

燃料電池の白金代替触媒C12A7 組成物:ユビキタス元素の活用

東洋大学大学院 理工学研究科
機能システム専攻

教授 和田 昇

令和2年9月15日

燃料電池の利点

- 環境に優しい
- 発電効率が低い
- 燃料を補給する限り常に使える

燃料電池のデメリット

- コストが高い
- 寿命が限られている

燃料電池の応用

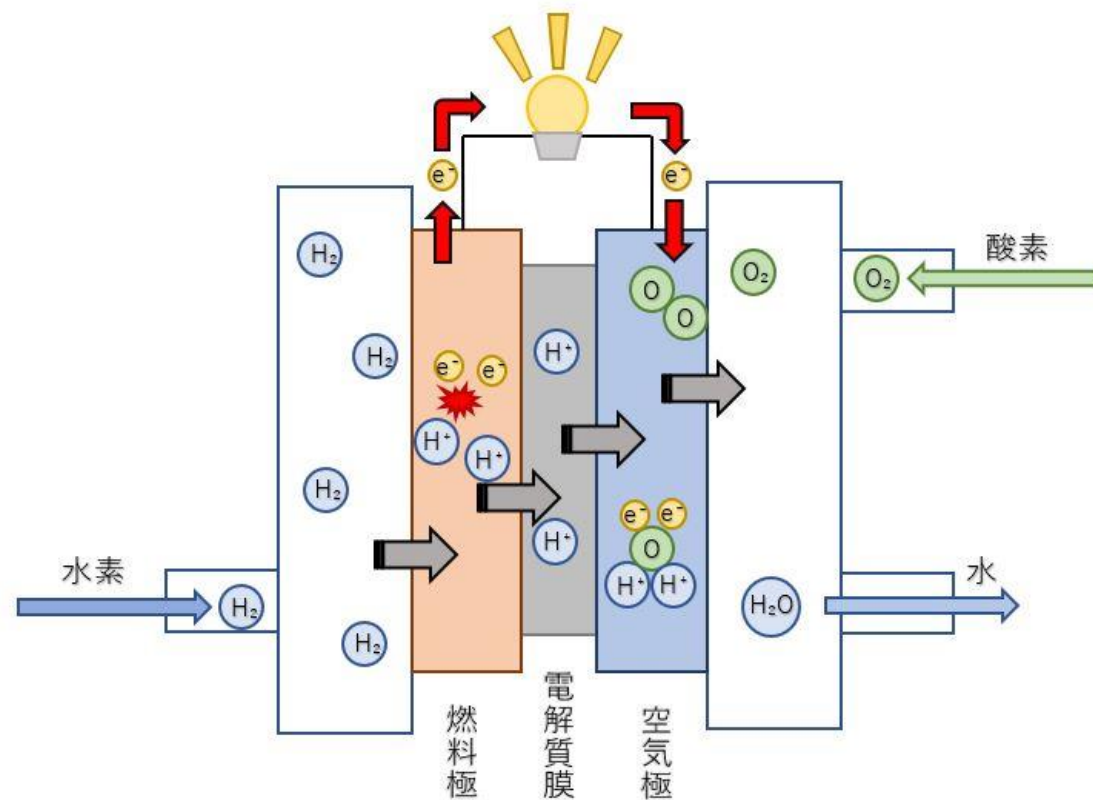
- 燃料電池車（FCV）
- エネファーム
- 携帯用発電器

固体高分子形燃料電池 (PEFC)

燃料極



空気極



発電のメカニズム

白金代替触媒の必要性

- 白金は希少金属で埋蔵量が限られている

世界の白金生産量	200 ton/year
自動車一台あたりの白金触媒の量	20~40 gram
20 gram/car として計算すると	1000万台 (FCV)
世界の年間自動車生産台数	9600万台

