



TOHOKU
UNIVERSITY

科学技術振興機構（JST）未来社会創造事業

「顕在化する社会課題の解決」領域

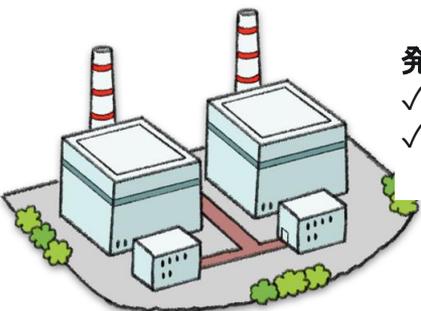
バイオマスを基にした物質・エネルギー循環技術の実現

研究代表者：藪 浩 東北大学 材料科学高等研究所

研究分担者：伊藤 晃寿 AZUL Energy株式会社

電力平準化技術への要求

電力受給の逼迫



発電事業者の課題
✓火力発電への依存
✓燃料費の高騰や供給不足

発電所

売電

電力供給

太陽光発電

送電事業者の課題
✓再生可能エネルギーによる
電力構造の変化
✓発電量の不安定化

エネファームの課題
✓ガス価格の高騰
✓ガス供給が止まると発電できない

Liイオン蓄電池の課題
✓電力容量が小さい
✓容量単価が高い

電力平準化技術への要求

リチウムイオン (LIB) 電池
