilitates NADPH production in pentose phosphate pathway and exerts an anti-inflammatory effect in macrophages
著者名 : Uemura, M., Maeshige, N., Yamaguchi, A., Ma, X., Matsuda, M., Nishimura, Y., Hasunuma, T., Inoue, T., Yan, J., Wang, J., Kondo, H., Fujino, H.
掲載誌, 卷, ページ : Scientific Reports, 13(1), 17819, 2023 年

論文名 : Comprehensive metabolic profiling of *Geotrichum candidum* and comparison with *Saccharomyces cerevisiae*
著者名 : Bamba, T., Hori, Y., Umebayashi, K., Soh, C., Hakozaki, T., Toyama, K., Osumi, M., Kondo, A., Hasunuma, T.
掲載誌, 卷, ページ : Journal of Bioscience and Bioengineering, 137(1), 9-15, 2023 年

論文名 : Every road leads to Rome: diverse biosynthetic regulation of plant cell wall-degrading enzymes in filamentous fungi *Penicillium oxalicum* and *Trichoderma reesei*
著者名 : Zhao, S., Zhang, T., Hasunuma, T., Kondo, A., Zhao, XQ., Feng, JX.
掲載誌, 卷, ページ : Critical Reviews in Biotechnology, 1-21, 2023 年

論文名 : The carbon flow shifts from primary to secondary metabolism during xylem vessel cell differentiation in *Arabidopsis thaliana*
著者名 : Uy, Abigail Loren Tung., Yamamoto, A., Matsuda, M., Hasunuma, T., Demura, T., Ohtani, M.
掲載誌, 卷, ページ : Plant and Cell Physiology, 64, 1563-1575, 2023 年

論文名 : ppGpp accumulation reduces the expression of the global nitrogen homeostasis-modulating NtcA regulon by affecting 2-oxoglutarate levels
著者名 : Hidese, R., Ohbayashi, R., Kato, Y., Matsuda, M., Tanaka, K., Imamura, S., Ashida, H., Kondo, A., Hasunuma, T.

掲載誌, 卷, ページ : Communications Biology, 6, 1285, 2023 年

論文名 : Beneficial effect of optimizing the expression balance of the mevalonate pathway introduced into the mitochondria on terpenoid production in *Saccharomyces cerevisiae*

著者名 : Yanagibashi, S., Bamba, T., Kirisako, T., Kondo, A., Hasunuma, T.

掲載誌, 卷, ページ : Journal of Bioscience and Bioengineering, 137(1), 16-23, 2024 年

論文名 : The potency of mitochondria enlargement for mitochondria-mediated terpenoid production in yeast

著者名 : Yanagibashi, S., Bamba, T., Kirisako, T., Kondo, A., Hasunuma, T.

掲載誌, 卷, ページ : Applied Microbiology and Biotechnology, 108, 110, 2024 年

論文名 : The chromatin remodeler Ino80 regulates yeast stress tolerance and cell metabolism through modulating nitrogen catabolite repression

著者名 : Yuan, B., Wang, WB., Wang, XQ., Liu, CG., Hasunuma, T., Kondo, A., Zhao, XQ.

掲載誌, 卷, ページ : International Journal of Biological Macromolecules, 258, 129041, 2024 年

論文名 : High-level phenol bioproduction by engineered *Pichia pastoris* in glycerol fed-batch fermentation using an efficient pertraction system

著者名 : Kumokita, R., Bamba, T., Yasueda, H., Tsukida, A., Nakagawa, K., Kitagawa, T., Yoshioka, T., Matsuyama, H., Yamamoto, Y., Maruyama, S., Hayashi, T., Kondo, A., Hasunuma, T.

掲載誌, 卷, ページ : Bioresource Technology, 393, 130144, 2024 年

論文名 : Metabolomics-based development of bioproduction processes toward industrial-scale production

著者名 : Tanaka, K., Bamba, T., Kondo, A., Hasunuma, T.

掲載誌, 卷, ページ : Current Opinion in Biotechnology, 85, 103057, 2024 年

[著書]

著 書 : 農業・食料生産分野におけるバイオマス利用工学 -循環型社会のための生物資源利用-, I 編 生物資源利用の基礎 : 3. 物理・化学的変換技術の理論 「3.3 バイオリファイナリー」

著者名 : 蓮沼誠久 (共著)

巻, ページ : 119-128

発行所, 発行年 : コロナ社, 2023 年

著　書： 農業・食料生産分野におけるバイオマス利用工学 -循環型社会のための生物資源利用-, II編 生物資源の応用技術：2. エネルギー利用技術「2.4 バイオリファイナリー産物」

著者名： 蓮沼誠久（共著）

巻, ページ： 229-237

発行所, 発行年： コロナ社, 2023年

著　書： 光合成が始まる瞬間の代謝機構

著者名： 田中謙也, 蓮沼誠久（共著）

巻, ページ： 23-33

発行所, 発行年： 光合成研究, 2023年

著　書： 微生物を活用した有用物質の製造技術

著者名： 蓮沼誠久（監修）

巻, ページ： 1-290

発行所, 発行年： シーエムシー出版, 2023年

著　書： 微生物を活用した有用物質の製造技術, 第2章 高度なバイオものづくり用微生物を開発するための要素技術 -6. 微生物物質生産に資するオミクス技術

著者名： 蓮沼誠久（共著）

巻, ページ： 73-80

発行所, 発行年： シーエムシー出版, 2023年

著　書： 微生物を活用した有用物質の製造技術, 第5章 CO₂からの有用物質生産 -2. 水素酸化細菌によるCO₂吸収-

著者名： 秀瀬涼太, 蓮沼誠久（共著）

巻, ページ： 170-179

発行所, 発行年： シーエムシー出版, 2023年

著　書： CO₂の有効利用技術の開発, 第5章 第14節 シアノバクテリアを利用した二酸化炭素からの有用物質生産技術

著者名： 加藤悠一, 田中謙也, 蓮沼誠久（共著）

巻, ページ： 293-300

発行所, 発行年： 技術情報協会, 2023年

著　書： テクノロジー・ロードマップ 2024-2033 全産業編, 14-6 スマートセルインダストリー

著者名： 蓮沼誠久（共著）

巻, ページ：

発行所, 発行年： 日経BP, 2023年

著 書： Handbook of Biorefinery Research and Technology
著者名： Kahar, P., Guirimand, G., Hasunuma, T. (共著)
巻, ページ： 1-22
発行所, 発行年： Springer, 2023 年

著 書： [特集] 「生物機能を利用したモノづくり」に貢献するプロセス強化 微生物の
高速育種を実現するスマートセル創出プラットフォーム
著者名： 蓮沼誠久, 秀瀬涼太, 番場崇弘 (共著)
巻, ページ： 29-31
発行所, 発行年： 中西出版, 2023 年

著 書： 日本生物工学会 100 年史, 育種技術 -突然変異から代謝工学へ- 第 3 章 生物工
学の研究 100 年
著者名： 近藤昭彦, 蓮沼誠久, 秀瀬涼太 (共著)
巻, ページ： 29-31
発行所, 発行年： 中西出版, 2023 年

著 書： 日本生物工学会 100 年史, これからの生物育種 -代謝工学による育種のこれか
ら- 第 4 章 生物工学のこれから
著者名： 蓮沼誠久 (共著)
巻, ページ： 58-60
発行所, 発行年： 中西出版, 2023 年

著 書： カロテノイドの科学 -基礎, 研究の新展開, 生理活性-, 第 11 章 微生物によ
るカロテノイド高生産とメタボローム解析の応用
著者名： 蓮沼誠久 (共著)
巻, ページ： 123-131
発行所, 発行年： シーエムシー出版, 2024 年

[特許]

発明等の名称： 形質転換ストレプトマイセス属細菌およびC-P結合を有する生理活性
物質の製造方法
出願者： 国立大学法人神戸大学, 出光興産株式会社
発明者： 蓮沼誠久, 番場崇弘, 安枝寿, 町田裕樹, 松井健史, 川端孝博, 吉岡伸
出願日： 2023 年 4 月 28 日
出願番号： 特願 2023-073979

発明等の名称： 形質転換ストレプトマイセス属細菌およびビアラホスの製造方法
出願者： 国立大学法人神戸大学, 出光興産株式会社

発明者： 2023年4月28日

出願日： 蓮沼誠久，番場崇弘，安枝寿，町田裕樹，松井健史，川端孝博，吉岡伸

出願番号：特願 2023-074009

発明等の名称：分析方法、吸着防止剤および分析用キット

出願者：国立大学法人神戸大学，株式会社島津製作所

発明者：蓮沼誠久，服部考成，藤戸由佳

出願日：2023年5月5日

出願番号：18/143628（米国）

発明等の名称：キチン・キトサンの新規な製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学，AGC株式会社

発明者：蓮沼誠久，秀瀬涼太，伊達理沙，山崎翔子

出願日：2023年5月18日

出願番号：特願 2023-082603

発明等の名称：アセチルC o A誘導体の製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学，株式会社カネカ

発明者：蓮沼誠久，秀瀬涼太，松本圭司，安部川直樹，佐藤俊輔

出願日：2023年8月14日

出願番号：特願 2023-131749

発明等の名称：フェノール類の製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学，三菱ケミカル株式会社

発明者：中川敬三，蓮沼誠久，番場崇弘，安枝寿，雲北涼太，北河享，吉岡朋久

月田彪斗，山本恭士，丸山悟史，林隆宏

出願日：2023年9月1日

出願番号：特願 2023-142382

発明等の名称：分析方法

出願者：国立大学法人神戸大学，株式会社ダイセル

発明者：蓮沼誠久，吉田崇伸，永井寛嗣，村田健虎，加藤聰志

出願日：2023年10月3日

出願番号：特願 2023-172327

発明等の名称：3-ヒドロキシ安息香酸類の製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学，花王株式会社

発明者：蓮沼誠久，秀瀬涼太，高橋史員，野中鏡士朗

出願日：2023年10月23日

出願番号：特願 2023-182030

発明等の名称：溶血素產生能の評価方法

出願者：国立大学法人神戸大学, 株式会社カネカ

発明者：蓮沼誠久, 番場崇弘, 安枝寿, 小林新吾, 青木里奈, 田岡直明

出願日：2024年1月24日

出願番号：特願 2024-008987

発明等の名称：微細藻類培養方法及び油脂製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学, 三菱ケミカル株式会社

発明者：蓮沼誠久, 加藤悠一, 山本恭士, 池澤信博

出願日：2024年2月13日

出願番号：特願 2024-019278

発明等の名称：カルボニル化合物の製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学, 高砂香料工業株式会社

発明者：蓮沼誠久, 秀瀬涼太, 鳴神寿昭, 井上真緒

出願日：2024年2月19日

出願番号：特願 2024-022764

発明等の名称：エチレングリコール產生遺伝子組換え微生物、およびエチレングリコール

の製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学, シーシーアイホールディングス株式会社

発明者：蓮沼誠久, 尾崎弘貴, 渡邊嶺斗

出願日：2024年3月19日

出願番号：特願 2024-043486

5. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金等(外部資金名(種目), 代表者名, 研究タイトル, 当該年度の受入金額を記載)

○外部資金名: 科学研究費補助金

研究種目: 基盤 (B)

代表者名: 蓮沼誠久

研究課題名: 鉄利用メカニズムの解明と制御による代謝経路の再編

受入金額: 4,420 千円

○外部資金名: 科学研究費補助金

研究種目: 基盤 (B)

代表者名: 谷藤吾朗 (分担: 蓮沼誠久)

研究題目: 光によらない葉緑体の炭酸同化能力と進化的原動力を紐解く

受入金額: 260 千円

○外部資金名: 科学研究費補助金

研究種目: 若手研究

代表者名: 竹田弘法

研究課題名: ミトコンドリア外膜における巨大チャネル形成の構造・機能研究

受入金額: 1,700 千円

○外部資金名: 科学研究費補助金

研究種目: 国際共同研究強化 B

代表者名: 塩田拓也 (分担: 竹田弘法)

研究課題名: 中性子反射率法を中心とした多角的な解析によるグラム陰性菌の膜
生合成解析

受入金額: 1,200 千円

○外部資金名: 科学研究費補助金

研究種目: 基盤 C

代表者名: 那須野 亮

研究課題名: 酵母におけるニトロ化タンパク質還元酵素の同定と機能解析

受入金額: 1,170 千円

○外部資金名: NEDO グリーンイノベーション基金事業

代表者名: 株式会社カネカ (分担: 蓮沼誠久)

研究題目: バイオものづくり技術による CO₂ を直接原料としたカーボンリサイクルの推進

受入金額: 255,074 千円

- 外部資金名：NEDO グリーンイノベーション基金事業
代表者名：株式会社島津製作所（分担：蓮沼誠久）
研究題目：バイオものづくり技術による CO₂ を直接原料としたカーボンリサイクルの推進
受入金額：261,300 千円
- 外部資金名：JST 革新的 GX 技術創出事業（基金）
代表者名：本田孝祐（分担：蓮沼誠久）
研究題目：次世代 DBTL 基盤とバイオ生産ベーシックセルの開発
受入金額：211,190 千円
- 外部資金名：JST 未来社会創造事業
代表者名：蓮沼誠久
研究題目：細胞分裂制御技術による物質生産特化型ラン藻の創製と光合成的芳香族生産への応用
受入金額：17,290 千円
- 外部資金名：BRAIN ムーンショット型水産研究開発事業
代表者名：清水達也（分担：蓮沼誠久）
研究題目：藻類と動物細胞を用いたサーチュラーセルカルチャーによるバイオエコノミカルな培養食糧生産システム
受入金額：29,000 千円
- 外部資金名：AMED 次世代治療・診断実現のための創薬基盤技術開発事業
代表者名：鎌形洋一（分担：蓮沼誠久）
研究題目：リバーストランスレーショナル創薬に向けた包括的マイクロバイオーム制御基盤技術開発・マイクロバイオーム創薬エコシステム構築に向けて
受入金額：9,100 千円
- 外部資金名：NEDO カーボンリサイクル実現を加速するバイオ由来製品生産技術の開発
代表者名：株式会社カネカ（分担：蓮沼誠久）
研究題目：Bacillus 属細菌による抗菌環状リポペプチド生産システム実証
受入金額：8,690 千円
- 外部資金名：NEDO カーボンリサイクル実現を加速するバイオ由来製品生産技術の開発
代表者名：株式会社カネカ（分担：蓮沼誠久）

研究題目：大腸菌発酵による酸化型グルタチオン高生産技術の開発
受入金額：9,234千円

○外部資金名：NEDO カーボンリサイクル実現を加速するバイオ由来製品生産技術の開発

代表者名：小川香料株式会社（分担：蓮沼誠久）

研究題目：有用な香料中間体の生産システム開発と実証

受入金額：13,200千円

○外部資金名：国立大学改革・研究基盤強化推進補助金

代表者名：蓮沼誠久

研究題目：-

受入金額：1,950千円

○外部資金名：共同型協力研究

代表者名：蓮沼誠久

件 数：36件

受入金額：171,874千円

○外部資金名：奨学寄附金（助成金）

代表者名：竹田弘法

件 数：8件

受入金額：15,000千円

（2）受賞（賞名称、受賞対象、受賞者名、授与機関名、受賞年・月）（KUIDにあわせる）

学長表彰

（授与機関名：神戸大学、財務貢献者）

受賞者名：近藤昭彦

受賞年月：令和5年10月

学長表彰

（授与機関名：神戸大学、財務貢献者）

受賞者名：蓮沼誠久

受賞年月：令和5年10月

花王科学奨励賞（花王芸術・科学財団）

（授与機関名：神戸大学、対象研究テーマ：ミトコンドリア表面における蛋白質生合成経路の構造生物学的研究）

受賞者名：竹田弘法

受賞年月：令和5年6月

若手招待講演賞（日本生物物理学会）

（授与機関名：神戸大学、対象研究テーマ：Structural study for the β -barrel protein membrane insertion by the mitochondrial protein assembly gate）

受賞者名：竹田弘法

受賞年月：令和5年1月

（3）研究集会の開催（統合研究拠点での研究活動と関連の深いものに限る）

研究集会名：バイオとデジタルの融合によるバイオものづくりの革新

主催団体がある場合は主催団体：神戸大学先端バイオ工学研究センター

開催日：2024年2月5日

場所：神戸大学百年記念館六甲ホール

研究集会名：バイオ生産工学研究室 2023年度中間発表会

主催団体がある場合は主催団体：神戸大学バイオ生産工学研究室

開催日：2024年1月19日

場所：神戸大学統合研究拠点コンベンションホール

（4）その他、統合研究拠点での研究活動と関連のある特記事項

神戸大学科学イノベーション研究科 研究発表会

ポスター発表審査員（竹田弘法）

令和 6 年 5 月 31 日

令和 5 年度 神戸大学統合研究拠点利用状況報告書

1. 研究概要

| | |
|----------------|---|
| 研究テーマ | イオン液体を用いた高性能 CO ₂ 分離膜の開発 |
| 研究代表者 部局・専攻・氏名 | 先端膜工学研究センター・松山秀人 |
| 入居室番号 | 本館 502号室 |
| 外部資金獲得実績 | 科学研究費補助金 29,042 千円, 受託研究経費 124,873 千円 奨学寄附金 33,437 千円, 共同研究経費 136,985 千円 |
| | 特許出願件数 10 件, 論文発表件数 73 件, 著書数 0 件 |

* 外部資金獲得実績については、研究代表者および研究チームメンバーのものの合計とする。
(間接費含む)

* 論文発表については令和 6 年 3 月末までに発表されたもの (in press は含まない) とする。

* 論文について共著などの関係にて重複カウントなきようにお願いいたします。

2. 研究チームメンバーとその役割分担

※主に統合研究拠点で研究活動を行っている方の氏名に下線を付してください。

| 氏名 | 所属部局・専攻 | 役割分担 |
|----------------|--|---------------|
| 松山秀人 | 先端膜工学研究センター | 研究統括 |
| 蔵岡孝治 | 海事科学研究科 | ガス分離特性評価 |
| 吉岡朋久 | 先端膜工学研究センター | ガス透過解析 |
| 中川敬三 | 科学技術イノベーション研究科 | ガス分離用高分子材料の開発 |
| <u>神尾英治</u> | 工学研究科・応用化学専攻 | ガス分離系の設計 |
| 市橋祐一 | 工学研究科・応用化学専攻 | ガス分離特性評価 |
| 松岡 淳 | 先端膜工学研究センター | ガス透過解析 |
| 熊谷和夫 | 先端膜工学研究センター | ガス分離特性評価 |
| Stephen Gray | Victoria University | ガス分離研究助言 |
| King Lun Yeung | The Hong Kong University of Science and Technology | ガス分離研究助言 |
| Xiao-Ling Wang | Tsinghua University | ガス分離研究助言 |
| Bao-Guo Wang | Tsinghua University | ガス分離研究助言 |
| Da-Ming Wang | National Taiwan University | ガス分離研究助言 |
| Kueir-Rarn Lee | Chung Yuan Christian University | ガス分離研究助言 |
| Hokyong Shon | University of Technology Sydney | ガス分離研究助言 |
| | | |
| | | |
| | | |

3. 研究成果の概要等について

*継続用紙添付可、研究者や研究テーマごとなど、3ページ以内に簡潔にまとめて下さい。

*特に統合研究拠点での研究活動による成果には下線を付してください。

本研究では、大気中 CO_2 濃度の低減に貢献する省エネルギーな CO_2 分離回収プロセスの実現を目指し、高性能 CO_2 分離膜の開発を行う。特に、CCS および CCUS 実現のための火力発電所等の大規模 CO_2 発生源から排出される CO_2 の分離回収のための CO_2 分離膜を開発する。 CO_2 分離膜を用いた脱炭酸プロセスを実用化するために必要とされる CO_2 透過度および CO_2/N_2 選択性には、それぞれ 1000 GPU および 20 が必要とされるため、それら性能を有する CO_2 分離膜を開発することを到達目標とする。

本研究で開発を目指す耐圧型 CO_2 分離膜は、長期使用安定性と耐圧性を両立するものであり、それらを実現するための材料として、イオン液体を含有する高強度ゲル（高強度イオングル）に着目している。これまでに、 CO_2 を選択的に吸収できるイオン液体を高強度化するための技術と、その高強度イオングルフィルムの優れた CO_2 選択透過性能は確認できており、高強度イオングルの薄膜化技術の開発が現状の課題である。本研究では、イオングルの薄膜化とイオン液体の機能化により、高性能な CO_2 分離膜の開発を行なう。

これまでの研究で、半結晶性高分子である poly(vinylidene fluoride hexafluoropropylene) (PVDF-HFP) がイオン液体中で半結晶構造由来の物理的架橋点を形成し、イオン液体をゲル化することを明らかにしてきた。また、イオン液体に対して優れた親和性を有する高分子を主骨格とし、架橋反応性官能基を導入した架橋性高分子を合成し、その架橋性高分子と半結晶性 PVDF-HFP を同時にイオン液体中でネットワーク化することにより相互侵入網目構造を作製すると、高強度且つ優れたイオン液体保持性を有するイオングル膜を作製できることを明らかにしてきた。さらに、その薄膜化についても検討し、高速ガス透過性中間層を形成する多孔性支持膜上にイオングル薄膜をスピンドルコート法により形成することでイオングル薄膜複合膜（図 1）を創製した。しかしながら、その中間層のガス透過速度が不十分であったため、イオングル薄膜複合膜の CO_2 透過速度は約 800 GPU であり、到達目標を達成していない。その性能改善のための課題は中間層の性能改善である。

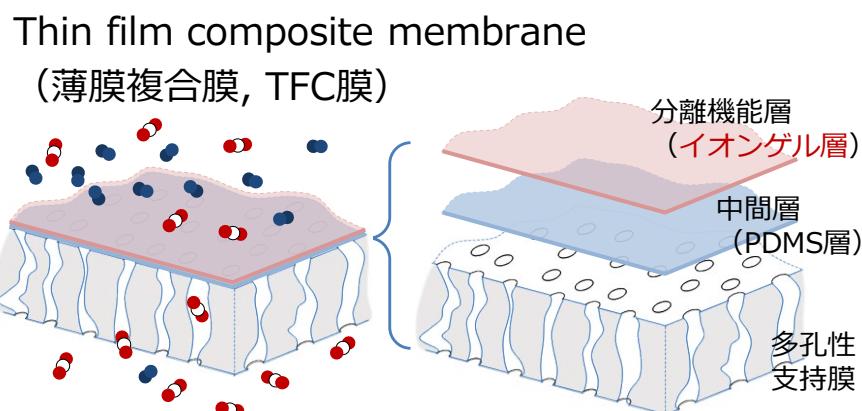


図 1 イオングル薄膜複合膜の概念図

そこで今年度は、高性能中間層の作製について検討を行った。CO₂分離膜の中間層材料としては、ポリジメチルシロキサンが一般的に用いられる。ポリジメチルシロキサンはゴム状高分子であり、高いガス透過係数を有する。一般的に用いられるポリジメチルシロキサンのCO₂透過係数は約3500 barrer程度であり、これをCO₂分離膜の中間層として用いるためには、1ミクロン以下の薄膜に成形する必要がある。一方で、ポリジメチルシロキサンは原料組成を変更することにより架橋度を制御できることが期待される。一般的に、架橋度の低下はガス透過係数を増大させる。従って、高速ガス透過性を有するポリジメチルシロキサン中間層を創製するためには、ポリジメチルシロキサンの架橋度の制御、および、ポリジメチルシロキサンの薄膜化が有効であり、本研究では、まずポリジメチルシロキサンの架橋度の制御、続いて、架橋度を制御したポリジメチルシロキサンの薄膜化について検討を行った。

ポリジメチルシロキサンの架橋度は、原料であるビニル基含有ポリジメチルシロキサン(VT-PDMS, 図2(a))とポリジメチルシロキサン/メチル水素シロキサン共重合体(PDMS-MHS, 図2(b))を種々の割合で用いることにより制御した。

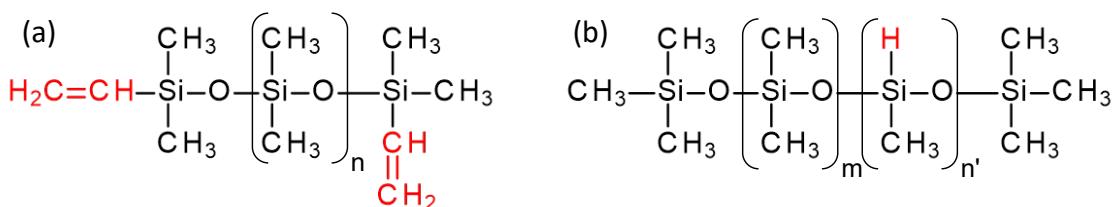


図2 ポリジメチルシロキサン中間層の原料

VT-PDMS / PDMS-MHSモル比を種々調整して作製したポリジメチルシロキサンの機械的強度とヘキサンによる膨潤率を評価したところ、VT-PDMSの割合が増大するとともにYoung率は低下し、ヘキサンによる膨潤率は増大した。これは、PDMS-MHSの分子量がVT-PDMSよりも大きく、VT-PDMSが主骨格として働いているため、その割合の増加により、作製されるポリジメチルシロキサンの架橋度が低下したと考えられる。また、VT-PDMS / PDMS-MHSモル比を種々調整して作製したポリジメチルシロキサン膜のCO₂透過性能を評価したところ、図3に示すように、VT-PDMSの割合が増大、つまり、ポリジメチルシロキサンの架橋度の低下に伴い、そのCO₂透過係数が増大することが確認された。

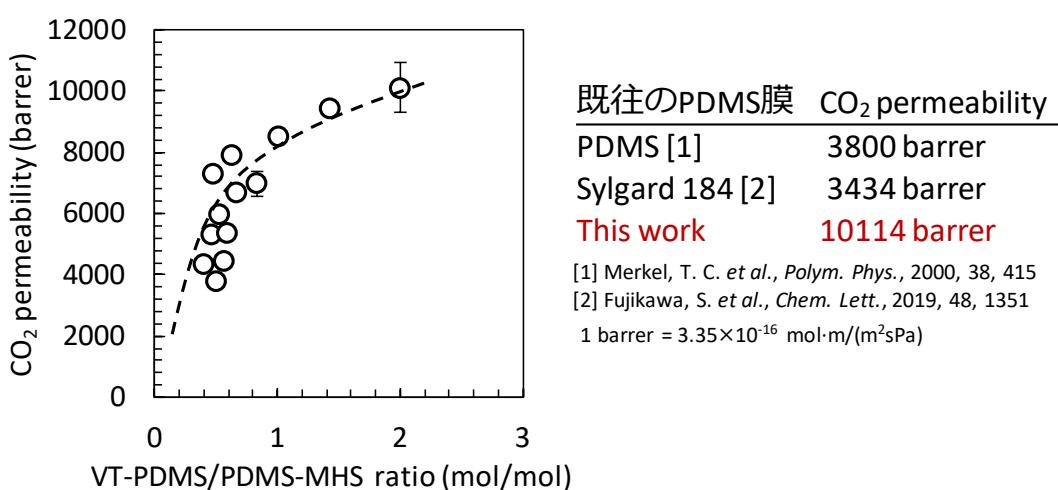


図3 ポリジメチルシロキサン膜のCO₂透過係数とVT-PDMS / PDMS-MHS比の関係

CO₂ 分離膜としての性能を評価可能な強度を担保するためには、VT-PDMS / PDMS-MHS モル比は 2 mol/mol までしか大きくできなかつたが、2 mol/mol の VT-PDMS / PDMS-MHS モル比で作製したポリジメチルシロキサン膜の CO₂ 透過係数は約 10000 barrer であった。これは、既往のポリジメチルシロキサン膜の約 3 倍の性能である。

