

発表No.A-28

燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた
共通課題解決型産学官連携研究開発事業
／共通課題解決型基盤技術開発
／燃料電池セパレータ用ラミネート金属・高分子
ナノコンポジット(NC)フィルムの研究開発

南 秀人/赤松謙祐
国立大学法人神戸大学
学校法人甲南学園
積水化学工業株式会社
7月28日

連絡先：南 秀人
国立大学法人神戸大学
(minamihi@kobe-u.ac.jp)

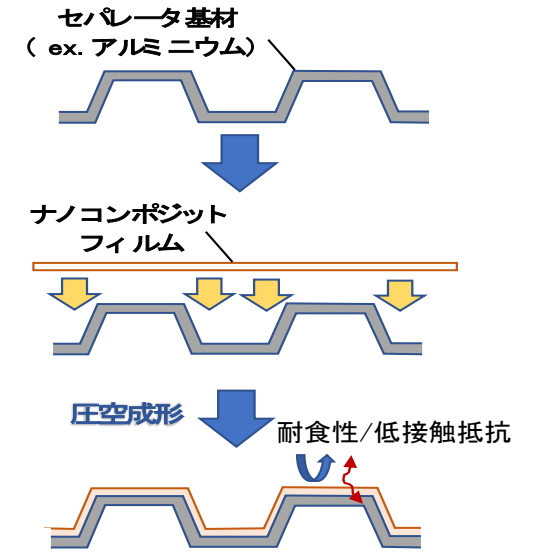
事業概要

1. 期間

開始 : (2021) R3年6月
終了 (予定) : (2025) R7年3月

2. 最終目標

次世代の低接触抵抗・高耐食性セパレータの実現を目指し、新しいセパレータラミネート用「ナノコンポジット (NC) フィルム」の合成技術の確立と、基材へのラミネートプロセスの開発を行う。

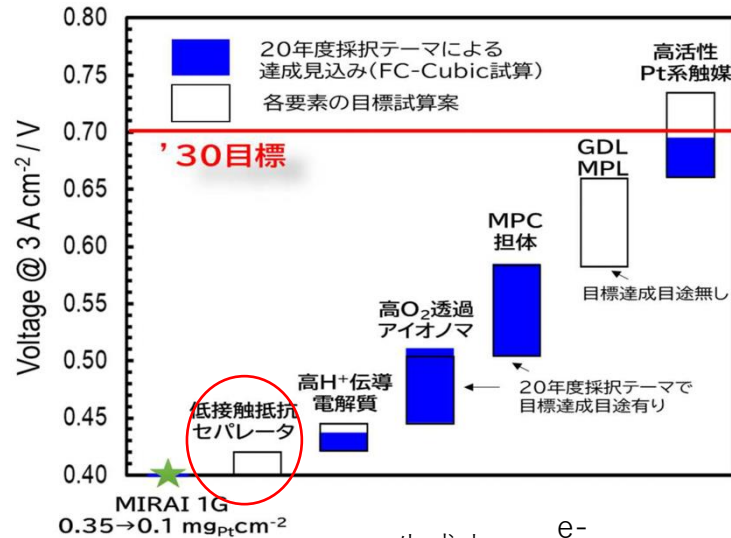


3. 成果・進捗概要

研究開発項目	中間目標 (2023年3月)	達成度	成果・状況
異形粒子の面積比制御	相互作用部分/フィルム形成部分の面積比を0.1~0.9で制御	80%	ベースポリマーの種類にかかわらず制御可能。現在0.2~0.8の制御に成功
異形粒子上に部位選択的に析出した金属の膜厚	50~200nmの範囲で制御	80%	球状粒子に対して、膜厚50~200nmの範囲で制御することに成功
粒子の生産技術確立	乾燥重量として0.5kg/ロットの生産技術開発	20%	検討段階粒子のバッチアップ製造プロセスを工場製造部隊と検討
NCフィルムの膜厚制御	20~100μm(±10μm)の範囲で制御する技術の確立	60%	25~100μmの範囲での制御に成功 (積水化学)
圧空成形時のピール強度	0.5kgf/cm以上	50%	Al基材にコートした試料において、ピール強度0.5kgf/cmを達成 (積水化学)