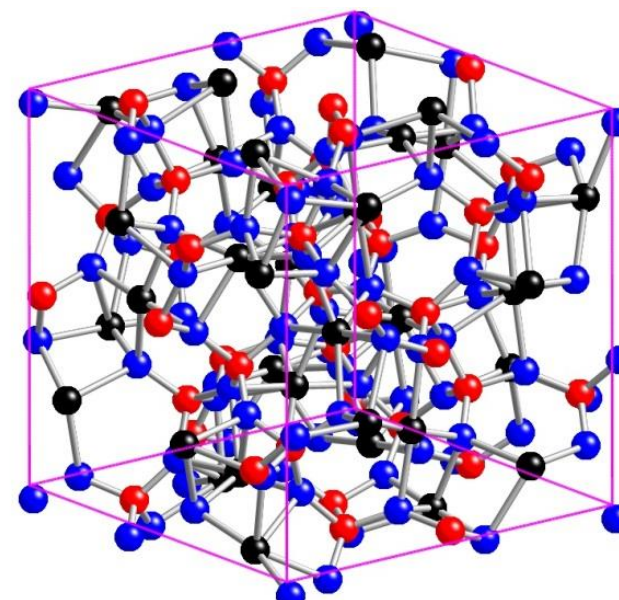
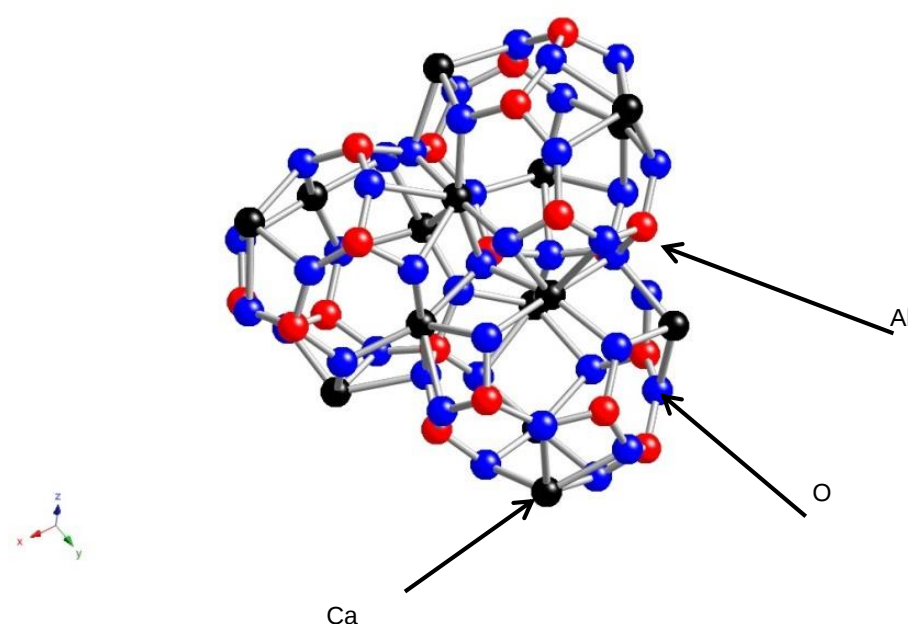
白金は1グラムあたり~¥3,500

白金代替触媒の現状

- 全世界で、Fe/Co-N-C系触媒が合成されている
- 現在、高性能触媒の多くは非常に高価で、耐久性に難あり

白金代替触媒の研究:マイエナイト

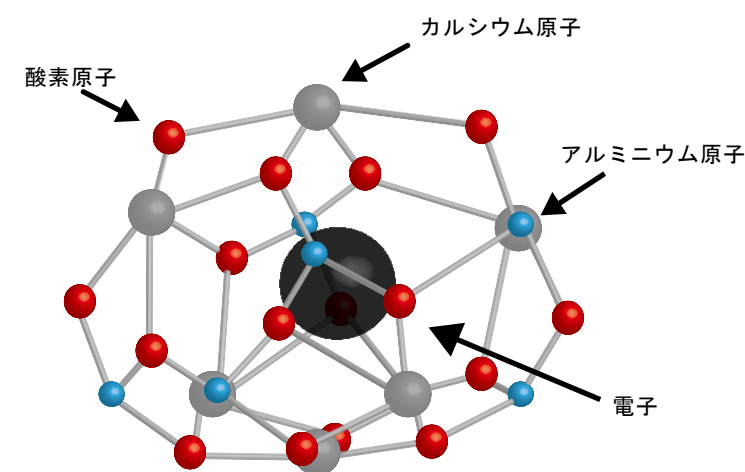
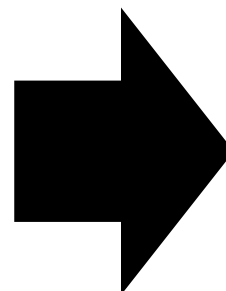
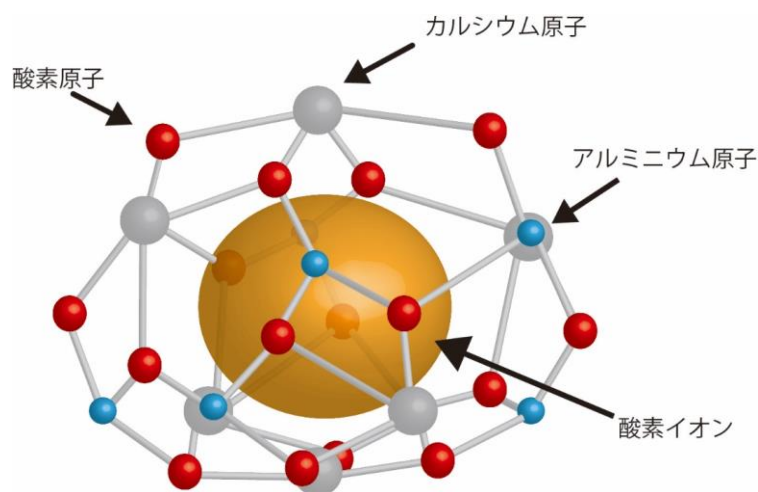
C12A7(12CaO・7Al₂O₃) 結晶は 単位胞に**ケージ(かご) 12個**を持つ