一方、VT-PDMS / PDMS-MHS = 2 mol/mol で作製するポリジメチルシロキサン膜の薄膜化についても検討を行つた。薄膜調製はスピンコーティング法で行い、その膜厚はヘキサンによるポリジメチルシロキサン膜前駆体溶液の希釈率を制御することにより制御した。作製されたポリジメチルシロキサン膜断面写真、ポリジメチルシロキサン膜の膜厚と前駆体溶液の希釈率の関係、および各々の膜厚のポリジメチルシロキサン膜の CO₂ 透過速度を図 4 に示す。ポリジメチルシロキサン膜の膜厚は前駆体溶液の希釈率で制御可能であり、最薄 0.9 ミクロンのポリジメチルシロキサン膜を得た。その CO₂ 透過速度は 9400 GPU であり、イオングル薄膜複合膜の中間層として十分な性能を有することを確認した。

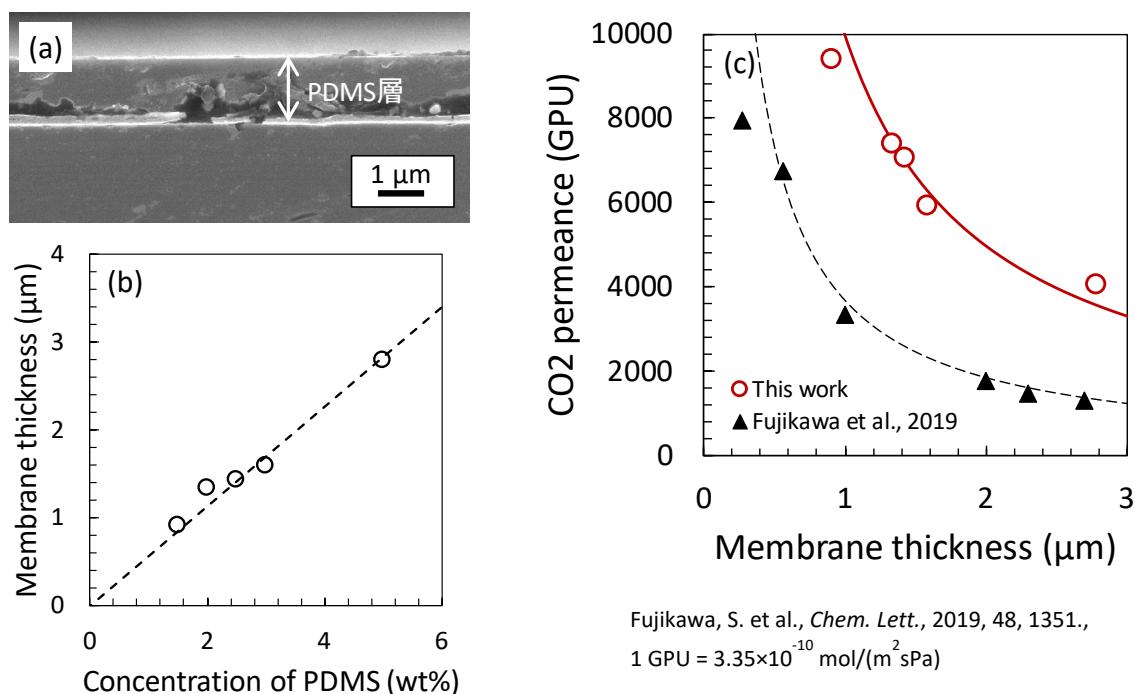


図 4 ポリジメチルシロキサン膜の膜厚および CO₂ 透過速度. (a) ポリジメチルシロキサン膜の断面 SEM 写真, (b) ポリジメチルシロキサン膜の膜厚と前駆体溶液希釈率の関係, (c) ポリジメチルシロキサン膜の CO₂ 透過速度と膜厚の関係

一方で、ポリジメチルシロキサン中間層上に作製するイオングル薄層についても検討を行つてゐる。そのイオングル薄膜の作製に用いるイオン液体は、優れた CO₂ 選択性を有することが含浸液膜による試験で明らかとなつてゐる 1-ethyl-3-methylimidazolium tricyanomethanide ([Emim][C(CN)₃]) であり、ポリアミドとポリエチレングリコールの共重合体である Pebax 1657 により高強度ゲル化可能であることを見出している。

今後は、開発したポリジメチルシロキサンを中間層として有する多孔性支持膜上に [Emim][C(CN)₃]/Pebax 1657 イオングル薄層を有する薄膜複合膜の開発を行う。

4. 論文・著書・特許出願リスト

[論文]

論文名 : Isopropanol concentration by osmotically assisted reverse osmosis
著者名 : Mengyang Hu, Kazuo Kumagai, Ralph Rolly Gonzales, Yu-Hsuan Chiao, Kecheng Guan, Takahiro Kawakatsu, Hideto Matsuyama
掲載誌, 卷, ページ : Journal of Membrane Science, 697, 122581 (2024)

論文名 : Effect of Surface Modification of Polyamide-based Reverse Osmosis Membranes by Glycerol Monoacrylate-Butyl Acrylate Copolymers on Antifouling
著者名 : Yasuyuki Miyoshi, Yoshitomo Nakata, Tooru Kitagawa, Hideto Matsuyama, Tomohisa Yoshioka, Keizo Nakagawa
掲載誌, 卷, ページ : Industrial & Engineering Chemistry Research, 63, 4124-4133 (2024)

論文名 : Fabrication of polydopamine/rGO Membranes for Effective Radionuclide Removal
著者名 : Li Chuang, Li Zhan, Wang Zheng, Guan Kecheng, Chiao Yu-Hsuan, Zhang Pengfei, Xu Ping, Gonzales Ralph Rolly, Hu Mengyang, Mai Zhaohuan, Yoshioka Tomohisa, Matsuyama Hideto
掲載誌, 卷, ページ : ACS Omega, 9, 14187-14197 (2024)

論文名 : Fabrication of high-permeance polyketone (PK) hollow fiber membrane using triple-orifice spinneret via the thermally induced phase separation
著者名 : Shang Xiang, Pengfei Zhang, Ralph Rolly Gonzales, Bowen Li, Saeid Rajabzadeh, Yongxuan Shi, Mengyang, Hu, Zhan Li, Kecheng Guan, Hideto Matsuyama
掲載誌, 卷, ページ : Journal of Membrane Science, 695, 122511 (2024)

論文名 : Development of a double-network ion gel membrane composed of a CO₂-philic ionic liquid, semi-crystalline polymer network, and tetra-armed polyethylene glycol network
著者名 : Shengnan He, Eiji Kamio, Atsushi Matsuoka, Keizo Nakagawa, Tomohisa Yoshioka, Hideto Matsuyama
掲載誌, 卷, ページ : Journal of Membrane Science, 695, 122482 (2024)

論文名 : Aggregate Removal by Responsive Electrospun Membrane based Hydrophobic Interaction Chromatography
著者名 : Xiaolei Hao, Shu-Ting Chen, Yu-Hsuan Chiao, Hideto Matsuyama, Xianghong Qian, Ranil Wickramasinghe
掲載誌, 卷, ページ : Chemie Ingenieur Technik, 96, 446-45 (2024)

論文名 : Thin film nanocomposite forward osmosis membrane with exfoliated layered double hydroxide nanosheets embedded support for fouling-resistant microalgae dewatering

著者名 : Dhita Karunia Vrasna, Pei Sean Goh, Nor Akalili Ahmad, Ralph Rolly Gonzales, Kar Chun Wong, Jun Wei Lim, Woei Jye Lau, Mohd Dafiz Dzarfan Othman, Ahmad Fauzi Ismail, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Journal of Water Process Engineering, 58, 104800 (2024)

論文名 : High-Degree Concentration Organic Solvent Forward Osmosis for Pharmaceutical Pre-Concentration

著者名 : Ryoichi Takada, Ryosuke Takagi, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Membranes, 14, 14 (2024)

論文名 : Preparation of polyethersulfone ultrafiltration membrane coated natural additives toward antifouling and antimicrobial agents for surface water filtration

著者名 : Ria Desiriani, Heru Susanto, Titik Istirokhatun, Yuqing Lin, Nita Aryanti, Herlambang Abriyanto, Hens Saputra, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Journal of Environmental Chemical Engineering, 12, 111797 (2024)

論文名 : Phytic acid and ferric chloride compound additives-regulated interfacial polymerization for high-performance nanofiltration membrane

著者名 : Lei Zhang, Mengyang Hu, Yujun Zhang, Jian Hou, Meizhi Zhang, Chang Gao, Wenming Fu, Hongsen Hui, Quan Liu, Huiying Ding, Zuhui Qin, Hongchang Pei, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Journal of Membrane Science, 693, 122386 (2024)

論文名 : Wetting- and scaling- resistant superhydrophobic hollow fiber membrane with hierarchical surface structure for membrane distillation

著者名 : Pengfei Zhang, Shang Xiang, Ralph Rolly Gonzales, Zhan Li, Yu-Hsuan Chiao, Kecheng Guan, Mengyang Hu, Ping Xu, Zhaohuan Mai, Saeid Rajabzadeh, Keizo Nakagawa, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Journal of Membrane Science. 693, 122338 (2024)

論文名 : High-level phenol bioproduction by engineered *Pichia pastoris* in glycerol fed-batch fermentation using an efficient pertraction system

著者名 : Ryota Kumokita, Takahiro Bamba, Hisashi Yasueda, Ayato Tsukida, Keizo Nakagawa, Tooru Kitagawa, Tomohisa Yoshioka, Hideto Matsuyama, Yasuhito Yamamoto, Satoshi Maruyama, Takahiro Hayashi, Akihiko Kondo, Tomohisa Hasunuma

掲載誌, 卷, ページ : Bioresource Technology, 393, 130144 (2024)

論文名 : Gypsum Scaling Behavior of the Tannic Acid-Coated Polyamide Reverse Osmosis Membrane

著者名 : Yu-Hsuan Chiao, Mengyang Hu, Ralph Rolly Gonzales, Zhe Yang, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : ACS ES&T Water, 4, 237-244 (2024)

論文名 : Energy-efficient trehalose-based polyester nanofiltration membranes for zero-discharge textile wastewater treatment

著者名 : Xiongwei Luo, Lei Jiang, Rui Zhao, Yue Wang, Xin Xiao, Sabrine Ghazouani, Lihua Yu, Zhaohuan Mai, Hideto Matsuyama, Pengrui Jin

掲載誌, 卷, ページ : Journal of Hazardous Materials, 465, 133059 (2024)

論文名 : Continuous purification of drugs by ionic liquid-drawn organic solvent forward osmosis and solute recovery

著者名 : Jing Li, Ralph Rolly Gonzales, Ryosuke Takagi, Ying-Cheng Chen, Atsushi Matsuoka, Luyao Deng, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Environmental Chemistry Letters, 22, 29-34, (2024)

論文名 : Carbon nanotubes regulated polyamide membrane by intercalation to improve the organic solvent nanofiltration performance

著者名 : Luyao Deng, Ralph Rolly Gonzales, Wenming Fu, Guorong Xu, Qiangqiang Song, Ryosuke Takagi, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Carbon, 216, 118582 (2024)

論文名 : Nanochannel characteristics contributing to ion/ion selectivity in two-dimensional graphene oxide membranes

著者名 : Shang Xiang, Pengfei Zhang, Ralph Rolly Gonzales, Saeid Rajabzadeh, Luyao Deng, Yongxuan Shi, Wenming Fu, Zhan Li, Kecheng Guan, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Journal of Membrane Science, 689, 122185 (2024)

論文名 : Lowering spinning temperature for polyketone (PK) hollow fiber membrane fabrication with low-toxic diluent system via thermally induced phase separation

著者名 : Shang Xiang, Pengfei Zhang, Ralph Rolly Gonzales, Saeid Rajabzadeh, Luyao Deng, Yongxuan Shi, Wenming Fu, Zhan Li, Kecheng Guan, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Journal of Membrane Science, 689, 122176 (2024)

論文名 : Recent Progress and Challenges in the Field of Metal-Organic Framework-

Based Membranes for Gas Separation

著者名 : Shunsuke Tanaka, Kojiro Fuku, Naoki Ikenaga, Maha Sharaf, Keizo Nakagawa
掲載誌, 卷, ページ : Compounds, 4, 141-171 (2023)

論文名 : Resource Recovery and Recycling from Water Streams: Advanced Membrane Technologies and Case Studies

著者名 : Xin Li, Bart Van der Bruggen, Hideto Matsuyama, Yuqing Lin, Junfeng Zheng
掲載誌, 卷, ページ : ACS EST Water, 3, 1699-1701 (2023)

論文名 : Design of ultrathin cross-linked poly(ethylene oxide) selective layer for high-performance CO₂ capture

著者名 : Y. Chen, M. He, J. Zhang, Y. Su, Z. Xue, C. He, Y. Ji, K. Guan, J. Zhao, H. Matsuyama, W. Jin

掲載誌, 卷, ページ : Chemical Engineering Journal, 478, 147530 (2023)

論文名 : Concentrating Isopropanol Using a Pervaporation Pilot-Scale System and Simulating Membrane Performance in a Single-Stage Process

著者名 : Shinya Nishiyama, Naomichi Kimura, Tomoya Hirai, Keizo Nakagawa, Tomohisa Yoshioka

掲載誌, 卷, ページ : Industrial & Engineering Chemistry Research, 62, 14611-14619 (2023)

論文名 : Positively charged nanofiltration membranes for enhancing magnesium separation from seawater

著者名 : Kanchan Sharma, Nawshad Akther, Youngwoo Choo, Pengfei Zhang, Hideto Matsuyama, Ho Kyong Shon, Gayathri Naidu

掲載誌, 卷, ページ : Desalination, 568, 117026 (2023)

論文名 : Fundamental investigation on osmotic pressure and phase behavior of novel pH-responsive draw solute with imine-based dynamic covalent chemistry

著者名 : Matsuoka Atsushi, Fukushima Masayuki, Kamio Eiji, Yoshioka Tomohisa, Nakagawa Keizo, Okamoto Yasunao, Matsuyama Hideto

掲載誌, 卷, ページ : Industrial & Engineering Chemistry Research, 62, 19845-19854 (2023)

論文名 : Hybrid osmotically assisted reverse osmosis and reverse osmosis (OARO-RO) process for minimal liquid discharge of high strength nitrogenous wastewater and enrichment of ammoniacal nitrogen

著者名 : Ralph Rolly Gonzales, Keizo Nakagawa, Kazuo Kumagai, Susumu Hasegawa, Atsushi Matsuoka, Zhan Li, Zhaoxuan Mai, Tomohisa Yoshioka, Tomoyuki Hori,

Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Water Research, 246, 120716 (2023)

論文名 : Fine-tuning polyamide nanofiltration membrane for ultrahigh separation selectivity of Mg²⁺ and Li⁺

著者名 : Ping Xu, Kecheng Guan, Yu-Hsuan Chiao, Zhaoquan Mai, Zhan Li, Mengyang Hu, Pengfei Zhang, Ralph Rolly Gonzales, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Journal of Membrane Science, 688, 122133 (2023)

論文名 : Thin film composite membrane with improved permeance for reverse osmosis and organic solvent reverse osmosis

著者名 : Kecheng Guan, Shang Fang, Siyu Zhou, Wenming Fu, Zhan Li, Ralph Rolly Gonzales, Ping Xu, Zhaoquan Mai, Mengyang Hu, Pengfei Zhang, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Journal of Membrane Science, 688, 122104 (2023)

論文名 : Complexation of cellulose nanocrystals and amine monomer for improved interfacial polymerization of nanofiltration membrane

著者名 : S. Fang, K. Guan, Z. Mai, S. Zhou, Q. Song, Z. Li, P. Xu, M. Hu, Y. Chiao, P. Zhang, H. Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Journal of Membrane Science, 687, 122048 (2023)

論文名 : Control of organic and biological fouling of polyethersulfone membrane by blending and surface modification using natural additives

著者名 : R. Desiriani, H. Susanto, T. Istirokhatun, R.R. Gonzales, N. Aryanti, H. Abriyanto, H. Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Journal of Water Process Engineering, 55, 104244 (2023)

論文名 : Continuous catalytic reduction of p-nitrophenol confined within two-dimensional nanochannels in laminar MoS₂ membranes

著者名 : Keizo Nakagawa, Takumi Ueno, Zheng Wang, Tomohisa Yoshioka, Jiri Kulhavy, Keita Taniya, Atsushi Matsuoka, Eiji Kamio, Shik Chi Edman Tsang, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Chemical Engineering Journal, 474, 145671 (2023)

論文名 : Predicting the performance of organic solvent reverse osmosis membranes using artificial neural network and principal component analysis by considering solvent-solvent and solvent-membrane affinities

著者名 : Hossein Jalaei Salmani, Rifan Hardian, Hadi Kalani, Mohammad Reza Moradi, Hamed Karkhanechi, Gyorgy Szekely, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Journal of Membrane Science, 687, 122025 (2023)

論文名 : Improvement of anti-wetting and anti-scaling properties in membrane distillation process by a facile fluorine coating method

著者名 : Zhan Li, Pengfei Zhang, Yu-Hsuan Chiao, Kecheng Guan, Ralph Rolly Gonzales, Ping Xu, Zhaohuan Mai, Guorong Xu, Mengyang Hu, Tooru Kitagawa, Hideto Matsuyama, Tomohisa Yoshioka

掲載誌, 卷, ページ : Desalination, 566, 116936 (2023)

論文名 : Nanomorphogenesis of template-induced crumpled polyamide nanofiltration membranes

著者名 : Yongxuan Shi, Zheng Wang, Zhaohuan Mai, Qin Shen, Qiangqiang Song, Wenming Fu, Shang Xiang, Shang Fang, Pengfei Zhang, Yu-Hsuan Chiao, Kecheng Guan, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Journal of Membrane Science, 686, 121997 (2023)

論文名 : Organic solvent separation using carbon nanotube-interlayered thin film composite membrane

著者名 : Luyao Deng, Ralph Rolly Gonzales, Wenming Fu, Guorong Xu, Ryosuke Takagi, Qiangqiang Song, Siyu Zhou, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Chemical Engineering Journal, 473, 145197 (2023)

論文名 : Thin continuous membrane coating with high surface energy for comprehensive antifouling seawater distillation

著者名 : Yuandong Jia, Kecheng Guan, Zhaohuan Mai, Shang Fang, Zhan Li, Pengfei Zhang, Dong Zou, Xiaobin Jiang, Gaohong He, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Water Research, 244, 120439 (2023)

論文名 : Cleanable Natural-sugar-alcohol-based polyester membrane for highly efficient molecular separation, Resources

著者名 : Xiongwei Luo, Yue Wang, Yaoli Guo, Qieyuan Gao, Rui Zhao, Yanyan Liu, Riri Liu, Lei Jiang, Zhaohuan Mai, Hideto Matsuyama, Pengrui Jin

掲載誌, 卷, ページ : Conservation & Recycling, 198, 107149 (2023)

論文名 : Performance Analysis and Optimization of Sweep Gas Membrane Distillation Module Using High-Resolution Computational Model and Machine Learning

著者名 : Mohammadreza Shirzadi, Zhan Li, Tomohisa Yoshioka, Hideto Matsuyama, Tomonori Fukasawa, Kunihiro Fukui, Toru Ishigami

掲載誌, 卷, ページ : Chemical Engineering Journal, 473, 145078 (2023)

論文名 : Highly permeable polyamide nanofiltration membranes with crumpled structures regulated by polydopamine-piperazine-halloysite interlayer
著者名 : Mengyang Hu, Xianhui Li, Ran Tao, Zhaoxuan Mai, Xiaoping Chen, Shuanglin Gui, Hideto Matsuyama, Jianxin Li
掲載誌, 卷, ページ : Desalination, 565 116862 (2023)

論文名 : Development of an ion gel membrane containing a CO₂-philic ionic liquid in interpenetrating semi-crystalline and crosslinkable polymer networks
著者名 : Shengnan He, Eiji Kamio, Jinhui Zhang, Atsushi Matsuoka, Keizo Nakagawa, Tomohisa Yoshioka, Hideto Matsuyama
掲載誌, 卷, ページ : Journal of Membrane Science, 685, 121912 (2023)

論文名 : Fabrication of hydrophobic bi-layer fiber-aligned PVDF/PVDF-PSF membranes using green solvent for membrane distillation
著者名 : Dong Zou, Longbo Xia, Ping Luo, Kecheng Guan, Hideto Matsuyama, Zhaoxiang Zhong
掲載誌, 卷, ページ : Desalination, 565, 116810 (2023)

論文名 : The effects of firing temperature and Ti/Si ratio on the H₂ permeation characteristics of microporous TiO₂-SiO₂-organic chelating-ligand composite membranes
著者名 : Etsuko Tachi, Tomohisa Yoshioka, Takaya Fujiki, Ryuuki Yasunari, Keizo Nakagawa, Tooru Kitagawa, Yasunao Okamoto, Atsushi Matsuoka, Eiji Kamio, Hideto Matsuyama
掲載誌, 卷, ページ : Separation and Purification Technology, 322, 124091 (2023)

論文名 : Recent Advances in Carbon Dioxide Separation Membranes: A Review
著者名 : Eiji Kamio, Tomohisa Yoshioka, Hideto Matsuyama
掲載誌, 卷, ページ : Journal of Chemical Engineering of Japan, 56, 2222000 (2023)

論文名 : Regulation of crosslinked structures of polyamide composite membranes for efficient water/DMAc separation
著者名 : Wenzhong Ma, Ziang Wei, Jing Zhong, Chao Jiang, Xiangyuan Song, Guorui Yuan, Zaiqi Cheng, Binghao Ma, Hideto Matsuyama
掲載誌, 卷, ページ : Colloid and Polymer Science, 301, 1103-1114 (2023)

論文名 : The Role of Ion-membrane Interactions in Fast and Selective Mono/multivalent Ion Separation with Hierarchical Nanochannels
著者名 : Jiayu Zhang, Yuqing Lin, Yiren Zhang, Baolong Wu, Xingzhong Cao, Zhenjia Shi, Zhicheng Xu, Jiadi Ying, Yan Jin, Qianhong She, Hideto Matsuyama,

Jianguo Yu

掲載誌, 卷, ページ : AIChE Journal, 2023, e18232 (2023)

論文名 : Fabrication of dense polyester nanofiltration membranes with superior fouling and chlorine resistance: effect of polyol monomer properties and underlying mechanisms

著者名 : Kaiming Fan, Zhaohuan Mai, Yanling Liu, Xiaoping Wang, Yidi Huang, Peng Cheng, Shengji Xia, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : ACS ES&T Engineering, 3, 1738–1747 (2023)

論文名 : Side Chain-Dependent Functional Intercalations in Graphene Oxide Membranes for Selective Water and Ion Transport

著者名 : Kecheng Guan, Zhaohuan Mai, Siyu Zhou, Shang Fang, Zhan Li, Ping Xu, Yu-Hsuan Chiao, Mengyang Hu, Pengfei Zhang, Guorong Xu, Keizo Nakagawa, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Nano Letters, 23, 6095–6101 (2023)

論文名 : Temperature-modulated formation of polyamide layer for enhanced organic solvent reverse osmosis (OSRO) performance

著者名 : Guorong Xu, Yu-Hsuan Chiao, Wenming Fu, Luyao Deng, Mengyang Hu, Kecheng Guan, Ralph Rolly Gonzales, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Journal of Membrane Science, 682, 121793 (2023)

論文名 : Ultra/loose nano-filtration polyarylene ether sulfone membranes with reversibly tunable pore size enabled via amine oxide units

著者名 : Xiao Deng, Zhaohuan Mai, Haohan Wan, Junyong Zhu, Hideto Matsuyama, Shushan Yuan, Gang Zhang, Bart Van der Bruggen

掲載誌, 卷, ページ : Journal of Membrane Science, 682, 121745 (2023)

論文名 : AF2400/polyketone composite OSRO membrane for organic solvent mixture separation

著者名 : Yusuke Yoshiwaka, Tooru Kitagawa, Takuji Shintani, Keizo Nakagawa, Tomohisa Yoshioka, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Separation and Purification Technology, 320, 124150 (2023)

論文名 : Effects of hydrogen-bonding functional groups of ammonium based-ionic liquids with Tf₂N anion on the upper critical solution temperature in aqueous solutions

著者名 : Atsushi Matsuoka, Airi Motoyama, Eiji Kamio, Tomohisa Yoshioka, Keizo Nakagawa, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Journal of Molecular Liquids, 383, 122145 (2023)

論文名 : Simple and economical downstream process development for edible oil production from oleaginous yeast *Lipomyces starkeyi*

著者名 : Hiroya Taki, Kentaro Mine, Shinji Matsuo, Kazuo Kumagai, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Processes, 11, 1458 (2023)

論文名 : New hybrid concentrated photovoltaic/membrane distillation unit for simultaneous freshwater and electricity production

著者名 : Mohammed Rabie, Abdallah Y.M. Ali, Essam M. Abo-Zahhad, M.F. Elkady, A.H. El-Shazly, Mohamed S. Salem, Ali Radwan, Saeid Rajabzadeh, Hideto Matsuyama, Ho kyong Shon

掲載誌, 卷, ページ : Desalination, 559, 116630 (2023)

論文名 : Polyamide composite membrane with 3D honeycomb-like structure via acetone-regulated interfacial polymerization for high-efficiency organic solvent nanofiltration

著者名 : Wenming Fu, Luyao Deng, Mengyang Hu, Zhaojuan Mai, Guorong Xu, Yongxuan Shi, Kecheng Guan, Ralph Rolly Gonzales, Atsushi Matsuoka, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Journal of membrane science, 679, 121711 (2023)

