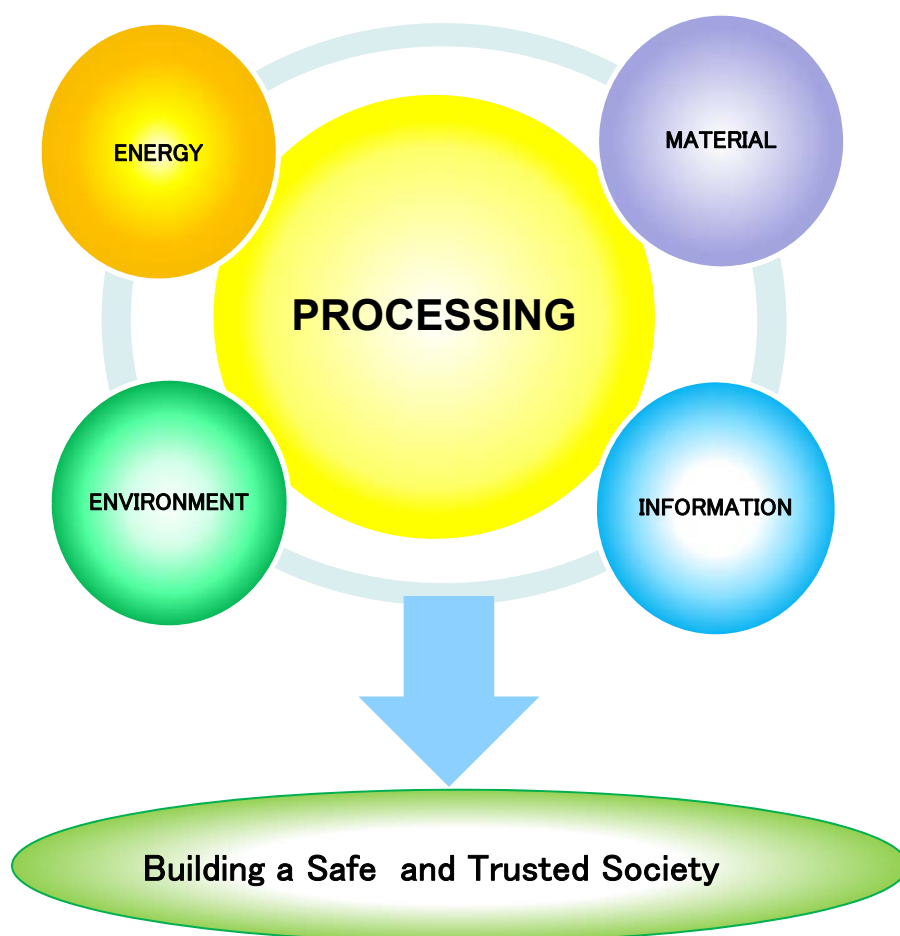


東京工業大学 物質理工学院

応用化学系(化学工学)

Department of Chemical Science & Engineering
Tokyo Institute of Technology



物質理工学院・応用化学系のヴィジョン

物質理工学院・応用化学系では、化学の知識や最新技術を応用して「人類の夢を実現する化学」を探究し、無限の未来を創造します。

化学は物質変換の原理を解き明かし、未知の化合物を合成するとともに、物性発現の仕組みを解明する学問です。応用化学系では、物質の基礎的性質や反応性を原子・分子レベルで深く理解しつつ、最高度の化学技術システムの修得を目指します。応用化学系では、学習・教育の目標を、豊かな人間社会の永続的発展に必要な「革新的化学技術」を自ら開拓できる人材の育成と定め、未来の社会と環境の構築に積極的に関与する科学技術者及び研究者の育成を行うとともに、技術革新に果敢に挑戦して新たな産業と文明を拓く高度職業人の養成を目指しています。

系主任からのメッセージ

私たちの生活は、衣類やプラスチック、パソコン、医薬品からガソリンや灯油などの燃料まで、様々な化学物質や化学製品に囲まれています。豊かな社会を維持し、さらに発展させるためには、これらの機能性材料や有用化学物質を、地球環境に配慮しつつ合理的に生産する必要があります。応用化学系では、原子・分子レベルから化学工業プロセス、さらには地球環境まで、様々なスケールで進行する化学現象を広く深く理解することが研究と教育の目標です。私たち教員は、それぞれの最先端の研究と教育を通して、より良い社会の実現に資する化学者・技術者の育成を目指します。

このパンフレットについて

このパンフレットは、物質理工学院・応用化学系の教員と研究内容等を4つの分冊に分けて紹介しているうちの1分冊で、化学工学分野で主な研究室活動を行う教員の紹介を行っています。

Research field & Professors Index

研究分野・教員一覧

役職	氏名	専門分野	主担当	副担当	居室	電話番号 03-5734-	頁
教授	伊原 学	エネルギー変換 (燃料電池・太陽電池) エネルギーシステム設計 電気化学・熱力学 化学工学・無機化学	応用化学系 エネルギーコース	応用化学系 応用化学コース	北3号館 (EEI) 602号室	3337	4
教授	大河内 美奈	ペプチド工学 生物化学工学 バイオエレクトロニクス	応用化学系 応用化学コース		南1号館 311号室	2116	5
教授	加藤 之貴	エネルギー化学工学 エネルギー変換・貯蔵 原子力エネルギー利用 低炭素エネルギーシステム	応用化学系 原子核工学コース	応用化学系 応用化学コース	北1号館 302号室	2967	6
教授	久保内 昌敏	化学装置設計 材料科学・複合材料 メンテナンス工学	応用化学系 応用化学コース		南4号館 502C号室	2119	7
教授	下山 裕介	分離工学 超臨界流体工学 相平衡・物質移動	応用化学系 応用化学コース	応用化学系 エネルギーコース	南1号館 423号室	3285	8
教授	関口 秀俊	特殊場反応工学 プラズマプロセッシング 熱エネルギー工学 環境化学工学	応用化学系 応用化学コース	応用化学系 エネルギーコース	南4号館 401C号室	2110	9
教授	多湖 輝興	反応工学 触媒反応工学 触媒・資源化学プロセス	応用化学系 応用化学コース	応用化学系 エネルギーコース	南1号館 304号室	2115	10
特任 教授	大川原 真一	マイクロ移動現象操作 マイクロ流体デバイス CFD	応用化学系 応用化学コース		南1号館 308号室	3692	11

役職	氏名	専門分野	主担当	副担当	居室	電話番号 03-5734-	頁
准教授	青木 才子	トライボロジー 表面改質 装置材料	応用化学系 応用化学コース	応用化学系 エネルギーコース	南1号館 424号室	2985	12
准教授	谷口 泉	エアロゾル工学 機能性材料工学 移動現象解析	応用化学系 応用化学コース	応用化学系 エネルギーコース	南4号館 403C号室	2155	13
准教授	原田 琢也	無機材料工学 化学プロセス工学 低炭素エネルギーシステム	応用化学系 原子核工学コース		北1号館 407号室	3292	14
准教授	淵野 哲郎	プロセスシステム工学 化学プロセスの 理論・解析	応用化学系 応用化学コース		南1号館 303号室	2474	15
准教授	松本 秀行	プロセスシステム工学 プロセス強化 プロセス情報処理 再生可能エネルギー	応用化学系 応用化学コース	応用化学系 エネルギーコース	南1号館 323号室	2117	16
准教授	MANZHOS Sergei	計算材料科学、機械学習、エ ネルギー変換(燃料電池, 太陽 電池)	応用化学系 エネルギーコース	応用化学系 応用化学コース	EEI 601号室	3918	17
准教授	森 伸介	プラズマ工学 プラズマ化学 熱流体工学	応用化学系 応用化学コース	応用化学系 エネルギーコース	南4号館 501C号室	2882	18
准教授	吉川 史郎	装置内流体工学 機械的操作 膜分離操作 医用化学工学	応用化学系 応用化学コース		南4号館 402C号室	3728	19
助教	織田 耕彦	超臨界流体工学 反応工学 晶析工学	応用化学系 応用化学コース		南1号館 409号室	3287	20
助教	木村 健太郎	反応工学 エネルギー工学	応用化学系 応用化学コース		南1号館 305号室	2629	20
助教	KURNIAWAN Winarto	材料科学 反応工学	応用化学系 応用化学コース		南4号館 501号室	2124	21
助教	小玉 聡	プラズマプロセッシング ガス分離 環境化学工学	応用化学系 応用化学コース		南4号館 401B号室	2135	21
助教	長谷川 馨	反応工学 ナノ炭素材料 電気化学	応用化学系 エネルギーコース		北3号館 (EEI) 613号室	3918	22



主担当:エネルギーコース 副担当:応用化学コース
教授

伊原 学

e-mail: mihara@chemeng.titech.ac.jp
http://www.chemeng.titech.ac.jp/~iharalab/

専門分野

エネルギー変換(燃料電池、太陽電池)、
エネルギーシステム設計、電気化学、熱力学、
化学工学、無機化学

キーワード

固体酸化燃料電池、プラズモニック太陽電池、
ダイレクトカーボン燃料電池、無機エネルギー変換材料、
スマートグリッド

1.研究概要と目指すもの

当研究室では、エネルギー変換のなかでも特に、光エネルギー/電気エネルギー変換(光電変換)デバイスである太陽電池と 化学エネルギー/電気エネルギー変換デバイスである燃料電池の研究をしています。エネルギー変換の際にキーとなるミクロな視点での反応機構解明、ナノ構造化による新しい機能の発現、新しいプロセスによる新機能の発現...こういった基礎的研究から得られる成果を実際のデバイスに応用し、次世代の太陽電池、燃料電池を提案、開発します。研究分野そのものを創出するようなオリジナルな研究を“エネルギー変換の化学工学”として研究することを目指しています。化学工学は、太陽電池、燃料電池などの要素技術の開発とともに、それら要素技術から構成されるシステムを両者の視点で同時開発することを特長とする学問領域です。当研究室では、エネルギー変換デバイスで構成されるエネルギーシステムを設計し、それらを制御する“エネスフロー”を開発して大岡山キャンパスでの実証研究もしています。

2.最近の研究テーマ

固体酸化燃料電池の研究

電気化学、反応工学を基礎とする電極反応機構の提案、解析をおこない「多様な燃料を利用する固体酸化燃料電池」の開発を新規無機材料開発とともにこなっています。

具体的な研究テーマ例:

1. 炭化水素の熱分解を利用して電極に炭素を供給する独自の燃料電池「リチャージャブル・ダイレクトカーボン燃料電池」の開発
2. 液体炭化水素を燃料とする独自の燃料電池「パルス噴射リチャージャブル・ダイレクトカーボン燃料電池(PJ-RDCFC)」の開発
3. 電極内の酸素活性に注目した電極反応機構の解析と炭化水素直接利用燃料電池の開発
4. ペロブスカイト構造およびその関連構造を有する新規プロトン伝導体の開発

太陽電池の研究

局在表面プラズモン、ナノ構造および無機材料をキーワードに次世代太陽電池の提案、高効率化の研究をしています。

具体的な研究テーマ例:

1. プラズモニックポーラスシリコン太陽電池の提案、開発
2. 湿式で作製可能なプラズモニック太陽電池の開発
3. Siナノワイヤータンデム太陽電池の開発
4. 低コスト超薄膜結晶シリコン太陽電池の高効率化プロセス開発

