

NEDO水素・燃料電池成果報告会2024

発表No.A2-10

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ー用ラミネート金属・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19日

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

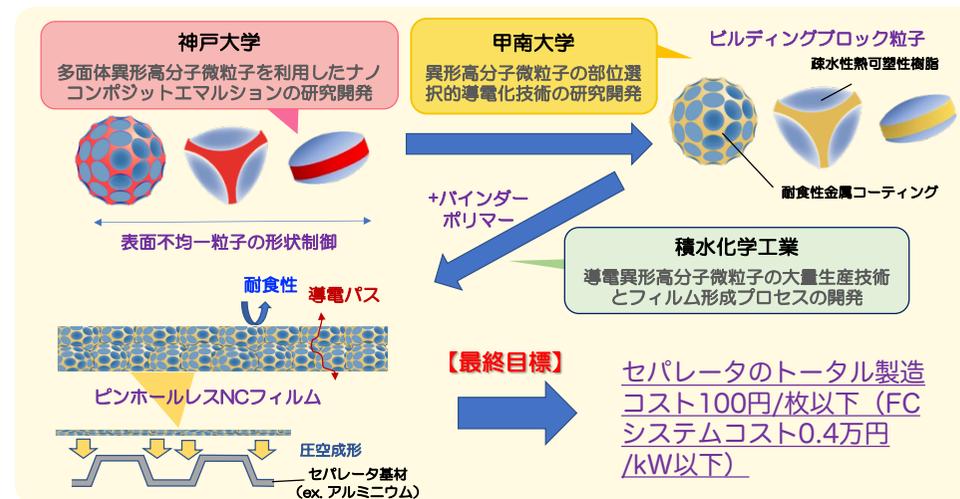
事業概要

1. 期間

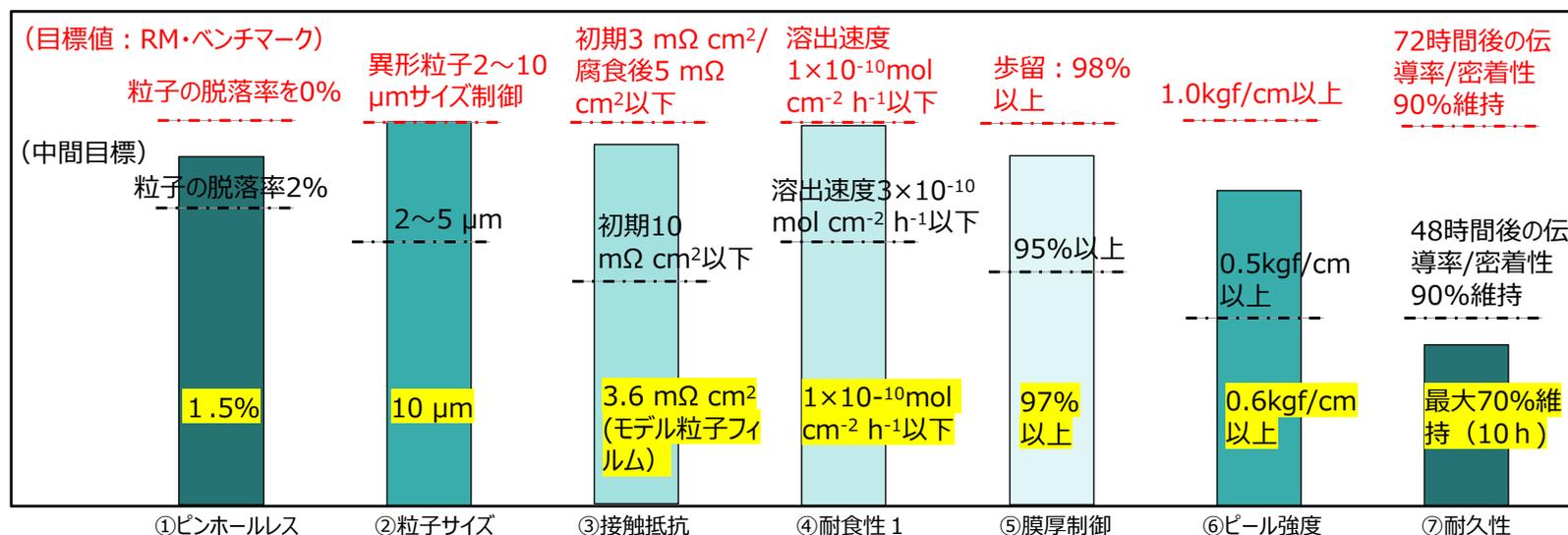
開始 : (2021) R3年6月
 終了 (予定) : (2025) R7年3月

