

アルカリ耐性に優れるアニオン 伝導電解質材料の製造技術

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構（Q S T）

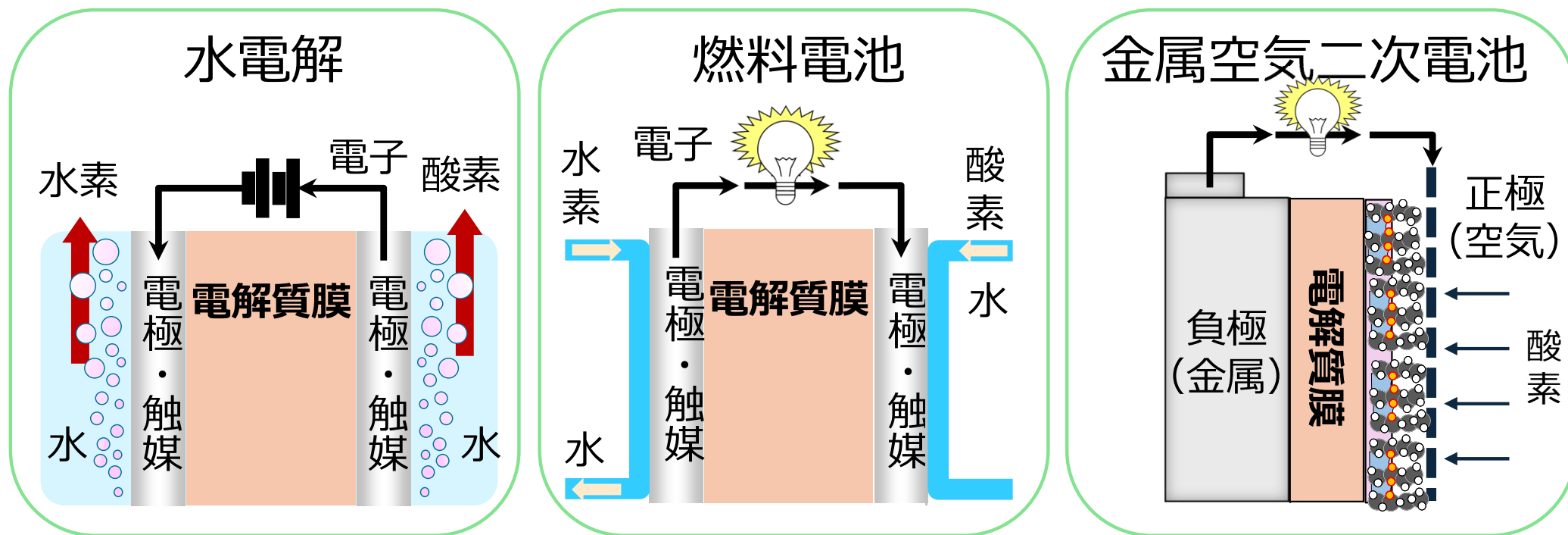
高崎量子技術基盤研究所

先端機能材料研究部

主幹研究員 吉村 公男

2025年2月6日

カーボンニュートラル社会の実現に向けて 求められる電気化学デバイス



隔膜となる電解質膜を、電極・触媒で挟む共通した構造

課題： 高性能、高耐久性で安価な電解質材料の供給

本技術の概要

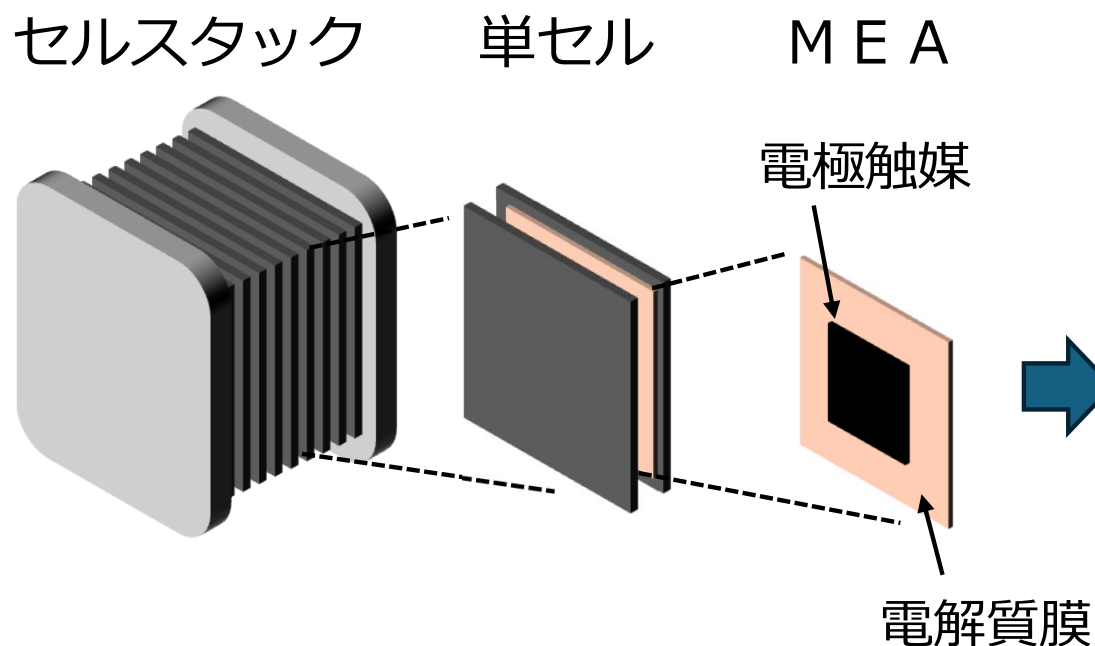
○電解質材料の用途

用途1：アルカリ水電解装置

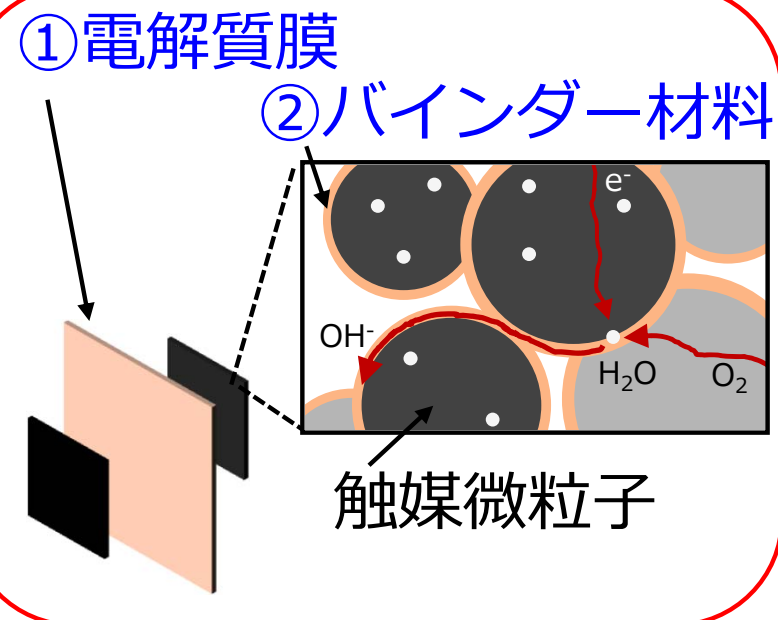
用途2：アニオン型燃料電池

アルカリ環境で動作

○装置の構成単位と電解質材料

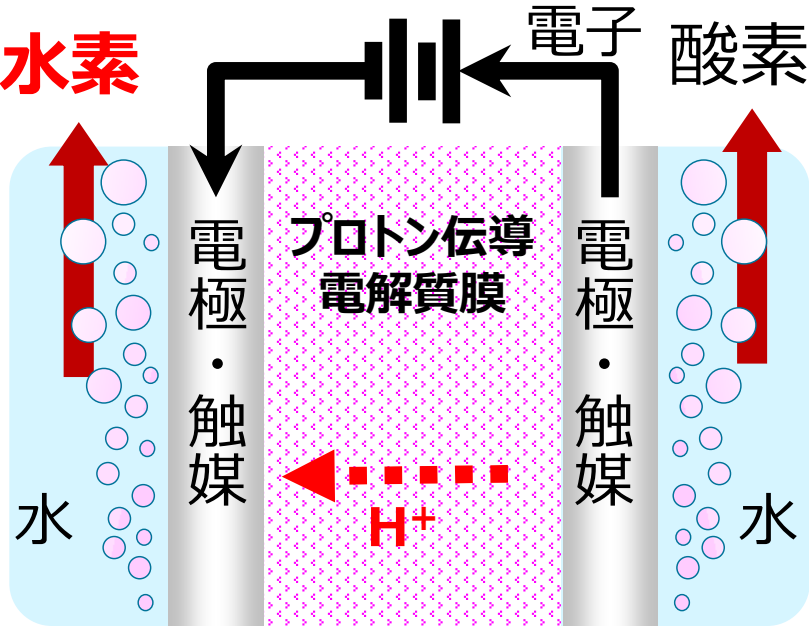
