

発表No.A-26

アナターゼ型TiO₂薄膜を活用した低接触抵抗・
高耐久性セパレータ表面処理技術の開発
研究開発項目 | 共通課題解決型基盤技術開発

発表者名 一杉 太郎 (代理 簾 智仁)
団体名 国立大学法人東京工業大学
中部大学
発表日 2022年7月28日

連絡先：一杉 太郎
東京大学
(hitosugi@g.ecc.u-tokyo.ac.jp)

1. 期間

開始 : (西暦) 2021年4月

終了 (予定) : (西暦) 2024年3月

2. 最終目標

- **耐腐食性と電気伝導性が高いTiO₂を燃料電池のSUSセパレータの保護膜として応用し、低コスト、長寿命を実現する高性能燃料電池用セパレータを提供する**
- **ミストCVD技術によりSUSセパレータとTiO₂間において低い接触抵抗を実現する
(目標値: 5 mΩ・cm²以下)**
- **自動的・自律的な実験システムを構築し、研究開発のスピードを加速する**

3. 成果・進捗概要

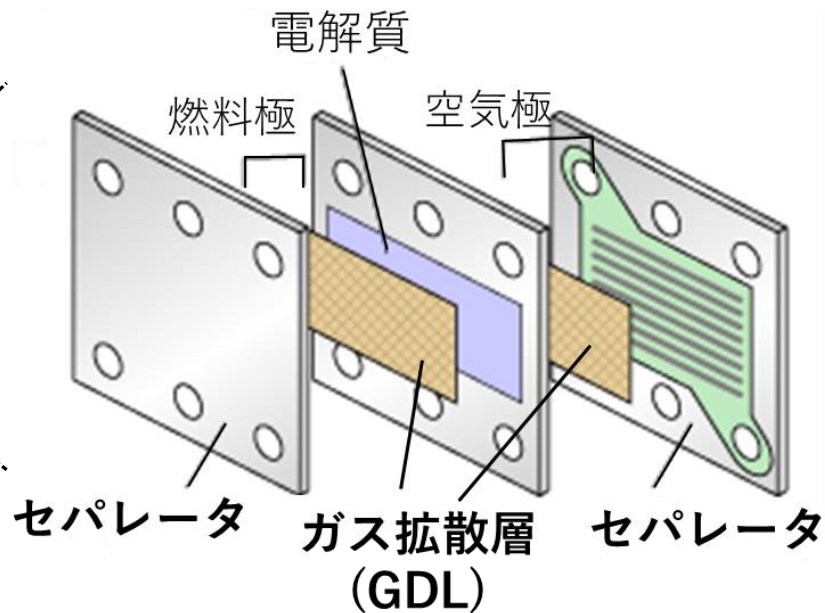
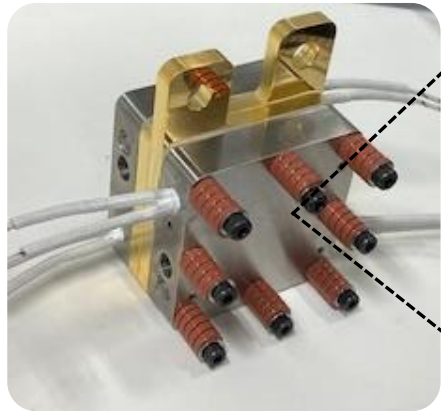
- **ミストCVDにより作製したセパレータの接触抵抗は、30 mΩ・cm²を達成した。**
- **ミストCVD成膜実験および接触抵抗評価の自律実験システムの構築に着手した。**

1. 事業の位置付け・必要性

- 本事業を実施する背景や目的
- 本事業の位置づけや意義、必要性

燃料電池のコストの中で
セパレータは約12%を占めている

(2017年10月United States Department of Energy: DOEのデータより)