(約200 Wh/Kg) を超える

高容量蓄電池
エネルギー貯蔵・発電システム



天然ガス

電力供給

電力供給

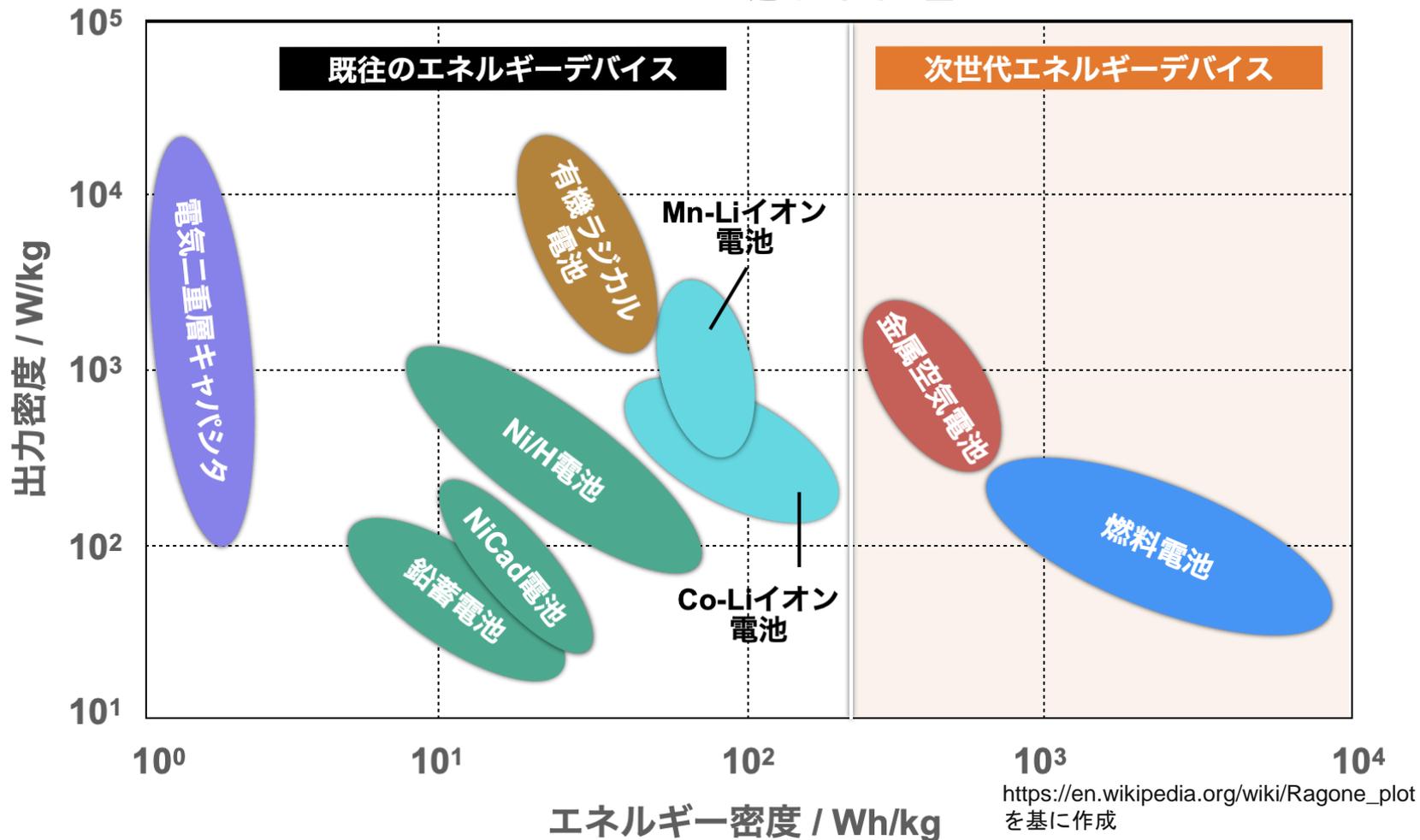
エネファーム

Liイオン蓄電池



Ragoneプロット

既往のエネルギーデバイスでは
超えられない壁



電力平準化技術実現に十分なエネルギー密度を持つエネルギーデバイスは
現状では**金属空気電池**と**燃料電池**に限られる

様々な電気化学反応における電極触媒

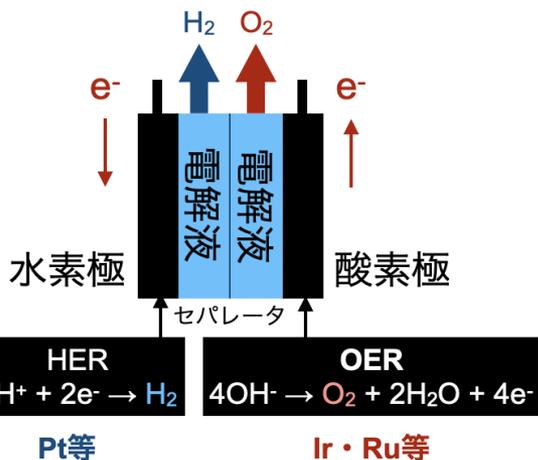
余剰電力を水素に変換して貯蔵・燃料電池で発電

(水から簡便にエネルギー源を合成・FCVへの供給も可能)

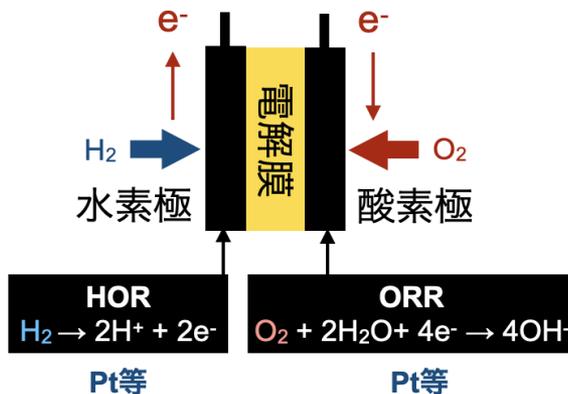
余剰電力を直接充電

(LIBの3~10倍のエネルギー密度)