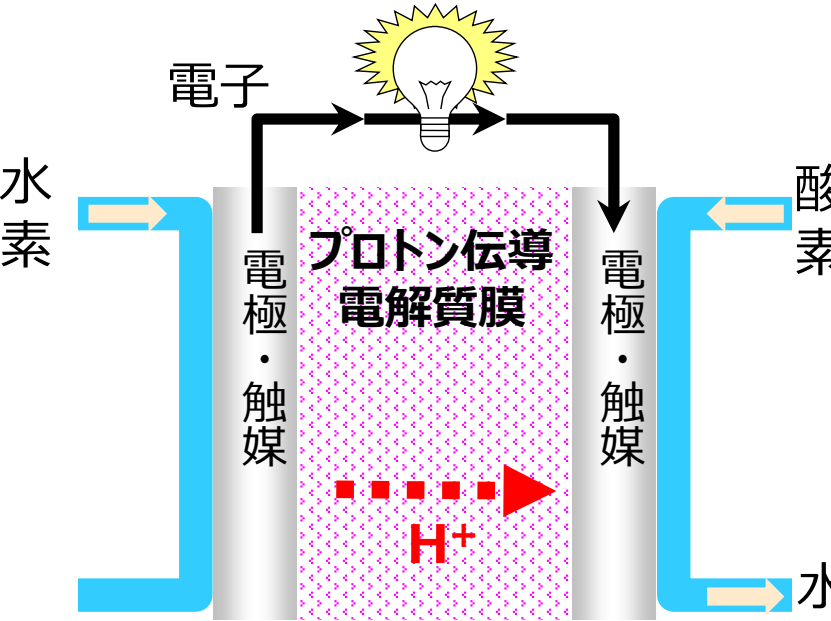


アニオン伝導電解質材料



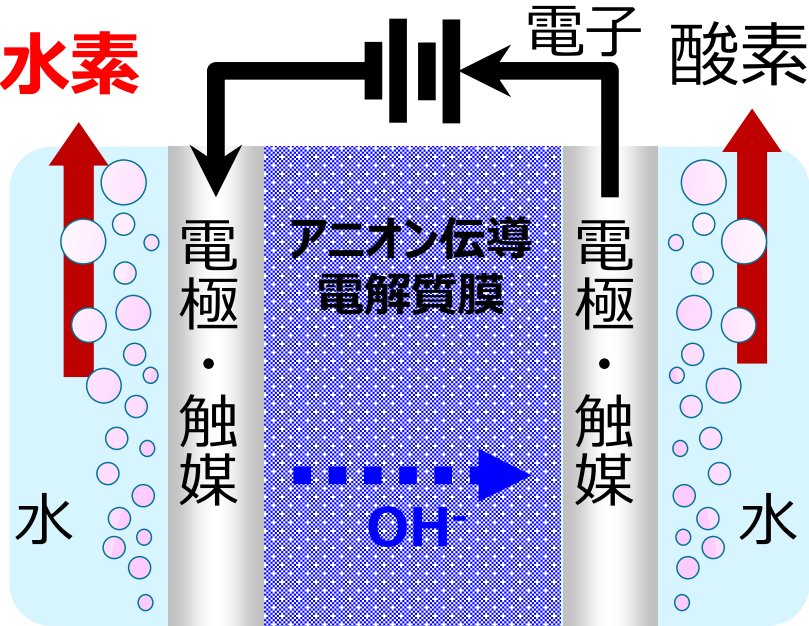
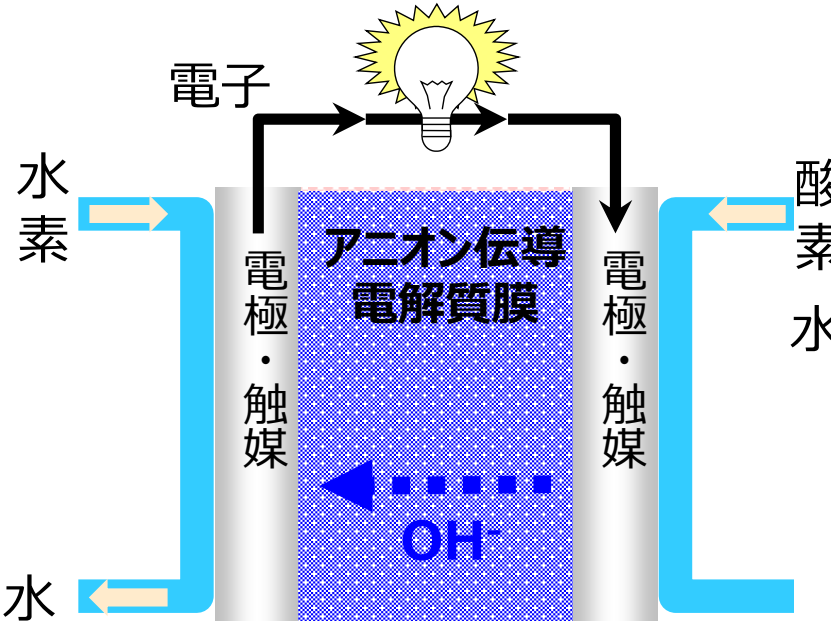
アルカリ耐性を有する①電解質膜と②バインダー材料を提供

1-1. プロトン型の水電解装置と燃料電池

水電解装置		燃料電池
	模式図	
強酸性	運用環境	強酸性
イリジウム	触媒	白金

- 耐酸性の電解質材料のNafion®が市販されている
- 省レアメタル化が進められている

1-2. アニオン型の水電解装置と燃料電池

水電解装置		燃料電池
 水素 酸素 電子 電極・触媒 アニオン伝導 電解質膜 水 水 OH^-	模式図	 電子 水素 酸素 電極・触媒 アニオン伝導 電解質膜 水 水 OH^-
強アルカリ性	運用環境	強アルカリ性
鉄、マンガン	触媒	ニッケル、コバルト