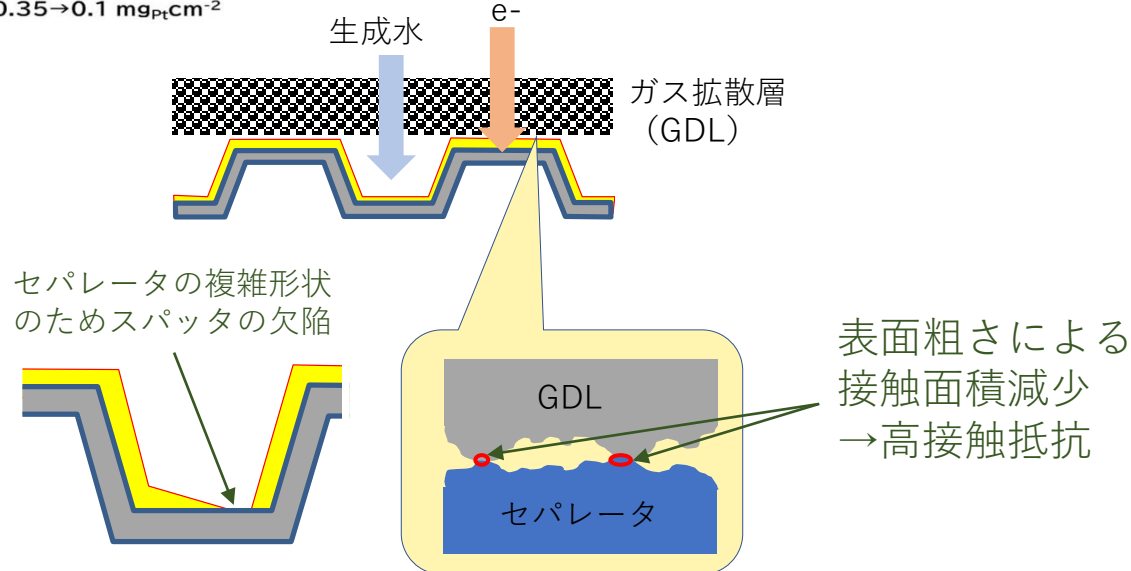
1. 事業の位置付け・必要性

【必要な対策課題】 「金属セパレータにおける電気伝導性と耐食性の両立」

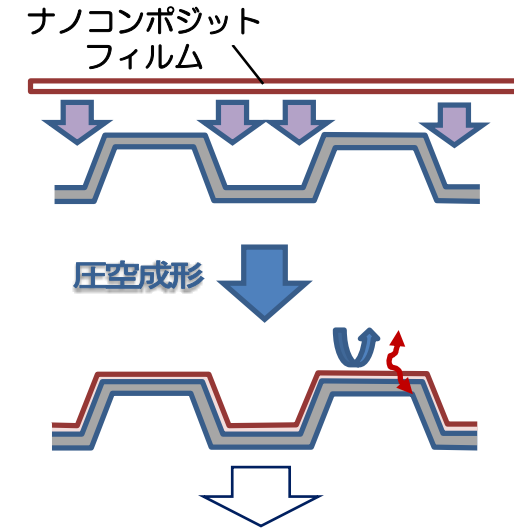


産業界のニーズ

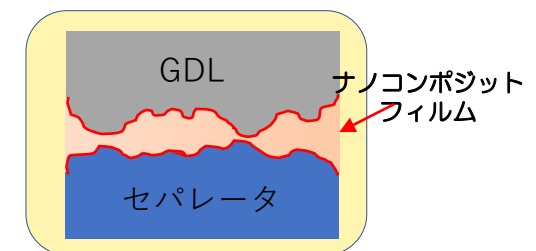
- ① 長期使用可能とする金属セパレータの酸性生成水からの保護
- ② ガス拡散層とセパレータ表面粗さによる接触抵抗増加を抑制する新規表面処理膜
- ③ FCV普及に向けての製造低コスト化



