



**公立大学法人大阪**  
**大阪公立大学人工光合成研究センター**  
**2024 年度年報**

Osaka Metropolitan University  
Research Center for Artificial Photosynthesis (ReCAP)  
Annual Report 2024

# 巻頭言

## 人工光合成研究センター 2024 年度年報 刊行にあたって

2024 年度年報の刊行にあたり、ご挨拶申し上げます。本センターは 2013 年 4 月に大阪市立大学の産学連携拠点として設置、6 月に開所され、2020 年 3 月末まで活動してまいりました。この間 2016 年 4 月からは文部科学省共同利用・共同研究拠点「人工光合成研究拠点」として認定され、これまで培ってきた学術的知的資産及び人工光合成の技術的ノウハウを学外に提供することにより、大学、公的研究機関、産業界等との共同利用・共同研究を促進しております。2020 年 4 月からセンター部局化に伴い教授 2 名・准教授 2 名の体制で再スタートを切っております。2023 年度現在では専任教員で組織される基盤研究系（生体触媒研究部門、化学反応場研究部門、生体エネルギー論研究部門）と共同研究系（蓄電デバイス開発部門、水素エネルギー技術開発研究部門、水素エネルギー変換工学研究部門）の 2 つになります。2022 年 4 月に大阪公立大学が開学し、引き続き人工光合成研究センターのミッションは変わらず基盤研究・産学連携研究活動を推進しております。

まだまだ漠然としている人工光合成の実用化ですが、水素エネルギー獲得あるいは電力供給につながる太陽光エネルギー利用技術や新たな燃料や物質を作るための二酸化炭素の利用・資源化技術等を実現し、いずれはこれらの技術がごく普通に利用しているような社会の到来を予感します。本センターではこの

ような社会を実現するため、さらに人工光合成技術を深化させるためセンター所員一丸となって研究開発に取り組んでおります。

また、2022 年度からスタートした北海道大学触媒科学研究所と産総研触媒化学融合研究センターとで連携した「触媒科学計測共同研究拠点」活動もセンターの貢献等で課題は多いものの順調に進んでおります。

本年度も学外研究者との公募型共同研究の実施、学外研究者による人工光合成研究センター講演会の実施、人工光合成研究のデータベース公開などの事業に加え、センターの国際機能強化を進めております。一環として研究交流協定を締結している国立台湾大学の Center of Atomic Initiative for New Materials (AI-MAT) に新たに共同研究の場として「Blue Energy Laboratory」を設置しました。またイギリスグレーターマンチェスターとの連携の一環としてマンチェスターメトロポリタン大学と締結した交流協定を基に情報交換を進めています。

さて、来たる 2025 年度は 4 月に開幕する大阪関西万博にて 2015 年度から進めてきた共同研究の成果として人工光合成技術をお披露目するところまでになりました。今後も皆様からのさらなるご指導とご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。



人工光合成研究センター・  
センター所長  
天尾 豊

# 目次

## 巻頭言

「人工光合成研究センター 2024 年年報」の 刊行にあたって .....	1
--	---

## 研究センター編

### ■概要と組織

歴史 .....	3
設置目的 .....	3
センターの目標 .....	3
組織 .....	3

センター所長／センター副所長／特別招聘教授／兼任研究員／基礎研究系／共同研究系／事務組織

管理運営 .....	4
------------	---

運営委員会／客員教授・学生の受け入れ

財務 .....	4
----------	---

外部資金を含む各年度の予算

人材育成 .....	4
------------	---

施設 .....	5
----------	---

### ■国際・国内交流と共同研究

国際共同研究 .....	5
--------------	---

共同利用共同研究拠点事業／2024 年度共同  
利用共同研究課題 .....

講演会・研究会など .....	6
-----------------	---

人工光合成研究センター講演会／人工光合成  
研究センター活動報告会

## 研究室編

### ■基礎研究系

生体触媒研究部門 .....	7
----------------	---

化学反応場研究部門 .....	11
-----------------	----

生体エネルギー論研究部門 .....	12
--------------------	----

### ■協力講座研究室

無機エネルギー化学分野(工学研究科) .....	15
--------------------------	----

## 個人編

■個人データ .....	18
--------------	----

編集後記 .....	26
------------	----

書誌情報 .....	26
------------	----

# 概要と組織

## ●歴史

2008年に大阪市立大学の学内プロジェクト「次世代エネルギーの開拓と産業応用」が始動し、2011年本学神谷信夫教授（当時）らの論文 "Crystal structure of oxygen-evolving photosystem II at a resolution of 1.9 Å", Nature誌電子版掲載、米サイエンス誌の「ブレークスルー・オブ・ザ・イヤー 2011」に選出された。2012年人工光合成の実用化のための企業との共同研究の拠点として人工光合成研究センターが着工、2013年4月設置、同6月開所された。2016年4月からは文部科学省共同利用共同研究拠点「人工光合成研究拠点」に認定された。2020年4月からは専任教員定員4名（教授2名・准教授2名）で構成される部局となる。2022年4月からは大阪公立大学開学に伴い、研究推進機構人工光合成研究センターとなる。2023年6月には開所10年を迎えた。

## ●設置目的

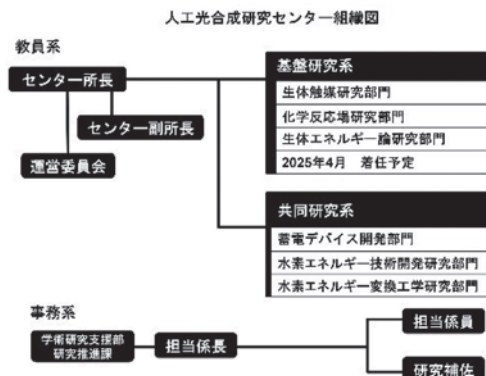
人工光合成研究とは、完全なクリーンエネルギーの実現に向けた技術開発である。今後、産学官が一体となり、一層活発となりうる研究分野でもある。大阪公立大学では、環境問題の解決および新エネルギーの創出に係る研究を重点研究課題の一つとして挙げており、中でも、人工光合成研究に関しては、国内外においてトップレベルにある。本学の人工光合成に係る研究においては、さまざまな外部資金に採択され、その成果が、「Nature」に取り上げられるなど、世界的に注目を集めてきた。本施設は、このような基礎研究において一定の成果をあげた、人工光合成研究の実用化に向けた新たなステージに取り組むことを目的として設立された。

## ●センターの目標

本学における人工光合成研究の成果により、水と二酸化炭素から、酸素と糖類を生成する過程における酸素生成に関する光合成タンパク質複合体の構造が明らかにされた。これらの成果を基盤として当初目的として太陽光の高効率捕集・エネルギー伝達を連動させた「人工光合成膜デバイス」（太陽光+水から電子を取り出す機能）の完成を目指すとともに、太陽光エネルギーから得られた電子を使い二酸化炭素から、メタノール等のアルコール燃料を生成する「新規触媒」の開発を目指していた。現在は社会ニーズの変化にあわせ、これらの研究に加え排出された二酸化炭素を取り込んで循環する仕組みを確立すること、二酸化炭素からのものづくりを実現させるために、異なる分野の研究である固体触媒と生体触媒に加えて二酸化炭素を資源として有用物に変換する触媒の研究者が連携し、新しい技術の確立を目指すとともに実用化に向け、効率的な企業等との産学官連携研究に取り組んでいる。

## ●組織

基盤研究系と共同研究系の2ユニット制とし、それぞれに研究部門を設置している。また事務業務は学術研究支援部研究推進課が担当している。



#### ■センター所長

<人工光合成研究センター教授>天尾豊

#### ■センター副所長

<工学研究科教授>山田裕介

#### ■特別招へい教授

神谷信夫

#### ■兼任研究員

<工学研究科教授>石亀篤司・涌井徹也・松岡雅也<工学研究科准教授>田村正純・亀川孝・堀内悠

#### ■基盤研究系

##### 生体触媒研究部門

<教授>天尾豊・<特任講師>中菌孝志（工学研究科山田研）・大学院生6名・学部生2名

##### 化学反応場研究部門

<准教授>松原康郎

##### 生体エネルギー論研究部門

<准教授>藤井律子・博士研究員1名

#### ■共同研究系

##### 蓄電デバイス研究部門

<教授>佐藤和信（理学研究科）・<特任講師>神崎祐貴（理学研究科）・研究員1名

##### 水素エネルギー技術開発研究部門

<教授>天尾豊・<准教授>松原康郎・研究補佐6名

##### 水素エネルギー変換工学研究部門

<特任教授>南繁行・<特任教授>小嶋邦男・特任研究員5名・研究員8名

#### ■事務系組織

##### 研究推進課

<課長>井野真由美・<課長代理>山尾あおい<係長>藤田敦子・<係員>杉寺美香・深水美紀

#### ●管理運営

人工光合成研究センター運営のために運営委員会を設置している。

#### ■運営委員会

<人工光合成研究センター・センター所長>天尾豊、<同副所長>山田裕介、<同准教授>松原康郎・藤井律子、<共同研究部門>南繁行・佐藤和信、<大学運営本部長>岩川和朗

#### ■客員教員・学生等の受け入れ

基盤研究系研究部門において工学部・工学研究科、理学部・理学研究科から4回生・大学院生を受け入れ教育研究指導している。また客員教員2名も受け入れている。

#### ●財務

##### ■科学研究費助成事業

採択件数 6件 総額 27,690千円  
(直接 21,300千円 間接 6,390千円)