エネルギーシステムの研究

スマートグリッド“エネスフロー”の開発・実証をおこなうとともに、エネルギーデータの解析、評価をおこなっています。

3.業績

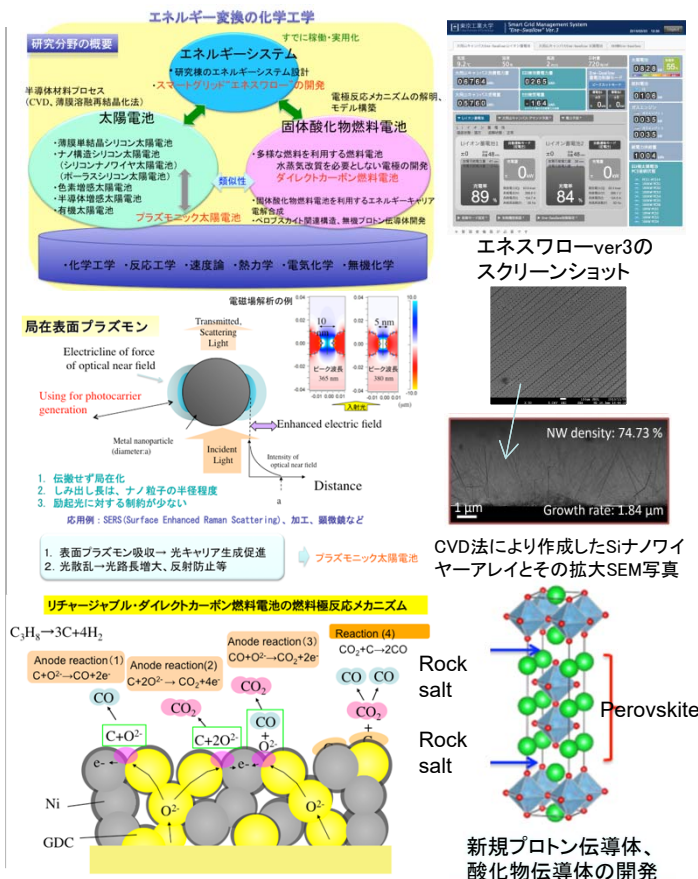
論文:・ M. Ihara et al., Journal of Physical Chemistry B., 101(26), (1997), 5153-5157, ・ M. Ihara et al., Journal of The Electrochemical Society, 148(3), (2001), A209-A219, ・ M. Ihara et al., Journal of The Electrochemical Society, 153, (2006), A1544-A1546, ・ Y. Jin and M. Ihara et al., Journal of The Electrochemical Society, 157(1), (2010), B130-B134, ・ M. Ihara et al., Physica E, 42, (2010), 2867-2871など

著書:伊原学, プラズモニック・光・電子デバイス開発最前線, 第5章、エヌ・ティー・エス発行, 2011年8月24日, (2011), 225-235など

特許:商標登録「エネスフロー」、太陽電池および燃料電池に関する特許多数

プロジェクト:文部科学省 革新的エネルギー研究開発拠点形成事業 FUTURE-PV Innovation、科学技術振興機構CRESTなど

受賞:2014年日本建築学会作品選奨受賞(環境エネルギーイノベーション棟のエネルギーシステムの設計に関して)など





主担当: 応用化学コース

教授

大河内 美奈

e-mail: okochi@chemeng.titech.ac.jp

http://www.chemeng.titech.ac.jp/~lab-okochi/index.html

専門分野

ペプチド工学、生物化学工学、バイオエレクトロニクス、生物機能工学、生体医工学

キーワード

ペプチドアレイ、医用デバイス、食物アレルギー、匂いセンサ、細胞解析、磁性微粒子、電気化学殺菌・防汚

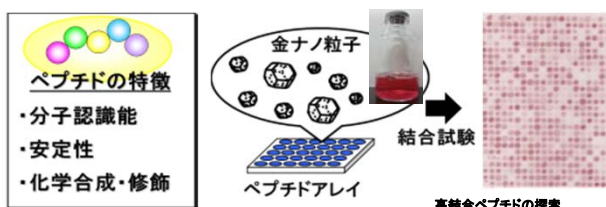
1. 研究概要と目指すもの

化学および工学的な視点から生物機能のシステム解析につながるバイオセンシング法の開発について進めている。生体反応は、生体分子の相互作用による多段階反応により進行し、その機能情報解析は細胞や生体の機能制御において重要となる。ペプチドアレイを用いて抗体などの相互作用解析を進めることにより分子メカニズムを解明し、健康、医療、食品、環境分野への展開を目指している。

2. 最近の研究テーマ

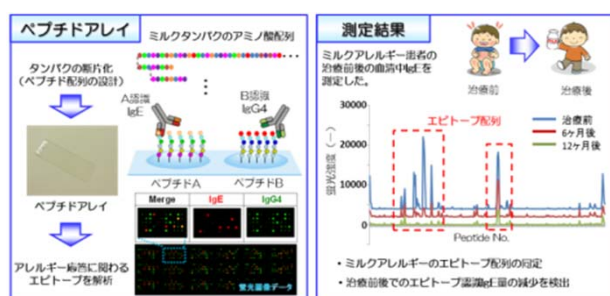
ペプチド工学

ペプチドは、アミノ酸がペプチド結合した分子であるが、多彩な生理機能を有し、生命現象を支える機能を担っている。生体の情報伝達・制御系に関わる生理活性ペプチドは、創薬ターゲットとしての展開が進められている他、生体分子や化学物質など様々な分子を認識するナノ機能性材料としても注目されている。固相合成を利用したon chip spot 合成法やファージディスプレイ法により特定の分子に結合性を示すペプチドを探索し、バイオセンシングシステムの開発に取り組んでいる。



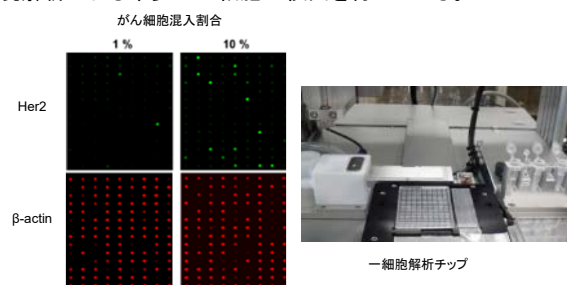
食物アレルギーに関する抗体エピトープ解析

小児食物アレルギーに着目し、ペプチドマイクロアレイを用いた抗体エピトープ解析によるアレルギー検査法の開発について進めている。食物アレルギーの中でもミルクに着目し、牛乳に含まれる全タンパク質のアミノ酸配列を基にペプチドプローブをスライドガラス上に結合したミルク網羅ペプチドアレイを作製した。少量の血清(10μL)を用いたアッセイが可能となったことから、臨床医の先生方やその患者さんのご協力により、多数の牛乳アレルギー患者血清を解析し、IgE抗体の結合特性を詳細に調べることで、抗原の確定のみならず、その病態や治療経過の把握に有効であると示唆され、アレルギー発症や寛解機序の解明にも寄与する解析法として期待している。



ナノ磁性粒子を用いた解析法の開発と応用

磁性微粒子は、生体サンプルからの目的とする細胞や生体分子の分離、精製、濃縮を可能とする特性を有する他、反応場である液滴間の搬送子として利用でき、磁力を駆動力として用いた解析システム全体の小型・携帯化を実現する上で優れた特性を有する。磁性微粒子を用い、液滴内で一細胞レベルでの遺伝子発現解析による希少がん細胞の検出を行っている。



においセンサ (electronic nose)

ペプチドの分子認識能を利用し、揮発性有機化合物を選択的に検出するセンサデバイスの開発に取り組んでいる。例えば、抗体や嗅覚受容体のアミノ酸配列から対象物を認識するペプチドを設計し、爆発物に含まれるトリニトロトルエンをppbレベルの高感度で検出することに成功している。

3. 業績

- | | |
|--------------|---|
| 論文 | M. Tanaka <i>et al.</i> Anal. Chem. (in press), S. Hattori <i>et al.</i> Sci. Rep. 10, 15525 (2020), T. Komikawa <i>et al.</i> Biosens. Bioelectron. 153, 112030 (2020). S. Tezuka <i>et al.</i> 7(2), (2020), M. Tanaka <i>et al.</i> Nanoscale Adv., 1, 71 (2019), A. Arima <i>et al.</i> J. Am. Soc. Chem. 140, 16834 (2018) |
| 特許 | M. Okochi <i>et al.</i> , Biosens. Bioelectron. 93, 32 (2017)
特願2013-153717 「末梢循環腫瘍細胞又は希少細胞分離用デバイス」 |
| プロジェクト
受賞 | 特願2013-266063 「ミルクアレルギー個体の属性の予測方法」など
平成30年度～ 第2期戦略的イノベーション創造プログラム、平成26-30年度 革新的研究開発推進プログラムなど
2016年度化学工学会女性賞
2012年度 日本生物工学会 生物工学奨励賞(斎藤賞)「ナノ磁性微粒子を用いたテクノロジーの開発と応用」他 |



主担当:原子核工学コース 副担当:応用化学コース

教授

加藤 之貴

e-mail: yukitaka@lane.iir.titech.ac.jp
http://www.lane.iir.titech.ac.jp/~yukitaka/

専門分野

エネルギー化学工学、エネルギー貯蔵・変換、原子力エネルギー利用、水素システム、炭素循環エネルギーシステム

キーワード

化学蓄熱、ケミカルヒートポンプ、原子力エネルギーシステム、水素エネルギーシステム、能動的炭素循環エネルギーシステム、電気分解セル、水素分離膜

1.研究概要と目指すもの

地球環境の保護と化石資源節約のために低炭素エネルギーシステムを構築し、二酸化炭素排出の削減を目指す。原子力、再生可能、廃熱エネルギーを活用するためのエネルギー貯蔵、変換、輸送技術の開発を行っている。

2.最近の研究テーマ

化学蓄熱を用いた熱エネルギーの貯蔵と有効利用

再生可能エネルギーの非定常出力の効率的な利用方法としての高温蓄熱、また産業プロセス、エンジンの排熱、原子炉出力から得られる高温熱の回収、貯蔵変換による有効利用を行うための化学蓄熱を開発している。酸化マグネシウム/水系化学蓄熱等の蓄熱材料(図1左)の開発、実証装置(同右)、システムを含めた総合的な開発を進めている。熱エネルギー有効利用による省エネルギー、CO₂排出削減を目指している。

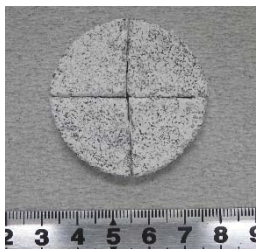


図1 MgO/H₂O化学蓄熱(左)開発したディスク型高温熱性化学蓄熱材、(右)化学蓄熱実証試験システム

炭素循環型エネルギーシステム(ACRES)

二酸化炭素を非化石エネルギー(高温ガス炉、再生可能エネルギー)を用いて炭化水素に再生し、新たな炭素資源として循環再利用する能動的な炭素循環システム(ACRES)の開発を進めている。製鉄向けのACRESシステムを検討している(図2左)。鍵となる金属基板支持型の二酸化炭素電気分解セルの開発(同右)を行っている。産業プロセスの炭素資源利用節約、二酸化炭素排出削減への貢献が期待できる。

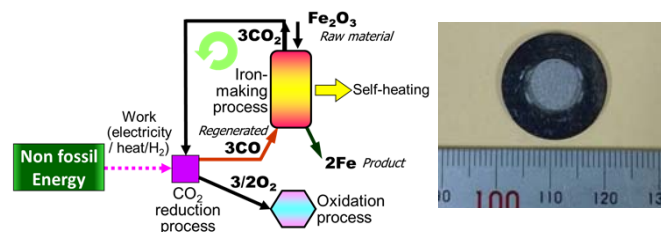


図2 (左)非化石エネルギー駆動の炭素循環型製鉄システム、(右)開発した金属基板支持型二酸化炭素電気分解セル(φ20 mm)

金属複合水素透過膜を用いた大規模高効率水素製造システム

次世代のエネルギーキャリアである水素を原子力、再生可能エネルギーにて高効率に製造する方法として、プレート型非平衡燃料改質水素製造装置を検討している。鍵となる水素透過膜の効性能化のため、逆ビルドアップ法によるパラジウム合金使用量を大幅に削減した金属複合水素透過膜を開発している(図3)。低コストで大量かつ高効率に水素製造が可能となる。

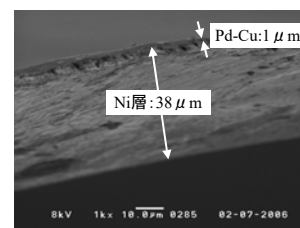


図3 逆ビルドアップ法を用いた金属複合水素透過膜

3.業績

- | | |
|--------|---|
| 論文 | S. Funayama, H. Takasu, Y. Kato, <i>et al.</i> , <i>Energy Storage</i> , pp. 1-12;1:e53 (2019). H. Takasu, Y. Kato, <i>et al.</i> , <i>Applied Energy</i> , 235, pp. 1-5 (2019), Y. Numata, Y. Kato, <i>et al.</i> , <i>ISIJ Int'l</i> , 59(4), pp. 628-633 (2019). E. Mastronardo, Y. Kato, <i>et al.</i> , <i>Applied Therm. Eng.</i> , 120, pp. 626-634 (2017) |
| 著書 | Y. Kato, <i>et al.</i> , "Energy Storage Options and Their Environmental Impact", Royal Society of Chemistry, UK, 2018, Y. Kato, <i>et al.</i> , (Eds.), "Energy Technology Roadmaps of Japan", Springer, Japan, 2016 |
| 特許 | 特許第6059518号、特許第6056023号、特許第5852501号、特願 2018-140934、特願2018-098024 |
| プロジェクト | 内閣府SIP「エネルギーキャリア」、「高温太陽熱供給システム」チームリーダー(2014-2017) |