論文名 : Deciphering the role of polyketone substrates in tuning the structure and properties of polyamide nanofiltration membranes

著者名 : Ping Xu, Kecheng Guan, Jun Hong, Yu-Hsuan Chiao, Zhaojuan Mai, Zhan Li, Mengyang Hu, Pengfei Zhang, Guorong Xu, Ralph Rolly Gonzales, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Journal of Membrane Science, 678, 121687 (2023)

論文名 : Single-layer HNb308 with strong and nearby Lewis and Brønsted acid sites boosts amide bond hydrolysis for urease mimicking

著者名 : Guohan Sun, Bo Yuan, Xinyu Wu, Shun Ying Lau, Linyuan Tian, Jung-Hoon Lee, Keizo Nakagawa, Yung-Kang Peng

掲載誌, 卷, ページ : Nanoscale, 15, 9752–9758 (2023)

論文名 : Confined and mediated intercalation of nanoparticles in graphene oxide membrane to fine-tune desalination performance

著者名 : Siyu Zhou, Kecheng Guan, Zheng Wang, Qiangqiang Song, Zhan Li, Ping Xu, Luyao Deng, Shang Xiang, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Chemical Engineering Journal, 465, 143005 (2023)

論文名 : Organic solvent reverse osmosis characteristics of Ti02-Zr02-organic chelating ligand (OCL) composite membranes using OCLs with different molecular sizes

著者名 : Shunsuke Kitamura, Tomohisa Yoshioka, Keizo Nakagawa, Tooru Kitagawa, Yasunao Okamoto, Atsushi Matsuoka, Eiji Kamio, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Separation and Purification Technology, 315, 123576 (2023)

論文名 : Development of porous polyketone membrane via liquid-liquid thermally induced phase separation

著者名 : S. Xiang, P. Zhang, S. Rajabzadeh, R.R. Gonzales, Z. Li, Y. Shi, S. Zhou, M. Hu, K. Guan, H. Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Journal of Membrane Science, 677, 121639 (2023)

論文名 : Two-dimensional interlayer space induced horizontal transformation of metal-organic framework nanosheets for highly permeable nanofiltration membranes

著者名 : Z. Wang, K. Nakagawa, K. Guan, Q. Song, S. Zhou, S. Tanaka, Y. Okamoto, A. Matsuoka, E. Kamio, G. Li, M. M-J. Li, T. Yoshioka, H. Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Small, 9, 2300672 (2023)

論文名 : When Self-Assembly Meets Interfacial Polymerization

著者名 : Q. Shen, Q. Song, Z. Mai, K.-R. Lee, T. Yoshioka, K. Guan, R.R. Gonzales, H. Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Science Advances, 9, ead6122 (2023)

論文名 : Regulating interfacial polymerization via multi-functional calcium carbonate based interlayer for highly permselective nanofiltration membrane

著者名 : M. Hu, W. Fu, K. Guan, R.R. Gonzales, Q. Song, A. Matsuoka, Z. Mai, Y.-H. Chiao, P. Zhang, Z. Li, H. Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Journal of Materials Chemistry A, 11, 8836-8844 (2023)

論文名 : Simple bio-inspired coating of ureteral stent for protein and bacterial fouling and calcium encrustation control

著者名 : Ralph Rolly Gonzales, Kazuo Kumagai, Zhe Yang, Katsumi Shigemura, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials, 111, 1511-1522 (2023)

論文名 : Influence of structure of porous polyketone microfiltration membranes on

separation of water-in-oil emulsions

著者名 : Tomoki Watanabe, Keizo Nakagawa, Ralph Rolly Gonzales, Tooru Kitagawa,

Atsushi Matsuoka, Eiji Kamio, Tomohisa Yoshioka, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Journal of Applied Polymer Science, 140, e53900 (2023)

論文名 : Effect of functionalized nanodiamonds and surfactants mediation on the nanofiltration performance of polyamide thin-film nanocomposite membranes

著者名 : Subrahmanyam T.M., Jing-Yang Lin, Januar Widakdo, Hannah Faye M Austria, Owen-Sateawan, Yu-Hsuan Chiao, Tsung-Han Huang, Wei-Song Hung, Hideto Matsuyama, Juin-Yih Lai

掲載誌, 卷, ページ : Desalination, 555, 116540 (2023)

論文名 : Incorporating tertiary amine and thioether in polyarylene sulfide sulfone membranes for multiple separations

著者名 : Shushan Yuan, Zhaoxuan Mai, Zhao Yang, Pengrui Jin, Junyong Zhu, Hideto Matsuyama, Bart Van der Bruggen, Gang Zhang

掲載誌, 卷, ページ : Journal of Membrane Science, 675, 121482 (2023)

論文名 : Applicability and antibacterial activity of polycyclic aromatic compound derivatives used as photocatalysts for water oxidation

著者名 : Yuichi Ichihashi, Tomoya Sekiguchi, Koki Hiramatsu, Yuya Tokui, Kazuo Kumagai, Hideto Matsuyama, Keita Taniya, Satoru Nishiyama

掲載誌, 卷, ページ : Applied Catalysis B: Environmental, 325, 122326 (2023)

論文名 : Osmotically assisted solvent reverse osmosis membrane for dewatering of aqueous ethanol solution

著者名 : Yu-Hsuan Chiao, Zhaoxuan Mai, Wei-Song Hung, Hideto Matsuyama

掲載誌, 卷, ページ : Journal of Membrane Science, 672, 121434 (2023)

論文名 : CO₂ 分離膜

著者名 : 神尾英治

掲載誌, 卷, ページ : 高分子, 72, 11-13 (2023)

論文名 : 光触媒機能を備えたナノシート積層型分離膜のファウリング耐性

著者名 : 中川敬三

掲載誌, 卷, ページ : 化学工学, 87, 7-10 (2023)

論文名 : カーボンニュートラルに向けた CO₂ 分離膜の現状と期待

著者名 : 吉岡朋久, 神尾英治

掲載誌, 卷, ページ : 分離技術, 53, 342-351 (2023)

論文名：大型結晶の層状複水酸化物を用いた有機－無機コンポジットガスバリア膜の作製と膜特性評価

著者名：池田真吾、村上知弘、金子和樹、藏岡孝治

掲載誌、巻、ページ：日本包装学会誌 32, 265-274 (2023)

論文名：Mechanistic study of water-gas shift reaction over copper/zinc-oxide/alumina catalyst in a reformed gas atmosphere: Influence of hydrogen on reaction rate

著者名：Keita Taniya, Yasuhiro Horie, Ryo Fujita, Yuichi Ichihashi, Satoru Nishiyama

掲載誌、巻、ページ：Applied Catalysis B-Environmental, 330, 122568 (2023)

論文名：Gas-phase oxidation of benzene using Cu-loaded MFI binderless zeolite compacts

著者名：Shotaro Tani, Ibuki Noguchi, Yuichi Ichihashi

掲載誌、巻、ページ：Molecular Catalysis, 557, 113995 (2024)

[著書]

該当なし

[特許]

発明等の名称：浸透圧補助型逆浸透膜装置、有機溶媒を含む水溶液の濃縮装置、及び、水溶液濃縮方法

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：熊谷和夫、松山秀人

出願日：2024年2月28日

出願番号：特願 2024-028749

発明等の名称：廃水の濃縮装置及び濃縮方法

出願者：国立大学法人神戸大学、他1名

発明者：熊谷和夫、松山秀人、他2名

出願日：2023年11月3日

出願番号：台湾 112142493

発明等の名称：廃水の濃縮装置及び濃縮方法

出願者：国立大学法人神戸大学、他1名

発明者：熊谷和夫、松山秀人、他2名

出願日：2023年10月3日

出願番号：台湾 112137954

発明等の名称：廃水の濃縮装置及び濃縮方法

出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名

発明者：熊谷和夫，松山秀人，他 2 名

出願日：2023 年 10 月 10 日

出願番号：PCT/JP2023/036757

発明等の名称：廃水の濃縮装置及び濃縮方法

出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名

発明者：熊谷和夫，松山秀人，他 2 名

出願日：2023 年 9 月 21 日

出願番号：PCT/JP2023/034271

発明等の名称：多孔質膜及び多孔質膜の製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名

発明者：松山秀人，張朋飛，他 3 名

出願日：2023 年 8 月 25 日

出願番号：特願 2023-137615

発明等の名称：ポリケトン製多孔質膜の製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名

発明者：松山秀人，張朋飛，他 3 名

出願日：2023 年 7 月 5 日

出願番号：特願 2023-110954

発明等の名称：水処理方法及び水処理装置

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：長谷川進，松山秀人

出願日：2023 年 6 月 22 日

出願番号：特願 2023-102620

発明等の名称：複合中空糸膜及びその製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学，他 1 名

発明者：加藤典明，松山秀人，他 4 名

出願日：2023 年 7 月 26 日

出願番号：特願 2023-121607

発明等の名称：複合中空糸膜及びその製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：加藤典明，松山秀人，他 5 名

出願日：2023 年 4 月 3 日

出願番号：特願 2023-060019

5. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金等(外部資金名(種目), 代表者名, 研究タイトル, 当該年度の受入金額を記載)

○外部資金名 : 科学研究費補助金

研究種目 : 基盤研究 (A)

代表者名 : 松山秀人

研究課題名 : 革新的水処理および創エネルギー技術の構築を目指した次世代型正
浸透膜法の体系化

受入金額 : 11,362,000 円

○外部資金名 : 科学研究費補助金

研究種目 : 挑戦的研究 (萌芽)

代表者名 : 松山秀人

研究課題名 : これまでにない先駆的な有機溶剤超ろ過膜法の創製による未来型化
学プロセスの実現

受入金額 : 2,470,000 円

○外部資金名 : 科学研究費補助金

研究種目 : 基盤研究 (B)

代表者名 : 神尾英治

研究課題名 : 精密合成高分子を用いた有機ネットワーク制御によるイオン液体含
有ゲルの超高強度化

受入金額 : 3,250,000 円

○外部資金名 : 科学研究費補助金

研究種目 : 基盤研究 (B)

代表者名 : 中川敬三

研究課題名 : 2-D チャネル構造の精密制御による高透過性超薄型ナノシート有機
溶剤ろ過膜の創製

受入金額 : 5,330,000 円

○外部資金名 : 科学研究費補助金

研究種目 : 基盤研究 (C)

代表者名 : 熊谷和夫

研究課題名 : 希薄有機溶媒水溶液の新たな膜ろ過分離による高度濃縮法の開発

受入金額 : 2,210,000 円

○外部資金名 : 科学研究費補助金

研究種目 : 若手研究

代表者名：松岡淳

研究課題名：動的共有結合化学を応用した機能性ポリマーの開発と正浸透膜分離への応用

受入金額：2,340,000円

○外部資金名：科学研究費補助金

研究種目：基盤研究（C）

代表者名：市橋祐一

研究課題名：新規可視光応答型有機半導体光触媒の開発とその抗菌・抗ウィルス活性評価

受入金額：2,080,000円

○外部資金名：NEDO ムーンショット型研究開発事業

代表者名：松山秀人

研究課題名：地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現／産業活動由来の希薄な窒素化合物の循環技術創出—プラネタリーバウンダリー問題の解決に向けて

受入金額：55,798,000円

○外部資金名：NEDO 先導研究プログラム／エネルギー・環境新技術先導研究プログラム

代表者名：松山秀人

研究課題名：産業廃水からの革新膜による有機資源回収

受入金額：55,380,000円

○外部資金名：NEDO 脱炭素社会実現に向けた省エネルギー技術の研究開発・社会実装促進プログラム

代表者名：松山秀人（分担）

研究課題名：膜分離と蒸留を利用した低濃度アンモニア含有廃液からの高効率アンモニア回収技術の開発

受入金額：33,000,000円

○外部資金名：中小企業庁 中小企業経営支援等対策費補助金 成長型中小企業等研究開発支援事業（Go-tech）

代表者名：松山秀人（分担）

研究課題名：バイオガスの高度利用技術の確立を目指したCO₂選択透過膜モジュールの高性能化

受入金額：1,300,000円

○外部資金名：日本学術振興会（JSPS） 二国間交流事業／共同研究・セミナー

代表者名：松山秀人

研究課題名：分子分離用のグラフェンを基材とした膜におけるサブナノメートル
チャネルの精密な構築

受入金額：1,950,000 円

○外部資金名：中小企業庁 中小企業経営支援等対策費補助金（戦略的基盤技術高度化支援事業（サポイン））

代表者名：吉岡朋久（分担）

研究課題名：パラジウム代替新規シリカ複合膜によるオンサイト型水素分離膜モ
ジュールの開発

受入金額：6,695,000 円

○外部資金名：公益財団法人川西記念新明和教育財団研究助成

代表者名：松岡淳

研究課題名：

受入金額：1,000,000 円

○外部資金名：公益財団法人ひょうご科学技術協会研究助成

代表者名：松岡淳

研究課題名：

受入金額：1,000,000 円

（2）受賞（賞名称、受賞対象、受賞者名、授与機関名、受賞年・月）（KUIDにあわせる）

日本プロセス化学会優秀賞

（授与機関名：日本プロセス化学会、対象研究テーマ：医薬品製造プロセス
における濃縮・溶媒交換への膜分離技術の適用）

受賞者名：熊谷和夫

受賞年月：2023年12月

Membranes-ICOM2023 student poster award

（授与機関名：13th International Congress on Membranes and Membrane
Processes (ICOM 2023)、対象研究テーマ：Ionic liquids separation from
organic solvent using silicone-based composite membrane）

受賞者名：細川華

受賞年月：2023年7月

World association of Membrane Societies Award Poster Presentation
Award

（授与機関名：13th International Congress on Membranes and Membrane
Processes (ICOM 2023)、対象研究テーマ：Molecular simulation of organic
solvent reverse osmosis separation phenomena in porous ceramic

membranes)

受賞者名：山本彩乃 受賞年月：2023年7月

World association of Membrane Societies Award Poster Presentation Award

(授与機関名：13th International Congress on Membranes and Membrane Processes (ICOM 2023), 対象研究テーマ：Effects of introduction of rGO on photocatalytic activity and membrane performance for g-C₃N₄/HNb₃O₈ composite membrane)

受賞者名：森口佳奈 受賞年月：2023年7月

ICOM 2023 Award

(授与機関名：13th International Congress on Membranes and Membrane Processes (ICOM 2023), 対象研究テーマ：Development of a high-performance nanofiltration membrane with crumpled polyamide nanofilm)

受賞者名：Yongxuan Shi 受賞年月：2023年7月

化学工学会第54回秋季大会 ポスター賞

(授与機関名：化学工学会, 対象研究テーマ：Influence of carbon nanotube intermediate layer on organic solvent nanofiltration performance of polyamide membrane)

受賞者名：Deng Luyao 受賞年月：2023年9月

化学工学会第54回秋季大会 ポスター賞

(授与機関名：化学工学会, 対象研究テーマ：界面活性剤による濡れ性制御に基づくイオングル薄膜調製法に関する基礎的検討)

受賞者名：中村日向子 受賞年月：2023年9月

日本膜学会「第45年会」・「膜シンポジウム2023」合同大会 学生賞

(授与機関名：The 12th International Conference on Separation Science and Technology (ICSST23), 対象研究テーマ：W/O エマルション分離への応用を目指したシリカ修飾ポリケトン膜の開発)

受賞者名：田渕 美樹 受賞年月：2023年9月

ICSST23 Presentation Award

(授与機関名：日本膜学会, 対象研究テーマ：Improved photocatalytic activity of g-C₃N₄/HNb₃O₈ nanosheet-based photocatalytic membrane by addition of graphene oxide)

受賞者名：森口佳奈 受賞年月：2023年11月

第 26 回化学工学会学生発表会 優秀賞

(授与機関名：化学工学会, 対象研究テーマ：温度応答性イオン液体を駆動溶液とする有機溶媒正浸透膜プロセスに関する基礎的検討)

受賞者名：里見辰哲 受賞年月：2024 年 3 月

第 26 回化学工学会学生発表会 優秀賞

(授与機関名：化学工学会, 対象研究テーマ：有機溶剤逆浸透分離のための $TiO_2\text{-}ZrO_2\text{-}OCL$ 複合膜の開発)

受賞者名：松岡希 受賞年月：2024 年 3 月

化学工学会第 89 年会 優秀学生賞

(授与機関名：化学工学会, 対象研究テーマ：分子シミュレーションによるポリアミド膜モデル作成と膜汚染分子の吸着機構の検討)

受賞者名：上野美早紀 受賞年月：2024 年 3 月

化学工学会第 89 年会 優秀学生賞

(授与機関名：化学工学会, 対象研究テーマ：分子動力学法によるフッ素含有ポリアミド有機溶剤逆浸透膜のモデル化)

受賞者名：西川天海 受賞年月：2024 年 3 月

化学工学会第 89 年会 優秀学生賞

(授与機関名：化学工学会, 対象研究テーマ： $g\text{-}C_3N_4/HNb_3O_8$ ナノシート複合光触媒膜の膜性能および光触媒性能に及ぼす酸化グラフェンの添加効果)

受賞者名：森口佳奈 受賞年月：2024 年 3 月

(3) 研究集会の開催 (統合研究拠点での研究活動と関連の深いものに限る)

研究集会名：Ranil Wickramasinghe 教授 (米国・アーカンソー大学) および Antoine Venault 教授 (台湾・中原大学) 特別講演会「Development of Membrane Based Operations for Emerging Separations Challenges」、「Some Designs and Applications of Antifouling Membranes」

主催団体：神戸大学先端膜工学研究センター

開催日：2023 年 8 月 10 日

場所：神戸大学工学研究科棟大会議室 (多目的室 D1-201～203)

(4) その他、統合研究拠点での研究活動と関連のある特記事項

特になし

令和 6 年 5 月 31 日

令和 5 年度 神戸大学統合研究拠点利用状況報告書

1. 研究概要

| | |
|-------------------------|---|
| 研究テーマ | 惑星科学国際研究プロジェクト |
| 研究代表者 部局・専攻・氏名 | 理学研究科惑星学専攻 牧野 淳一郎 |
| 入居室番号 | 本館・ アネックス 301～315 号室 |
| 外部資金 獲得実績 | 科学研究費補助金 77,079 千円, 受託研究経費 263,884 千円 奨学寄附金 4,480 千円, 共同研究経費 15,207 千円 |
| 特許出願件数 論文発表件数 著書数 | 0 件, 19 件, 0 件 |

2. 研究チームメンバーとその役割分担

| 氏名 | 部局・専攻 | 役割分担 |
|--------|------------|---|
| 牧野 淳一郎 | 理学研究科惑星学専攻 | CPSセンター長 計算宇宙惑星科学 |
| 林 祥介 | 理学研究科惑星学専攻 | CPS副センター長 惑星大気シミュレーションモデルの開発と大気循環構造の解明 |
| 荒川 政彦 | 理学研究科惑星学専攻 | CPS研究員 微惑星や小惑星の衝突現象に関する実験的研究 |
| 大槻 圭史 | 理学研究科惑星学専攻 | CPS研究員 衛星・リング系の起源および太陽系小天体観測に関する研究 |
| 高橋 芳幸 | 理学研究科惑星学専攻 | CPS研究員 金星大気熱構造の熱力学モデル依存性の研究 |
| 中村 昭子 | 理学研究科惑星学専攻 | CPS研究員 模擬低重力下でのレゴリス層の衝突クレーター形成の実験的研究 |
| 斎藤 貴之 | 理学研究科惑星学専攻 | CPS研究員 銀河、星団、星形成の数値シミュレーションによる研究 |
| 山崎 和仁 | 理学研究科惑星学専攻 | CPS研究員 カオスとカタストロフの共存 |
| 保井 みなみ | 理学研究科惑星学専攻 | CPS研究員 氷天体への大規模衝突クレーター生成の再現実験 |
| 樋村 博基 | 理学研究科惑星学専攻 | CPS研究員 火星・金星大気の全球モデル開発と高解像度計算ならびに地球流体力学的研究 |
| 筧 樂磨 | 理学研究科惑星学専攻 | CPS研究員 東北日本を対象とした海域の地震による地震波伝播の数値シミュレーション |
| 平田 直之 | 理学研究科惑星学専攻 | CPS研究員 小惑星ケレスにおけるボルダーの分布に着目した理論研究 |
| 播磨 尚朝 | 理学研究科物理学専攻 | CPS研究員 強相関電子系の電子状態計算 |
| 大道 英二 | 理学研究科物理学専攻 | CPS研究員 強磁場とナノ計測技術を用いた精密物性実験 |
| 大淵 済 | 惑星科学研究センター | 特命教授 ポスト「富岳」FSプロジェクトのマネジメントならびに大気循環のシミュレーション研究 |
| 細野 七月 | 惑星科学研究センター | 特命助教 月形成における、巨大衝突現象の数値計算 |
| 松嶋 俊樹 | 惑星科学研究センター | 特命助教 金星大気大循環モデル AFES への放射スキームの導入と検証、および、超水滴法による雲のシミュレーションにおける計算的課題に関する研究 |
| 岩澤 全規 | 惑星科学研究センター | 客員准教授 Tree 法と SCF 法のハイブリッドコードの開発 |

3. 研究成果の概要等について

本プロジェクトでは、天文学から地球科学にわたる全国の研究者の連携融合を促し、惑星・惑星系の形成進化多様性と惑星表層環境の可能な姿を探究する総合的な研究を推進し、生命の発生と生存の議論につなげるべく運営しており、2023年度は特に以下の3点を軸に活動を行いました。

(1) 計算惑星学分野の研究推進事業

実験が不可能な銀河の形成・進化や惑星の起源・進化や惑星環境の変動といった現象を、「富岳」などのスーパーコンピュータを活用した大規模数値シミュレーションを実現することによって解明する。また、「富岳」など今後の計算環境の進展に応じたソフトウェア開発を推進するとともに、計算ハードウェアの開発にも関与する。

(2) 研究交流事業

国内外の著名講師による惑星科学一般の最先端講義と国際交流の場を提供する。また、多数の実習・セミナー等を支援する。

(3) ネット図書館事業

上記(1) - (2)の活動で得られた知見をウェブ上に集積公開し、分野横断的な教育研究活動を奨励する。

これらによって、CPSという我が国の当該分野には他に類を見ないユニークな機能を維持し、コミュニティの中核としてこれを機能させ、神戸大学のプレゼンス向上に当該分野から寄与してきました。

惑星科学・地球科学・宇宙生物学で扱う現象は観測・実験だけでは探求不可能な対象を多々有するため、計算科学やデータ科学の手法を用いたアプローチが必須あります。これについて、次世代高機能計算機を含む様々な計算資源の活用による惑星・惑星系の形成進化多様性の研究、データ同化に象徴される観測とシミュレーションの融合、また、これらに必要となる計算環境やソフトウェアの開発を主な目的として活動を展開するとともに、全国の関連研究者との連携を促進しました。

既存の計算資源の活用としては、今年度からは文部科学省委託研究事業「富岳成果創出加速プログラム」の分担機関となり、国内16か所の大学研究機関と連携して理化学研究所のスーパーコンピュータ「富岳」による大規模シミュレーションの研究開発、それに関連した研究会やソフトウェア講習会を開催しました。

系外惑星を含む地球型惑星大気研究について、自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター(ABC)との共催で、今日の地球環境に至る炭素循環やそれをもたらすマントル対流などの地質学的変遷にフォーカスをあてたCPS & ABC ワークショップ「生命の起源と進化を規定した惑星表層環境を考える」を開催(2024年3月7日、於 CPSならびにオンライン)、また、科学研究費補助金・基盤研究S「あかつきデータ同化が明らかにする金星大気循環の全貌」(代表:林祥介)をコアとして、金星大気の構造解明に迫るセミナー群と国際研究集会「Workshop on Venus and other related atmospheres」を開催する(2024年3月25-29日、於 CPSならびにオンライン)など、惑星環境の構造と変遷やこれをもたらす惑星内部構造の進化に関する研究とその展開を俯瞰し、研究者ならびに若手の交流を促す機会を提供するとともに、金星・火星から系外惑星に至る汎惑星気象学・気候学のためのシミュレーションモデルの研究開発を引き続き推進しました。

新たな計算アーキテクチャ開発事業としては、2022年度に引き続き文部科学省の「次世代計算基盤にかかる調査研究」事業に2つ採択されたシステム研究チームの1つの代表として、ポスト「富岳」の次世代計算基盤がどのようになるべきかの調査研究を進めたほか、理学研究科に設置された株式会社 Preferred Networksとの共同研究講座である惑星計算学習学講座と緊密に協力し、機械学習向けプロセッサのアーキテクチャ開発と機械学習向けプロセッサによるシミュレーション、シミュレーションと機械学習の統合の研究を始めています。

株式会社テラピクセル・テクノロジーズとの共同研究部門である高性能プロセッサコデザイン部門では、大規模シミュレーション・人工知能・データサイエンス応用に特化した高性能プロセッサを、アプリケーション開発・それによる惑星学を中心とするサイエンス研究と一体となって推進し、シミュレーションやデータサイエンス等の手法による惑星学・計算科学の発展を推し進めました。

今年度はコロナウイルス流行に注意しながらも、本プロジェクトで主催・共催した全ての研究会・ワークショップ・実習会は基本的に神戸大学統合研究拠点 CPS セミナー室とのオンライン併用開催としました。CPS ではかねてよりテレビ会議やウェブ会議システム Zoom を積極的に取り入れてきたことから、遠隔併用のセミナーや研究会の開催はスムーズにすすめることができ、また、多くの研究会やセミナーでの知見は CPS サーバに収録し、学内外へ提供、遠隔講義等に活用されました。

令和 6 年度も、CPS は全国の惑星科学研究、特にその計算科学的側面でのハブとして活動を続けていきます。これによって、神戸大学の惑星科学研究の推進力となると同時に、全国の惑星科学コミュニティと連携し、さらには我が国の計算科学研究全体の推進に寄与する活動を続けていきたいと思います。具体的活動については CPS のウェブページ(<https://www.cps-jp.org/>)をご覧ください。

4. 論文・著書・特許出願リスト

[論文]