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。

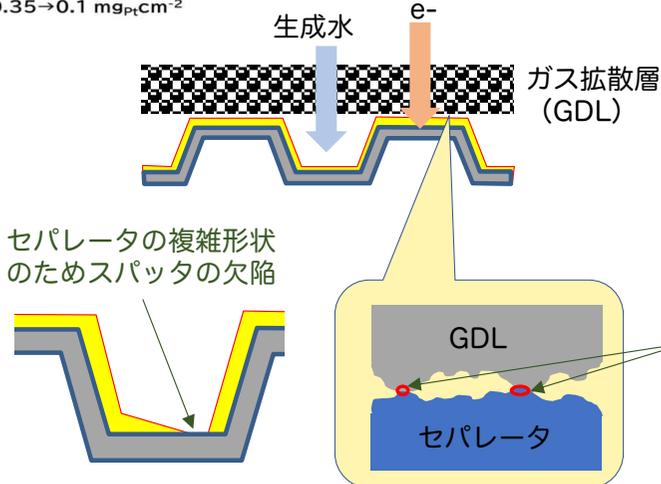
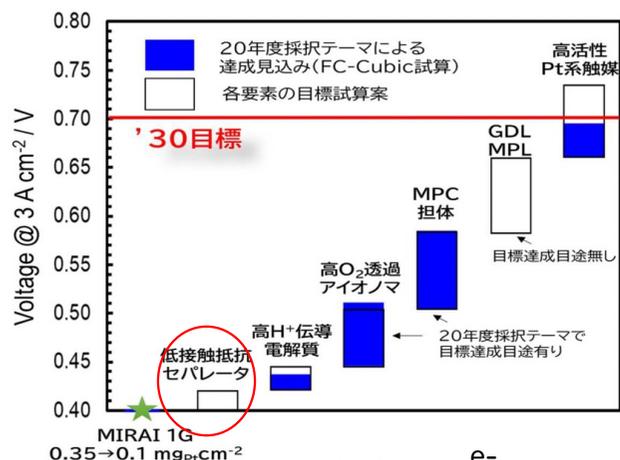


3. 成果・進捗概要



1. 事業の位置付け・必要性

「金属セパレータにおける電気伝導性と耐食性の両立」

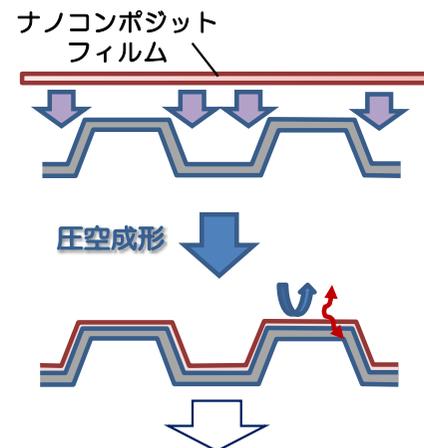


表面粗さによる
接触面積減少
→高接触抵抗

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

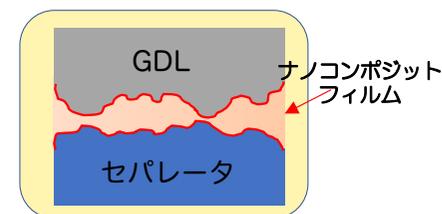
本研究



防食性と耐久性

熱可塑性ポリマー (耐薬品・耐水性)