主担当: 応用化学コース

教授

久保内 昌敏

e-mail: mkubouchi@chemeng.titech.ac.jp

http://www.chemeng.titech.ac.jp/~tklab/index-j.html

専門分野

化学装置設計、化学装置用有機材料、材料科学、
複合材料、メンテナンス工学

キーワード

高分子材料、複合材料、腐食防食、エポキシ樹脂、
スマート構造、グリーンコンポジット、熱衝撃、
ライニング、RBI/RBM、非破壊検査、材料評価

1. 研究概要と目指すもの

化学装置材料(主としてプラスチックあるいはプラスチック系複合材料)の耐久性・安全性向上の研究を行っている。これまでの研究により、化学装置用有機材料の最適設計・余寿命予測などを可能にし、化学装置の耐久性向上に役立ててきた。

2. 最近の研究テーマ

有機材料・複合材料の腐食劣化評価, 寿命推定

プラスチックは、酸、アルカリ、有機溶剤、海水などの攻撃的な環境にさらされると化学的な劣化を生じる。当研究室では、このような劣化も腐食と呼んで、そのメカニズムを解明し、耐食性の高い有機材料・複合材料を提案することを目的に研究を行っている。

化学装置材料のスマートマテリアル化

劣化を検知し、さらには自己修復する機能を有する材料をスマートマテリアルという。き裂発生のような機械的劣化を対象とした検討は行われているが、腐食のような化学的劣化を対象とした開発は皆無である。そこで、光ファイバー、pH指示薬、中空糸膜などを利用して、腐食の検知方法を開発するとともに、自己修復機能を有する有機系化学装置材料システムの実現に取り組んでいる。

天然繊維強化のグリーンコンポジットの開発

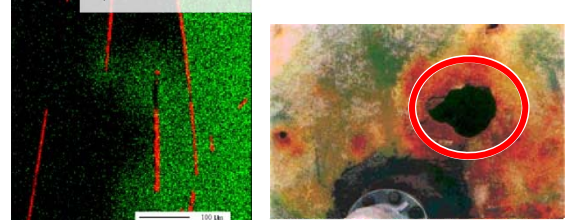
天然繊維を強化繊維に利用した環境にやさしい複合材料の開発が行われています。我々は、天然繊維を可能な限り多量に充てんする成形方法を開発しており、さらに植物由来なのに高い安定性を有するフラン樹脂と組み合わせ、持続可能な原料でかつ長期安定に炭素を固定化できる高強度な材料を提案しています。

エポキシ基複合材料のケミカルリサイクル

化学的に安定なエポキシ樹脂およびそのFRPIは、その性質上リサイクルが難しい。当研究室では、エポキシ樹脂が硝酸に容易に分解することを見出して、これに基づいたケミカルリサイクルを提案し、その高効率な連続プロセスの構築に取り組んでいます。

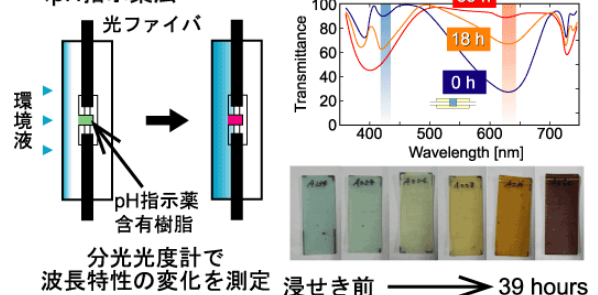
この他、**エポキシ樹脂の耐熱衝撃試験**および**ナノコンポジットの創製**、あるいは有機材料系**プラント機器のRBI/RBM**や**社会インフラの劣化診断**などについて研究している。

↓フレーク充てん複合材料への硫酸浸入分析例

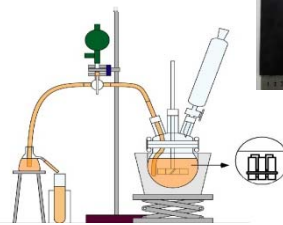


FRP製塩酸タンクに発生した局所的な損傷↑

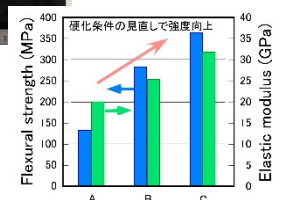
⑤ pH指示薬法



エポキシの連続分解によるリサイクル研究 ↓



←ケナフ繊維シートとフラン樹脂で創るグリーン材料
強度と弾性率↑



3. 業績

論文

T. HANAOKA, Y. ARAO, M. KUBOUCHI, *et al.*, Composites Part B: Engineering, Vol.231 (2022) 109560
K. SHIBUTANI, S.KUWATA, M. KUBOUCHI, *et al.*, J. Appl. Polym. Sci., Vol.138, Issue 17, (2021) 50311
Y. KOGA, Y. ARAO, M. KUBOUCHI, Polymer Degradation and Stability, Vol.171, (2020) 109013
Y.ARAO, M. KUBOUCHI, *et al.*, Nanoscale Adv., Vol.1, pp.4955-4964 (2019)など

特許

特許6631889「熱硬化性樹脂材料、硬化物・・・」、特許6651185「無機粒子複合体及びその製造方法、・・・」など

受賞

学会賞(2020)、論文賞(2012)(材料科学会)、学術賞(2008)(合樹協)、技術賞(2002)(腐食防食協会) など



主担当: 応用化学コース 副担当: エネルギーコース

教授

下山 裕介

e-mail: yshimo@chemeng.titech.ac.jp
http://www.chemeng.titech.ac.jp/~yshimo/index.html

専門分野

相・界面工学, 分子拡散・物質移動,
分子情報による溶媒設計

キーワード

医薬品・化粧品製剤化, 薬物キャリア, フロープロセス
分子情報・機械学習による溶媒・材料デザイン

1. 研究概要と目指すもの

相と界面の挙動と分子情報に基づく溶媒物性を巧みに利用し, 医薬品・化粧品の製剤化, 薬物キャリアの形成, CO₂吸収材料といった幅広い応用分野への研究展開を図ります。ここでは, 単にプロセスや材料を「創る」だけでなく, 相と界面の挙動をよく理解し, 分子情報に基づく理論モデルを駆使し, 特殊な溶媒環境を活用することで, 「相」と「界面」を上手に利用したプロセスと材料を「デザインする」技術の確立を目指します。

2. 最近の研究テーマ

① 高圧CO₂による医薬品共結晶の形成・結晶相転移

高圧CO₂を溶媒環境とした医薬品成分の共結晶, ならびに抗菌剤をはじめとする医薬品結晶の相転移技術の確立を目指しています。高圧CO₂の界面における溶解性・結晶相への浸透性を利用し, 共結晶形成・結晶相転移のデザイン指針を確立します。

② 高圧CO₂による融解を利用した医薬品製剤化

高圧CO₂中で生じる融解を利用した製剤化プロセスを開発します。常圧では, 高い融点を示す成分が, 高圧CO₂中の融点降下により, 常温付近での融解が可能となります。この融解現象により, 医薬品成分を混合・析出させることで, 医薬品製剤化を可能にします。

③ 高圧CO₂マイクロフローによる薬物キャリア形成

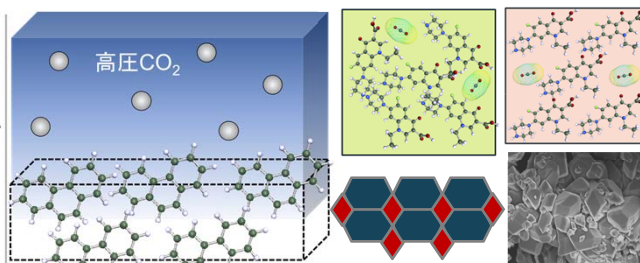
マイクロフロー混合・流路において形成される高圧CO₂相／水相とエマルションから成るスラグ流(異なる相が交互に流通する状態)を利用し, リポソーム等の薬物キャリア形成プロセスを開発します。

④ CO₂分離ゲルによるスマート空気システム

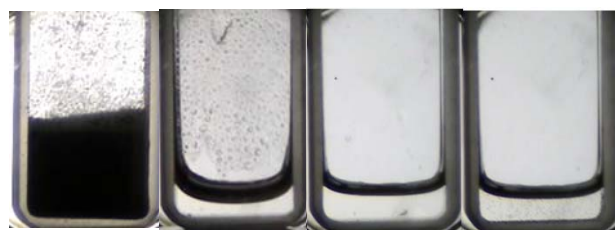
相分離型ゲル・イオノゲル等のCO₂分離ゲルを創製し, 空気を利用した電池システムや, 濃縮CO₂供給システムといった, 空気を上手に活用するスマート空気システムを構築・デザインします。

⑤ 分子情報と機械学習による溶媒・材料のデザイン

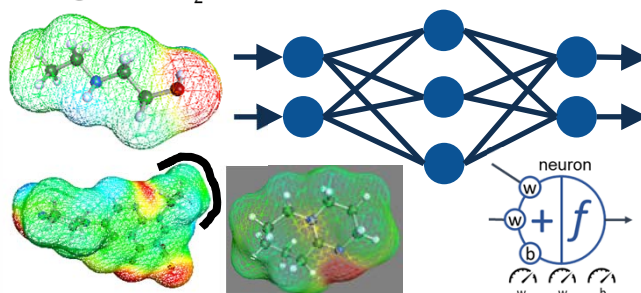
量子化学計算による分子情報を入力した機械学習を用い, ①～④で対象とする溶解環境や機能材料を予測する手法を構築します。



① 高圧CO₂による医薬品の共結晶形成・結晶相転移



② 高圧CO₂中における脂質成分の融解現象



⑤ 量子化学計算による分子情報を入力した機械学習

3. 業績

- 論文 Peany Houn, Yuya Murakami, Yusuke Shimoyama, "Effect of slug flow pattern on supercritical extraction of phenolic compounds from aqueous solution", *The Journal of Supercritical Fluids*, 163 (2020) 104885.
- Peany Houn, Yuya Murakami, Yusuke Shimoyama, "Flow patterns in microfluidic system of CO₂ + 1-propanol, ethanol, methanol, and hexane binary mixtures at high pressures", *Chemical Engineering Journal*, 394 (2020) 124891.
- Nattanai Kunanusont, Yusuke Shimoyama, "Porous carbon cathode assisted with ionogel binder fabricated from supercritical fluid techniques toward Li-O₂/CO₂ battery application", *ACS Applied Energy Materials*, 3 (2020) 4421 – 4431.



主担当: 応用化学コース 副担当: エネルギーコース

教授

関口 秀俊

e-mail: hsekiguc@chemeng.titech.ac.jp

http://www.chemeng.titech.ac.jp/~labseki/indexj.html

専門分野

高エネルギー反応場工学、プラズマプロセッシング、
熱エネルギー工学、環境化学工学

キーワード

高エネルギー反応場、プラズマ、電磁場、マイクロ波、
溶融塩・溶融金属、超音波

1. 研究概要と目指すもの

プラズマ、電磁場、溶融塩・溶融金属、超音波など高エネルギー密度を持つ特殊な反応場を利用した化学プロセスについて研究を行い、革新的な化学プロセスの創出を目指しています。バイオマスや廃棄物からの化学エネルギー抽出、環境対策としての有害物質の分解、さらには高機能性を有する材料合成など、特殊反応場の特性を活かした化学プロセスを多岐にわたり研究しています。

2. 最近の研究テーマ

大気圧プラズマ化学プロセッシング

プラズマは、ラジカルやイオンを含む反応高活性な媒体です。特に大気圧下で発生できるプラズマは、様々な化学プロセスに応用が可能です。発生方法により、氷点下から超高温まで様々な温度のプラズマが生成できます。当研究室では、それらの特徴を踏まえて、プラスチック表面のコーティング、バイオマスの処理、揮発性有機化合物の分解、さらには有機液体の部分酸化・アミノ化・水素化などの研究を進めてきました。中でも、マイクロ波放電を用いたプラズマは電極が無いため、様々なガスをプラズマ化できる特長を持っています。既に空気、水蒸気、二酸化炭素などのプラズマ化に成功しており、これらを用いて炭化水素の改質、廃プラスチックの処理・再資源化、触媒の合成に適用し、その有効性を確認しています。現在も引き続き、他の種類のガスのプラズマ化も含め、様々な化学プロセスへ応用する研究を進めています。