##### ■民間企業との共同研究

総額 212,289千円

##### ■奨学寄附金等

総額 10,000千円

#### ●人材育成

##### ■学生研究活動表彰制度

人工光合成研究センターにて卒業研究・修士論文・博士論文に関する研究を進めている学生を対象に活動報告会において優秀発表賞及び学生研究活動表彰を2020年度から新設し授与している。

2024 年度人工光合成研究センター学生活動表彰者

工学研究科・物質科学生命系専攻・博士後期課程 3 年 関優介

理学研究科・化学専攻・博士前期課程 2 年末廣和真

2024 年度人工光合成研究センター学生発表表彰者

工学部・化学バイオ工学科・4 年 岩井齊也 (プラチナ賞)

理学研究科・化学専攻・博士前期課程 1 年 山田恭佑 (ゴールド賞)

工学部・化学バイオ工学科・4 年 河合佑真 (シルバー賞)

## ●施設

人工光合成研究センターは大阪公立大学杉本キャンパスの旧教養地区に所在する。人工光合成研究センター及び 2 号館 3 階部分がセンター施設となる。



## 国際・国内交流と共同研究

### ●国際共同研究

国立台湾大学の Center of Atomic Initiative for New Materials (AI-MAT) との研究交流協定も締結しており、国際共同研究拠点としての活動を強化している。さらに 2022 年度からイギリスグレーターマンチェスターとのカーボンニュートラル社会構築に関する連携にも着手している。

### ●共同利用共同研究拠点事業

2022 年度からは北海道大学触媒科学研究所、大阪公立大学人工光合成研究センター、産業技術総合研究所触媒化学融合研究センターとともに連携ネットワーク型共同利用・共同研究拠点「触媒科学計測共同研究拠点」として文部科学省共同利用共同研究拠点認定を受けている。触媒や人工光合成などの中核領域における共同研究に加え、異分野間の融

合・連携を一層促進するために、固体触媒、分子触媒、生物触媒分野間の共同研究をはじめとする多様性のある学際共同研究を広く学外に公募し実施している。

### ■ 2024 年度共同利用共同研究課題 (人工光合成研究センター分)

#### 第 1 期

**茨城大学 教授・藤澤 清史** 構造制御した不均一系錯体触媒を用いた二酸化炭素変換触媒の開発 (生体触媒研究部門) (発展型)

**京都大学 特定講師・田部 博康** 加熱 CO<sub>2</sub> 電解システムの共同開発と MEA の XAFS 測定 (工学研究科) (FYRES 型)

**北海道大学 助教・高林 厚史** クロロフィル b を高蓄積する光合成生物の構造学的小および分光学的解析 (生体エネルギー論研究部門)

大阪工業大学 特任准教授・平原 将也 外部刺激により触媒活性を完全に ON/OFF できる反応系の構築 (生体触媒研究部門)

東京大学 講師・岩井 智弘 機能性金属錯体修飾電極の作成と評価 (生体触媒研究部門)

東北大学 助教・芳野 遼 アンモニアの触媒的分解反応を目指した錯体触媒の開発 (生体触媒研究部門)

第 2 期

北海道大学・助教・高林 厚史 クロロフィル b を高蓄積する光合成生物の構造学的小および分光学的解析 (生体エネルギー論研究部門)

## ●講演会・研究会など

### ■人工光合成研究センター講演会

2024 年 11 月 13 日 (水)

緑藻から陸上植物へ：光化学系の光環境適応と進化から考える 高林 厚史 先生 (北海道大学低温科学研究所 生物適応研究室 助教)

### ■人工光合成研究センター活動報告会

2025 年 3 月 3 日 (月) 9:30-17:00

開会挨拶

人工光合成研究センターの 2024 年度の全体の活動報告

生体触媒研究部門活動報告

生体エネルギー論研究部門活動報告

化学反応場研究部門活動報告

無機工業化学研究室研究活動紹介

有機触媒化学研究室研究活動紹介

特任教員研究活動報告

塩基無添加でのアルコールをアルキル源とした N-アルキル化を促進する不均一鉄触媒の開発 喜多 祐介 (触媒有機化学研究室 特任講師)

依頼講演 無機ナノシートを用いた金ナノ粒子触媒の表面被覆法の開発 石田 玉青 (東京都立大学 大学院都市環境科学研究科 准教授)

学生発表

1 尿素およびピルビン酸を原料とした生体・光触媒利用による生分解性ナイロン原料の合成 山田 恭佑 (生体触媒研究部門・理学研究科)

2 ギ酸分解に基づく光水素製造のための有機光触媒 - シクロデキストリン包摂体及び生体/金属微粒子触媒で構成した複合触媒系の構築 吉川 真太郎 (生体触媒研究部門・理学研究科)

3 連続的な光水素発生を目指したバイオロゲン誘導体の相間移動制御 河合 佑真 (無機エネルギー化学研究室・工学部)

4 二重 N- 混乱ヘキサフィリンを配位子とした単核および二核銅錯体の水素発生触媒活性 中村 真輔 (無機エネルギー化学研究室・工学研究科)

5 ニッケル置換型ルブレドキシシン様タンパク質の二次構造ならびに触媒活性に対する溶存有機溶媒の影響 吉原 健能 (無機エネルギー化学研究室・工学研究科)

6 イソソルビドの水素化分解に有効な金属酸化修飾ロジウム担持触媒の開発 宇野 夏希 (触媒有機化学研究室・工学研究科)

7 アルキンと二酸化炭素の炭素 - 炭素形成反応に有効な不均一系触媒の開発 岩井 齊也 (触媒有機化学研究室・工学部)

特別講演 バイオ光触媒を用いた NH<sub>3</sub> と H<sub>2</sub> 合成 石原 達己 (九州大学工学研究院・教授 / カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所・所長)

閉会

## ●生体触媒研究部門／Biocatalysis Division

### ■ 2024 年度構成員

〈教授〉天尾豊・〈理学研究科・博士後期課程〉平野誠人・〈理学研究科・博士前期課程〉加納滉也／末廣和真／日野真理／山田恭佑／吉川真太郎・〈理学部〉堀川篤哉／久保誠貴



### ■ 2024 年度の動き

大阪公立大学大学院理学研究科化学専攻博士前期課程に山田恭佑君、吉川真太郎君が進学、大阪市立大学理学部化学科 4 回生堀川篤哉君、久保誠貴君が新たに研究室に加入した。加納滉也君、末廣和真君、日野真理君は 2025 年 3 月大阪公立大学大学院理学研究科化学専攻博士前期課程を修了し民間会社へ就職した。

### ■ 研究課題

#### 1. 光／生体複合触媒系を用いた炭素 - 窒素結合形成に基づく可視光駆動型 L-アラニン合成

ここ数十年でプラスチックの生産・消費が急激に増加しており、その生産や廃棄に伴う二酸化炭素排出による地球温暖化や、廃棄プラスチックによる環境汚染が問題となっている。当研究室では、ナイロン原料であり、自然の作用により最終的に水や二酸化炭素などの低分子化合物に分解されうる生分解性高

分子の一種であるポリアミノ酸のモノマー、L-アラニンを太陽光エネルギーに相当する可視光を照射することにより合成する可視光駆動型 L-アラニン合成系の構築、およびその効率化を目指した。具体的には、水溶性亜鉛ポルフィリンとロジウムのメチルシクロペンタジエニル錯体とで構成される NADH 再生系に L-アラニン脱水素酵素を添加し、ピルビン酸塩とアンモニアを原料とした L-アラニン合成系を構築した。(Sustain. Energy Fuels, 2025, 9, 419-423)。



#### 2. 光／生体／金属複合触媒系による中性領域でのギ酸分解に基づく可視光応答型水素製造

水素はその燃焼後に水のみを生成するため、クリーンなエネルギーとして地球温暖化などの環境問題を抱える現代において注目を集めている。一般的に、水素をエネルギー源として利用するには、水素キャリアと呼ばれる化合物に一度変換することによって輸送・貯蔵を効率化し、使用する際に再び水素を取り出すことが望まれる。これまでにアンモニアやメチルシクロヘキサンのような水素キャリアが検討されてきた中で、ギ酸は 4.4 wt% の水素を含有し、太陽光などの再生可能エネルギーを利用すること



で二酸化炭素から合成できるため、ギ酸分解に基づく水素製造のための様々な金属触媒が開発されている。当研究室ではコロイド状白金微粒子をポリビニルピロリドンで分散した Pt-PVP を用いたギ酸分解に基づく水素製造を報告している。そこでギ酸脱水素酵素 (FDH)、水溶性亜鉛ポルフィリン (ZnTPPS)、Pt-PVP から構成される複合触媒系を用いることで、中性領域においてギ酸を分解し、可視光照射による水素生成の制御を達成した (*Sustain. Energy Fuels*, 2025, **9**, 1160-1164)。

#### ■ 2024 年度の研究業績

原著論文 (すべて査読付)

- (1) M. Takeuchi, Y. Amai, “Multi-biocatalytic system for the effective fumarate synthesis from pyruvate and gaseous CO<sub>2</sub>”, *RSC Sustain.*, 2024, **2**, 2491-2495.
- (2) M. Takeuchi, Y. Amai, “Visible-light driven unsaturated dicarboxylate production from gaseous CO<sub>2</sub> and pyruvate with the system of water-soluble zinc porphyrin and dual-biocatalysts”, *J. Jpn. Pet. Inst.*, 2024, **67**, 167-175.
- (3) M. Takeuchi, Y. Amai, “Fumarate production from pyruvate and low concentrations of CO<sub>2</sub> with the multi-enzymatic system in the presence of NADH and ATP”, *New J. Chem.*, 2024, **48**, 18055-18065.
- (4) K. Yamada, Y. Amai, “Photo/biocatalytic system for visible-light driven L-alanine production from ammonia and pyruvate”, *Sustain. Energy Fuels*, 2025, **9**, 419-423.
- (5) S. Yoshikawa, Y. Amai, “Visible-light responsive hydrogen production from formate with the photoredox system using enzyme and colloidal platinum nanoparticles”, *Sustain. Energy Fuels*,

2025, **9**, 1160-1164.