○レアメタル不使用のため低コスト化が可能

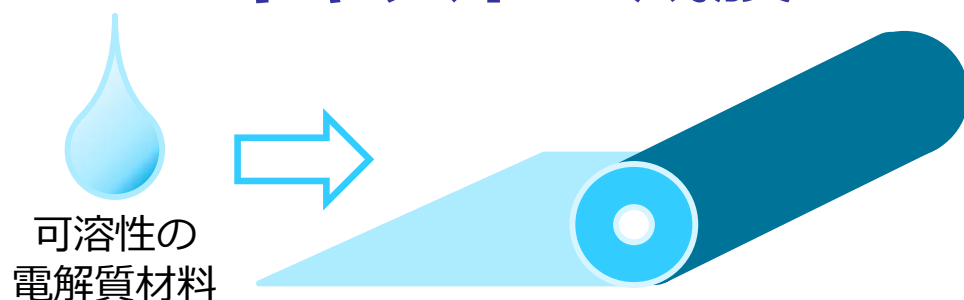
課題

耐アルカリ性に優れた電解質材料の開発

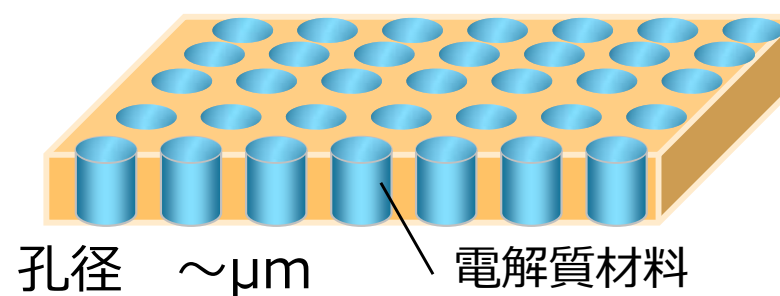
1-3. ①電解質膜の従来技術と問題点

アニオン伝導電解質膜の作製方法

キャスト・成膜



多孔膜への充填

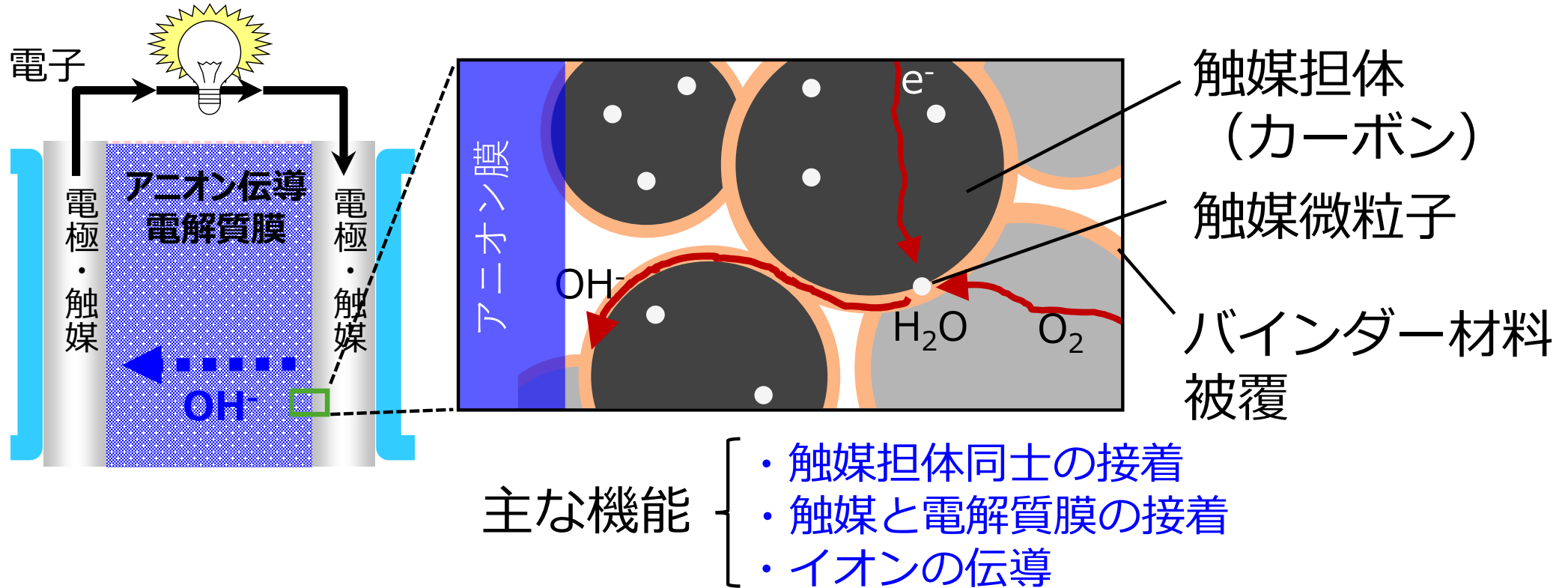


市販の電解質膜の問題点

水電解・燃料電池用途を想定していない。

- ✓ 強アルカリで高分子主鎖切断が起こり膜強度低下
- ✓ 強アルカリで官能基が分解しアニオン伝導性低下

1-4. ②バインダー材料の従来技術と問題点



市販のバインダー材料の問題点

- ✓ 強アルカリで官能基が分解しアニオン伝導性が低下
- ✓ 電解質膜や触媒との相溶性の確保が困難

2-1. 新技術の特徴・従来技術との比較

1. アルカリ分解の原因となる部位を化学的に保護した電解質材料の設計・合成 ⇨ **耐アルカリ性の付与**
2. 放射線グラフト重合による①電解質膜の作製と、膜と同一組成の②バインダー材料の製造技術
⇨ **デバイス構築の問題点を一度に解決**

①電解質膜



②バインダー材料

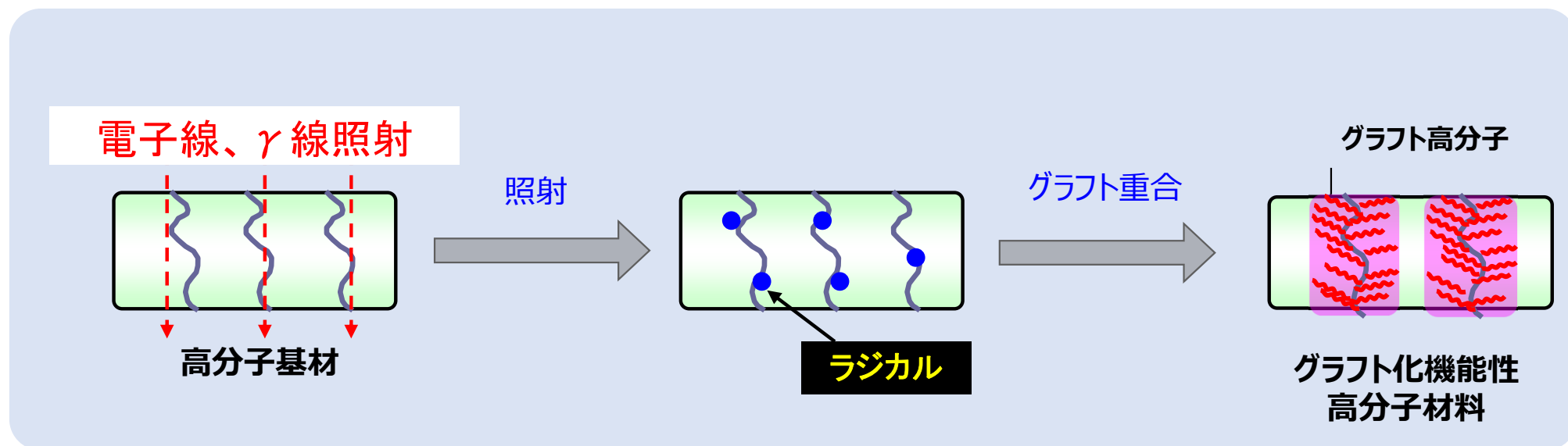
凍結粉碎



2-2. 放射線グラフト重合技術

特徴と優位性

- 膜や繊維形状を維持した状態で重合が進行
 - ・ 基材高分子の結晶性を維持： **強い膜、繊維が生成**
 - ・ 新たな機能性高分子を導入： **任意の機能を付与可能**

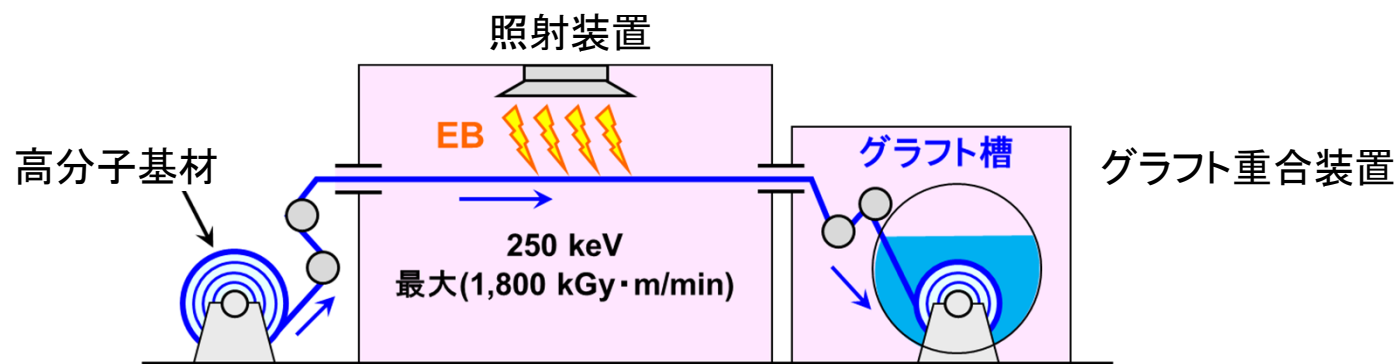


反応条件の制御で、所望の物性を持つ機能性高分子を作製可能

2-2. 放射線グラフト重合技術

プロセス上の優位性

1. 高価な薬品の使用なしに、安価かつ迅速に高機能性高分子材料を作製可能
2. 低温、少ない薬品使用量で、高機能性樹脂を合成できることから、エネルギー・環境負荷の低い、省エネルギー・省資源合成プロセスを実現
3. 開発スピードが非常に速い