- T. Noguchi, T. Matsumoto, A. Miyake, Y. Igami, M. Haruta, H. Saito, S. Hata, Y. Seto, M. Miyahara, N. Tomioka, H. A. Ishii, J. P. Bradley, K. K. Ohtaki, E. Dobrică, H. Leroux, C. Le Guillou, D. Jacob, F. d. la Peña, S. Laforet, M. Marinova, F. Langenhorst, D. Harries, P. Beck, T. H. V. Phan, R. Rebois, N. M. Abreu, J. Gray, T. Zega, P.-M. Zanetta, M. S. Thompson, R. Stroud, K. Burgess, B. A. Cymes, J. C. Bridges, L. Hicks, M. R. Lee, L. Daly, P. A. Bland, M. E. Zolensky, D. R. Frank, J. Martinez, A. Tsuchiyama, M. Yasutake, J. Matsuno, S. Okumura, I. Mitsukawa, K. Uesugi, M. Uesugi, A. Takeuchi, M. Sun, S. Enju, A. Takigawa, T. Michikami, T. Nakamura, M. Matsumoto, Y. Nakauchi, M. Abe, M. Arakawa, A. Fujii, M. Hayakawa, N. Hirata, N. Hirata, R. Honda, C. Honda, S. Hosoda, Y.-I. Iijima, H. Ikeda, M. Ishiguro, Y. Ishihara, T. Iwata, K. Kawahara, S. Kikuchi, K. Kitazato, K. Matsumoto, M. Matsuoka, Y. Mimasu, A. Miura, T. Morota, S. Nakazawa, N. Namiki, H. Noda, R. Noguchi, N. Ogawa, K. Ogawa, T. Okada, C. Okamoto, G. Ono, M. Ozaki, T. Saiki, N. Sakatani, H. Sawada, H. Senshu, Y. Shimaki, K. Shirai, S. Sugita, Y. Takei, H. Takeuchi, S. Tanaka, E. Tatsumi, F. Terui, R. Tsukizaki, K. Wada, M. Yamada, T. Yamada, Y. Yamamoto, H. Yano, Y. Yokota, K. Yoshihara, M. Yoshikawa, K. Yoshikawa, R. Fukai, S. Furuya, K. Hatakeyama, T. Hayashi, Y. Hitomi, K. Kumagai, A. Miyazaki, A. Nakato, M. Nishimura, H. Soejima, A. I. Suzuki, T. Usui, T. Yada, D. Yamamoto, K. Yogata, M. Yoshitake, H. C. Connolly Jr, D. S. Lauretta, H. Yurimoto, K. Nagashima, N. Kawasaki, N. Sakamoto, R. Okazaki, H. Yabuta, H. Naraoka, K. Sakamoto, S. Tachibana, S.-I. Watanabe, Y. Tsuda, "A dehydrated space-weathered skin cloaking the hydrated interior of Ryugu" *Nature astronomy*, 2023, Vol.7, 2, 170
- Maria Paz Zorzano, Karen Olsson-Francis, Peter T. Doran, Petra Rettberg, Athena Coustenis, Vyacheslav Ilyin, Francois Raulin, Omar Al Shehhi, Frank Groen, Olivier Grasset, Akiko Nakamura, Olga Prieto Ballesteros, Silvio Sinibaldi, Yohey Suzuki, Praveen Kumar, Gerhard Kminek, Niklas Hedman, Masaki Fujimoto, Maxim Zaitsev, Alex Hayes, Jing Peng, Eleonora Ammannito, Christian Mustin, Kanyan Xu, "The COSPAR planetary protection requirements for space missions to Venus" *Life Sciences in Space Research*, 2023.5, Vol.37, pp18-24
- Guy Libourel, Pierre Beck, Akiko M. Nakamura, Pierre Vernazza, Clement Ganino, Patrick Michel, "V-type Asteroids as the Origin of Mesosiderites" *The Planetary Science Journal*, 2023.7, Vol.4, 7, p123
- Edward Ashton, Chan-Kao Chang, Ying-Tung Chen, Matthew J. Lehner, Shiang-Yu Wang, Mike Alexander, Young-Jun Choi, Wesley C. Fraser, A. Paula Granados Contreras, Takashi Ito, Youngmin JeongAhn, Jianghui Ji, JJ Kavelaars, Myung-Jin Kim, Samantha M. Lawler, Jian Li, Zhong-Yi Lin, Patryk Sofia Lykawka, Hong-Kyu Moon, Surhud More, Marco A. Muñoz-Gutiérrez, Keiji Ohtsuki, Rosemary E. Pike, Tsuyoshi Terai, Seitaro Urakawa, Fumi Yoshida, Hui Zhang, Haibin Zhao, Ji-Lin Zhou,

"FOSSIL. III. Lightcurves of 371 Trans-Neptunian Objects" American Astronomical Society, 2023.7, Vol.267, 2, 33

- Watanabe, S., Arakawa, M., Hirabayashi, M., Sugita, S., Bottke, W. F., Michel, P., "Exploration-Based Reconstruction of Planetesimals" Protostars and Planets VII, In Astronomical Society of the Pacific Conference Series, 2023.7
- Kenji Kurosaki, Shu-ichiro Inutsuka, "Giant Impact Events for Protoplanets: Energetics of Atmospheric Erosion by Head-on Collision" American Astronomical Society, 2023.9, Vol.954, 2, 196
- Natsuki Hosono, Mikito Furuichi, "Efficient implementation of low-order-precision smoothed particle hydrodynamics" The International Journal of High Performance Computing Applications, 2023.9, Vol.38, 3, pp137-153
- Toshihiko Kadono, Akiko M. Nakamura, Ryo Suetsugu, Daehyo Chang, Seiya Shiramizu, Issei Takatsu, Koki Ogawa, Keita Nomura, Yuuya Nagaashi, Yuichi Murakami, Yutaro Yamasaki, Junpei Shiomoto, Takaya Okamoto, Shigeru Tanaka, Nobuaki Kawai, "Experimental investigation of impact close to the edge of boulders" Planetary and Space Science, 2023.10, Vol.236, 105763
- Baba, J., Saitoh, T. R., Tsujimoto, T., "Exploring the Sun's birth radius and the distribution of planet building blocks in the Milky Way galaxy: a multizone Galactic chemical evolution approach" Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 2023.10, Vol.526, 4, pp6088-6102
- Hirashima, K., Moriwaki, K., Fujii, M. S., Hirai, Y., Saitoh, T. R., Makino, J., "3D-Spatiotemporal forecasting the expansion of supernova shells using deep learning towards high-resolution galaxy simulations" Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 2023.10, Vol.526, 3, pp4054-4066
- Toshiki Matsushima, Seiya Nishizawa, Shin-ichiro Shima, "Overcoming computational challenges to realize meter- to submeter-scale resolution in cloud simulations using the super-droplet method" Geoscientific Model Development, 2023.11, Vol.16, 21, pp6211-6245
- Masato Kiuchi, Takaya Okamoto, Yuuya Nagaashi, Yukari Yamaguchi, Sunao Hasegawa, Akiko M. Nakamura, "Impact experiments on granular materials under low gravity: Effects of cohesive strength, internal friction, and porosity of particle layers on crater size" Icarus, 2023.11, Vol.404, 115685
- Kenji Kurosaki, Yasunori Hori, Masahiro Ogihara, Masanobu Kunitomo, "Evolution of a Water-rich Atmosphere Formed by a Giant Impact on an Earth-sized Planet" American Astronomical Society, 2023.11, Vol.957, 2, 67
- Yoshiyuki O. Takahashi, Yoshi-Yuki Hayashi, George L. Hashimoto, Kiyoshi Kuramoto, Masaki Ishiwatari, Hiroki Kashimura, "Dependence of the Radiative-Convective Equilibrium Structure of the Lower Atmosphere of Venus on the Thermodynamic Model" Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II, 2024.2, Vol.102, 1, pp5-16

- Hidenori Matsui, Toshiyasu Masakawa, Asao Habe, Takayuki R. Saitoh, "Impulsive gas fueling to the galactic center in a barred galaxy due to falls of gas clouds" Publications of the Astronomical Society of Japan, 2024.3, Vol.76, 2, pp285-292
- Jinno, T., Saitoh, T. R., Ishigaki, Y., Makino, J., "N-body simulation of planetary formation through pebble accretion in a radially structured protoplanetary disk" Publications of the Astronomical Society of Japan, 2024.3, Vol.75, 5, pp951-969
- Haruka Sasai, Masahiko Arakawa, Minami Yasui, Kei Shirai, "Preservation of pristine materials under impact craters formed on comet nuclei" Icarus, 2024.3, Vol.411, 115929
- Yukari M. Toyoda, Masahiko Arakawa, Minami Yasui, "Low-velocity impact experiments of porous ice balls simulating Saturn's ring particles: Porosity dependence of restitution coefficients and the mechanism of inelastic collision" Icarus, 2024.3, Vol.411, 115964
- Miyoshi, M., Y. Kato, J. Makino, and M. Tsuboi, "The Jet and Resolved Features of the Central Supermassive Black Hole of M87 Observed with EHT in 2017-Comparison with the GMVA 86 GHz Results" The Astrophysical Journal Letters, 2024.3, Vol.963, 1, L18

[著書]

なし

[特許]

なし

5. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金等 (外部資金名(種目), 代表者名, 研究タイトル, 当該年度の受入金額を記載)

○外部資金名: 科学研究費補助金 (研究代表者)

研究種目: 基盤研究 (S)

代表者名: 林 祥介

研究課題名: あかつきデータ同化が明らかにする金星大気循環の全貌

受入金額: 36,040千円

研究種目: 基盤研究 (A)

代表者名: 荒川 政彦

研究課題名: 地球型惑星領域での鉄・岩石分別作用による水星の巨大金属コアとM型小惑星の起源

受入金額: 7,800千円

研究種目: 基盤研究 (B)

代表者名: 保井 みなみ

研究課題名: 大規模クレーター形成に伴う地下水の融解と地下ハビタブルゾーンの生成可能性

受入金額: 9,360千円

研究種目: 基盤研究 (B)

代表者名: 大槻 圭史

研究課題名: 巨大惑星の衛星系形成における初期条件と材料物質混合過程の解明

受入金額: 3,762千円

研究種目: 基盤研究 (B)

代表者名: 大道 英二

研究課題名: テラヘルツ波を用いた整数スピン反応中間体の時間分解電子スピン共鳴分光

受入金額: 3,640千円

研究種目: 基盤研究 (B)

代表者名: 中村 昭子

研究課題名: 専用装置による小天体衝突過程重力依存性の実証的研究

受入金額: 1,187千円

研究種目: 基盤研究 (C)

代表者名: 斎藤 貴之

研究課題名: 球状星団の元素組成異常の起源の解明

受入金額: 1,300千円

研究種目: 基盤研究 (C)

代表者名: 高橋 芳幸

研究課題名: 金星下層大気の熱構造の数値的探究

受入金額: 780千円

研究種目：挑戦的研究（開拓）

代表者名：荒川 政彦

研究課題名：マグマオーシャンへの微惑星衝突再現実験

受入金額：10,010千円

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

代表者名：保井 みなみ

研究課題名：デジタル画像相関法を用いた衝突破片速度分布の解析と氷接触連星の形成過程への応用

受入金額：1,430千円

研究種目：若手研究

代表者名：松嶋 俊樹

研究課題名：雲微物理解像の雲全体計算に向けた先端的数値計算手法の開発

受入金額：520千円

○外部資金名：科学研究費補助金（研究分担者）

研究種目：基盤研究（B）

代表者名：竹広 真一（京都大学） 分担者：高橋 芳幸

研究課題名：地球流体力学的アプローチによる木星型惑星大気の研究

受入金額：260千円

研究種目：基盤研究（B）

代表者名：藤井 通子（東京大学） 分担者：斎藤 貴之

研究課題名：星一つ一つを分解したシミュレーションで探る大質量星団形成過程

受入金額：65千円

研究種目：基盤研究（C）

代表者名：野原 実（広島大学） 分担者：播磨 尚朝

研究課題名：量子振動による遍歴する $j=3/2$ フェルミオンの検出

受入金額：260千円

代表者名：長谷川 直（宇宙航空研究開発機構） 分担者：中村 昭子

研究課題名：分化小惑星上の水から読み解く太陽系衝突の歴史

受入金額：145千円

研究種目：基盤研究（C）

代表者名：岩澤 全規（松江工業高等専門学校） 分担者：牧野 淳一郎

研究課題名：アクセラレータ上で動作する粒子系シミュレータ開発フレームワークの開発

受入金額：130千円

研究種目：基盤研究（C）

代表者名：岩澤 全規（松江工業高等専門学校） 分担者：細野 七月

研究課題名：アクセラレータ上で動作する粒子系シミュレータ開発フレームワークの開発

受入金額：130千円

研究種目：基盤研究（C）

代表者名：馬場 淳一（鹿児島大学） 分担者：斎藤 貴之

研究課題名：銀河中心考古学：天の川銀河の棒状構造はいつ形成され、どのように進化してきたのか？

受入金額：130千円

研究種目：基盤研究（C）

代表者名：石渡 正樹（北海道大学） 分担者：高橋 芳幸

研究課題名：陸惑星気候の多様性に関する数値的研究

受入金額：65千円

研究種目：基盤研究（C）

代表者名：須田 拓馬（東京工科大学） 分担者：斎藤 貴之

研究課題名：大質量星連星を手がかりとする初代星と重力波起源天体の探査

受入金額：65千円

○外部資金名：科学技術試験研究委託事業 文部科学省

代表者名：牧野 淳一郎

研究題目：次世代計算基盤に係る調査研究（システム調査研究）

受入金額：250,500 千円

○外部資金名：共同研究 株式会社 Preferred Networks

代表者名：牧野 淳一郎

研究題目：惑星計算学習学講座

受入金額：9,207 千円

○外部資金名：創発的研究支援事業 国立研究開発法人科学技術振興機構

代表者名：樋村 博基

研究題目：「地球」流体力学から惑星流体力学へ

受入金額：6,500 千円

○外部資金名：受託研究 文部科学省高性能汎用計算機高度利用事業費補助金

代表者名：大須賀 健（筑波大学） 分担者：牧野 淳一郎

研究題目：「富岳」成果創出加速プログラム「シミュレーションと AI の融合で解明する宇宙の構造と進化」

受入金額：4,154 千円

○外部資金名：共同研究 大学共同利用機関法人自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター

代表者名：牧野 淳一郎、林 祥介

研究題目：CPS と推進する惑星科学研究における新グループ形成プログラム

受入金額：4,000 千円

○外部資金名：共同研究 株式会社 Preferred Networks

代表者名：牧野 淳一郎

研究題目：AI 向けプロセッサ上での高性能 HPC アプリケーション・アプリケーションフレームワークの開発

受入金額：2,000 千円

○外部資金名：受託事業 独立行政法人日本学術振興会

代表者名：荒川 政彦

研究題目：宇宙惑星科学分野に関する学術研究動向

受入金額：1,560 千円

○外部資金名：受託事業 トヨタ自動車株式会社

代表者名：荒川 政彦

研究題目：月面車隕石防護用素材・構造評価

受入金額：1,170 千円

○外部資金名：寄附金

代表者名：大道 英二

研究題目：公益財団法人カシオ科学振興財団 研究助成

受入金額：3,000 千円

○外部資金名：寄附金

代表者名：松嶋 俊樹

研究題目：研究助成金

受入金額：1,000 千円

○外部資金名：寄附金

代表者名：大道 英二

研究題目：湯川記念財団望月基金国際会議派遣

受入金額：280 千円

○外部資金名：寄附金

代表者名：大道 英二

研究題目：公益財団法人村田学術振興財団 研究助成

受入金額：200 千円

(2) 受賞 (賞名称, 受賞対象, 受賞者名, 授与機関名、受賞年・月)

なし

(3) 研究集会の開催 (統合研究拠点での研究活動と関連の深いものに限る)

研究集会名 : MODEST-23JM

開催日 : 2023 年 4 月 17-19 日

場所 : 沖縄科学技術大学院大学シーサイドハウス

研究集会名 : 惑星大気研究会 (WTK) 第 118 回オンラインセミナー

開催日 : 2023 年 4 月 18 日

場所 : オンライン

研究集会名 : 惑星大気研究会 (WTK) 第 119 回オンラインセミナー

開催日 : 2023 年 4 月 27 日

場所 : オンライン

研究集会名 : 第惑星大気研究会 (WTK) 第 120 回オンラインセミナー

開催日 : 2023 年 6 月 15 日

場所 : オンライン

研究集会名 : 惑星大気研究会 (WTK) 第 121 回オンラインセミナー

開催日 : 2023 年 7 月 4 日

場所 : オンライン

研究集会名 : 第 1 回松田佳久特別講義

主催団体 : 京都産業大学

開催日 : 2023 年 7 月 4-5 日

場所 : 京都産業大学、オンライン

研究集会名 : The 13th meeting on Cosmic Dust

開催日 : 2023 年 8 月 7-11 日

場所 : 北九州国際会議場

研究集会名 : シミュレーション天文学のこれまでとこれから-ハードウェア・アプリケーション・サイエンス-

開催日 : 2023 年 9 月 4-6 日

場所 : 神戸大学統合研究拠点コンベンションホール、オンライン

研究集会名 : 惑星科学フロンティアセミナー2023

開催日 : 2023 年 9 月 4-7 日

場所 : しんしのつ温泉たっぷの湯

研究集会名 : FDPS 初級講習会 (C++、Fortran 対応)

開催日：2023年9月8日

場所：神戸大学惑星科学研究センター、オンライン

研究集会名：惑星大気研究会（WTK）第122回オンラインセミナー

開催日：2023年9月11日

場所：オンライン

研究集会名：惑星大気研究会（WTK）第123回オンラインセミナー

開催日：2023年10月2日

場所：オンライン

研究集会名：第2回松田佳久特別講義

主催団体：京都産業大学

開催日：2023年10月19日

場所：京都産業大学、オンライン

研究集会名：次世代計算基盤に係る調査研究に関する合同ワークショップ～フィージビリティスタディ中間報告～

開催日：2023年11月22日

場所：東京大学浅野キャンパス 武田ホール、オンライン

研究集会名：ワークショップ「地球惑星科学における流体力学」（FDEPS）

開催日：2023年11月28日-12月1日

場所：関西セミナーハウス

研究集会名：第3回松田佳久特別講義

主催団体：京都産業大学

開催日：2023年11月29日

場所：京都産業大学、オンライン

研究集会名：惑星大気研究会（WTK）第124回オンラインセミナー

開催日：2023年12月21日

場所：オンライン

研究集会名：第4回松田佳久特別講義

主催団体：京都産業大学

開催日：2024年2月8日

場所：京都産業大学、オンライン

研究集会名：惑星大気研究会（WTK）第125回オンラインセミナー

開催日：2024年2月8日

場所：オンライン

研究集会名：GFDオンラインセミナー第12回

主催団体：地球流体電腦俱楽部

開催日：2024年2月8日

場所：神戸大学惑星科学研究センター、オンライン

研究集会名： GFD オンラインセミナー第 13 回

主催団体：地球流体電腦俱楽部

開催日：2024 年 2 月 19 日

場所：オンライン

研究集会名： CPS&ABC ワークショップ「生命の起源と進化を規定した惑星表層環境を考える」

開催日：2024 年 3 月 7 日

場所：神戸大学惑星科学研究センター、オンライン

研究集会名： GFD セミナー2024 特別編

開催日：2024 年 3 月 15 日-18 日

場所：休暇村支笏湖

研究集会名： 金星大気（基盤 S）最終研究会 Workshop on Venus and other related atmospheres

開催日：2024 年 3 月 25 日-29 日

場所：神戸大学惑星科学研究センター、オンライン

研究集会名： 林祥介教授 最終講義「惑星の気象・気候を掌中に収めるべく 地球流体力学から情報基盤まであれこれ」

開催日：2024 年 3 月 30 日

場所：神戸大学統合研究拠点コンベンションホール、オンライン

（4）その他、統合研究拠点での研究活動と関連のある特記事項

[プレスリリース]

・牧野 淳一郎, 斎藤 貴之

「AI が描く超新星爆発の広がり 深層学習を用いた超新星爆発シミュレーションの高速再現技術」

2023.10.23

・斎藤 貴之

「太陽系、10,000 光年も遠くで誕生か？元素組成から探る太陽系誕生地と惑星系多様性の謎」

2023.11.14

[解説・記事]

・牧野 淳一郎 「3.11 以後の科学リテラシー(no.123)」 科学 93 卷 4 号 pp301-303 2023.4

「3.11 以後の科学リテラシー(no.124)」 科学 93 卷 5 号 pp467-469 2023.5

「3.11 以後の科学リテラシー(no.125)」 科学 93 卷 6 号 pp555-557 2023.6

「3.11 以後の科学リテラシー(no.126)」 科学 93 卷 7 号 pp640-642 2023.7

「3.11 以後の科学リテラシー(no.127)」 科学 93 卷 8 号 pp661-663 2023.8

「3.11 以後の科学リテラシー(no.128)」 科学 93 卷 9 号 pp810-812 2023.9

「3.11 以後の科学リテラシー(no.129)」 科学 93 卷 10 号 pp898-900 2023.10

「3.11 以後の科学リテラシー(no.130)」 科学 93 卷 11 号 pp982-984 2023.11

「3.11 以後の科学リテラシー(no.131)」 科学 93 卷 12 号 pp1062-1064 2023.12

- 「3.11 以後の科学リテラシー(no.132)」 科学 94巻 1号 pp86-88 2024.1
「3.11 以後の科学リテラシー(no.133)」 科学 94巻 2号 pp158-160 2024.2
「3.11 以後の科学リテラシー(no.134)」 科学 94巻 3号 pp266-269 2024.3
「過去の計算機の性能向上」(特集 ポスト・ムーア時代のスパコン 1) 科学 93巻
7号 pp570-575 2023.7
「演算性能の向上は限界に近づいているのか」(特集 ポスト・ムーア時代のスパコン 2)
科学 93巻 8号 pp732-736 2023.8
「効果的なアーキテクチャ (1)」(特集 ポスト・ムーア時代のスパコン 3) 科学
93巻 10号 pp813-815 2023.9
「効果的なアーキテクチャ (2)」(特集 ポスト・ムーア時代のスパコン 4) 科学
93巻 10号 pp901-904 2023.10
- ・樋村 博基 「金星大気の全球シミュレーション」日本流体力学会 学会誌『ながれ』 第42巻
第5号 pp290-296 2023.10

[その他取材協力]

- ・牧野 淳一郎
NHK「NHK コズミックフロント 天文シミュレーションがコンピューターの世界を変えた!?!」
2023.7.13 放送

令和 6 年 6 月 11 日

令和 5 年度 神戸大学統合研究拠点利用状況報告書

1. 研究概要

| | |
|-------------------------|--|
| 研究テーマ | 透視科学に革新をもたらす数理とテクノロジーの開拓 |
| 研究代表者 部局・専攻・氏名 | 神戸大学 数理・データサイエンスセンター/教授 Integral Geometry Science/代表取締役 木村 建次郎 |
| 入居室番号 | 本館・アネックス 103, 108 号室 |
| 外部資金 獲得実績 | 科学研究費補助金 27,332 千円, 受託研究経費 20,410 千円 奨学寄附金 11,300 千円, 共同研究経費 2,000 千円 |
| 特許出願件数 論文発表件数 著書数 | 3 件, 0 件, 1 件 |

2. 研究チームメンバーとその役割分担

| 氏名 | 部局・専攻 | 役割分担 |
|--------|------------------|-----------------------|
| 木村 建次郎 | 数理・データサイエンスセンター | サブサーフェスイメージング装置開発 |
| 茶谷 絵理 | 理学研究科・化学専攻 | サブサーフェスイメージング装置開発 |
| 和田 昭英 | 理学研究科・化学専攻 | 可視光レーザートモグラフィに関する技術指導 |
| 國久 智成 | 医学部附属病院 乳腺内分泌外科 | サブサーフェスイメージング医療応用 |
| 馬場 基 | 砂川市立病院 部長 | サブサーフェスイメージング医療応用 |
| 山本 真由子 | 医学部附属病院・乳腺内分泌外科 | サブサーフェスイメージング医療応用 |
| 三木 万由子 | 医学部附属病院・乳腺内分泌外科 | サブサーフェスイメージング医療応用 |
| 犬伏 祥子 | 医学部附属病院・乳腺内分泌外科 | サブサーフェスイメージング医療応用 |
| 井上 翔太郎 | 医学部附属病院・乳腺内分泌外科 | サブサーフェスイメージング医療応用 |
| 大谷 真紀子 | 医学部附属病院・乳腺内分泌外科 | サブサーフェスイメージング医療応用 |
| 松尾 容子 | 医学部付属病院・乳腺内分泌外科 | サブサーフェスイメージング医療応用 |
| 高尾 信太郎 | 甲南会甲南医療センター | サブサーフェスイメージング医療応用 |
| 金 昇晋 | 兵庫県立がんセンター | サブサーフェスイメージング医療応用 |
| 田根 香織 | 兵庫県立がんセンター | サブサーフェスイメージング医療応用 |
| 橋本 舞雪 | 兵庫県立がんセンター | サブサーフェスイメージング医療応用 |
| 田口 芙佳 | 兵庫県立がんセンター | サブサーフェスイメージング医療応用 |
| 中村 はる菜 | 兵庫県立がんセンター | サブサーフェスイメージング医療応用 |
| 渡邊 奈津子 | 医療法人社団伍仁会岡本クリニック | サブサーフェスイメージング医療応用 |

| | | |
|--------|-------------------------------|----------------------------|
| 山神 和彦 | 神鋼記念病院 | サブサーフェスイメージング医療応用 |
| 松本 元 | 神鋼記念病院 | サブサーフェスイメージング医療応用 |
| 結縁 幸子 | 神鋼記念病院 | サブサーフェスイメージング医療応用 |
| 矢田 善弘 | 神鋼記念病院 | サブサーフェスイメージング医療応用 |
| 矢内 勢司 | 神鋼記念病院 | サブサーフェスイメージング医療応用 |
| 門澤 秀一 | 神鋼記念病院 | サブサーフェスイメージング医療応用 |
| 田代 敬 | 神鋼記念病院 | サブサーフェスイメージング医療応用 |
| 一ノ瀬 康 | 神鋼記念病院 | サブサーフェスイメージング医療応用 |
| 河野 誠之 | 兵庫県立はりま姫路総合医療センター | サブサーフェスイメージング医療応用 |
| 鈴木 省吾 | (株) Integral Geometry Science | サブサーフェスイメージング装置開発 |
| 佐藤 宣夫 | 千葉工業大学 工学部 機械電子創成工学科 | ナノ計測 |
| 宮戸 祐治 | 龍谷大学 先端理工学部 | ナノ計測 |
| 木戸彰彦 | 一般財団法人日本自動車研究所 F C・E V研究部 | サブサーフェスイメージング自動車応用に関する技術指導 |
| 古沢 隆博 | 凸版印刷株式会社 生活・産業事業本部 | サブサーフェスイメージング医療応用 |
| 野村 彩英子 | 凸版印刷株式会社 生活・産業事業本部 | サブサーフェスイメージング医療応用 |
| 山崎 智彦 | 凸版印刷株式会社 生活・産業事業本部 | サブサーフェスイメージング蓄電池応用 |
| 清水 俊彦 | 神戸市立工業高等専門学校 | サブサーフェスイメージング自動車応用 |
| 三熊 敏靖 | 日本薬科大学 分子機能科学分野 | サブサーフェスイメージング防犯技術応用に関する指導 |
| 平 伸二 | 福山大学人間文化学部心理学科 | サブサーフェスイメージング防犯技術応用に関する指導 |
| 大杉 朱美 | 福山大学人間文化学部心理学科 | サブサーフェスイメージング防犯技術応用に関する指導 |

| | | |
|--------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 瀬戸 康雄 | 国立研究開発法人理化学研究所放 射光科学研究センター | サブサーフェスイメージング防 犯技術応用に関する指導 |
| 舘田 英加 | プレシオ国際特許事務所・弁理士 | サブサーフェスイメージング知 財戦略 |
| 野北 和宏 | クイーンズランド大学 | 電子デバイス計測 |
| 呂宗昕 | 國立臺灣大學 | サブサーフェスイメージング蓄 電池応用に関する指導 |
| <u>松田聖樹</u> | 神戸大学 数理データサイエンス センター | サブサーフェスイメージング装 置研究 |
| <u>岡田英朗</u> | 神戸大学 理学研究科 | サブサーフェスイメージング装 置研究 |
| <u>西村祐太郎</u> | Integral Geometry Science | サブサーフェスイメージング装 置研究 |
| | | |
| | | |

