

令和4年度
統合研究拠点利用状況報告書

目次

・ 統合バイオフィアウンドリ研究	・ ・ ・ ・ ・ 1
・ イオン液体を用いた高性能 CO ₂ 分離膜の開発	・ ・ ・ ・ ・ 10
・ 惑星科学国際研究プロジェクト	・ ・ ・ ・ ・ 30
・ 透視科学に革新をもたらす数理とテクノロジーの開拓	・ ・ ・ ・ ・ 51
・ ゲノム編集研究	・ ・ ・ ・ ・ 62
・ 次世代バイオリジクスのプロセスサイエンス研究	・ ・ ・ ・ ・ 68
・ 電磁耐性量子集積エレクトロニクス・イノベーション	・ ・ ・ ・ ・ 75
・ 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	・ ・ ・ ・ ・ 84
・ 未来世紀都市学研究	・ ・ ・ ・ ・ 92

令和4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	統合バイオフィアウンドリ研究
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 4,620 千円, 受託研究経費 125,415 千円 奨学寄附金 1,000 千円, 共同研究経費 143,478 千円
特許出願件数	8 件, 論文発表件数 9 件, 著書数 4 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
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	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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
梅林 恭平	先端バイオ工学研究センター	<ul style="list-style-type: none"> ・微生物の機能評価
伏見 圭司	科学技術イノベーション研究科	<ul style="list-style-type: none"> ・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 ・計算科学による設計に基づく遺伝子改変微生物の作出
望月 智弘	先端バイオ工学研究センター	<ul style="list-style-type: none"> ・微生物培養法の開発 ・微生物の機能評価
吉田 崇伸	科学技術イノベーション研究科	<ul style="list-style-type: none"> ・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
堀 良美	先端バイオ工学研究センター	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・計算科学による設計に基づく遺伝子改変微生物の作出

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。

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（IT・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『テー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>

- ・計算科学によって高活性酵素候補を取得し、有用物質生産菌を作出した。さらに、酵素活性評価システムを用いた活性評価に取り組んだ。
- ・バイオファウンドリ技術を用いた有用物質生産微生物の改良に取り組んだ。代謝評価および、計算科学によって酵素改変対象を見出し、酵素改変微生物の作出を行った。

<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を開発した。

<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)プロトタイプの有用性検証に取り組んだ。

<企業共同研究 1>

神戸大学において開発した分析技術のスループット性向上のために、ロボティクス技術による自動化に取り組んだ。新たに開発したロボティクス技術によって、サンプル安定性およびスループット性の向上を達成した。

<企業共同研究 2>

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見出した。

<企業共同研究 3>

計算科学を用いた代謝経路設計を行い、有用物質生産菌の作出に成功した。生産量をさらに高めるために、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。

<企業共同研究 4>

あるゲノム未知の微生物の機能評価および、特徴付けを行い、特定のアミノ酸と形態学的特徴の関係を明らかにした。

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]

論文名 : Pulsed-ultrasound irradiation induces the production of itaconate and attenuates inflammatory responses in macrophages

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

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Inflammation Research, 15, 2387-2395, 2022 年

論文名 : Construction of an L-Tyrosine chassis in *Pichia pastoris* enhances aromatic secondary metabolites production from glycerol

著者名 : Kumokita, R., Bamba, T., Inokuma, K., Yoshida, T., Ito, Y., Kondo, A., Hasunuma, T.

掲載誌, 巻, ページ : ACS Synthetic Biology, 11(6), 2098-2107, 2022 年

論文名 : Metabolic engineering of the L-serine biosynthetic pathway improves glutathione production in *Saccharomyces cerevisiae*

著者名 : Kobayashi, J., Sasaki, D., Hara, K. Y., Hasunuma, T., Kondo, A.

掲載誌, 巻, ページ : Microbial Cell Factories, 21, 153, 2022 年

論文名 : Improvement of cell-tethered cellulase activity in recombinant strains of *Saccharomyces cerevisiae*

著者名 : Chetty, B.J., Inokuma, K., Hasunuma, T., van Zyl, W.H., den Haan, R.

掲載誌, 巻, ページ : Applied Microbiology and Biotechnology, 106(18), 6347-6361, 2022 年

論文名 : Development of a stable semi-continuous lipid production system of an oleaginous *Chlamydomonas* sp. mutant using multi-omics profiling

著者名 : Oyama, T., Kato, Y., Hidese, R., Matsuda, M., Matsutani, M., Watanabe, S., Kondo, A., Hasunuma, T.

掲載誌, 巻, ページ : Biotechnology for Biofuels and Bioproducts, 15, 95, 2022 年

論文名 : Improving methanol assimilation in *Yarrowia lipolytica* via systematic metabolic engineering combined with compartmentalization

著者名 : Zhang, S., Guo, F., Yang, Q., Jiang, Y., Yang, S., Ma, J., Xin, F.,
Hasunuma, T., Kondo, A. Zhang, W., Jiang, M.

掲載誌, 巻, ページ : Green Chemistry, 25, 183-195, 2022 年

論文名 : Metabolic and microbial community engineering for four-carbon
dicarboxylic acid production from CO₂-derived glycogen in
the *Cyanobacterium Synechocystis* sp. PCC6803

著者名 : Hidese, R., Matsuda, M., Kajikawa, M., Osanai, T., Kondo, A.,
Hasunuma, T.

掲載誌, 巻, ページ : ACS Synthetic Biology, 11, 4054-4064, 2022 年

論文名 : Online SFE-SFC-MS/MS colony screening: a high-throughput
approach for optimizing (-)-limonene production

著者名 : Takenaka, M., Yoshida, T., Yoshida, E., Ono, S., Horie, S., Vavricka, C.
J., Hiratani, M., Tsuge, K., Ishii, J., Hayakawa, Y., Kondo, A.,
Hasunuma, T.

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Chromatography B, 1215, 123588, 2023 年

論文名 : Enhanced production of 3,4-dihydroxybutyrate from xylose by
engineered yeast via xylonate re-assimilation under alkaline
condition

著者名 : Yukawa, T., Bamba, T., Matsuda, M., Yoshida, T., Inokuma, K., Kim,
J., Lee, J. W., Jin, Y. S., Kondo, A., Hasunuma, T.

掲載誌, 巻, ページ : Biotechnology and Bioengineering, 120(2), 511-523, 2023 年

[著書]

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 (共著)

著者名 : 蓮沼誠久, 秀瀬涼太, 番場崇弘

巻, ページ : 86(4), 157-160 (表紙採用)

発行所, 発行年 : 化学工学, 2022 年

著 書 : 育種技術 -突然変異から代謝工学へ-, 日本生物工学会 100 年史 (共著)

著者名 : 近藤昭彦, 蓮沼誠久, 秀瀬涼太

巻, ページ : 第 3 章 生物工学の研究 100 年, 29-31

発行所, 発行年 : 日本生物工学会, 2022 年

著 書 : これからの生物育種 -代謝工学による育種のこれから-, 日本生物工学会
100 年史 (共著)

著者名：蓮沼誠久

巻，ページ：第4章 生物工学のこれから，58-60

発行所，発行年：日本生物工学会，2022年

著書：特集 CO₂ から有用物質を生産し低炭素社会実現へ：AI と代謝工学を組み
み合わせ生産株開発を加速（共著）

著者名：蓮沼誠久

巻，ページ：JST news, 1, 10-11

発行所，発行年：国立研究開発法人科学技術振興機構，2023年

[特許]

発明等の名称：アミノ酸および／または有機酸を製造する方法

出願者：国立大学法人神戸大学，国立大学法人静岡大学

発明者：蓮沼誠久，加藤悠一，秀瀬涼太，蘆田弘樹，大林龍胆

出願日：2022年7月8日

出願番号：特願2022-110536

発明等の名称：油脂生産方法

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：蓮沼誠久，加藤悠一

出願日：2022年7月15日

出願番号：特願2022-114112

発明等の名称：物質生産性を向上させるターゲット代謝物質の決定方法、
および物質生産方法

出願者：国立大学法人神戸大学，日本電信電話株式会社

発明者：蓮沼誠久，加藤悠一，今村壮輔，高谷和宏

出願日：2022年9月26日

出願番号：特願2022-152767

発明等の名称：光合成微生物を利用した有用有機物の製造方法

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：蓮沼誠久，秀瀬涼太，松田真実

出願日：2022年11月15日

出願番号：特願2022-182972

発明等の名称：L-乳酸資化性を有する生物、およびそれを利用した資源循環方法

出願者：国立大学法人神戸大学，学校法人東京女子医科大学

発明者：蓮沼誠久，加藤悠一，稲辺宏輔，近藤明彦，清水達也，原口裕次

出願日：2022年12月6日

出願番号：特願2023-530020

発明等の名称：アルデヒド脱ホルミル化オキシゲナーゼ（ADO）変異体
およびその利用

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：蓮沼誠久，工藤恒，VAVRICKA JR CHRISTOPHER JOHN，秀瀬涼太，
伏見圭司，近藤昭彦

出願日：2022年12月28日

出願番号：特願2022-212163

発明等の名称：テンプレート酵素を選定する方法

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：蓮沼誠久，近藤昭彦，秀瀬涼太，酒井香奈江，竹中武藏，伏見圭司，
VAVRICKA JR CHRISTOPHER JOHN，工藤恒

出願日：2023年3月29日

出願番号：特願2023-053557

発明等の名称：ビフェノール産微生物およびこれを用いたビフェノールの製造方法

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：蓮沼誠久，安枝寿，番場崇弘，雲北涼太，丸山悟史，山本恭士，林隆宏

出願日：2023年3月30日

出願番号：特願2023-054668

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(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：基盤研究(B)

代表者名：谷藤吾朗

研究課題名：“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：200千円

○外部資金名：JST 先端的低炭素化技術開発(ALCA)

代表者名：蓮沼誠久

研究題目：ラン藻代謝改変株の代謝解析とコハク酸・乳酸生産プロセスの検討

受入金額：13,000 千円

○外部資金名：JST 先端的低炭素化技術開発(ALCA)

代表者名：蓮沼誠久

研究題目：PCC7002 における遺伝子工学的手法の基盤技術開発

受入金額：9,750 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：ラン藻芳香族代謝工学技術の開発

受入金額：19,240 千円

○外部資金名：AIST ムーンショット型研究開発事業

代表者名：蓮沼誠久

研究題目：電気エネルギーを利用し大気 CO₂ を固定するバイオプロセスの研究開発

受入金額：4,200 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：蓮沼誠久

研究題目：データベース空間からの新規酵素リソースの創出

受入金額：51,300 千円

○外部資金名：BRAIN ムーンショット型研究開発事業

代表者名：蓮沼誠久

研究題目：藻類と動物細胞を用いたサーキ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：15,625 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：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：4,300 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：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：8,000 千円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究

代表者名：蓮沼誠久

件数：32 件

受入金額：143,478 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)
令和4年度学長表彰（財務貢献者）

受賞者名：近藤昭彦・蓮沼誠久

受賞年月：令和4年10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：イノベーション創出に資する先端バイオ工学

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：2023年3月2日

場所：神戸大学統合研究拠点コンベンションホール

(5) 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

- ・株式会社島津製作所が開発した自律型実験システム（Autonomous Lab.）のプロトタイプ機が本拠点に設置されており、産産学連携を促進している。
- ・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」の一環として、「人材育成プログラム（NEDO 特別講座）」を開講しており、バイオものづくり分野を担う人材の育成を行っている。

令和4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	16,170 千円,	受託研究経費 249,009 千円
	奨学寄附金	26,461 千円,	共同研究経費 122,853 千円
特許出願件数	6 件,	論文発表件数	57 件,
		著書数	3 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
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
神尾英治	環境保全推進センター	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
谷屋啓太	工学研究科・応用化学専攻	透過セル内流れ解析
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

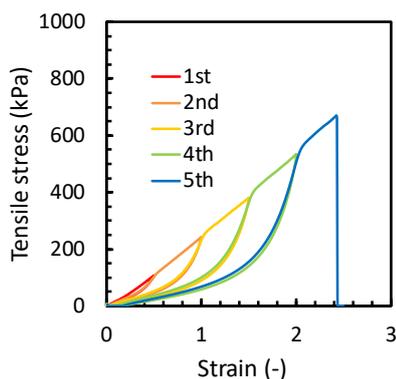
本研究では、大気中 CO₂ 濃度の低減に貢献する省エネルギーな CO₂ 分離回収プロセスの実現を目指し、高性能 CO₂ 分離膜の開発を行う。特に、CCS および CCUS 実現のための火力発電所等の大規模 CO₂ 発生源から排出される CO₂ の分離回収のための CO₂ 分離膜を開発する。CO₂ 分離膜を用いた脱炭酸プロセスを実用化するために必要とされる CO₂ 透過度および CO₂/N₂ 選択性には、それぞれ 1000 GPU および 20 が必要とされるため、それら性能を有する CO₂ 分離膜を開発することを到達目標とする。

本研究で開発を目指す耐圧型 CO₂ 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（高強度イオンゲル）に着目している。これまでに、CO₂ 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、その高強度イオンゲルフィルムの優れた CO₂ 選択透過性能は確認できており、高強度イオンゲルの薄膜化技術の開発が現状の課題である。本研究では、イオンゲルの薄膜化とイオン液体の機能化により、高性能な CO₂ 分離膜の開発を行なう。

これまでに開発してきた高強度イオンゲルは、シリカナノ粒子がネットワーク状に連なった無機ネットワークが高分子ネットワークと相互に絡まり合った無機/有機相互侵入網目構造を有するイオンゲルであり、ゲルに力が印可されると無機ネットワークがゲル内部で破断し、その破断に伴うエネルギー散逸によりイオンゲルが高強度化される。そのイオンゲルは、イオン液体含有率が 80 wt% であっても 25 MPa 以上の圧縮破断応力を有し、機械的強度は十分であったが、薄膜化の際に、無機ネットワークを形成するシリカナノ粒子が凝集するため、5 ミクロン程度までしか薄膜化ができないという課題があった。そこで、本研究では、シリカナノ粒子からなる無機ネットワークの代わりに半結晶性高分子を用いた高強度イオンゲルの開発とその薄膜化に取り組んだ。

半結晶性高分子としては、poly(vinylidene fluoride hexafluoropropylene) (PVDF-HFP) を用いた。一方、PVDF-HFP ネットワークと相互侵入網目 (IPN) 構造を形成するもう一つの高分子ネットワークには、架橋性高分子である poly(*N,N*-dimethylacrylamide-*co*-*N*-succinimidyl acrylate) (poly(DMAAm-*co*-NSA)) を用いた。poly(DMAAm-*co*-NSA) の主骨格である poly(*N,N*-dimethylacrylamide) は様々なイオン液体との親和性に優れるため、イオン液体保持性に優れるイオンゲルの調製に適している。また、poly(DMAAm-*co*-NSA) に導入した NSA はアミノ基との反応性を有するため、ジアミン化合物により架橋することができる。本研究では、poly(DMAAm-*co*-NSA) の架橋剤として diethylene glycol bis(3-aminopropyl) ether を用いた。また、イオン液体には、CO₂ の選択的溶解性に優れる 1-ethyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethanesulfonyl)imide を用いた。これら高分子と架橋剤、イオン液体をアセトンとともに混合し、ゲル前駆体溶液を調製し、ゲル前駆体溶液を薄く展開した後、所定温度で加熱することによりアセトンを蒸発除去するとともに poly(DMAAm-*co*-NSA) の架橋を行い、IPN イオンゲル膜を得た。得られた IPN イオンゲル膜の機械的強度をサイクル延伸試験により評価した結果を図 1 に示す。図 1 には比較として poly(DMAAm-*co*-NSA) ネットワークのみからなるシングルネットワークイオンゲルの機械的強度も示している。

IPN ion gel with semi-crystalline polymer and crosslinkable polymer networks



Single network ion gel with crosslinkable polymer network

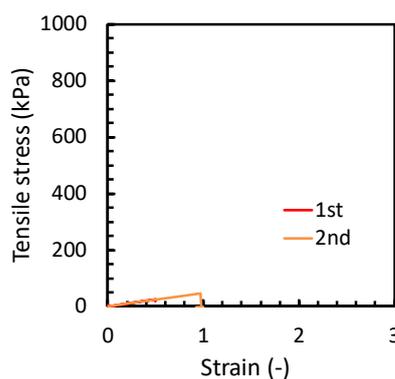


図 1 PVDF-HFP/poly(DMAAm-co-NSA)相互侵入網目(IPN)を有する高強度イオンゲル（右）および poly(DMAAm-co-NSA)シングルネットワークイオンゲルのサイクル延伸試験結果. イオン液体含有率：80 wt%.

図 1 に示されているように、作製した IPN イオンゲル膜の機械的強度はシングルネットワークイオンゲルよりもはるかに高い。また、IPN イオンゲル膜の応力-歪み曲線には明確なヒステリシスが確認でき、このことから、その高強度メカニズムはエネルギー散逸機構であることが確かめられた。このエネルギー散逸については、イオンゲル調製時の温度や PVDF-HFP 含有率などを変えて作製したイオンゲル膜を用いた評価から、PVDF 結晶化部位の割合が増大するとともに散逸エネルギーも増大することを確認した。その結果より、イオンゲル膜への力の印可に伴うエネルギーの散逸は、イオンゲル内に形成された半結晶性高分子の結晶化部位の破断により引き起こされていることを確かめた。すなわち、半結晶性高分子を用いた場合でも、これまで開発してきたシリカナノ粒子/高分子ネットワークを有する高強度イオンゲルと同様の高強度機構に従う高強度イオンゲル膜を作製可能であることが確かめられた。

種々イオン液体含有率の PVDF-HFP/poly(DMAAm-co-NSA) IPN イオンゲル膜の CO₂ 透過係数とイオン液体含有率の関係を図 2 に示す。図 2 に示した赤色のプロットは PVDF-HFP/poly(DMAAm-co-NSA) IPN イオンゲル膜の結果である。また、白色のプロットは、[Emim][Tf₂N]の CO₂ 溶解度と [Emim][Tf₂N]内における CO₂ の拡散係数から算出した [Emim][Tf₂N]からなるイオン液体膜に対して推定される理論限界 CO₂ 透過係数である。図 2 より、PVDF-HFP/poly(DMAAm-co-NSA) IPN イオンゲル膜の CO₂ 透過係数は [Emim][Tf₂N]含有率の増大に伴い指数関数的に増大していることが見て取れる。これは、ゲル内の溶質拡散係数とゲル内液体成分組成の関係に対する理論計算結果に合致する傾向であり、IPN イオンゲル膜の CO₂ 透過はゲル膜内における CO₂ の拡散に律速されていることが示された。また、[Emim][Tf₂N]含有率が 92 wt%の IPN イオンゲル膜の CO₂ 透過係数は 1500 barrer であり、この結果より、膜厚を 1.5 ミクロン以下にできれば、IPN イオンゲル膜の CO₂ 透過速度を 1000 GPU 以上にできることが確かめられた。

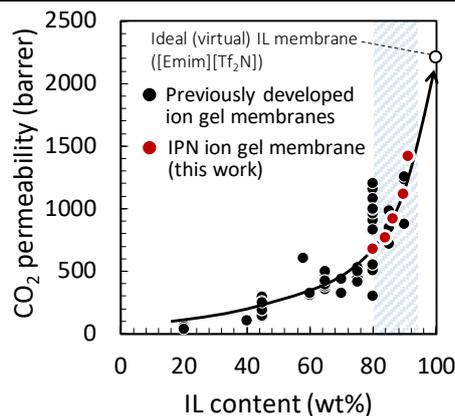


図 2 [Emim][Tf₂N]含有イオンゲル膜の CO₂ 透過係数とイオン液体含有率の関係

IPN イオンゲル薄膜については、薄膜複合 (Thin film composite, TFC) 膜の作製を試みた。TFC 膜はスピナーコート法により作製した。まず、支持膜である多孔性 PTFE 膜状に Gutter layer としてポリジメチルシロキサン (PDMS) 中間層を形成し、空気プラズマ処理により親水化した PDMS 中間層上にゲル前駆体溶液を薄層展開した。ゲル前駆体溶液を加熱することで溶媒を蒸発除去するとともに poly(DMAAm-co-NSA)の化学架橋を行い、IPN イオンゲル薄層を形成した。作製した TFC 膜の CO₂/N₂透過選択性と CO₂透過速度の関係および最薄の IPN イオンゲル層を有する TFC 膜の断面 SEM 写真を図 3 に示す。

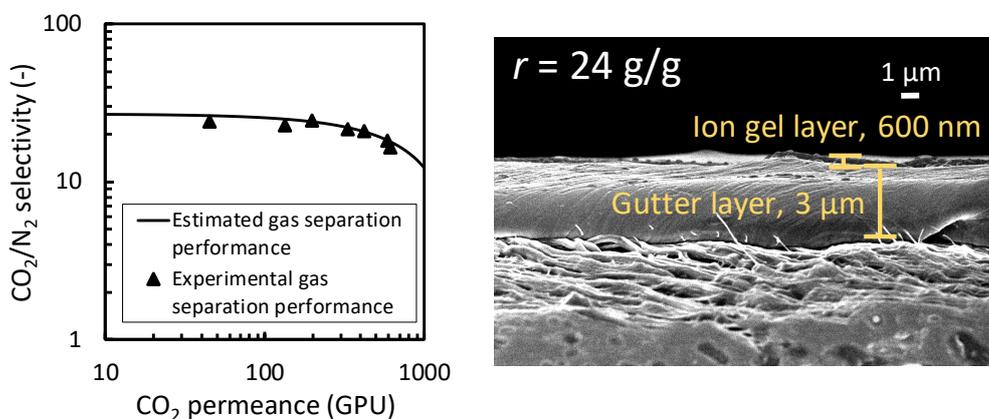


図 3 IPN イオンゲル薄層を有する TFC 膜の CO₂/N₂透過選択性と CO₂透過速度の関係 (左) および最薄の IPN イオンゲル薄層を有する TFC 膜の断面 SEM 写真。 [Emim][Tf₂N]含有率 : 80 wt%.