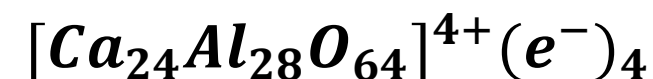
結晶基本格子構造

ケージの直径は~0.4nm、格子定数a=~1.199nm

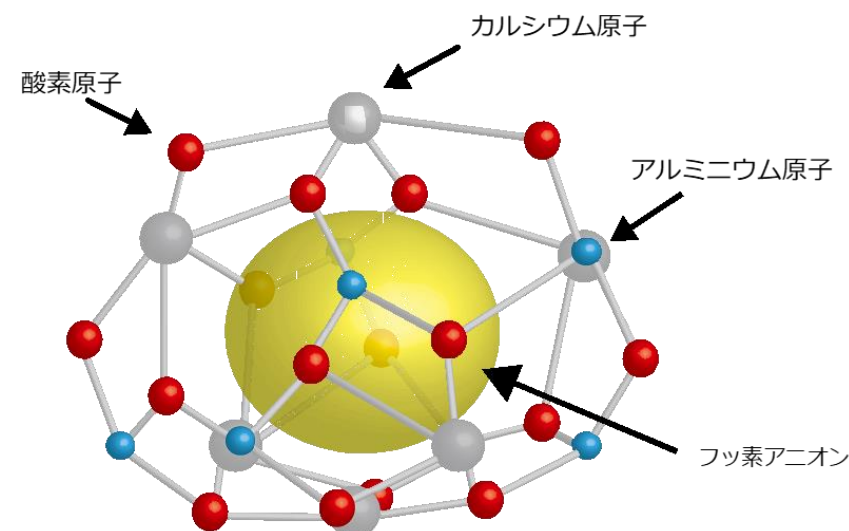
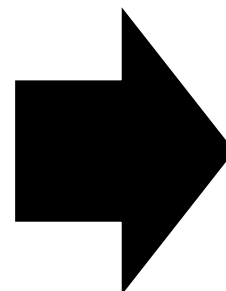
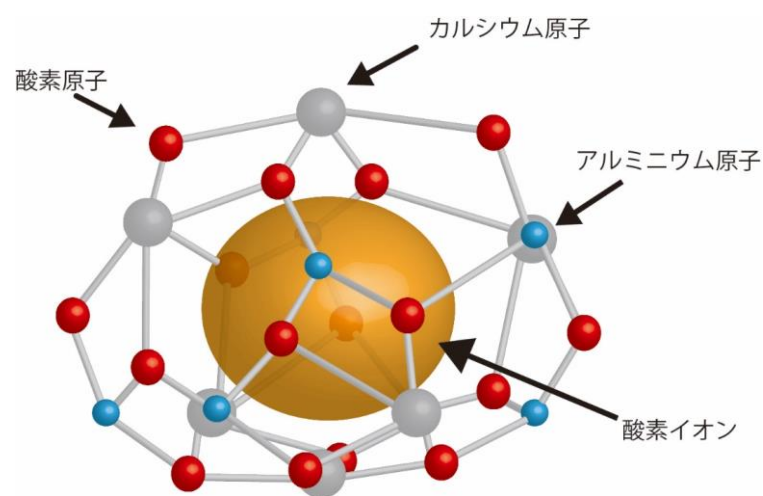
エレクトライド化（酸素イオンを電子で置き換える）



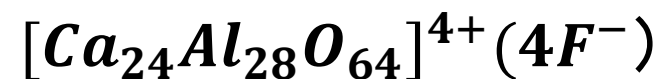
自由酸素イオンが入り込んだ
C12A7($[Ca_{24}Al_{28}O_{64}]^{4+}(O^{2-})_2$)のケージ