本研究



可塑性ベースポリマーの形状追随性大
接触面積増大 → **低接触抵抗**



2. 研究開発マネジメントについて

・研究開発の目標と目標設定の考え方（根拠）

- 水蒸気透過度：水蒸気透過度 $3 \text{ g/m}^2 \cdot \text{day}$ 未満
- 接触抵抗： $5 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下
- 耐食性：塩水サイクル・噴霧試験孔食面積比率0.2%以下
- NCフィルムピンホールレス：98%以上
- 圧空成形時のピール強度： 1.0 kgf/cm 以上
- 耐腐食性： 120°C 、 $\text{pH}3.0$ の酸性水溶液の腐食環境下において、72時間後の電気抵抗および密着性が初期値の90%以上を維持

JISZ0303:2009 さび止め包装方法通則

水蒸気透過度（透湿度）が、JIS K 7129の条件3で測定して $15 \text{ g/m}^2 \cdot \text{day}$ 以下である。

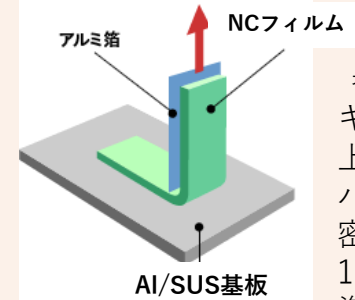
各種材料の水蒸気透過度（ $25 \mu\text{m}$ 厚さ換算）

ポリスチレン（PS）	: 120
ポリエチレン（PE）	: 22
ポリプロピレン（PP）	: 4
金属膜（アルミなど）	: 0~0.1

実際のラミネート厚さ： $10 \mu\text{m}$ 以下

圧着及び密着力評価

表面酸化物除去（酸処理前後）における基材に対するラミネートフィルムの90度ピール剥離試験
 中間目標： 0.5 kgf/cm 以上
 最終目標： 1.0 kgf/cm 以上

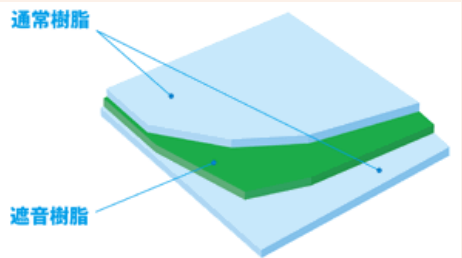


参考：フレキシブル基板上の金属回路パターン要求
 密着強度： 1.0 kgf/cm 基準値とする

フィルム製造

製造コスト÷歩留まり $\leq 50 \text{ 円/m}^2$

歩留まり：98%以上



腐食評価条件

- ・ 5%塩水
- ・ 温度 $30\text{-}60^\circ\text{C}$
- ・ 240h
- ・ 湿潤95%RH

$\text{Cu}_{50}\text{Ni}_{50}$ 合金（ 200 nm 厚さ）
 露出面積：60%
 密度： 8.9 g/cm^3
 孔食面積比率：0.2%

溶出量 = $0.99 \text{ ng/cm}^2 \cdot \text{h}$

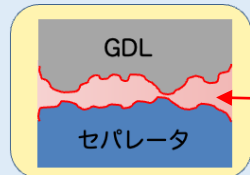
比較

SUS316L（硫酸 $\text{pH}3$, 200h）
 溶出量 = $5.0 \text{ ng/cm}^2 \cdot \text{h}$

接触抵抗

Ti基材 ($30\text{-}50 \text{ m}\Omega \text{ cm}^2$)	AuコートTi基材 ($5\text{-}10 \text{ m}\Omega \text{ cm}^2$)
C樹脂 ($5\text{-}10 \text{ m}\Omega \text{ cm}^2$)	
Cコート基材 ($10\text{-}20 \text{ m}\Omega \text{ cm}^2$)	

比抵抗 Au ($2.1 \mu\Omega \text{ cm}$) Cu-Ni合金 ($1.5\text{-}6.0 \mu\Omega \text{ cm}$)