溶融塩・溶融金属を利用した化学プロセッシング

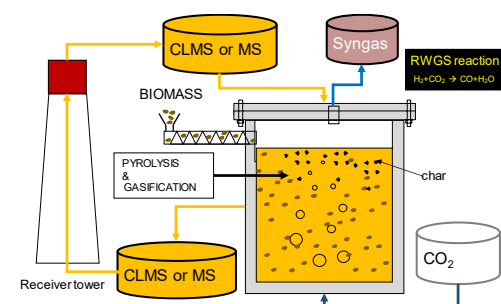
溶融塩や溶融金属は液体であるため、ここに導入した物質を高速に加熱します。この特性を生かした化学プロセスの研究を行っています。一例を挙げると、溶融塩・溶融金属をバイオマスのガス化・液化に適用し、高速加熱に起因する特長を見出すとともに、触媒を懸濁させることでガス化・液化の促進に成功しています。溶融塩や溶融金属は太陽熱を用いて溶融できるため、自然エネルギーが利用できる魅力的なプロセスであり、様々な化学プロセスへ応用する研究を進めています。

超音波化学プロセッシング：ソノケミストリー

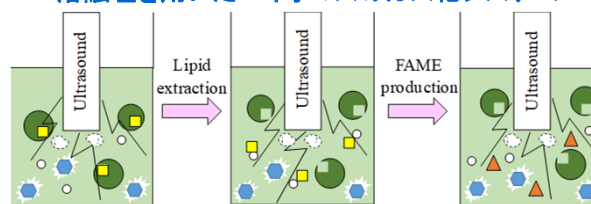
液中に超音波を照射すると、圧力変動により局所的に超高温・超高压場が形成され、化学反応が促進されます。ソノケミストリーと呼ばれるこの特殊場を利用したプロセスの研究を進めています。特に我々は共存する固体粒子の効果に着目し、超音波照射下で微細藻類からバイオディーゼルを合成する際に、固体粒子が脂質の抽出と反応の両者に促進効果があることを見出しました。この効果を他のソノケミカルプロセスに応用する研究を進めています。



空気 水蒸気 CO₂
大気圧マイクロ波放電プラズマ



溶融塩を用いたバイオマスのガス化システム



ソノケミストリー：微細藻類からのバイオディーゼル合成

3. 業績

- “Preparation of Metal Nitride Particles Using Arc Discharge in Liquid Nitrogen”, *Nanomaterials*, **11**, 2214 (2021).
- “Biomass pyrolysis in Sn-Bi molten metal for synthesis gas production”, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, **137**, 61 (2019).
- “Hydrogen Production via Methane Pyrolysis in Molten Metal Bubble Column”, *Chemical Engineering & Technology*, **44**, 11, 1986 (2021).
- “Effect of Alumina Particles on the Simultaneous Lipid Extraction and Biodiesel Production from Microalgae under Ultrasonic Irradiation”, *Journal of Chemical Engineering of Japan*, **53**, 153 (2020).



主担当: 応用化学コース 副担当: エネルギーコース

教授 多湖 輝興

e-mail: tago.t.aa@m.titech.ac.jp
www.chemeng.titech.ac.jp/~tagolabo/index.htm

専門分野

反応工学, 触媒反応工学, 触媒・資源化学プロセス

キーワード

ゼオライト, 金属ナノ粒子, 固体触媒, 触媒反応, 二酸化炭素利活用, 炭化水素資源の有効利用

1. 研究概要と目指すもの

環境・エネルギー問題の解決に貢献する『触媒と触媒反応プロセスの開発』を行っています。具体的には、二酸化炭素、メタンやバイオマス由来炭化水素から、水素やメタノールの合成、エチレン、プロピレンや芳香族等の有用な有機化学物質合成を行っています。ナノサイズの金属粒子を閉じ込めた新しいカタチの触媒で不可能だった反応に挑みます。

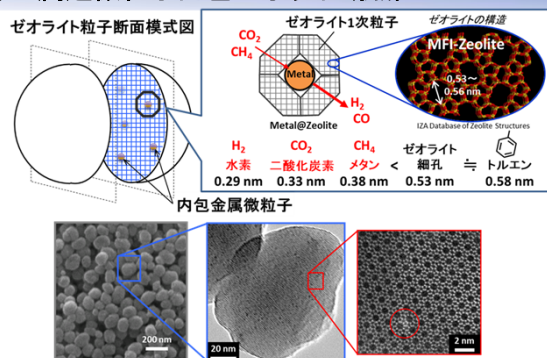
2. 最近の研究テーマ

①金属超微粒子内包ゼオライト触媒

ゼオライトは1nm以下の細孔を有する結晶性の多孔質材料です。ゼオライトによって、粒子サイズが数ナノメートルの金属超微粒子を包接した、**金属超微粒子内包型触媒**の開発を行っています。

- 金属微粒子内包構造
- 多孔質触媒, ゼオライト

①金属超微粒子内包ゼオライト触媒

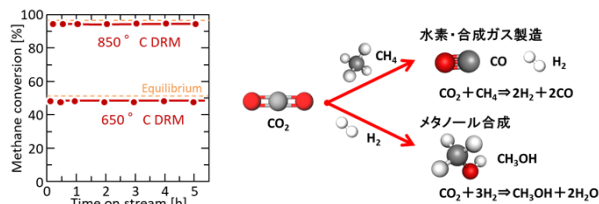


②温暖化ガス（二酸化炭素）の化学変換

温暖化ガス(二酸化炭素, メタン)の排出削減と有効利用を検討しています。Ni微粒子内包触媒による水素製造, Cu微粒子内包触媒によるメタノール合成に取り組んでいます。

- メタンの二酸化炭素改質, 水素・合成ガスの製造
- 二酸化炭素の水素化反応, メタノール合成

②温暖化ガス（二酸化炭素）の化学変換



③バイオマスの化学変換

バイオマスを利用することにより、カーボンニュートラルに貢献します。バイオマスの発酵で得られるバイオアルコールを水素や芳香族へ変換する触媒反応を検討しています。

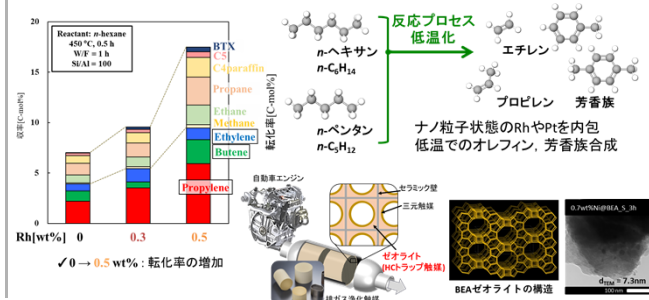
- エタノールの水蒸気改質, 水素製造
- バイオアルコールからのパラキシレン選択合成
- 直鎖炭化水素のバイオジェット燃料への転換

④省エネ技術・環境触媒

④省エネ技術・環境触媒

触媒を利用した省エネ技術開発(低温反応)と自動車排ガス浄化により、**環境問題の解決**に貢献します。

- ナフサ低温接触分解, エチレン, プロピレン, 芳香族合成
- 自動車排ガス浄化



3. 業績

- 論文 H. Fujitsuka, T. Tago, *et al.*, "Development of Pt/Zeolite for Selective Conversion of n-Decane and n-Dodecane to i-C6-7 and i-C7-9", *J. Jpn. Petrol. Inst.*, 63(5), 297-307 (2020)
- H. Fujitsuka, T. Tago, *et al.*, "Synthesis of Rh nanoparticles encapsulated in ZSM 5 and its application for methanol to olefin over acid sites with simultaneous production of hydrogen over Rh", *Catal. Today*, 375, 360-368 (2021)
- W. Wang, T. Tago, H. Fujitsuka, *et al.*, "Selective aqueous phase hydrodeoxygenation of erythritol over carbon-supported Cu catalyst prepared from ion-exchange resin", *Appl. Catal. A. Gen.*, 619, 118152 (2021)
- H. Fujitsuka, T. Kobayashi, T. Tago, "Development of Silicalite-1-encapsulated Ni nanoparticle catalyst from amorphous silica-coated Ni for dry reforming of methane: Achieving coke formation suppression and high thermal stability", *J. CO2 Util.*, 53, 101707 (2021)

受賞 触媒学会奨励賞 (2009), 北海道大学研究総長賞奨励賞 (2015), 化学工学会賞研究賞(2020)など



主担当: 応用化学コース

特任教授

大川原 真一

e-mail: sokawara@chemeng.titech.ac.jp
http://www.chemeng.titech.ac.jp/~labokawa/

専門分野

マイクロリアクター、マイクロ流体デバイス、CFD

キーワード

環境、プロセス強化、エネルギー

1. 研究概要と目指すもの

我々の社会がこの地球上で持続可能であるためには、環境負荷の小さいグリーンプロセスの開発と、既存の化学プロセス・環境プロセスの省エネ化がともに必要です。本研究室では、マイクロチャンネル・微小空間の特異な流動場を利用し、触媒プロセスや環境プロセスの開発・効率化を行っています。同時に、開発したプロセスに特有のデザインおよび操作の最適化手法も研究していきます。

2. 最近の研究テーマ

光触媒マイクロリアクター

排水処理において、特殊な難分解性化学物質を分解するための光触媒酸化法が近年注目を集めています。このプロセスの反応装置をマイクロ化することにより、光触媒反応の効率を大幅に向上させることに成功しました。また、マイクロ化によって吸着や表面反応のような表面現象の影響が大きくなることを明らかにし、経済的かつ効率的なマイクロリアクターの新たな設計法および操作法を提案しました。さらに、光触媒マイクロリアクターを高付加価値有機物質の生産に応用するGreen Chemistryの構築を目指しています。

マイクロ分離分級

相分離プロセス、微粒子合成プロセス、環境浄化プロセスなどの省エネ化を目指して、新たにマイクロ分離器を開発し、実験およびCFD (Computational Fluid Dynamics) による研究を行っています。右に示した装置は、幅が200 μm (＜髪の毛) の円弧型マイクロチャンネルをフォトエッチで作製したものです。研究の結果、マイクロチャンネルの揚力効果で流体と比重差の無い微粒子を完全に分離できることがわかりました。揚力とは、速度勾配によって壁から離れる方向に粒子に作用する力で、飛行機の翼に作用する力と同等なものです。マイクロ分離器を用いると、比重差のある粒子の場合でも既存装置と比べて約80%の省エネになることを確かめました。今後は、河川や湖水の環境浄化、バイオ・食品プロセス等、比重差によらない連続分離を必要とする様々な分野で応用が期待されます。

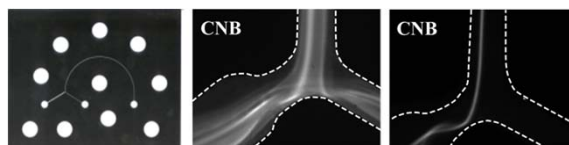
メタン水蒸気改質反応器CFDモデル

水素製造プロセスやマイクロリアクターを中心要素とするGreen Chemistryなど様々な環境プロセスにおいて、新規の装置デザインを考案したり、操作条件を最適化したりするためのCFDモデルを開発しています。右下図の例では、まず充填層型反応器における触媒充填構造をDEM (Discrete element method) シミュレーションで構成しました。さらに、その結果に基づいて複雑な内部空間を自動的に生成し、CFDシミュレーションを行っています。実験では得ることの出来ない反応器内部の温度・濃度分布を得ることで最適化が可能になると期待されます。

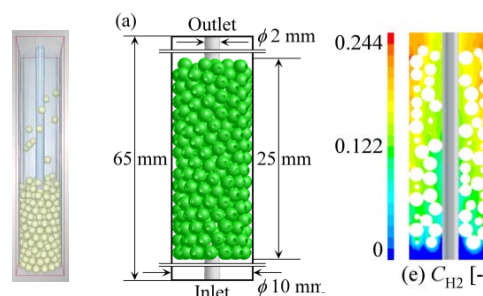
光触媒マイクロリアクター



マイクロ分離プロセスの開発



メタン水蒸気改質反応器CFDモデル



3. 業績

- 論文: [1] A. B. Hamzah, S. Ookawara, S. Yoshikawa, H. Matsumoto, Numerical Study on Porosity Distribution and Hydrodynamics of Packed Bed in Narrow Square Channels, *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*, **151**, May 2020, 107905 (2020)
[2] D. Heggo, S. Ookawara, T. Ohno, T. Nakai, Y. Matsushita, M. Gamal Eldin, M. Ohshima, Photocatalytic Synthesis of *p*-Anisaldehyde in a Mini Slurry-Bubble Reactor under Solar Light Irradiation, *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, **98**, 119-126 (2020)
[3] Y. Shinowaza, D. Heggo, S. Ookawara, S. Yoshikawa, Photo-Fenton Degradation of Carbofuran in Helical Tube Microreactor and Kinetic Modeling, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, **59**, 3811-3819 (2019) など

