

Hara-Kamata Lab.

*Make the impossible possible
for Earth, Children, and Future.....*



原・鎌田研究室

URL: <http://www.msl.titech.ac.jp/~hara/>



教授
原 亨和
博士(理学)



准教授
鎌田 慶吾
博士(工学)

不可能を可能にする触媒をつくる

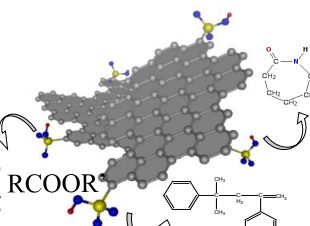
化石資源に頼らないエネルギーと化学資源の生産, 人々を飢えさせない肥料生産, 省エネで環境に優しいプロセス. これらは我々人類が末永く地球と共生するために解決しなければならない課題です. しかし, 多くの「不可能」がこれらの実現に立ちはだかっています.

今日の不可能を可能にする触媒を生み出し, 人類社会に貢献する. これが原・鎌田研究室のミッションです. これまで私たちは新たな科学技術を武器に前人未到の野を切り開き, 革新触媒材料を創生してきました. 現在3つの大型プロジェクトが進行中. 今日の数多くの不可能を可能に変えて行く. これが私たちの挑戦です.

バイオマス変換プロジェクト

化石資源を使わない, CO₂を出さない.

現代社会は石油, 石炭, 天然ガスといった化石資源によって支えられています. しかしながら, 化石資源の枯渇が目前に迫っていることから, 再生する植物ーバイオマスーからエネルギーと化学資源を生産すること, そしてエネルギー消費を極限まで減らして化学資源を生産することは環境破壊なしに現代社会が存続するための必須条件です. *Nature* **429**, 519 (2004)



“Protonic solid”



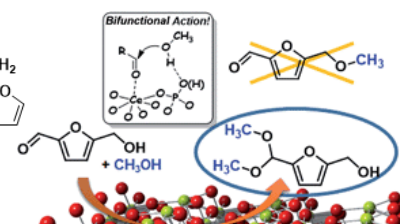
“Sugar catalyst”
Nature **438**, 178 (2005)



このような背景の中, 私たちは新しいコンセプト, 科学, 技術を昇華させ, これらの問題を解決する革新触媒を生み出すことに成功しました. ナノグラフェンから生み出される「**Protonic Solid**», 「**Sugar Catalyst**», 水中でもルイス酸として働く無機酸化物触媒「**P-ETO**». これらのソリッドアシッドはこれまで不可能だった化学資源生産や植物の化学資源化を実現する触媒として既に実用化されています. 植物の化学資源化の一つとして, 植物の大部分を占めるセルロースから高付加価値化合物の原料となるヒドロキシメチルフural (HMF) の合成手法の開発に取り組んでいます. 窒素官能基を導入するRu-Nb₂O₅, 選択的アセタール化を可能とするCePO₄. これらの触媒により, HMFを機能性ポリマーや界面活性剤の原料へと選択的に変換することにも成功しています.



“Ru-Nb₂O₅”
JACS **139**, 11493 (2017)



“CePO₄”
Chem. Sci. **8**, 3146 (2017)

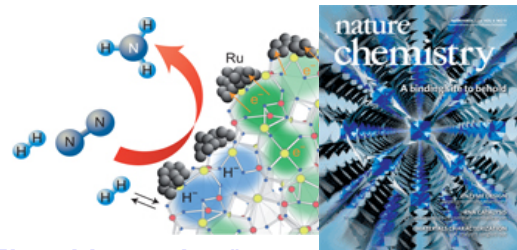
しかし, まだまだ不可能なことはあまりにも多い. 私たちの挑戦に終わりはありません.

アンモニアプロジェクト

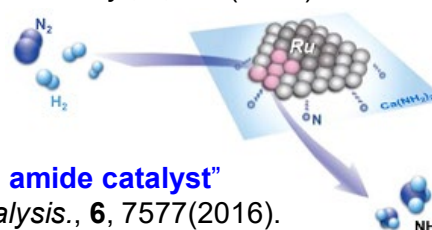
100年の沈黙を破る.

19世紀初頭, 西欧文明は崩壊の危機に瀕していましたー産業革命で急増した人口に十分な食糧を供給できないー. この危機を救ったのが, 人口アンモニア合成「ハーバー・ボッシュ法」による化学肥料の生産です. 現在では, 世界人口80%の生命をハーバー・ボッシュ法が支えています. しかし, 100年以上私達を支えてきたハーバー・ボッシュ法ですら近年激増している人口をまかなえないことがわかってきました. 19世紀初頭の西欧文明崩壊の危機が, 今度は世界文明規模で襲来します.

ハーバー・ボッシュ法で使われている触媒は鉄をベースとしており, 安定, 安価, 高性能という触媒に必要な条件を全て満たした触媒です. そのため, この触媒を超える触媒はその生誕以来100年以上現れていません.



“Electride catalyst”
Nature Chemistry, **4**, 934(2012).



“Calcium amide catalyst”
ACS Catalysis, **6**, 7577(2016).