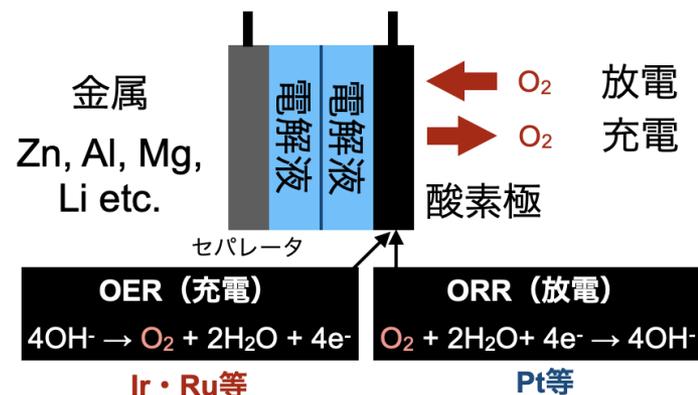
(a) 水電解



(b) 燃料電池



(c) 金属空気二次電池



- ・ 多様な電気化学反応において触媒が必要
- ・ 多くはPtやIr等のレアメタル

白金類金属 (PGM) を用いた電気化学触媒の課題

PGMの産地

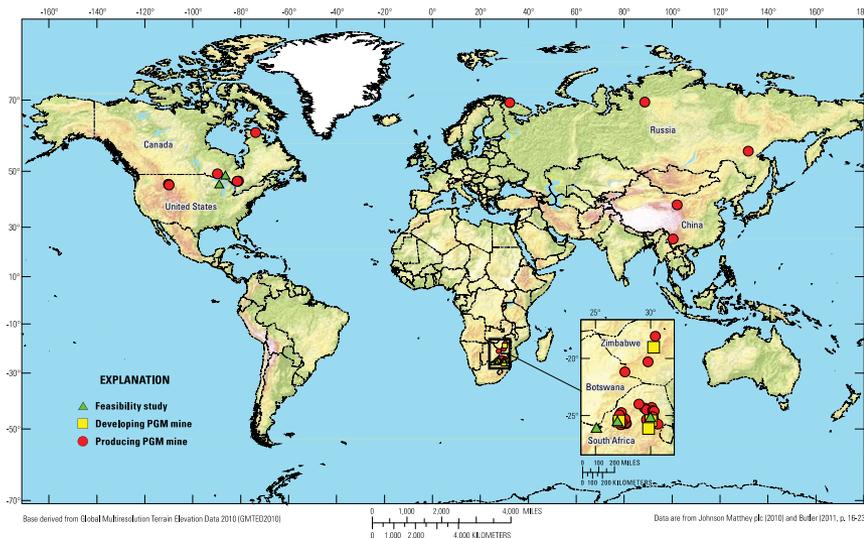


Figure 1. Locations where platinum-group metals (PGMs) were produced in 2010, where facilities were being developed, and where sites were at such an advanced stage of exploration that the deposit was likely to begin production of PGMs by 2015. Data are from Johnson Matthey plc (2010) and Butler (2011, p. 16-23).

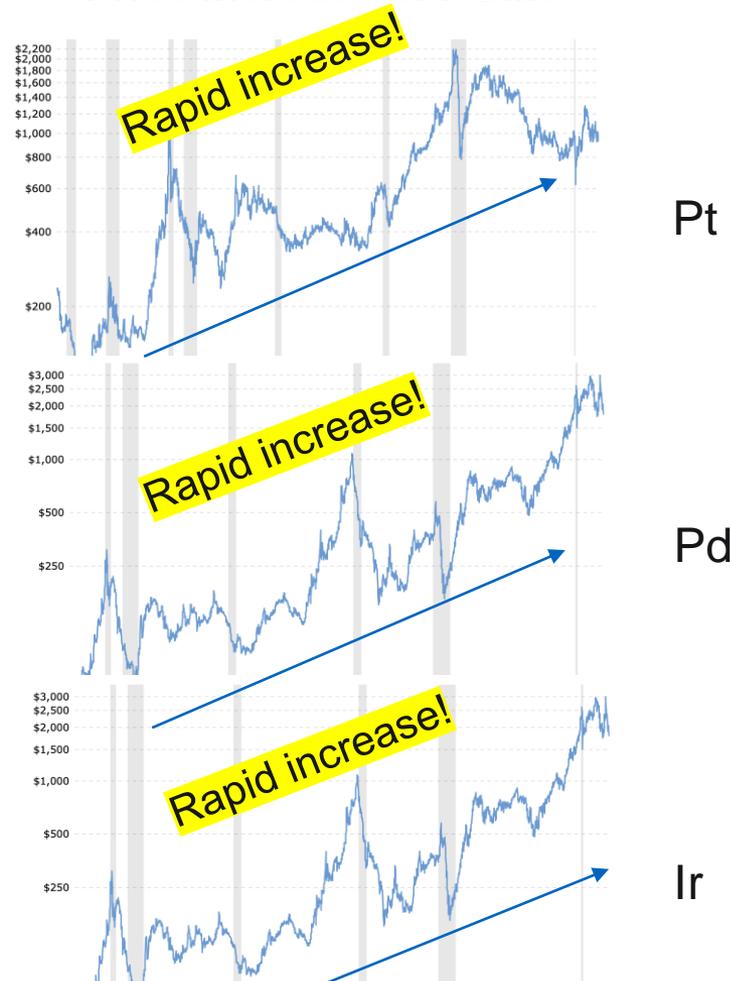
Ref. Scientific Investigations Report 2012-5164, USGS, 2015

限られた国でしか産出しない
(South Africa, Russia, China, and US)

Pt → total 16,000 t, ca. 200 t/year
 Pd → total 10,300t, ca. 200 t/year
 Ir → total ?, ca. 30 t/year

産出量が少ない

Price Increase of PGMs

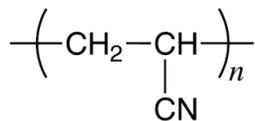


(地政学的要因等により) 価格が高騰

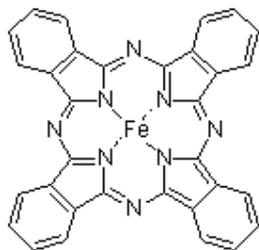
<https://www.macrotrends.net/2540/platinum-prices-historical-chart-data>

PGMと同等性能かつ大量に合成可能で安価な電気化学触媒が求められている

ヘテロ元素ドーピング炭素触媒



ポリアクリロニトリル
(PAN)