特許: 「マイクロ流体装置」 第5660596号

受賞: 化学工学論文集優秀論文賞 (2007)



主担当: 応用化学コース 副担当: エネルギーコース

准教授

青木 才子

e-mail: saoki@chemeng.titech.ac.jp

http://www.chemeng.titech.ac.jp/~aokilab/indexj.html

専門分野

トライボロジー, 表面改質

キーワード

トライボロジー, 摩擦, 潤滑, 潤滑油, 表面テクスチャ, 表面改質, 指

1. 研究概要と目指すもの

相対運動する固体界面における摩擦・摩耗・潤滑などの諸問題を取り扱う学問・科学技術であるトライボロジー(Tribology)を研究領域としています。潤滑油添加剤と固体表面のトライボケミカル反応や表面改質との相互作用に焦点を当て、省資源・省エネルギーの観点から摩擦制御・摩耗低減技術の確立を目指しています。また、トライボロジーと感性工学の融合として、指のすべり摩擦特性と触感などの人間の感性の関連性についても研究しています。

2. 最近の研究テーマ

エンジン油添加剤併用下における環境調和型高分子系添加剤の協奏阻害効果の解明

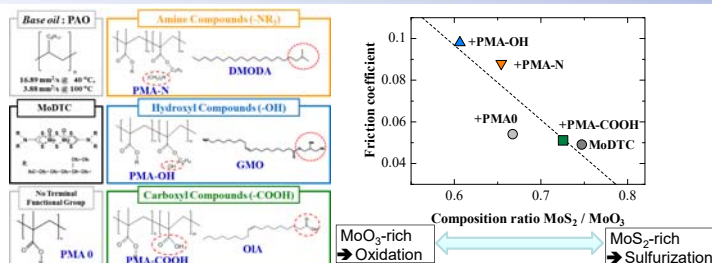
自動車エンジンの低フリクション化に向けて、低粘度エンジン油の使用に伴う境界潤滑領域における摩擦摩耗低減が課題になっています。ポリメタクリレート系高分子系添加剤(PMA)は粘度調整剤として使用される一方、複数の極性官能基を有するため、環境に有害な金属成分を含まない無灰系摩擦低減剤として期待されています。エンジン油の耐摩耗添加剤ZnDTPや摩擦調整剤MoDTCなど摩擦摩耗低減性能を阻害せずに最大限に性能を発揮させる共存添加剤としてPMAの協奏阻害効果を研究しています。

機能性表面処理された鋼における潤滑油添加剤からのトライボフィルム形成の評価

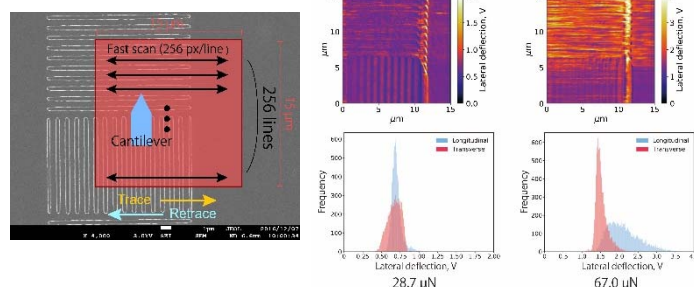
建設用重機の油圧ポンプの高面圧化に向けて、ギヤや歯車の鉄鋼材料には種々の熱処理や化成処理が使用されています。高面圧化を達成するためには、潤滑油添加剤による耐摩耗性・耐焼付き性の向上が必須であり、熱処理・化成処理された機能性表面における耐摩耗添加剤ZnDTPからの摩擦化学反応被膜(トライボフィルム)の形成過程の解明を行っています。他にも、高分子系添加剤や低分子有機化合物からの吸着分子膜の摩擦低減効果に及ぼす表面粗さの影響についても研究しています。

タッチインターフェース用ガラスにおける指の摩擦特性と触感覚の相関評価

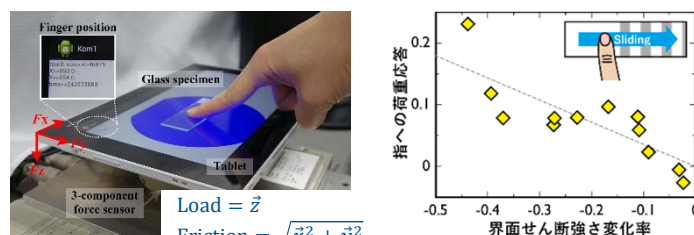
快適な操作感などより「リアルな触感」を与えるインターフェースの開発を目指して、タブレット操作時での指のすべり動作における触感の再現化について、触感をもたらず視覚的刺激と触感に対する力学的応答の両面から触感を定量的に表現する指標を確立することを目的としています。



摩擦調整剤MoDTCと高分子系添加剤PMAの協奏阻害効果



SPMによる異方性粗さにおける吸着分子膜の摩擦特性の評価



分子膜パターンニングによる指への摩擦刺激に対する力学的応答

3. 業績

- 論文 Masaki Tsuchiko, Saiko Aoki, "In-Liquid Lateral Force Microscopy of Micropatterned Surfaces in a Fatty Acid Solution under Boundary Lubrication," *Scientific Reports*, 9, 15236 (2019).
Rina Yanagisawa, Saiko Aoki, "Unconscious Response to Friction Stimulus Caused by the Change in Shear Strength between a Finger and Striped Glass Surface with a Self-Assembled Monolayer," *Tribology International*, 135, 143-151 (2019).
- 著書 似内昭夫 監修「トライボロジー設計マニュアル」"第10節 第3項 境界・混合潤滑," テクノシステム, 121-130 (2015).
プロジェクト内閣府SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)「革新的燃焼技術」機械摩擦損失低減グループ(2014-2019)
- 受賞 Journal of Engineering Tribology PE Publishing Award (2007), 日本トライボロジー学会奨励賞 (2012)



主担当: 応用化学コース 副担当: エネルギーコース

准教授 谷口 泉

e-mail: itaniguc@chemeng.titech.ac.jp
http://www.chemeng.titech.ac.jp/~itlab/index.html

専門分野

エアロゾル工学、粉体工学、微粒子工学
エネルギー貯蔵材料

キーワード

エアロゾル、セラミックスナノ粒子、機能性材料、
リチウム二次電池、エネルギー変換・貯蔵材料

1. 研究概要と目指すもの

エアロゾル技術や粉体技術を用いて、新規材料開発、およびその材料が本来持っている機能を最大限に発揮させるための新規合成プロセス技術の開発を行っている。最近では、主に蓄電池(リチウムイオン二次電池、リチウム硫黄二次電池、全固体電池、金属空気電池)の電極材料について研究を行っている。

2. 最近の研究テーマ

リチウム二次電池・リチウム硫黄二次電池の電極材料開発

リチウム二次電池やリチウム硫黄二次電池は、分散型電力貯蔵電源として大きな期待が寄せられている。当研究室ではそれらの安価で高性能な電極材料およびそのプロセスの開発を行っている。

＜具体的な研究テーマ＞

1. 噴霧熱分解法と粉体技術を組み合わせた合成法による高性能ポリアニオン系正極材料(LiMPO_4 , $M=\text{Fe, Mn}$)の開発
2. 噴霧熱分解法による**多孔質金属酸化物(V_2O_5)**の合成とそのリチウム硫黄二次電池への応用

高温流動層を用いた機能性セラミックス微粒子の合成

流動層は古くから化学工業プロセスにおいて用いられている反応装置である。当研究室では、この反応装置の特徴を生かして機能性セラミックス微粒子やそれらと炭素の複合体の合成を行っている。

＜具体的な研究テーマ＞

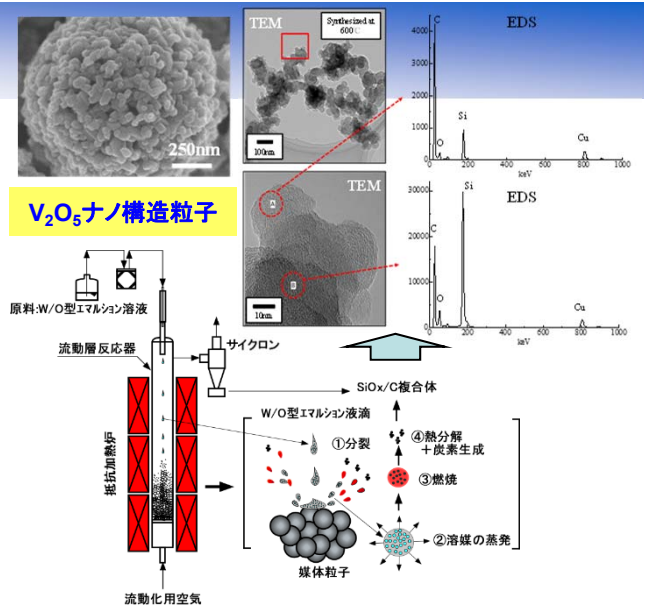
1. エマルション滴下燃焼法による LiMPO_4 ($M=\text{Fe, Mn}$) / 炭素複合体の合成
2. 流動層式滴下燃焼法による **$\text{SiO}_x/\text{Carbon}$ ナノ複合体**の合成
3. 流動層式噴霧熱分解法による $\text{LiM}_x\text{Mn}_{2-x}\text{O}_4$ ($M=\text{Mn, Co, Al}$ and Fe) 粉体の合成

無機多孔質膜及び有機・無機ナノファイバーの合成

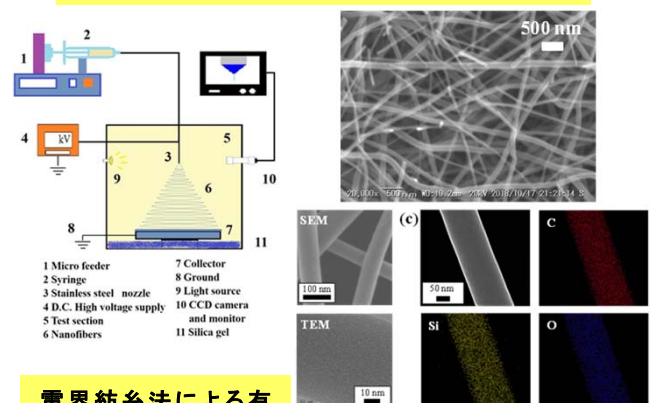
エアロゾルプロセスを用いた材料合成法の一つである静電噴霧沈着法や電界紡糸法を用いて、エネルギー変換・貯蔵材料の合成とその形態制御の研究を行っている。

＜具体的な研究テーマ＞

1. 静電噴霧沈着法による LiCoO_2 多孔質膜の合成
2. 静電噴霧沈着法による TiO_2 薄膜の合成と色素増感型太陽電池へのその応用
3. 静電紡糸法による **SiO_2/C ナノファイバー**の合成とリチウムイオン二次電池およびリチウム硫黄二次電池へのその応用



高温流動層を用いた SiO_2/C 微粒子合成プロセス



電界紡糸法による有機・無機ナノファイバー合成装置

SiO_2/C ナノファイバー

3. 業績

論文

A. Belgibayeva, I. Taniguchi, *Electrochim. Acta*, 328, 135101-135121(2019).
H. C. Jang, K. Miyasaka, I. Taniguchi, *J. Mater. Sci.*, 53, 9138-9148(2018).
G. Kalimuldina, I. Taniguchi, *J. Mater. Chem. A*, 5, 6937-6946(2017).