3. 研究成果の概要等について

【研究概要】

我々は、物体外部で得られる場の観測結果から、物体内部の構造を映像化する逆問題の理論研究と、逆解析理論を基にしたイメージングシステムの開発に取り組んでいる。一般的な物体の内部構造を3次元的に捉える方法は、コンピュータ断層撮像、所謂 CT (Computed Tomography) である。CTでは、2次元透過吸収画像を様々な角度から撮影し、ラドン変換を用いて3次元的な断層画像を再構成する。この画像再構成方法では、直進性の高いX線やガンマ線といった高エネルギー線の使用が前提となる。これは、直線上を積分するというラドン変換の前提条件によるものであり、このような波動の選択自由度の制限は、特異的な物性を示す領域の識別を困難にする。我々は、遠隔での静的もしくは準静的な磁場の観測結果から、場の基礎方程式を逆説的に解くことにより、物体もしくは特定空間内部における遠隔場の分布を映像化する再構成理論の導出に成功した。電流と磁場に関する逆問題は、一般的に解けない問題として知られているが、我々は、蓄電池の構造に着目し、蓄電池のような平行平板構造においては、3次元的な電流が、2次元の薄膜に閉じ込められると設定できるため、観測結果から蓄電池内部の電流密度分布が再構成可能なことを世界で初めて証明した。本理論を核とした蓄電池内電流密度分布映像化装置、コンクリート内鉄筋の腐食検査、スーパーセキュリティゲート、レベル5完全自動運転の開発に取り組み、計測技術を通じて安全安心な社会の実現を目指している。

【蓄電池検査技術】

目的：本研究では、従来の蓄電池検査技術では検出困難な潜在的不良を有する蓄電池の篩い落としを目指し、電流密度分布という新しい観点から蓄電池の評価を行うイメージングシステムの開発を行ってきた。蓄電池製造ラインにおける全数検査に向けて、蓄電池のエージング試験における良否判定の閾値 1 mV/day の自己放電値（電流換算でマイクロアンペアオーダー）を基準として、その10倍以上の検出感度の実現とオンライン検査を見据えた長時間安定動作かつ高速測定の実現を目指している。

成果①：我々が開発した磁気イメージングシステムに搭載している磁気センサは、磁気インピーダンス効果素子と呼ばれるもので、アモルファス磁性ワイヤの表皮効果により、外部磁場が印可されることでインピーダンスが変化することを利用した高感度磁気センサである。センサの感磁部分は、アモルファス磁性ワイヤをコアとしたソレノイドコイルの構造を有している。磁性ワイヤに外部磁場が印可されると、磁性ワイヤの磁区の方向が揃い、これをコアとするコイルのインダクタンスが変化するため、外部磁場を電圧信号として取り出すことができる。この構造において、アモルファス磁性ワイヤとコイルの位置関係の精度は極めて重要ではあるが、アモルファス磁性ワイヤの製造過程を半導体プロセスに直接組み込むことは困難なことに加え、ピコテラスケールの磁場検出を実現するためには、ワイヤの長さを 5 mm 以上と大きくする必要がある。また、ワイヤの直径も数百マイクロメートルスケール程度である上に、アモルファス構造によるワイヤの非直進性から、機械巻きのコイルをプリント基板上に実装してきた経緯がある。また、磁気イメージ

ングシステムに組み込まれる磁気センサは、蓄電池に使用される磁性体や地磁気の影響により、蓄電池の評価において無関係な磁場にさらされる。磁気センサの感磁方向においては、後述する磁気フィードバックにより評価に無関係な磁場を打ち消すことが可能であるが、感磁方向に垂直な磁場は原理的に打ち消すことが困難である。よって、感磁方向に垂直な磁場が、磁気センサの出力信号の位相に与える影響を評価し、これを低減する必要がある。本研究では、コイル形成プロセスを含むセンサの製造プロセスを完全自動化できるように改良し、センサの電気的、機械的ばらつきを抑制し、かつ、高い量産性を有する新型 MI センサを開発した。従来使用していた MI センサ（以下、旧型 MI センサ）と本研究で開発したセンサ（以下、新型 MI センサ、図 1）について、感磁方向に垂直な磁場に暴露された状態でのセンサ出力信号の位相特性を測定した。具体的には、磁気センサの感磁部分に、本来計測すべき交流磁場を印可した上で、ヘルムホルツコイルで感磁方向に垂直な直流磁場を発生させたときのセンサ出力信号の位相を測定した。また、ヘルムホルツコイルによって印可される垂直方向の直流磁場は、蓄電池に使用される磁性体を考慮して $-400 \mu\text{T}$ から $+400 \mu\text{T}$ とする。本検証の結果、旧型 MI センサにおける位相のずれが 1.5 deg であるのに対して、新型 MI センサの位相のずれは 0.08 deg へと低減された（図 3）。



図 1 新型 MI センサの外観

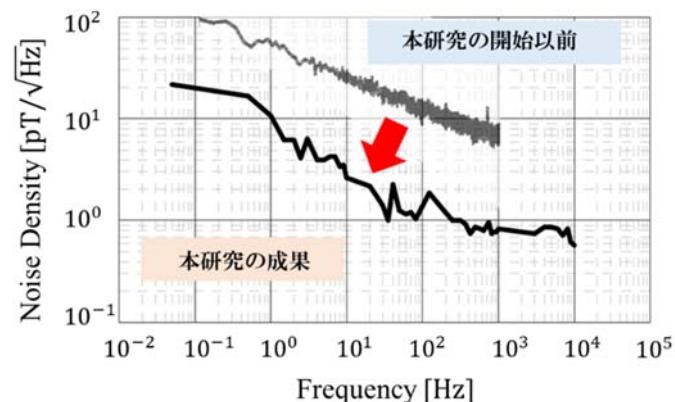


図 2 新型 MI センサのノイズスペクトル

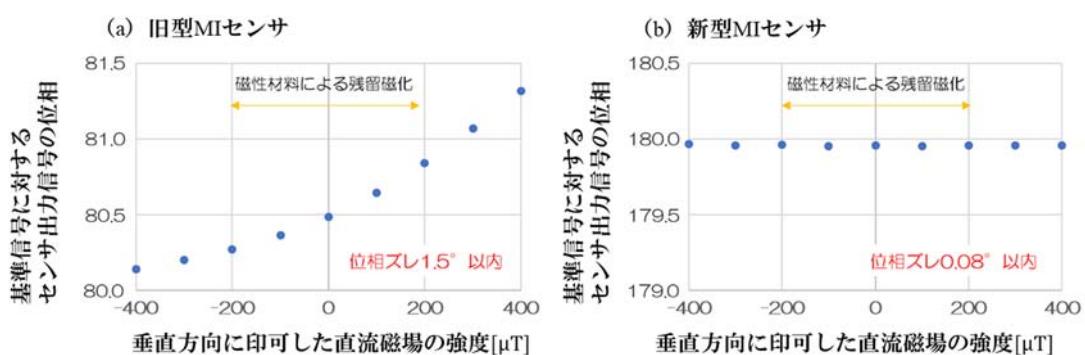


図 3 垂直方向に直流磁場を印加したときのセンサ出力位相特性図 (a) 従来の MI センサ、(b) 新型 MI センサ。

成果②：成果①の新型 MI センサにおいて、磁性体や地磁気などの蓄電池の評価に無関係な直流磁場を相殺する磁気フィードバック回路に付加するサンプルホールド回路を開発した。これにより、フィードバック回路の帰還時間を短縮、即ち、直流磁場を相殺する磁場

を発生させるコイルへ印可する電圧値の決定に要する時間が短縮され、結果として検査のスループットが著しく向上した（図 4）。

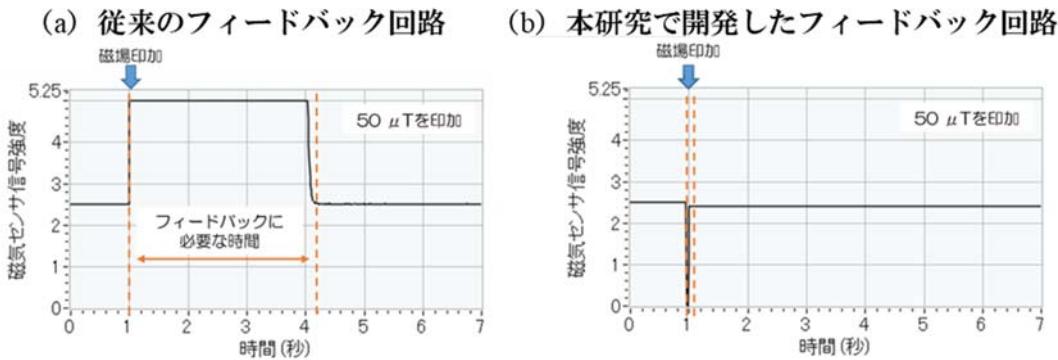


図 4 磁気フィードバック回路を用いた直流磁場の相殺に要する待機時間。（a）従来のフィードバック回路。（b）本研究で開発したフィードバック回路。従来のフィードバック回路では 3 秒以上要しているのに対し、本研究により 0.1 秒未満まで短縮された。

成果③：成果①②による磁気センサを搭載した蓄電池検査システムによる計測動作を制御し、計測結果から蓄電池の潜在的結果の有無を評価するソフトウェアを開発した（図 5）。計測ソフトウェアと解析ソフトウェアは密接に連携して動作しており、全数検査のための計測と評価が滞りなく進められるよう設計されている。また、制御ソフトウェアと解析ソフトウェアは独立したプログラムとして動作しているため、製造ラインごとの様々な検査フローに対応できる柔軟性も併せ持っている。

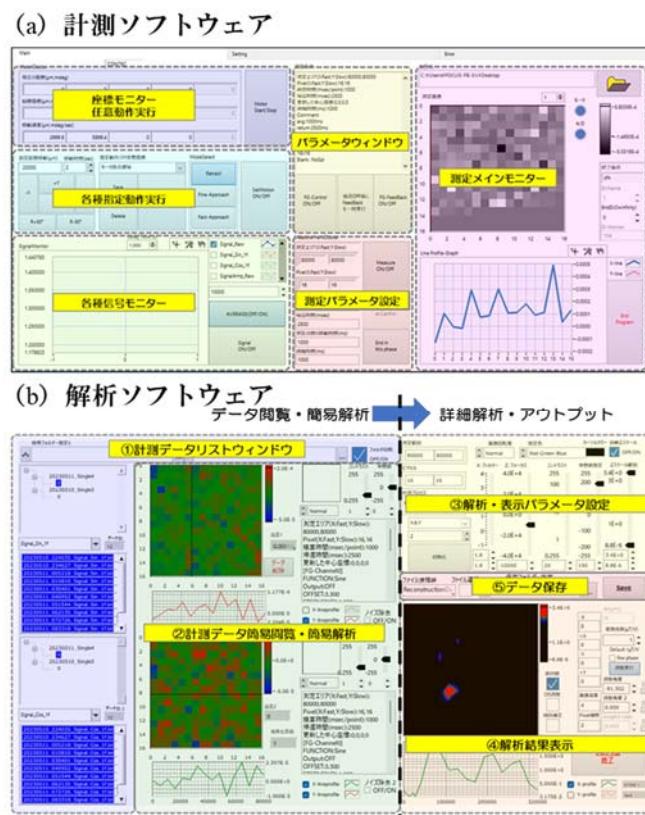


図 5 各ソフトウェアのインターフェース画面

4. 論文・著書・特許出願リスト

[論文]

無し

[著書]

著書：“透視の科学—逆問題の解析解が電池を透視、寿命を予言”（共著）

著者名：木村建次郎、松田聖樹、鈴木章吾、木村憲明

巻、ページ：科学、Vol. 94, No. 3, pp. 254-257

発行所、発行年：岩波書店、2024年

[特許]

1) 発明等の名称：蓄電池検査装置及び蓄電池検査方法

出願人：株式会社 Integral Geometry Science

発明者：松田聖樹、鈴木章吾、木村憲明、木村建次郎

出願日：2023年6月26日

出願番号：特願 2023-103925

2) 発明の名称：測定装置および測定方法

出願人：株式会社 Integral Geometry Science

発明者：鈴木章吾、松田聖樹、美馬勇輝、西村祐太朗、岡田英郎、木村建次郎、木村憲明

出願日：2022年7月7日、国際出願日：2023年6月29日、台湾出願日：2023年7月5日

出願番号：2022-109689（みなし取下げ）、国際出願番号：PCT/JP2023/024264、台湾出願番号：112125034

3) 発明の名称：自動運転制御システム及び自動運転制御方法

出願人：株式会社 Integral Geometry Science

発明者：鈴木 章吾、美馬 勇輝、西村 祐太朗、松田 聖樹、木村 建次郎、木村 憲明

出願日：2022年5月16日、国際出願日：2023年4月7日、台湾出願日：2023年4月7日

出願番号：2022-080439（みなし取下げ）、国際出願番号：PCT/JP2023/014379、台湾出願番号：112113049

5. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金等(外部資金名(種目), 代表者名, 研究タイトル, 当該年度の受入金額を記載)

○外部資金名 : 科学研究費補助金
研究種目 : 学術変革領域研究(A)
代表者名 : 木村建次郎
研究課題名 : 散乱理論・散乱イメージング理論の構築
受入金額 : 27,332,236 円

○外部資金名 : 受託研究 (株式会社 Integral Geometry Science)
代表者名 : 木村建次郎
研究題目 : 乳がん検査装置を使った研究の委託費用
受入金額 : 20,410,000 円

○外部資金名 : 共同研究 (旭化成株式会社)
代表者名 : 木村建次郎
研究題目 : 電解槽電極の電流分布計測技術の開発
受入金額 : 2,000,000 円

○外部資金名 : 寄付金 (株式会社 Integral Geometry Science)
代表者名 : 木村建次郎
受入金額 : 11,300,000 円

(2) 受賞 (賞名称, 受賞対象, 受賞者名, 授与機関名、受賞年・月) (KUIDにあわせる)

令和 5 年度学長表彰, 木村建次郎, 神戸大学, 2023 年 10 月 19 日.

(3) 研究集会の開催 (統合研究拠点での研究活動と関連の深いものに限る) なし

(4) その他, 統合研究拠点での研究活動と関連のある特記事項 なし

令和 6 年 5 月 15 日

令和 5 年度 神戸大学統合研究拠点利用状況報告書

1. 研究概要

| | |
|-------------------------|---|
| 研究テーマ | ゲノム編集研究 |
| 研究代表者 部局・専攻・氏名 | 科学技術イノベーション研究科・近藤 昭彦 先端バイオ工学研究センター・西田 敬二 |
| 入居室番号 | 本館 107 号室 アネックス 301、302、304、305、306 号室 |
| 外部資金 獲得実績 | 科学研究費補助金 0 円, 受託研究経費 13,692,308 円 奨学寄附金 0 円, 共同研究経費 15,372,000 円 |
| 特許出願件数 論文発表件数 著書数 | 5 件, 1 件, 1 件 |

* 外部資金獲得実績については、研究代表者および研究チームメンバーのものの合計とする。
(間接費含む)
* 論文発表については令和 6 年 3 月末までに発表されたもの (in press は含まない) とする。
* 論文について共著などの関係にて重複カウントなきようにお願いいたします。

2. 研究チームメンバーとその役割分担

※主に統合研究拠点で研究活動を行っている方の氏名に下線を付してください。

3. 研究成果の概要等について

*継続用紙添付可、研究者や研究テーマごとなど、3ページ以内に簡潔にまとめて下さい。

*特に統合研究拠点での研究活動による成果には下線を付してください。

神戸大学で開発された「切らないゲノム編集技術」を中心に、ゲノムをより安全に効率よく改変操作する技術群の開発と改良の取り組みを続けています。また応用展開として世界的な気候変動への対応と持続可能な社会を実現すべく、ゲノム編集技術と細胞培養技術を組み合わせて、高速かつ安全で高効率な育種技術および植物と微生物による物質生産技術の開発を進め、また疾患メカニズムの解明から創薬支援、バイオ医薬品の生産、また遺伝子治療に至るまで、ゲノムを高度に操作する技術の医学分野における応用に取り組んでいます。

令和5年度は、切らないゲノム編集技術として従来の C から T あるいは A から G といった変換可能な塩基の制約を乗り越えるべく、C から G あるいは T から G のようなより難易度の高い編集にも取り組み、塩基編集の適用範囲の拡大と応用可能性の増大を進めています。具体的な応用の一例として乳酸菌における編集も試みています。

4. 論文・著書・特許出願リスト

*当該年度において学術誌などに発表した論文・著書等の著者、発表論文名、掲載誌、巻号、ページ、年の各項目及び特許出願について記載して下さい。(受理証明があるものも記載可)

*論文については「査読あり」のもののみ、記載して下さい。

*論文については、in Press は次年度の成果とします。

[論文]

論文名 : LsMybW-encoding R2R3-MYB transcription factor is responsible for a shift from black to white in lettuce seed.

著者名 : Seki K, Komatsu K, Yamaguchi K, Murai Y, Nishida K, Koyama R, Uno Y
掲載誌、巻、ページ : Plant Cell Rep. 2024 Jan 11;43(2):35.

[著書]

著 書 : 微生物を活用した有用物質の製造技術 (共著)

著者名 : 西田敬二

巻、ページ : 第 2 章 高度なバイオものづくり用微生物を開発するための要素技術 -2. 微生物でのゲノム編集の有用性-, PP. 48-52

発行所、発行年 : シーエムシー出版, 2023 年

[特許]

発明等の名称 : 安定で副作用の少ないゲノム編集用複合体及びそれをコードする核酸

出願者 : 国立大学法人神戸大学

発明者 : 西田敬二

出願日 : 2023 年 7 月 28 日

出願番号 : 特願 2023-123850

発明等の名称 : ゲノム配列改変技術における変異導入効率の向上方法、及びそれに用いる分子複合体

出願者 : 国立大学法人神戸大学

発明者 : 西田敬二, 近藤昭彦, 荒添貴之, 島谷善平

出願日 : 2023 年 11 月 8 日

出願番号 : 特願 202311476665. 5

発明等の名称 : 細胞内在性の DNA 修飾酵素を利用して標的化した DNA の核酸塩基を特異的に変換する、細胞の核酸配列の変換方法、及びそれに用いる分子複合体

出願者 : 国立大学法人神戸大学

発明者 : 西田敬二, 近藤昭彦, 荒添貴之, 吉岡伸

出願日 : 2023 年 12 月 14 日

出願番号 : 特願 18/539833

発明等の名称：HMS N-P の治療剤

出願者：国立大学法人神戸大学, 国立大学法人京都大学, 国立大学法人徳島大学

発明者：西田敬二, 井上治久, 今村恵子, 和泉唯信, 沖良祐

出願日：2023 年 12 月 28 日

出願番号：特願 PCT/JP2023/047351

発明等の名称：細胞内在性のDNA修飾酵素を利用して標的化したDNAの核酸塩基を特異的に変換する、細胞の核酸配列の変換方法、及びそれに用いる分子複合体

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：西田敬二, 近藤昭彦, 荒添貴之, 吉岡伸

出願日：2024 年 2 月 5 日

出願番号：特願 202410165335.2

5. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金等(外部資金名(種目), 代表者名, 研究タイトル, 当該年度の受入金額を記載)

○外部資金名: 研究成果展開事業「共創の場形成支援（産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム）

代表者名: 西田敬二

研究題目: 食の未来を拓く革新的先端技術に創出に関する国立大学法人神戸大学による研究開発

受入金額: 7,692,308 円

○外部資金名: 脳とこころの研究推進プログラム領域横断的かつ萌芽的脳研究プロジェクト

代表者名: 西田敬二

研究題目: 塩基編集ツールの設計・開発・改良

受入金額: 3,000,000 円

○外部資金名: 再生・細胞医療・遺伝子治療実現加速化プログラム再生・細胞医療・遺伝子治療研究開発課題

代表者名: 西田敬二

研究題目: 遺伝子治療ベクターの開発

受入金額: 3,000,000 円

○外部資金名: 受託（共同）型協力研究

代表者名: 西田敬二

研究題目: 次世代 DBTL 基盤とバイオ生産ベーシックセルの開発

受入金額: 5,400,000 円

○外部資金名: 受託（共同）型協力研究

代表者名: 西田敬二

研究題目: 改良型塩基編集技術の有用生物への応用

受入金額: 7,692,000 円

○外部資金名: 受託（共同）型協力研究

代表者名: 西田敬二

研究題目: Target-AID®を用いた放射菌の多重同時遺伝子変異法の構築

受入金額: 550,000 円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究

代表者名：西田敬二

研究題目：育種技術によるものづくりの革新一ゲノム編集技術を活用したターゲット選定と変異導入技術の開発-PHBH 育種(ターゲット G)

受入金額：1,730,000 円

（2）受賞（賞名称、受賞対象、受賞者名、授与機関名、受賞年・月）（KUIDにあわせる）

（3）研究集会の開催（統合研究拠点での研究活動と関連の深いものに限る）

研究集会名：第 26 回植物オルガネラワークショッピング

主催団体がある場合は主催団体：

開催日：2024 年 3 月 16 日

場所：神戸大学統合研究拠点 コンベンションホール

（4）その他、統合研究拠点での研究活動と関連のある特記事項

※利用状況報告書の内容は、原則ホームページに公表します。

不都合な点がある場合は、別途ホームページ用を作成し、提出して下さい。

令和 6 年 6 月 6 日

令和 5 年度 神戸大学統合研究拠点利用状況報告書

1. 研究概要

| | |
|----------------|---|
| 研究テーマ | 次世代バイオロジクスのプロセスサイエンス研究 |
| 研究代表者 部局・専攻・氏名 | 科学技術イノベーション研究科・内田和久 |
| 入居室番号 | 本館 407、404, 405号室 アネックス 401号室 |
| 外部資金獲得実績 | 科学研究費補助金 千円, 受託研究経費 107,724 千円 奨学寄附金 千円, 共同研究経費 1,531 千円 |
| 特許出願件数 | 0 件, 論文発表件数 7 件, 著書数 0 件 |

* 外部資金獲得実績については、研究代表者および研究チームメンバーのものの合計とする。
(間接費含む)

* 論文発表については令和 6 年 3 月末までに発表されたもの (in press は含まない) とする。

* 論文について共著などの関係にて重複カウントなきようにお願いいたします。

2. 研究チームメンバーとその役割分担

※主に統合研究拠点で研究活動を行っている方の氏名に下線を付してください。

| 氏名 | 所属部局・専攻 | 役割分担 |
|-------|----------------|----------------------------|
| 内田和久 | 科学技術イノベーション研究科 | 特命教授 全体総括 |
| 遊佐啓介 | 科学技術イノベーション研究科 | 特命教授 NGS、ウイルスベクター担当 |
| 増見恭子 | 科学技術イノベーション研究科 | 特命准教授 ウイルスベクター担当 |
| 苑宇哲 | 科学技術イノベーション研究科 | 特命助教 NGS、ウイルスベクター担当 |
| 上山美幸 | 科学技術イノベーション研究科 | 事務担当 |
| 北川奈緒美 | 科学技術イノベーション研究科 | 事務担当 |
| 齋藤俊介 | 科学技術イノベーション研究科 | 博士後期課程3年 ウイルスベクター担当 |
| 升田智史 | 科学技術イノベーション研究科 | 博士後期課程3年 次世代抗体担当 |
| 橋場倫子 | 科学技術イノベーション研究科 | 博士後期課程2年 NGS、ウイルスベクター担当 |
| 尼崎龍太 | 科学技術イノベーション研究科 | 博士前期課程2年 ウイルスベクター担当 |
| 三上祐輔 | 科学技術イノベーション研究科 | 博士前期課程2年 NGS 担当 |
| 岩本椎菜 | 科学技術イノベーション研究科 | 博士前期課程1年 mRNA ワクチン担当 |
| 林なつみ | 科学技術イノベーション研究科 | 博士前期課程1年 NGS 担当 |
| 伊藤恵美 | 科学技術イノベーション研究科 | 研究員 ウイルスベクター担当 |
| 大西美帆 | 科学技術イノベーション研究科 | 研究員 mRNA ワクチン担当 |
| | | |
| | | |
| | | |

3. 研究成果の概要等について

【概要】バイオロジクスは、動物細胞などの生命の力を用いてセントラルドグマに基づいて生産する複雑な構造の医薬品やワクチンで、抗体医薬を代表とするバイオ医薬品や遺伝子治療製品、mRNA 製品などが現在、注目されている。

これら製品の生産工程は培養、精製、分析などの要素技術から構成されており、最新の分析技術を駆使してプロセスを解析し、これらの要素技術を裏打ちする基本原理の体系化「プロセスサイエンス」を目指している。また、バイオロジクス製品の生産に用いる動物細胞株が外来性のウイルスを含んでいないかどうかを検出するための、NGSなどの最新技術の開発を行っている。これらの成果は製薬企業等での医薬品に関する開発研究で活用している。

以下に代表的な研究の成果を記す。

○AMED 再生医療・遺伝子治療の産業化に向けた基盤技術開発事業「遺伝子・細胞治療用ベクター新規大量製造技術開発における高度分析拠点及び技術開発取り纏め」(2018-2023 年度) (研究担当: 内田和久/特命教授、遊佐啓介/特命教授ほか)

MAB 組合と阪大とも連携して研究活動を実施している。我々は分科会 C に属し AAV ウィルスベクターの規格分析に関する項目の分析法の開発を行っている。そのうち主に核酸不純物に関する研究を実施した。以下に具体的な内容を記す。