総説・解説

- (1) 山田恭佑 “PRiME 2024 学生ポスター賞受賞者紹介” *電気化学*, 93(1),50-52 (2025)

招待／基調／依頼講演・国際会議

- (1) Yutaka Amai, “Biodegradable polymer precursor synthesis from low concentration carbon dioxide with photo/ATP-NADH dependent biocatalysts hybrid system” Taiwan International Conference on Catalysis 2024 (TICC 2024) (Jun. 19-21, Taiwan)
- (2) Yutaka Amai, “Biodegradable polymer precursor synthesis from carbon dioxide with photo/biocatalyst hybrid system” 24th International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy International Conference on Artificial Photosynthesis-2024 (IPS-24/ICARP2024) (Jul. 29-Aug. 2, Hiroshima)
- (3) Yutaka Amai, “Photo/biocatalytic hybrid system for visible-light driven fumarate production from gaseous carbon dioxide” 5th International Conference on Emerging Advanced Nanomaterials ICEAN 2024 (Nov. 4-8, Australia)
- (4) Yutaka Amai, “Visible-light driven fumarate synthesis from gaseous carbon dioxide and bio-based material with photo/biocatalytic hybrid system” 12th Singapore International Chemistry Conference (SICC-12) (Dec. 9-13, Singapore)
- (5) Yutaka Amai, “Visible-light driven polymer precursor synthesis from gaseous CO<sub>2</sub> with hybrid catalytic system” 18th Taiwan-Japan Joint Symposium on Catalysis (Jan. 9-11, Kyushu)

- (6) 天尾 豊 “二酸化炭素を資源化する人工光合成技術の現状と展望” 第24回環境技術学会年次大会 (2024年9月25日、大阪公立大学)
- (7) 天尾 豊 “大阪・関西万博2025への出展に向けた人工光合成研究の取り組み” ミュージアム連続講座「博覧会」と「芸術・科学」～想像と創造の力～ (2024年12月19日、大阪市立難波市民学習センター)
- (8) 天尾 豊 “可視光エネルギーを駆動力とした複合触媒系による二酸化炭素を原料としたプラスチック前駆体合成” 触媒学会つくば地区講演会 (2025年1月8日、産業技術総合研究所)
- (9) Shintaro Yoshikawa, Yutaka Amao, “Visible-light controlled hydrogen production from formate with hybrid catalytic system” 18th International Congress on Catalysis (July 14-19, 2024, France)
- (10) Kyosuke Yamada, Yutaka Amao, “Development of visible-light driven alanine production with photo/biocatalyst” 18th International Congress on Catalysis (July 14-19, 2024, France)
- (11) Kazuma Suehiro, Yutaka Amao, “Synthesis of Biodegradable Polymer Precursor from CO<sub>2</sub> and Acetaldehyde by Using Multi-enzymes” 18th International Congress on Catalysis (July 14-19, 2024, France)
- (12) Shintaro Yoshikawa, Yutaka Amao, “Visible light responsive hydrogen production based on formate decomposition using the enzyme and platinum nanoparticles in neutral pH region” 24th International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy International Conference on Artificial Photosynthesis-2024 (IPS-24/ICARP2024) (Jul. 29-Aug. 2, Hiroshima)
- (13) Kyosuke Yamada, Yutaka Amao, “Visible-light driven L-alanine production from pyruvate and ammonia using photo/biocatalyst system” 24th International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy International Conference on Artificial Photosynthesis-2024 (IPS-24/ICARP2024) (Jul. 29-Aug. 2, Hiroshima)
- (14) Kazuma Suehiro, Yutaka Amao, “Lactate synthesis from CO<sub>2</sub> and acetaldehyde by combining dual-biocatalytic systems” 24th International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy International Conference on Artificial Photosynthesis-2024 (IPS-24/ICARP2024) (Jul. 29-Aug. 2, Hiroshima)
- (15) Shintaro Yoshikawa, Yutaka Amao, “Hybrid Photocatalytic System with Enzymes and Pt Nanoparticles for Visible Light-Controlled Hydrogen Production from Formate Under Mild Conditions” PRiME 2024 (Oct. 6-11, Hawaii, USA)
- (16) Kyosuke Yamada, Yutaka Amao, “Synthesis of Nylon Resin Precursor Materials from Biomass-Derived Pyruvate with Photo/Biocatalyst Using Visible Light As an Energy Source” PRiME 2024 (Oct. 6-11, Hawaii, USA)
- (17) Shintaro Yoshikawa, Yutaka Amao, “Hydrogen production from formate with the system of enzyme, colloidal platinum nanoparticles and organic photosensitizers dispersed by cyclodextrins” Osaka-Kansai International Symposium on Catalysis (OKCAT2024) (Nov. 20-21, Osaka, Japan)
- (18) Kyosuke Yamada, Yutaka Amao,

- “Construction of visible-light driven L-alanine production from biomass-derived urea using photo/biocatalyst” Osaka-Kansai International Symposium on Catalysis (OKCAT2024) (Nov. 20-21, Osaka, Japan)
- (19) Yutaka Amao, Yu Kita, “Visible-light driven poly-3-hydroxybutyrate precursor production from low concentration CO<sub>2</sub> and waste acetone with the hybrid system of biocatalysts and photocatalytic dye” 2nd Australian Conference on Green and Sustainable Chemistry & Engineering (Dec. 8-12, Australia)
- (20) Yutaka Amao, Mika Takeuchi, “Biocatalytic fumarate production from gaseous CO<sub>2</sub> and pyruvate with the multi-enzyme system” 1st Catalytic Biorefinery International Conference (Feb 6-7, 2025, Thailand)
- (8) 末廣和真（理学研究科・化学専攻博士前期課程 2 回生） International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy (IPS-24) /International Conference on Artificial Photosynthesis-2024 (ICARP2024) 講演賞
- (9) 竹内未佳・天尾 豊 Journal of the Japan Petroleum Institute 優秀論文賞

#### 受賞

- (1) 山田恭佑（理学研究科・化学専攻博士前期課程 1 回生）学長表彰（後期）
- (2) 吉川真太郎（理学研究科・化学専攻博士前期課程 1 回生）学長表彰（後期）
- (3) 吉川真太郎（理学研究科・化学専攻博士前期課程 1 回生）第 44 回水素エネルギー協会（HESS）大会 学生優秀発表賞
- (4) 吉川真太郎（理学研究科・化学専攻博士前期課程 1 回生）OKCAT2024 (Osaka-Kansai International Symposium on Catalysis)
- (5) 山田恭佑（理学研究科・化学専攻博士前期課程 1 回生）学長表彰（前期）
- (6) 吉川真太郎（理学研究科・化学専攻博士前期課程 1 回生）学長表彰（前期）
- (7) 山田恭佑（理学研究科・化学専攻博士前期課程 1 回生）Pacific Rim international meeting (PRiME 2024) ポスター賞

## ●化学反応場研究部門／Chemical Reaction Field Research Division

■ 2024 年度構成員  
〈准教授〉松原康郎

### ■ 2024 年度の動き

附属高専の野田達夫准教授（総合工学システム学科）と連携し、25 年度より高専生（5 年）を受け入れることで合意した。

### ■ 研究課題

#### 1. 持続可能な社会のための再生可能な有機ヒドリド試薬の開発

光合成明反応において、補酵素 NADP は、酸素発生中心で得られた 1 電子の流れを 2 電子に変換して細胞内で輸送するという重要な役割を持つ。近年、この働きを模倣するような人工的な分子系の構築に関する研究が盛んであるが、その設計指針は明らかになっていないと言いが難いのが現状である。これは、2 電子還元では、複数の反応経路が存在し、また、副反応も起こりうるということが一般的であることが理由であると考えられる。

本課題では、強い還元力を持つジヒドロイミダゾールに注目し、これを酸化体であるイミダゾリウムから電気化学的手法により生成させる反応の研究を行っている。上記にあげた問題を回避するための方法として 2 つ考えられる。反応中間体であるイミダゾリルラジカルの反応中心を (1) 立体的に保護する、又は、(2) 電子的に安定化させ反応中心が 2 電子目もしくはプロトンを受け取れるようにするというものである。

イミダゾリウムの反応中心を立体的に保護した場合の例を右図に示す。イミダゾリウムは、電気化学的手法の一つであるサイクリックボルタンメトリーにおいて、通常不可

逆な還元波を示すことが知られている。一方、イミダゾリウム周辺の置換基の高さを変えることによってその可逆性は大きく変化することがわかった。1,3 位にジイソプロピルフェニル基をもつイミダゾリウム **1** の還元波は完全な可逆性を示したのに対し、高さ減じた **2** と **3** の還元波は、完全な不可逆性を示した。但し、イミダゾリウム **2** は、掃引速度を 100 V/s 以上に速めることによって可逆な応答を示した。これらの結果は、1 電子還元反応での差異を示したものに過ぎないが、量子化学計算による検討により、 $\pi$ - $\pi$ スタッキング、静電反発、もしくはスピンの局在性が現れた結果となったことが判明しており、今後、2 電子還元過程についてもこれらの結果を踏まえて調査する予定である。

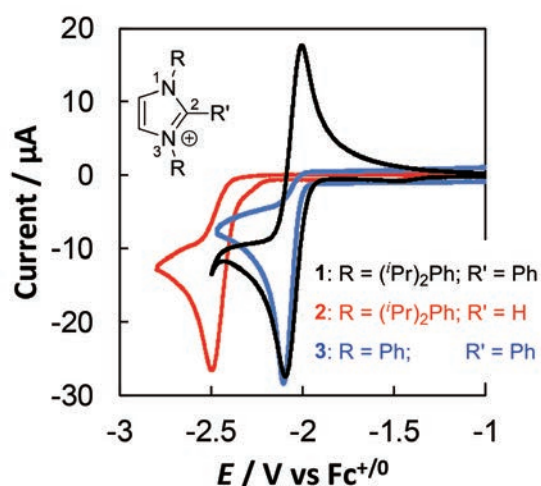


図. イミダゾリウム **1** - **3** のサイクリックボルタモグラム。アセトニトリル溶液中 0.1V/s で測定。

### ■ 2024 年度の研究業績

#### 国際会議

Y. Matsubara, H. Kawakami, Y. Kajita, Y. Satoh, Y. Amao, “A Chemical Maximum-Power-Point Tracking System for Stabilized Solar-Fuel Production”, The 35<sup>th</sup> International Photovoltaic Science and Engineering Conference (Nov. 12, 2024, Numazu) (PVSEC-35 講演賞).