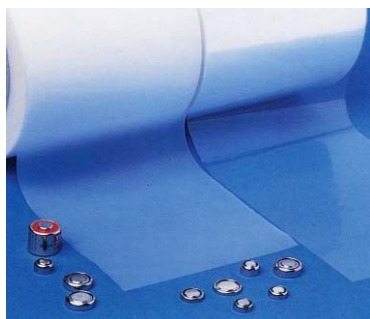


2-2. 放射線グラフト重合技術

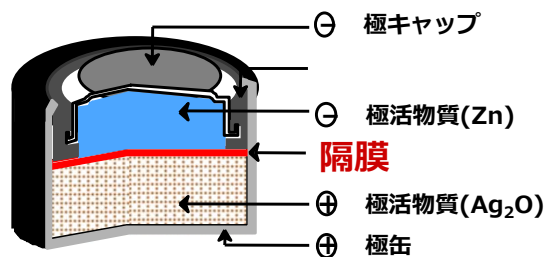
実用化例

ボタン型アルカリ電池用隔膜

ポリエチレンフィルムに電子線でポリアクリル酸をグラフト。水酸化物イオン遮断でセルライフ5倍



ボタン電池用隔膜



ボタン電池の構造

飲料水用フィルター



微量金属イオン吸着フィルター



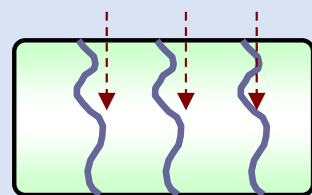
2-3. 新技術の特徴：①電解質膜 (分子設計によるアルカリ耐性の向上)

合成プロセス

電子・γ線照射

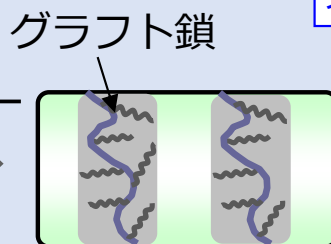
グラフト重合

アニオン化

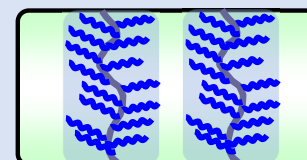


15 kGy
室温

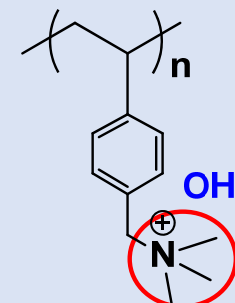
モノマー
60℃



グラフト鎖
グラフト膜



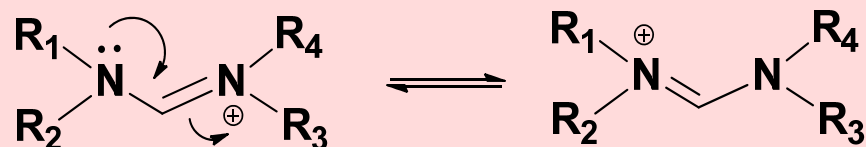
アニオン膜



(市販膜構造)