ナノコンポジットフィルム
 実接触面積の増大

耐腐食性

密着性の経時変化について負荷試験を 80°C 、 $\text{pH}3.0$ の酸性水溶液の腐食環境下、24H後の電気抵抗/密着性が初期値の80%以上を維持することを中間目標

120°C 、 $\text{pH}3.0$ 、72時間後の電気抵抗/密着性が初期値の90%以上を維持することを最終目標。

・ PEFC評価解析プラットフォームと連携

・ ユーザー企業であるトヨタ自動車株式会社(関心表明)において実機での耐久性評価

2. 研究開発マネジメントについて

- 研究開発の実施体制

神戸大学

(南 秀人・工学研究科教授)

多面体異形高分子微粒子を利用した
ナノコンポジットエマルジョンの研究開発



甲南大学

(赤松 謙祐・70年代以降工学部教授)

多面体異形高分子微粒子の部位選択的
導電化技術の研究開発



積水化学工業株式会社

(青木 京介/松下 清人・開発企画部)

導電異形高分子微粒子の大量生産技術と
フィルム形成プロセスの開発

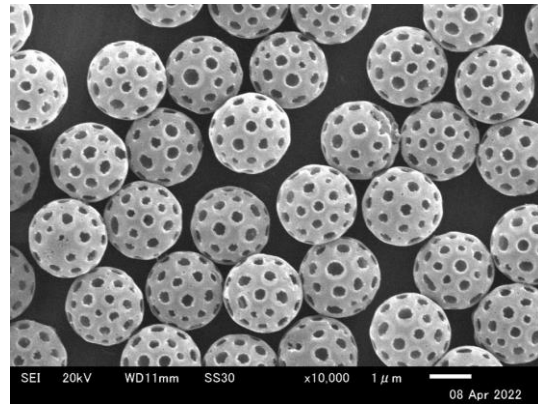
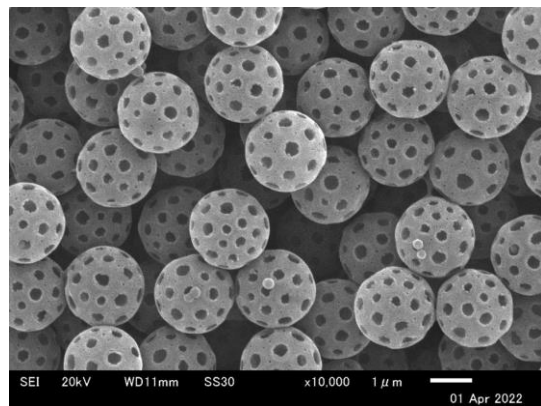
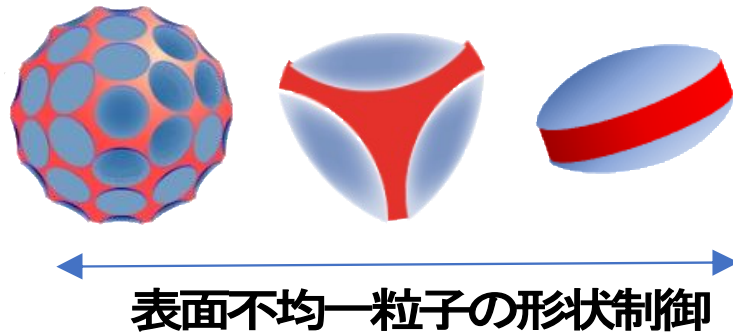
- 研究開発のスケジュール