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

- 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： $3 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 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
- フィルム歩留まり： 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

実際のラミネート厚さ： $10 \mu\text{m}$ 以下

JIS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	
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

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° ピール剥離試験

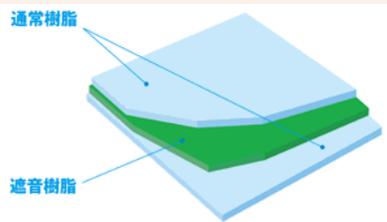
中間目標： 0.5 kgf/cm 以上
最終目標： 1.0 kgf/cm 以上

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



セパレータコスト 100 円/枚
実現のための閾値

腐食評価条件

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

$\text{Cu}_{50}\text{Ni}_{50}$ 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 = $0.99 \text{ ng cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$

比較

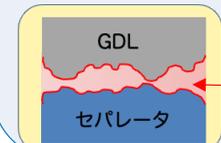
SUS316L (硫酸 $\text{pH}3$, 200 h)
溶出量 = $5.0 \text{ ng cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$

評価・解析PFでの目標値：
溶出速度： $< 3 \times 10^{-10} \text{ mol cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$
($< 16 \text{ ng cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$)

接触抵抗

Cコート基材 ($10\text{-}20 \text{ m}\Omega \text{ cm}^2$)

比抵抗 ($2.1 \mu\Omega \text{ cm}$)



Ti基材 ($30\text{-}50 \text{ m}\Omega \text{ cm}^2$)

C樹脂 ($5\text{-}10 \text{ m}\Omega \text{ cm}^2$)

AuコートTi基材 ($5\text{-}10 \text{ m}\Omega \text{ cm}^2$)

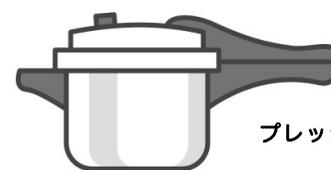
Cu-Ni合金 ($1.5\text{-}6.0 \mu\Omega \text{ cm}$)

ナノコンポジットフィルム

実接触面積の増大

評価・解析PFでの目標値：
初期： $< 3 \text{ m}\Omega \text{ cm}^2 @ 1 \text{ MPa}$
劣化後： $< 5 \text{ m}\Omega \text{ cm}^2 @ 1 \text{ MPa}$