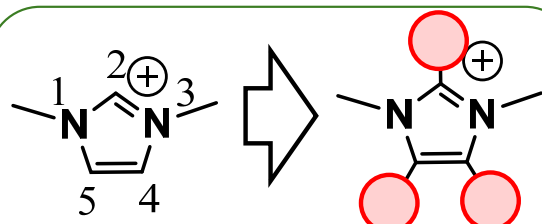
低アルカリ耐性

対策



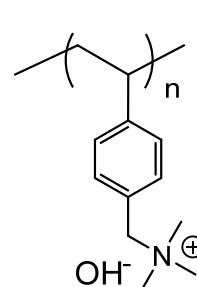
正電荷の分散 = 弱塩基性

本技術

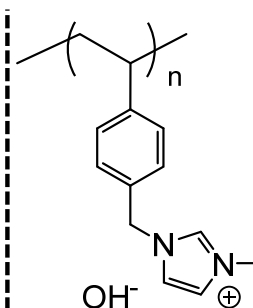


2,4,5位の保護

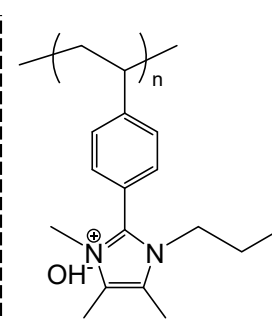
グラフト鎖構造



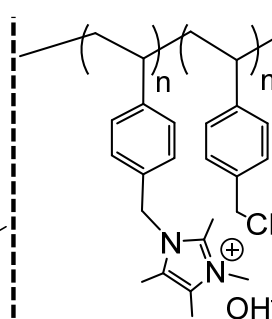
①



②

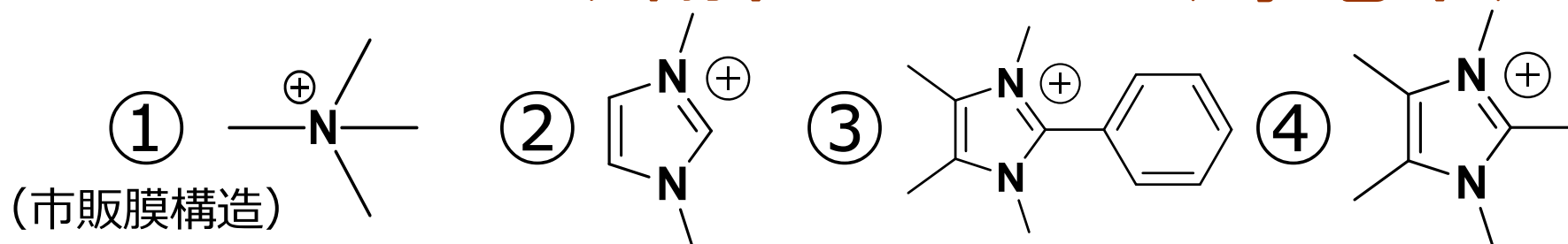


③

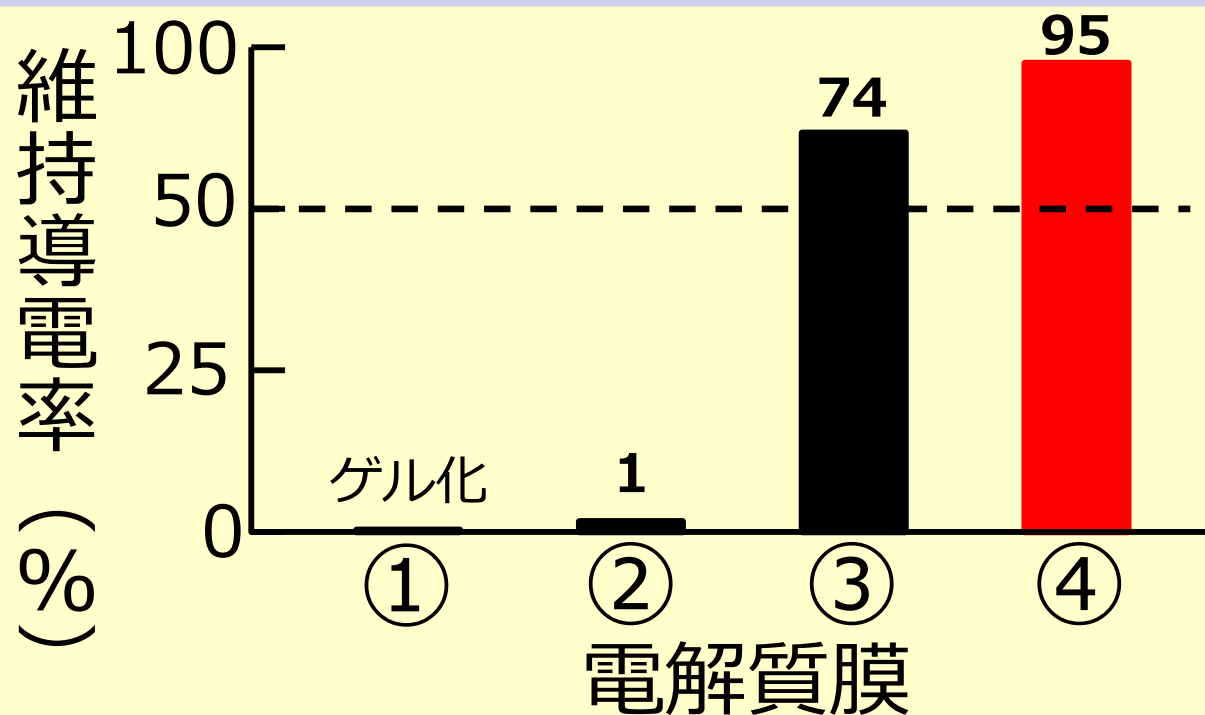


④

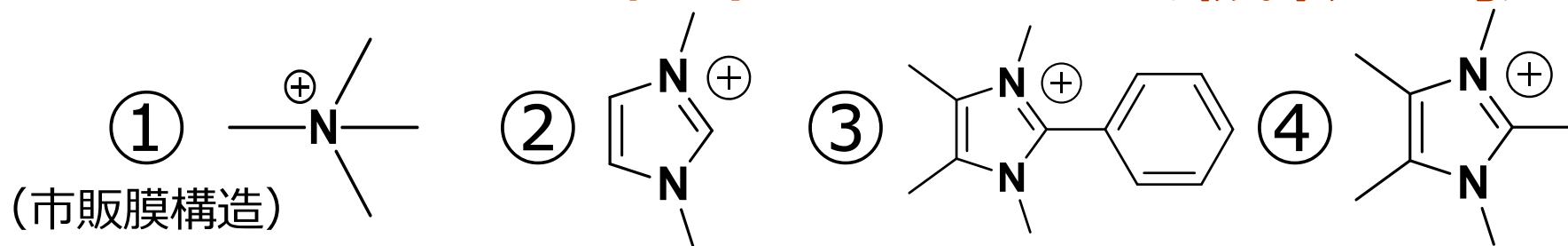
2-3. 新技術の特徴：分子設計による アルカリ耐性の向上（導電率）



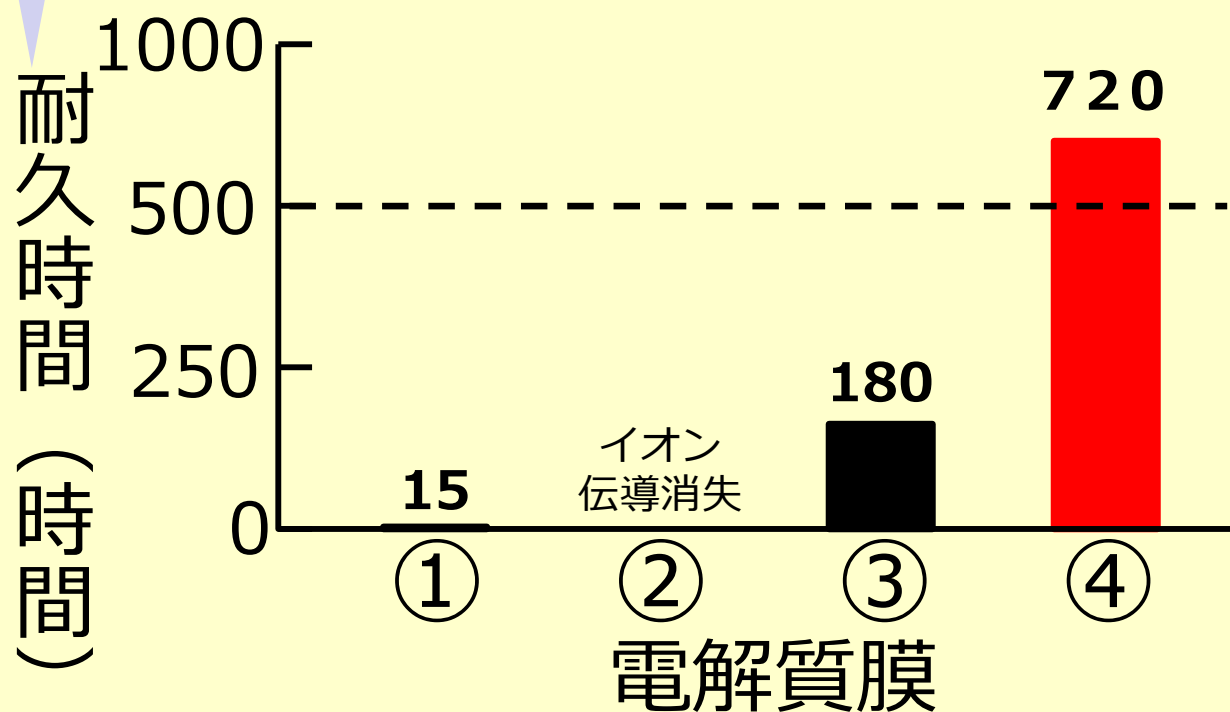
濃度 1 M の水酸化カリウム水溶液に、80℃で200時間浸漬した後の導電率の維持率



2-3. 新技術の特徴：分子設計による アルカリ耐性の向上（機械的強度）

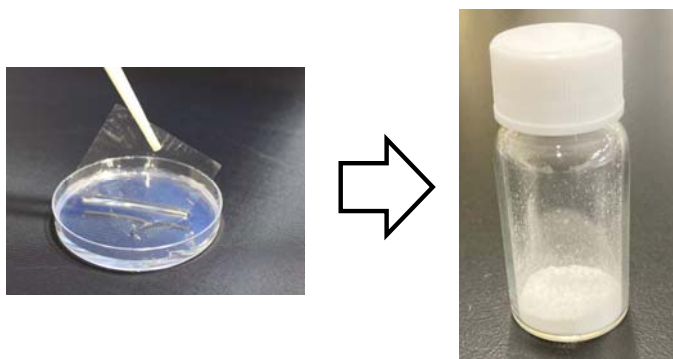


膜がゲル化し、破断するまでの時間



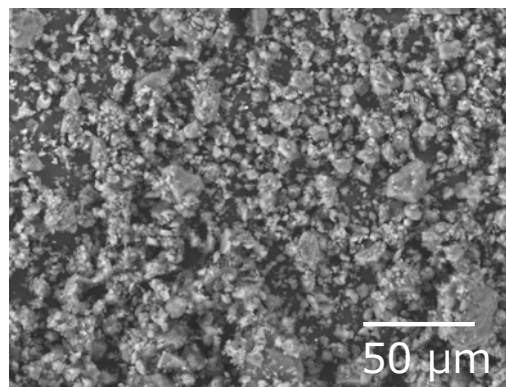
2-4. 新技術の特徴：②バインダー材料

電解質膜を
凍結粉碎して作製



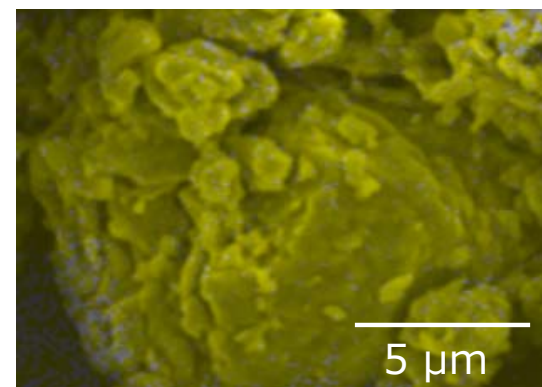
グラムスケールで
供給可能

電子顕微鏡像
(SEM)