	~R3年 7月	R3年 10月	R4年 3月	R4年 10月	R5年 3月	R5年 10月	R6年 3月	R6年 10月	R7年 3月
表面積比の最適条件の検討	<神戸大学>			0.1~0.9で制御 (達成見込み)					
ベースポリマーの最適化	<神戸大学>			供ホリム解析プラットフォーム				3 g/m ² ・day未満	
撥水/親水性制御とフィルム物性の検討	<神戸大学>			供ホリム解析プラットフォーム				密着性：1.0kgf/cm以上	
マイクロ粒子湿式還元処理による導電化	<甲南大学>			第二アプローチとしての選択的吸着/めっき法に集中する					
選択的吸着/無電解めっきによる導電化	<甲南大学>			50~200nmで制御 (達成見込み)				5 mΩ cm ² 以下	
NCフィルムの電気伝導性、耐食性評価	<甲南大学>			<甲南大学>				酸性水溶液の腐食耐性	
微粒子生産	<積水化学工業>			0.5kg/ロットの生産技術 (達成見込み)					
フィルム加工	<積水化学工業>			20~100 μm(±10 μm)で制御 (達成見込み)				歩留：98%以上	

3. 研究開発成果について

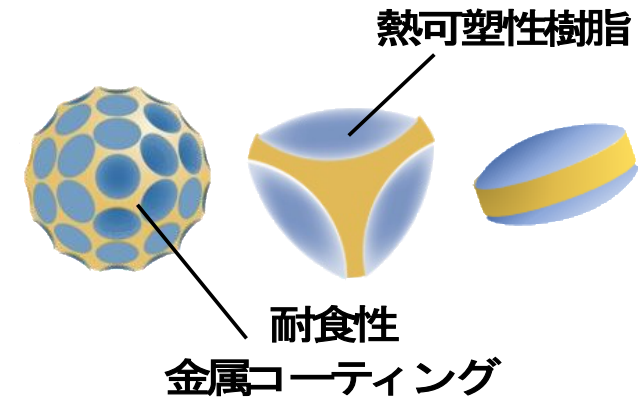
- 研究開発の目標及び進捗状況、目標達成に向けたアプローチ

◎ 異形粒子合成技術



第71回高分子討論会発表予定 (2022/9/4)
学術論文執筆中

◎ 表面導電化技術



	1 min	3 min	5 min
表面観察			
断面観察 (TEM)			

表面技術協会第146回講演大会発表予定 (2022/9/6)
学術論文執筆中

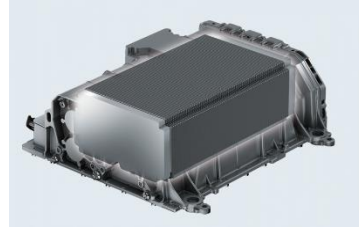
4. 今後の見通しについて

【試算の前提条件】

⇒ トヨタ社 MIRAI相当車種を想定



<燃料電池スタック>



- ①セル数
(2008) 200セル×2列= 400セル
(2020) 330セル×1列= 330セル
⇒ 次世代車のセル数を「300セル」と仮定
- ②セルサイズ
⇒ 200cm²と仮定
- ③セパレータ数
⇒ 1セルあたりに裏表2枚使用

事業化イメージ

○事業化イメージ

- ・セパレータミネート用の金属・高分子ナノコンポジットフィルム(NCフィルム)を提案する
- ・製造コストを100円/枚以下に低減することでFCシステムコスト目標(0.4万円/kW以下)に貢献する

○事業化想定時期：2030年頃

- ・2025年に品質保証体制を構築後、国内ユーザーへの供給プロセスや量産協力メーカー等と事業性検証(プライスマーケティング等) (2026年度内)、量産設備の導入(2028年度末)、量産検討(2029年度末)を経て、最終的に2030年での実用化・事業化を目指す。

○事業化想定機関

- ・積水化学工業株式会社

研究開発目標と事業化に向けた課題

○研究開発の最終目標

- ・カーボクロスとの接触抵抗が5 mΩcm²以下、かつ120℃以上かつpH3.0の酸性水溶液に対し優れた耐食性を示すNCフィルムを開発

○成果の到達度と事業化のかい離

- ・フィルム生産上の想定課題

- ①新規フィルム化工程の立ち上げと低コスト化：生産技術確立と歩留まり改善によるコスト低減
- ②品質保証体制の構築：ピンホールレスな薄膜フィルムを供給するための検査方法と荷姿の検討