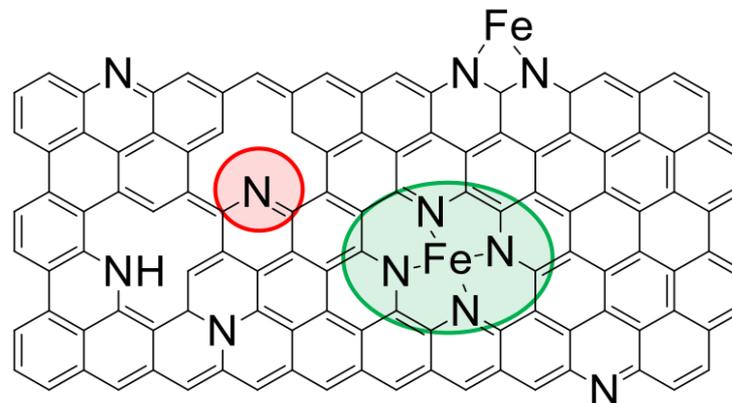
鉄フタロシアニン
(FePc)

ヘテロ元素を含む
高分子・有機化合物

原料であるアクリロニトリル・フタロニトリル
はシアン化合物

$\Delta > 800^\circ\text{C}$

触媒活性を持つヘテロ元素導入炭素



炭素網面に導入した窒素
FeN₄構造

- ・ 触媒活性が白金族レアメタルに対して不十分
- ・ 多段階の高温合成プロセス ・ 高コスト
- ・ 石油化学や鉱物原料の使用

資源としての廃棄ホヤ殻と廃棄血液

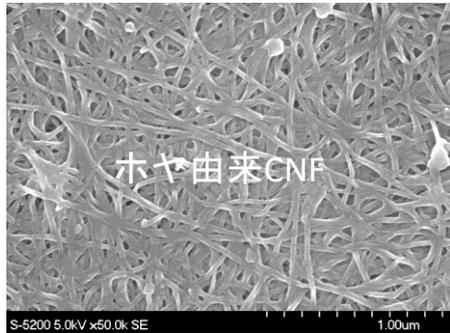
三陸特産



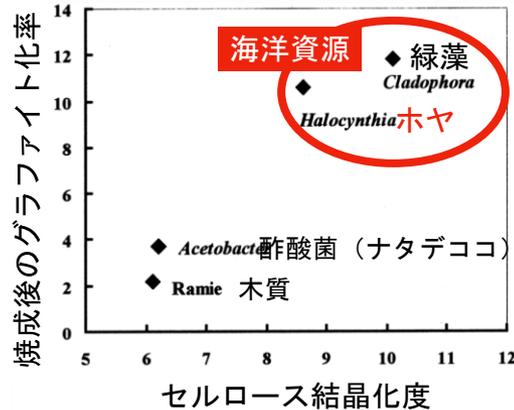
https://reachstock.jp/report_hoya.html

海洋廃棄物としてのホヤ殻

非可食部のホヤ殻は大量の産業廃棄物として焼却処理



直径<50 nm 長さ>5 μm



D.-Y. Kim et al., *Carbon*, 2001, 39,1051-1056.

- ・木質CNFの2-4倍の力学強度
- ・高いセルロース結晶化度
- ・高い焼成後グラファイト率 (高導電性)

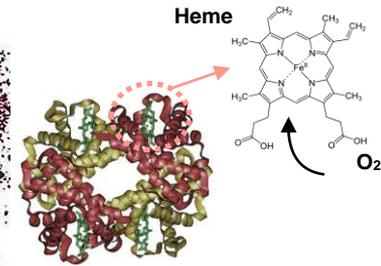
約2.5万トン



<https://shokuniku-center.com/factor>

畜産廃棄物としての廃棄血液

廃棄血液は食肉処理場排水BOD源の75%



主に肥料などとして使用

- ・FeN4構造を持つヘム鉄やN・Pなどを大量に含有

ホヤ殻由来CNFと血粉から合成した「ナノ血炭」電極触媒

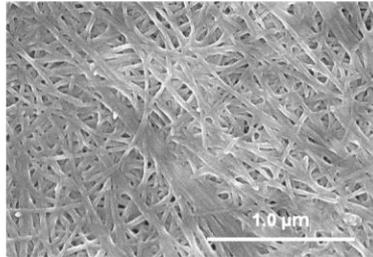
産業廃棄物として処理されるバイオマス素材

ホヤ殻由来CNF

ホヤ殻



約3千 t/年

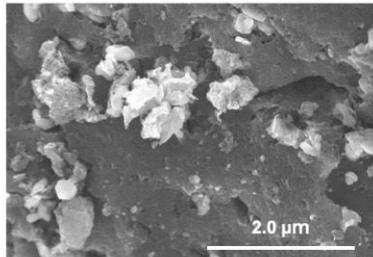


乾燥血粉

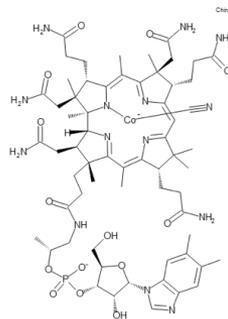
廃棄血液



約2万5千 t/年



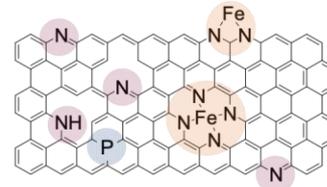
ビタミンB₁₂(シアノコバラミン)