2022/1/28 NEDO GL会議



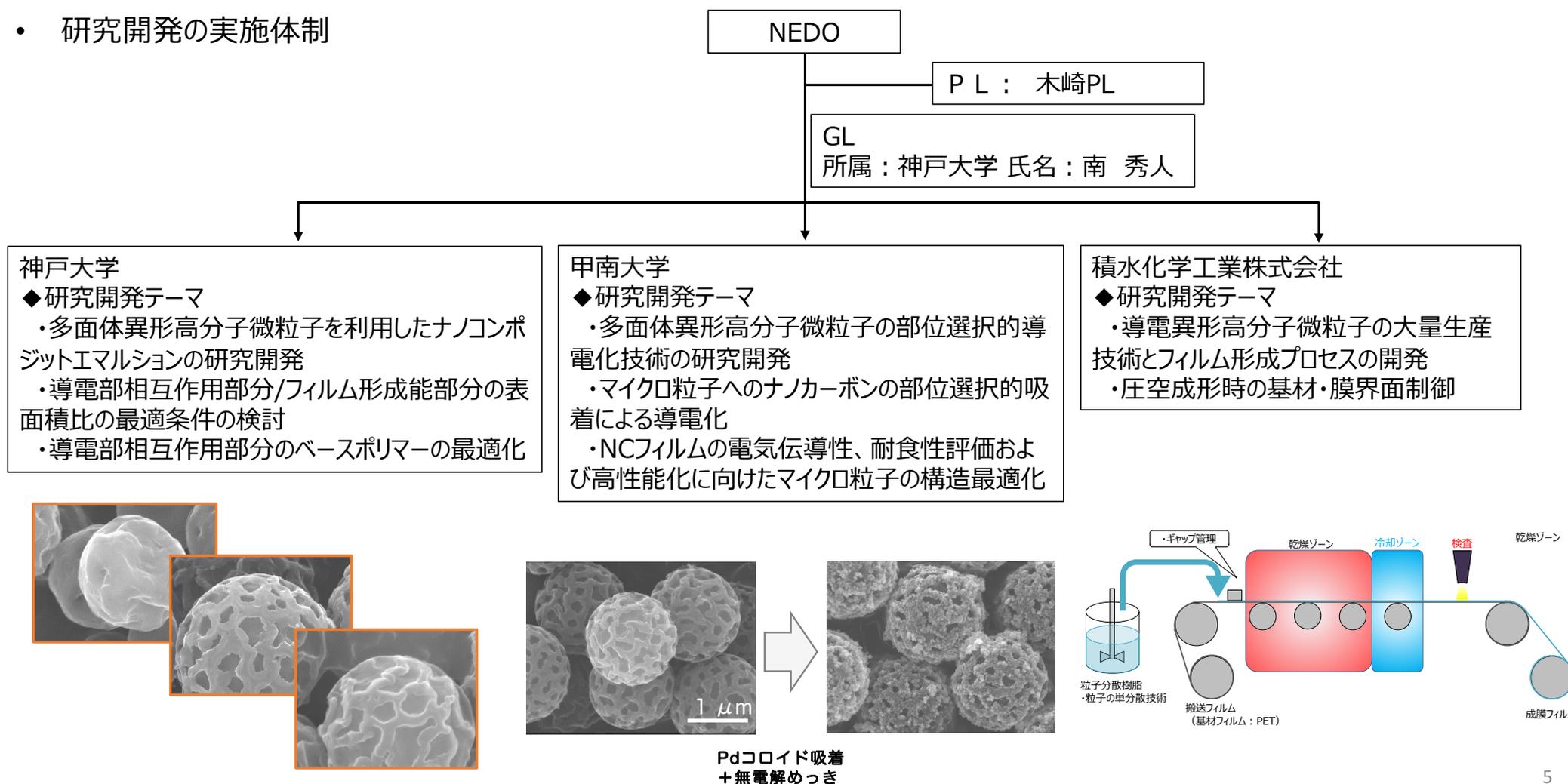
密着性

プレッシャークッカー

130°C 、 $100\% \text{ RH}$ の加圧水蒸気中に 1 h 後
初期の抵抗値+剥がれないこと

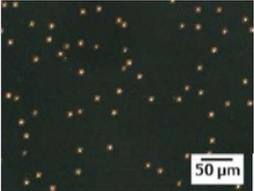
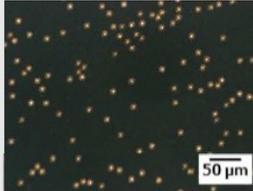
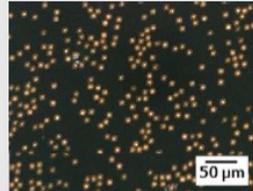
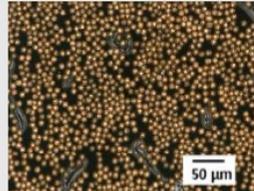
2. 研究開発マネジメントについて

- 研究開発の実施体制

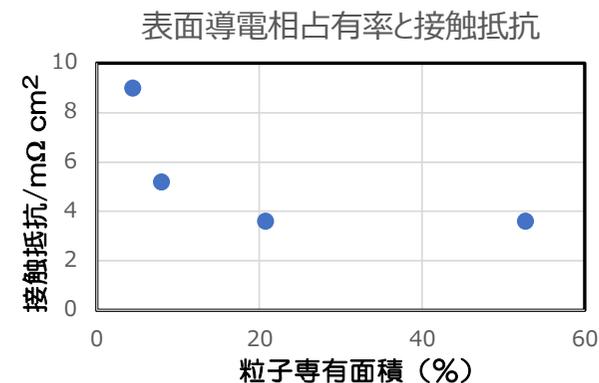


3. 研究開発成果について

接触抵抗値

	粒子径：10 μm（膜厚：10 μm）			
粒子配合部数	5 wt%	10 wt%	20 wt%	80 wt%
TOP view				
粒子占有面積	4.4%	7.9%	20.7%	52.7%
SIDE view				