●生体エネルギー論研究部門／Bioenergetics  
Division

■ 2024 年度構成員

〈准教授〉藤井 律子・〈博士研究員〉オフィー  
ヨアンダラ アヤル



■ 2024 年度の動き

2024 年度は昨年度に引き続き、研究支援  
員制度および科研費の支援によりオフィー  
ヨアンダラアヤル博士研究員が年度末まで在  
籍した。

■ 研究課題

2023 年度に卒業した関庄一郎博士（現 大  
阪大学蛋白質研究所、JSPS 博士研究員）と  
の密な共同研究により、光合成色素であるカ  
ロテノイドの物性研究、再構成光合成アンテ  
ナの構造に関する研究成果を論文発表し、海  
中で得られる太陽光である青緑色の光を光合  
成に利用する仕組みの解明に向けた国内外の  
研究者との共同研究を推進した。

1. 光合成系カロテノイドの UV-B 吸収帯の  
帰属。

光合成系に用いられるカロテノイドは、共  
役二重結合数が 9 から 13 の範囲にあり、450  
nm 付近の可視光を主として吸収する。これ  
はカロテノイドのポリエン骨格の持つ  $C_{2h}$  対

称性により、 $1A_g^-(S_0)$  状態から  $2B_u^+(S_2)$  状態  
への許容遷移と表される。一方、その下の  
 $2A_g^-(S_1)$  状態への電子遷移は対称禁制とな  
る。この  $S_1$  状態は、基底状態への遷移が禁  
制であるために長寿命となり、反応中心クロ  
ロフィルへの励起エネルギー移動を効率よく  
行うチャンネルとして重要であり、研究が進  
んでいる。しかしながら、 $S_2$  状態よりも高  
エネルギーの状態についてはほとんど報告さ  
れていない。そこで本研究では、対称性の違  
いによる溶媒依存性の違いに着目し、 $S_1 \rightarrow S_n$   
遷移を検出する時間分解吸収スペクトルおよ  
び  $S_0 \rightarrow S_n$  遷移を検出する定常吸収スペク  
トルの溶媒効果を吟味することにより、UV-B  
領域の吸収帯を担う  $S_{uv}$  状態が  $2B_u^+$  という  
対称性を持つことを初めて明らかにした (*J.*  
*Phys. Chem. B*, 2024, **128**, 5623-5629)。

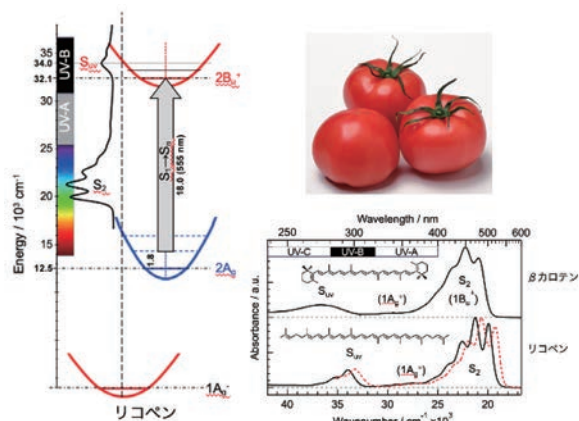


図 1：トマトの赤色の素であるリコペンの定常吸収  
スペクトルおよび今回提案した電子励起状態  
間の遷移の概念図。

2. 人工の光合成アンテナの構造解析に成功  
高等植物や緑藻の持つ光合成アンテナ  
LHCII は、クロロフィルやカロテノイド色素  
が結合して初めて天然と同じ構造を形成する  
色素蛋白質複合体であるが、試験管内でこれ  
らの構成パーツを混合することにより、自己  
集積的に再構成する技術が開発されていた。  
試験管内再構成では、リコンビナント蛋白質

に変異を入れたり、色素組成を変更したりすることにより、ある特定の結合部位に結合した色素の励起状態に関する実測データが蓄積されてきた。

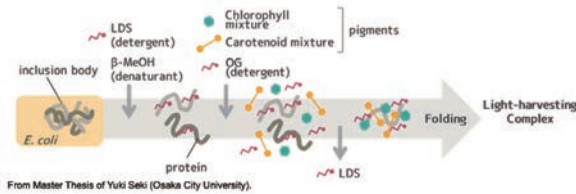


図2：試験管内再構成光合成アンテナの原理の模式図

しかしながらこの再構成体が本来の光合成アンテナと同等の構造を構築しているかどうかは、吸収・円偏光二色性 (CD) などのスペクトルだけを用いて評価されており、色素と蛋白質あるいは色素同士の相互作用といった2次的な評価にとどまり、構造そのものを評価した例はなかった。我々のグループでは、クライオ電顕により、この再構成光合成アンテナの3次元構造を高分解能で明らかにした。その結果、再構成アンテナは、これまでの予想通り V1 サイトのカロテノイドは結合が認められなかった。また、14 種類のクロフィル結合部位のうちの1か所 (サイト 614) では、Chl-a と Chl-b の両方が結合している可能性、リコンビナントタンパク質を作る際に導入しているヒスチジンタグの影響で、C 末端から数残基が不安定になることが初めて明らかになった (*PNAS Nexus*, 2024, 3, 405)。

この成果により、再構成光合成アンテナの構造と光機能を結びつける実験的手法の道筋が開かれたと言える。プレスリリースを行ったところ、国内外の複数のサイトで記事として紹介された。

## ■ 2024 年度の研究業績

原著論文 (査読付)

- (1) Y. Liu, T. Zheng, Y.-T. Xu, A. Li, H. Xu, Y. Gao, X.-F. Wang, R. Fujii, S. Sasaki, “ $\beta$ -carotene assisted chlorin-modified Pt/TiO<sub>2</sub> photocatalysts for enhanced hydrogen evolution”, *Appl. Surf. Sci.*, 2025, **684**, 161943.
- (2) S. Seki, T. Miyata, N. Norioka, H. Tanaka, G. Kurisu, K. Namba, R. Fujii, “Structure-based validation of recombinant light-harvesting complex II”, *PNAS Nexus*, 2024, **3**, 405.
- (3) S. Seki, K. Yoshida, M. Sugisaki, N. Yamano, R. Fujii, “Characterization of the ultraviolet-B absorption band of carotenoids using solvent-dependent shifts in steady-state and transient absorption spectra”, *J. Phys. Chem. B*, 2024, **128**, 5623-5629.
- (4) Y. Liu, Y. Li, Y.-T. Xu, H. Xu, Y. Gao, X.-F. Wang, R. Fujii, S. Sasaki, “Boosting intimate contact and charge transfer between Carotenoid dye and Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>TxMXene for photocatalytic hydrogen production”, *J. Alloys Compd.* 2024, **997**, 174798.

総説／解説

- (1) 関 荘一郎, 藤井 律子, 「緑色系統におけるカロテノイドの分析」, *低温科学*, 2025, **83**, 237-249.

招待／基調／依頼講演・国際会議

- (1) R. Fujii, S. Seki, “Blue-green light utilization strategy of the siphonaxanthin-type photosynthetic antenna in a marine green alga, *Codium fragile*”, 24th International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy International Conference on Artificial Photosynthesis-2024