水電解・燃料電池・
金属空気電池の電極触媒への展開



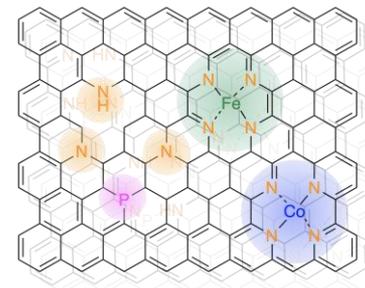
ORR/OER両性電極触媒



藪ら, *Sci. Tech. Adv. Mater.* (2022)

N, P, FeN₄などの触媒活性点
を持つ電極触媒

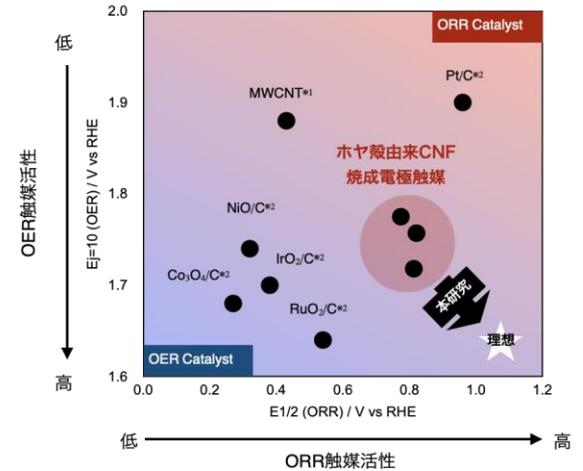
産業廃棄物から
次世代エネルギー材料を創製



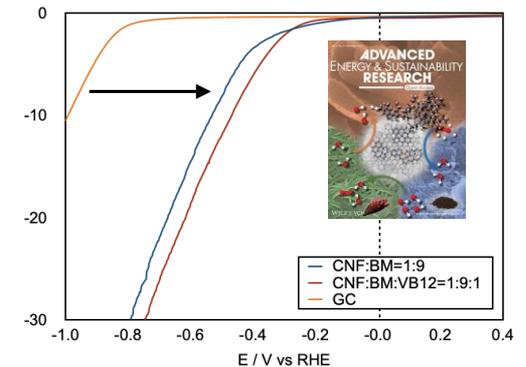
藪ら, *Adv. Eng. Sust. Res.* Submitted.