サンプル	粒子含有量	初期接触抵抗(@1MPa)	
		端子間電圧(V)	接触抵抗 (mΩcm ²)
Au-Re010	5wt%	0.83	9.0
	10wt%	0.48	5.2
	20wt%	0.33	3.6
	80wt%	0.33	3.6



【成果概要】 初期抵抗値としては3.6 mΩ cm²をマークした。導電部分のめっき厚み制御により3.0 mΩ cm²を達成見込みである。

3. 研究開発成果について

耐食性



密着性試験(プレッシャークッカー試験)



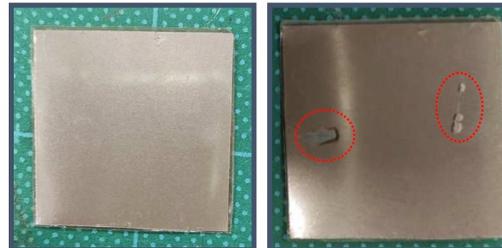
試験条件

温度 / °C	130
試験時間 / h	4
溶媒	水

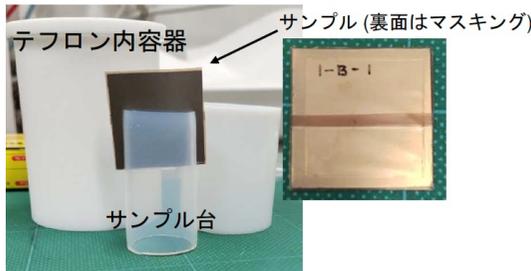
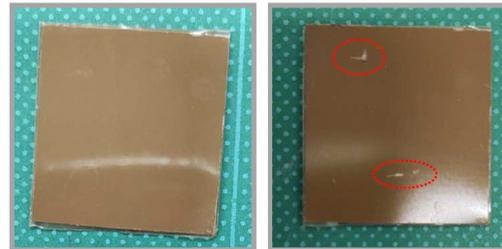
- サンプル台の熱変形により剥がれが生じてしまった。
- 目視では変化なし。

試験前 試験後

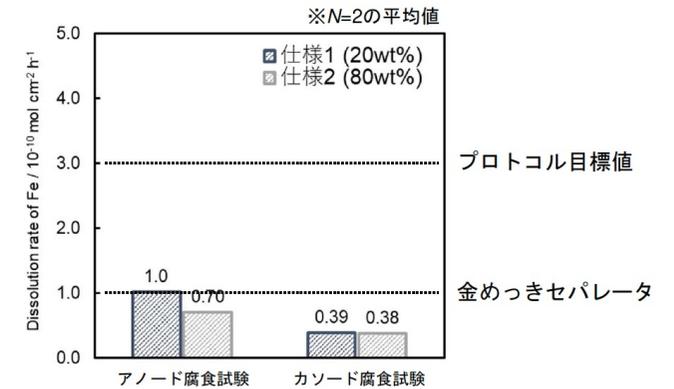
仕様1
(20wt%)



仕様2
(80wt%)