- (IPS-24/ICARP2024) (Jul. 29-Aug. 2, Hiroshima)
- (2) 藤井律子, “光合成アンテナ LHCII に結合した色素の構造と生育時の光環境”, 第 189 回 Plant Science Seminar (2024 年 7 月 16 日、北海道大学低温科学研究所)
  - (3) 藤井律子, “海洋緑ミルにおける青緑光によるシフォナキサンチン生合成の制御”, 日本農芸化学会関西支部第 531 回講演会 (2024 年 7 月 12 日大阪公立大学 なかもずキャンパス)
  - (4) 藤井律子, “光合成アンテナ LHCII に結合した色素の構造決定”, 第 31 回光合成セミナー 2024 (2024 年 6 月 29-30 日龍谷大学)
  - (5) S. Seki, K. Kobayashi, R. Fujii, “Photosynthetic capacity and pigment distribution of a siphonous green alga, *Dichotomosiphon tuberosus*”, 2nd Asia-Oceania International Congress on Photosynthesis (AOICP2024) (Sep. 18-21 Kobe)
  - (6) O. Akhyar, S. Seki, K. Yoshida, C. Takagi, Y. Kamei, R. Fujii, “Light-induced growth dynamics of yellow marine *Chlamydomonas*”, 2nd Asia-Oceania International Congress on Photosynthesis (AOICP2024) (Sep. 18-21 Kobe)
  - (7) S. Seki, N. Norioka, H. Tanaka, T. Miyata, K. Namba, G. Kurisu, R. Fujii, “Structural validation of recombinant LHCII using cryo-EM”, 2nd Asia-Oceania International Congress on Photosynthesis (AOICP2024) (Sep. 18-21 Kobe).
  - (8) M. Tsuji, M. Hioki, J. Thandi, Z. Molnár, T. Nagamura, R. Fujii, “Neurotransmitter levels in a rat model of fetal growth restriction and their possible modulations by a cell therapy”, Evolution and Development of Nervous Systems (Sep. 9-12, Croatia)
  - (9) K. Yoshida, S. Seki, Y. Yamano, T. Wazawa, T. Nagai, R. Fujii, “Fluorescence spectra of a photosynthetic carbonyl carotenoid, siphonaxanthin: Dual fluorescence observed only at ambient temperature in polar solvents”, 21st IUPAB and 62nd BSJ joint congress 2024 (IUPAB2024) (Jun. 24-28, Kyoto)
  - (10) O. Akhyar, S. Seki, K. Yoshida, C. Takagi, Y. Kamei, R. Fujii, “Light factor-dependent Growth of Yellow *Chlamydomonas*”, 21st IUPAB and 62nd BSJ joint congress 2024 (IUPAB2024) (Jun. 24-28, Kyoto)
  - (11) S. Seki, T. Nakaniwa, P. Castro-Hartmann, K. Sader, A. Kawamoto, H. Tanaka, P. Qian, G. Kurisu, R. Fujii, “Cryo-EM structure of marine green algal LHCII utilizing blue-green light”, 21st IUPAB and 62nd BSJ joint congress 2024 (IUPAB2024) (Jun. 24-28, Kyoto)

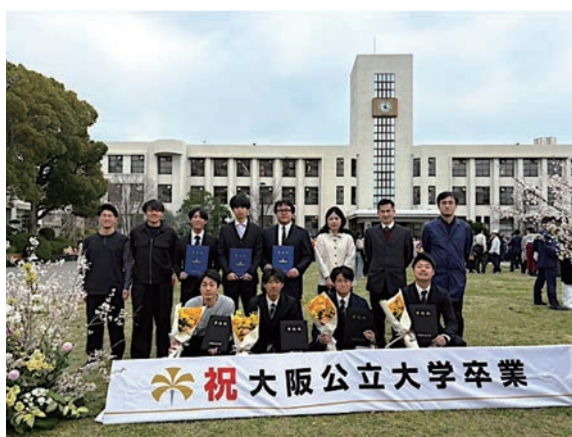
#### 受賞

- (1) O. Akhyar IUPAB2024 (21st IUPAB and 62nd BSJ joint congress 2024), Students and Early Career Researcher Poster Award

●無機エネルギー化学分野（工学研究科）／  
Division of Inorganic Chemistry for Energy

■ 2024 年度構成員

〈教授〉山田裕介・〈特任講師〉中菌孝志・  
〈工学研究科・博士後期課程〉関優介／西田  
美穂〈博士前期課程〉中本滝人／八田浩紀  
／光田凌／中村真輔／西埜尚輝／羽田野聖・  
〈工学部〉河合佑真／西山文貴／吉原健能



■ 2024 年度の動き

2024 年 4 月に、工学研究科博士前期課程 1 年生として中村真輔、西埜尚輝、羽田野聖工学部化学バイオ工学科 4 年生の河合佑真、西山文貴、吉原健能が卒業研究生として配属された。2025 年 3 月には関優介が博士後期課程を修了し、本研究室の卒業生で初めて博士の学位を取得した。また、中本滝人、八田浩紀、光田凌が博士前期課程を修了し、民間企業へと就職した。さらに、卒業研究を終えた吉原健能が他大学大学院へと進学した。

■ 研究課題

光エネルギーを利用して燃料や有益な化学物質を生産する人工光合成系を実現するためには、光増感剤を水の酸化触媒とプロトンや二酸化炭素などの還元触媒を組み合わせる必要がある。これらのうち、水の酸化は 4 電子 4 プロトンの移動を伴うため反応が遅く、高活性な触媒が必要である。我々の研究

グループでは、高い安定性が期待できる配位高分子や環状配位子を用いた金属錯体を利用した水の酸化触媒の研究に取り組んでいる。これらの研究成果のうち、本年度に発表されたものを以下に紹介する。

1. 水の酸化触媒となる配位高分子の可溶化  
(研究業績 1, 3)

シアノ架橋金属錯体は配位子の炭素ならびに窒素に任意の金属イオンを選択的に結合させることで配位高分子を生成する。これまでに分子論的な考察に基づき、種々の金属イオンを組み合わせることで、水の酸化に対する触媒活性の向上を達成してきた。しかしながら、一般にシアノ架橋配位高分子は水に溶けないので、分子性触媒でありながら、分光学的手法を用いた反応機構の詳細解明や光増感剤や基質還元触媒との複合化が容易ではない、といった固体触媒に共通の問題点を有している。この問題は配位高分子をその触媒機能を保った状態で可溶化できれば解決できるが、通常、配位高分子が可溶化する際には、シアノ配位子との結合が弱い金属イオンが配位子から遊離するため、触媒機能を失ってしまう。本研究では、カウンターカチオンを含むシアノ架橋金属錯体に注目し、適当な大きさのカチオンに交換すると触媒機能を保ったままクラスター化し、水に可溶化することを見出した。

$\text{K}\{\text{Co}^{\text{II}}_{1.5}[\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6]\}$  は水の酸化触媒として機能するが、水に不溶な不均一触媒である。 $\text{K}^+$ イオンを  $\text{Me}_4\text{N}^+$ イオンに交換することにより生じる  $(\text{Me}_4\text{N})\{\text{Co}^{\text{II}}_{1.5}[\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6]\}$  は水に可溶となる (Figure 1)。水に溶けた状態で水の酸化に対する触媒活性があるか調べたところ、 $\text{K}\{\text{Co}^{\text{II}}_{1.5}[\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6]\}$  よりも高い触媒活性を示すことが明らかとなった。溶液状態での ESI-MS の測定を行ったところ、

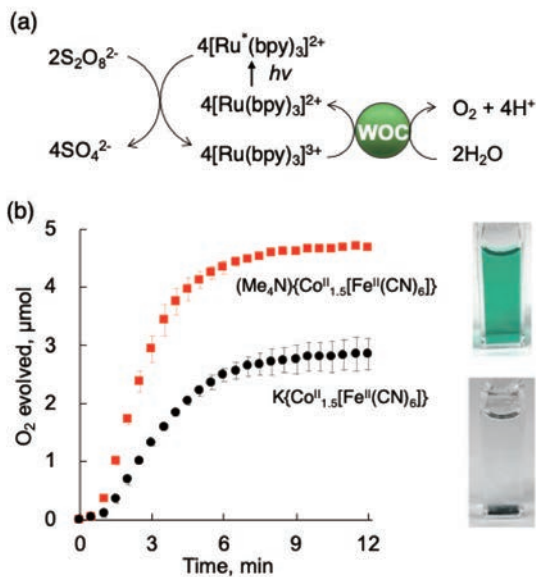


Figure 1. (a) Overall photocatalytic cycle for water oxidation (b) time courses of O<sub>2</sub> evolution with soluble and insoluble water oxidation catalysts.

Co<sub>6</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sub>4</sub> の骨格に由来するフラグメントが複数検出されたことから、フラグメント化することにより活性点である Co イオンに対し反応基質である水分子の配位が容易になったことで触媒活性が向上したと結論づけた。

さらにこのような配位高分子の可溶化を可能とするカチオン種に求められる条件についても明らかとした。

## 2. Co クロリン錯体の水の酸化触媒活性 (研究業績 4)

単核錯体による水の酸化反応の機構には 2 つの型が報告されている。1 つは、水分子の酸化により生じる高原子価金属オキソ種が水を求核攻撃する機構 (water nucleation attack: WNA) であり、もう一つは 2 つの金属オキソ種が反応する機構 (interaction of two metal centers: I2M) である (Figure 2)。WNA 型に比べると I2M 型の方が律速過程である O—O 結合が容易であり、高い活性が期待できる。I2M 機構で反応が進行するためには、生成するオキソ種の酸素まわりの構造が立体的に混

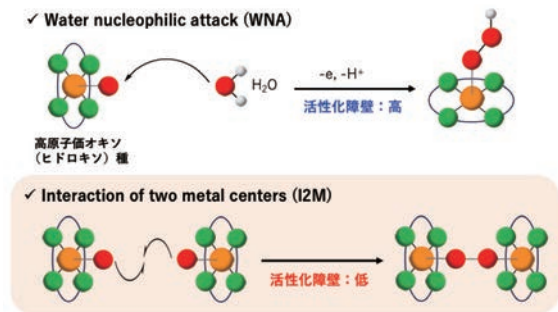


Figure 2. Two mechanisms for O—O bond formation during water oxidation.