FeN₄とCoN₄のシナジー効果

既存の代表的な触媒電極と
ホヤ殻由来CNF焼成炭素の活性比較



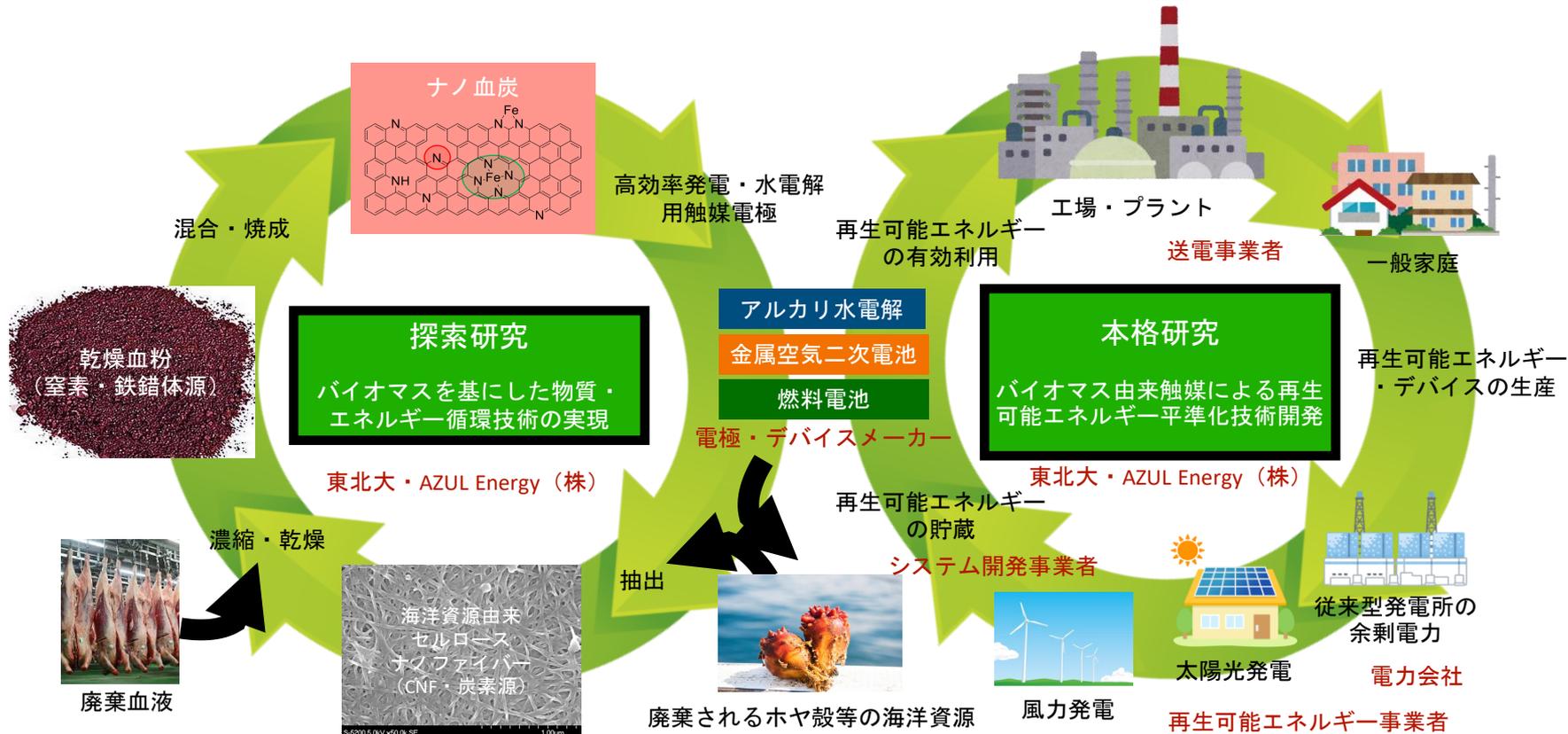
両性触媒として理想的な特性



ORR・OERに加えHER性能も

本研究のPOC

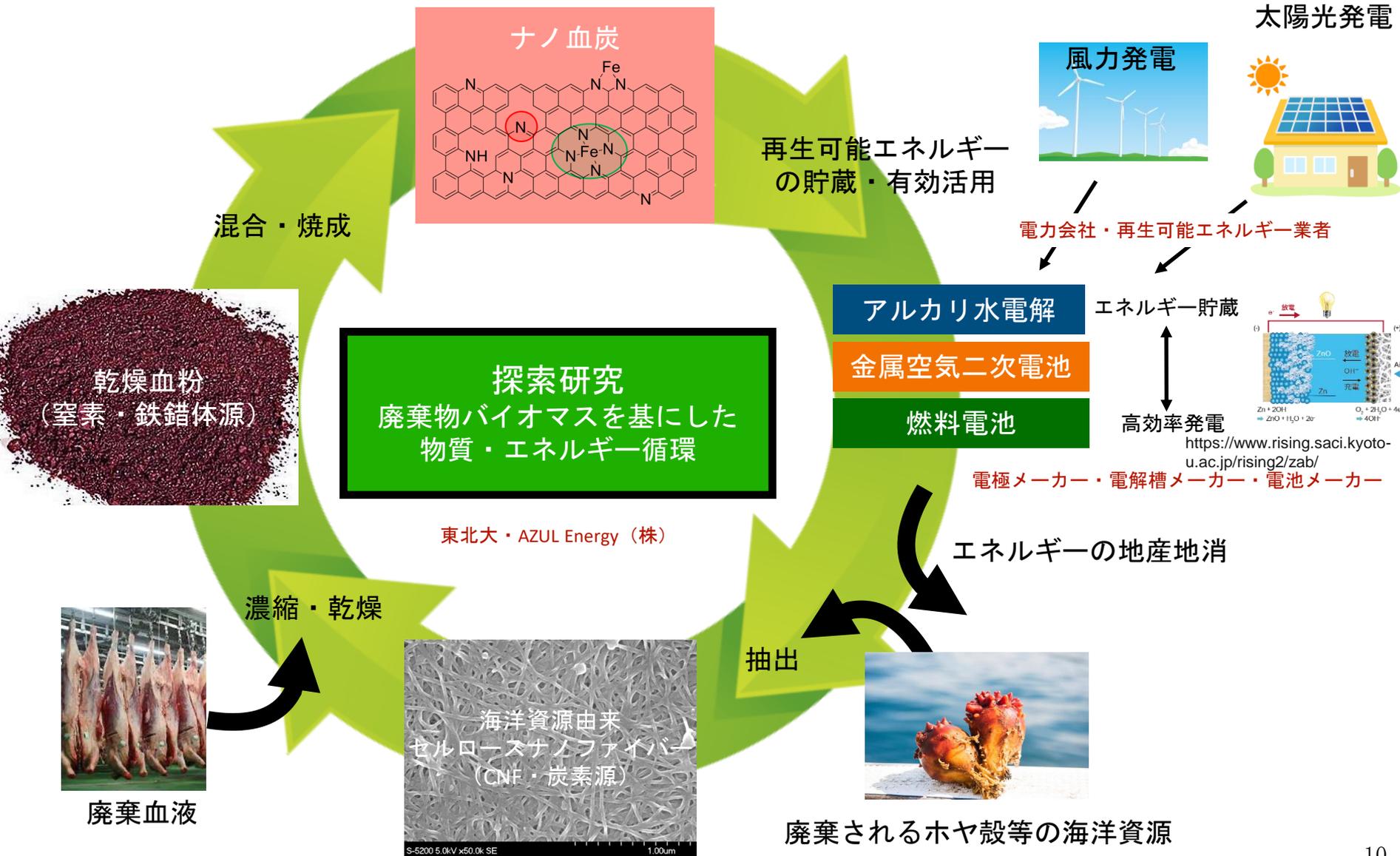
実現したい未来社会
レアメタルに依存しない物質・エネルギー循環社会



- 1) 廃棄バイオマスによる高活性電極触媒の開発
- 2) 触媒電極生産技術の確立
- 3) エネルギー貯蔵・発電デバイスでの実証
- 4) 本格研究に向けた組織形成