腐食試験中のFe溶出速度



- 金めっきセパレータと同等の保護機能を発揮
- プロトコル目標値を充足
- Auコート粒子含有率で大きな差異が無かった

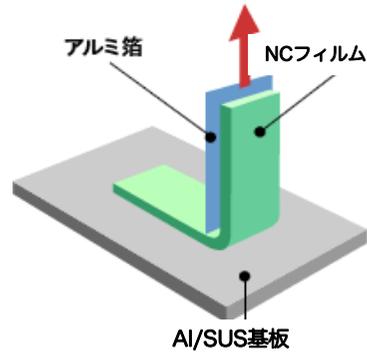
【成果概要】 プレッシャークッカー試験では、一部試料台の接触部分に剥がれが生じたが、目視による外観変化はなかった。腐食試験結果より、NCフィルムは金めっきセパレータと同等の保護機能を有していることが明らかとなり、プロトコル目標値を充足した。

接触抵抗の結果を踏まえると、金めっき粒子20%程度で目標に到達する可能性があることから、コスト目標においても有望な候補材料であるといえる。

3. 研究開発成果について

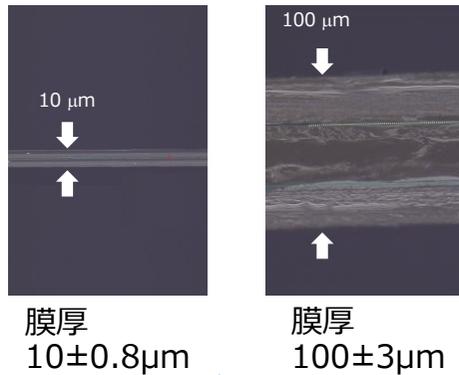
密着性・膜厚

■ピール強度

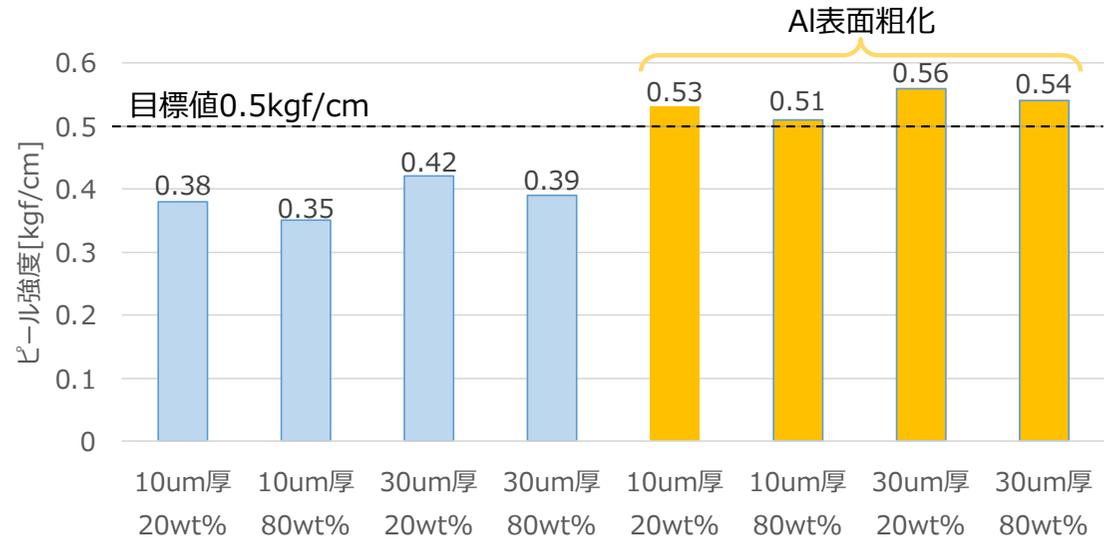


表面粗化アルミニウム基板に対し、目標値を達成

■膜厚制御



10~100mmの範囲で、最大偏差8%での制御に成功



【実用化に向けた課題と検討状況】 粒子生産および膜厚制御ともに、バッチ量アップに伴う歩留まりに注意が必要だが、ラインでの条件調整によって対応可能。ピール強度については、フィルム構造およびバインダー検討により、非粗化基材に対する必要強度達成を目指す。

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セル当たりに裏表2枚使用

事業化イメージ

- 事業化イメージ
 - ・セパレータラミネート用の金属・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