1~20 μmの
不溶性粉末

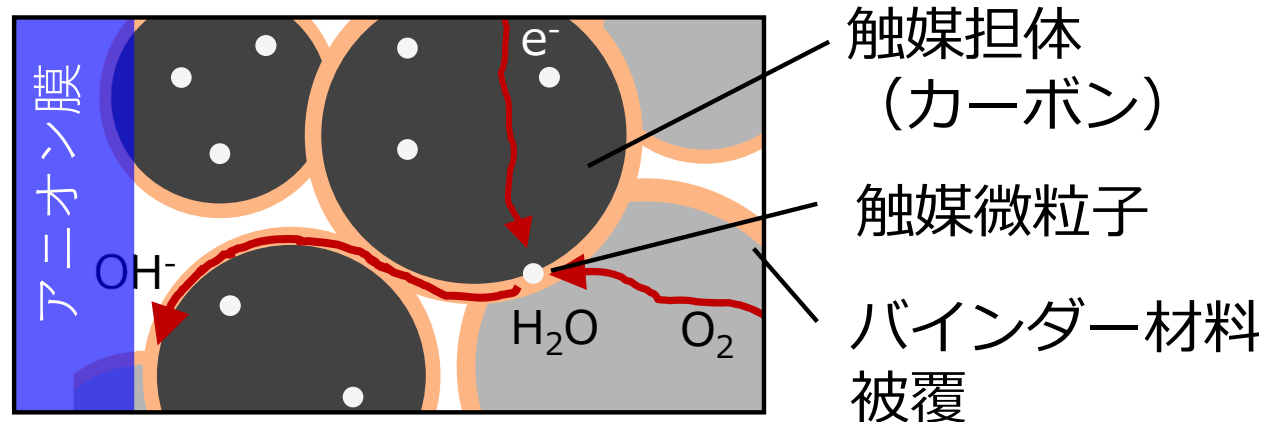
元素分析結果
(塩素原子の分布)



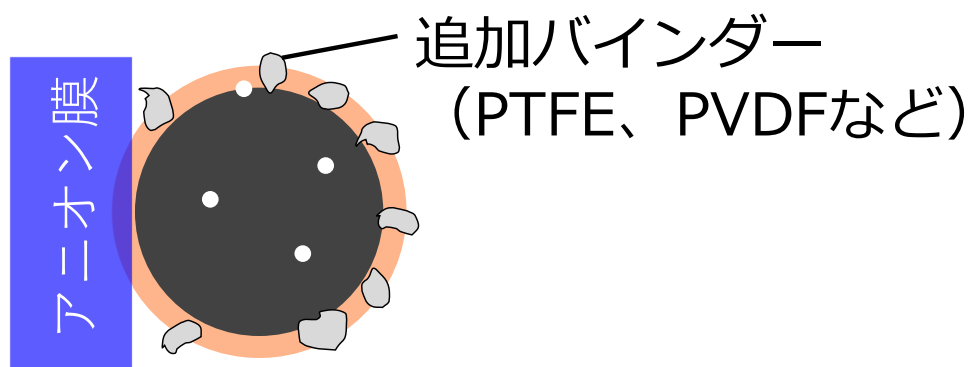
イオン伝導基は
疎水性基材と
完全に複合化

- ・ 触媒粉末のスラリーと混合してスプレー塗布可能
- ・ グラフト率の制御で、イオン伝導性を調整可能

2-4. 粉末状バインダー：従来技術との比較

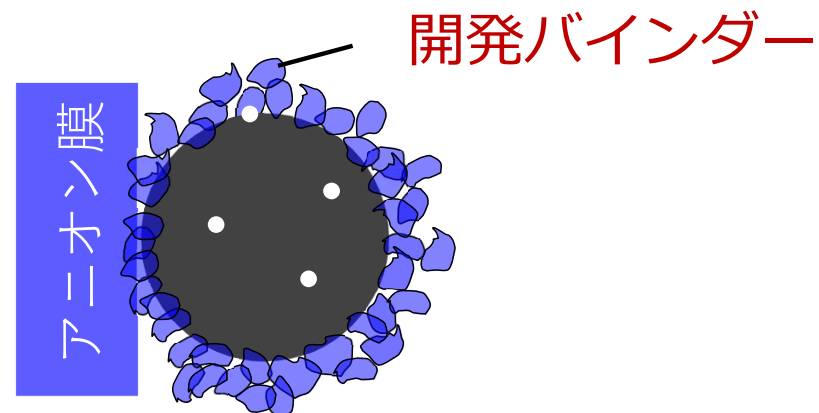


従来技術



完全被覆による窒息を防止するため、追加バインダーを添加

新技術

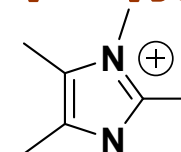


不溶性のバインダーのため担体が被覆されず反応面積が最大化

2-5. 水素－酸素 燃料電池の出力性能

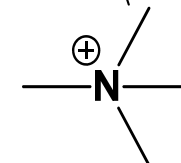
製造例 1 ④電解質膜 + ④バインダー

④



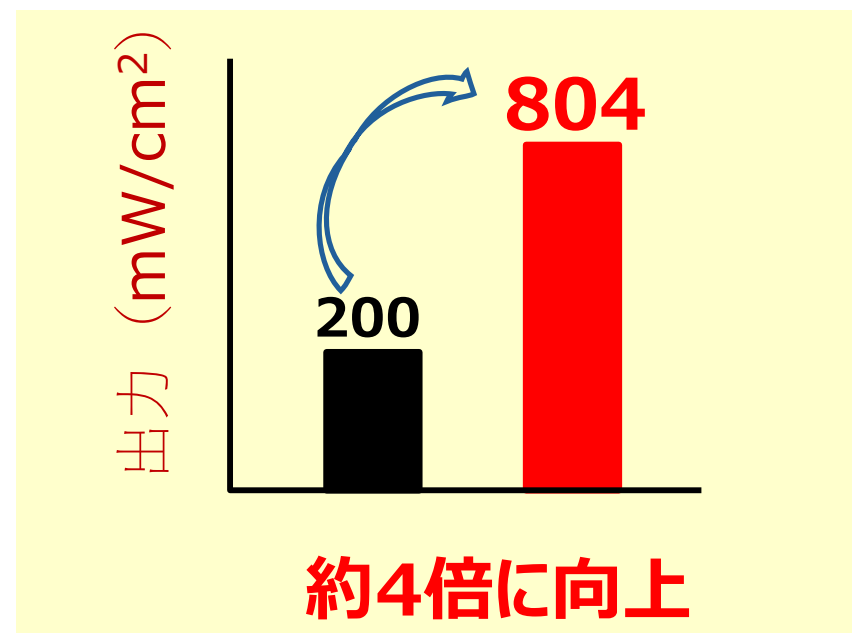
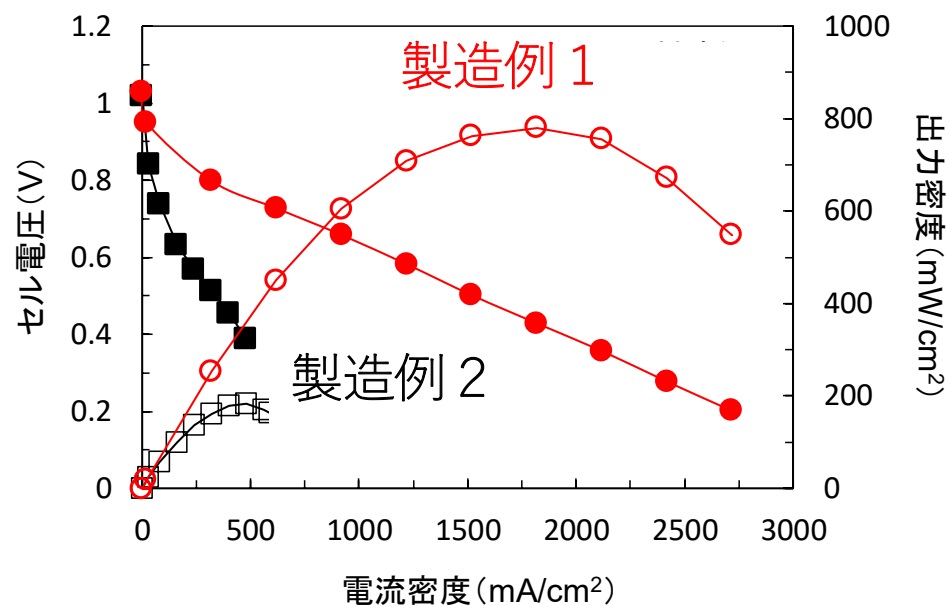
製造例 2 ④電解質膜 + ①バインダー