TFC 膜に形成された IPN イオンゲル層の厚みは最薄で 600 nm であった。また、[Emim][Tf₂N]を 90 wt%含有するのイオンゲル薄層の CO₂透過速度は 1860 GPU と見積もられた。しかしながら、その TFC 膜の CO₂透過速度は約 800 GPU であり、CO₂/N₂透過選択性は約 15 であった。

なお、TFC 膜の CO₂透過速度と CO₂/N₂透過選択性がイオンゲル層自体の CO₂透過速度や CO₂/N₂透過選択性よりも低い理由については、理論的解析から、PDMS 中間層に起因することを明らかにしており、TFC 膜の中間層の性能改善が今後の課題である。

4. 論文・著書・特許出願リスト

[論文]

論文名 : Organic solvent reverse osmosis characteristics of TiO₂-ZrO₂-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, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 315, 123576, 2023

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

著者名 : Mengyang Hu, Wenming Fu, Kecheng Guan, Ralph Rolly Gonzales, Qiangqiang Song, Atsushi Matsuoka, Zhaohuan Mai, Yu-Hsuan Chiao, Pengfei Zhang, Zhan Li, Hideto Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Materials Chemistry A, 11, 8836-8844, 2023.

論文名 : Simple bio-inspired coating of urinary stent for fouling and encrustation control

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

掲載誌, 巻, 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, 巻, ページ : Journal of Applied Polymer Science, 140, e539000.

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

著者名 : Subrahmanya 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, 巻, 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, Zhaohuan Mai, Zhao Yang, Pengrui Jin, Junyong Zhu, Hideto Matsuyama, Bart Van der Bruggen, Gang Zhang

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 675, 121482, 2023.

論文名 : Deformation constraints of graphene oxide nanochannels under reverse osmosis

著者名 : K. Guan, Y. Guo, Z. Li, Y. Jia, Q. Shen, K. Nakagawa, T. Yoshioka, G. Liu, W. Jin, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Nature Communications, 14, 1016, 2023.

論文名 : Osmotically Assisted Solvent Reverse Osmosis Membrane for Dewatering of Aqueous Ethanol Solution

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

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 672, 121434, 2023.

論文名 : Orthogonal electric and ionic conductivities in the thin film of thiophene-thiophene block copolymer

著者名 : Sonoka Yamamoto, Ryutaro Yamashita, Chihiro Kubota, Kentaro Okano, Masatoshi Kitamura, Masahiro Funahashi, Syu-Cheng Ye, Yung-Tin Pan, Masaki Horie, Takuji Shintani, Hironori Murata, Hideto Matsuyama, Atsunori Mori

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Materials Chemistry C, 11, 2484-2493, 2023.

論文名 : An experimental study on recovering and concentrating ammonia by sweep gas membrane distillation

著者名 : Zhan Li, Pengfei Zhang, Kecheng Guan, Ralph Rolly Gonzales, Toru Ishigami, Ming Xue, Tomohisa Yoshioka, Hideto Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Process Safety and Environmental Protection, 171, 555 - 560, 2023.

論文名 : Surface zwitterionization via grafting of epoxytated sulfobetaine copolymers onto PVDF membranes for improved permeability and biofouling mitigation

著者名 : Yu-Hsuan Chiao, Hao-Tung Lin, Micah Belle Marie Ang, Yeit Hann Teow, S. Ranil Wickramasinghe, Yung Chang

掲載誌, 巻, ページ : Industrial & Engineering Chemistry Research, 62, 2913-2923, 2023.

論文名 : Highly Permeable Nanofilms with Asymmetric Multilayered Structure Engineered via Amine-decorated Interlayered Interfacial Polymerization

著者名 : Qiangqiang SONG, Yuqing LIN, Siyu ZHOU, Titik Istirokhatun, Zheng WANG,
Qin SHEN, Zhaohuan MAI, Kecheng GUAN, and Hideto MATSUYAMA

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 670, 121377, 2023.

論文名 : Unveiling the Impact of Imidazole Derivative with Mechanistic Insights
into Neutralize Interfacial Polymerized Membranes for Improved Solute-
solute Selectivity

著者名 : Titik Istirokhatun, Yuqing LIN, Ken Kinooka, Qin Shen, Pengfei Zhang,
Yuangong Jia, Atsushi Matsuoka, Kazuo Kumagai, Tomohisa Yoshioka,
Hideto Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Water Research, 230, 119567, 2023.

論文名 : Graphene oxide-based layer-by-layer nanofiltration using inkjet printing
for desalination

著者名 : Chen Wang, Myoung Jun Park, Hideto Matsuyama, Enrico Drioli, Ho Kyong
Shon

掲載誌, 巻, ページ : Desalination, 549, 116357, 2023.

論文名 : Effects of Co-Solvent-Induced Self-Assembled Graphene-PVDF Composite
Film on Piezoelectric Application

著者名 : Januar Widakdo, Wen-Ching Lei, Anawati Anawati, Subrahmanya Thagare
Manjunatha, Hannah Faye M Austria, Owen Setiawan, Tsung-Han Huang, Yu-
Hsuan Chiao, Wei-Song Hung, Ming-Hua Ho

掲載誌, 巻, ページ : Polymers, 15, 137 (2023)

論文名 : Development of loose nanofiltration PVDF hollow fiber membrane for
dye/salt separation

著者名 : Pengfei Zhang, Saeid Rajabzadeh, Qiangqiang Song, Ralph Rolly Gonzales,
Yuangong Jia, Shang Xiang, Zhan Li, Hideto Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Desalination, 549, 116315 (2023)

論文名 : Fabrication of highly positively charged nanofiltration membranes by
novel interfacial polymerization: Accelerating Mg²⁺ removal and Li⁺
enrichment

著者名 : Ping Xu, Ralph Rolly Gonzales, Jun Hong, Kecheng Guan, Yu-Hsuan Chiao,
Zhaohuan Mai, Zhan Li, Saeid Rajabzadeh, Hideto Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 668, 121251 (2023)

論文名 : Ammoniacal nitrogen concentration by osmotically assisted reverse
osmosis

著者名 : Ralph Rolly Gonzales, Keizo Nakagawa, Susumu Hasegawa, Atsushi Matsuoka,
Kazuo Kumagai, Tomohisa Yoshioka, Hideto Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 665, 121122 (2023)

論文名 : Atomically dispersed 3d metal bimetallic dual-atom catalysts and
classification of the structural descriptors

著者名 : C. K. T. Wun, H. K. Mok, T. Chen, T-S. Wu, K. Taniya, K. Nakagawa, S.
Day, C. C. Tang, Z. Huang, H. Su, W-Y. Yu, T. K. W. Lee, T. W. B. Lo

掲載誌, 巻, ページ : Chem Catalysis, 2(9), 2346-2363 (2022)

論文名 : Effect of nanofillers on the properties and pervaporation performance
of nanocomposite membranes: A review

著者名 : Hamideh Sardarabadi, Shirin Kiani, Hamed Karkhanechi, Seyed Mahmoud
Mousavi, Ehsan Saljoughi, Hideto Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Membranes, 12(12), 1232 (2022)

論文名 : Preparation of chemically resistant cellulose benzoate hollow fiber
membrane via thermally induced phase separation method

著者名 : Shota Takao, Saeid Rajabzadeh, Masahide Shibata, Chihiro Otsubo, Toyozo
Hamada, Noriaki Kato, Keizo Nakagawa, Tooru Kitagawa, Hideto
Matsuyama, Tomohisa Yoshioka

掲載誌, 巻, ページ : Membranes, 12(12), 1199 (2022)

論文名 : Study for removing of silica nanoparticle in pure isopropyl alcohol
with a cation exchange membrane

著者名 : Yu Fujimura, Takahiro Kawakatsu, Masayuki Morimoto, Hitoshi Asakawa,
Keizo Nakagawa, Tomohisa Yoshioka

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Molecular Liquids, 367, 120441 (2022)

論文名 : 2,2'-Biphenol-based Ultrathin Microporous Nanofilms for Highly
Efficient Molecular Sieving Separation

著者名 : Shao-Lu Li, Guoliang Chang, Yangzheng Huang, Ken Kinooka, Yanting Chen,
Wenming Fu, Genghao Gong, Tomohisa Yoshioka, Neil B. McKeown, Yunxia
Hu

掲載誌, 巻, ページ : Angew. Chem. Int. Ed., 2022, 61, e2022128 (2022)

論文名 : Surface Mineralization of TiO₂-SiO₂/PES Composite Membrane with Out-
performed Separation Property via Facile Vapor-Ventilated in situ
Chemical Deposition

著者名 : Gan, Ning; LIN, Yuqing; Zhang, Yiren; Gitis, Vitaly; LIN, Qian;

Matsuyama, Hideto

掲載誌, 巻, ページ : Langmuir, 38(42), 12951-12960 (2022)

論文名 : Simulation Assessment of Inlet Parameters and Membrane Surface Structure Effects on CO₂ Absorption Flux in Membrane Contactors

著者名 : Amin Mojarad Garehbagh, Saeid Rajabzadeh, Mahmoud A. Shouman, Mohamed R. Elmarghany, Mohamed S. Salem, Nasrul Arahman, Toraj Mohammadi, Hideto Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Sustainability, 14, 14527 (2022)

論文名 : Ammoniacal nitrogen concentration by osmotically assisted reverse osmosis

著者名 : Ralph Rolly Gonzales, Keizo Nakagawa, Susumu Hasegawa, Atsushi Matsuoka, Kazuo Kumagai, Tomohisa Yoshioka, Hideto Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 665, 121122 (2022)

論文名 : Rate-Independent Self-Healing Double Network Hydrogels Using Thixotropic Sacrificial Network

著者名 : Yasui, Tomoki; Zheng, Yong; Nakajima, Tasuku; Kamio, Eiji; Matsuyama, Hideto; Gong, Jian Ping

掲載誌, 巻, ページ : Macromolecules, 55(21), 9547-9557 (2022)

論文名 : Comparison of fouling behavior in cellulose triacetate membranes applied in forward and reverse osmosis

著者名 : Chiao Yu-Hsuan, Nakagawa Keizo, Matsuba Mayu, Okamoto Masanao, Shintani Takuji, Sasaki Yuji, Yoshioka Tomohisa, Kamio Eiji, Wickramasinghe S. Ranil, Matsuyama Hideto

掲載誌, 巻, ページ : Industrial & Engineering Chemistry, 61(41), 15345-15354 (2022)

論文名 : Fundamental investigation on the development of composite membrane with a thin ion gel layer for CO₂ separation

著者名 : Jinhui Zhang, Eiji Kamio, Atsushi Matsuoka, Keizo Nakagawa, Tomohisa Yoshioka, and Hideto Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 663, 121032 (2022)

論文名 : Control over the Hydrophilicity in the Pores of Covalent Organic Framework Membranes for High-Flux Separation of Dyes from Water

著者名 : Li Zhan, Das Saikat, Sekine Taishu, Mabuchi Haruna, Kaneko Ryo, Sakai Jin, Irie Tsukasa, Kamio Eiji, Yoshioka Tomohisa, Suo Jinqun, Fang

Qianrong, Kawawaki Tokuhisa, Matsuyama Hideto, Negishi Yuichi
掲載誌, 巻, ページ : ACS Applied Nano Materials, 5(12) 17632-17639 (2022)

論文名 : Facile tailoring molecular sieving effect of PIM-1 by in-situ treatment
for high performance hydrogen separation
著者名 : Wenhui Ji, Huibin Geng, Zishang Chen, Hao Dong, Hideto Matsuyama, Haitao
Wang, Hong Wang, Jianxin Li, Wenxiong Shi, Xiaohua Ma
掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 662, 120971 (2022)

論文名 : Preparation of Microfiltration Hollow Fiber Membranes from Cellulose
Triacetate by Thermally Induced Phase Separation
著者名 : Shota Takao, Saeid Rajabzadeh, Chihiro, Otsubo, Toyozo Hamada, Noriaki
Kato, Keizo Nakagawa, Takuji Shintani, Hideto Matsuyama, Tomohisa
Yoshioka
掲載誌, 巻, ページ : ACS Omega, 7(38), 33783-33792 (2022)

論文名 : Fabrication of PVDF/EVOH blend hollow fiber membranes with hydrophilic
property via thermally induced phase process
著者名 : Shang Xiang, Xiuxiu Tang, Saeid Rajabzadeh, Pengfei Zhang, Zhenyu Cui,
Hideto Matsuyama
掲載誌, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 301, 122031 (2022)

論文名 : Recent advances of nanocomposite membranes using layer-by-layer assembly
著者名 : C. Wang, M. J. Park, H. Yu, H. Matsuyama, E. Drioli, H. K. Shon
掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 661, 120926 (2022)

論文名 : Fabrication of thin film composite polyamide membrane for water
purification via inkjet printing of aqueous and solvent inks
著者名 : M. J. Park, C. Wang, R. R. Gonzales, S. Phuntsho, H. Matsuyama, E. Drioli,
H. K. Shon
掲載誌, 巻, ページ : Desalination, 541, 116027 (2022)

論文名 : Surface modification of thin film composite forward osmosis membrane
using tris(2-aminoethyl)amine for enhanced ammonium recovery
著者名 : Jing Li, Ralph Rolly Gonzales, Ryosuke Takagi, Xuesong Yao, Pengfei
Zhang, Titik Istirokhatun, Jinhui Zhang, Hideto Matsuyama
掲載誌, 巻, ページ : Desalination, 541, 116002 (2022)

論文名 : Integration of thin film composite graphene oxide membranes for solvent
resistant nanofiltration

著者名 : K. Guan, K. Ushio, K. Nakagawa, T. Shintani, T. Yoshioka, A. Matsuoka,
E. Kamio, W. Jin, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 660, 120861 (2022)

論文名 : CO₂ and temperature dual-responsive dendrimer-based draw solutes for
forward osmosis process

著者名 : A. Matsuoka, S. Nishimori, T. Takahashi, T. Yoshioka, K. Nakagawa, E.
Kamio, and H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Desalination, 540, 115991 (2022)

論文名 : Organic solvent permeation characteristics of TiO₂-ZrO₂ composite
nanofiltration membranes prepared using organic chelating ligand to
control pore size and surface property

著者名 : Ryosuke Iesako, Tomohisa Yoshioka, Keizo Nakagawa, Takuji Shintani,
Atsushi Matsuoka, Eiji Kamio, Hideto Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 297, 121458 (2022)

論文名 : Highly Efficient Monovalent Ion Transport Enabled by Ionic Crosslinking-
Induced Nanochannels

著者名 : Yiren ZHANG, Yuqing LIN, Jiadi YING, Wei Zhang, Yan JIN, Hideto
MATSUYAMA, Jianguo YU

掲載誌, 巻, ページ : AIChE Journal, 68(11), e17825 (2022)

論文名 : Ammonium enrichment and recovery from synthetic and real industrial
wastewater by amine-modified thin film composite forward osmosis
membranes

著者名 : R.R. Gonzales, Y. Sasaki, T. Istirokhatun, J. Li, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Separation and Purification Technology, 297, 121534 (2022)

論文名 : Tough ion gels composed of coordinatively crosslinked polymer networks
using ZIF-8 nanoparticles as multifunctional crosslinkers

著者名 : Eiji Kamio, Masayuki Minakata, Hinako Nakamura, Atsushi Matsuoka, Hideto
Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Soft Matter, 18, 4725-4736 (2022)

論文名 : Asymmetric superwetting Janus structure for fouling- and scaling-
resistant membrane distillation

著者名 : Y. Jia, K. Guan, P. Zhang, Q. Shen, Z. Li, T. Istirokhatun, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 657, 120697 (2022)

論文名 : A Zwitterionic Copolymer-Interlayered Ultrathin Nanofilm with Ridge-shaped Structure for Ultrapervious Nanofiltration

著者名 : Qiangqiang SONG, Yuqing LIN, Takafumi UEDA, Qin SHEN, Kueir-Rarn LEE, Tomohisa YOSHIOKA, Hideto MATSUYAMA

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 657, 120679 (2022)

論文名 : Zwitterion grafted forward osmosis membranes with superwetting property via atom transfer radical polymerization

著者名 : X. Yao, K. Guan, Y. Sasaki, T. Shintani, K. Nakagawa, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Applied Polymer Science, 139(30), e52689 (2022)

論文名 : Layer-by-Layer Assembly of Cation Exchange Membrane for Highly Efficient Monovalent Ion Selectivity

著者名 : Jiadi YING, Yuqing LIN, Yiren ZHANG, Yan JIN, Hideto MATSUYAMA, Jianguo YU

掲載誌, 巻, ページ : Chemical Engineering Journal, 446, 137076 (2022)

論文名 : CFD Model Development and Experimental Measurements for Ammonia-Water Separation Using a Vacuum Membrane Distillation Module

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

掲載誌, 巻, ページ : Industrial & Engineering Chemistry Research, 61(21), 7381-7396 (2022)

論文名 : A novel method to immobilize zwitterionic copolymers onto PVDF hollow fiber membrane surface to obtain antifouling membranes

著者名 : Pengfei Zhang, Saeid Rajabzadeh, Titik Istirokhatun, Qin Shen, Yuandong Jia, Xuesong Yao, Antoine Venault, Yung Chang, Hideto Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 656, 120592 (2022)