み合っていないことが必要であり、これまでにポルフィンなどの平面環状分子を配位子とする金属錯体が利用されてきた。クロリン (Ch) は、ポルフィリン環の一部が還元されているため、金属に配位するピロール窒素はポルフィリンに比べて塩基性が高いため、金属の高原子価状態をより安定化できると期待される。そこで、これまでに水の酸化触媒の活性中心としてよく利用されている Co イオンを中心金属とする Ch 錯体を合成し、水の酸化反応に対する触媒活性を評価した。その結果、反応速度は Co (Ch) の濃度に 2 次で比例したことから、I2M 機構で触媒反応が進行することが示された。また、最適条件下では TOF が 5.2 s<sup>-1</sup>、TON は 980 に達し、酸素収率は 98% と非常に高い値を示したことから、Co (Ch) は高活性を示すことが明らかとなった (Figure 3)。

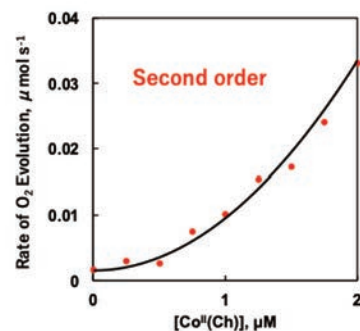


Figure 3. O<sub>2</sub> evolution rates dependent on the Co(Ch) concentrations under photoirradiation of a mixture of borate buffer (pH 9.0, 0.1 M) and acetone-d<sub>6</sub> (9:1) containing Co(Ch), [Ru(bpy)<sub>3</sub>]<sup>2+</sup> and S<sub>2</sub>O<sub>8</sub><sup>2-</sup>.

■ 2024 年度の研究業績

原著論文 (査読付)

- (1) Y. Seki, T. Nakazono, Y. Yamada “Size and Shape Effect of Counter cations on Depolymerization and Water Oxidation Catalysis of Cyano-Bridged Coordination Polymers” *Inorg. Chem.*, 2025, **64**, 5354-5359.
- (2) Y. Ojima, R. Akiyoshi, I. Tokiwa, T. Nakazono, Y. Yamada, M. Azuma “Cobalt phosphide-loaded biochar synthesis using phosphate-accumulating yeast and its application as an electrocatalyst” *Biotechnol. Rep.*, 2025, **45**, e00874.
- (3) Y. Seki, T. Nakazono, H. Tabe, Y. Yamada “Enhanced catalytic activity of solubilised species obtained by counter-cation exchange of  $K\{Co^{II}_{1.5}[Fe^{II}(CN)_6]\}$  for water oxidation” *Chem. Sci.*, 2024, **15**, 16760-16767.
- (4) T. Nakazono, R. Mitsuda, K. Hashimoto, T. Wada, H. Tamiaki, Y. Yamada “The Catalytic Mechanism of a Highly Active Cobalt Chlorin Complex for Photocatalytic Water Oxidation” *Inorg. Chem.*, 2024, **63**, 24041-24048.
- (5) Y. Yamada, M. Nishida, T. Nakabayashi, T. Nakazono, H. Lin, P. Chen, M. Tamura “Utilisation of in situ formed cyano-bridged coordination polymers as precursors of supported Ir–Ni alloy nanoparticles with precisely controlled compositions and sizes” *Dalton Trans.*, 2024, **53**, 17620-17628.
- (6) Q.-C. Jiang, T. Iwai, M. Jo, T. Hosomi, T. Yanagida, K. Uchida, K. Hashimoto, T. Nakazono, Y. Yamada, A. Kobayashi, S. Takizawa, H. Masai, J. Terao “Insulated  $\pi$ -Conjugated Azido Scaffolds for Stepwise Functionalization via Huisgen Cycloaddition

on Metal Oxide Surfaces” *Small*, 2024, 2403717.

総説・解説

- (1) 中藺孝志, 金属錯体触媒を用いた人工光合成への挑戦, *Bull. Jpn. Soc. Coord. Chem.*, 2024, **83**, 60-62.

## 個人データ

教員の 50 音順. 着任時の職名が現在のものとことなる場合にはそれが表示されている.

### 天尾 豊

あまお ゆたか

AMAO, Yutaka



職名：教授

着任：2013 年 4 月 1 日

部門／生体触媒研究（基盤研究系）・水素エネルギー技術開発（共同研究系）

研究室：人工光合成研究センター棟 AP201-202

研究分野：触媒・資源化学プロセス／生体関連化学／光化学／グリーンケミストリー

研究課題：可視光エネルギーを利用した二酸化炭素還元資源化・水素エネルギー製造・二酸化炭素を原料とした有機合成

研究キーワード：二酸化炭素利用・水素製造・人工光合成・光酸化還元

学歴：1997 年 3 月 東京工業大学大学院生命理工学研究科後期博士課程修了

学位：博士（工学）1997 年 3 月 東京工業大学

職歴：1997 年 4 月 財団法人神奈川科学技術アカデミー研究員

1998 年 2 月 科学技術庁航空宇宙技術研究所（現 JAXA）研究員

2001 年 2 月 大分大学工学部 講師

2002 年 4 月 大分大学工学部 助教授

2007 年 4 月 大分大学工学部 准教授

2013 年 4 月 大阪市立大学複合先端研究機構教授

2013 年 4 月 大阪市立大学人工光合成研究センター・センター副所長

2015 年 4 月 大阪市立大学人工光合成研究センター・センター所長

2020 年 4 月 大阪市立大学人工光合成研究センター教授

2022 年 4 月 大阪公立大学人工光合成研究センター教授・センター所長（現在）

2011 年 4 月－2016 年 3 月 科学技術振興機構さきがけ研究員兼任

学会活動：日本化学会九州支部代議員（2002・2003 年度），2004 年日本化学会西日本大会

実行委員庶務幹事，日本化学会九州支部化学教育協議会幹事（2005～2007 年度），触媒

学会 生体関連触媒研究会 世話人代表（2008 年～現在），触媒学会西日本支部代議員

（2008～2010 年），The Asia Pacific Association of Catalysis Society (APACS) committee（2017

～2023 年），水素エネルギー協会 協会大会実行委員長（2017 年度），石油学会 産油・

産ガス国研究者受入事業海外協力分科会委員会委員（2017 年～現在），日本化学会 CIP 委員会委員（2017 年～現在），WHTC2019 アド

バイザリー委員（2017～2019 年），触媒学会第 123 回 触媒討論会実行委員長（2019 年），

International Conference on Carbon Dioxide Utilization International Scientific Committee（2019 年～現在），触媒学会国際交流委員会

委員長（2020～2021 年度），触媒学会理事（国際交流担当）（2020～2021 年度），光化学協会理事（2020～2021 年度），近畿化学協会触

媒・表面部会幹事会幹事（2020 年度～現在），Catalysis Surveys from Asia Editorial board member（2021 年度～現在），Current Research in Green and Sustainable Chemistry Editorial board member（2020 年度～現在），Carbon Capture Science & Technology Editor（2021 年

度～現在），水素エネルギー協会評議員（2022 年度～現在），10th Asian Biological Inorganic Chemistry Conference Organizing Committee

(2021年～2022年), 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 技術委員 (2018年度～現在), 日本化学会近畿支部副支部長 (2023年度)

Associate Editor of *New Journal of Chemistry* (Royal Society of Chemistry)(2023年度～現在)  
主要な研究業績:

(1) M. Takeuchi, Y. Amai, “An effective visible-light driven fumarate production from gaseous CO<sub>2</sub> and pyruvate by the cationic zinc porphyrin-based photocatalytic system with dual biocatalysts”, *Dalton Trans.*, 2024, **53**, 418-422. (2) M. Takeuchi, Y. Amai “Visible-light driven fumarate synthesis from pyruvate and gaseous CO<sub>2</sub> with a hybrid system of photocatalytic NADH regeneration and dual biocatalysts”, *RSC Sustain.*, 2023, **1**, 1874-1882. (3) Y. Kita, Y. Amai “Visible-light driven 3-hydroxybutyrate production from acetone and low concentrations of CO<sub>2</sub> with the system of hybridized photocatalytic NADH regeneration and multi-biocatalysts”, *Green Chem.*, 2023, **25**, 2699-2710. (4) Y. Kita, Y. Amai, “Visible-light driven 3-hydroxybutyrate synthesis from CO<sub>2</sub> and acetone with the hybrid system of photocatalytic NADH regeneration and multi-biocatalysts”, *Chem. Commun.*, 2022, **58**, 11131-11134. (5) M. Takeuchi, Y. Amai, “Biocatalytic fumarate synthesis from pyruvate and CO<sub>2</sub> as a feedstock”, *React. Chem. Eng.*, 2022, **7**, 1931-1935.

学術関係の受賞: 1997年3月 第3回 鎌田泉博士論文賞受賞, 1998年7月 第5回 基礎錯体工学研究会国際シンポジウム講演賞, 1999年9月 日本化学会第14回 若い世代の特別講演, 2000年12月 日本化学会欧文誌 BCSJ 賞受賞, 2001年12月 第9回 財団法人 熱・電気エネルギー財団研究表彰, 2004年3月 日本化学会第18回 若い世代の特別講演, 2005

年5月 石油学会論文賞受賞, 2005年10月 Measurement Science and Technology Best Paper Award 2004, 2007年5月 平成18年度 ポルフィリン研究会奨励賞受賞, 2008年3月 平成19年度 触媒学会奨励賞受賞, 2010年8月 第13回公益信託エスペック地球環境研究・技術基金 エスペック環境研究奨励賞, 2015年8月 Outstanding achievement and contribution to ISAMR2015 Invited Presentation 受賞, 2017年1月 Asia-Pacific Congress on Catalysis Best Oral Presentation 受賞, 2019年1月 Fellow of Royal Society of Chemistry (FRSC) 授与

---

## 中 菌 孝 志

なかぞの たかし

Nakazono, Takashi



職名: 特任講師

着任: 2021年11月1日

部門/生体触媒研究(基盤研究系)・工学研究科 山田研究室

研究室: 2号館 237号室

研究分野: 錯体化学、触媒化学

研究課題: エネルギー変換反応を触媒する金属錯体の開発

研究キーワード: 人工光合成、金属錯体触媒、水の可視光分解

学歴: 2017年3月 九州大学大学院理学府化学専攻博士後期課程修了

学位: 博士(理学)