受賞

東工大・工系創成的研究賞(2015), 東工大・工系創成的研究賞(2011), 粉体工学会2010年度技術賞(2010)など。



主担当: 原子核工学コース

准教授

原田 琢也

e-mail: t_harada@ne.titech.ac.jp

専門分野

無機材料工学、化学プロセス工学、環境エネルギー工学、ナノテクノロジー、原子力応用

キーワード

低炭素エネルギーシステム、CO₂分離回収・利用(CCUS)、カーボンフリーH₂合成、再生可能エネルギー・原子力によるCO₂変換、機能性ナノ材料、熔融イオン液体

1. 研究概要と目指すもの

CO₂を排出せず、持続可能なエネルギー利用を可能とする、次世代の低炭素エネルギーシステムの確立を目指しています。現在、新しい高効率CO₂分離回収法、カーボンフリー水素合成法、そして、再生可能エネルギー・原子力によるクリーンCO₂変換法に関して、材料開発と化学プロセス設計の両側面から研究を遂行しています。

2. 最近の研究テーマ

高効率CO₂分離回収法

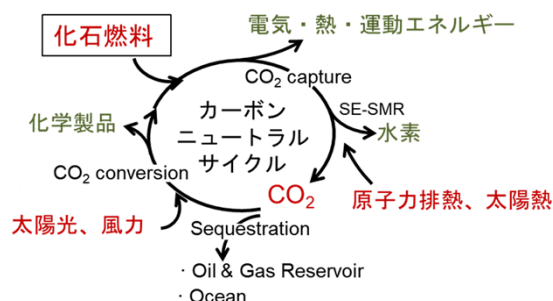
低コストで高効率のCO₂分離回収プロセスの確立は、深刻な地球温暖化を抑止し、貴重なエネルギー資源である化石燃料の持続的利用を可能とするための、重要なキーテクノロジーであると広く認識されています。私の研究室では、コアシェル型ナノ粒子クラスターや熔融イオン液体を始めとする、独自の大容量・高反応性CO₂吸収剤の開発と、それを用いた新しい連続的なCO₂分離回収プロセスの設計により、この革新的な新技術の探求を行っています。

カーボンフリーH₂合成プロセス

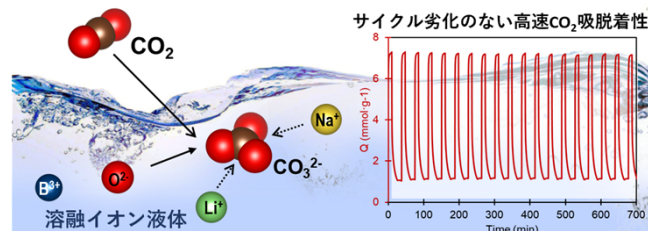
CO₂を排出しないカーボンフリーH₂合成プロセスは、低環境負荷のクリーンエネルギー生成法として大いに期待されています。私の研究室では、特に太陽熱や原子力排熱といった未利用熱エネルギーを有効利用した、新たな水素合成法の実現を目指して研究を行っています。現在特に、反応ガスの選択的分離による化学平衡シフトを応用した、新しい高効率メタン改質型水素合成プロセス(SE-SMR)の実証検証を進めています。

再生可能エネルギー・原子力利用クリーンCO₂変換

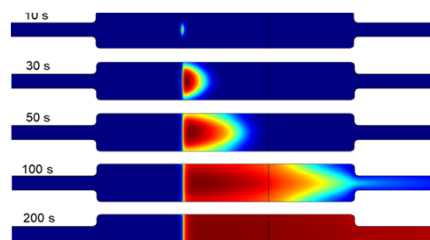
化石燃料の消費により生成されたCO₂を、再び、有用な化学物質に変換・再利用する技術を確認することは、CO₂を廃棄物から、新しいカーボン資源として再認識し、再生可能エネルギー、そして原子力エネルギーのエネルギーキャリアとして再利用する道を切り開く、重要な次世代技術です。私の研究室では、特に高温熔融塩を反応媒体とした、新たな電気化学的CO₂還元プロセスについて、その反応速度および反応選択性を制御する技術の研究を進めています。



CO₂を排出しない次世代低炭素エネルギーシステム



熔融イオン液体による高効率CO₂分離回収



カーボンフリーH₂合成反応シミュレーション

3. 業績

- 論文 [1] Halliday, Harada et al., "Toward a Mechanistic Understanding and Optimization of Molten Alkali Metal Borates (A_xB_{1-x}O_{1.5-x}) for High-Temperature CO₂ Capture", *Chem. Mater.* 32, 348-359 (2020)
- [2] Harada et al., "Molten ionic oxides for CO₂ capture at medium to high temperatures" *J. Mater. Chem. A*, 7, 21827-21834 (2019)
- [3] Harada et al., "Nonvolatile Colloidal Dispersion of MgO Nanoparticles in Molten Salts for Continuous CO₂ Capture at Intermediate Temperatures", *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 7, 7979-7986 (2019)
- 特許 US 62/742,078, US 2018/0354807 A1 (WO2018227081A1), US 10,322,399 B2 (WO2017087729A1), 特許第5705713号 他



主担当: 応用化学コース

准教授
渕野 哲郎

e-mail: fuchino@chemeng.titech.ac.jp

専門分野

プロセスシステム工学、ライフサイクルエンジニアリング

キーワード

プロセス安全管理、プロセスラショナルイズドデザイン、業務プロセスモデルベースドエンジニアリング

1. 研究概要と目指すもの

プロセス産業が持続的な発展を遂げるためには、設計、建設、運転、保全からなるプラントライフサイクルエンジニアリングにおいて、抜け落ちなく安全を管理することは無論のこと、エンジニアリング業務間での整合性を管理し、プロセス設計に始まるプラントライフサイクルのエンジニアリングの論理・情報を共有化・統合化するための仕組みが必要である。この仕組みを構築し、持続的発展のための基盤を整えること(ライフサイクルエンジニアリング)が我々の研究目的である。

2. 最近の研究テーマ

業務プロセスモデルベースドエンジニアリング

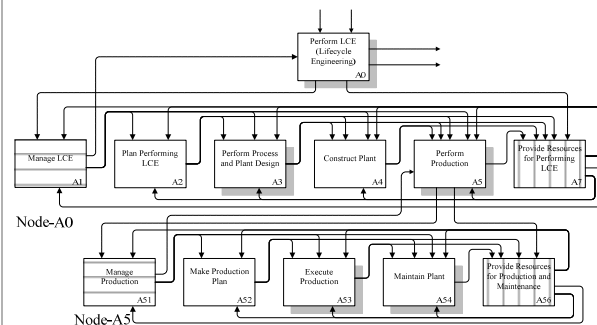
プラントライフサイクルにおける諸問題は、最終的に漏洩、火災、爆発といった安全、人健康被害、環境影響の問題(SHE: Safety, Health Environment)として顕在化するが、その根本原因には、運転、検査、補修技術の問題もあれば、これら業務間情報連携の問題であったり、人的ミスの場合もあれば、業務を行うための基準の問題や、基準の整合性、エンジニアリング技術の問題、・・・と様々である。ライフサイクルを構成する各業務内、業務間、そしてライフ全体でPDCA (Plan, Do, Check, Action) サイクルを構築し、安全管理の仕組みを確立するためには、ライフサイクル全体の業務プロセスをモデル化(見える化)し、その上で、技術要件を定義し、その技術をライフサイクルエンジニアリングに組み入れてゆくための仕組み設計が不可欠となる。

プロセスラショナルイズドデザイン環境の構築

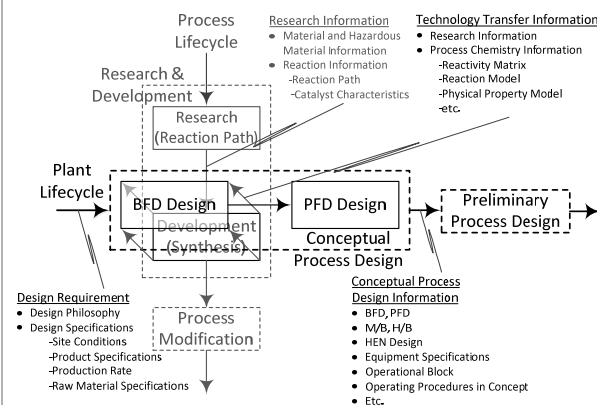
「Safety by Design」と言われる。安全管理は、論理的なプロセス安全設計と、その安全設計根拠(Design Rationale)に基づく変更管理の仕組み設計、にかかっている。経験的に実施されるプロセス設計プロセスの「見える化」を行い、設計根拠を「Capture」し、情報として残すための「Representation」を行い、必要なときに「Retrieve」するための方法、それを管理するための仕組み(System)が必要であり、ライフサイクル全体の業務プロセスモデルに基づき検討を進めている。

MOC(Management Of Change)によるライフサイクル安全管理

長いもので40年~60年に及ぶプラントライフサイクルの安全は、MOC(変更管理)の仕組みで管理されるが、様々な変更の内、同種の変更(RIK: Replacement In Kind)と判断されたものは、MOCの管理対象から外れる。近年の事故のほとんどは、RIKと判断した変更がその根本原因である。プロセス・プラント設計結果から、RIKか否かを判断するのではなく、設計根拠(Design Rationale)情報に基づき判断するための仕組み、支援環境の構築を行っている。



ライフサイクル業務プロセスモデル



プロセス開発から設計への技術移転

3. 業績

Fuchino, T., K. Takeda, Y. Shimada, "Incident Investigation on the basis of Business Process Model for Plant Lifecycle Engineering", Chemical Engineering Transactions, Vol. 48, pp. 889-894, (2016)

Fuchino, T., T. Kitajima, Y. Shimada, "Representation of Process Design Rationale for Change Management", Proceedings of 14-th International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management (PSAM-14), UCLA, U.S.A (2018)
http://www.psam14.org/proceedings/paper/paper_250_1.pdf

化学工学会安全部会監訳、「リスクに基づくプロセス安全ガイドライン」, 丸善出版, 2018



主担当: 応用化学コース 副担当: エネルギーコース

准教授

松本 秀行

e-mail: matsumoto.h.ae@m.titech.ac.jp

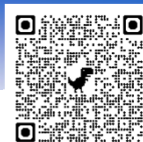
http://www.chemeng.titech.ac.jp/~cps/hm/index.html

専門分野

プロセスシステム工学、プロセス強化、プロセス情報処理、再生可能エネルギー

キーワード

プロセスダイナミクス、触媒プロセス、新規反応場、反応装置工学、窒素循環システム、水素キャリア製造・利用



研究室紹介動画

1. 研究概要と目指すもの

最先端のシステム工学を駆使したグリーン化学プロセスの創成

分子反応、輸送現象、プロセスシステムとマルチスケールな視点に基づき、化学プロセスの解析・合成手法を研究するとともに、開発手法の応用によって、グリーン化学プロセスの創成に取り組んでいます。

2. 最近の研究テーマ

産業活動由来の反応性窒素からのアンモニア合成・利用プロセスシステムの設計・評価

持続可能な窒素資源循環社会の構築を目指し、空気中の窒素や産業活動由来の窒素化合物をアンモニア(NH_3)に変換・利用するプロセスの効率化が求められています。例えば、燃焼器から排出される一酸化窒素をアンモニアへ変換する反応プロセス(NTA反応プロセス)について、有害な窒素化合物排出量の最小化と温室効果ガス排出削減量の最大化を達成する窒素循環システムの設計・評価手法を研究しています。

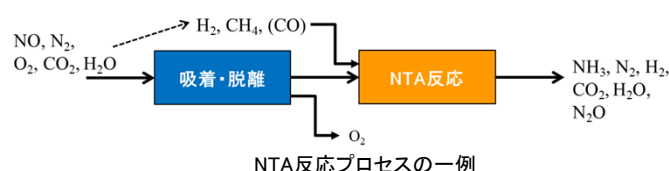
代替エネルギーを用いた反応プロセスの強化

電気、超音波、プラズマなどの新しいエネルギー源と形態の利用によるプロセス強化技術の研究開発を行っています。例えば、不均一系触媒を用いた反応プロセスにおいて、交流電圧印加や超音波照射が生成物収率向上をもたらすことを見出し、装置内流動とエネルギー操作条件によって強化されるプロセスダイナミクスをマルチスケールな視点で解明しています。

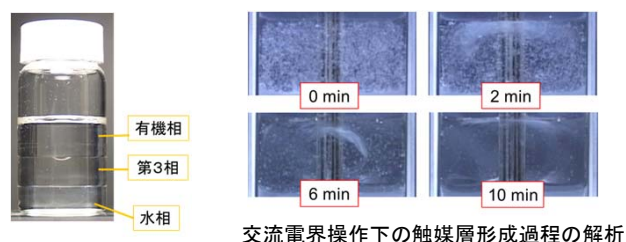
再生可能エネルギー利用効率化を目指した触媒反応プロセスの設計・制御

低炭素社会の実現を目指し、水素キャリア(メチルシクロヘキサン(MCH)、アンモニア、ギ酸など)を用いた再生可能エネルギー出力変動の吸収・利用の効率化が求められています。例えば、再エネ由来水素の供給量変動操作に伴う水素キャリア製造システムについて、物理化学に基づくプロセスモデルと統計科学に基づくデータモデルの融合による水素キャリア合成プロセスの予測・制御手法を研究しています。

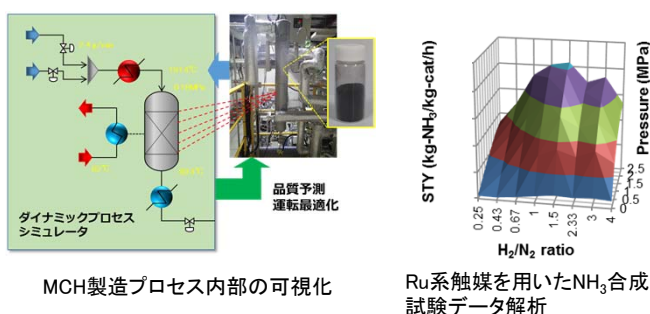
反応性窒素を用いたアンモニア合成プロセスの設計・評価



交流電圧印加を用いた相間移動触媒反応プロセスの強化



水素キャリア製造システム高度化のためのシミュレーション解析



3. 業績

- [1] "Application Method of Rate Based Model to Analysis of Dynamic Behavior of Stirred Tank Reactor for Phase Transfer Catalysis with the Third Liquid Phase", Journal of Chemical Engineering of Japan, 50 [6], 408-414 (2017).
- [2] "Application Methods for a Niche Genetic Algorithm for Design of Reactive Distillation Processes", Knowledge-based Information Systems in Practice: Smart Innovation, Systems and Technologies, 30, 313-326 (2015).