論文名 : Novel organic solvent nanofiltration membrane based on inkjet printing-assisted layer-by-layer assembly

著者名 : C. Wang, M. J. Park, R. R. Gonzales, S. Phuntsho, H. Matsuyama, E. Drioli, H. K. Shon

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Membrane Science, 655, 120582 (2022)

論文名 : Water Flux Enhancement of PVDF Membrane by a Facile Coating Method for Vacuum Membrane Distillation

著者名 : Zhan Li, Pengfei Zhang, Kecheng Guan, Tomohisa Yoshioka, Hideto Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Desalination, 536, 115818 (2022)

論文名 : HNb308/g-C3N4 nanosheet composite membranes with two-dimensional heterostructured nanochannels achieve enhanced water permeance and photocatalytic activity

著者名 : S. Imoto, K. Nakagawa, C. Hu, T. Yoshioka, T. Shintani, A. Matsuoka, E. Kamio, T. Tachikawa, S. C. E. Tsang, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Chemical Engineering Journal, 442, 136254 (2022)

論文名 : Monoamine-modified thin film composite nanofiltration membrane for permselective separation and purification of fermentation bioproducts

著者名 : R.R. Gonzales, T. Shintani, S. Sunami, K. Nakagawa, Y. Sasaki, T. Yoshioka, H. Matsuyama

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Applied Polymer Science, 139(260), e52460 (2022)

論文名 : Decomposition of water over picene derivatives photocatalyst under visible light irradiation

著者名 : Yuichi Ichihashi, Tomoya Sekiguchi, Yuya Tokui, Rintaro Hori, Shota Naito, Yasuko Koshiba, Youhei Sutani, Kenji Ishida, Keita Taniya, Satoru Nishiyama

掲載誌, 巻, ページ : Catalysis Today, 410, 317-322, 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, 巻, ページ : Applied Catalysis B: Environmental, 325, 122326, 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 : Preparation of polyacrylamide-silica organic-inorganic hybrid membranes for carbon dioxide separation via in-situ polymerization

著者名 : K. Kuraoka and R. Yamamoto

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Sol-Gel Science and Technology, 104, 470-477, 2022

論文名 : Preparation and gas barrier properties of cellulose nanocrystal-silica organic-inorganic hybrid gas barrier membranes with crosslinked structures

著者名 : K. Kuraoka and T. Iwasaki

掲載誌, 巻, ページ : Journal of Sol-Gel Science and Technology, 104, 464-469, 2022

[著書]

著 書 : Ionic liquid-based membranes for gas separation, 60 Years of the Loeb-Sourirajan Membrane (共著)

著者名 : Eiji Kamio

ページ : PP. 1 - 31

発行所, 発行年 : Elsevier, 2022

著 書 : 精密濾過膜, 高分子学会編集『高分子材料の事典』(共著)

著者名 : 神尾英治, 吉岡朋久

ページ : PP. 2-45 - 2-46

発行所, 発行年 : 朝倉書店, 2022

著 書 : CO₂ 分離膜, 最近の化学工学 71 カーボンニュートラルに貢献する触媒・反応工学 (共著)

著者名 : 神尾英治, 松岡 淳

ページ : PP. 133 - 147

発行所, 発行年 : 化学工学会 関東支部, 2023

[特許]

発明等の名称 : 分離機能層及び分離膜

出願者 : 国立大学法人神戸大学、他 1 名

発明者 : 神尾 英治、小林 寛、松山 秀人、他 3 名

出願日 : 2023 年 2 月 10 日

出願番号 : 特願 2023-018949

発明等の名称 : 二酸化炭素選択透過膜、二酸化炭素選択透過膜の製造方法、二酸化炭素分離装置、および、二酸化炭素分離方法

出願者 : 国立大学法人神戸大学、他 1 名

発明者 : 神尾 英治、川端 真帆、松山 秀人、他 2 名

出願日 : 2023 年 2 月 14 日

出願番号 : 特願 2023- 020729

発明等の名称 : 触媒、ベンゼンの酸化方法、及び、ベンゼン酸化誘導体の製造方法

出願者 : 国立大学法人神戸大学

発明者：村上和生、荒木泰博、岩佐泰之、西山覚、市橋祐一
出願日：2022年12月27日
出願番号：特願2022-209814

発明等の名称：シロキサン樹脂組成物
出願者：国立大学法人神戸大学、他1名
発明者：蔵岡孝治、他2名
登録日：2022年6月8日
出願番号：特許第7251370号

発明等の名称：選択性透過膜、選択性透過膜の製造方法および水処理方法
出願者：国立大学法人神戸大学、他1名
発明者：松山秀人、清明充、吉岡朋久、他4名
登録日：2023年3月27日
出願番号：特許第7251370号

発明等の名称：水処理方法および水処理システム
出願者：国立大学法人神戸大学、他1名
発明者：松山秀人、神尾英治、他3名
登録日：2022年8月4日
出願番号：特許第7117718号

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: 8,100,000 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: 吉岡 朋久

研究課題名: 超高透過性多孔性 TiO₂-ZrO₂-有機複合膜による有機溶剤液相分離膜の創製

受入金額: 2,990,000 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: 3,000,000 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・抗ウイルス活性評価

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

研究題目: 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: 130,735,450 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

研究題目：産業廃水からの革新膜による有機資源回収

受入金額：60,000,000 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

研究題目：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：11,000,000 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

研究題目：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

研究題目：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ンネルの精密な構築

受入金額：1,852,000 円

○外部資金名：公益財団法人上原記念生命科学財団 研究助成金

代表者名：松山 秀人

研究題目：異物低付着性革新的尿管ステントの開発

受入金額：5,000,000 円

○外部資金名：経済産業省 高等教育機関における共同講座創造支援事業費補助金

代表者名：吉岡 朋久

研究題目：株式会社ルネッサンス・エナジー・リサーチ，機能性ガス分離膜共同研究講座

受入金額：8,162,000 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

研究題目：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：25,960,000 円

○外部資金名：フジシール財団研究助成

代 表 者 名：蔵岡 孝治

研 究 題 目：大気圧プラズマ化学蒸着法による有機-無機ハイブリッドガスバリア膜の開発

受 入 金 額：5,000,000 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)

化学工学会 研究賞

（授与機関名：化学工学会，対象研究テーマ：非平衡分子動力学法によるマイクロ多孔性膜における分子輸送現象の解明とセラミック多孔膜の開発）

受賞者名：吉岡朋久

受賞年月：2022年3月

学生ベストポスター賞

（授与機関名：日本包装学会，対象研究テーマ：ポリアクリロニトリルを用いたグラフェン分散有機-無機ハイブリッドガスバリア膜の開発）

受賞者名：池康平、蔵岡孝治

受賞年月：2022年7月

ICIM Oral Presentation Award

（授与機関名：The 16th International Conference on Inorganic Membranes）

受賞者名：岩本 実久

受賞年月：2022年6月

化学工学会第88年会，優秀学生賞

（授与機関名：化学工学会）

受賞者名：Shengnan HE

受賞年月：2023年3月

第25回化学工学会学生発表会，優秀賞

（授与機関名：化学工学会）

受賞者名：小林 寛

受賞年月：2023年3月

日本膜学会 膜シンポジウム 2022，学生賞

（授与機関名：日本膜学会）

受賞者名：Shengnan HE

受賞年月：2022年11月

日本膜学会 膜シンポジウム 2022，学生賞

（授与機関名：日本膜学会）

受賞者名：室賀 丈

受賞年月：2022年11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：Professor Sandra Kentish 特別講演会

「Recent Research on two Topics: Electrospun Membrane Fabrication and Forward Osmosis」

主催団体がある場合は主催団体：先端膜工学研究センター

開催日：2022年6月22日

場所：神戸大学工学研究科 大会議室（多目的室 D1-201～203）

研究集会名：Professor Ranil Wickramasinghe 特別講演会

「An integrated electrocoagulation-microfiltration and direct contact membrane distillation processes for treating hydraulic fracturing produced」

主催団体がある場合は主催団体：先端膜工学研究センター

開催日：2022年7月12日

場所：神戸大学工学研究科 大会議室（多目的室 D1-201～203）

(5) 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5年7月14日

令和4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 ・ 子ネックス 301～315 号室
外部資金 獲得実績	科学研究費補助金 92,323 千円, 受託研究経費 166,285 千円 奨学寄附金 1,000 千円, 共同研究経費 4,000 千円
特許出願件数	0 件, 論文発表件数 36 件, 著書数 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
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 金星大気放射対流平衡モデルの構築
中村 昭子	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 隕石破片の付着力測定にもとづく小惑星粒子の弱い付着力の推定
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 地質学的時間スケールにおける非平衡安定性
保井 みなみ	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 小天体の大規模衝突時に発生する衝突残留熱とその物質強度依存性
樫村 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
笥 楽磨	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 2022 年日向灘のスラブ内地震による強振動の特徴
平田 直之	理学研究科惑星学専攻	CPS 研究員 小惑星ヴェスタにおけるコリオリ力の効果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
永井 智哉	惑星科学研究センター	特命准教授 富岳加速・計算宇宙惑星およびポスト富岳 FS プロジェクトのマネージメント

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
遠藤 克浩	惑星科学研究センター	特命助教 MN-Core 向け粒子相互作用計算カーネルコンパイラの開発
松嶋 俊樹	惑星科学研究センター	特命助教 精緻な雲物理モデルを用いた超高解像度実験に関する研究、および金星大気大循環モデルへの精緻な放射過程を組み込むための予備的調査
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、2022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であります。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、2020年度から引き続き文部科学省委託研究事業「富岳成果創出加速プログラム」を受託し、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との共催でCPS & ABCワークショップ「地球型惑星の気候を地球古気候研究から考える」(2023年3月10日、於CPSならびにオンライン)を開催、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年度末研究会(2023年3月27-28日、於CPSならびにオンライン)を開催するなど、研究交流の場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、新エネルギー・産業技術総合開発機構による「高効率・高速処理を可能とするAIチップ・次世代コンピューティングの技術開発プロジェクト(1)革新的AIエッジコンピューティング技術の開発」に基づき、株式会社Preferred Networksとの共同研究で高効率・高速処理を可能とするAIチップの開発に向けた研究を進め、特に電力性能向

上のための回路方式の検討を行いました。さらに、2022年7月には文部科学省の「次世代計算基盤に係る調査研究」事業に2つ採択されたシステム研究調査チームの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なものになるべきかの調査研究を始めました。

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。

今年度は昨年度に引き続きコロナウイルス流行の影響下で、本プロジェクトで主催・共催した全ての研究会・ワークショップや実習会の多くをオンライン開催としましたが、一部、神戸統合拠点CPS セミナー室とのオンライン併用開催も実施しました。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5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っております。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]

- Hiroshi Kimura, Katsuhito Ohtsuka, Shota Kikuchi, Keiji Ohtsuki*, Tomoko Arai, Fumi Yoshida, Naoyuki Hirata*, Hiroki Senshu, Koji Wada, Takayuki Hirai, Peng K. Hong, Masanori Kobayashi, Ko Ishibashi, Manabu Yamada, Takaya Okamoto “Electrostatic dust ejection from asteroid (3200) Phaethon with the aid of mobile alkali ions at perihelion” *Icarus*, 2022.4, Vol.382, 115022
- Takanao Saiki, Hirotaka Sawada, Kazunori Ogawa, Yuya Mimasu, Yuto Takei, Masahiko Arakawa*, Toshihiko Kadono, Koji Wada, Atsushi Fujii, Fuyuto Terui, Naoko Ogawa, Go Ono, Kei Shirai, Rie Honda, Ko Ishibashi, Naoya Sakatani, Kent Yoshikawa, Makoto Yoshikawa, Satoru Nakazawa, Yuichi Tsuda “Hayabusa2’s kinetic impact experiment” *Elsevier*, 2022.4, 15, pp291-312
- Yuichi Tsuda, Satoru Nakazawa, Makoto Yoshikawa, Takanao Saiki, Fuyuto Terui, Masahiko Arakawa*, Masanao Abe, Kohei Kitazato, Seiji Sugita, Shogo Tachibana, Noriyuki Namiki, Satoshi Tanaka, Tatsuaki Okada, Hitoshi Ikeda, Sei-ichiro Watanabe “Mission objectives, planning, and achievements of Hayabusa2” *Elsevier*, 2022.5, 2, pp5-23
- Kosei Toyokawa, Junichi Haruyama, Naoyuki Hirata*, Sayuri Tanaka, Takahiro Iwata “Kilometer-scale crater size-frequency distributions on Ceres” *Icarus*, 2022.5, Vol.377, 114909
- Naoyuki Hirata*, Ryuji Morishima, Keiji Ohtsuki*, Akiko M. Nakamura* “Disruption of Saturn’s ring particles by thermal stress” *Icarus*, 2022.5, Vol.378, 114919
- Naoyuki Hirata*, Hiroshi Kimura, Keiji Ohtsuki* “Dust release from cold ring particles as a mechanism of spoke formation in Saturn’s rings” *Icarus*, 2022.5, Vol.378, 114920
- Kotomi Uehata, Tsuyoshi Terai, Keiji Ohtsuki*, Fumi Yoshida “Size Distribution of Small Jupiter Trojans in the L₅ Swarm” *The Astronomical Journal*, 2022.5, 163, (5), 213
- Natsuki Hosono*, Shun-ichiro Karato “The Influence of Equation of State on the Giant Impact Simulations” *Journal of Geophysical Research-Planets*, 2022.5, 127, 6
- Shota Kikuchi, Sei-ichiro Watanabe, Koji Wada, Takanao Saiki, Hikaru Yabuta, Seiji Sugita, Masanao Abe, Masahiko Arakawa*, Yuichiro Cho, Masahiko Hayakawa, Naoyuki Hirata*, Naru Hirata, Chikatoshi Honda, Rie Honda, Ko Ishibashi, Yoshiaki Ishihara, Takahiro Iwata, Toshihiko Kadono, Shingo Kameda, Kohei Kitazato, Toru Kouyama, Koji Matsumoto, Moe Matsuoka, Tatsuhiro Michikami, Yuya Mimasu, Akira Miura, Tomokatsu Morota, Tomoki Nakamura, Satoru Nakazawa, Noriyuki Namiki, Rina Noguchi, Kazunori Ogawa, Naoko Ogawa, Tatsuaki Okada, Go Ono, Naoya Sakatani, Hirotaka Sawada, Hiroki Senshu, Yuri Shimaki, Kei Shirai, Shogo Tachibana, Yuto Takei, Satoshi Tanaka, Eri Tatsumi, Fuyuto Terui, Manabu Yamada, Yukio Yamamoto, Yasuhiro Yokota, Kent Yoshikawa, Makoto Yoshikawa, Yuichi Tsuda “Site selection for the Hayabusa2 artificial cratering and subsurface material

- sampling on Ryugu” *Planetary and Space Science*, 2022.6, 219105519
- Michiko S Fujii, Kohei Hattori, Long Wang, Yutaka Hirai, Jun Kumamoto, Yoshito Shimajiri, Takayuki R Saitoh* “SIRIUS Project – V. Formation of off-centre ionized bubbles associated with Orion Nebula Cluster” *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 2022.6, 514, (1), pp43-54
 - Eizo Nakamura, Katsura Kobayashi, Ryoji Tanaka, Tak Kunihiro, Hiroshi Kitagawa, Christian Potiszil, Tsutomu Ota, Chie Sakaguchi, Masahiro Yamanaka, Dilan M. Ratnayake, Havishk Tripathi, Rahul Kumar, Maya-Liliana Avramescu, Hidehisa Tsuchida, Yusuke Yachi, Hitoshi Miura, Masanao Abe, Ryota Fukai, Shizuho Furuya, Kentaro Hatakeda, Tasuku Hayashi, Yuya Hitomi, Kazuya Kumagai, Akiko Miyazaki, Aiko Nakato, Masahiro Nishimura, Tatsuaki Okada, Hiromichi Soejima, Seiji Sugita, Ayako Suzuki, Tomohiro Usui, Toru Yada, Daiki Yamamoto, Kasumi Yogata, Miwa Yoshitake, Masahiko Arakawa*, Atsushi Fujii, Masahiko Hayakawa, Naoyuki Hirata*, Naru Hirata, Rie Honda, Chikatoshi Honda, Satoshi Hosoda, Yu-ichi Iijima, Hitoshi Ikeda, Masateru Ishiguro, Yoshiaki Ishihara, Takahiro Iwata, Kosuke Kawahara, Shota Kikuchi, Kohei Kitazato, Koji Matsumoto, Moe Matsuoka, Tatsuhiro Michikami, Yuya Mimasu, Akira Miura, Tomokatsu Morota, Satoru Nakazawa, Noriyuki Namiki, Hirotomo Noda, Rina Noguchi, Naoko Ogawa, Kazunori Ogawa, Chisato Okamoto, Go Ono, Masanobu Ozaki, Takanao Saiki, Naoya Sakatani, Hirotaka Sawada, Hiroki Senshu, Yuri Shimaki, Kei Shirai, Yuto Takei, Hiroshi Takeuchi, Satoshi Tanaka, Eri Tatsumi, Fuyuto Terui, Ryudo Tsukizaki, Koji Wada, Manabu Yamada, Tetsuya Yamada, Yukio Yamamoto, Hajime Yano, Yasuhiro Yokota, Keisuke Yoshihara, Makoto Yoshikawa, Kent Yoshikawa, Masaki Fujimoto, Sei-ichiro Watanabe, Yuichi Tsuda “On the origin and evolution of the asteroid Ryugu: A comprehensive geochemical perspective” *Japan Academy*, 2022.6, 98, 6, 227
 - Michiko S Fujii, Long Wang, Yutaka Hirai, Yoshito Shimajiri, Jun Kumamoto, Takayuki Saitoh* “SIRIUS Project – IV. The formation history of the Orion Nebula Cluster driven by clump mergers” *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 2022.6, 514, (2), pp2513-2526
 - T. Michikami, A. Hagermann, T. Morota, Y. Yokota, S. Urakawa, H. Okamura, N. Tanabe, K. Yumoto, T. Ebihara, Y. Cho, C. M. Ernst, M. Hayakawa, M. Hirabayashi, N. Hirata*, C. Honda, R. Honda, S. Kameda, M. Kanamaru, H. Kikuchi, S. Kikuchi, T. Kouyama, M. Matsuoka, H. Miyamoto, T. Noguchi, R. Noguchi, K. Ogawa, T. Okada, N. Sakatani, S. Sasaki, H. Sawada, C. Sugimoto, H. Suzuki, S. Tanaka, E. Tatsumi, A. Tsuchiyama, Y. Tsudad, S. Watanabe, M. Yamada, M. Yoshikawa, K. Yoshioka, S. Sugita “Three-axial shape distributions of pebbles, cobbles and boulders smaller than a few meters on asteroid Ryugu” *Icarus*, 2022.7.1, Vol.381,115007
 - Patrick Michel, Michael Küppers, Adriano Campo Bagatin, Benoit Carry, Sébastien Charnoz, Julia de Leon, Alan Fitzsimmons, Paulo Gordo, Simon F. Green, Alain Hérique, Martin Juzzi, Özgür Karatekin, Tomas Kohout, Monica Lazzarin, Naomi Murdoch, Tatsuaki Okada, Ernesto Palomba, Petr Pravec, Colin Snodgrass, Paolo