職歴: 2014年4月 日本学術振興会特別研究員(DC1)

2017年4月 立教大学理学部化学科 助教

2021年11月 大阪市立大学人工光合成研究センター 特任講師

2022年4月 大阪公立大学人工光合成研究センター 特任講師(現在)

在外研究歴：2016年 米国（イリノイ州）  
学会活動：日本化学会、錯体化学会、触媒学会

主要な研究業績：

- (1) T. Nakazono, R. Mitsuda, K. Hashimoto, T. Wada, H. Tamiaki, Y. Yamada, The Catalytic Mechanism of a Highly Active Cobalt Chlorin Complex for Photocatalytic Water Oxidation, *Inorg. Chem.*, 2024, **63**, 24041-24048  
(2) Y. Seki, T. Nakazono, H. Tabe, Y. Yamada, Enhanced catalytic activity of solubilised species obtained by counter-cation exchange of  $K\{Co^{II}_{1.5}[Fe^{II}(CN)_6]\}$  for water oxidation, *Chem. Sci.*, 2024, **15**, 16760-16767 (3) K. Hashimoto, T. Nakazono, Y. Yamada, High Power Density of a Hydrogen Peroxide Fuel Cell Using Cobalt Chlorin Complex Supported on Carbon Nanotubes as a Noncorrosive Anode, *Inorg. Chem.*, 2024, **63**, 1347-1355 (4) R. Takada, T. Nakazono, T. Nishimura, T. Shiga, M. Nihei, Y. Yamada, T. Wada, Electrochemical Hydrogen Evolution Reaction Catalysed by a Dinuclear Cobalt Complex with Doubly N-confused Hexaphyrin, *Sustainable Energy Fuels*, 2023, **7**, 3603-3608 (5) T. Nakazono, N. Amino, R. Matsuda, D. Sugawara, T. Wada, High Quantum Yield Photochemical Water Oxidation Using a Water-Soluble Cobalt Phthalocyanine as a Homogenous Catalyst, *Chem. Commun.*, 2022, **58**, 7674-7677 (6) Photochemical Water Oxidation Using a Doubly N-Confused Hexaphyrin Dinuclear Cobalt Complex, T. Nakazono, T. Wada, *Inorg. Chem.*, 2021, **60**, 1284-1288

## 藤井 律子

ふじい りつこ

FUJII, Ritsuko



職名：准教授

着任：2013年4月1日

部門：生体エネルギー論研究部門（基盤研究系）

研究室：2号館3階236号室南

研究分野：生物物理化学

研究課題：光合成色素の光化学，海洋藻類の光合成アンテナに結合した色素の構造と機能の解明，カロテノイドの抗酸化作用

研究キーワード：カロテノイド、海洋藻類、光合成アンテナ、励起エネルギー移動、抗酸化、クロロフィル

学歴：2001年3月 関西学院大学大学院理学研究科化学専攻博士課程後期課程修了

学位：博士（理学）2001年3月 関西学院大学

職歴：1999年4月 日本学術振興会・特別研究員（DC2, PD）；2002年4月 光エネルギー変換研究センター 博士研究員；2004年1月 大阪市新産業創成センター 博士研究員；2006年4月 大阪市立大学理学研究科数物系 博士研究員；2010年10月 大阪市立大学複合先端研究機構 特任准教授；2011年10月～2016年3月 JST さきがけ「光エネルギーと物質変換」領域研究員（兼）；2013年4月 大阪市立大学複合先端研究機構 准教授；2020年4月 大阪市立大学人工光合成研究センター 准教授；2022年4月 大阪公立大学人工光合成研究センター 准教授（現職）；2024年4月 大阪公立大学人工光合成研究センター 研究教授（称号）授与

在外研究歴：1993年7月英国（3週間，グラスゴー大学），2001年9月中国（2週間，中国科学院物理研究所），2002年8月中国（10

日間, 中国科学院物理研究所), 2003年10月米国(5日間, フロリダ大学), 2005年4月米国(4週間, コネチカット大学), 2005年8月英国(4週間, グラスゴー大学), 2006年9月英国(5週間, シェフイーールド大学)  
学会活動: 日本生物物理学会, 日本カロテノイド研究会, 国際カロテノイド学会, 国際光合成学会, 日本植物生理学会, 日本藻類学会, 第57回日本生物物理学会年会実行委員(2019年), 日本カロテノイド研究会会誌 *Carotenoid Science* 編集委員(2005~2011年), 日本カロテノイド研究会 監査(2024年4月~)

主要な研究業績:

(1) S. Seki, T. Miyata, N. Norioka, H. Tanaka, G. Kurisu, K. Namba, R. Fujii, "Structure-based validation of recombinant light-harvesting complex II", *PNAS Nexus*, 2024, **3**, 405. (2) S. Seki, K. Yoshida, M. Sugisaki, N. Yamano, R. Fujii, "Characterization of the Ultraviolet-B Absorption Band of Carotenoids Using Solvent-Dependent Shifts in Steady-State and Transient Absorption Spectra", *J. Phys. Chem. B*, 2024, **128**, 5623-5629. (3) S. Seki, T. Nakaniwa, P. Castro-Hartmann, K. Sader, A. Kawamoto, H. Tanaka, P. Qian, G. Kurisu, R. Fujii, "Structural insights into blue-green light utilization by marine green algal light harvesting complex II at 2.78 Å", *BBA Advances*, 2022, **2**, 100064. (4) T. H. P. Brotosudarmo, B. Wittmann, S. Seki, R. Fujii, J. Köhler, "Wavelength-Dependent Optical Response of Single Photosynthetic Antenna Complexes from Siphonous Green Alga *Codium fragile*", *J. Phys. Chem. Lett.*, 2022, **13**, 5226-5231. (5) S. Seki, Y. Yamano, N. Oka, Y. Kamei, R. Fujii, "Discovery of a novel siphonaxanthin biosynthetic precursor in *Codium fragile* that accumulates only by exposure to blue-green

light", *FEBS Lett.*, 2022, **596**, 1544-1555.

学術関係の受賞: 第一回大阪市立大学女性研究者賞特別賞 [岡村賞] (2015年11月3日)

## 松原 康郎

まつばら やすお

MATSUBARA, Yasuo



職名: 准教授

着任: 2023年4月1日

部門: 化学反応場(基盤研究系)・水素エネルギー製造(共同研究系)

研究室: 人工光合成研究センター棟 AP203  
研究分野: 無機光化学・電気化学・熱量分析・計算化学

研究課題: 「持続可能な社会のための再生可能な有機ヒドリド試薬の開発」「高性能な一酸化炭素/ギ酸生成反応系の開発」「高活性 OER 電気触媒における反応機構の理論検討」  
研究キーワード: 遷移金属錯体触媒・ヒドリド移動・イオン液体

学歴: 東京工業大学大学院 理工学研究科 化学専攻 博士課程 単位取得退学

学位: 博士(理学)

職歴: 2009年4月 東京工業大学大学院 理工学研究科 化学専攻 研究員

2009年9月 米国ブルックヘブン国立研究所 博士研究員

2011年11月 日本科学技術振興機構 さきがけ研究員(兼任)

2014年10月 神奈川大学 工学部 特別助教

2020年9月 大阪市立大学 特任准教授

2022年4月 大阪公立大学 特任准教授

2023年4月 大阪公立大学 准教授(現在)

学会活動: 日本化学会会員、錯体化学会会員、複合系の光機能研究会会員、アメリカ化学会会員

主要な研究業績：

(1) Y. Matsubara, “Unified Benchmarking of Electrocatalysts in Non-innocent Second Coordination Spheres for CO<sub>2</sub> Reduction”, *ACS Energy Lett.*, 2019, **4**, 1999-2004. (2) Y. Matsubara, E. Fujita, M. D. Doherty, J. T. Muckerman, C. Creutz, “Thermodynamic and Kinetic Hydricity of Ruthenium(II) Hydride Complexes”, *J. Am. Chem. Soc.*, 2012, **134**, 15743-15757. (3) Y. Matsubara, O. Ishitani, “Photochemical Formation of Hydride using Transition Metal Complexes and Its Application to Photocatalytic Reduction of the Coenzyme NAD(P)<sup>+</sup> and its Model Compounds”, *Coord. Chem. Rev.*, 2023, **477**, 214955. (4) Y. Matsubara, D. C. Grills, Y. Koide, “Experimental Insight into the Thermodynamics of the Dissolution of Electrolytes in Room-Temperature Ionic Liquids: From the Mass Action Law to the Absolute Standard Chemical Potential of a Proton”, *ACS Omega* 2016, **1**, 1393-1411. (5) Y. Matsubara, T. Kosaka, A. Nagasawa, Y. Yoshida, R. Sakuma, N. Masano, O. Ishitani, “Theoretical Insight into the Importance of Carbamoyl Group on the Hydride Transfer from a Ruthenium Complex to a Pyridinium”, *Chem. Lett.*, 2020, **49**, 364-367.