助教
喜多 祐介
博士(工学)



特任助教
服部 真史
博士(工学)



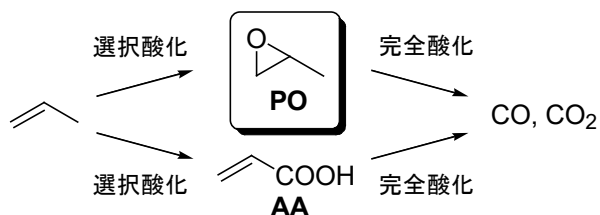
准教授(WRHI)
Debraj Chandra
博士(工学)



教授1、准教授2、助教3、秘書2、研究員4、博士3、
修士14、卒論(物質理工学院材料系)2、交換留学生1

しかし、我々は細野・北野グループと協同で、アルミナセメント由来の「エレクトライド触媒」を皮切りに、カルシウムハイドライド触媒、カルシウムアミド触媒といった、ハーバー・ボッシュ触媒よりも低いエネルギー消費で機能し、かつ高い性能を発揮するアンモニア合成触媒の開発を次々に行なってきました。

現在はこれらの触媒をベースに、さらに低いエネルギー消費で機能する触媒の開発を目指し奮闘中です。食料危機の不安が無くなるまで我々の挑戦は続きます。

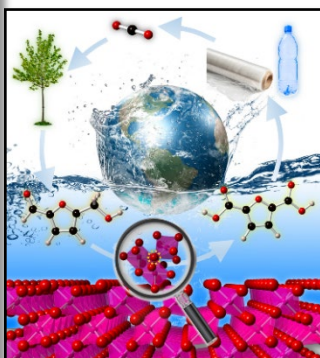


選択酸化触媒プロジェクト

欲しいモノだけ作る、触媒を制するものは化学反応を制す。

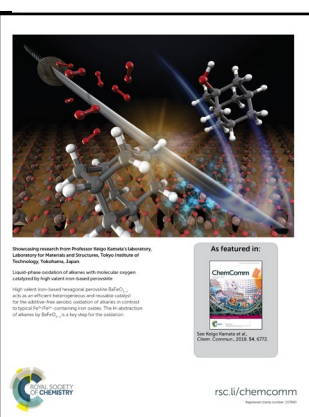
酸化反応は、化学プロセスの3割を占める最も基本的かつ重要な反応の一つですが、反応制御の観点からは今なお多くの課題を抱えています。例えばプロピレン酸化でウレタン原料として重要なPOのみ合成したい場合、他の化合物(AA, CO, CO₂など)の生成をいかに抑えるかがキーになります。そこで触媒という材料が重要な役割を果たします。

反応性の高い酸化剤(重金属塩や有機・無機過酸化物など)を用いることで酸化反応を温和な条件で進行させることができますが、反応後に大量の副生成物が生成する環境負荷が大きいプロセスです。一方、分子状酸素(O₂)は副生成物を生じない最も理想的な酸化剤ですが、O₂を温和な条件下で活性化でき広範な基質に適用できる不均一触媒反応系の報告例はほとんどありません。我々は、O₂のみを用いることができる新しい酸化触媒と反応の開発という挑戦的課題に取り組んでいます。例えば、二酸化マンガン触媒によるO₂のみを酸化剤としバイオマス由来の5-ヒドロキシメチルフルフラールからの機能性高分子原料である2,5-フランジカルボン酸(FDCA)合成系の開発に成功しました。さらに、最適な二酸化マンガンの結晶構造(β-MnO₂)を理論計算および実験により明らかにし、新合成法による高機能化によりβ-MnO₂の有用性を実証しました。また、単純酸化物だけでなく複合酸化物触媒の設計・創出を行い、六方晶ペロブスカイトナノ粒子の新しい合成法の確立とO₂のみを用いた高難度酸化反応(アルカンの不活性C-H結合活性化やスルフィドへの酸素挿入など)への応用にも成功しています。今後は、「天然ガスからの化学品合成としても注目されるメタンからメタノールへの直接酸化」や「モノマーやグリコール中間体として需要が急増しているプロピレンオキシドの直接酸化合成」といった“夢の触媒反応”を実現する革新触媒の創成を目指しています。



“Efficient FDCA synthesis”

ChemSusChem (2017); J. Am. Chem. Soc. (2019)



“Oxidation with O₂ by perovskites”

ChemCatChem (2016); Chem. Commun. (2018)
ACS. Appl. Mater. Interfaces (2018)

研究代表者プロジェクト

JST ALCA実用化, JSPS 基盤S, JSPS 基盤B

研究分担者プロジェクト

A-STEP, CREST, NEDO, JSPS 基盤A

学生の受賞

触媒学会 優秀ポスター発表賞, 日本化学会 学生講演賞, CSJ 化学フェスタ優秀ポスター賞, JACI/GSCシンポジウム GSCポスター賞, STAC10 First Prize Poster Awardなど

博士学生の外部資金獲得

日本学術振興会特別研究員, ロッテ財団など

就職先

東芝, JX日鉱日石エネルギー, トヨタ自動車, 三菱樹脂, 信越化学, 本田技研工業, 凸版印刷, 日立製作所, 日立化成, BASF, 日本触媒, 旭硝子, 日産自動車, 横浜ゴム, リクシル, 日本碍子など