著書: "グリーンプロセス工学とプロセス強化", プロセス強化(PI)の技術 - 化学工学の進歩 51, pp. 11-21, 三恵社 (2017).

受賞: 平成26年(公社)化学工学会システム・情報・シミュレーション部会技術賞



主担当: エネルギーコース 副担当: 応用化学コース

准教授

Sergei MANZHOS

e-mail: manzhos.s.aa@m.titech.ac.jp
http://www.chemeng.titech.ac.jp/~iharalab/index.html
https://sites.google.com/site/sergeimanzhos/

専門分野

計算材料科学、機械学習、エネルギー変換(燃料電池、太陽電池)

キーワード

計算材料科学、燃料電池、太陽電池、分子動力学、密度汎関数理論、機械学習

1. 研究概要と目指すもの

伊原・Manzhos研究室では、材料、デバイス、システムのレベルで再生可能エネルギー技術の研究を行っています。この中、高度なタイプの太陽電池、燃料電池、および分散型再生可能エネルギーシステムに関する研究を推進しています。Manzhos准教授は、ab initioおよび分子動力学を活用して計算材料化学テーマ、機械学習ベースのモデリングなど、研究室のモデリング作業を主導しています。その上、計算手法の開発しています。

2. 最近の研究テーマ

計算材料科学的な研究

太陽電池、燃料電池などの材料・界面の特性を計算します。パフォーマンスのメカニズムを理解するために、DFTや分子動力学などアトミスティカルというレベルの手法を使用します。メカニズムの理解に基づいて、新しい、より優れた性能の材料を発見することができます。プロジェクトの例: 全シリコンおよびペロブスカイトシリコンタンデム太陽電池のためのインターフェースモデリング、SOFCのための固体状態イオン伝導体、ペロブスカイト材料の微細構造。

機械学習に基づく再生可能エネルギーシステムのモデリング

機械学習などのモデリング手法を使用して、スマートビルディングなどの分散型の小規模な再生可能エネルギーシステムの重要な量をモデル化および予測します。これには、電力需要の予測と、再生可能エネルギーシステムのエネルギーミックス(太陽電池、燃料電池、バッテリー、外部ソースなど)の最適化が含まれます。

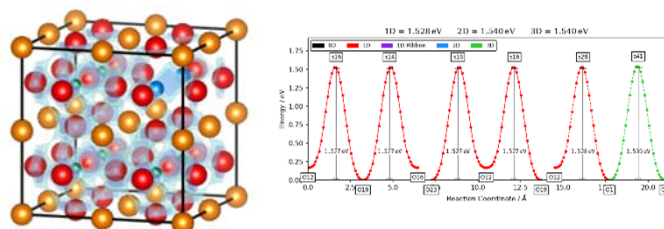
手法の開発

独自のモデリング能力を開発するための手法の開発にも取り組んでいます。その中:

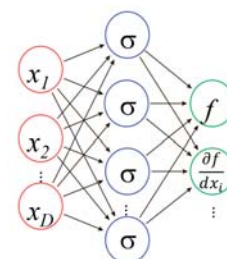
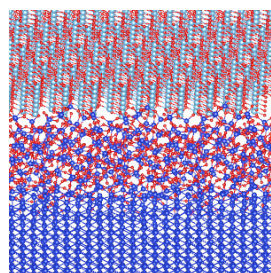
- 高次元な特徴空間でデータ密度が非常に低いでも入出力関係を発見できる機械学習手法の開発。
- 機械学習ベースの大規模ab initio法と計算分光法の開発

したがって、学生は、自分の才能を開発し持続可能性の原則に基づいて社会の発展に貢献するための複数の多様な機会があります。

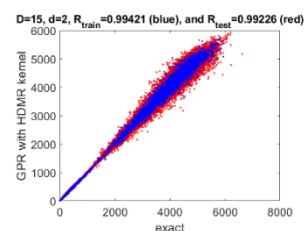
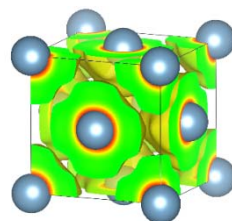
新しい固体状態イオン伝導体のシミュレーション



タンデム太陽電池ための材料と界面のシミュレーション



ニューラルネットワーク、ガウス過程回帰に基づく新しい機械学習手法の開発



3. 業績

論文: Ren et al. Random Sampling High Dimensional Model Representation Gaussian Process Regression (RS-HDMR-GPR) for representing multidimensional functions with machine-learned lower-dimensional terms allowing insight with a general method, *Comput Phys Commun* **271**, 108220 (2022); Manzhos et al., Materials design and optimization for next generation solar cell and light-emitting technologies, *J Phys Chem Lett* **12**, 4638 (2021);

著書: Manzhos et al., Modeling methods for plasmonic effects in halide perovskite-based systems for photonics applications. In *Halide Perovskites for Photonics*. AIP Publishing, Melville NY, USA (2021); Manzhos et al., Machine learning for vibrational spectroscopy. In *Quantum Chemistry in the Age of Machine Learning*, Elsevier, Amsterdam (2022)



主担当: 応用化学コース 副担当: エネルギーコース

准教授

森 伸介

e-mail: smori@chemeng.titech.ac.jp
http://www.chemeng.titech.ac.jp/~morilab/index.html

専門分野

プラズマ工学、プラズマ化学、熱流体工学

キーワード

プラズマ化学反応, プラズマによるCO₂改質・アンモニア合成・ナノカーボン材料合成, 同位体分離, 反応分離, 内燃機関の化学合成への応用

1. 研究概要と目指すもの

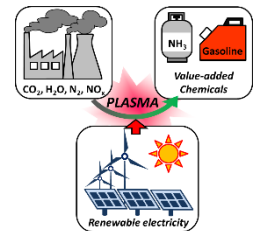
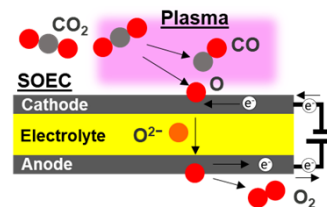
低温プラズマ中では、高エネルギー電子の作用によって、反応場を低い温度に保ったままでも非平衡に反応が進行します。また電子のエネルギーを制御することで、反応に選択性を持たせることも可能です。この低温プラズマの特徴を活かした、新規化学プロセスの開発と、そのモデリングを行っています。

2. 最近の研究テーマ

プラズマとSOECによる相乗的CO₂改質

再生可能エネルギー由来の余剰電力の利用方法として、プラズマや固体酸化物型電気分解セル(SOEC)によるCO₂還元が注目を浴びていますが、SOECによるCO₂還元には触媒が劣化しやすいという問題点があり、プラズマによるCO₂還元には逆反応によってCO₂が再生してしまうという問題点があります。そこで我々の研究室ではSOECの表面でプラズマを生成することでこれらの欠点を相互に補完し協奏的にCO₂を還元・改質する研究を行っています。

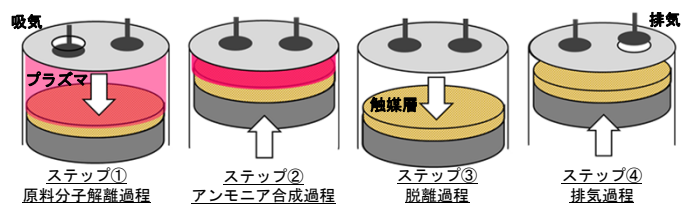
プラズマとSOECによる相乗的CO₂分解



プラズマの圧カスイングによるアンモニア合成

プラズマによるアンモニア合成における圧力条件について考えた場合、速度論的には低圧、平衡論的には高圧が有利となります。この圧力条件に現れるジレンマを、プラズマ反応器の圧力をスイングすることで克服し、高効率にアンモニアを合成する研究を行っています。

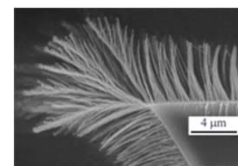
プラズマの圧カスイングによるアンモニア合成



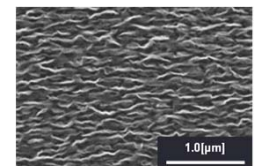
ナノカーボン材料合成とその構造制御

一酸化炭素を原料とする低温プラズマCVDでは、カーボンナノファイバー、カーボンナノウォールなど様々な形態のナノカーボン材料を無触媒で合成することが出来ます。更には、炭素材料は電場の方向に配向成長する性質があるため、我々の研究室では、プラズマ中の電場の方向を制御することでナノカーボン材料の形態や成長方向を制御する研究を行っています。

ナノカーボン材料合成とその構造制御



配向成長カーボンナノファイバー



並列化カーボンナノウォール

内燃機関を用いた化学合成

二酸化炭素排出量削減の要求から逆風にさらされている内燃機関ですが、近年のエンジン燃焼制御システムには目覚ましい進展があり、特に燃料直噴型のレシプロエンジン等は高度に制御可能な高温高圧反応器と捉えることが可能です。我々の研究室では、エンジンをを用いたナノカーボン材料合成や機能性微粒子合成など、内燃機関の化学反応器としての新しい可能性を探求する研究を行っています。

内燃機関を用いた化学合成



3. 業績

- “Synergistic CO₂ conversion by hybridization of dielectric barrier discharge and solid oxide electrolyser cell”, *Plasma Process and Polymers* **14**, e1600153, pp. 1-6 (2017).
- “Ammonia Synthesis by Pressure Swing of N₂-H₂ Nonthermal Plasma”, *J. Chem. Eng. Japan* **53**, pp. 498-503 (2020).
- “The role of sulfur in promoted growth of carbon nanotubes in chemical vapor deposition proposed through the characterizations on catalytic nanoparticles”, *Applied Surface Science* **471** pp. 587-594 (2019).
- “Synthesis of carbon nanotubes from biofuel as a carbon source through a diesel engine” *Diamond and Related Materials* **82**, 79-86 (2018).