Tortora, Kleomenis Tsiganis, Stephan Ulamec, Jean Baptiste Vincent, Kai Wünnemann, Yun Zhang, Sabina D. Raducan, Elisabetta Dotto, Nancy Chabot, Andy F. Cheng, Andy Rivkin, Olivier Barnouin, Carolyn Ernst, Angela Stickle, Derek C. Richardson, Cristina Thomas, Masahiko Arakawa*, Hirdy Miyamoto, Akiko Nakamura*, Seiji Sugita, Makoto Yoshikawa, Paul Abell, Erik Asphaug, Ronald Louis Ballouz, William F. Bottke, Dante S. Lauretta, Kevin J. Walsh, Paolo Martino, Ian Carnelli “The ESA Hera Mission: Detailed Characterization of the DART Impact Outcome and of the Binary Asteroid (65803) Didymos” *Planetary Science Journal*, 2022.7, Vol.3, (7), pp160

- Minami Yasui*, Masahiko Arakawa*, Hatsune Okawa, Sunao Hasegawa “Cratering Experiments on Granular Targets With a Variety of Particle Sizes: Implications for Craters on Rubble-Pile Asteroids” *Journal of Geophysical Research-Planets*, 2022.8, 127, (8)
- Natsuho Maeda, Keiji Ohtsuki*, Takayuki Tanigawa, Masahiro N. Machida, Ryo Suetsugu “Delivery of Gas onto the Circumplanetary Disk of Giant Planets: Planetary-mass Dependence of the Source Region of Accreting Gas and Mass Accretion Rate” *The Astrophysical Journal*, 2022.8, Vol.935, (1), 56
- Motoshi Ito, Naotaka Tomioka, Masayuki Uesugi, Akira Yamaguchi, Naoki Shirai, Takuji Ohigashi, Ming-Chang Liu, Richard C. Greenwood, Makoto Kimura, Naoya Imae, Kentaro Uesugi, Aiko Nakato, Kasumi Yogata, Hayato Yuzawa, Yu Kodama, Akira Tsuchiyama, Masahiro Yasutake, Ross Findlay, Ian A. Franchi, James A. Malley, Kaitlyn A. McCain, Nozomi Matsuda, Kevin D. McKeegan, Kaori Hirahara, Akihisa Takeuchi, Shun Sekimoto, Ikuya Sakurai, Ikuo Okada, Yuzuru Karouji, Masahiko Arakawa*, Atsushi Fujii, Masaki Fujimoto, Masahiko Hayakawa, Naoyuki Hirata*, Naru Hirata, Rie Honda, Chikatoshi Honda, Satoshi Hosoda, Yu-ichi Iijima, Hitoshi Ikeda, Masateru Ishiguro, Yoshiaki Ishihara, Takahiro Iwata, Kosuke Kawahara, Shota Kikuchi, Kohei Kitazato, Koji Matsumoto, Moe Matsuoka, Tatsuhiro Michikami, Yuya Mimasu, Akira Miura, Osamu Mori, Tomokatsu Morota, Satoru Nakazawa, Noriyuki Namiki, Hiroto Noda, Rina Noguchi, Naoko Ogawa, Kazunori Ogawa, Tatsuaki Okada, Chisato Okamoto, Go Ono, Masanobu Ozaki, Takanao Saiki, Naoya Sakatani, Hiroataka Sawada, Hiroki Senshu, Yuri Shimaki, Kei Shirai, Seiji Sugita, Yuto Takei, Hiroshi Takeuchi, Satoshi Tanaka, Eri Tatsumi, Fuyuto Terui, Ryudo Tsukizaki, Koji Wada, Manabu Yamada, Tetsuya Yamada, Yukio Yamamoto, Hajime Yano, Yasuhiro Yokota, Keisuke Yoshihara, Makoto Yoshikawa, Kent Yoshikawa, Ryota Fukai, Shizuho Furuya, Kentaro Hatakeda, Tasuku Hayashi, Yuya Hitomi, Kazuya Kumagai, Akiko Miyazaki, Masahiro Nishimura, Hiromichi Soejima, Ayako Iwamae, Daiki Yamamoto, Miwa Yoshitake, Toru Yada, Masanao Abe, Tomohiro Usui, Sei-ichiro Watanabe, Yuichi Tsuda “A pristine record of outer Solar System materials from asteroid Ryugu’s returned sample” *Springer Science and Business Media LLC*, 2022.8, 6, 10, 1163

- Yukiko Fujisawa, Shin-ya Murakami, Norihiko Sugimoto, Masahiro Takagi, Takeshi Imamura, Takeshi Horinouchi, George L. Hashimoto, Masaki Ishiwatari, Takeshi Enomoto, Takemasa Miyoshi, Hiroki Kashimura*, Yoshi-Yuki Hayashi* “The first assimilation of Akatsuki single-layer winds and its validation with Venusian atmospheric waves excited by solar heating” *Scientific Reports*, 2022.8, 12, (1), 14577
- Hatsune Okawa, Masahiko Arakawa*, Minami Yasui*, Sunao Hasegawa, Mizuno Toda, Kei Shirai, Yuya Yamamoto “Effect of boulder size on ejecta velocity scaling law for cratering and its implication for formation of tiny asteroids” *Icarus*, 2022.11, Vol.387, 115212
- Yutaka Hirai, Timothy C Beers, Masashi Chiba, Wako Aoki, Derek Shank, Takayuki R Saitoh*, Takashi Okamoto, Junichiro Makino* “Origin of highly r-process-enhanced stars in a cosmological zoom-in simulation of a Milky Way-like galaxy” *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 2022.11, 517, 4, pp4856-4874
- Ryuji Okazaki, Yayoi N. Miura, Yoshinori Takano, Hirotaka Sawada, Kanako Sakamoto, Toru Yada, Keita Yamada, Shinsuke Kawagucci, Yohei Matsui, Ko Hashizume, Akizumi Ishida, Michael W. Broadley, Bernard Marty, David Byrne, Evelyn Füre, Alex Meshik, Olga Pravdivtseva, Henner Busemann, My E.I. Riebe, Jamie Gilmour, Jisun Park, Ken-ichi Bajo, Kevin Righter, Saburo Sakai, Shun Sekimoto, Fumio Kitajima, Sarah A. Crowther, Naoyoshi Iwata, Naoki Shirai, Mitsuru Ebihara, Reika Yokochi, Kunihiko Nishiizumi, Keisuke Nagao, Jong Ik Lee, Patricia Clay, Akihiro Kano, Marc W. Caffee, Ryu Uemura, Makoto Inagaki, Daniela Krietsch, Colin Maden, Mizuki Yamamoto, Lydia Fawcett, Thomas Lawton, Tomoki Nakamura, Hiroshi Naraoka, Takaaki Noguchi, Hikaru Yabuta, Hisayoshi Yurimoto, Yuichi Tsuda, Sei-ichiro Watanabe, Masanao Abe, Masahiko Arakawa*, Atsushi Fujii, Masahiko Hayakawa, Naoyuki Hirata*, Naru Hirata, Rie Honda, Chikatoshi Honda, Satoshi Hosoda, Yu-ichi Iijima, Hitoshi Ikeda, Masateru Ishiguro, Yoshiaki Ishihara, Takahiro Iwata, Kosuke Kawahara, Shota Kikuchi, Kohei Kitazato, Koji Matsumoto, Moe Matsuoka, Tatsuhiro Michikami, Yuya Mimasu, Akira Miura, Tomokatsu Morota, Satoru Nakazawa, Noriyuki Namiki, Hirotomo Noda, Rina Noguchi, Naoko Ogawa, Kazunori Ogawa, Tatsuaki Okada, Chisato Okamoto, Go Ono, Masanobu Ozaki, Takanao Saiki, Naoya Sakatani, Hiroki Senshu, Yuri Shimaki, Kei Shirai, Seiji Sugita, Yuto Takei, Hiroshi Takeuchi, Satoshi Tanaka, Eri Tatsumi, Fuyuto Terui, Ryudo Tsukizaki, Koji Wada, Manabu Yamada, Tetsuya Yamada, Yukio Yamamoto, Hajime Yano, Yasuhiro Yokota, Keisuke Yoshihara, Makoto Yoshikawa, Kent Yoshikawa, Shizuho Furuya, Kentaro Hatakeda, Tasuku Hayashi, Yuya Hitomi, Kazuya Kumagai, Akiko Miyazaki, Aiko Nakato, Masahiro Nishimura, Hiromichi Soejima, Ayako Iwamae, Daiki Yamamoto, Kasumi Yogata, Miwa Yoshitake, Ryota Fukai, Tomohiro Usui, Trevor Ireland, Harold C. Connolly, Dante S. Lauretta, Shogo Tachibana “First asteroid gas sample delivered by the Hayabusa2 mission: A treasure box from Ryugu” *American Association for the Advancement of Science (AAAS)*, 2022.11, 8, 46

- Martin Jutzi, Sabina D. Raducan, Yun Zhang, Patrick Michel, Masahiko Arakawa*
“Constraining surface properties of asteroid (162173) Ryugu from numerical simulations of Hayabusa2 mission impact experiment” Springer Science and Business Media LLC, 2022.11, 13, 1
- Sunao Hasegawa, Francesca E. DeMeo, Michaël Marsset, Josef Hanuš, Chrysa Avdellidou, Marco Delbo, Schelte J. Bus, Hidekazu Hanayama, Takashi Horiuchi, Driss Takir, Emmanuël Jehin, Marin Ferrais, Jooyeon Geem, Myungshin Im, Jinguik Seo, Yoonsoo P. Bach, Sunho Jin, Masateru Ishiguro, Daisuke Kuroda, Richard P. Binzel, Akiko M. Nakamura*, Bin Yang, Pierre Vernazza “Spectral Evolution of Dark Asteroid Surfaces Induced by Space Weathering over a Decade” *The Astrophysical Journal Letters*, 2022.11, Vol.939, (1), L9
- Toshihiko Kadono, Masahiko Arakawa*, Sayaka Tsujido, Minami Yasui*, Sunao Hasegawa, Kosuke Kurosawa, Kei Shirai, Chisato Okamoto, Kazunori Ogawa, Yuichi Iijima, Yuri Shimaki, Koji Wada “Effect of projectile shape and interior structure on crater size in strength regime”
Earth, Planets and Space, 2022.12, 74, (1), 132
- Takaaki Noguchi, Toru Matsumoto, Akira Miyake, Yohei Igami, Mitsutaka Haruta, Hikaru Saito, Satoshi Hata, Yusuke Seto, Masaaki Miyahara, Naotaka Tomioka, Hope A. Ishii, John P. Bradley, Kenta K. Ohtaki, Elena Dobrică, Hugues Leroux, Corentin Le Guillou, Damien Jacob, Francisco de la Peña, Sylvain Laforet, Maya Marinova, Falko Langenhorst, Dennis Harries, Pierre Beck, Thi H. V. Phan, Rolando Rebois, Neyda M. Abreu, Jennifer Gray, Thomas Zega, Pierre-M. Zanetta, Michelle S. Thompson, Rhonda Stroud, Kate Burgess, Brittany A. Cymes, John C. Bridges, Leon Hicks, Martin R. Lee, Luke Daly, Phil A. Bland, Michael E. Zolensky, David R. Frank, James Martinez, Akira Tsuchiyama, Masahiro Yasutake, Junya Matsuno, Shota Okumura, Itaru Mitsukawa, Kentaro Uesugi, Masayuki Uesugi, Akihisa Takeuchi, Mingqi Sun, Satomi Enju, Aki Takigawa, Tatsuhiko Michikami, Tomoki Nakamura, Megumi Matsumoto, Yusuke Nakauchi, Masanao Abe, Masahiko Arakawa*, Atsushi Fujii, Masahiko Hayakawa, Naru Hirata, Naoyuki Hirata*, Rie Honda, Chikatoshi Honda, Satoshi Hosoda, Yu-ichi Iijima, Hitoshi Ikeda, Masateru Ishiguro, Yoshiaki Ishihara, Takahiro Iwata, Kousuke Kawahara, Shota Kikuchi, Kohei Kitazato, Koji Matsumoto, Moe Matsuoka, Yuya Mimasu, Akira Miura, Tomokatsu Morota, Satoru Nakazawa, Noriyuki Namiki, Hirotomo Noda, Rina Noguchi, Naoko Ogawa, Kazunori Ogawa, Tatsuaki Okada, Chisato Okamoto, Go Ono, Masanobu Ozaki, Takanao Saiki, Naoya Sakatani, Hirotaka Sawada, Hiroki Senshu, Yuri Shimaki, Kei Shirai, Seiji Sugita, Yuto Takei, Hiroshi Takeuchi, Satoshi Tanaka, Eri Tatsumi, Fuyuto Terui, Ryudo Tsukizaki, Koji Wada, Manabu Yamada, Tetsuya Yamada, Yukio Yamamoto, Hajime Yano, Yasuhiro Yokota, Keisuke Yoshihara, Makoto Yoshikawa, Kent Yoshikawa, Ryohta Fukai, Shizuho Furuya, Kentaro Hatakeda, Tasuku Hayashi, Yuya Hitomi, Kazuya Kumagai, Akiko Miyazaki, Aiko Nakato, Masahiro Nishimura, Hiromichi Soejima, Ayako I. Suzuki, Tomohiro Usui, Toru Yada, Daiki Yamamoto,

- Kasumi Yogata, Miwa Yoshitake, Harold C. Connolly, Dante S. Lauretta, Hisayoshi Yurimoto, Kazuhide Nagashima, Noriyuki Kawasaki, Naoya Sakamoto, Ryuji Okazaki, Hikaru Yabuta, Hiroshi Naraoka, Kanako Sakamoto, Shogo Tachibana, Sei-ichiro Watanabe, Yuichi Tsuda “A dehydrated space-weathered skin cloaking the hydrated interior of Ryugu” Springer Science and Business Media LLC, 2022.12, 7, pp170-181
- Naoto K.Inoue, “Quantitative evaluation of the effects of bycatch on native species using mathematical models”, *Ecological Modelling*, 2022.12, 110153
 - Hiroshi Naraoka, Yoshinori Takano, Jason P. Dworkin, Yasuhiro Oba, Kenji Hamase, Aogu Furusho, Nanako O. Ogawa, Minako Hashiguchi, Kazuhiko Fukushima, Dan Aoki, Philippe Schmitt-Kopplin, José C. Aponte, Eric T. Parker, Daniel P. Glavin, Hannah L. McLain, Jamie E. Elsil, Heather V. Graham, John M. Eiler, Francois-Regis Orthous-Daunay, Cédric Wolters, Junko Isa, Véronique Vuitton, Roland Thissen, Saburo Sakai, Toshihiro Yoshimura, Toshiki Koga, Naohiko Ohkouchi, Yoshito Chikaraishi, Haruna Sugahara, Hajime Mita, Yoshihiro Furukawa, Norbert Hertkorn, Alexander Ruf, Hisayoshi Yurimoto, Tomoki Nakamura, Takaaki Noguchi, Ryuji Okazaki, Hikaru Yabuta, Kanako Sakamoto, Shogo Tachibana, Harold C. Connolly, Dante S. Lauretta, Masanao Abe, Toru Yada, Masahiro Nishimura, Kasumi Yogata, Aiko Nakato, Miwa Yoshitake, Ayako Suzuki, Akiko Miyazaki, Shizuho Furuya, Kentaro Hatakeda, Hiromichi Soejima, Yuya Hitomi, Kazuya Kumagai, Tomohiro Usui, Tasuku Hayashi, Daiki Yamamoto, Ryota Fukai, Kohei Kitazato, Seiji Sugita, Noriyuki Namiki, Masahiko Arakawa*, Hitoshi Ikeda, Masateru Ishiguro, Naru Hirata, Koji Wada, Yoshiaki Ishihara, Rina Noguchi, Tomokatsu Morota, Naoya Sakatani, Koji Matsumoto, Hiroki Senshu, Rie Honda, Eri Tatsumi, Yasuhiro Yokota, Chikatoshi Honda, Tatsuhiro Michikami, Moe Matsuoka, Akira Miura, Hiroto Noda, Tetsuya Yamada, Keisuke Yoshihara, Kosuke Kawahara, Masanobu Ozaki, Yu-ichi Iijima, Hajime Yano, Masahiko Hayakawa, Takahiro Iwata, Ryudo Tsukizaki, Hiroataka Sawada, Satoshi Hosoda, Kazunori Ogawa, Chisato Okamoto, Naoyuki Hirata*, Kei Shirai, Yuri Shimaki, Manabu Yamada, Tatsuaki Okada, Yukio Yamamoto, Hiroshi Takeuchi, Atsushi Fujii, Yuto Takei, Kento Yoshikawa, Yuya Mimasu, Go Ono, Naoko Ogawa, Shota Kikuchi, Satoru Nakazawa, Fuyuto Terui, Satoshi Tanaka, Takanao Saiki, Makoto Yoshikawa, Sei-ichiro Watanabe, Yuichi Tsuda “Soluble organic molecules in samples of the carbonaceous asteroid (162173) Ryugu” *American Association for the Advancement of Science (AAAS)*, 2023.2, 379, 6634
 - Hikaru Yabuta, George D. Cody, Cécile Engrand, Yoko Kebukawa, Bradley De Gregorio, Lydie Bonal, Laurent Remusat, Rhonda Stroud, Eric Quirico, Larry Nittler, Minako Hashiguchi, Mutsumi Komatsu, Taiga Okumura, Jérémie Mathurin, Emmanuel Dartois, Jean Duprat, Yoshio Takahashi, Yasuo Takeichi, David Kilcoyne, Shohei Yamashita, Alexandre Dazzi, Ariane Deniset-Besseau, Scott Sandford, Zita Martins, Yusuke Tamenori, Takuji Ohigashi, Hiroki Suga, Daisuke Wakabayashi, Maximilien Verdier-Paoletti, Smail Mostefaoui, Gilles Montagnac, Jens Barosch, Kanami Kamide,

Miho Shigenaka, Laure Bejach, Megumi Matsumoto, Yuma Enokido, Takaaki Noguchi, Hisayoshi Yurimoto, Tomoki Nakamura, Ryuji Okazaki, Hiroshi Naraoka, Kanako Sakamoto, Harold C. Connolly, Dante S. Lauretta, Masanao Abe, Tatsuaki Okada, Toru Yada, Masahiro Nishimura, Kasumi Yogata, Aiko Nakato, Miwa Yoshitake, Ayako Iwamae, Shizuho Furuya, Kentaro Hatakeda, Akiko Miyazaki, Hiromichi Soejima, Yuya Hitomi, Kazuya Kumagai, Tomohiro Usui, Tasuku Hayashi, Daiki Yamamoto, Ryota Fukai, Seiji Sugita, Kohei Kitazato, Naru Hirata, Rie Honda, Tomokatsu Morota, Eri Tatsumi, Naoya Sakatani, Noriyuki Namiki, Koji Matsumoto, Rina Noguchi, Koji Wada, Hiroki Senshu, Kazunori Ogawa, Yasuhiro Yokota, Yoshiaki Ishihara, Yuri Shimaki, Manabu Yamada, Chikatoshi Honda, Tatsuhiro Michikami, Moe Matsuoka, Naoyuki Hirata*, Masahiko Arakawa*, Chisato Okamoto, Masateru Ishiguro, Ralf Jaumann, Jean-Pierre Bibring, Matthias Grott, Stefan Schröder, Katharina Otto, Cedric Pilorget, Nicole Schmitz, Jens Biele, Tra-Mi Ho, Aurélie Moussi-Soffys, Akira Miura, Hirotomo Noda, Tetsuya Yamada, Keisuke Yoshihara, Kosuke Kawahara, Hitoshi Ikeda, Yukio Yamamoto, Kei Shirai, Shota Kikuchi, Naoko Ogawa, Hiroshi Takeuchi, Go Ono, Yuya Mimasu, Kent Yoshikawa, Yuto Takei, Atsushi Fujii, Yu-ichi Iijima, Satoru Nakazawa, Satoshi Hosoda, Takahiro Iwata, Masahiko Hayakawa, Hirotaka Sawada, Hajime Yano, Ryudo Tsukizaki, Masanobu Ozaki, Fuyuto Terui, Satoshi Tanaka, Masaki Fujimoto, Makoto Yoshikawa, Takanao Saiki, Shogo Tachibana, Sei-ichiro Watanabe, Yuichi Tsuda “Macromolecular organic matter in samples of the asteroid (162173) Ryugu” American Association for the Advancement of Science (AAAS), 2023.2, 379, 6634