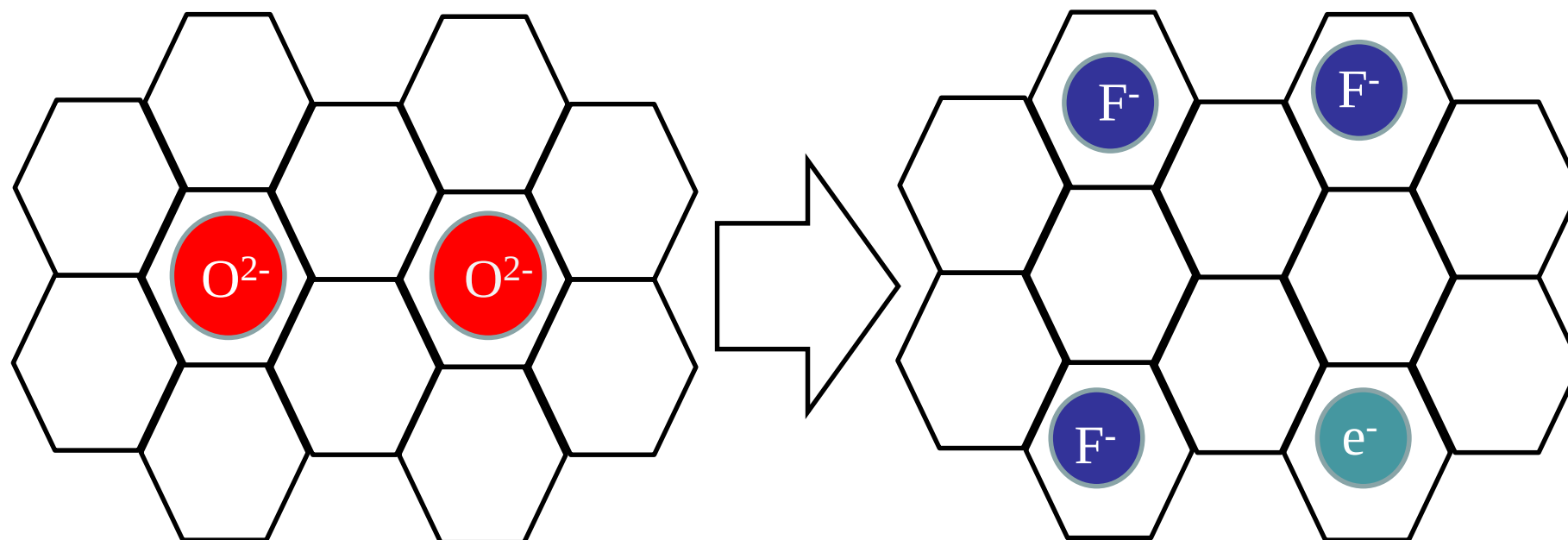


フッ素アニオン置換



自由酸素イオンが入り込んだ
C12A7($[Ca_{24}Al_{28}O_{64}]^{4+}(O^{2-})_2$)のケージ





エレクトライド化済みC12A7:F⁻ のイメージ図

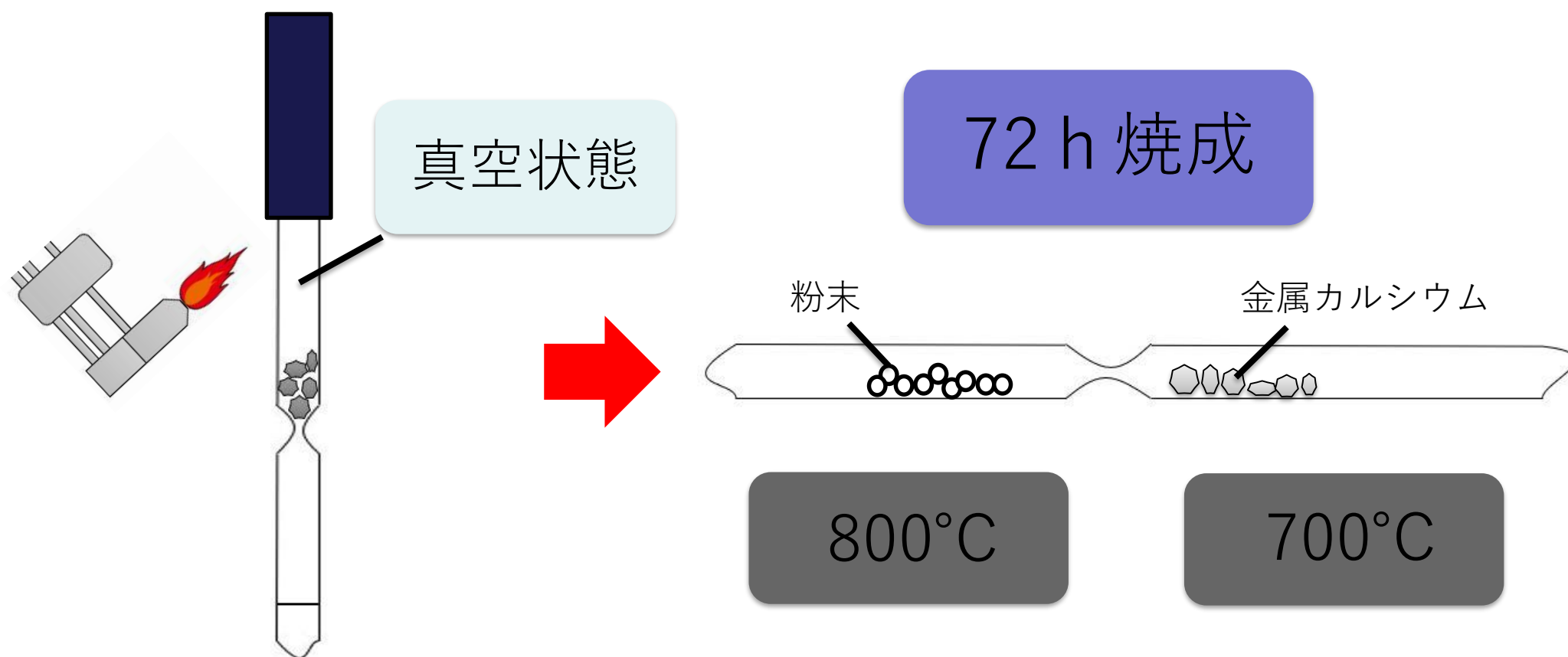
フッ素置換C12A7の生成

$\text{CaCO}_3 : \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{CaF}_2 = 11 : 7 : 1$