学術関係の受賞：2024年11月 PVSEC-35 講演賞

---

## 山田 裕介

やまだ ゆうすけ

YAMADA, Yusuke



職名：教授

着任：2015年4月1日

部門／工学研究科物質化学生命系専攻化学バ

イオ工学分野

研究室：工学部棟 B404, B408, B111, B112

研究分野：固体触媒化学、錯体化学

研究課題：異種触媒化学種の機能的統合

研究キーワード：人工光合成、配位高分子、ナノ粒子、多孔性担体

学歴：1998年3月 大阪大学大学院理学研究科博士後期課程修了

学位：博士（理学）

職歴：1998年4月 大阪工業技術研究所 2001年4月 産業技術総合研究所

2009年4月 大阪大学大学院工学研究科准教授

2015年4月 大阪市立大学大学院工学研究科教授

2020年4月 大阪市立大学人工光合成研究センター副所長

2022年4月 大阪公立大学大学院工学研究科教授（現在）

2022年4月 大阪公立大学人工光合成研究センター副所長

在外研究歴：2002年1月 ドイツ（1ヶ月、ハイデルベルク）、2007年1月 米国（1年9ヶ月、カリフォルニア）

学会活動：日本化学会、触媒学会、錯体化学会、近畿化学協会、日本地球惑星科学連合

主要な研究業績：

(1) Y. Seki, T. Nakazono, Y. Yamada “Size and Shape Effect of Counteranions on Depolymerization and Water Oxidation Catalysis of Cyano-Bridged Coordination Polymers” *Inorg. Chem.*, 2025, **64**, 5354-5359. (2) Y. Seki, T. Nakazono, H. Tabe, Y. Yamada “Enhanced catalytic activity of solubilised species obtained by counter-cation exchange of K{Co<sup>II</sup><sub>1.5</sub>[Fe<sup>II</sup>(CN)<sub>6</sub>] for water oxidation” *Chem. Sci.*, 2024, **15**, 16760-16767. (3) K. Hashimoto, T. Nakazono, Y. Yamada “High

Power Density of a Hydrogen Peroxide Fuel Cell Using Cobalt Chlorin Complex Supported on Carbon Nanotubes as a Noncorrosive Anode” *Inorg. Chem.* 2024, **63**, 1347-1355. (4) M. Mukai, S. Hagiwara, R. Tanaka, H. Tabe, T. Nakazono, Y. Yamada “Selective Crystallization of Linkage Isomers,  $[\text{Rh}^{\text{III}}(\text{NCS})(\text{SCN})_5]^{3-}$  and  $[\text{Rh}^{\text{III}}(\text{SCN})_6]^{3-}$ , to Investigate Structural Trans Influence and Thermal Stability” *Inorg. Chem.*, 2023, **62**, 18098-18107. (5) R. Yamaguchi, R. Tanaka, M. Maetani, H. Tabe, Y. Yamada “Efficient capturing of hydrogen peroxide in dilute aqueous solution by co-crystallization with amino acids” *CrystEngComm* 2021, **23**, 5456-5462.

## 神谷 信夫

かみや のぶお

KAMIYA, Nobuo



職名：特別招へい教授

着任：2019年4月1日

研究室：理系学舎 E212

研究分野：構造生物化学、結晶学、生化学

研究課題：光合成における水分解・酸素発生機構の解明、酵素反応の時間分割結晶構造解析

研究キーワード：光化学系 II、酸素発生錯合体、結晶構造解析

学歴：1981年3月 名古屋大学大学院理学研究科 博士課程満了

学位：理学（博士）

職歴：1985年12月 理化学研究所 研究員／副主任研究員／研究技術開発室長（理研播磨研究所）

2005年4月 大阪市立大学 教授（大学院理学研究科／複合先端研究機構）

2019年4月 特別招へい教授（複合先端研究機構／人工光合成研究センター）

2022年4月 特別招へい教授（人工光合成研究センター）

## 大倉 一郎

おおくら いちろう

OKURA, Ichiro



職名：特任教授

着任：2013年6月1日

研究室：人工光合成研究センター棟 AP201

研究分野：生物工学、触媒化学、光化学

研究課題：太陽エネルギーの化学エネルギーへの変換、水素エネルギー利用を目的とした酵素反応の開発、水素を用いる燃料電池用触媒の開発

研究キーワード：光水素発生、光線力学治療、光学的酸素センサー

学歴：1973年3月 東京工業大学大学院化学工学専攻博士課程修了

学位：工学博士

職歴：1978年4月 プリンストン大学博士研究員

1979年10月 東京工業大学工学部助手

1985年6月 東京工業大学工学部助教授

1988年12月 東京工業大学工学部教授

1990年6月 東京工業大学生命理工学部教授

2001年4月 東京工業大学生命理工学研究科 教授

2001年4月 東京工業大学評議員

2003年4月 東京工業大学大学院生命理工学研究科長

2005年4月 東京工業大学経営協議会委員

2008年10月 東京工業大学 理事・副学長

2012年10月 東京工業大学退職名誉教授

2013年6月 大阪市立大学特命教授

2022年4月 大阪公立大学特任教授

---

## 南 繁行

みなみ しげゆき

MINAMI, Shigeyuki



職名：特任教授

着任：2020年4月1日

部門／水素エネルギー利用（共同研究系）

研究室：人工光合成研究センター棟 AP208

研究分野：エネルギー変換工学、水素推進工学、移動体制御工学

研究課題：水素発電関連装置の開発・水素エネルギー応用研究

研究キーワード：水素エネルギー・移動体推進工学・制御工学

学歴：大阪市立大学大学院工学研究科修士課程修了

学位：工学博士

職歴：大阪市立大学で助手・講師・助教授・教授、特命教授を経て現在大阪公立大学特任教授

---

## 小嶋 邦男

こじま くにお

KOJIMA, Kunio



職名：特任教授

着任：2020年4月1日

部門／水素エネルギー利用（共同研究系）

研究室：人工光合成研究センター棟 AP208

研究分野：エネルギー変換工学、デジタル電力制御技術、エネルギー蓄積技術

研究課題：水素エンジンによる発電技術、省エネに向けた電力の高効率制御、水素の燃焼

制御

研究キーワード：水素エンジン、デジタル制御、触媒制御

学歴：信州大学大学院 工学研究科

学位：工学博士（信州大学）

職歴：シャープ株式会社 研究開発本部

---

## 田村 正純

たむら まさずみ

TAMURA, Masazumi



職名：准教授

所属：工学研究科（兼任研究員）

専攻：物質化学生命系専攻

## 石亀 篤司

いしがめ あつし

ISHIGAME, Atsushi



職名：教授

所属：工学研究科（兼任研究員）

専攻：電気電子系専攻

## 涌井 徹也

わくい てつや

WAKUI, Tetsuya



職名：教授

所属：工学研究科（兼任研究員）

専攻：機械系専攻

## 松岡 雅也

まつおか まさや

MATSUOKA, Masaya



職名：教授

所属：工学研究科（兼任研究員）

専攻：物質化学生命系専攻

## 鵬 茹

チェン ポンルー

CHEN, Pengru



職名：特任助教

所属：大学院工学研究科 触媒有機化学研究室（協力教員）

## 亀川 孝

かめがわ たかし

KAMEGAWA, Takashi



職名：准教授

所属：工学研究科（兼任研究員）

専攻：物質化学生命系専攻

## 喜多 祐介

きた ゆうすけ

KITA, Yusuke



職名：特任講師

所属：大学院工学研究科 触媒有機化学研究室（協力教員）

## 堀内 悠

ほりうち ゆう

HORIUCHI, Yu



職名：准教授

所属：工学研究科（兼任研究員）

専攻：物質化学生命系専攻

## Siddiki Sheikh Mohammad Abdul Hakim

シディキ シェイク モハマド

アブドウル ハキム



職名：特任助教

所属：大学院工学研究科 触媒有機化学研究室（協力教員）

## 赤柄 誠人

あかつか まさと

AKATSUKA, Masato



職名：特任助教

所属：大学院工学研究科 触媒有機化学研究室（協力教員）

## 編集後記

本年度は、大阪公立大学が開学して2年が経過し、様々な状況が変わる中、人工光合成研究センターとしても、研究のアクティビティを高め、研究を国内外に発信していくことがさらに求められていることを実感する年であった。2013年6月に大阪市立大学設立された人工光合成研究センターも昨年10周年を無事迎え、新たな気持ちで研究を継続できている。昨年度末に1名教員の教員が退職し、この一年は専任教員3名に加えて兼任研究員の協力で研究活動を維持してきた。一方で、2025年4月に開幕する大阪関西万博に飯田グループホールディングスと大阪公立大学は共同でパビリオンを出展し、その中で約10年にわたる人工光合成技術に関する共同研究成果をお披露目することになっている。水素エネルギー技術開発研究部門と水素エネルギー変換技術研究部門のメンバーが1年間かなりの英知を結集した技術が机上の空論ではなく、本当に実証可能な技術に仕上げたことは、センター所長としてこの共同研究を指揮してきた眼で見ても本当に心強いことであった。センター設立当初の目的である、人工光合成技術の実証・実用化にかなり近づいてきていることを改めて実感した。大阪関西万博を実証の場として、さらなる技術の飛躍を期待したい。また2025年4月には新しい教授を1名迎え入れ、不均一系触媒研究部門を新たに設置する予定である。新たな研究力にも期待したい。

2025年3月 天尾 豊

## 書誌情報

「2024年度年報」

公立大学法人 大阪公立大学人工光合成研究センター 2024年度年報

ISSN : 2432-7018

発行日 : 2025年4月発行

編集 : 大阪公立大学人工光合成研究センター年報編集責任者 : 天尾豊 (人工光合成研究センター教授・センター所長)

発行者 : 公立大学法人大阪 大阪公立大学人工光合成研究センター (558-8585 大阪府大阪市住吉区杉本 3-3-138 / URL : <https://www.omu.ac.jp/orp/recap/>)

Research Center for Artificial Photosynthesis (ReCAP), Osaka Metropolitan University, Osaka 558-8585, Japan

印刷 : 前田印刷株式会社