- Ryuji Okazaki, Bernard Marty, Henner Busemann, Ko Hashizume, Jamie D. Gilmour, Alex Meshik, Toru Yada, Fumio Kitajima, Michael W. Broadley, David Byrne, Evelyn Füre, My E. I. Riebe, Daniela Krietsch, Colin Maden, Akizumi Ishida, Patricia Clay, Sarah A. Crowther, Lydia Fawcett, Thomas Lawton, Olga Pravdivtseva, Yayoi N. Miura, Jisun Park, Ken-ichi Bajo, Yoshinori Takano, Keita Yamada, Shinsuke Kawagucci, Yohei Matsui, Mizuki Yamamoto, Kevin Richter, Saburo Sakai, Naoyoshi Iwata, Naoki Shirai, Shun Sekimoto, Makoto Inagaki, Mitsuru Ebihara, Reika Yokochi, Kunihiko Nishiizumi, Keisuke Nagao, Jong Ik Lee, Akihiro Kano, Marc W. Caffee, Ryu Uemura, Tomoki Nakamura, Hiroshi Naraoka, Takaaki Noguchi, Hikaru Yabuta, Hisayoshi Yurimoto, Shogo Tachibana, Hirotaka Sawada, Kanako Sakamoto, Masanao Abe, Masahiko Arakawa*, Atsushi Fujii, Masahiko Hayakawa, Naoyuki Hirata*, Naru Hirata, Rie Honda, Chikatoshi Honda, Satoshi Hosoda, Yu-ichi Iijima, Hitoshi Ikeda, Masateru Ishiguro, Yoshiaki Ishihara, Takahiro Iwata, Kosuke Kawahara, Shota Kikuchi, Kohei Kitazato, Koji Matsumoto, Moe Matsuoka, Tatsuhiro Michikami, Yuya Mimasu, Akira Miura, Tomokatsu Morota, Satoru Nakazawa, Noriyuki Namiki, Hirotomo Noda, Rina Noguchi, Naoko Ogawa, Kazunori Ogawa, Tatsuaki Okada, Chisato Okamoto, Go Ono, Masanobu Ozaki, Takanao Saiki, Naoya Sakatani, Hiroki Senshu, Yuri Shimaki, Kei Shirai, Seiji Sugita, Yuto Takei, Hiroshi Takeuchi, Satoshi Tanaka, Eri Tatsumi, Fuyuto Terui, Ryudo Tsukizaki, Koji Wada, Manabu Yamada,

Tetsuya Yamada, Yukio Yamamoto, Hajime Yano, Yasuhiro Yokota, Keisuke Yoshihara, Makoto Yoshikawa, Kent Yoshikawa, Shizuho Furuya, Kentaro Hatakeda, Tasuku Hayashi, Yuya Hitomi, Kazuya Kumagai, Akiko Miyazaki, Aiko Nakato, Masahiro Nishimura, Hiromichi Soejima, Ayako Iwamae, Daiki Yamamoto, Kasumi Yogata, Miwa Yoshitake, Ryota Fukai, Tomohiro Usui, Harold C. Connolly, Dante Lauretta, Sei-ichiro Watanabe, Yuichi Tsuda “Noble gases and nitrogen in samples of asteroid Ryugu record its volatile sources and recent surface evolution” American Association for the Advancement of Science (AAAS), 2023.2, 379, 6634

- Tetsuya Yokoyama, Kazuhide Nagashima, Izumi Nakai, Edward D. Young, Yoshinari Abe, Jérôme Aléon, Conel M. O’D. Alexander, Sachiko Amari, Yuri Amelin, Ken-ichi Bajo, Martin Bizzarro, Audrey Bouvier, Richard W. Carlson, Marc Chaussidon, Byeon-Gak Choi, Nicolas Dauphas, Andrew M. Davis, Tommaso Di Rocco, Wataru Fujiya, Ryota Fukai, Ikshu Gautam, Makiko K. Haba, Yuki Hibiya, Hiroshi Hidaka, Hisashi Homma, Peter Hoppe, Gary R. Huss, Kiyohiro Ichida, Tsuyoshi Iizuka, Trevor R. Ireland, Akira Ishikawa, Motoo Ito, Shoichi Itoh, Noriyuki Kawasaki, Noriko T. Kita, Kouki Kitajima, Thorsten Kleine, Shintaro Komatani, Alexander N. Krot, Ming-Chang Liu, Yuki Masuda, Kevin D. McKeegan, Mayu Morita, Kazuko Motomura, Frédéric Moynier, Ann Nguyen, Larry Nittler, Morihiko Onose, Andreas Pack, Changkun Park, Laurette Piani, Liping Qin, Sara S. Russell, Naoya Sakamoto, Maria Schönбächler, Lauren Tafla, Haolan Tang, Kentaro Terada, Yasuko Terada, Tomohiro Usui, Sohei Wada, Meenakshi Wadhwa, Richard J. Walker, Katsuyuki Yamashita, Qing-Zhu Yin, Shigekazu Yoneda, Hiroharu Yui, Ai-Cheng Zhang, Harold C. Connolly, Dante S. Lauretta, Tomoki Nakamura, Hiroshi Naraoka, Takaaki Noguchi, Ryuji Okazaki, Kanako Sakamoto, Hikaru Yabuta, Masanao Abe, Masahiko Arakawa*, Atsushi Fujii, Masahiko Hayakawa, Naoyuki Hirata*, Naru Hirata, Rie Honda, Chikatoshi Honda, Satoshi Hosoda, Yu-ichi Iijima, Hitoshi Ikeda, Masateru Ishiguro, Yoshiaki Ishihara, Takahiro Iwata, Kosuke Kawahara, Shota Kikuchi, Kohei Kitazato, Koji Matsumoto, Moe Matsuoka, Tatsuhiro Michikami, Yuya Mimasu, Akira Miura, Tomokatsu Morota, Satoru Nakazawa, Noriyuki Namiki, Hirotomo Noda, Rina Noguchi, Naoko Ogawa, Kazunori Ogawa, Tatsuaki Okada, Chisato Okamoto, Go Ono, Masanobu Ozaki, Takanao Saiki, Naoya Sakatani, Hirotaka Sawada, Hiroki Senshu, Yuri Shimaki, Kei Shirai, Seiji Sugita, Yuto Takei, Hiroshi Takeuchi, Satoshi Tanaka, Eri Tatsumi, Fuyuto Terui, Yuichi Tsuda, Ryudo Tsukizaki, Koji Wada, Sei-ichiro Watanabe, Manabu Yamada, Tetsuya Yamada, Yukio Yamamoto, Hajime Yano, Yasuhiro Yokota, Keisuke Yoshihara, Makoto Yoshikawa, Kent Yoshikawa, Shizuho Furuya, Kentaro Hatakeda, Tasuku Hayashi, Yuya Hitomi, Kazuya Kumagai, Akiko Miyazaki, Aiko Nakato, Masahiro Nishimura, Hiromichi Soejima, Ayako Suzuki, Toru Yada, Daiki Yamamoto, Kasumi Yogata, Miwa Yoshitake, Shogo Tachibana, Hisayoshi Yurimoto “Samples returned from the asteroid Ryugu are similar to Ivuna-type carbonaceous meteorites” American Association for the Advancement of Science (AAAS), 2023.2, 379, 6634

- Karen Olsson-Francis, Peter T. Doran, Vyacheslav Ilyin, Francois Raulin, Petra Rettberg, Gerhard Kminek, María-Paz Zorzano Mier, Athena Coustenis, Niklas Hedman, Omar Al Shehhi, Eleonora Ammannito, James Bernardini, Masaki Fujimoto, Olivier Grasset, Frank Groen, Alex Hayes, Sarah Gallagher, Praveen Kumar K, Christian Mustin, Akiko Nakamura*, Elaine Seasly, Yohey Suzuki, Jing Peng, Olga Prieto-Ballesteros, Silvio Sinibaldi, Kanyan Xu, Maxim Zaitsev “The COSPAR Planetary Protection Policy for robotic missions to Mars: A review of current scientific knowledge and future perspectives” *Life Sciences in Space Research*, 2023.2, Vol.36, pp27-35
- Yoshiyuki O. Takahashi*, Yoshi-Yuki Hayashi*, George L. Hashimoto, Kiyoshi Kuramoto, Masaki Ishiwatari “Development of a Line-by-line and a Correlated k-distribution Radiation Models for Planetary Atmospheres” *Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II*, 2023.2, 101, pp39-66
- Daichi Moriwaki, Kuriki Murahashi, Masaki Ishiwatari, Yoshi-Yuki Hayashi*, Ko-ichiro Sugiyama, "Development of a visualization tool for huge numerical simulation data of planetary atmospheres: Implementation of switching between map projections", *JAXA Research and Development Report: Journal of Space Science Informatics Japan: Volume 12*, 2023.2, JAXA-RR-22-009, 41 - 49
- Norihiko Sugimoto, Yukiko Fujisawa, Nobumasa Komori, Hiroki Kashimura*, Masahiro Takagi, Yoshihisa Matsuda “Super-rotation independent of horizontal diffusion reproduced in a Venus GCM” *Earth, Planets and Space*, 2023.3, 75, (1), 44
- Naoyuki Hirata* “Secondary Cratering From Rheasilvia as the Possible Origin of Vesta's Equatorial Troughs” *Journal of Geophysical Research: Planets*, 2023.3, 128(3)
- Yuuya Nagaashi, Akiko M. Nakamura* “High mobility of asteroid particles revealed by measured cohesive force of meteorite fragments” *Science Advances*, 2023.3, Vol.9, 11

[著書]

著 書：「高圧力の科学・技術事典」（分担執筆）

著者名：入船 徹男，舟越 賢一，近藤 忠，関根 利守，清水 克哉，長谷川 正，保科 貴亮，木村 佳文，加藤 稔，松木 均，中村 昭子*

巻， ページ：ISBN9784254102970

発行所， 発行年：朝倉書店， 2022.11

[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: 36,790千円

研究種目: 新学術領域研究(研究領域提案型)

代表者名: 中村 昭子

研究課題名: ダスト付着力のサイズ・組成依存性と衝突過程の実験的研究

受入金額: 3,640千円

研究種目: 新学術領域研究(研究領域提案型)

代表者名: 大槻 圭史

研究課題名: 巨大惑星近傍でのガスと固体粒子の相互作用

受入金額: 2,600千円

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: 18,060千円

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: 4,810千円

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: 4,420千円

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: 4,420千円

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: 1,170千円

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：1,170千円

研究種目：基盤研究（C）
代表者名：樫村 博基
研究課題名：非静力学金星大気大循環モデルの開発と雲層大規模構造における熱対流の役割解明
受入金額：650千円

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：8,190千円

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：1,950千円

研究種目：若手研究
代表者名：平田 直之
研究課題名：はやぶさ2画像データをつかった、現在・過去の自転状態の解析と表層進化の解明
受入金額：390千円

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：1,330千円

研究種目：若手研究
代表者名：細野 七月
研究課題名：原始地球のマグマオーシャンが、巨大衝突と地球-月系の形成に与える影響の評価
受入金額：263千円

○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（A）
代表者名：荒川 政彦（神戸大学） 分担者：保井 みなみ
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：455千円

研究種目：基盤研究（B）
代表者名：土井 妙子（金沢大学） 分担者：牧野 淳一郎
研究課題名：「福島を伝える」ICT教材開発と評価
受入金額：390千円

研究種目：基盤研究（B）

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：地球型系外惑星の気候多様性の解明および気候状態に基づく惑星緒量の推定

受入金額：65千円

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：130千円

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：325千円

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：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：325千円

研究種目：基盤研究（C）

代表者名：馬場 淳一（国立天文台） 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：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：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

- 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：牧野 淳一郎 分担者：林 祥介
研究題目：「富岳」成果創出加速プログラム「宇宙の構造形成と進化から惑星表層環境変動までの統一的描像の構築」
受入金額：39,043 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：60,000 千円

- 外部資金名：受託研究 国立研究開発法人新エネルギー産業技術総合開発機構
代表者名：牧野 淳一郎
研究題目：高効率・高速処理を可能とする AI チップ・次世代コンピューティングの技術開発
革新的 AI エッジコンピューティング技術の開発・FPGA IP と可変精度演算コア
の融合による超低消費電力エッジヘビーコンピューティング向け SoC の研究開発
受入金額：51,096 千円

- 外部資金名：受託研究 宇宙航空研究開発機構
代表者名：荒川 政彦
研究題目：HTV-XG 構造評価に向けた高速衝突試験の実施
受入金額：4,576 千円

- 外部資金名：受託事業
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：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：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：樫村 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：10,010千円

- 外部資金名：寄附金
代表者名：大道 英二
研究題目：日本板硝子材料工学研究助成金
受入金額：1,000 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）

神戸大学学長表彰

（授与機関名：国立大学法人神戸大学，対象研究テーマ：財務上の貢献）

受賞者名：林 祥介、牧野 淳一郎 受賞年月：令和4年10月28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）

研究集会名：データ同化レクチャー

開催日：2022年4月28日

場所：惑星科学研究センター

研究集会名：地球デジタルツインの動向に関するワークショップ

開催日：2022年8月18日

場所：オンライン

研究集会名：FDPS 講習会（C++、Fortran 対応）

開催日：2022年9月9日

場所：オンライン

研究集会名：第16回アクセラレーション技術発表討論会「高度計算科学の現状と未来」

開催日：2022年9月16日

場所：惑星科学研究センター

研究集会名：惑星科学フロンティアセミナー2022

開催日：2022年9月26日-29日

場所：剣淵温泉レークサイド桜岡

研究集会名：惑星大気研究会（WTK）第117回オンラインセミナー

開催日：2022年11月8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：2022年11月16日

場所：オンライン

研究集会名：「富岳で加速する素粒子・原子核・宇宙・惑星」シンポジウム

開催日：2022年12月12日-13日

場所：惑星科学研究センター

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：2022年12月21日

場所：オンライン

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1月24日
場所：京都産業大学

研究集会名：第18回 High Performance Computing Physics(HPC-Phys 勉強会)
開催日：2023年2月8日
場所：惑星科学研究センター

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～次世代高性能計算基盤の開発に向けて～
開催日：2023年2月22日
場所：オンライン

研究集会名：CPS&ABC ワークショップ「地球型惑星の気候を地球古気候研究から考える」
開催日：2023年3月10日
場所：惑星科学研究センター

研究集会名：金星大気の観測・シミュレーション・データ同化に関する研究会
開催日：2023年3月27日-28日
場所：惑星科学研究センター

研究集会名：地球流体データ解析・数値計算ワークショップ
開催日：2023年3月29日-30日
場所：北海道大学 理学部8号館コスモスタジオ

(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]

・斎藤 貴之

「新しい高精度シミュレーションが明らかにした星団形成の現場」 2022.6.8

・樫村 博基

「金星気象データセットを世界で初めて作成－金星探査機「あかつき」観測データの新しい活用－」
2022.9.2

・牧野 淳一郎, 斎藤 貴之

「貴金属に富んだ星々は100億歳 世界最高解像度天の川銀河シミュレーションに成功」
2022.11.14

・中村 昭子

「隕石破片の付着力は弱く大きさに依らない－小惑星表面で粒子が動きやすいことを示唆－」
2023.3.22

[解説・記事]

- ・牧野 淳一郎「3.11 以後の科学リテラシー(no.112)」(特集 原発事故と小児甲状腺がん)
科学 92 巻 4 号 pp336-341 2022.4
- 「3.11 以後の科学リテラシー(no.113)」 科学 92 巻 5 号 pp407-410 2022.5
- 「3.11 以後の科学リテラシー(no.114)」 科学 92 巻 7 号 pp666-668 2022.7
- 「3.11 以後の科学リテラシー(no.115)」 科学 92 巻 8 号 pp762-764 2022.8
- 「3.11 以後の科学リテラシー(no.116)」 科学 92 巻 9 号 pp854-856 2022.9
- 「3.11 以後の科学リテラシー(no.117)」 科学 92 巻10 号 pp941-943 2022.10
- 「3.11 以後の科学リテラシー(no.118)」 科学 92 巻11 号 pp1026-1029 2022.11
- 「3.11 以後の科学リテラシー(no.119)」 科学 92 巻12 号 pp1109-1111 2022.12
- 「3.11 以後の科学リテラシー(no.120)」 科学 93 巻 1 号 pp78-81 2023.1
- 「3.11 以後の科学リテラシー(no.121)」 科学 93 巻 2 号 pp182-184 2023.2
- 「3.11 以後の科学リテラシー(no.122)」 科学 93 巻 3 号 pp275-278 2023.3

- ・林 祥介「電子計算機が拓いた理論的気象気候研究」(特集 気候シミュレーションの展開)
科学 92 巻 5 号 pp432-435 2022.5

- ・牧野 淳一郎「計算で作る宇宙」(特集 計算で作る宇宙) 科学 92 巻6 号 pp520-521 2022.6

- ・小久保 英一郎, 石城 陽太, 柴田 雄, 細野 七月「惑星を作る実験」(特集 計算で作る宇宙)
科学 92 巻 6 号 pp536-540 2022.6

- ・樫村 博基「金星大気の大規模現象」(特集 計算で作る宇宙)
科学 92 巻 6 号 pp546-549 2022.6

- ・斎藤 貴之, 藤井 通子「銀河形成,星・星団形成」(特集 計算で作る宇宙)
科学 92 巻 6 号 pp550-554 2022.6

[その他取材協力]

- ・牧野 淳一郎
BS フジ「ガリレオ X 天文学を変えた計算機 GRAPE 手作りスーパーコンピュータ開発物語」
2022.4.24 放送、2022.5.1 再放送

- ・樫村 博基
計算基礎科学連携拠点 月刊 JICFuS ムービー「火星の大気シミュレーションと「富岳」」
2022.12.5

- ・樫村 博基
理学部模擬授業「惑星天気予報：金星は今日も曇り、火星は砂嵐でしょう」2023.1.6

- ・牧野 淳一郎
NHK「NHK スペシャル 半導体 大競争時代 第2回日本は生き残れるか」2023.1.29 放送

令和 4 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	数理・データサイエンスセンター 理学研究科 化学専攻 木村 建次郎
入居室番号	本館 108 号室、205 号室、206 号室、207 号室 アネックス 404 号室
外 部 資 金 獲 得 実 績	科学研究費補助金 19,029 千円, 受託研究経費 27,296 千円 奨学寄附金 10,756 千円, 共同研究経費 8,073 千円
特許出願件数	7 件, 論文発表件数 2 件, 著書数 8 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合計とする。
(間接費含む)

* 論文発表については令和 5 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

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
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 庸	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
木村 憲明	(株) Integral Geometry Science	サブサーフェスイメージング装置開発
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 FC・EV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