①



セル温度60℃、Pt/C触媒条件下、燃料ガス流速、露点を最適化

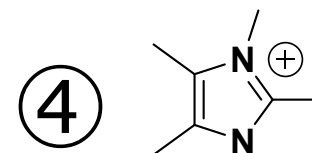
水素－酸素 燃料電池評価



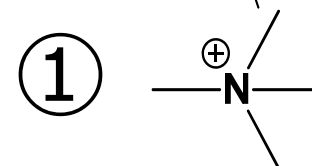
膜とバインダー材料の整合性が重要であることを実証

2-6. 水素-酸素 燃料電池の耐久性

製造例 1 ④電解質膜 + ④バインダー

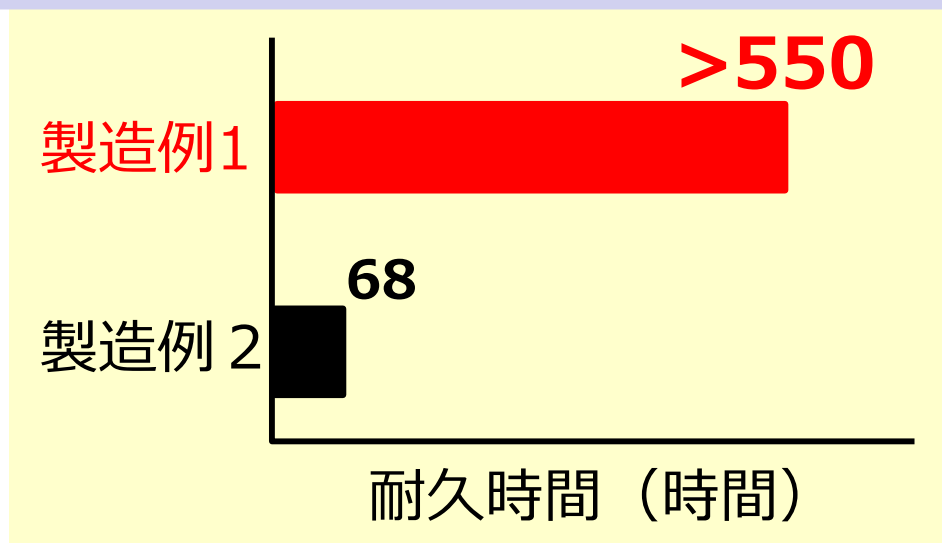


製造例 2 ④電解質膜 + ①バインダー



セル温度60℃、Pt/C触媒、50 mA/cm²の定電流負荷で測定

セル電圧が0.4Vを下回るまでの時間



耐久性が
約100倍に向上

バインダー材料に耐久性があることを実証

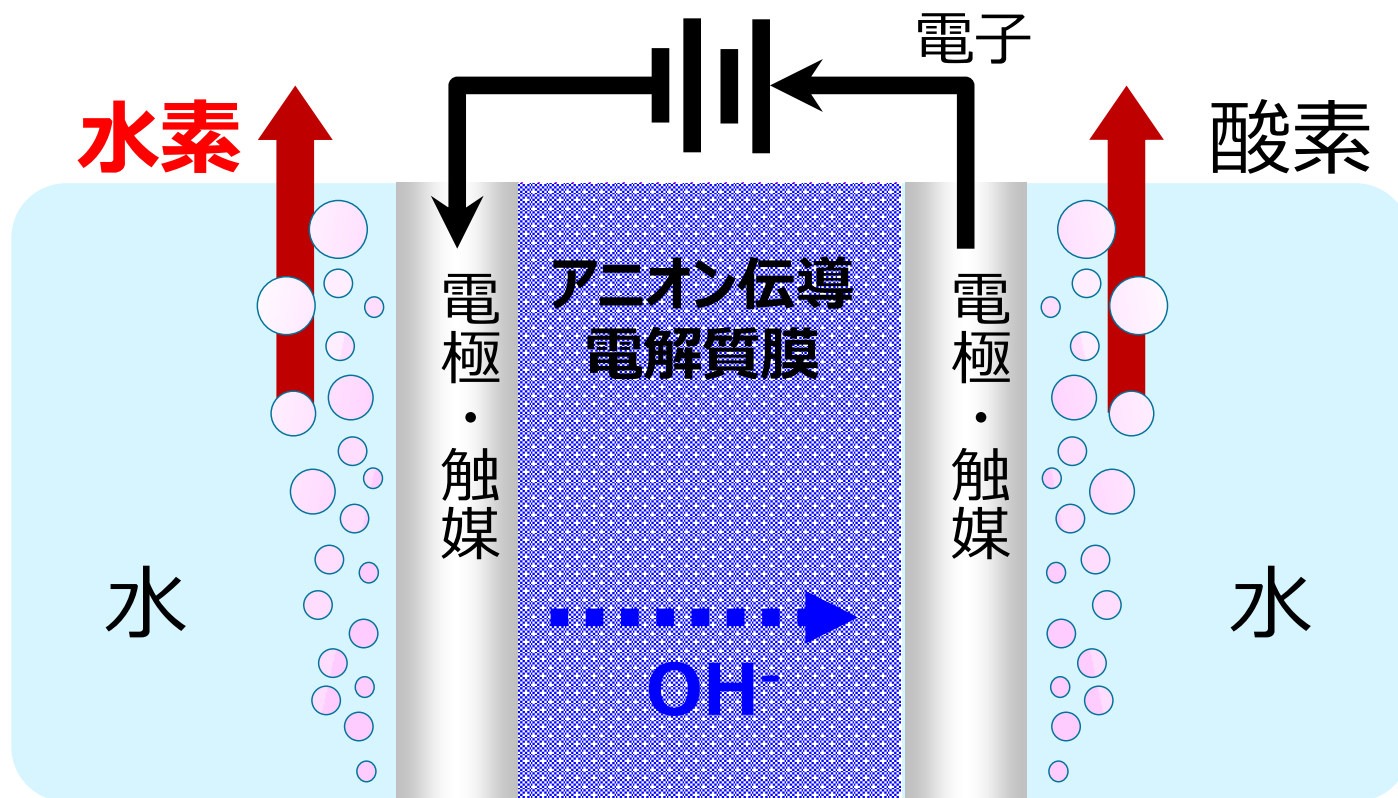
3. 従来技術に対する優位性

パラメーター	従来技術	新技術
アルカリ耐性	×	○
機械的強度	△	○
接着性	× (調整不可)	◎
バインダーの ガス拡散性	△	◎
量産性	△	△

強アルカリ環境で動作する電気化学デバイスを
構築する上で、有用な電解質材料となりうる

想定される用途

①水電解等の電気化学デバイス

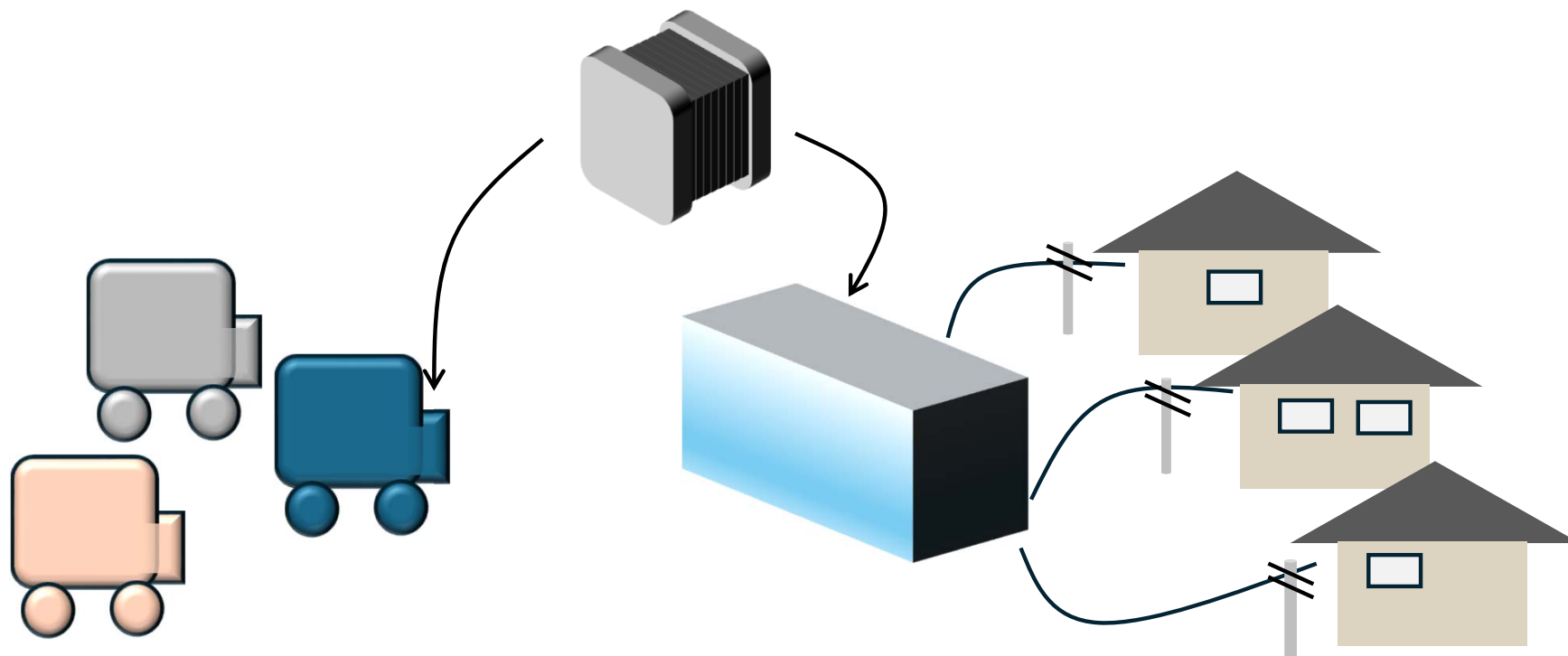


CO₂からギ酸やアルコールを製造することも可能

想定される用途

②アニオン型燃料電池

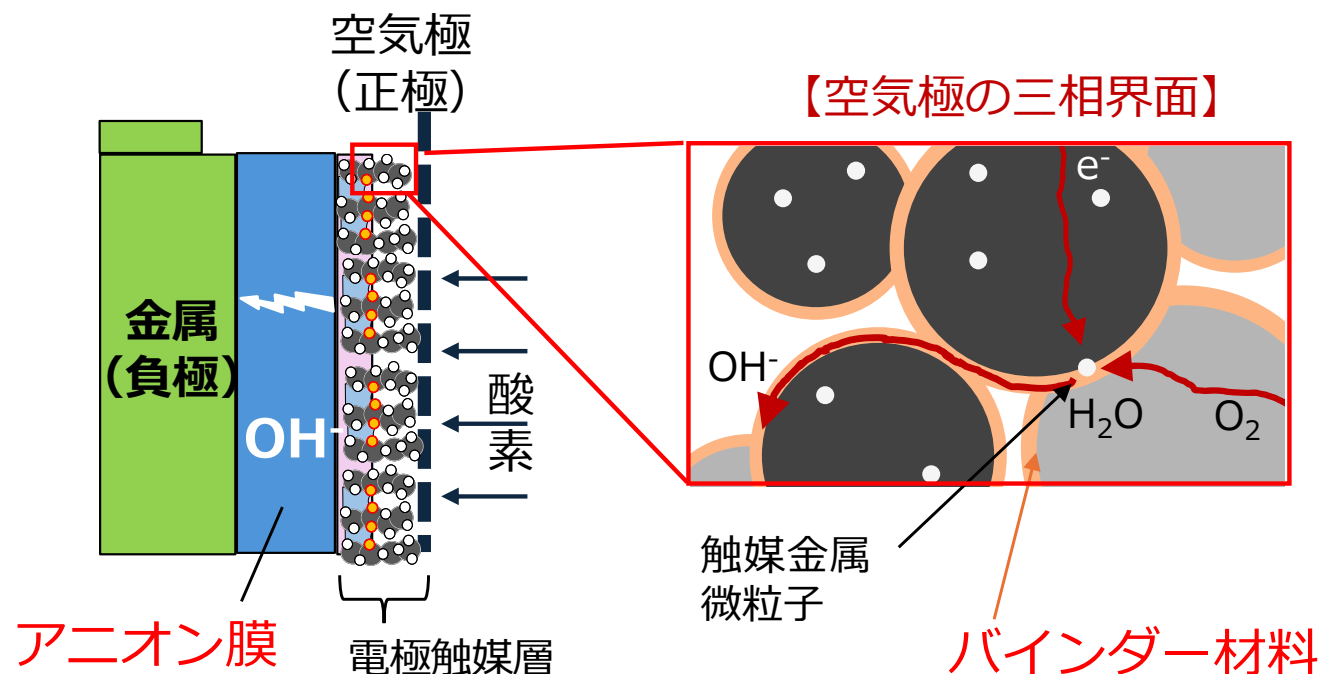
小型で安価な燃料電池スタック



小型自動車用途に加え、限界集落用定置電源として使用可能