1. 純度試験(含む不純物試験): ddPCR のパッケージ化

本事業を通じて、我々は、rAAV の核酸における分析評価技術を開発してきた。rAAV のゲノムタイマー測定系の確立、不純物としてプラスミド測定系の確立、宿主由来細胞の DNA 測定系の確立を実施し、ddPCR のパッケージ化として達成した。

rAAV ゲノムタイマー値の測定系においては、rAAV ゲノム中の ITR 領域、CMV プロモーター領域、GOI (本事業においては ZsGreen1 遺伝子) 領域における droplet digital PCR (ddPCR) を使用したゲノムタイマー測定系を確立した他、ゲノムタイマー測定における前処理法を検討・確立し、論文化した。下記 4 項の論文リスト 2) また、粒子内・粒子外に含まれる宿主細胞由来 DNA の検出、解析を行うためヒトリボソーム RNA をコードする DNA 配列を検出する PCR 系を確立し、論文化した。下記 4 項の論文リスト 1) さらに AAV 製造に用いた 3 種のプラスミド (pAAV-ZsGreen1、pHelper、pRC2-mi342) をそれぞれ特異的に識別できるプライマー/プローブと、共通配列であるアンピシリン (Amp) 耐性遺伝子部位にもプライマー/プローブを設計し、ddPCR を用いて、カプシド内外に含まれるプラスミド DNA を単独で、もしくは総合的に測定する系を確立した。

ddPCR と同様に、Next generation sequencing (NGS) によって核酸分析を実施する手法も構築してきた。昨年度に続き、Kan 耐性遺伝子にはもう 1 種類存在することが判明し、Neo/Kan 耐性遺伝子に関しての測定系も確立した (Kan 耐性遺伝子検出の ddPCR キットは現時点では市販されていない)。

2. TapeStation を使った簡便な rAAV DNA の分析法

AAV ゲノムは一本鎖 DNA のため、通常の電気泳動では確認できない。そのため、今年度我々は、RNA 分析用試薬を用いて TapeStation 全自動電気泳動システム (Agilent) による簡便な rAAV ゲノム (ssDNA) の分析法を確立した。この結果を論文にて報告した。下記 4 項の論文リスト 4)

3. NGS による遺伝子治療用 rAAV ベクターの外来性ウイルス試験

生物由来原料を使って製造される rAAV 等遺伝子治療用ベクターでは外来性ウイルスが混入する可能性があるため、今年度我々は NGS を使って外来性ウイルスの検出パイプラインを作成した。精製 rAAV 試料から DNA を調製し、MiSeq による sequencing を行い、ウイルスデータベース RBDVv22.0 を用いて外来性ウイルス (今回は DNA ウイルスを対象とした) の検出を試みたが、特に新規なウイルスの存在は確認できなかった。

○厚生労働省 令和4年度医薬品等審査迅速化事業費補助金 (薬事規制研修事業)
(研究担当 : 内田和久/特命教授、高倉知朗/研究員ほか)

2020 年 6 月に神戸大学が APEC Biotherapeutics CoE として認定された後、第 4 回目の「APEC Work Shop 2023」開催した。Covid-19 の影響がなくなり、対面で実施した。APEC 規制当局担当者を対象に参加 募集を行い、チリ、ブラジル、タイ、マレーシア、台、フィリピンの 6 エコノミー から計 9 名が受講した。神戸大学が主体となって運営し、神戸大学の関連組織の一つである一般社団法人バイオロジクス研究・トレーニングセンター (BCRET 及び GMP 準拠施設を有する次世代バイオ医薬品製造技術研究組合 (MAB) と協力して対応を行った。令和 5 年 12 月 5 日～12 月 6 日の 3 日間、座学はアネックス棟 307 号室で、実習は主に本館 407 号室で実施した。

研修 プログラム内容は、CMC 開発や薬制動向に関する最新の動向、MAB の GMP 準設での模擬査察の再現、CMC プロセス開発 (培養、精製、分析) に関する実習、ICH Q5A をテーマとした参加者全員での意見交換と議論した。研修後評価 (アンケート結果) は、評価 (アンケート結果) は、5 点満点で 4.5-5.0 と満足度も高く、受講者は次年度も研修の継続を望んでいた。

った。

○AMED 再生医療実用化研究事業 再生医療分野において、国際展開すべき品質・非臨床評価手法を開発するための研究「再生医療等製品に関するウイルス安全性評価の国際標準化研究」 (2022-2024 年) (研究担当 : 内田和久/特命教授、遊佐啓介/特命教授ほか)

再生医療等製品の安全性確保のための高感度・網羅性をもつウイルス安全性評価法の共同研究を通じて、国際ガイドラインの改訂、安全性評価法の国際標準化に寄与することを目的に国際多施設共同研究を進めている。令和 4 年度は、国際多施設共同研究グループ AVDTIG (Advanced Virus Detection Technologies Interesting Group) に所属する神戸大学を含む 8 施設 (FDA 等の規制、GSK 等の製薬、MIT 等のアカデミアの施設) で long read sequencer を使ったウイルス安全性

評価法に関する共同研究を進めた (Study 4)。R5 年度は、月 1 回の合計 12 回にわたる web 会議を通じて、研究計画と実験材料に関する検討が行われ、共通プロトコルが了承された。そのプロトコルに従って、神戸大学は、令和 5 年度に計画した実験のすべてを完了した。そのほかにも国際多施設共同研究 Study3 がまとめられ、現在 *in press* である。そのほか、CHO 細胞へのウイルススパイクを Long reads 法解析する (Study 5)、ベロ細胞に Ad5 をスパイクして Lon reads 法で解析する国衛研が主催する (Study 6) が開始された。

4. 論文・著書・特許出願リスト

*当該年度において学術誌などに発表した論文・著書等の著者、発表論文名、掲載誌、巻号、ページ、年の各項目及び特許出願について記載して下さい。(受理証明があるものも記載可)

[論文]

1. Kiyoko Higashiyama, Yuzhe Yuan, Noriko Hashiba, Kyoko Koizumi Masumi, Keisuke Yusa, Kazuhisa Uchida Quantitation of residual host cell DNA in recombinant adeno-associated virus using droplet digital PCR, *Human gene therapy*, 2023; 34(11-12): 578-585. Published online 2023 Jun 16. doi: 10.1089/hum.2023.006
2. Shunsuke SAITO, Akihiko KONDO, Kazuhisa UCHIDA Investigating critical thermal parameters for pre-analytical preparation of adeno-associated virus vector genome titration by droplet digital polymerase chain reaction. *Translational and Regulatory Sciences*. Article ID: 2023-001. <https://doi.org/10.33611/trs.2023-001>
3. Kyoko Masumi-Koizumi, Yuzhe Yuan, Kiyoko Higashiyama, Keisuke Yusa, Kazuhisa Uchida Association between adeno-associated virus genomic titers and intracellular plasmid levels. *Engineering Reports*. First published: 13 June 2023 <https://doi.org/10.1002/eng2.12704>
4. Yuzhe Yuan, Kiyoko Higashiyama, Noriko Hashiba, Kyoko Masumi-Koizumi, Keisuke Yusa, and Kazuhisa Uchida. Concise analysis of single-stranded DNA of recombinant adeno-associated virus by automated electrophoresis system, *Human gene therapy* 2024, 35, 3&4, 104-113. Published Online: 15 Feb 2024 <https://doi.org/10.1089/hum.2023.148>
5. Tomofumi Nakada-Masuta, Hiroyuki Takeda and Kazuhisa Uchida. Novel Approach for Obtaining Variable Domain of New Anti-gen Receptor with Different Physicochemical Properties from Japanese Topeshark (*Hemitriakis japonica*), *Mar. Drugs* 2023, 21(11), 550; <https://doi.org/10.3390/md21110550>
6. Takamasa Hirai, Kiyoko Kataoka, Yuzhe Yuan, Keisuke Yusa, Yoji Sato, Kazuhisa Uchida, Ken Kono Evaluation of next-generation sequencing performance for *in vitro* detection of viruses in biological products, *Biologics* Volume 85, February 2024, 101739
7. Kiichi Hirohata, Yuki Yamaguchi, Takahiro Maruno, Risa Shibuya, Tetsuo Torisu,

Takayuki Onishi, Hideto Chono, Junichi Mineno, Yuan Yuzhe, Kiyoko Higashiyama, Kyoko Masumi-Koizumi, Kazuhisa Uchida, Takenori Yamamoto, Eriko Uchida, Takashi Okada, and Susumu Uchiyama Applications and Limitations of Equilibrium Density Gradient Analytical Ultracentrifugation for the Quantitative Characterization of Adeno-Associated Virus Vectors January 2024Analytical Chemistry 96(9)
DOI: 10.1021/acs.analchem.3c01955

5. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金等(外部資金名(種目), 代表者名, 研究タイトル, 当該年度の受入金額を記載)

- AMED 再生医療・遺伝子治療の産業化に向けた基盤技術開発事業「遺伝子・細胞治療用ベクター新規大量製造技術開発における高度分析拠点及び技術開発取り纏め」(2018-2023年度) (研究担当者:内田和久 特命教授) 15,600,000円
- 厚生労働省 令和4年度医薬品等審査迅速化事業費補助金 (薬事規制研修事業) (研究担当者:内田和久 特命教授) 15,400,000円
- AMED 再生医療実用化研究事業 再生医療分野において、国際展開すべき品質・非臨床評価手法を開発するための研究「再生医療等製品に関するウイルス安全性評価の国際標準化研究」(2022-2024年度) (研究担当者:内田和久 特命教授) 22,750,000円

(3) 研究集会の開催 (統合研究拠点での研究活動と関連の深いものに限る)

研究集会名: APEC Work Shop 2023
主催団体: 科学技術イノベーション研究科
開催日: 2023年12月5日-12月7日
場所: アネックス棟307号室、本館 404, 405, 407号室

(4) その他、統合研究拠点での研究活動と関連のある特記事項

・BCRETによるプレスリリースなど

- ①パーソルテンプスタッフ株式会社との業務提携について
https://www.bcret.jp/news/2023/1021_000136.html
- ②サーモフィッシュ・サイエンティフィックとの業務提携について
https://www.bcret.jp/news/2023/1104_000138.html
- ③東京薬科大学との連携協定締結について
https://www.bcret.jp/news/2024/0323_000147.html
- ④BCRET開設5周年史の発刊
https://www.bcret.jp/news/2024/0322_000144.html
- ⑤日本薬学会 第144年会 ランチョンセミナー開催
https://www.bcret.jp/news/2024/0222_000139.html

令和 6 年 5 月 31 日

令和 5 年度 神戸大学統合研究拠点利用状況報告書

1. 研究概要

| | |
|----------------|--|
| 研究テーマ | 電磁耐性量子集積エレクトロニクス・イノベーション |
| 研究代表者 部局・専攻・氏名 | 科学技術イノベーション研究科・科学技術イノベーション専攻・永田真 |
| 入居室番号 | 本館 406号室 |
| 外部資金獲得実績 | 科学研究費補助金 36,370 千円, 受託研究経費 262,598 千円 奨学寄附金 5,000 千円, 共同研究経費 10,950 千円 |
| | 特許出願件数 新規出願 1 件、審査登録 1 件 論文発表件数 査読有り 16 件、査読無し 34 件、口頭発表（招待のみ）12 件 著書数 0 件 |

* 外部資金獲得実績については、研究代表者および研究チームメンバーのものの合計とする。
(間接費含む)
* 論文発表については令和 6 年 3 月末までに発表されたもの（in press は含まない）とする。
* 論文について共著などの関係にて重複カウントなきようにお願いいたします。

2. 研究チームメンバーとその役割分担

※主に統合研究拠点で研究活動を行っている方の氏名に下線を付してください。

| 氏名 | 所属部局・専攻 | 役割分担 |
|--------|------------------------------|--------------------------|
| 永田 真 | 科学技術イノベーション研究科・科学技術イノベーション専攻 | 電磁耐性量子集積エレクトロニクスに関する研究総括 |
| 三木 拓司 | 科学技術イノベーション研究科・科学技術イノベーション専攻 | 量子コンピュータに関する研究 |
| 田口 美里 | 科学技術イノベーション研究科・科学技術イノベーション専攻 | 量子コンピュータに関する研究 |
| 田中 聰 | 科学技術イノベーション研究科・科学技術イノベーション専攻 | 電波環境技術に関する研究 |
| 弘原海 拓也 | 科学技術イノベーション研究科・科学技術イノベーション専攻 | 電磁セキュリティに関する研究 |
| 酒井 陵多 | 科学技術イノベーション研究科・科学技術イノベーション専攻 | 電波環境技術に関する研究 |
| 芦田 壮亮 | 科学技術イノベーション研究科・科学技術イノベーション専攻 | 電波環境技術に関する研究 |
| 上原 啓 | 科学技術イノベーション研究科・科学技術イノベーション専攻 | 電波環境技術に関する研究 |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

3. 研究成果の概要等について

* 継続用紙添付可、研究者や研究テーマごとなど、3ページ以内に簡潔にまとめて下さい。

* 特に統合研究拠点での研究活動による成果には下線を付してください。

研究課題「電磁耐性量子集積エレクトロニクス・イノベーション」では、次世代の情報通信技術(ICT)を担う量子技術と無線技術の発展に資するため、極低温動作および高電磁耐性を特徴とする集積化工レクトロニクスの設計法および構成法について研究開発を推進するとともに、科学技術イノベーションを目指している。我が国が推進する量子技術イノベーション戦略のもと、量子コンピュータ等を具現化する技術として、極低温動作による半導体量子集積エレクトロニクスの設計法を導出し、とりわけ、誤り耐性型汎用量子コンピュータに向けた極低温 CMOS 半導体集積回路システムを構築する。また、量子技術により飛躍的に向上する情報処理能力とバランスする安全・安心なスマート社会の発展を鑑み、自律移動体の産業応用に着目して、無線通信の高度利用と電磁セキュリティを支える電波環境技術を探求する。

以下に、各研究領域における取組状況と令和 5 年度の成果概況を示す。

- ① 国際貢献 : ハードウェアセイフティの研究分野に関して、ギリシャ・アリストテレス大学と神戸大学の Erasmus+協定に基づき、引き続き、大学院生及び教員の相互交流（現地滞在および日本招聘）を実施した。また、ハードウェアセキュリティの研究分野に関して、欧洲で最も著名な研究組織の一つである Katholieke Universiteit Leuven の研究チームおよび Telecom Paris の研究チームと研究ミーティングを定期的に実施して共同研究を推進した。さらに、EU 加盟国として産業成長の著しいクロアチアにおいて、University of Zagreb との学術交流の協定を締結するとともに、博士課程の大学院生が同大学にて (JSPS 若手研究者海外挑戦プロジェクトの採択に基づき) 滞在研究を実施した。
- ② 国内貢献 : 国の施策に基づくハードウェアセキュリティに関する研究プロジェクト 1 件の採択を受けて新規に着手した。具体的には、NEDO・経済安全保障重要技術育成プログラム／ハイブリッドクラウド利用基盤技術の開発／半導体・電子機器等のハードウェアにおける不正機能の排除のための検証基盤の確立」に関する共同研究を受託し、国内大学・産業界の連携研究を推進し、所定の計画通りに研究成果報告書を纏めた。
- ③ 国内貢献 : ハードウェアセキュリティ分野における新たな挑戦的課題として、半導体 IC チップと応用システムにおける悪意ある改竄：ハードウェアトロイの脅威を解決するための学術研究を、科研費・基盤 S 「ハードウェアトロイフリーを実現する高信頼 VLSI 回路システム構築基盤の開拓」の採択を受けて、国内大学（神戸大学、東北大学、奈良先端大学）および国外大学（Telecom Paris）と国際共同による学術研究を推進した。
- ④ 国内貢献 : ハードウェアセイフティに関する研究プロジェクトについて、国内企業（コニカミノルタ）、国内研究所（NICT）、および国内大学（東北大学）と、「ローカル 5G における自律移動体の運用と電波環境」に関する新規の学術研究について具体的な検討を進め、共同研究契約を締結して初期の学術研究を推進した。
- ⑤ 国内貢献 : 国の施策に基づく量子技術イノベーション戦略のもとで量子コンピュータの構築に関する研究開発を継続した。具体的には、ムーンショット型研究開発事業「2050 年までに、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる誤り耐性型汎用量子コンピュータを実現／大規模集積シリコン量子コンピュータの研究開発」に関する研究活動を引き続き推進した。また、(株)日立製作所との共同研究を継続し、NEDO 官民による若手研究者発掘支援事業（共同研究フェーズ）の支援を獲得した上で、シリコン量子ビットの制御プラットフォームに関する研究を推進している。さらに、JST 戦略的創造研究推進事業（さきがけ）に「量子環境ノイズ情報を組入れる高忠実度量子制御技術の開拓」のもと、量子コンピューティングの演算精度を向上する極低温センシングやフィードバック技術の構築に向けた研究を推進している。

4. 論文・著書・特許出願リスト

*当該年度において学術誌などに発表した論文・著書等の著者、発表論文名、掲載誌、巻号、ページ、年の各項目及び特許出願について記載して下さい。(受理証明があるものも記載可)

[論文]

【査読有り/学術誌掲載論文】

1. Koh Watanabe, Ryota Sakai, Satoshi Tanaka, Makoto Nagata, Hideki Osaka, Atsushi Nakamura, Ifong Wu, Yasushi Matsumoto, Kaoru Gotoh, "Electromagnetic Interference With the Mobile Communication Devices in Unmanned Aerial Vehicles and Its Countermeasures," in IEEE Access, vol. 12, pp. 11642-11652, Jan. 2024.
2. 永田真, "無線通信を利用する自律移動体の電磁ノイズ課題と解決に向けて(招待論文)," 電子情報通信学会論文誌 B, vol. J-106B, no. 8, pp. 440-408, Aug. 2023.
3. Takuya Wadatsumi, Kohei Kawai, Rikuu Hasegawa, Kikuo Muramatsu, Hiromu Hasegawa, Takuya Sawada, Takahito Fukushima, Hisashi Kondo, Takuji Miki, Makoto Nagata, "Experimental Exploration of the Backside ESD Impacts on an IC Chip in Flip Chip Packaging," IEICE Transactions on Electronics, Vol. E106.C, No. 10, pp. 556-564, Oct. 2023.
4. Ryozo Takahashi, Takuji Miki, Makoto Nagata, "An Analog Side-channel Attack on a High-speed Asynchronous SAR ADC using Dual Neural Network Technique," IEICE Transactions on Electronics, Vol. E106.C, No. 10, pp. 565-569, Oct. 2023.
5. Makoto Nagata, "Design of Circuits and Packaging Systems for Security Chips (Invited)," IEICE Transactions on Electronics, Vol. E106.C, No. 7, pp. 345-351, July 2023.

【査読有り/国際会議録掲載論文】

6. Kazuki Monta, Makoto Nagata, "Power-supply noise monitoring to evaluate embedded VRMs and Si-backside buried Decaps," in Proceedings of the IEEE Design, Automation and Test in Europe Conference (DATE), PhD Forum, Mar. 2024.
7. Junichi Sakamoto, Hirofumi Sakane, Yohei Hori, Shinichi Kawamura, Yuichi Hayashi, Makoto Nagata, "Non-Destructive Hardware Trojan Circuit Screening by Backside Near Infrared Imaging," in Proceedings of the 2023 IEEE Physical Assurance and Inspection of Electronics (PAINE), VII-B-4, pp. 1-7, Oct. 2023.
8. Makoto Nagata, Naofumi Homma, Yuichi Hayashi, "Hardware Supply Chain Security and EM Tricks," in Proceedings of the 2023 International Symposium on Electromagnetic Compatibility - EMC Europe, #281, pp. 1-4, Sep. 2023.
9. Ryota Sakai, Koh Watanabe, Sosuke Ashida, Hiraku Uehara, Satoshi Tanaka, Makoto Nagata, "Impact of Emission Noise and Electromagnetic Shielding on Mobile Communication Systems in Unmanned Aerial Vehicles," in Proceedings of the 2023 International Symposium on Electromagnetic Compatibility - EMC Europe, #279, pp. 1-4, Sep. 2023.
10. Yuichi Hayashi, Frank Leferink, Makoto Nagata, "Introduction to Physical Layer Security and Hardware Supply Chain Security: EM Tricks to Keep Your Information and Devices Safe," in Proceedings of the 2023 International Symposium on Electromagnetic Compatibility - EMC Europe, #175, pp. 1-6, Sep. 2023.

11. Hiroshi Suenaga, Makoto Nagata, "Prediction of Automotive Radiated Emission Using Machine Learning," in Proceedings of the 2023 International Symposium on Electromagnetic Compatibility - EMC Europe, #120, pp. 1-5, Sep. 2023.
12. Tokio Futaya, Raisei Mizokuchi, Misato Taguchi, Takuji Miki, Makoto Nagata, Jun Yoneda, Tetsuo Kodera "Cryogenic Inter-chip Connection for Silicon Qubit Devices," in Extended Abstracts of International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), B-1-02, pp.69-70, Sep. 2023.
13. Kazuki Monta, Makoto Nagata, Josep Balasch, Ingrid Verbauwhede, "On the Unpredictability of SPICE Simulations for Side-Channel Leakage Verification of Masked Cryptographic Circuits," ACM/IEEE Design Automation Conference (DAC 2023), Jul. 2023.
14. Naoya Watanabe, Yuuki Araga, Haruo Shimamoto, Makoto Nagata, Katsuya Kikuchi, "Formation and 3D Stacking Process of CMOS Chips with Backside Buried Metal Power Distribution Networks," in Proceedings of the IEEE 73rd Electronic Components and Technology Conference (ECTC 2023), pp. 1792-1797, June 2023.
15. Takuya Wadatsumi, Rikuu Hasegawa, Kazuki Monta, Takaaki Okidono, Takuji Miki, Makoto Nagata, "A Si-Interposer with Buried Cu Metal Stripes and Bonded to Si-Substrate Backside for Security IC Chips," in Proceedings of the IEEE 73rd Electronic Components and Technology Conference (ECTC 2023), pp. 951-954, June 2023.
16. Kazuki Monta, Takumi Matsumaru, Takaaki Okidono, Takuji Miki, Makoto Nagata, "Side-Channel Leakage Evaluation of Multi-Chip Cryptographic Modules," Workshop on Nano Security at DATE2023, Apr. 2023.

【査読無し/国内会議発表論文】

17. 上原啓, 渡邊航, 酒井陵多, 芦田壮亮, 田中聰, 永田真, "電磁ノイズ特性と GPS 位置情報精度劣化の関係," 2024 年電子情報通信学会総合大会, B-4-28, 2024.3.6.
18. 三家雄志, 渡邊航, 酒井陵多, 上原啓, 芦田壮亮, 田中聰, 永田真, "複数の産業用ドローンにおける電磁ノイズの類似性評価," 2024 年電子情報通信学会総合大会, B-4-27, 2024.3.6.
19. 芦田壮亮, 渡邊航, 酒井陵多, 上原啓, 田中聰, 永田真, 山口正洋, "IC チップの磁性材料による電磁ノイズ低減効果評価法の検討," 2024 年電子情報通信学会総合大会, B-4-26, 2024.3.6.
20. 隠岐貴文, 門田和樹, 三木拓司, 永田真, "デジタル回路の消費電荷量に着目したハードウェアトイ検知手法," 2024 年電子情報通信学会総合大会, A-19-03, 2024.3.6.
21. 林佑亮, 長谷川陸宇, 弘原海拓也, 門田和樹, 三木拓司, 永田真, "裏面電圧故障注入による攻撃精度評価", 2024 年電子情報通信学会総合大会, A-19-02, 2024.3.6.
22. 祝迫琉士, 高橋亮蔵, 山田友弥, 三木拓司, 永田真, "大規模シリコン量子ビットの高精度制御に向けた極低温バイアス電圧生成 DA 変換回路の開発," 2024 年電子情報通信学会総合大会, A-1-13, 2024.3.6.
23. 長谷川陸宇, 門田和樹, 弘原海拓也, 三木拓司, 永田真, "オンチップ LDO による電磁波照射ノイズ低減効果の検討," 電子情報通信学会技術報告, vol. 123, no. 391, HWS2023-84, pp. 131-134, 2024.3.1.
24. 横田脩平, 長谷川陸宇, 門田和樹, 沖殿貴朗, 三木拓司, 永田真, "マルチチップアッセンブリにおけるチップ近傍の排熱特性の評価と解析," 信学技法, vol.123, no.392,

25. 渡辺直也, 荒賀佑樹, 島本晴夫, 永田真, 菊地克弥, "[招待講演] 3 次元集積回路の電源品質改善のための裏面埋設配線技術の開発," 電子情報通信学会技術報告, vol. 123, no. 385, SDM2023-83, pp. 9-15, 2024.2.21.
26. Kazuki Monta, Makoto Nagata, "Exploration of full-chip level SCA simulation," COSIC Seminar, KU Leuven, Jan. 2024.
27. 門田和樹, 永田真, Josep Balasch, Ingrid Verbauwhede, "マスキング対策を施した暗号モジュールのサイドチャネル漏洩検証 におけるトランジスタレベルシミュレーションの不確かさ," ハードウェアセキュリティフォーラム 2023, 2023.12.15.
28. 長谷川陸宇, 門田和樹, 弘原海拓也, 三木拓司, 永田真, "暗号 IC チップに対する電磁的故障注入攻撃における故障感度の検討," 電子情報通信学会・集積回路研究会, 学生・若手研究会, 2023.12.4.
29. 林佑亮, 長谷川陸宇, 弘原海拓也, 門田和樹, 三木拓司, 永田真, "裏面電圧故障注入を用いた差分故障解析による秘密鍵導出", 電子情報通信学会技術報告, vol. 123, no. 259, ICD2023-72, pp. 178-181, 2023.11.17.
30. 長谷川陸宇, 門田和樹, 弘原海拓也, 三木拓司, 永田真, "チップ裏面シリコン基板電位によるサイドチャネル攻撃とシミュレーション," 電子情報通信学会技術報告, vol. 123, no. 259, ICD2023-71, pp. 173-177, 2023.11.17.
31. 門田和樹, 長谷川陸宇, 三木拓司, 永田真, "セキュリティ向け三次元積層チップの検討", 電子情報通信学会技術報告, vol. 123, no. 235, HWS2023-57, pp. 16-19, 2023.10.31.
32. 渡邊航, 酒井陵多, 上原啓, 田中聰, 永田真, 松本泰, 後藤薰, "産業用ドローンを対象とした 5G 受信感度の電磁ノイズ成分に対する応答解析," 電子情報通信学会技術報告, vol. 123, no. 215, EMCJ2023-53, pp. 94-97, 2023.10.20.
33. 渡辺直也, 荒賀佑樹, 島本晴夫, 永田真, 菊地克弥, "裏面埋設・電源供給配線網を有する 3 次元集積回路の作製プロセス," エレクトロニクス実装学会・第 33 回マイクロエレクトロニクスシンポジウム(MES2023), 8A2-4, pp. 233-236, 2023.9.8.
34. 山口正洋, 宮澤安範, 杉本諭, 芦田壮亮, 渡邊航, 酒井陵多, 上原啓, 永田真, 田中聰, "Fe-Cr-Co 扁平磁性微粒子を実装したインタポーラによるスイッチング半導体チップの 28GHz 帯高調波電磁ノイズ抑制," 2023 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-4-33, pp. 213, 2023.9.15.
35. 隠岐貴文, 門田和樹, 三木拓司, 永田真, "IC チップレベル電源電流シミュレーションによるハードウェアトイ検知可能性の検討," 2023 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, C-12-6, pp. 36, 2023.9.14.
36. 酒井陵多, 渡邊航, 芦田壮亮, 上原啓, 田中聰, 永田真, "産業用ドローンのアンテナ設置位置が及ぼす電磁干渉への影響差の考察," 2023 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-4-27, pp. 207, 2023.9.14.
37. 上原啓, 渡邊航, 酒井陵多, 芦田壮亮, 田中聰, 永田真, "無線通信シミュレーションにおける無線実機性能の取り込み手法について," 2023 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-4-9, pp. 189, 2023.9.13.
38. 林佑亮, 長谷川陸宇, 弘原海拓也, 門田和樹, 三木拓司, 永田真, "裏面電圧故障注入を用いた差分故障解析による攻撃実現性の検討", 2023 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, A-19-3, pp. 140, 2023.9.13.
39. 田口美里, 高橋亮蔵, 加藤薰子, 楠野順弘, 三木拓司, 永田真, "量子コンピュータ向けフリップチップシリコンインターポーラの極低温評価," 電子情報通信学会技術報告, vol. 123, no. 144, ICD2023-16, pp. 10-13, 2023.8.1.