3. 研究成果の概要等について

1. プロジェクト全体の概要

本研究では、物体表面で得られる散乱場の観測結果から物体内部の構造や現象を逆解析し、映像化する世界初のイメージングの数理とテクノロジーを創出する。従来の散乱場の逆解析では、膨大な計算時間を要するにもかかわらず、解が一意に収束しないという重大な課題があった。我々の研究グループは、波動散乱の因果関係を示す波動の送信点と受信点を、物体内部に概念的に拡張し、送信点、散乱点、受信点によって表現される散乱場関数が満たされるべき基礎方程式を導出、これを解析的に解き、“計測データである境界値を用いて表現される解“に対して時間と空間の極限操作を施すことで、物体内部の構造に対応する映像化関数を導く、”散乱場理論“を確立した。これにより、低エネルギー帯の波動を用いて、異種物質の界面で生じる波動の散乱から、物体内部の構造を映像化可能になる。また、本理論によると、共焦点方式のトモグラフィ法では映像化が困難な、物体の陰の構造を撮像可能になり、従来のトモグラフィ技術に革新がもたらされる。

我々は本理論を基盤とし、デンスブレスト内の乳がんの早期発見するマイクロ波マンモグラフィ、老朽化したコンクリート構造物の非破壊検査、リチウムイオン蓄電池の発火を未然に防止する蓄電池非破壊検査装置、通行人に気づかれることなく拳銃や刃物などの危険物所持者を特定する防犯セキュリティゲートなど、様々な社会問題を解決に導く新たな計測技術を創出する。

A02-4 散乱理論・散乱イメージング理論の構築

○ 誘電分散を考慮した散乱イメージング理論の開発と実証の完了
 媒質の誘電分散を取り入れることでコントラスト比の向上

$$\phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2, \omega) = \iint_D \frac{e^{ik\rho_1}}{\rho_1} \frac{e^{ik\rho_2}}{\rho_2} \varepsilon(\xi, \eta, \zeta) d\xi d\eta d\zeta$$

$$\rho_1 = \sqrt{(x-\xi)^2 + (y_1-\eta)^2 + (z_1-\zeta)^2}$$

$$\rho_2 = \sqrt{(x-\xi)^2 + (y_2-\eta)^2 + (z_2-\zeta)^2}$$

$$\left[\frac{1}{4} \Delta_5^2 - (ik)^2 \partial_x^2 - (\partial_{y_1}^2 + \partial_{z_1}^2)(\partial_{y_2}^2 + \partial_{z_2}^2) \right] \phi = 0$$

$$\Delta_5 = \partial_x^2 + \partial_{y_1}^2 + \partial_{y_2}^2 + \partial_{z_1}^2 + \partial_{z_2}^2$$

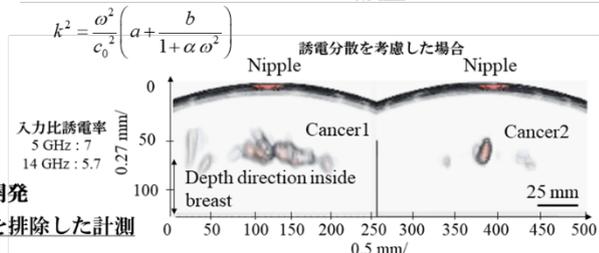
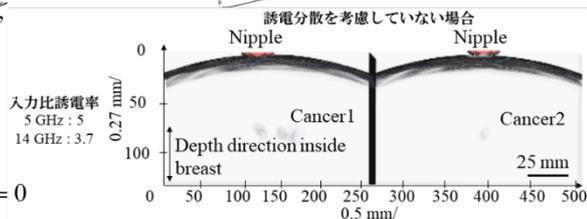
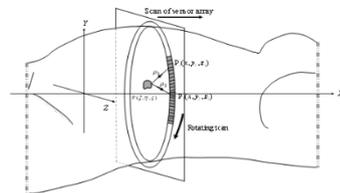
$$\rho(x, y, z) = \int_{-\infty}^{\infty} \phi(x, y, z, k) d\omega$$

○ 多重散乱を考慮した散乱イメージング理論の開発

前方散乱, 後方散乱の計測結果から多重散乱効果を排除した計測

研究公表

[1] Kenjiro Kimura, Noriaki Kimura, "Inverse Scattering filed theory". 京都大学数理解析研究所講義録, No.2186, (2021). [2] Kenjiro Kimura. "New imaging and development of optimal screening system", Kyoto Breast Cancer Consensus Conference 2021, Evening Lecture, 2021.1.23. [3] Kenjiro Kimura "Discovering a theory to visualize the world", Nature Vol.588, pp.S124-S125, 2020.12.10. [4] 特許第ZL201680059162.X号(中国): 木村建次郎, 木村憲明「画像化方法および画像化装置」国立大学法人神戸大学, 株式会社Integral Geometry Science, 国際出願2016年・国際公開2017年・登録2021年. [5] 特許第15/775905号(アメリカ): 木村建次郎, 木村憲明「観測方法および観測装置」国立大学法人神戸大学, 株式会社Integral Geometry Science, 国際出願2016年・国際公開日2017年・登録2021年. [6] 特許第3450970号(欧州: ベルギー, フランス, ドイツ, オランダ, スウェーデン, イギリス): 木村建次郎, 木村憲明「計測装置および計測方法」国立大学法人神戸大学, 株式会社Integral Geometry Science, 国際出願2017年・国際公開日2017年・登録2021年.



2. 研究成果の概要

2.1. マイクロ波マンモグラフィ

本研究では、世界初のマイクロ波マンモグラフィにおける良性疾患の検出に関する調査を目的とする。マイクロ波マンモグラフィは、乳房内組織の誘電率勾配分布画像を計測する機器であり、正常組織と異常組織の誘電率の違いを可視化する。これまでの研究では、マイクロ波帯では、脂肪組織と乳がん組織の誘電率が異なることが確認されているが、良性疾患の種別に関する詳細な調査はまだ実施されていない。良性疾患は悪性化する可能性があることから、乳がん発症前にそのリスクを検出することは重要となる。

本研究において、マイクロ波マンモグラフィを用いて正常組織と異常組織の誘電率の違いをより鮮明に映像化するために、誘電分散を考慮した散乱場理論の研究を実施し、本理論を基にした断層映像化の実証試験に成功した。誘電分散を考慮すべきは、特に生体における水のように、波長に対して十分マイクロなスケールで、媒質の中に均一に取り込まれている場合であり、周波数に応じて波動の伝搬速度が異なり、結果として媒質深部における空間分解能が劣化する。我々は、波動散乱の逆問題を世界で初めて解析的に解くことに成功しており、この解を用いることで、超音波エコー等の従来のレーダでは原理的に観測が不可能な、物体の裏側の構造を映像化可能になる。本年度は、脂肪組織の内部に、乳房のように水が均質に分散された測定対象において、デバイ理論に基づく誘電分散の式を散乱場理論に組み込むことで、乳房内部の高い誘電率を示す領域が明瞭に映像化できることを示した。

2.2. インフラ検査

昭和 40 年以降の高度経済成長期に建造された大量のコンクリート構造物が、老朽化にともない更新の必要性が高まっているが、昨今の公共工事縮小などにより如何に維持管理していくかが重大課題となっている。コンクリート構造物の強度低下の一因に鉄筋腐食や破断があるが、それらの従来検査方法として、“鉄筋の表面電位を測定して腐食の状態を判断する自然電位法”や、“破断部での磁気乱れを測定する磁気法”がある。しかしながら、電極接続のための鉄筋の削りだしや、鉄筋直上で磁気測定をするための事前の配筋調査などの作業労力が大きく、大規模のコンクリート構造物を診断する方法には適していない。効率的に鉄筋腐食や破断を診断するために、本研究では、鉄と酸化鉄の磁性の違いに着目した、完全非破壊でコンクリート内部の鉄筋の腐食や破断を映像化することが可能な世界初の数学的原理に基づいた鉄筋腐食非破壊映像化システムを開発する。

本年度は様々な条件の測定結果を蓄積するため、国内大手建設会社らの協力を得て実際に使用されている鉄筋コンクリート建造物の実地試験を行った。本実地試験のため新規に開発した片手ハンディスキャンタイプの検査装置及び実際の測定の様子である。センサを 32 チャンネルに変更し、手持ちが可能なサイ

ズ・重量にすることで壁面や天井の測定を実現している。この装置にはロータリーエンコーダーが搭載されており、位置情報が逐次記録されるため、壁面を滑らせるだけで検査が可能である。このように本開発システムは測定箇所に適した形状への変更が可能であり、商用化の際には現場検査員の要望に応じた形状での販売を検討している。

2.3. 蓄電池検査

脱炭素社会に向けた自然エネルギーの利用への関心の高まりや電気自動車の急速な普及に伴い、次世代高エネルギー密度蓄電池に注目が集まっている。こうした二次電池は蓄積できるエネルギー密度が高く、電力の安定供給に欠かせない反面、エージング試験の良品基準（自己放電が 10 mV/day 以下）を満たした蓄電池における発煙や発火などの人命にかかわる事故も多数報告されている。本研究では、短絡、発火、性能劣化の原因となる蓄電池内部の発電、電流の空間的均一性を評価するために、世界初の逆問題の解析的理論を基にした蓄電池検査システムの開発し、次世代型高エネルギー密度蓄電池の安全性向上と普及による環境に配慮した社会の実現に貢献する。

これまでの研究において、磁気センサの性能向上、静的フィードバック方式の開発、センサヘッドの放熱機構の改良を実施し、エージング試験の良品基準を満たした蓄電池の良否判定が可能となった。製造ラインへの導入において重要となる、検査装置の連続稼働時間についても、数百時間を超えている。また、蓄電池製造ラインへの導入に向けて、P 社、T 社、T 社、A 社の他数社の電池品質管理、故障解析部門の責任者らと綿密な情報交換を実施している。

2.4. 防犯セキュリティゲート

世界情勢の不安定化により、世界各地の治安が急激に悪化している。本研究では、行き交う全てのヒトの銃砲刀剣類所持を犯罪者に気付かれることなく透視、監視する“床下に設置するウォークスルーセキュリティシステム”を実用化し、テロ未然防止、治安改善/維持に貢献する。本技術の核となる世界初の電磁場の逆解析理論、量子センシングにより、従来技術では不可能であった、体表体内、所持ケース内の銃砲刀剣類を高速映像化することが可能である。

これまで静的な磁場は著しく距離減衰する為、ぼやけた空間的特徴のない画像しか得ることができなかった。我々の研究グループでは、磁気発生源の構造を映像化する理論を世界で初めて開発し、明瞭な画像を得ることに成功している。本研究では、床上に設置するゲート型のセキュリティ試作機の開発を行い、鉄道会社協力のもと実地試験を行った結果、銃の検知率は 100 %、特異度は 97%であった。

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]

論文名：Development of multistatic scattering field theory and actualization of microwave mammography

著者名： Kenjiro Kimura, Ayaka Hirai, Akari Inagaki, Yoshiharu Nakashima, Takayoshi Yumii, Noriaki Kimura

掲載誌，巻，ページ：JSMI Report, Vol15 No.2, PP.17-24, 2022 年

論文名： Scattering Field Theory in Medium with Dielectric Dispersion

著者名： 松田聖樹，鈴木章吾，美馬勇輝，木村憲明，木村建次郎

掲載誌，巻，ページ：X線 EUV 結像光学ニューズレター，Vol. 55 pp.5-11 2022 年

[著書]

著 書：波動散乱逆問題の解析解とマイクロ波マンモグラフィの実現

著者名：木村 建次郎

巻，ページ：學士會会報 第 955 号

発行所，発行年：一般社団法人学士会，2022 年

著 書：リチウムイオン電池非破壊画像診断技術を生み出した「みえないものを診る」理論

著者名：木村 建次郎

巻，ページ：ニューリーダー 第3号 pp30-33

発行所，発行年：はあと出版株式会社，2023 年

[特許]

発明等の名称：外場応答分布可視化装置及び外場応答分布可視化方法

出願者：株式会社 Integral Geometry Science、国立大学法人神戸大学

発明者：木村建次郎、木村憲明、美馬勇輝、鈴木章吾

出願日：欧州 2022 年 5 月 10 日

出願番号： 20894576.6

発明等の名称：外場応答分布可視化装置及び外場応答分布可視化方法

出願者：株式会社 Integral Geometry Science、国立大学法人神戸大学

発明者：木村建次郎、木村憲明、美馬勇輝、鈴木章吾

出願日：米国 2022年5月11日

出願番号：17/776121

発明等の名称：外場応答分布可視化装置及び外場応答分布可視化方法

出願者：株式会社 Integral Geometry Science、国立大学法人神戸大学

発明者：木村建次郎、木村憲明、美馬勇輝、鈴木章吾

出願日：イスラエル 2022年5月15日

出願番号：293010

発明等の名称：外場応答分布可視化装置及び外場応答分布可視化方法

出願者：株式会社 Integral Geometry Science、国立大学法人神戸大学

発明者：木村建次郎、木村憲明、美馬勇輝、鈴木章吾

出願日：中国 2022年5月18日

出願番号：202080080335.2

発明等の名称：外場応答分布可視化装置及び外場応答分布可視化方法

出願者：株式会社 Integral Geometry Science、国立大学法人神戸大学

発明者：木村建次郎、木村憲明、美馬勇輝、鈴木章吾

出願日：シンガポール 2022年5月19日

出願番号：11202205246W

発明等の名称：外場応答分布可視化装置及び外場応答分布可視化方法

出願者：株式会社 Integral Geometry Science、国立大学法人神戸大学

発明者：木村建次郎、木村憲明、美馬勇輝、鈴木章吾

出願日：韓国 2022年5月26日

出願番号：10-2022-7017852

発明等の名称：外場応答分布可視化装置及び外場応答分布可視化方法

出願者：株式会社 Integral Geometry Science、国立大学法人神戸大学

発明者：木村建次郎、木村憲明、美馬勇輝、鈴木章吾

出願日：ユーラシア 2022年6月24日

出願番号：202291644

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: 25,869,424 円

○外部資金名: 神戸医療産業都市研究開発補助金

代表者名: 木村憲明

研究題目: マイクロ波マンモグラフィにおける良性疾患の検出に関する研究

受入金額: 2,500,000 円 (2か年度上限)

○外部資金名: 新エネルギー等のシーズ発掘・事業化に向けた技術研究開発事業

代表者名: 木村憲明

研究題目: 次世代蓄電池実用化に資するインライン電流密度分布検査システムの大規模実証研究開発

受入金額: 63,926,000 円

○外部資金名: 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)

代表者名: 木村憲明

研究題目: Super-array 4次元時空間スライサーテクノロジーの実現

受入金額: 44,029,429 円

○外部資金名: 建設技術研究開発費補助金

代表者名: 木村憲明

研究題目: トンネル磁気効果素子を用いたコンクリート内部鉄筋腐食・破断映像化装置の開発

受入金額: 10,000,000 円

○外部資金名: 課題解決型(01)地下立体構造を断層映像化するイメージング技術

代表者名: 木村建次郎

研究題目: 月深部の立体構造を断層映像化する技術-MOON 散乱場断層イメージング技術-

受入金額: 8,000,000 円

○外部資金名: IGS 受託研究

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: 22,018,182 円

○外部資金名: 共同研究

代表者名: 木村憲明

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：IGS 寄付金

代表者名：木村建次郎

受入金額：9,120,000 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4年度学長表彰（授与機関名：神戸大学）

受賞者名：木村建次郎

受賞年月：令和4年10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

令和 4 年度 神戸大学統合研究拠点利用状況報告書

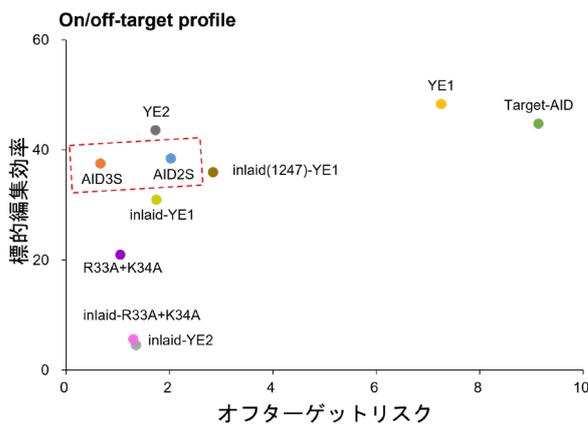
1. 研究概要

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 11,822,000 円
特許出願件数 2 件, 論文発表件数 1 件, 著書数 0 件			

3. 研究成果の概要等について

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4年度は、切らないゲノム編集技術である Target-AID について、標的とは異なる部位を編集してしまうオフターゲット効果を大幅に低下させ、なおかつ分子サイズの低減に成功し、ヒト細胞での有効性を示しました。更に分子構造を最適化して効率を高めました。これにより遺伝子治療などの医療応用の可能性が拓けます。この成果を論文として発表するとともにプレスリリースを行いました。



日本経済新聞

2022年9月6日 19:05

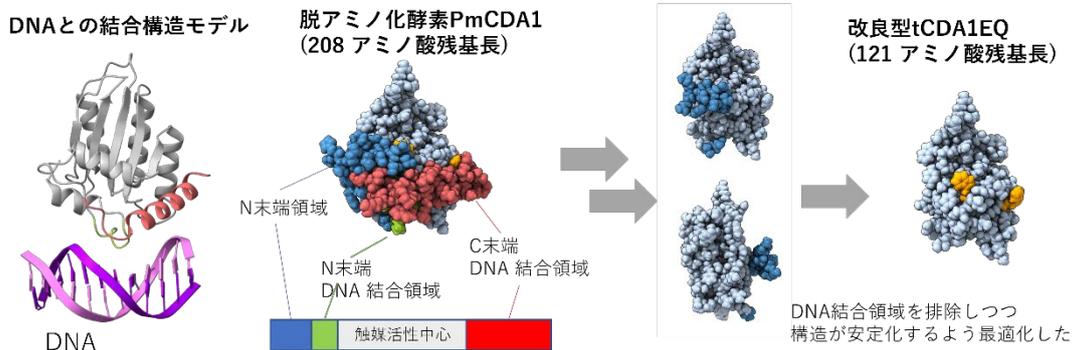
ゲノム編集のリスク10分の1 神戸大、予期せぬ変異防ぐ

神戸大学の西田敬二教授らは、生物の遺伝情報を効率よく変えるゲノム編集技術の一種「塩基編集」を改良し、過去最高の精度を実現したと発表した。狙いと異なる遺伝子を変えてしまうリスクが下がり、遺伝子治療などに応用しやすくなる。

塩基編集技術は2016年に西田教授らが発表し、同年に米ハーバード大学も別タイプを発表した。生物のDNAを形作る塩基という物質の種類を変換し、遺伝情報を変えることができる。研究チームは塩基を変換する酵素の構造を変えることで、狙いと異なる遺伝子に作用してしまう「オフターゲット」のリスクを他の塩基編集技術よりも低くした。シトシンと呼ぶ塩基の編集に使い、最も精度が高いタイプではリスクが改良前の約10分の1以下になった。

酵素を含む分子の小型化も実現した。従来は分子が大きいため神経や脳に届きにくく、神経系の病気などを治療しづらいとみられていた。小型化によって病原性のみられない「アデノ随伴ウイルス」を使い神経などに運べるようになり、治療の実現に向け前進した。成果は英科学誌ネイチャー姉妹誌の「ネイチャー・コミュニケーションズ」に掲載された。

従来のゲノム編集は生物の持つDNAを切断し、修復する過程で塩基が一部失われたりして遺伝情報が変わる仕組み。狙った遺伝子の働きを止めるのに向き、動植物の品種改良に活用されている。塩基編集では基本的にDNAを切断せず、塩基を1個だけ変えるといった細かい編集ができるため、医療に応用しやすいとみられている。



4. 論文・著書・特許出願リスト

[論文]

論文名 : Cytosine base editing systems with minimized off-target effect and molecular size

著者名 : Li, A., Mitsunobu, H., Yoshioka, S., Suzuki, T., Kondo, A., Nishida, K.