主担当:応用化学コース

准教授 吉川 史郎

e-mail: syoshika@chemeng.titech.ac.jp
http://www.chemeng.titech.ac.jp/~fsegrp/YOSHIKAWA/TOP/yoshikawa-top.htm

専門分野

装置内流体工学、機械的操作、膜分離操作、医用化学工学

キーワード

医療機器、人工臓器、精密・限外濾過、混合装置、移動現象論

1.研究概要と目指すもの

装置内の流動、機械的混合、分離操作を研究分野としている。その中で、混合については攪拌装置、分離については医療分野で使用される中空糸型膜分離装置、食品工業、医薬品工業等で利用されている精密、限外濾過装置などを対象とし、化学工学の主要分野の一つである移動現象論の観点から設計操作のための指針決定方法の構築を目指している。

2.最近の研究テーマ

医療用中空糸膜型膜分離装置に関する研究

中空糸膜の束を円筒ケースに充填した医療用膜分離装置内部の流動、物質移動現象に注目して、性能評価、設計指針確立のためのモデル化を試みている。具体的には血液透析器、人工肝臓、人工肺、血漿分離器、血漿成分分離器等を対象としている。

精密、限外濾過、膜利用プロセスに関する研究

食品工業、バイオプロセス、水処理で利用されている精密濾過、限外濾過操作等の膜利用プロセスを対象とした研究を行っている。
・ココナッツパウダーからタンパク質を分離する限外濾過操作
平膜に平行に原液を流す場合、膜に付着する高濃度タンパク質層内の透過機構のモデル化

攪拌装置の性能評価に関する研究

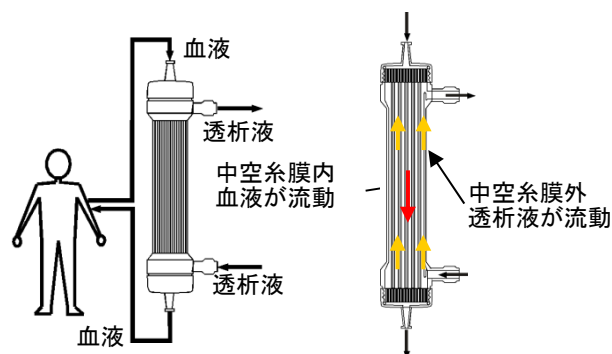
トレーサ粒子の挙動を撮影したデータに基づいた攪拌装置内の速度測定実験とコンピュータによる速度場の数値計算の結果に基づいて種々幾何学的条件の攪拌装置の混合性能評価に関する研究を行っている。

同心二重円筒間のテイラー渦を利用した反応器に関する研究

同心二重円筒間のテイラークウェット流れにおいて、内円筒をコーティングすることにより広いレイノルズ数範囲で安定したテイラー渦列が生じること、抗力係数が減少することが従来の実験結果より確認されている。そこで、その安定した渦列を完全混合槽が多数直列に接続された流通型反応器とみなし、滞留時間分布がシャープな反応器への応用を目指した研究を行っている。

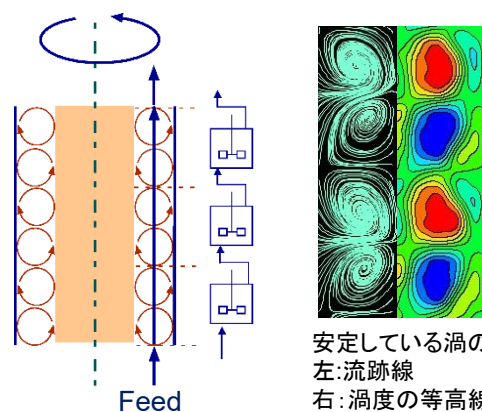
最近では流体に高分子物質を少量加えることにより効力減少効果を示す粘弾性流体とし、より安定した渦が形成されるかどうかの検討を行っている。

医療用中空糸膜装置利用の例：血液透析



膜内外の濃度差で老廃物が移動
血液、透析液の流動が重要

テイラー渦を利用した反応器に関する研究



安定している渦の
左:流跡線
右:渦度の等高線

3.業績

論文 “A new model for estimation of just-suspension speed based on lift force for solid-liquid suspension in a stirred tank”, Journal of Chemical Engineering of Japan, 49, 737-746(2016)

“Flux Estimation in Cross-Flow Ultra filtration of Protein Solution”, Separation Science and Technology, 49, [10], 1469-1478(2014)

著書 「ベシック移動現象論」, 吉川史郎, 化学同人(2015), 「化学工学のための数学」, 小川浩平, 黒田千秋, 吉川史郎, 数理工学社(2007)



主担当: 応用化学コース
助教

織田 耕彦

<http://www.chemeng.titech.ac.jp/~yshimo/index.html>

専門分野

超臨界流体工学、反応工学、晶析工学

キーワード

超臨界流体、CO₂利用、
ナノマテリアル、プロセスデザイン

1. 研究概要と目指すもの

超臨界流体、特に超臨界CO₂の特異な物性挙動を利用し、薬物輸送システムの構築に向けた製剤化技術の開発を目指す。

2. 最近の研究テーマ

フロープロセスを利用した超臨界エマルション抽出による薬物ナノ分散液の連続製造と高機能化

超臨界CO₂ + エマルション系における異相間の物質移動挙動の解析及びナノ粒子の形成機構の解明に向けた研究を行っている。
特に、セグメントフロープロセスにおける相間の物質移動を精密に制御することで、ナノ粒子のサイズ・分布・分散性の制御、
ひいては薬物ナノ分散液の高機能化に繋げることを目指している。

超臨界含浸法を利用した眼科薬物輸送システムの構築と薬物放出挙動の制御

シリコンハイドロゲルを担体とした眼科薬物とビタミンEの共含浸によって、薬物放出挙動の制御を目指している。

3. 業績

- 論文
1. Yasuhiko Orita, Hiroshi Machida, Hirotochi Horizoe "Partial oxidation of methane by fenton reaction under hydrothermal environment", *Journal of the Japan Institute of Energy*, **96**, 339-345 (2017).
 2. Yasuhiko Orita, Makoto Akizuki, Yoshito Oshima "Kinetic analysis of zinc oxide anisotropic growth in supercritical water", *The Journal of Supercritical Fluids*, **154**, 104609 (2019).

受賞等 化学工学会第50回秋季大会 超臨界流体部会主催シンポジウム 学生賞 (2018)



主担当: 応用化学コース

助教

木村 健太郎

<http://www.chemeng.titech.ac.jp/~tagolabo/index.html>

専門分野

反応工学、エネルギー工学

キーワード

バイオマス、触媒反応、反応プロセス

1. 研究概要と目指すもの

バイオマスを高効率でエネルギー源、化学原料源に転換するプロセスの開発を目指す。

2. 最近の研究テーマ

液体の水素源に用いたバイオマス系未利用資源からの輸送燃料の合成

バイオマス資源から輸送燃料を生成するには、脱酸素反応が不可欠であり、高圧水素雰囲気が必要となる。それに対し、液体の水素源を用いることで、より安全にバイオマス資源から輸送燃料を生成する反応機構の解明および反応系の構築に取り組んでいる。

グルコースからの化学原料の合成

グルコースは様々な化合物に変換することができるが、反応性が高いため選択的に化合物が生成可能なプロセス構築に課題がある。これを解決するために、安価かつ高い選択性を実現できる触媒の開発および反応プロセスの構築に取り組んでいる。

3. 業績

論文: Kimura, K., Kakuta, Y., Watanabe E., and Kurihara, K., Effect of formation behavior of hydrocarbons and solid component from cellulose on catalytic transfer hydrogenation in straight-chain aliphatic hydrocarbon solvent." *Biomass Conversion and Biorefinery* (2021)

<http://dx.doi.org/10.1007/s13399-021-01823-0>

Kimura, K., Saika, Y., Kakuta, Y., and Kurihara, K., "Catalytic transfer hydrogenation of cellulose to hydrocarbons using straight-chain aliphatic hydrocarbon as a solvent." *Biomass Conversion and Biorefinery*, **11**, 873–884 (2021).



主担当: 応用化学コース
助教

Winarto Kurniawan

e-mail: kurniawan.w.ab@m.titech.ac.jp
http://www.chemeng.titech.ac.jp/~tklab/index-j.html

専門分野

材料科学、反応工学

キーワード

環境浄化材料、吸着材、環境触媒、未利用
資源の有効利用

1. 研究概要と目指すもの

材料の特性を活かして、汚染物質を除去するための材料開発を目指す。

2. 最近の研究テーマ

フラ樹脂由来の吸着材の開発

植物由来のフラン樹脂を用いて、吸着材の開発を行っている。フラン環に含まれている酸素が水溶液中にプラスチャージを持ち、アニオンを吸着する能力を有する。吸着能力を向上させるために、細孔分布調整などのような性質の最適化を検討している。

リン吸着材の開発

水環境における過剰なリン濃度が富栄養化を引き起こし、環境に悪影響を与える。一方、リンが植物の三要素であり、肥料に欠かせない存在である。本検討では、水環境からリンを回収し、肥料として利用するシステムの確立を目指し、その第一段階として、効率の良いリンの吸着材の開発を行っている。

3. 業績

- 論文 1. Norway Pangan, Susan Gallardo, Pag-asa Gaspillo, Winarto Kurniawan, Hirofumi Hinode, Michael Promentilla. "Hydrothermal Synthesis and Characterization of Zeolite A from Corn (Zea Mays) Stover Ash", Materials, Volume 14, Issue 17, p. 4915, 2021
2. Winarto Kurniawan, Hirofumi Hinode. "Lean Condition Procedure for Utilization of Silica from Rice Husk as Zeolite Precursor", Indonesian Journal of Computing, Engineering and Design (IJoCED), Vol. 2, Issue 2, pp. 111-121, 2020.
3. Den, C., Marikit, E.G., Kurniawan, W., Hinode, H., "Phosphate Removal from Wastewater Using Calcium Silicate Hydrate Synthesized from Lake Sediment and Bivalve Shell", Journal of Chemical Engineering of Japan, Volume 53, Issue 7, pp 287-295, 2020.



主担当: 応用化学コース
助教

小玉 聡

e-mail: skodama@chemeng.titech.ac.jp
http://www.chemeng.titech.ac.jp/~labseki/

専門分野

プラズマプロセッシング、ガス分離、環境化学工学

キーワード

プラズマ化学、PM除去、表面改質、CO₂分離回収、
プロセスシミュレーション

1. 研究概要と目指すもの

化学プロセスにおけるプラズマ反応場への応用及び環境プロセス(特にCO₂分離回収)の化学工学的なアプローチによる改良を目指す。

2. 最近の研究テーマ

大気圧非平衡プラズマを利用した表面改質とディーゼル排ガス中のPM分解反応の解析

大気圧非平衡プラズマを用いた活性炭や植物材料などの表面改質やディーゼル排ガス中のPM(粒子状物質)を酸化除去する研究を行い、プラズマ反応による物質表面における反応機構を検討している。近年は、大気圧非平衡プラズマと反応器内における流体の流れに着目した研究を実施している。

CO₂分離回収プロセスのプロセス解析および新規プロセスの開発

アミン吸収プロセスにおけるCO₂吸収・放散反応の解析、CO₂分離回収プロセスが石炭火力発電所の発電効率に及ぼす影響評価、新規固体吸収剤を始めとしたCO₂分離回収プロセスの開発など、CO₂分離回収プロセスの解析を実施している。

3. 業績

論文:

-Satoshi Kodama, Butree Thawatchaipracha, Hidetoshi Sekiguchi, "Enhancement of Essential Oil Extraction for Steam Distillation by DBD Surface Treatment", Plasma Processes and Polymers, 11, 126-132 (2014).

-Satoshi Kodama, Kazuya Goto & Hidetoshi Sekiguchi, "Process Evaluation of Carbon Dioxide Capture for Coal-fired Power Plants", Energy and Environment Research, 4, 105-116 (2014).



主担当: エネルギーコース

助教

長谷川 馨

e-mail: kasegaw@chemeng.titech.ac.jp
http://www.chemeng.titech.ac.jp

専門分野

反応工学、ナノ炭素材料、電気化学

キーワード

カーボンナノチューブ、CVD、PVD、
リチウム二次電池、電気化学キャパシタ

1. 研究概要と目指すもの

カーボンナノチューブ(CNT)の電気化学デバイス応用を軸に、ナノ材料をマクロに実装するためのプロセスを総合的に研究しています。

2. 最近の研究テーマ

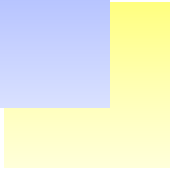
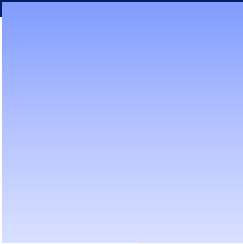
CNTの蓄電デバイスへの実装

単層CNT合成の基礎研究を基に、流動層法による数層CNT合成の大規模化に携わりました。得られたCNTは柔らかい導電性繊維で、粉末材料に微量添加するだけで自立した構造体を形成できる材料です。その特異性は電気化学デバイスに活かせると考え、リチウムイオン電池や電気化学キャパシタに向けた電極複合体を開発しています。また実際にデバイスを構成して評価することでその有用性と課題を明らかにし、さらに材料合成から複合体形成、デバイス設計と相互にフィードバックを得ることを狙っています。

1. 微量のCNTと活物質のみで形成した電極からなる、結着剤、金属箔レスのリチウムイオン電池、キャパシタの開発
2. 新規な高エネルギー活物質との複合化、及び燃料電池触媒層をはじめ多様なデバイスへの展開

3. 業績

論文: •K. Hasegawa et al., J. Nanosci. Nanotechnol. 8 (2008) 6123-6128,
•K. Hasegawa and S. Noda, ACS Nano 5 (2011) 975-984,
•K. Hasegawa and S. Noda, Carbon 49 (2011) 4497-4504, •D.Y. Kim, K. Hasegawa et al., Carbon 49 (2011) 1972-1979,
•R. Quintero, K. Hasegawa et al., RSC Adv. 4 (2014), 8230-8237 など
受賞: 化学工学会米沢大会学生賞金賞 (2009)、第38回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム 若手奨励賞 (2010)



東京工業大学
Tokyo Institute of Technology