40. 山田友弥, 高橋亮蔵, 三木拓司, 永田真, "量子デバイスの環境モニタリングに向けた極低温 AD 変換器の検討," 電子情報通信学会技術報告, vol. 123, no. 144, ICD2023-15, pp. 6-9, 2023.8.1.
41. 芦田壮亮, 渡邊航, 酒井陵多, 上原啓, 永田真, 田中聰, 山口 正洋, "スイッチング半導体チップの高次スプリアス成分による電磁ノイズ評価法の検討," 電子情報通信学会技術報告, vol. 123, no. 72, EMCJ2023-24, pp. 62-65, 2023.06.09.
42. 酒井陵多, 渡邊航, 芦田壮亮, 上原啓, 田中聰, 永田真, 大坂英樹, 中村篤, "産業用ドローンにおける電磁ノイズと移動通信システムの干渉評価と対策," 電子情報通信学会技術報告, vol. 123, no. 72, EMCJ2023-23, pp. 58-61, 2023.06.09.
43. 上原啓, 渡邊航, 酒井陵多, 芦田壮亮, 田中聰, 永田真, 大坂英樹, 中村篤, "産業用ドローンの近傍電磁ノイズと GPS モジュールの干渉評価," 電子情報通信学会技術報告, vol. 123, no. 72, EMCJ2023-22, pp. 54-57, 2023.06.09.
44. 田口美里, 高橋亮蔵, 三木拓司, 永田真, "シリコン量子ビットの大規模化に向けたパッケージング構造の極低温評価," LSI とシステムのワークショップ 2023, 一般 P09, 2023.5.10.
45. 長谷川陸宇, 弘原海拓也, 門田和樹, 三木拓司, 永田真, "暗号 IC チップへの電磁的故障注入攻撃と回路応答解析," LSI とシステムのワークショップ 2023, 学生 P35, 2023.5.10.
46. 祝迫琉士, 高橋亮蔵, 山田友弥, 三木拓司, 永田真, "大規模シリコン量子ビットの高精度制御に向けた極低温バイアス電圧生成回路の開発," LSI とシステムのワークショップ 2023, 学生 P04, 2023.5.9.
47. 川村康輔, 久保田康裕, 永田真, 塩見準, 御堂義博, 三浦典之, "センサ固有特性の PUF 利用による計測データと計測デバイスの同時認証," 電子情報通信学会技術報告, vol. 123, no. 6, HWS2023-13, pp. 51-53, 2023.4.15.
48. 長谷川陸宇, 弘原海拓也, 門田和樹, 三木拓司, 永田真, "暗号 IC チップの電磁的故障注入攻撃とチップ内部電圧応答の解析," 電子情報通信学会技術報告, vol. 123, no. 6, HWS2023-5, pp. 16-19, 2023.4.14.
49. 林佑亮, 長谷川陸宇, 弘原海拓也, 門田和樹, 三木拓司, 永田真, "暗号 IC チップの電磁的故障注入攻撃における解析手法の検討," 電子情報通信学会技術報告, vol. 123, no. 6, HWS2023-4, pp. 11-15, 2023.4.14.
50. 隠岐貴文, 門田和樹, 三木拓司, 永田真, "ハードウェアトロージャン検知に向けた電源電流シミュレーション手法の検討," 電子情報通信学会技術報告, vol. 123, no. 6, HWS2023-1, pp. 1-5, 2023.4.14.

【招待講演】

51. 永田真, "無線通信を利用する自律移動体の電磁ノイズ課題と解決に向けて," 2024 年電子情報通信学会総合大会, 依頼シンポジウム, BI-12-01, 2024.3.7.
52. 永田真, "半導体チップの先端パッケージング技術とハードウェアセキュリティ," 熊本大学半導体セミナー, 2024.2.7.
53. Makoto Nagata, "Si-Substrate Backside of an IC Chip for Performance Improvements and Security," Seminar, KU Leuven, Jan. 2024.
54. 永田真, "ドローン機体の電磁ノイズ課題と対策," EMC シンポジウム IIDA2023, 2023.11.30.
55. Makoto Nagata, "On-Chip Physical Attack Protection Circuits and Design for Hardware Security," POSTECH, 2023.10.10.

56. 永田真, "セキュア IC チップの実装攻撃と対策の初級講座," 応用物理学会超集積工レクトロニクス産学連携委員会・夏の学校, 2023.8.2.25.
57. 永田真, "ハードウェアセキュリティ～セキュア IC チップの実装攻撃と対策～," EdgeTech+ West 2023, TS1-01, 2023.7.27.
58. Makoto Nagata, "On-Chip and In-System Side-Channel Measurements and Assessments," ACM/IEEE Design Automation Conference (DAC 2023), Tutorial, 2023.7.10.
59. Makoto Nagata, "Hardware Security and Safety of IC Chips (Invited)," The 38th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC 2023), 2023.6.27.
60. Makoto Nagata, "Vertically Integrated Si Techniques for Hardware Security Attack Countermeasures (Invited)," International Hardware Security Forum, 2023.6.18.
61. Makoto Nagata, "Magnetic Thin Films for In-Package Noise Suppression of Semiconductor Switching Circuits (Invited)," IEEE The 1st International Symposium on Integrated Magnetics (iSIM), B4, 2023.5.14.
62. Makoto Nagata, "On-Chip and In-System Side-Channel Measurements and Assessments," IEEE International Symposium on Hardware Oriented Security and Trust (HOST), Tutorial, T7-2, 2023.5.1.

[著書]

該当なし

[特許]

1. (出願) 永田真、三木拓司、田口美里、【神戸大学】 , "半導体パッケージ," 特願 2023-124768、2023.7.31.
2. (成立) 永田真、三浦典之、【株式会社 SCU】 , "半導体装置," 特許第 7290846 号、2023.6.6.

5. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金等(外部資金名(種目), 代表者名, 研究タイトルを記載)

1. 科研費・基盤 S「ハードウェアトロイフリーを実現する高信頼 VLSI 回路システム構築基盤の開拓」、研究代表者
2. 科研費・基盤 B「センサーに内在する固有性の拡散と収縮に基づく非暗号学的計測セキュリティ」、研究分担者
3. 科研費・若手研究「中規模量子コンピュータにおける量子演算精度向上手法の研究」、研究代表者
4. 科研費・挑戦的研究(開拓)「リコンフィギュアブル量子極低温制御回路の創製」、研究分担者
5. JST・ムーンショット型研究開発事業「2050 年までに、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる誤り耐性型汎用量子コンピュータを実現／大規模集積シリコン量子コンピュータの研究開発」に関する分担研究
6. JST・戦略的創造研究推進事業(さきがけ)「量子環境ノイズ情報を組入れる高忠実度量子制御技術の開拓」、研究代表者
7. NEDO・経済安全保障重要技術育成プログラム／ハイブリッドクラウド利用基盤技術の開発／半導体・電子機器等のハードウェアにおける不正機能の排除のための検証基盤の確立」に関する共同研究
8. NEDO・官民による若手研究者発掘支援事業「中規模シリコン量子コンピュータ向け量子制御集積回路」、研究代表者
1. 共同型協力研究「先端半導体 IC チップの EMC を高度化するオンチップモニタ技術の研究開発」
2. 共同型協力研究「ローカル 5G フィールドにおける電磁環境の評価」
3. 共同型協力研究「IC Chip Immunity Measurements and Analysis」
4. 研究助成「サプライチェーンからフェイクチップを排除する電磁的フィンガープリント技術の開発」

(2) 受賞(賞名称, 受賞対象, 受賞者名, 授与機関名、受賞年・月)(KUID にあわせる)

1. エレクトロニクス実装学会・第 33 回 MES2023 ベストペーパー賞, 渡辺直也, 荒賀佑樹, 島本晴夫, 永田真, 菊地克弥, “裏面埋設・電源供給配線網を有する 3 次元集積回路の作製プロセス,” 2024.3.14.
2. 電子情報通信学会・ハードウェアセキュリティ研究会, ハードウェアセキュリティフォーラム 2023 優秀ポスター賞, 門田和樹, 2023.12.15.
3. 電子情報通信学会・ハードウェアセキュリティ研究会, 2023 年ハードウェアセキュリティ研究会若手優秀賞, 高橋亮蔵, 2023.12.15.
4. IEEE SSCS Japan Chapter Academic Research Award, LSI とシステムのワークショップ, 祝迫琉士, 2023.5.10.
5. 電子情報通信学会・集積回路研究会, 研究会優秀若手講演賞, 高橋亮蔵, 2023.5.10.

(3) 研究集会の開催(統合研究拠点での研究活動と関連の深いものに限る) 該当なし

（4）その他、統合研究拠点での研究活動と関連のある特記事項

国際共同研究

1. “Advanced IC chip testing”に関する共同研究について、ギリシャ・アリストテレス大学と実施した（Erasmus+の契約書に基づく）。
2. “Hardware Trojan Free VLSI Design”に関する共同研究について、仏国・テレコムパリ大学と実施している（科研費・基盤Sの協力体制において協力研究者として位置付けている）。
3. “Secure IC chip design”に関する共同研究について、ベルギー・ルーベンカトリック大学と実施している（契約書無し）。
4. “Advance ESD resiliency of IC chips”に関する共同研究について、クロアチア・ザグレブ大学と実施している（契約書無し）。
5. “IC Chip Immunity Measurements and Analysis”に関する共同研究について、米国Ansysと実施している（共同型協力研究に基づく）。

※利用状況報告書の内容は、原則ホームページに公表します。

不都合な点がある場合は、別途ホームページ用を作成し、提出して下さい。

令和 6 年 6 月 6 日

令和 5 年度 神戸大学統合研究拠点利用状況報告書

1. 研究概要

| | |
|----------------|---|
| 研究テーマ | グリーンイノベーション関連有用物質のバイオプロダクションに関する研究 |
| 研究代表者 部局・専攻・氏名 | 科学技術イノベーション研究科 科学技術イノベーション専攻 田口精一 特命教授 |
| 入居室番号 | 本館・アネックス 501/503号室 |
| 外部資金獲得実績 | 科学研究費補助金 9,490 千円, 受託研究経費 107,835 千円 奨学寄附金 0 千円, 共同研究経費 2,607 千円 |
| | 特許出願件数 6 件, 論文発表件数 11 件, 著書数 1 件 |

* 外部資金獲得実績については、研究代表者および研究チームメンバーのものの合計とする。
(間接費含む)

* 論文発表については令和 6 年 3 月末までに発表されたもの (in press は含まない) とする。

* 論文について共著などの関係にて重複カウントなきようにお願いいたします。

2. 研究チームメンバーとその役割分担

※主に統合研究拠点で研究活動を行っている方の氏名に下線を付してください。

| 氏名 | 所属部局・専攻 | 役割分担 |
|--------|----------------|--|
| 田口 精一 | 科学技術イノベーション研究科 | バイオプラスチック生産に関する研究 NEDO 新革新プロジェクトの研究代表・統括と NEDO ムーンショット PJ 研究研究従事者 |
| 高 相昊 | 科学技術イノベーション研究科 | バイオプラスチック生産に関する研究 NEDO 新革新プロジェクト NEDO グリーンイノベーション基金の研究実施者 |
| 野田 修平 | 科学技術イノベーション研究科 | バイオプラスチック生産に関する研究 NEDO 新革新プロジェクト NEDO グリーンイノベーション基金の研究実施者 |
| 小島 綾加 | 科学技術イノベーション研究科 | NEDO グリーンイノベーション基金の研究実施者 |
| 花野 優也 | 科学技術イノベーション研究科 | NEDO グリーンイノベーション基金の研究実施者 |
| 尾崎 さやか | 科学技術イノベーション研究科 | NEDO グリーンイノベーション基金の研究実施者 |
| 池 真結子 | 科学技術イノベーション研究科 | NEDO ムーンショットプロジェクトの研究実施者 |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

3. 研究成果の概要等について

(1) NEDO クリーンエネルギー分野における革新的技術の国際共同研究開発事業：糖原料からの次世代ポリ乳酸の微生物生産技術開発 (2021年1月～2023年12月)

本研究では、水素細菌産業株を宿主菌として、再生可能な糖原料から次世代ポリ乳酸 LAHB の一貫生産プロセス開発を実証した。LAHB は、油脂脂肪酸からの Green Planet™ の生産を年産 2 万トンの規模で実用化している(株)カネカの 2 つ目のターゲットポリマーであり、実用に資する土台を確立した。

- 水素細菌の分子育種、発酵プロセスの開発により、LAHB の発酵生産において、実バイオマス由来混合糖液原料から、大腸菌を飛躍的に上回る生産性を達成し、同時に超高分子量ポリマー合成を実現した。いずれも、実用製品化する上での有望な結果である。さらに、水素細菌は CO₂ も利用可能な独立栄養型の物質生産にも適用可能で、本研究から CO₂ 利用型の LAHB 生産技術開発へスピナウトできるポテンシャルを有している（グリーンイノベーション基金事業へ移行可能な基盤的成果）。
- 新規乳酸重合酵素のリードエンザイムとして期待する *A. caviae* 由来 PHA 重合酵素の全領域での三次元構造の解明は、世界で初めての快挙である。その構造に立脚し、「モノマー基質のエントリー領域」「重合触媒領域」「合成ポリマーの出口へ通ずるトンネル領域」の 3 つの機能領域を浮き彫りすることに成功した。学術的インパクトと同時に、乳酸重合酵素を創製する上での改変部位の絞り込みに有効な知見を与える。
- LAHB をポリ乳酸とブレンドすることにより、「可塑剤効果」と「生分解性の付与」を発現し、PLA の物性と生分解性を一挙両得に改質する“実用的な”複合材料を創製することができた。主力のバイオベースポリマー PLA の LAHB による改質は、カネカのビジネスプラン（バイオベースポリマー全体の底上げ）にも合致し、バイオプラスチック業界に大きな刺激剤となる。

本PJで展開して得た成果は、「NEDO グリーンイノベーション基金事業／バイオものづくり技術による CO₂ を直接原料としたカーボンリサイクルの推進」の中で、現在すでに「CO₂ からの微生物による直接ポリマー合成技術開発」へ発展的に移行している。さらに、LAHB をブレンドすることで PLA の物性改善と生分解性を付与するという想定外の成果については、学術的な観点からその分子メカニズムを掘り下げていくために、「JST 研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）産学共同育成型」へ、移行している。今後は、乳酸重合酵素の立体構造および酵素基質複合体・ドッキングモデルの計算科学に立脚した改変を中心に、微生物の育種をさらに進め、生産性を実用化レベルまで高め、コスト低減を進める予定である。未来予想図として、本プロジェクトの社会実装を実現すべく 2030 年度には、「水素細菌プラットフォームによる実バイオマス由来混合糖液からの高性能・生分解性 LAHB の高効率生産系」が確立していると期待される。

(2) NEDO グリーンイノベーション基金事業：CO₂ を原料に物質生産できる微生物等の開発・改良 (2023年5月～2030年3月)

これまで我々は、糖からの LAHB 生産研究を進め、水素酸化細菌 *C. necator* H16 による LAHB 生産に成功している。本研究では、この LAHB 生産菌株を基盤に、CO₂ 原料に拡張する技術開発を実施する。鍵は、①カルビン回路中間体から乳酸への代謝経路の強化、並びに、②高活性 LAHB 重合酵素の開発であり、①と②を水素細菌へ実装し、カネカで構築したガス培養系での評価を共同で実施する。

まず、D-LA 生成酵素 (LDH)、D-LA-CoA 供給酵素 (PCT) ならびに LA 重合酵素 (LPE) を導入した LAHB 生産株を、ガス培養に供した。その結果、CO₂ を唯一の炭素源とした独立栄養条件においても、乳酸分率 31 mol% の LAHB を合成できることを実証できた。また、カルビン回路からのバイパス経路を導入することで、LAHB の細胞内蓄積率が向上する効果が見られた。予想外にも、バイパス経路導入効果は、CO₂ を炭素源とするガス培養だけでなく、糖原料においても LAHB の生産性が向上することが明らかとなつた。データを取り揃えて、特許出願を行う予定である。さらに、新規 LAHB 重合酵素の開発に向けたスクリーニング系開発にも取り組んだ。コロニー生育の可否によって、乳酸重合活性をスクリーニング可能な評価系を構築できた。次年度は、開発したスクリーニング系を活用することで、LPE をリード酵素とした進化工学実験により、更なる高活性な乳酸重合酵素の開発に取り組む。

（2）NEDO ムーンショット型研究開発事業：生分解開始スイッチ機能を有する海洋分解性プラスチックの研究開発(2022 年 10 月～2029 年 3 月)

本研究では、我々のオリジナルポリマーである LAHB の実環境下での生分解に主眼を当て、主に、河川（淡水）、深海（海水）での生分解研究をコンストラクトに進めている。愛知県の河川 2 か所から採取したサンプルを用いて生分解に関わる菌叢解析を進め、両河川水サンプルの特異性が浮かび上がった。片方のサンプルでは、本来分解の困難と思われる乳酸の連鎖を好んで認識加水分解することが分かり、意外な成果として解析を進めている。また、JAMSTEC 保有のしんかい 6500 に LAHB を乗船して頂き、初島沖および三崎沖の海底 700-800m に設置し、7 か月後の LAHB 表面にはバイオフィルムが形成し、重量減少が明らかに観察されたことから、海洋の過酷な環境下においても、LAHB の分解に関わる微生物および酵素が存在することが分かった。現在、分解微生物・分解酵素を精製する研究ステージへ移行している。

（3）JST 研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）産学共同育成型：微生物産生コポリマー LAHB のポリ乳酸多機能改質材料化（2023 年 10 月開始～2025 年 3 月）

本研究では、化学合成 PLA の抱えるさまざまな課題を克服する多機能改質材料として、微生物が作り出す新規コポリマー LAHB の開発を行う。乳酸(LA)と 3-ヒドロキシブタン酸 (3HB) の共重合体である LAHB の高分子量化、モノマー分率の制御および生産性の拡大に取り組む。LAHB とポリ乳酸のポリマーブレンドの力学・熱特性、生分解性評価を行い、LAHB の一次構造およびブレンド構造との相関関係を調べ、ポリ乳酸の高韌性化、結晶化促進、生分解性向上に最適な

LAHB の構造を明らかにする。これにより、石油由来プラスチックを代替するバイオ由来材料としてポリ乳酸／LAHB ポリマーブレンドを活用するための基盤を構築することを目指す。本年度は、材料評価に資する LAHB の大量合成技術確立に注力している。特に、ポリマー合成のタイミングを定常期初期に発現誘導するプロモーターを実装することで、分子量の拡張 (Mw 64 万) に成功し、分子量 Mw 50 万を超える高分子量 LAHB の合成技術を確立した。さらに合成した計 18 種の LAHB 試料 (LA 分率 18-59 モル%、Mw 3 万-33 万) と D 体濃度の異なるポリ乳酸との組み合わせで、ブレンド組成を変化させたポリマーブレンド試料を作製し、力学特性評価を進めた。破断伸びおよび韌性係数の値が目標値を上回る組成を見出しており、引き続きデータ蓄積を進めている。

（4）科研費挑戦的研究（萌芽）：立体化学的に反転したキラルポリマー材料の生合成（2019年4月～2023年3月）

立体化学の反転したモノマーを取り込む PHA 重合酵素の開発を目指した。通常、PHA を構成するモノマーは、オール(R)体のコンフォメーションを有している。これを逆の(S)に変換して、立体化学的に逆の(S)体モノマーから成るポリマーを段階的に微生物合成するテーマである。モノマー供給系の(S)-3-HB を合成できる PCT を見出し、重合系へ投入する段階に来ている。予備的な実験では、オリゴマーレベルの物質ができているかも知れない初期的なデータが出始めている。

（5）科研費若手研究：膜小胞発生を基軸としたポリマー生産菌と非生産菌の生理学的差異の包括的理（2023年4月～2025年3月）

生分解性プラスチックを合成する大腸菌細胞から、膜小胞 (MV) が大量発生する「MV 創発現象」の発見を契機に、ドラッグデリバリーをはじめ MV の工学的応用を目指したメカニズム解明を進めている。興味深い成果は、プラスチック生合成の原料となるグルコースによって、発生する MV の量 (濃度) と質 (形態：一重膜・多重膜) の双方を精密に制御できることが判明したことである。これまでの制御不能な自然発生的に生じる MV の発生原理に対して、今回のように MV を意図的に制御合成できる技術は全く新規なことである。

（6）企業との共同研究

難分解 PLA の代替素材として、LAHB をホームコンポスト生分解およびマスクのような不織布として紡糸技術の確立を両立する調査を始めた。本年度は、PLA に対して、PHBH と LAHB の両方を添加混合して紡糸した糸では、通常は分解が困難な PLA が完全分解されることを池の環境水を用いた BOD 試験によって明らかにした。

4. 論文・著書・特許出願リスト

[論文] (順不同) : 11 件

論文名 : Modification of poly(lactate) via polymer blending with microbially produced poly[(R)-lactate-co-(R)-3-hydroxybutyrate] copolymers,

著者名 : Yusuke Imai, Yuichi Tominaga, Shinji Tanaka, Masaru Yoshida, Sho Furutate, Shunsuke Sato, Sangho Koh, Seiichi Taguchi,

掲載誌, 卷, ページ : International Journal of Biological Macromolecules,

Volume 266, Part 1, 130990, 2024 年

論文名 : Bacterial Population Changes during the Degradation Process of a Lactate (LA)-Enriched Biodegradable Polymer in River Water: LA-Cluster Preferable Bacterial Consortium

著者名 : Kadoya, R.; Soga, H.; Matsuda, M.; Sato, M.; Taguchi S.

掲載誌, 卷, ページ : Polymers, 15, 4111, 2023 年

論文名 : Thermal and Crystallization Properties of a Polyhydroxyalkanoate Binary Copolymer Containing 3-Hydroxybutyrate and 3-Hydroxy-2-Methylvalerate Units

著者名 : Miyahara, Y.; Nakamura, T.; Mierzati, M.; Qie, Z.; Shibasaki, T.; Nomura, C.T.; Taguchi S.; Abe, H.; Tsuge, T.

掲載誌, 卷, ページ : Processes, 11, 1901, 2023 年

論文名 : Exploring Class I polyhydroxyalkanoate synthases with broad substrate specificity for polymerization of structurally diverse monomer units

著者名 : Sivashankari Ramamoorthi M, Mierzati Maierwufu, Miyahara Yuki, Mizuno Shoji, Nomura Christopher T., Taguchi Seiichi, Abe Hideki, Tsuge Takeharu

掲載誌, 卷, ページ : Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 11, 2296-4185, 2023 年

論文名 : Microbial Platform for Tailor-made Production of a Biodegradable Polylactide Modifier: Ultrahigh-Molecular-Weight Lactate-Based Polyester LAHB

著者名 : Sangho Koh, Sho Furutate, Yusuke Imai, Toshihiko Kanda, Shinji Tanaka, Yuichi Tominaga, Shunsuke Sato, and Seiichi Taguchi

掲載誌, 卷, ページ : ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 12 (16), 6145-6156, 2024 年

論文名 : Population Dynamics in the Biogenesis of Single-/Multi-Layered Membrane Vesicles Revealed by Encapsulated GFP-Monitoring Analysis

著者名 : Koh, S.; Noda, S.; Taguchi, S.