掲載誌, 巻, ページ : Nature Communications, 13, 4531, 2022

[著書]

[特許]

発明等の名称 : 標的化したDNA配列の核酸塩基を特異的に変換するゲノム配列の改変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, 坂野聡美, 近藤昭彦

出願日 : 2022年6月2日

出願番号 : 特願 2022-90304

発明等の名称 : 標的化したDNA配列の核酸塩基を特異的に変換するゲノム配列の改変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, 坂野聡美, 近藤昭彦

出願日 : 2022年10月11日

出願番号 : 特願 2022-163391

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: 脳とこころの研究推進プログラム

代表者名: 西田敬二

研究題目: 神経変性疾患の新規遺伝子治療確立に向けた生体内塩基編集による APOE 遺伝子型変換

受入金額: 3,000,000 円

○外部資金名: 難治性疾患実用化研究事業

代表者名: 西田敬二

研究題目: 筋萎縮性側索硬化症 (ALS) に対する遺伝子治療法の開発

受入金額: 3,000,000 円

○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: 受託(共同)型協力研究

代表者名: 西田敬二

研究題目: 放線菌での Target-AID® の技術評価

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: 改良型塩基編集技術の有用生物への応用

受入金額: 8,580,000 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ー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ーPHBH 育種(ターゲット G)

受入金額: 2,692,000 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)

(5) 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

令和 4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 奨学寄附金	0千円, 0千円,	受託研究経費 共同研究経費 91,400千円 9,130千円
特許出願件数	0件,	論文発表件数	1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	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
上山みゆき	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
和田和洋	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

*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。

【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での医薬品の開発研究に活用される。

以下に代位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 ウイ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中で、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 実験系の立ち上げ

host cell DNA/宿主細胞由来の DNA を ddPCR で検出する系として、ターゲット配列をリボゾーム RNA (ヒト *18S rRNA*) に設定し、ddPCR の条件設定 (プライマー設計、アニーリング温度設定など) を行い、定量限界、検出限界などを設定した。設定した測定系を用いて、rAAV 内外に含まれる宿主細胞由来 DNA を測定した。また ddPCR で測定した結果から、トランスフェクションに使用した 3 種類プラスミドの共通配列であるアンピシリン耐性遺伝子と個々の特異的配列を比較することにより、rAAV 内外に含まれる 3 種類プラスミドの割合の算出を行った。更に、ベクター製造に用いるプラスミドがアンピシリン耐性からカナマイシン耐性遺伝子に代わるという世界的なトレンドがあり、カナマイシン耐性遺伝子を搭載した既存のプラスミドを用いて ddPCR の条件設定を行い、カナマイシン耐性遺伝子に対する測定系を確立した。

2. 確認試験：MiSeq によるシーケンス法の立ち上げ

short-read の NGS システムを用いて rAAV 内外に含まれるベクターゲノム、AAV プラスミド由来不純物、host cell DNA/宿主細胞由来の核酸など製品内に含まれると想定される不純物である核酸配列の存在比を変えずに測定及び解析する方法を確立した。また、取得した配列に対してベクターゲノム及びアンピシリン耐性遺伝子配列にマッピングした配列の割合が、ddPCR を用いた測定結果と相関があることを報告した。

3. 次世代シーケンス法による上記項目の網羅的な分析法の確立に向けた検討:MiSeq と MinION でウイルスベクター配列の sequencing の先行実験

rAAV 内におけるベクターゲノムのメチル化に関して Miseq を用いて解析を実施し、既知報告例と比較を行った。

○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3回目の「APEC Work Shop 2022」開催となった。当初、On site 形式での研修を計画していたが、コロナ禍の状況下において昨年度と同様に Web 形式での開催となった。APEC 規制当局担当者を対象に参加募集を行い、タイ、マレーシア、ペルー、台湾、インド、チリ、フィリピン、アメリカの8エコノミーから計54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4年11月30日～12月2日の3日間、午後2時から5時までの Web 研修（ライブ配信）を開催した。さらに、受講者に対する事前学習として e Learning（オンデマンドの配信）を提供し、受講者の視聴完了を確認して研修に臨んだ。

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 準拠施設での模擬査察の再現、CMC プロセス開発（培養、精製、分析）に関する実習の再現、CMC 開発、GMP、ICH Q12、ICH Q13 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。R4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4年度に計画した実験のすべてを完了した。また昨年度に終了した short read sequencer による解

析結果に関しては、参加施設間で、データ共有と議論が続いており、神戸大学は、1月12日にweb会議において、潜伏感染ウイルス検出が十分な感度で検出できたこと等を中心に研究結果を他施設と共有した。

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]

バイオ医薬品の製造・品質管理に関する人材育成の実践と APEC CoE としての国際貢献
内田和久

YAKUGAKU ZASSHI 142, 749-753 (2022) DOI: 10.1248/yakushi.21-00211-4

5. 関連活動及び特記事項

(1) 主な外部資金等(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 2022 (WEB開催)

主催団体:科学技術イノベーション研究科

開催日:2022年11月30日-12月2日

場所:アネックス棟401号室

(5) 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

BCRTに関する新聞記事など

○バイオ薬の人材育成に関する取材記事が「日経新聞」に掲載されました 2023年01月05日
2022年12月19日の日経新聞朝刊に、BCRETが推進しているバイオ薬の人材育成に関する取材記事が掲載されました。

<日経新聞朝刊(2022年12月19日掲載)>

協和キリンや第一三共、バイオ薬開発強化へ技術者育成

<https://www.nikkei.com/article/DGXZQUC162YZOW2A111C2000000/?unlock=1>

令和 4年度 神戸大学統合研究拠点利用状況報告書

1. 研究概要

<p>研 究 テ ー マ</p>	<p>電磁耐性量子集積エレクトロニクス・イノベーション</p>
<p>研究代表者 部局・専攻・氏名</p>	<p>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</p>
<p>入居室番号</p>	<p>本館 406号室</p>
<p>外 部 資 金 獲 得 実 績</p>	<p>科学研究費補助金 36,660 千円, 受託研究経費 262,650 千円 奨学寄附金 1,500 千円, 共同研究経費 60,649 千円</p>
<p>特許出願件数 新規出願 0 件、審査登録 1 件 論文発表件数 査読有り 11 件、査読無し 22 件、口頭発表 9 件 著書数 1 件</p>	

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。

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エ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。我が国の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。

このように多面的な研究の取組みを有機的に関連付け、極低温下の微弱な量子信号処理と超高感度の無線通信処理を融合し、電磁耐性と電磁セキュリティに優れた量子集積エレクトロニクス技術を創出する。車載機器や医療健康など、非常に高い安全・信頼が求められるエレクトロニクス分野において、産官学より幅広く研究の取組みが進んでいる新興の学術領域であるハードウェアセキュリティおよびハードウェアセーフティに関して、研究活動を推進した。加えて、量子技術イノベーション戦略の要となる量子コンピュータの構築に向けた研究を推進した。

以下に、各研究領域における取組状況と令和4年度の成果概況を示す。

- ① ハードウェアセー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+協定を締結し、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、欧州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実施して共同研究を推進するとともに、博士課程の大学院生が欧州にて(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。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 との学術交流を推進している。
- ② 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 2 件を完了した。具体的には、(1)NEDO・高効率・高速処理を可能とする AI チップ・次世代コンピューティングの技術開発プロジェクトにおける「AI エッジデバイスの横断的なセキュリティ評価に必要な基盤技術の研究開発」および(2)内閣府・SIP 第二期における「IoT 社会に対応したサイバー・フィジカル・セキュリティ/IoT サプライチェーンの信頼の創出技術基盤の研究開発」に関する共同研究を受託して国内大学・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 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 国の施策に基づくハードウェアセーフティに関する研究プロジェクト 1 件を完了した。具体的には、総務省・電波資源拡大のための研究開発「不要電波の高分解能計測・解析技術を活用したノイズ抑制技術の研究開発」において、電磁環境工学(EMC)分野における新規の研究対象として産業界と大学の 5 組織が密接に連携した多拠点の共同研究活動を展開し、所定の計画通りに研究成果報告書を纏めた。
- ⑤ 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

関する研究開発に着手した。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に着手し、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」が採択され、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)

【査読有り/学術誌掲載論文】

1. 渡邊航、酒井陵多、青井舞、小松美早紀、田中聡、永田真, "産業用ドローンの近傍における放射電磁ノイズの広帯域評価と移動通信干渉の解析," 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J106-B, No. 3, pp. 178-186, Mar. 2023.
2. Makoto Nagata, Noriyuki Miura, Takuji Miki, "Analog Techniques for Digital Security," IEEE Solid-State Circuits Magazine, vol. 15, no. 1, pp. 25-31, Jan. 2023.
3. Kazuki Monta, Lang Lin, Jimin Wen, Harsh Shrivastav, Calvin Chow, Hua Chen, Joao Geada, Sreeja Chowdhury, Nitin Pundir, Norman Chang, Makoto Nagata, "Silicon-correlated Simulation Methodology of EM Side-channel Leakage Analysis," ACM Journal on Emerging Technology in Computing System, vol. 19, no. 1, Article 9, Jan. 2023, 23 pages.
4. Koh Watanabe, Misaki Komatsu, Mai Aoi, Ryota Sakai, Satoshi Tanaka, Makoto Nagata, "Analysis of Electromagnetic Noise from Switching Power Modules using Wide Band Gap Semiconductors," in IEEE Letters on Electromagnetic Compatibility Practice and Applications (LEMCPA), vol. 4, no. 4, pp.92-96, Dec. 2022.
5. Kazuki Monta, Leonidas Kataselas, Ferenc Fodor, Takuji Miki, Alkis Hatzopoulos, Makoto Nagata, Erik Jan Marinissen, "Testing Embedded Toggle Generation Through On-Chip IR Drop Measurements," in IEEE Design & Test, vol. 39, no. 5, pp. 79-87, Oct. 2022.
6. Hiroki Sonoda, Ryo Kasai, Daisuke Tanaka, Yoshihide Murakami, Kyoshi Mihara, Yuuki Araga, Naoya Watanabe, Haruo Shimamoto, Katsuya Kikuchi, Takuji Miki, Makoto Nagata, "In-Place Evaluation of Powering and Signaling Within Fan-Out Multiple IC Chip Packaging," in IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology, vol. 12, no. 7, pp. 1140-1149, Jul. 2022.
7. Takuji Miki, Ryoza Takahashi, Makoto Nagata, "An 11-bit 0.008mm² charge-redistribution digital-to-analog converter operating at cryogenic temperature for large-scale qubit arrays," IEICE Electronics Express, vol.19, no.8, Apr. 2022.

【査読有り/国際会議録掲載論文】

8. Takuya Wadatsumi, Kohei Kawai, Rikuu Hasegawa, Kazuki Monta, Takuji Miki, Makoto Nagata, "Characterization of Backside ESD Impacts on Integrated Circuits," IEEE International Reliability Physics Symposium (IRPS 2023), #P22, Mar. 2023.
9. Noriyuki Miura, Kotaro Naruse, Jun Shiomi, Yoshihiro Midoh, Tetsuya Hirose, Takaaki Okidono, Takuji Miki, Makoto Nagata, "A Triturated Sensing System," 2023 IEEE International Solid-State Circuits Conference (ISSCC), Digest of Technical Papers, pp. 216-217, #13.3, Feb. 2023.

10. Koh Watanabe, Ryota Sakai, Mai Aoi, Misaki Komatsu, Satoshi Tanaka, Makoto Nagata, "Evaluation of Emission Noise from PCBs Inside an Industrial Unmanned Aerial Vehicle," in Proceedings of the 2022 Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC), FR-AM2-SS07-04, #1570784699, pp. 1, Sep, 2022.
 11. Kazuki Monta, Makoto Nagata, Lang Lin, Jimin Wen, Preeti Gupta, Norman Chang, "RTL DESIGN SECURITY VERIFICATION FOR RESISTING POWER SIDE-CHANNEL ANALYSIS," ACM/IEEE Design Automation Conference (DAC 2022), Engineering Tracks, Jul. 2022.
- 【査読無し/国内会議発表論文】
12. 酒井陵多, 渡邊航, 田中聡, 永田真, "長時間に渡る高強度な不要電波の発生頻度解析システムの構築," 2023 年電子情報通信学会総合大会, B-4-35, pp. 242, 2023.3.10.
 13. 上原啓, 渡邊航, 酒井陵多, 芦田壮亮, 田中聡, 永田真, "自律移動体における不要電波と GPS 信号の干渉評価," 2023 年電子情報通信学会総合大会, B-4-34, pp. 241, 2023.3.10.
 14. 高橋亮蔵, 三木拓司, 永田真, "高速非同期逐次比較型 AD 変換器におけるサイドチャネル漏洩特性の評価," 2023 年電子情報通信学会総合大会, A-19-3, pp. 149, 2023.3.10.
 15. 眞柴将, 門田和樹, 沖殿貴朗, 三木拓司, 永田真, "セキュリティ半導体システムにおける電源結合網の評価," 2023 年電子情報通信学会総合大会, A-19-2, pp. 148, 2023.3.10.
 16. 松丸琢弥, 門田和樹, 沖殿貴朗, 三木拓司, 永田真, "暗号マルチチップモジュールのサイドチャネル漏洩評価," 2023 年電子情報通信学会総合大会, A-19-1, pp. 147, 2023.3.10.
 17. 渡邊航, 酒井陵多, 田中聡, 永田真, "産業用ドローンにおける不要電波と移動通信システムの電磁干渉評価," 2023 年電子情報通信学会総合大会, B-4-9, pp. 216, 2023.3.8.
 18. 芦田壮亮, 渡邊航, 酒井陵多, 上原啓, 田中聡, 永田真, "高い周波数の 5G 通信帯域における IC チップ放射ノイズの評価," 2023 年電子情報通信学会総合大会, B-4-8, pp. 215, 2023.3.8.
 19. 松丸琢弥, 門田和樹, 沖殿貴朗, 三木拓司, 永田真, "暗号マルチチップモジュールのサイドチャネル漏洩評価," 電子情報通信学会技術報告, vol. 122, no. 403, HWS2022-93, pp. 273-278, 2023.3.4.
 20. 眞柴将, 門田和樹, 沖殿貴朗, 三木拓司, 永田真, "セキュリティ半導体システムにおける電源結合網の評価," 電子情報通信学会技術報告, vol. 122, no. 403, HWS2022-92, pp. 267-272, 2023.3.4.
 21. 長谷川陸宇, 弘原海拓也, 門田和樹, 三木拓司, 永田真, "暗号 IC チップの裏面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・情報セキュリティ研究会, 2023 年 暗号と情報セキュリティシンポジウム, 2023.1.25.
 22. 眞柴将, 門田和樹, 沖殿貴明, 三木拓司, 永田真, "セキュア半導体システムにおける電源結合網の評価," 電子情報通信学会技術報告, vol. 122, no. 284, ICD2022-50, pp. 82-86, 2022.11.29.
 23. 松丸琢弥, 門田和樹, 沖殿貴明, 三木拓司, 永田真, "暗号モジュール搭載チップのシステムレベルセキュリティ評価," 電子情報通信学会技術報告, vol. 122, no. 284, ICD2022-49, pp. 78-81, 2022.11.29.

24. 長谷川陸宇, 弘原海拓也, 門田和樹, 三木拓司, 永田真, "暗号 IC チップの電源電流シミュレーションとサイドチャネル漏洩評価," 電子情報通信学会技術報告, vol. 122, no. 227, HWS2022-32, pp. 12-16, 2022.10.25.
25. 酒井陵多, 渡邊航, 田中聡, 永田真, "ドローン用移動通信における機体の電磁遮蔽効果による感度劣化評価," 電子情報通信学会技術報告, vol. 122, no. 206, EMCJ2022-50, pp. 78-82, 2022.10.13.
26. 渡邊航, 酒井陵多, 田中聡, 永田真, "産業用ドローンにおける移動通信受信感度劣化評価," 2022 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-4-19, pp. 189, 2022.9.9.
27. 弘原海拓也, 河合航平, 長谷川陸宇, 村松菊男, 長谷川弘, 澤田卓也, 福島崇仁, 金銅恒, 三木拓司, 永田真, "フリップチップパッケージングにおける裏面電圧擾乱印加によるオンチップ電圧変動の評価," 2022 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, C-12-6, pp. 27, 2022.9.8.
28. 門田和樹, 永田真, ラン リン, ハーシュ シュリバスタフ, デッチ ジュ, ノーマン チャン, カルバン チョウ, "電源ノイズシミュレーションを用いた暗号モジュールのサイドチャネル漏洩評価," 2022 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, A-19-3, pp. 98, 2022.9.8.
29. 高橋亮蔵, 三木拓司, 永田真, "大規模量子ビットアレイの高精度制御に向けた極低温 DA 変換器の設計," 電子情報通信学会技術報告, vol. 122, no. 149, ICD2022-10, pp. 37-40, 2022.8.8.
30. 弘原海拓也, 河合航平, 長谷川陸宇, 村松菊男, 長谷川弘, 澤田卓也, 福島崇仁, 金銅恒, 三木拓司, 永田真, "フリップチップパッケージングにおける裏面電圧擾乱印加と IC チップ応答の評価," 電子情報通信学会技術報告, vol. 122, no. 149, ICD2022-8, pp. 27-30, 2022.8.8.
31. 河合航平, 弘原海拓也, 岡本健, 奥川雄一郎, 三木拓司, 永田真, "イーサネット通信システムへのバルク電流注入による外部擾乱耐性の評価(2)," 電子情報通信学会技術報告, vol. 122, no. 67, EMCJ2022-18, pp. 21-25, 2022.6.10.
32. 酒井陵多, 渡邊航, 田中聡, 永田真, "ドローンから発生する放射ノイズの時間領域解析および移動通信干渉の評価," 電子情報通信学会技術報告, vol. 122, no. 67, EMCJ2022-16, pp. 11-14, 2022.6.10.
33. 渡邊航, 酒井陵多, 田中聡, 永田真, "ワイドバンドギャップ半導体を用いた電源モジュールの広帯域放射ノイズ評価," 電子情報通信学会技術報告, vol. 122, no. 67, EMCJ2022-14, pp. 1-4, 2022.6.10.

【査読無し/招待講演】

34. Takuji Miki, "Cryogenic Bias Voltage Control Circuits for Large Scale Qubit Arrays," 28th Asia and South Pacific Design Automation Conference (ASP-DAC 2023), Jan. 18, 2023.
35. 永田真, "半導体のノイズについて," 公開セミナー/先端半導体パッケージング開発において考慮すべきこと, 2023.1.23.
36. 永田真, "デジタルセキュリティを支えるアナログ技術," 電子情報通信学会・ハードウェアセキュリティフォーラム 2022, 2022.12.16.
37. Makoto Nagata, "Simulating Power Side Channel Leakages from Architectural Exploration to Physical Implementation of Crypto ICs," Ansys IDEAS 2022, Dec. 6, 2022.
38. Makoto Nagata, "Circuits and Packaging Systems for Security Chips (Invited)," IEEE Asian Solid-State Circuits Conference (A-SSCC), Convergence Workshop, CW-2, 2022.10.9.