1200 °Cで焼成

または

$\text{C12A7} + \text{CaF}_2$
800 °Cで焼成

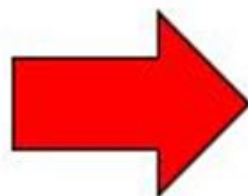
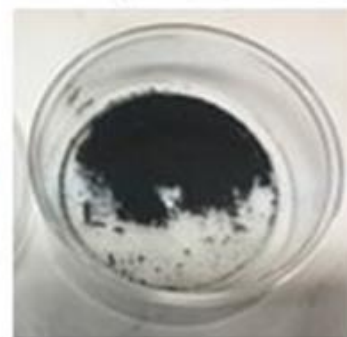
エレクトライドの生成



As-is C12A7:F⁻



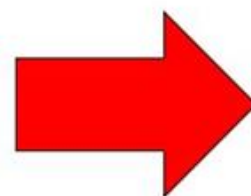
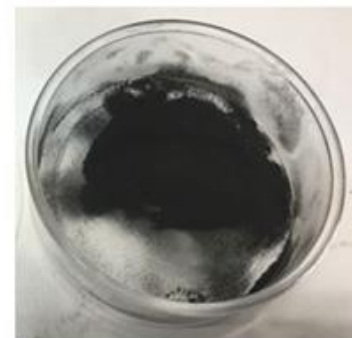
C12A7:F⁻ エレクトライド