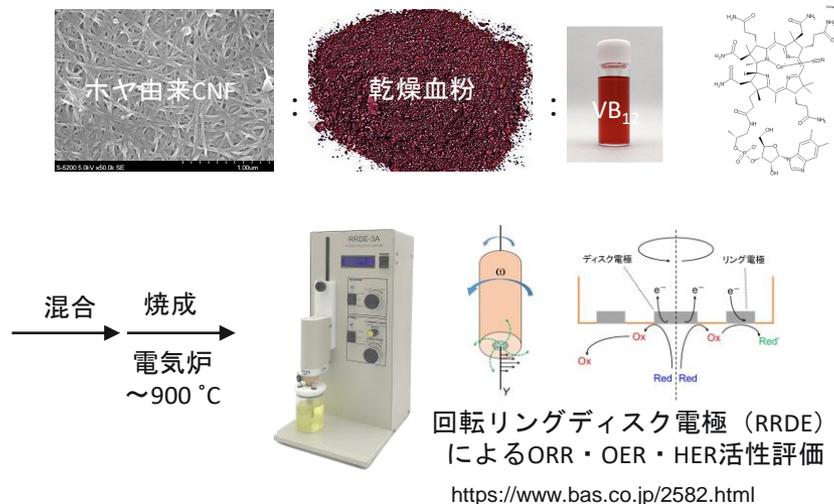
- 1) デバイスの大型化
- 2) エネルギー貯蔵・発電デバイスの制御システム開発
- 3) エネルギー貯蔵・発電の実証
- 4) システムの社会実装

探索研究
 バイオマスを基にした物質・エネルギー循環技術の実現



探索研究における研究の進め方と役割分担

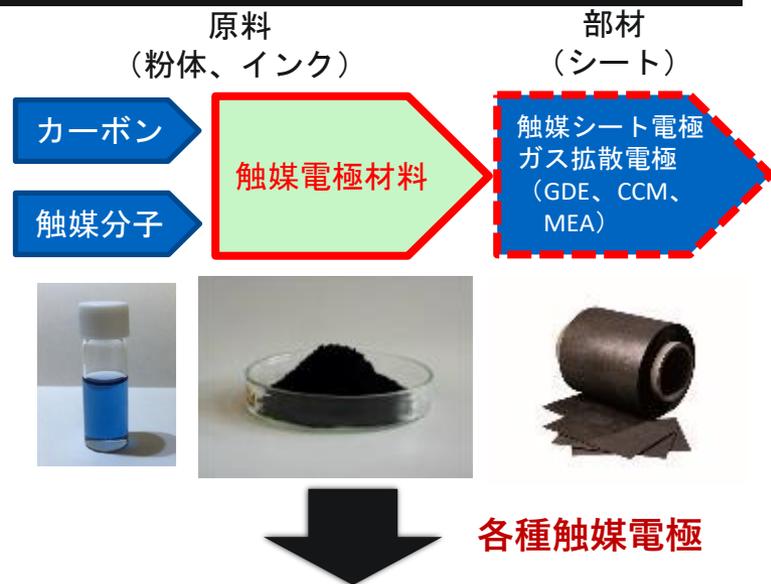
①電極触媒としての性能評価による最適組成の決定 (2022/東北大)



最適組成

焼成条件

②量産と触媒電極化 (2022/AZUL Energy(株))



④協業企業・体制の構築 (2023/AZUL Energy(株))