39. 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～," 【関西 DX 実装イニシアティブ】サイバーセキュリティ・リレー講座, 2022.9.12.
40. 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エレクトロニクス産学連携委員会・夏の学校, 2022.8.26.
41. Makoto Nagata, "Hardware Security and Safety of IC Chips," Lectures In the frame of Erasmus+ International program, 2022.06.30.
42. 永田真, "5G 時代の IoT デバイスに向けた不要電波の評価と解析," NICT/EMC-net 第 3 回将来課題研究会, 2022.4.25.

[著書]

1. 永田真, 「ドローンの電磁ノイズと電磁環境（第 12 章）」, ワイヤレス電力伝送と 5G 通信の連携・融合に向けた干渉対策と今後の展望（橋本修監修）, シーエムシー出版, pp. 125-133, 2023.3.20.

[特許]

1. 永田真、三浦典之、三木拓司、神戸大学, "システム半導体チップ、システム半導体チップの情報漏洩検出方法及びシステム半導体チップの情報漏洩抑止方法," 特許第 7248237 号, 2023.3.20.（特願 2019-063077 (2019.3.29)）.

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)

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. 電波資源拡大のための研究開発「不要電波の高分解能計測・解析技術を活用したノイズ抑制技術の研究開発」に関する分担研究
3. 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第2期「IoT 社会に対応したサイバー・フィジカル・セキュリティ/IoT サプライチェーンの信頼の創出技術基盤の研究開発」に関する共同研究
4. 高効率・高速処理を可能とする AI チップ・次世代コンピューティングの技術開発/革新的 AI エッジコンピューティング技術の開発/AI エッジデバイスの横断的なセキュリティ評価に必要な基盤技術の研究開発/AI エッジ入出力セキュリティ評価シミュレータの開発」に関する共同研究
5. 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」に関する課題推進者
6. 共同型協力研究「高信頼性車載半導体の回路・シミュレーション技術に関する研究」
7. 共同型協力研究「IC Chip Immunity Measurements and Analysis」
8. 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」
9. 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
10. 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
11. 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

(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. 13th International Workshop of Electromagnetic Compatibility (CEM 2022), The best oral communication for junior participant, Koh Watanabe, 2022.9.15.
2. Lang Lin, Deqi Zhu, Jimin Wen, Hua Chen, Yu Lu, Norman Chang, Calvin Chow, Harsh Shrivastav, Chia-Wei Chen, Kazuki Monta, Makoto Nagata, IEEE International Symposium on Hardware Oriented Security and Trust (HOST), Best paper award, 2022.6.
3. 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, 門田和樹, 2022.5.10.

(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

(5) 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

該当なし

令和4年度 神戸大学統合研究拠点利用状況報告書

1. 研究概要

<p>研 究 テ ー マ</p>	<p>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</p>
<p>研究代表者 部局・専攻・氏名</p>	<p>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</p>
<p>入居室番号</p>	<p>○本館 ・ アネックス 501/503号室</p>
<p>外 部 資 金 獲 得 実 績</p>	<p>科学研究費補助金 2584千円, 受託研究経費 32,945千円 奨学寄附金 0千円, 共同研究経費 2,607千円</p>
<p>特許出願件数 2件, 論文発表件数 3件, 著書数 0件</p>	

3. 研究成果の概要等について

(1) NEDO 新革新

ポリ乳酸の進化版である P(LA-co-3HB) (通称: LAHB) の微生物重合について取り組んでいる。プラットフォームとして、CO₂ 原料を利用可能な水素細菌を用いている。本プロジェクトでは、元々糖質原料について開拓されていないことから、利用可能株にすることから始めている。他種微生物の単糖輸送体を搭載するなど鋭意進めることにより、馴養培養でアダプトする優良変異を順次取得することで進捗した。また、本来保有している 3HB-CoA の生成能力を維持しながら、LA-CoA の供給系を 3 種の戦略を導入する乳酸を順次取り込むことの成功してきている。発現解析により、乳酸のエスケープ経路を初めて発見し、当該遺伝子群を破壊することで、これまで乳酸の生産を検出できないところから、乳酸発酵菌へと変換できた。現状、100g/L に及ぶ生産量で LAHB を生産できるところまでのレベルに達してきている。また、ポリマー材料の観点からも進捗している。まず、驚いたことに LAHB の分子量が向上していることが判明した。エタノールような連鎖移動剤が少ないこと、先の 3HB-CoA 生成能の高さが原動力になって、分子量の向上が実現していると考察した。また、3HB ポリマーバックボーンに取り込まれ乳酸ユニットのランダム性 (均等分布性) は、大腸菌のそれよりも高いことも特筆すべきことである。このように、材料物性にとって優良な性質が水素細菌で得られた成果は大きい。今後は、事業化へ向けて、更なる生産量の向上とバイオマス由来混合糖液から LAHB を高密度培養できるフェーズへと移行する。

(2) NEDO ムーンショット

LAHB の主に河川での生分解研究をコンスタントに進めている。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ームが形成し、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、分解微生物から当該分解酵素を生成する研空ステージへ移行している。関連特許は出願済みである。

(3) 科研費挑戦的研究 (萌芽)

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。

(4) 旭化成との共同研究

LAHB の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。LAHB の生分解性は、より菌密度の高い土では良好な生分解性を示した。問題は、紡糸技術の開発であるが、ポリ乳酸は可能であるが、LAHB は如何に？が設定された課題である。2年目の共同研究となるが、材料物性の向上に対する要因は未だ得ておらず、次なる戦略を模索している最中である。

(5) 膜小胞研究

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。本技術は、Quality Control に優れた MV 生産体系を提供し、社会実装へ貢献することが期待できる。関連特許は、出願済みであり、現在論文投稿の準備しているところである。

4. 論文・著書・特許出願リスト

[論文]

論文名: Poly(3-mercapto-2-methylpropionate), a Novel α -Methylated Bio-Polythioester with Rubber-like Elasticity, and Its Copolymer with 3-hydroxybutyrate: Biosynthesis and Characterization

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

Bioengineering 2022, 9(5), 228 (2022)

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

著者名: Sivashankari RM., Mierzati M., Miyahara Y., Mizuno S., Nomura CT., Taguchi S., Abe H. and Tsuge T.

Front. Bioeng. Biotechnol., 21 (2023)

論文名: 世界へ発信する生分解性プラスチック～「脱炭素化社会」に向けて～

著者名: 田口精一

日本生物工学会誌 第100巻 第9号 PP. 476-477、2022年9月25日発刊

論文名: 生分解性「多元ポリ乳酸」の研究ストーリー:

乳酸重合酵素誕生・オリゴマー分泌生産発見・膜小胞創発

著者名: 田口精一・高相昊

日本生物工学会誌 第100巻 第9号 PP. 476-477、2022年9月25日発刊

論文名: メンブレンベシクル創発の新原理

著者名: 高相昊・田口精一

化学と生物 第61巻 第5号、PP. 217-219、2022年9月25日発刊

[特許]

出願済みの特許：4件

(1) 発明等の名称：形質転換微生物、及び、共重合ポリエステルの製造方法

出願者：株式会社カネカ・国立大学法人神戸大学共同出願

発明者：田口精一，高相昊，佐藤俊輔(株式会社カネカ)，古舘祥(株式会社カネカ)

出願日：2022年9月15日

特願 2022-147166

(2) 発明等の名称：形質転換微生物、及び、乳酸または共重合ポリエステルの製造方法

出願者：株式会社カネカ・国立大学法人神戸大学共同出願

発明者：田口精一，高相昊，佐藤俊輔(株式会社カネカ)，古舘祥(株式会社カネカ)

出願日：2023年3月3日

特願 2023-032615

(3) 発明等の名称：水環境における微生物の分解性に優れた生分解性樹脂組成物
及びその成形体

出願者：国立大学法人神戸大学、国立大学法人群馬大学

国立研究開発法人海洋研究開発機構

発明者：田口精一，粕谷健一、鈴木美和、石井俊一、野牧秀隆、磯部紀之

出願日：2023年2月28日

特願 2023-030520

(4) 発明等の名称：メンブランベシクルの生産方法及びメンブランベシクルを利用した
物質生産方法

出願者：国立大学法人神戸大学

発明者：田口精一，高相昊

出願日：2023年3月30日

特願 2023-030519

5. 関連活動及び特記事項

(1) 外部資金等

○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：24,070,000 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：8,875,000 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：2,607,000 円

○外部資金名：科学研究費補助金

研究種目：挑戦萌芽・基金

代表者名：田口精一

研究課題名：立体化学的に反転したキラルポリマー材料の生合成に関する研究

受入金額：2,584,000 円

(2) 受賞

賞名称：第2回先端バイオ工学研究センター成果発表会 一般の部 最優秀ポスター賞

授与機関名：神戸大学先端バイオ工学研究センター（主催）

一般社団法人先端バイオ工学推進機構（共催）

一般社団法人バイオリジクス研究・トレーニングセンター（共催）

対象研究テーマ：バイオポリマー合成中に発見したメンブレンベシクル創発と
応用展開

受賞者名：高 相晃

受賞年月：令和4年7月4日

(3) 研究集会の開催

研究集会名：岩手大学山田研究室・神戸大学田口研究室 合同研究発表会

主催団体：神戸大学田口研究室

開催日：令和5年3月27日

場所：統合研究拠点

(5) 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

[研究発表・講演会]

○研究発表:「バイオポリマー合成中に発見したメンブレンベシクル創発と応用展開」

イベント名:第2回先端バイオ工学研究センター成果発表会

開催日:2022年7月

発表者:高相昊、田口精一

○研究発表:「微生物産生ポリ(乳酸/3-ヒドロキシブタン酸)共重合体によるポリ乳酸の改質」

イベント名:第71回高分子討論会

開催日:2022年9月

発表者:今井祐介、富永雄一、田中真司、吉田勝、古舘祥、佐藤俊輔、高相昊、田口精一

○研究発表:「ポリ乳酸とのブレンドに最適な多元ポリ乳酸P(LA-co-3HB)の共重合組成制御」

イベント名:日本農芸化学会2023年度広島大会

開催日:2023年3月

発表者:高相昊、今井祐介、富永雄一、田中真司、吉田勝、古舘祥、佐藤俊輔、田口精一

[アウトリーチ活動]

イベント名:エビフェス! 2022 in OSAKA

トークセッション～バイオプラスチックで海とお魚を守ろう～

開催日:2022年9月

発表者:田口精一

令和 4 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・上東貴志
入居室番号	アネックス 403 号室
外 部 資 金 獲 得 実 績	科学研究費補助金 194,715 千円, 受託研究経費 54,467 千円 奨学寄附金 1,091 千円, 共同研究経費 0 千円
特許出願件数 0 件,	論文発表件数 6 件, 著書数 0 件

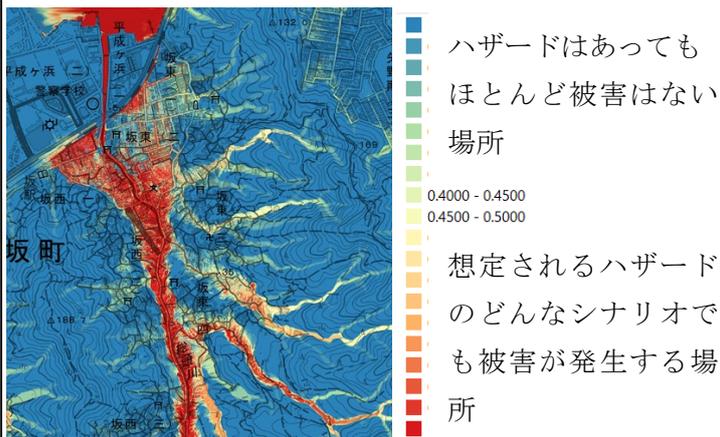
3. 研究成果の概要等について

【総合防災・減災研究】

日本は、南海トラフ巨大地震や首都直下地震、首都圏広域氾濫と3大港湾高潮氾濫などの多くの自然災害ハザードポテンシャルを抱えている。都市全体に設計・照査で用いる物理シミュレーションを適用することが難しいため、過去の被害経験の統計解析に基づいて被害を評価しなければならないことに起因する。

それを打破する設計・照査の物理シミュレーションを都市全体で実行する防災デジタルツインは、従来の被害想定限界を突破し、より科学的な被害想定を実現する。物理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には、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。

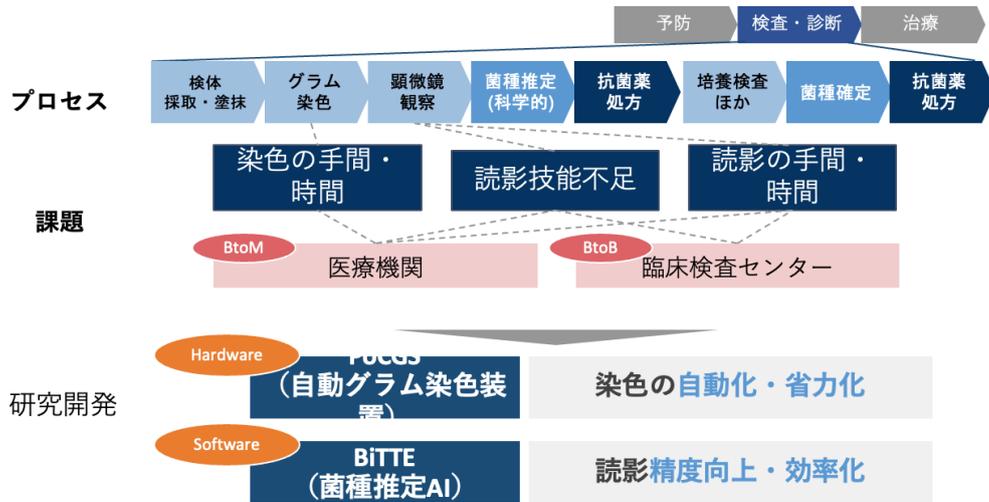
自動構築されたデジタルツインを使って確率ハザードマップを算出した。確率ハザードマップは、多数の災害ハザードシナリオに基づいたシミュレーションを利用する。詳細度・分解能が低い従来の手法では不可能であった極低頻度の局所的甚大被害と、高頻度で各地に発生する小中規模被害を明確に区別できるようにし、より効率的かつ効果的な防災計画の立案に資する。



【Point of Care test としての細菌塗抹染色および菌種推定システムの AI】

臨床現場において簡便安価な細菌塗抹染色は迅速診断および経過観察に使用されている。しかし、染色が短時間である者のやや煩雑であることと、読影に専門家と非専門家に差が生じることが、問題となっている。デジタル化の遅れおよび日本の医療現場における人手不足の問題の解決にも安価簡便な感染症に診断システムの開発は求められていると考えられる。

デジタル化遅れで人手不足と属人性が残る検査・診断領域にフォーカス



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]

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：Megumi Okazaki, Satoru Oishi, Yasuhiro Awata, Tomoro Yanase, Tetsuya Takemi

掲載誌，巻，ページ：Atmospheric Science Letters, 2023.

論文名：A case report of native vertebral osteomyelitis caused by *Cutibacterium modestum*.

著者名：Koyama T, Ohji G, Nishida M, Nishimura S, Shirasugi I, Ohnuma K, Kusuki M, Iwata K.

掲載誌，巻，ページ：BMC Infect Dis. 2022 Apr 11;22(1):367.

論文名：Promising Efficacy of a Third Dose of mRNA SARS-CoV-2 Vaccination in Patients Treated with Anti-CD20 Antibody Who Failed 2-Dose Vaccination.

著者名：Funakoshi Y, Yakushijin K, Ohji G, Hojo W, Sakai H, Watanabe M, Kitao A, Miyata Y, Saito Y, Kawamoto S, Yamamoto K, Ito M, Koyama T, Imamura Y, Kiyota N, Matsuoka H, Mori Y, Minami H.

掲載誌，巻，ページ：Vaccines (Basel). 2022 Jun 17;10(6):965.

論文名：Comparison of 17 serological treponemal and nontreponemal assays for syphilis: A retrospective cohort study.

著者名：Sato I, Nakamachi Y, Ohji G, Yano Y, Saegusa J.

掲載誌，巻，ページ：Pract Lab Med. 2022 Sep 29;32:e00302.

論文名：A Third Dose COVID-19 Vaccination in Allogeneic Hematopoietic Stem Cell Transplantation Patients.

著者名：Watanabe M, Yakushijin K, Funakoshi Y, Ohji G, Ichikawa H, Sakai H, Hojo W, Saeki M, Hirakawa Y, Matsumoto S, Sakai R, Nagao S, Kitao A, Miyata Y, Koyama T, Saito Y, Kawamoto S, Yamamoto K, Ito M, Murayama T, Matsuoka H, Minami H.

掲載誌，巻，ページ：Vaccines (Basel). 2022 Oct 29;10(11):1830..

論文名：Comparable efficacy and safety of COVID-19 vaccines for patients receiving tegafur-uracil as postoperative adjuvant chemotherapy.

著者名：Nishikubo M, Tanaka Y, Mitsui S, Doi T, Hokka D, Hojo W, Sakai H, Funakoshi Y, Yakushijin K, Ohji G, Minami H, Maniwa Y.

掲載誌，巻，ページ：Surg Today. 2023 Feb 8:1-7.

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: 146,400,000 円

○外部資金名: 未来社会創造事業

研究種目: 探索加速型: 超スマート社会の実現

代表者名: 上東貴志

研究課題名: 「異分野共創型のAI・シミュレーション技術を駆使した健全な社会の構築」社会リスク可視化システム

受入金額: 27,725,000 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: 飯塚敦

研究課題名: 海溝沈み込みプレート表層デコルマ帯の固着域生成とすべりの地盤力学的解釈

受入金額: 6,890,000 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: 大石哲

研究課題名: 災害脆弱性を指標にした土砂災害起源の複合災害の条件付き災害発生確率に関する研究

受入金額: 13,700,000 円

○外部資金名: 受託 (共同) 型協力研究

代表者名: 飯塚敦

研究課題名: 大規模計算機による道路高架橋の地震時応答解析の高度化に関する共同研究

受入金額: 46,000,000 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: 織田澤利守

研究課題名: EBPM に向けた交通インフラ・ストック効果計測手法の確立と事後評価への展開

受入金額: 7,800,000 円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究

代表者名：大 路 剛

研究課題名：画像認識 AI による細菌感染症の菌種分類精度向上と抗菌薬適正使用に関する非臨床研究

受入金額：7,187,599 円

○外部資金名：受託（共同）型協力研究

代表者名：大 路 剛

研究課題名：「簡易自動グラム染色機械」の開発

受入金額：1,279,385 円

○外部資金名：研究指導

代表者名：大 路 剛

研究課題名：CFD と疫学モデルの連成解析を用いた感染リスク評価シミュレーション

受入金額：1,090,910 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：防災減災の国際連続ワークショップ「MIRAI BOSAI 2023」

主催：国立大学法人神戸大学 未来世紀都市学研究アライアンス

共催：国立研究開発法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）／カリフォルニア大学バークレー校 太平洋地震工学研究センター（PEER）、その他 PEER 連携機関

協賛：阪急電鉄株式会社／デロイト トーマツ コンサルティング合同会社

協力：神戸市、株式会社構造計画研究所、シティネット神戸事務所（CityNet-Plus Arts Center for Creative Partnerships）、三菱地所レジデンス株式会社、西日本旅客鉄道株式会社、株式会社サンテレビジョン、阪神電気鉄道株式会社、東急株式会社

開催日：2023 年 3 月 20 日、21 日

場所：神戸大学六甲台キャンパス百年記念館六甲ホール（ハイブリッド開催）

(※開催後 1 ヶ月間の講演録動画の視聴数：29,316 回)

(5) 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