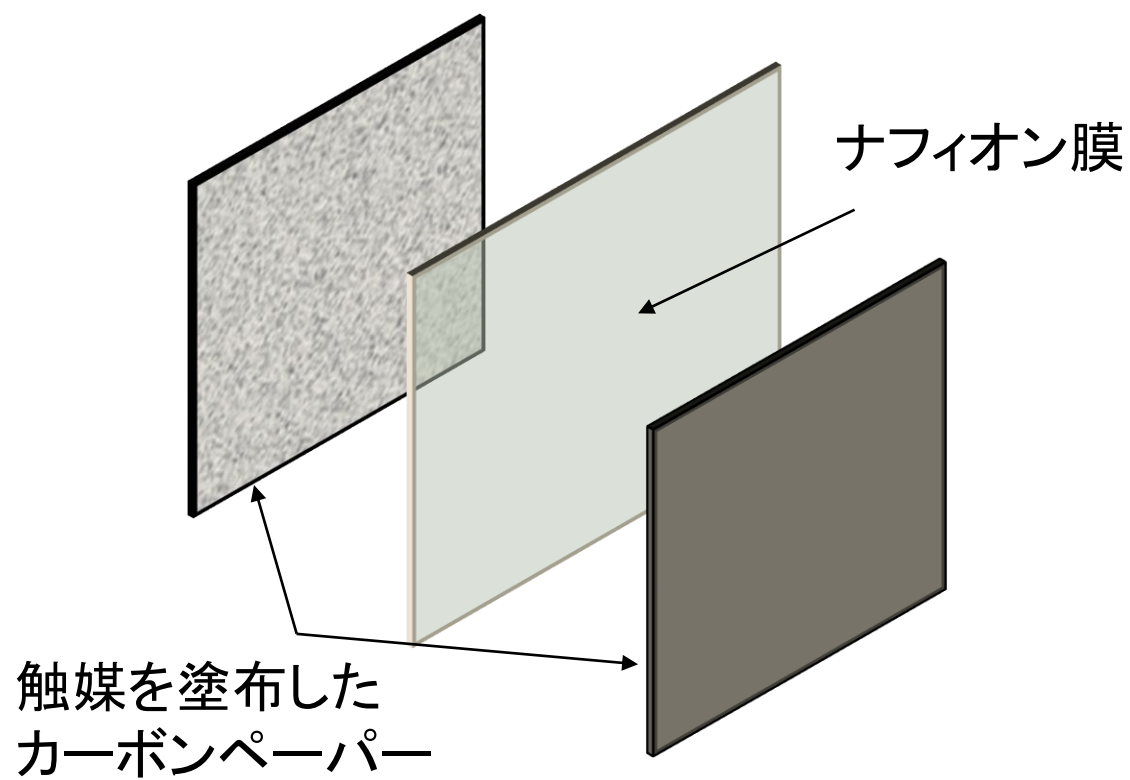
As-is C12A7



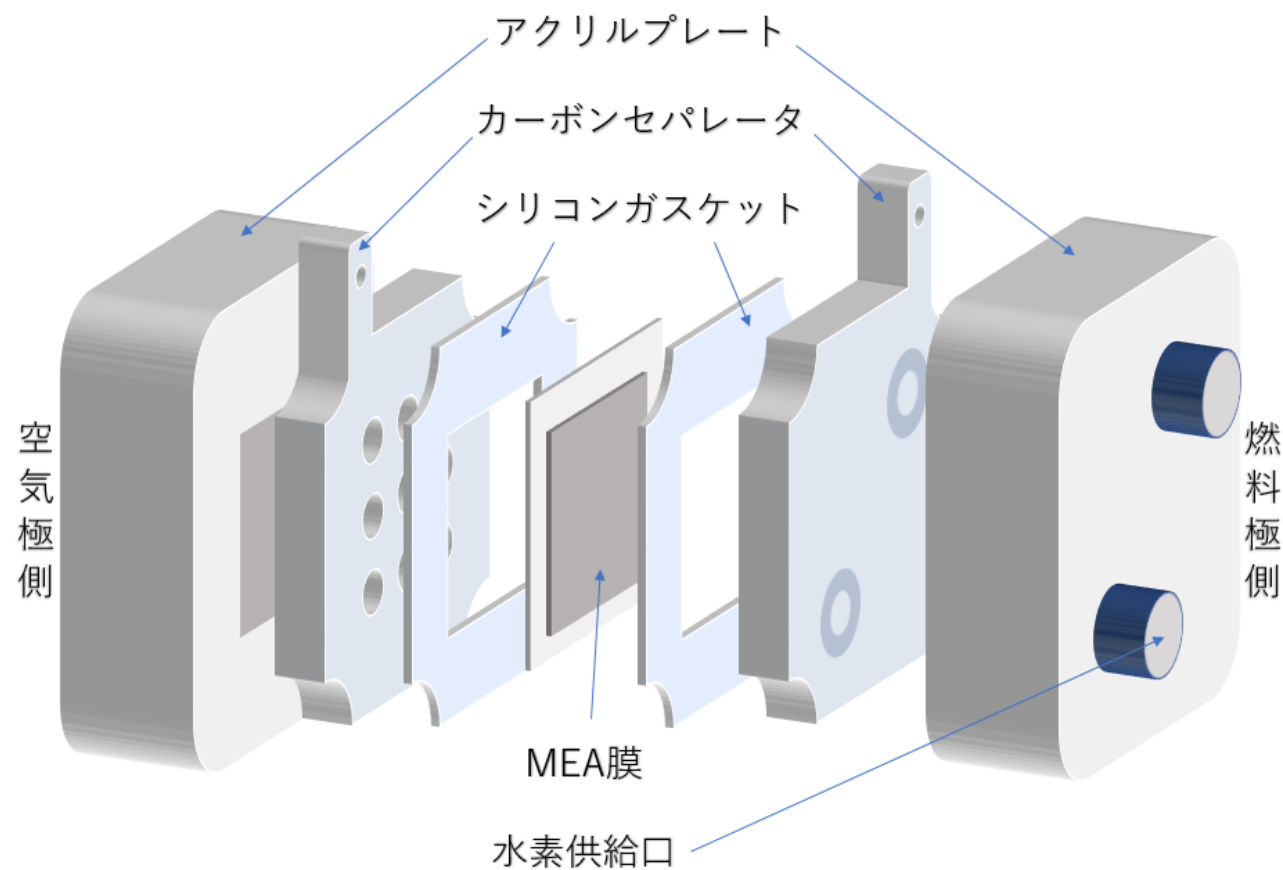
C12A7 エレクトライド



MEA膜の作成



PEFCを組み立てる





固体高分子型
燃料電池

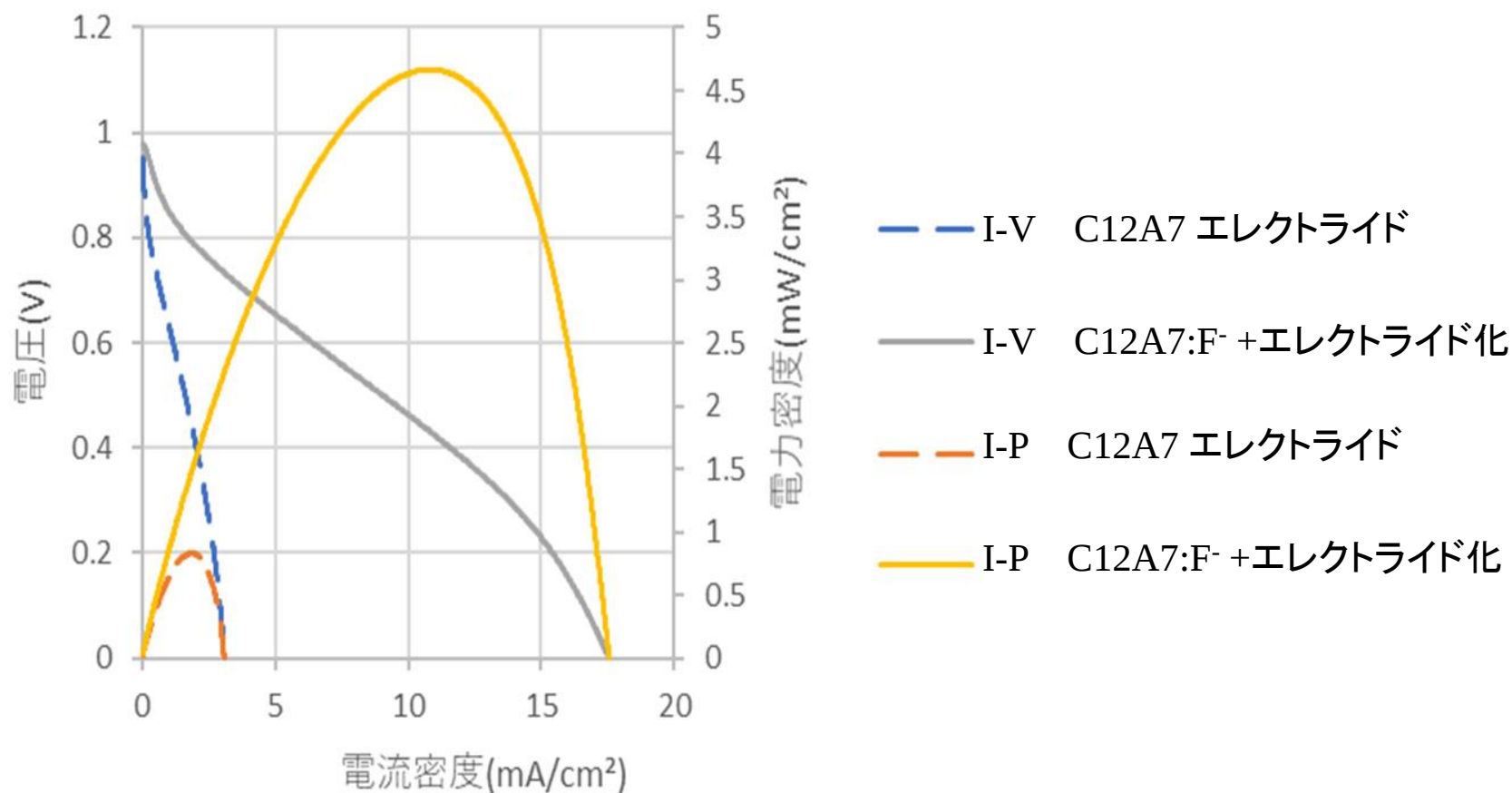


ソースメータ

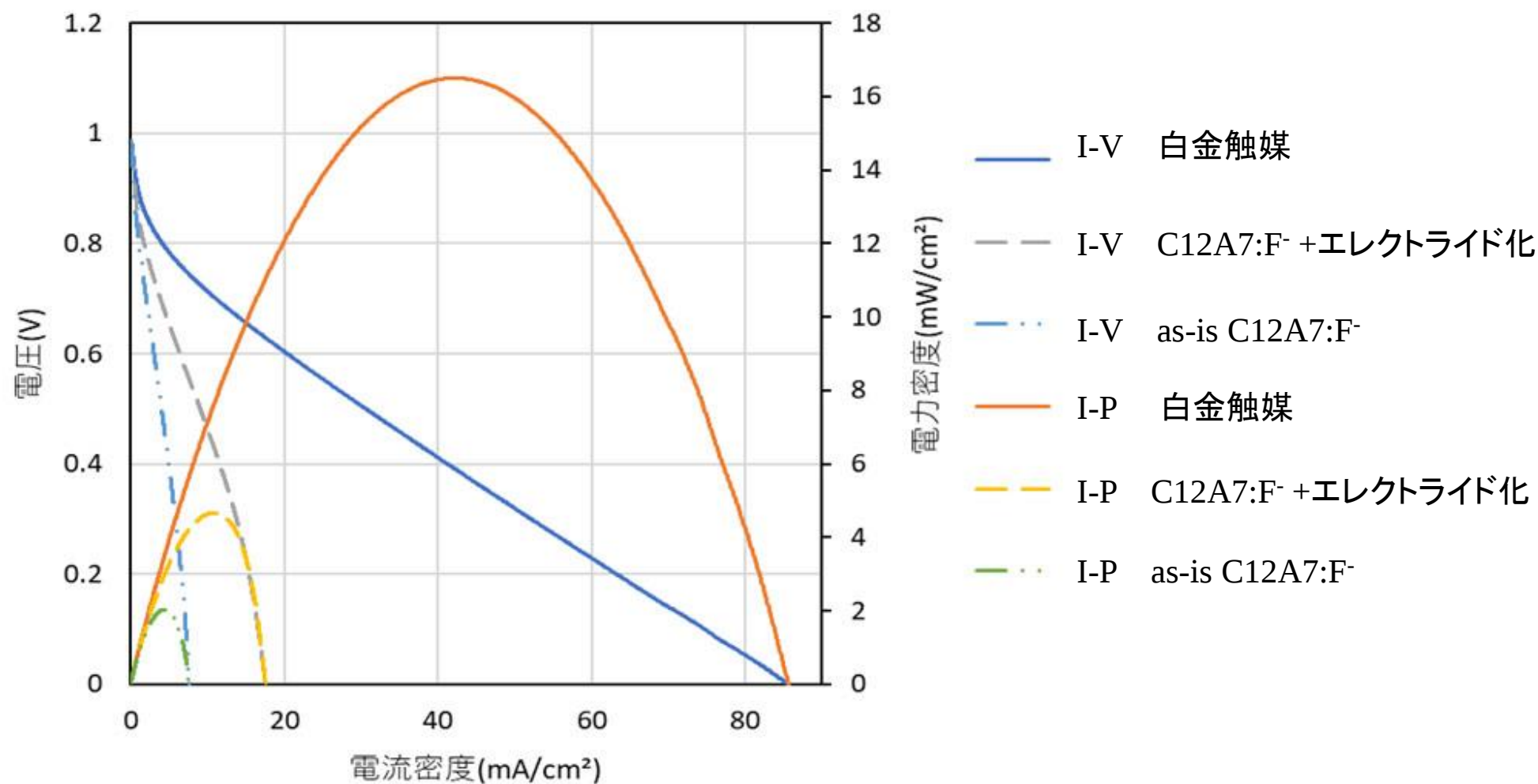


小型熱プレス機

発電特性の比較（C12A7エレクトライドとフッ素置換C12A7エレクトライド）



白金触媒との発電特性の比較



ハロゲン置換C12A7の触媒機能のまとめ

- フリー酸素イオン (O^{2-})をF⁻やCl⁻で置き換える
- 燃料極、空気極のどちらでも触媒として働く
- ハロゲン元素置換されたC12A7は触媒として機能するが、さらにCa金属を用いて エレクトライド化するとさらにその機能は向上する