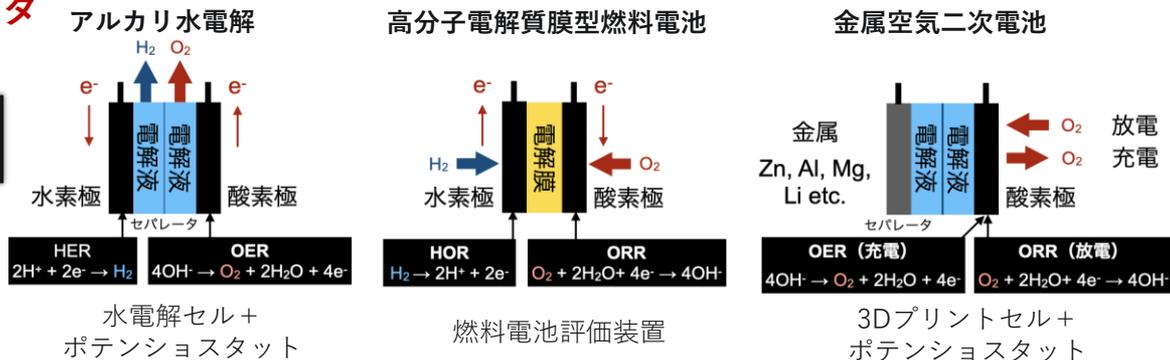
水電解・燃料電池・金属空気電池に関連するメーカー

再生可能エネルギー事業者・電力事業者等

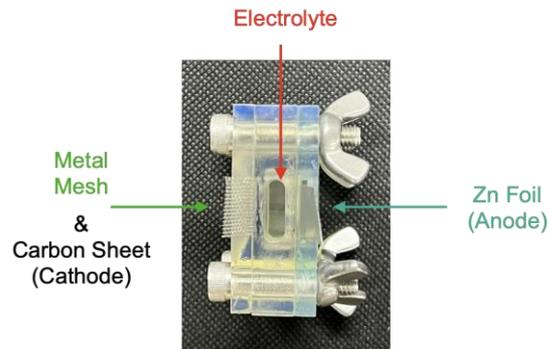
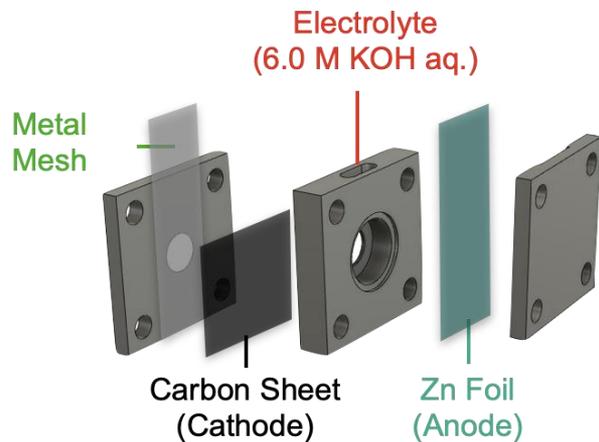
本格研究への協力体制の構築

デバイス
評価データ

③エネルギーデバイスへの実装 (2023/東北大・AZUL Energy(株))



亜鉛空気二次電池へのビタミン血炭の適用



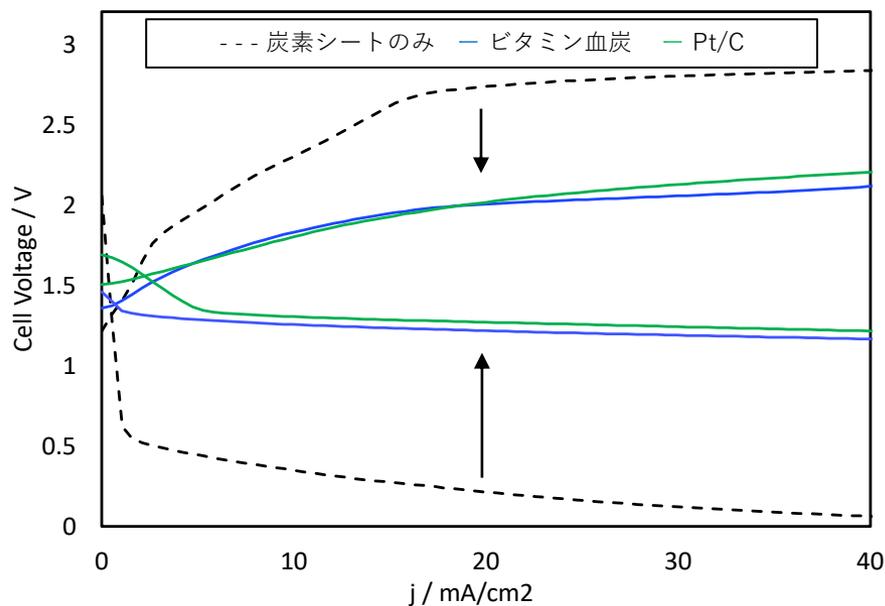
Top View



Anode Side

3Dプリンターを用いてセルを作成した

Pt/C電極とビタミン血炭電極の比較 (I-V充放電)



Pt/C電極とビタミン血炭電極の比較 (充放電)