想定される用途

③金属空気二次電池



触媒層のバインダーやセパレーターとして使用可能

実用化に向けた課題

現在、実験室サイズでの合成まで開発済み。

- ・実用化に向けて、大判化や大量合成、可能な限りのモノマー使用量の低減が課題
- ・基材高分子の工夫によるアニオン膜へのさらなる強度の付与

企業への期待

- ・ 電解質材料の製造、電解質膜の取扱経験を持つ企業との共同研究を希望
- ・ 水電解の装置やシステムの設計製造、水素生成、水素貯蔵技術を開発中の企業、水素分野への展開や新規電解質材料の探索を考えている企業に、本材料技術の導入を期待したい

本技術に関する知的財産権

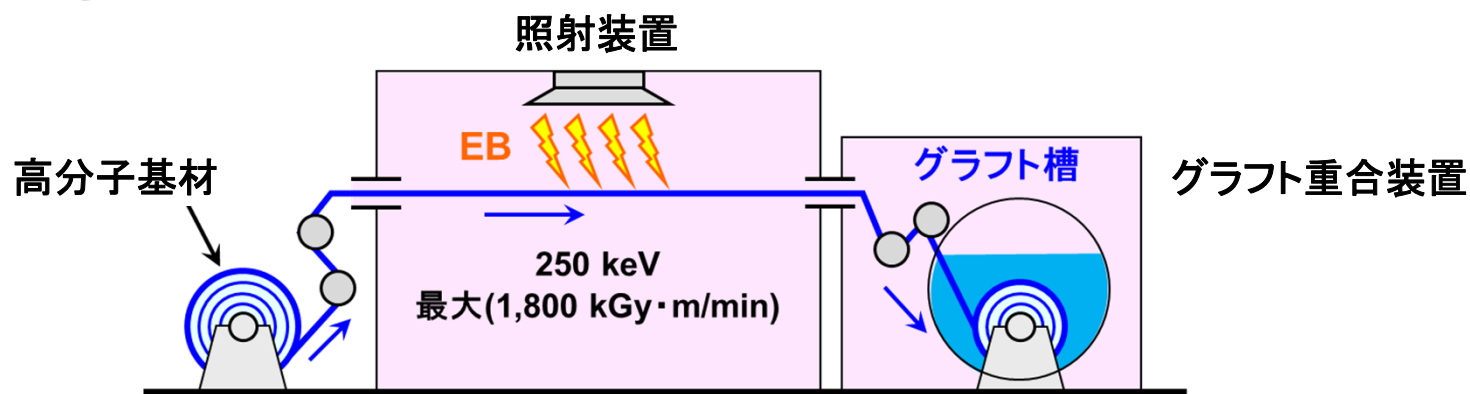
- ・ 発明の名称 : 樹脂組成物、樹脂組成物の製造方法及び電気化学デバイス
- ・ 出願番号 : 特願2023-524031
- ・ 出願人 : 量子科学技術研究開発機構
- ・ 発明者 : 吉村 公男、アーメド ムハンマド
アーメド マフムード、
ユハンチュル、ザオ ユエ、
廣木 章博、前川 康成

産学連携の経歴

- ・ 2010年-2016年 JST ALCA事業に採択
- ・ 2022年-2023年 JST A-STEP事業に採択

企業への貢献、PRポイント

- ・ 本技術は市販の電子線照射設備等を使用して量産が可能なため、開発期間を短縮できる



- ・ 本格導入にあたり技術指導等を実施可能

お問い合わせ先

量子科学技術研究開発機構
イノベーション戦略部 知的財産活用課

T E L : 043 - 206 - 3027

e-mail : chizai@qst.go.jp