- 同じ条件で作成された白金触媒のみの燃料電池と比べると発電効率は1/3以下である
- さらに作成条件の最適化が求められている

従来技術とその問題点

固体高分子形燃料電池(PEFC)で使用する触媒、白金は希少でかつ高価である。白金代替触媒で生成法が簡単で低廉な物質が望まれる。

新技術の特徴・従来技術との比較

- 材料はカルシウムとアルミニウムの酸化物（セメント鉱物）であり材料費が安価である。
- 白金代替触媒の生成に必要な装置・器具としては特殊なもの、高額なものではなく、生産コストがほとんどかからない。
- 環境に有害な物質を使用しない

想定される用途

- 従来の白金を利用した燃料電池の代わりに低廉な燃料電池として利用される.
- 携帯できる発電器として、例えばノートパソコン、スマートフォンなどの電源として利用できる
- 災害時の非常時用電源、野外活動用の電源

実用化に向けた課題

- 現在、触媒として実用化できる性能は実証済みである。しかし、発電条件の最適化は行われておらず、さらなる実験が必要である。
- 長期の使用に対してどれほどの耐久性を有するか、確かめられていない。
- 携帯可能な燃料電池とするために小型水素源（水素貯蔵金属、 NaBH_4 等の化合物の利用）なども平行して開発していく必要がある。

企業への期待

- 小型の燃料電池は様々な状況で活用できる。汎用性のある燃料電池を安価に生産するために必要な技術を持つ企業との共同研究を希望します。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 燃料電池触媒用組成物およびそれを含む燃料電池
- 出願番号 : 特願2019-130040
- 出願人 : 学校法人東洋大学
- 発明者 : 和田 昇

お問い合わせ先

東洋大学

産官学連携推進センター

（研究推進部 産官学連携推進課）

T E L 03-3945-7564

F A X 03-3945-7906

e-mail ml-chizai@toyo.jp