掲載誌, 卷, ページ : Appl. Microbiol, 3, 1027-1036, 2023 年

論文名 : Caffeic acid production from glucose using metabolically engineered Escherichia coli
著者名 : Kosuke Sakae, Daisuke Nonaka, Mayumi Kishida, Yuuki Hirata, Ryosuke Fujiwara,
Akihiko Kondo, Shuhei Noda, Tsutomu Tanaka
掲載誌, 卷, ページ : Enzyme and Microbial Technology, Volume 164, 110193,
ISSN 0141-0229, 2023 年

論文名 : Investigation of two metabolic engineering approaches for (R,R)-2,3-butanediol
production from glycerol in *Bacillus subtilis*
著者名 : Vikromvarasiri, N., Noda, S., Shirai, T. et al.
掲載誌, 卷, ページ : J Biol Eng, Volume 17, article number 3, 2023 年

論文名 : p-Nitrobenzoate production from glucose by utilizing p-aminobenzoate N-oxygenase:
AurF
著者名 : Ayana Mori, Yuuki Hirata, Mayumi Kishida, Yutaro Mori, Akihiko Kondo, Shuhei Noda,
Tsutomu Tanaka
掲載誌, 卷, ページ : Enzyme and Microbial Technology, Volume 171,
110321, ISSN 0141-0229, 2023 年

論文名 : Styrene Production in Genetically Engineered Escherichia coli in a Two-Phase Culture
著者名 : Noda, S.; Fujiwara, R.; Mori, Y.; Dainin, M.; Shirai, T.; Kondo, A.
掲載誌, 卷, ページ : BioTech, 13(1), 2, 2024 年

論文名 : Cell-growth phase-dependent promoter replacement approach for improved poly(lactate-
co-3-hydroxybutyrate) production in *Escherichia coli*
著者名 : Yuki Nagao, Sangho Koh, Seiichi Taguchi, Tomohiro Shimada
掲載誌, 卷, ページ : Microbial cell factories, 22(1), 131-131, 2023 年

著 書 : 微生物産生ポリエステルの基礎と応用 (共著)
著者名 : 田口 精一, 高 相昊
監修 : 岩田 忠久
第 4 章 微生物ポリマー-PHA 研究の基礎から応用まで
発行所, 発行年 : (株)シーエムシー・リサーチ, 2023 年 11 月 20 日

[特許]:6 件

発明等の名称 : 海洋生分解促進剤
出願者 : 国立大学法人神戸大学, 株式会社カネカ, 産総研
発明者 : 田口精一, 高相昊, 古館祥, 神田季彦, 佐藤俊輔, 今井祐介, 富永雄一, 田中真司,
吉田勝

出願日：2023年9月29日

出願番号：特願 2023-169309

発明等の名称：土壤生分解促進剤

出願者：国立大学法人神戸大学，株式会社カネカ，産総研

発明者：田口精一,高相昊, 古館祥,神田季彦,佐藤俊輔, 今井祐介, 富永雄一, 田中真司,
吉田勝

出願日：2023年11月1日

出願番号：特願 2023-187708

発明等の名称：耐衝撃性改良剤

出願者：国立大学法人神戸大学，株式会社カネカ，産総研

発明者：田口精一,高相昊, 古館祥,神田季彦,佐藤俊輔, 今井祐介, 富永雄一, 田中真司,
吉田勝

出願日：2023年11月1日

出願番号：特願 2023-187710

発明等の名称：樹脂組成物

出願者：国立大学法人神戸大学，株式会社カネカ，産総研

発明者：田口精一,高相昊, 古館祥,神田季彦,佐藤俊輔, 今井祐介, 富永雄一, 田中真司,
吉田勝

出願日：2023年11月1日

出願番号：特願 2023-187709

発明等の名称：生分解性樹脂組成物、並びにその繊維、及び不織布

出願者：国立大学法人神戸大学，エム・エーライフマテリアルズ株式会社

発明者：田口精一, 高相昊, 松木泰, 坂本祐一朗

出願日：2024年3月15日

出願番号：特願 2024-041694

発明等の名称：結晶化促進剤

出願者：国立大学法人神戸大学，株式会社カネカ，産総研

発明者：田口精一,高相昊, 古館祥,神田季彦,佐藤俊輔, 今井祐介, 富永雄一, 田中真司,
吉田勝

出願日：2024年3月14日

出願番号：特願 2024-039868

5. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金等(外部資金名(種目), 代表者名, 研究タイトル, 当該年度の受入金額を記載)

○外部資金名: 受託型協力研究

代表者名: 田口精一

研究題目: 「グリーンイノベーション基金事業／バイオものづくり技術によるCO₂を直接原料としたカーボンリサイクルの推進」／「CO₂からの微生物による直接ポリマー合成技術開発（以下、本プロジェクト）」

受入金額: 45,597千円

○外部資金名: 受託型協力研究

代表者名: 田口精一

研究題目: NEDO クリーンエネルギー分野における革新的技術の国際共同研究開発事業／革新的バイオプロセス技術開発／糖原料からの次世代ポリ乳酸の微生物生産技術開発

受入金額: 34,900千円

○外部資金名: 受託型協力研究

代表者名: 田口精一

研究題目: NEDO ムーンショット型研究開発事業／地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現／生分解開始スイッチ機能を有する海洋分解性プラスチックの研究開発

受入金額: 5,000千円

○外部資金名: JST-A-step

代表者名: 今井 祐介（主たる研究者: 田口 精一）

研究課題名: 微生物産生コポリマーLAHBのポリ乳酸多機能改質材料化

受入金額: 7,488千円

○外部資金名: 共同型協力研究

代表者名: 田口精一

研究題目: 多元ポリ乳酸の微生物生産について

受入金額: 2,607千円

○外部資金名: 科学研究費補助金

研究種目: 学術変革領域研究(A)

代表者名：野田 修平

研究課題名：炭素をつなぐ：SAMT 自在制御基盤の確立

受入金額：2,990 千円

○外部資金名：科学研究費補助金

研究種目： 基盤研究(B)

代表者名：野田 修平

研究課題名：代謝ブラックボックスの可視化から紐解く遺伝子導入パターン最適化手法の確立

受入金額： 5,070 千円

○外部資金名：JST さきがけ

代表者名：野田 修平

研究課題名：剛直成分含有ポリマーの完全バイオ循環空間デザイン

受入金額： 9,850 千円

○外部資金名：一般財団法人 カーボンリサイクルファンド 2022 年度 CRF 研究助成活動

代表者名：野田 修平

研究課題名：革新的 CO₂ 利用に向けた C1 完全バイオ循環空間デザイン

受入金額： 5,000 千円

○外部資金名：科学研究費補助金

研究種目：若手研究

代表者名：高 相昊

研究課題名：膜小胞発生を基軸としたポリマー生産菌と非生産菌の生理学的差異の包括的理解

受入金額：1,430 千円

（2）受賞（賞名称、受賞対象、受賞者名、授与機関名、受賞年・月）（KUID にあわせる）

賞名称：第 528 回講演会 農芸化学会関西支部優秀発表賞（贊助企業推薦）

授与機関名：日本農芸化学会関西支部例会、

対象研究テーマ：

「バイオプラスチック発酵生産中に発見したメンブレンベシクル創発現象」

受賞者名：高 相昊

受賞年月：令和 5 年 1 2 月

（3）研究集会の開催（統合研究拠点での研究活動と関連の深いものに限る）

なし

(4) その他、統合研究拠点での研究活動と関連のある特記事項

<メディア出演>

【テレビ出演】

TBS テレビ THE TIME (出演 : 田口精一)

・2024年4月

【新聞掲載】: 15 件

・2024年4月10日 (夕刊)

北國新聞

・2024年4月11日 (朝刊)

神戸新聞, 福島民友新聞, 茨城新聞, 神奈川新聞, 埼玉新聞, 信濃毎日新聞

北日本新聞, 山陽新聞, 四国新聞, 愛媛新聞, 徳島新聞, 大分合同新聞

熊本日日新聞

・2024年5月19日 (朝刊)

神戸新聞

※利用状況報告書の内容は、原則ホームページに公表します。

不都合な点がある場合は、別途ホームページ用を作成し、提出して下さい。

令和 5 年度 神戸大学統合研究拠点利用状況報告書

1. 研究概要

| | |
|----------------|--|
| 研究テーマ | 未来世紀都市学研究 |
| 研究代表者 部局・専攻・氏名 | 計算社会科学研究センター・教授・上東貴志 |
| 入居室番号 | 本館 ・ アネックス 403号室 |
| 外部資金獲得実績 | 科学研究費補助金 190,000 千円, 受託研究経費 千円 奨学寄附金 千円, 共同研究経費 千円 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 300,000 千円 |
| | 特許出願件数 0 件, 論文発表件数 7 件, 著書数 0 件 |

* 外部資金獲得実績については、研究代表者および研究チームメンバーのものの合計とする。
(間接費含む)
* 論文発表については令和 6 年 3 月末までに発表されたもの (in press は含まない) とする。
* 論文について共著などの関係にて重複カウントなきようにお願いいたします。

2. 研究チームメンバーとその役割分担

※主に統合研究拠点で研究活動を行っている方の氏名に下線を付してください。

3. 研究成果の概要等について

*継続用紙添付可、研究者や研究テーマごとなど、3ページ以内に簡潔にまとめて下さい。

*特に統合研究拠点での研究活動による成果には下線を付してください。

自然災害が発生したときのシミュレーションを都市全体で実行するために必要な防災デジタルツインは、従来の被害想定の限界を突破し、より科学的な被害想定を実現する。シミュレーションを実行する各種解析プログラムが利用できるため、防災デジタルツインは、実際の構造物群を適切な解像度・詳細度で表現した解析モデルの作成を徹底的に自動化することが必要である。本研究では、国交省が所管する国土交通データプラットフォーム等と連携して、防災デジタルツインの自動構築システムを開発し、それを用いて神戸市で確率ハザードマップのコンテンツを作製することが目標である。

本研究では、国交省が所管する国土交通データプラットフォーム等と連携して、防災デジタルツインの自動構築システムを開発し、それを使う出力として、確率ハザードマップ、ダイナミックハザードマップを考えている。

2023年度は、地震による建物の倒壊に関わる確率ハザードマップのプロトタイプを一部手動オペレーションによって作成し可視化した。南海トラフで想定される地震動シナリオを入力したシミュレーションを複数ケース実施し、神戸市ならびに静岡市葵区における建物群の倒壊確率を可視化した確率ハザードマップのプロトタイプを作成した。静岡市葵区については、Plateau CityGMLから建物データを自動生成する新規ライブラリを作成し活用している。一部手動オペレーションによる作成を通して、レシピ化する工程・工数を明確化し、建物倒壊以外の確率ハザードマップの作成手法の開発と自動構築システムの開発工程を策定して2024年度以降の開発体制を構築した。

また、地盤・建物、港湾構造物、河川、橋梁、道路のデジタルツインを自動構築するプログラムの開発を実施した。

地盤・建物では、神戸市のうち、高潮との重畠に関わる領域の一部における3次元地盤数値解析モデルを作成した。3次元地震応答解析プログラム STRIKEによって、一地震波を外力とし、計算される地表面加速度を建物の地震応答解析に渡してシミュレーションを行い、応答を可視化した。

河川では、河川情報データからデータ統合・変換技術により、河川デジタルツインを自動構築するプログラムを開発した。また内水・外水氾濫の統合シミュレータに関しては対象区域他のデータを活用してモデルのプロトタイプを構築した。開発したシミュレータにより、武庫川流域の一部を対象として降雨と破堤の生起確率を一定とした場合における床上・床下浸水のハザードレベル単位の生起確率をメッシュ単位で可視化した（確率ハザードマップ）。レシピによる自動実行のうち、SIPインフラのデジタルツイン基盤との連携部分の今年度は仕様をかため一部プロトタイプを実装した。

橋梁では、桁橋を対象として、限定的・間接的なメタ情報から3次元骨組モデルを生成するプログラムを開発した。生成したモデルの固有値解析を実施し、地震応答シミュレーションコードを検証した。非線形モデルの導入を行う予定であったが、線形モデルを対象とした応答シミュレーションの並列化設計を代替として実施した。

道路（高架以外）では、神戸市の特定の幹線道路を対象とし、対象道路周辺のボーリングデータの収集、整理を行った。対象道路線分下の多点における地盤モデルおよびボクセルメッシュモデルを作成し、DACSAR-Iによる地震応答解析を行った。シミュレーションから得られた線分点間の鉛直相対変位から被害想定を可視化した。

4. 論文・著書・特許出願リスト

*当該年度において学術誌などに発表した論文・著書等の著者、発表論文名、掲載誌、巻号、ページ、年の各項目及び特許出願について記載して下さい。(受理証明があるものも記載可)

*論文については「査読あり」のもののみ、記載して下さい。

*論文については、in Press は次年度の成果とします。

[論文]

論文名：Positive fuel price elasticities of expressway traffic flows: Insights for policymakers and management strategists.

著者名：Ahmed, K., T. Kamihigashi, and M. Matsuo

掲載誌、巻、ページ： Transport Policy, 142, 99-114, 2023

論文名：Japan's Monetary Policy: A Literature Review and Empirical Assessment.

著者名：Shibamoto, M., W. Takahashi, and T. Kamihigashi

掲載誌、巻、ページ： J. Comput. Soc. Sci., 6, 1215-1254, 2023

論文名：Critical power is a key threshold determining the magnitude of post-exercise hypotension in non-hypertensive young males.

著者名：Lei, T.-H., I.-L. Wang, Y.-M. Chen, X.-H. Liu, N. Fujii, S. Koga, B. Perry, T. Mundel, F. Wang, Y. Cao, K. Dobashi, N. Kondo, H.-Y. Li, and R. P. Goulding

掲載誌、巻、ページ： Exp. Physiol., 108, 1409--1421. doi:10.1113/EP091429, 2023

論文名：Galanin receptors modulate cutaneous vasodilation elicited by whole-body and local heating but not thermal sweating in young adults.

著者名：Fujii, N., R. Rakwal, J. Shibato, Y. Tanabe, G. P. Kenny, T. Amano, T. Mundel, T.-H. Lei, K. Watanabe, N. Kondo, and T. Nishiyasu.

掲載誌、巻、ページ： Eur. J. Pharmacol., 954, 175904. doi:10.1016/j.ejphar.2023.175904, 2023.

論文名：Response to mRNA SARS-CoV-2 vaccination evaluated by B-cell receptor repertoire after tixagevimab/cilgavimab administration

著者名：Funakoshi, Y., K. Yakushijin, G. Ohji, T. Matsutani, W. Hojo, H. Sakai, S. Matsumoto, M. Watanabe, A. Kitao, Y. Saito, S. Kawamoto, K. Yamamoto, T. Koyama, Y. Nagatani, S. Kimbara, Y. Imamura, N. Kiyota, M. Ito, and H. Minami

掲載誌、巻、ページ： Br. J. Haematol., 202, 504--516. doi:10.1111/bjh.18932, 2023

論文名 : Combining Deep Learning and Numerical Simulation to Predict Flood Inundation Depth
著者名 : Bruno Adriano, Naoto Yokoya, Kazuki Yamanoi, Satoru Oishi
掲載誌, 卷, ページ : IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium 1154-1157
2023.

論文名 : An analytical representation of raindrop size distribution in a mixed convective and
stratiform precipitating system as revealed by field observations
著者名 : Okazaki, M., Oishi, S., Awata, Y., Yanase, T., Takemi, T.
掲載誌, 卷, ページ : Atmospheric Science Letters 24(6) 2023.

[著書]
なし

[特許]
なし

5. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金等(外部資金名(種目), 代表者名, 研究タイトル, 当該年度の受入金額を記載)

○外部資金名: 科学研究費補助金

研究種目: 基盤研究 (S)

代表者名: 上東貴志

研究課題名: 包括的な金融・財政政策のリスクマネジメント: 金融危機から国際関係・災害リスクまで

受入金額: 190,320 千円

○外部資金名: 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)

代表者名: 大石哲

研究題目: 防災デジタルツイン自動作成による災害シミュレーション自動実行システムの構築

受入金額: 303,992 千円

(2) 受賞(賞名称, 受賞対象, 受賞者名, 授与機関名、受賞年・月) (KUIDにあわせる)

なし

(3) 研究集会の開催(統合研究拠点での研究活動と関連の深いものに限る)

研究集会名: MIRAI BOSAI 2024

主催団体がある場合は主催団体: 神戸大学 未来世紀都市学

開催日: 2024 年 3 月 2 日～3 日

場所: 神戸大学百年記念館

(4) その他、統合研究拠点での研究活動と関連のある特記事項

※利用状況報告書の内容は、原則ホームページに公表します。

不都合な点がある場合は、別途ホームページ用を作成し、提出して下さい。

令和 6 年 5 月 31 日

令和 5 年度 神戸大学統合研究拠点利用状況報告書

1. 研究概要

| | |
|----------------|--|
| 研究テーマ | 健康・医療ビッグデータと人工知能を活用したデジタルヘルス研究 (Development of digital health platform based on health big data and artificial intelligence) |
| 研究代表者 部局・専攻・氏名 | 大学院医学研究科 AI・デジタルヘルス科学分野 樽林 陽一 |
| 入居室番号 | 本館 201・202・203・204号室 |
| 外部資金獲得実績 | <ul style="list-style-type: none">○奨学寄付金 2 件(BIPROGY、シミック)○事業負担金・委託事業 4 件(兵庫県、神戸市)○共同研究 3 件○委受託研究 2 件(うち 1 件: 厚生労働省「令和 5 年度厚労省 SBIR (中小企業イノベーション創出推進事業)」) |
| 特許出願件数 | 0 件, 論文発表件数 2 件, 著書数 0 件 |

2. 研究チームメンバーとその役割分担

| 氏名 | 所属部局・専攻 | 役割分担 |
|-------|---------------------------------|-----------------------|
| 榑林 陽一 | 医学研究科 AI・デジタルヘルス科学分野 | 研究リーダー・プロジェクト企画 |
| 宮田 吉晴 | 医学研究科 AI・デジタルヘルス科学分野 | データ分析 |
| 姉崎 久敬 | 医学研究科 AI・デジタルヘルス科学分野 | データ分析 |
| 川井 享代 | 科学技術イノベーション研究科 | データベース管理・倫理関連規制マネジメント |
| 藤原 彩子 | 医学研究科 AI・デジタルヘルス科学分野 | データ分析 |
| 西村 邦宏 | 国立循環器病センター・医学研究科 AI・デジタルヘルス科学分野 | プロジェクト企画 |

3. 研究成果の概要等について

1) 異分野間データ連携基盤の拡張による健康・医療ビッグデータ構築

兵庫県、県内自治体等が実施する行政事業との連携により、兵庫県、県内自治体ならびに県内医療機関から健康、医療に関するデータの収集およびそれらを統合しビッグデータ化する情報処理技術の高度化を図った。健康・医療に関するデータの二次利用推進の取り組みにおいては兵庫県全域の自治体や県立病院等を対象として健康・医療ビッグデータの構築に取り組んだ。具体的には、兵庫県民ならびに神戸市民のKDBデータ連結・匿名化データベースおよび兵庫県下急性期病院の診断群分類別包括評価（DPCデータ）の連結データベースを構築した。なお、本研究は医学研究科・医学部附属病院デジタルイノベーション推進センターの取り組みの一つとして本研究チームが中心となって実施するものである。

また、新たな取り組みとして、神戸大学医学部附属病院をハブとして、県内公立病院のデータ連携ネットワークを構築し、virtual big-hospital化による医療ビッグデータの規模拡大及び医療情報の2次利用加速化を図る仕組みづくりに着手した。本事業は、厚労省SBIR（中小企業イノベーション創出推進事業*）に採択され（令和5年10月）、日本医師会系次世代医療基盤法認定事業者（一般財団法人日本医師会医療情報管理機構・株式会社ICI）との戦略的連携のもと開始した。

*令和5年度厚労省SBIR（中小企業イノベーション創出推進事業）採択「リアルワールドデータを活用した疾患ハイリスク者の早期発見AIシステム開発と予防介入における社会実装検証」

2) 健康・医療に関わるリアルワールドデータとAIを活用した新たな予防・先制技術の開発

神戸市ヘルスケアデータ連携システムから提供された65歳以上神戸市民37万人の過去5年分の医療・介護・健診データを個人レベルで連結したビッグデータを用い、要介護リスク個別予測AIの開発を継続している。最終的に計10年間の継時的データセットが提供される予定。要介護リスクは個人毎に異なるため、最先端の「解析根拠（説明変数）を明示できるAI（B3:日立製作所）」を適用して、精度の高い個別予測モデルの開発を目指している。現時点までに、予測精度約90%の機械学習モデルを開発した。このAUC値は、医療機器の承認水準である0.8を大幅に上回るもので、世界的に見ても優れた性能である。産業界での利活用については、これまでに、民間企業複数社から兵庫県内外での企業活動における利用の申し入れを受け、その可否について検討中。

また、これまでの研究開発を通して蓄積してきた情報基盤連携技術及び医療・介護・健診解析技術、関連するノウハウを応用して、兵庫県と連携し医療・健康分野での行政ビッグデータの解析事業を実施した。

① 兵庫県「疾病別医療受給分析・展開業務」

兵庫県内の急性期病院から収集したDPCデータの集計・分析による疾病別医療受給に関する現状把握と医療ニーズの将来推計を実施した。

② 兵庫県「国保世代からはじめる骨折・骨粗鬆症予防事業」

全県のKDBデータとモデル市町の検診データを連結解析し、兵庫県における住民の骨密度低下の実態を分析し、要介護状態のリスク要因の一つである脆弱性骨折の発生との関連及び兵庫県における将来の骨粗鬆症者数の推計を実施した。

3) 倫理的・法的・社会的課題（ELSI）対処機能の整備

健康・医療情報の2次利用を推進する際には、個人情報保護法及び次世代医療基盤法等に関連する諸規制に細心の注意を払う必要がある。当研究グループが行う研究では自治体、医療機関及び民間企業が保有する個人情報の利用が不可避であり、データ2次利用に関わる社会的便益、社会的コスト、意図せざる利用などを予測し、利害調整を含めた倫理的・法的・社会的課題（ELSI）対処機能を整備する必要がある。本拠点では、個人情報の取り扱いに習熟した専門研究員を配置し、「安全・安心」な産学官連携によるデータ駆動型研究開発を可能とするデータシェアリング環境を整備した。これまでに作成し、運用している個人情報の保管・解析に関わる諸規定について、第3者によるレビューを実施し ELSI 上のリスクを評価し、本研究室における安全管理措置の妥当性を確認した。

4) AI・デジタルヘルス専門人材の育成

兵庫県下の41市町においてKDB等の健康・医療分野の業務を担当する職員を対象にしたセミナーを4回開催した。

5) その他

① 神戸リサーチコンプレックス協議会への参画

同協議会の中核事業の1つである「ヘルスケアデータ Hub事業」を担当。当講座の活動実績を定期的に産業界へ発信している。

② 神戸大学医学部附属病院・国際がん医療・研究センター（ICCRC）におけるAI・デジタルヘルス推進室の運営

3省2ガイドライン及び次世代医療基盤法に準拠する万全な情報物理的・論理的情報セキュリティ環境の運営を継続中。具体的には指紋認証入退室や録画による物理的管理、監査証跡の手順や利用者・管理者の役割定義による論理的管理を実施している。これにより、EHRやPHR、その他行政系データ等多様なデータを扱う（連携・連結・共有等）環境が確保されている。

③ 神戸大学大学院医学研究科デジタルイノベーション推進センターの運営

神戸大学大学院医学研究科及び医学部附属病院におけるデジタルトランスフォーメーションを加速し、研究科・附属病院が一体となって、Society5.0に向けたイノベーション創出を推進する中核組織「神戸大学大学院医学研究科デジタルイノベーション推進センター」（R3.9.15設立）の活動を推進。今年度は、医学研究科及び附属病院を中心として7つの研究及び受託事業が行われた。また、兵庫県及び神戸市の協賛のもと、第3回シンポジウムを2024年3月28日（現地+Web開催）に行い、これらの研究成果を学内外に発信した。メインテーマは「医療・保健・介護データを利用したEBPMを考える～自治体×アカデミアの新たなチャレンジ～」とし、パネルディスカッションでは、「行政データを使ったEBPMと官学連携の課題」を取り上げた。兵庫県からは山下輝夫保健医療部長、神戸市からは花田裕之健康局長が基調講演を行い、パネルディスカッションでは県・市の保健・医療分野の第一線で活躍されている5名の行政官に参加して頂いた。

④ 研究成果に関する情報発信と普及啓発

【学会発表】

- ① 横林陽一 第110回日本泌尿器学会総会 会長招待講演 2023年4月20日「Building an Innovative AI Platform to Accelerate the Discovery of New Drug Targets from Data Mining Approaches」(神戸)
- ② 横林陽一 第62回近畿公衆衛生学会基調講演 2023年7月28日「保健・医療・介護データを活用したデジタルヘルスの展望」(オンライン)
- ③ 宮田吉晴、西田勇、佐藤伊都子、今西孝充、矢野嘉彦、横林陽一 日本医療検査科学会 第55回大会 2023年10月6日「光学顕微鏡に適応可能な自動撮影用電動ステージ MiStage の開発」(横浜)
- ④ 姉崎久敬 第34回日本疫学会学術総会 2024年2月2日「自治体データを用いた介護状態予測AI開発」(滋賀)

【シンポジウム・セミナー等】

- ① 横林陽一 計算生命科学の基礎10 2024年1月17日「データ×AI」で挑む包摂的ミュニティを支える社会技術の開発」(オンライン)
- ② 川井享代 神戸リサーチコンプレックス協議会 令和5年度総会 2023年4月12日 「神戸大学の取組について」(オンライン)
- ③ 川井享代、姉崎久敬 神戸大学デジタルイノベーション推進センター 第3回シンポジウム「医療・保健・介護データを利用したEBPMを考える～自治体×アカデミアの新たなチャレンジ」パネルディスカッション：行政データを使ったEBPMと官学連携の課題 2024年3月28日 (神戸大学統合研究拠点+オンライン)

4. 論文・著書・特許出願リスト

【論文】2報

1. Cellular immunity reflects the persistent symptoms among COVID-19 recovered patients in Japan.

Yoshiharu Miyata, Kohjin Suzuki, Tatsuya Nagano, Keiji Iida, Takehiro Hasegawa, Hitoshi Uga, Hiroshi Matsuoka

Scientific Reports (2023) 13:11071 <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35505-w>

2. Early diagnosis of sinusoidal obstruction syndrome after hematopoietic stem cell transplantation, with modified diagnostic criteria including refractory thrombocytopenia.

Hiroya Ichikawa, Kimikazu Yakushijin, Yoshiharu Miyata et. al.

eJHaem <https://doi.org/10.1002/jha2.728>

5. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金等

- 奨学寄付金 2 件(BIPROGY、シミック)
- 事業負担金・委託事業等 4 件(兵庫県、神戸市)
- 共同研究 3 件
- 委受託研究 2 件(うち 1 件: 厚生労働省「令和 5 年度厚労省 SBIR (中小企業イノベーション創出推進事業)」)

(3) 研究集会の開催 (統合研究拠点での研究活動と関連の深いものに限る)

- ① 研究集会名: 神戸大学大学院医学研究科・附属病院デジタルイノベーション推進センター 第3回シンポジウム
主催団体: 神戸大学大学院医学研究科・附属病院デジタルイノベーション推進センター
開催日: 令和 6 年 3 月 28 日(木)
場所: 神戸大学統合研究拠点コンベンションホール
- ② 研究集会名: 兵庫県基礎自治体職員向け KDB データ分析セミナー
主催団体: 神戸大学大学院医学研究科 AI・デジタルヘルス科学分野
開催日:
場所: 神戸大学統合研究拠点 204 号室 (オンライン配信)
開催日: 令和 5 年 6 月 9 日(金) 15:30-17:00
令和 5 年 9 月 8 日(金) 15:30-17:00
令和 5 年 11 月 10 日(金) 15:30-17:00
令和 6 年 2 月 9 日(金) 15:30-17:00

(4) その他、統合研究拠点での研究活動と関連のある特記事項

特記事項無し