セパレータに求められる性能

- ガス不透過性
- 導電性
- 機械的強度
- 耐食性

主流のセパレータ

カーボン成膜した金属材料

- 真空プロセスによる高コスト化
- 電池動作中の低い耐久性

耐食性と電気伝導を併せ持つ材料を、高カバレッジ・低コストで成膜

→ **アナターゼ型 $\text{Ti}_{0.94}\text{Nb}_{0.06}\text{O}_2$ (TNO) が有力候補**

1. 事業の位置付け・必要性

従来の成膜手法(スパッタ、プラズマCVD) : 真空中で成膜

- 真空装置が高価であり、設備導入が大きな負担となる
- 真空引きに1時間以上かかるため総プロセス時間は**120分以上**



本研究の成膜手法(ミストCVD) : 大気中で成膜

- 装置が安価であり、低コスト化で導入可能
- 真空引きを必要としないため
総プロセス時間は**10分程度**
- 連続プロセスでの成膜に対応
- 安価な原材料
- **高被覆率**
- **適度な表面ラフネス形成**



高性能膜を低コストで大量生産

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）

★最終目標値(2024年度末)

A. GDL-TNO-SUS接触抵抗 (1 cm角、1 MPa加圧下)

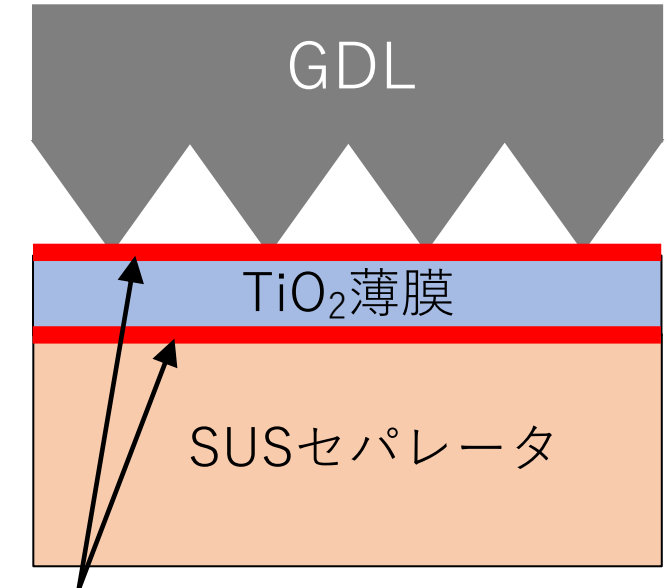
5 mΩ・cm²以下

B. 耐腐食試験合格 (5 cm角、SUS上)

- エッチングレート : 0.02 nm h⁻¹以下
- 接触抵抗 : 5 mΩ・cm²以下

C. ミストCVDによるTiO₂成膜速度

12 nm min⁻¹以上



接触抵抗目標* : 5 mΩ・cm²

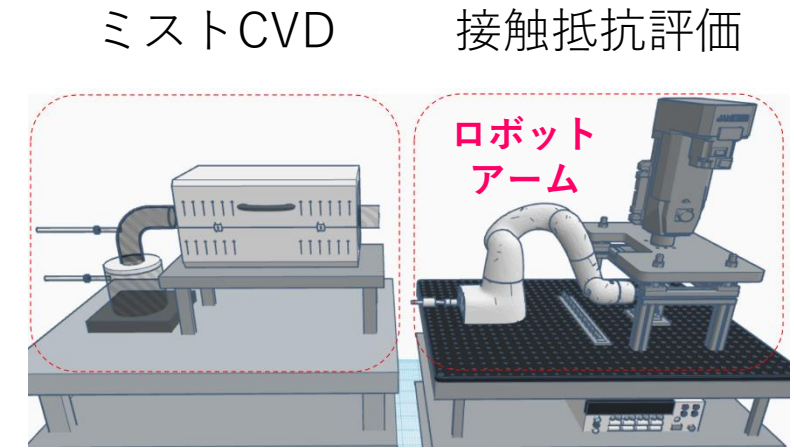
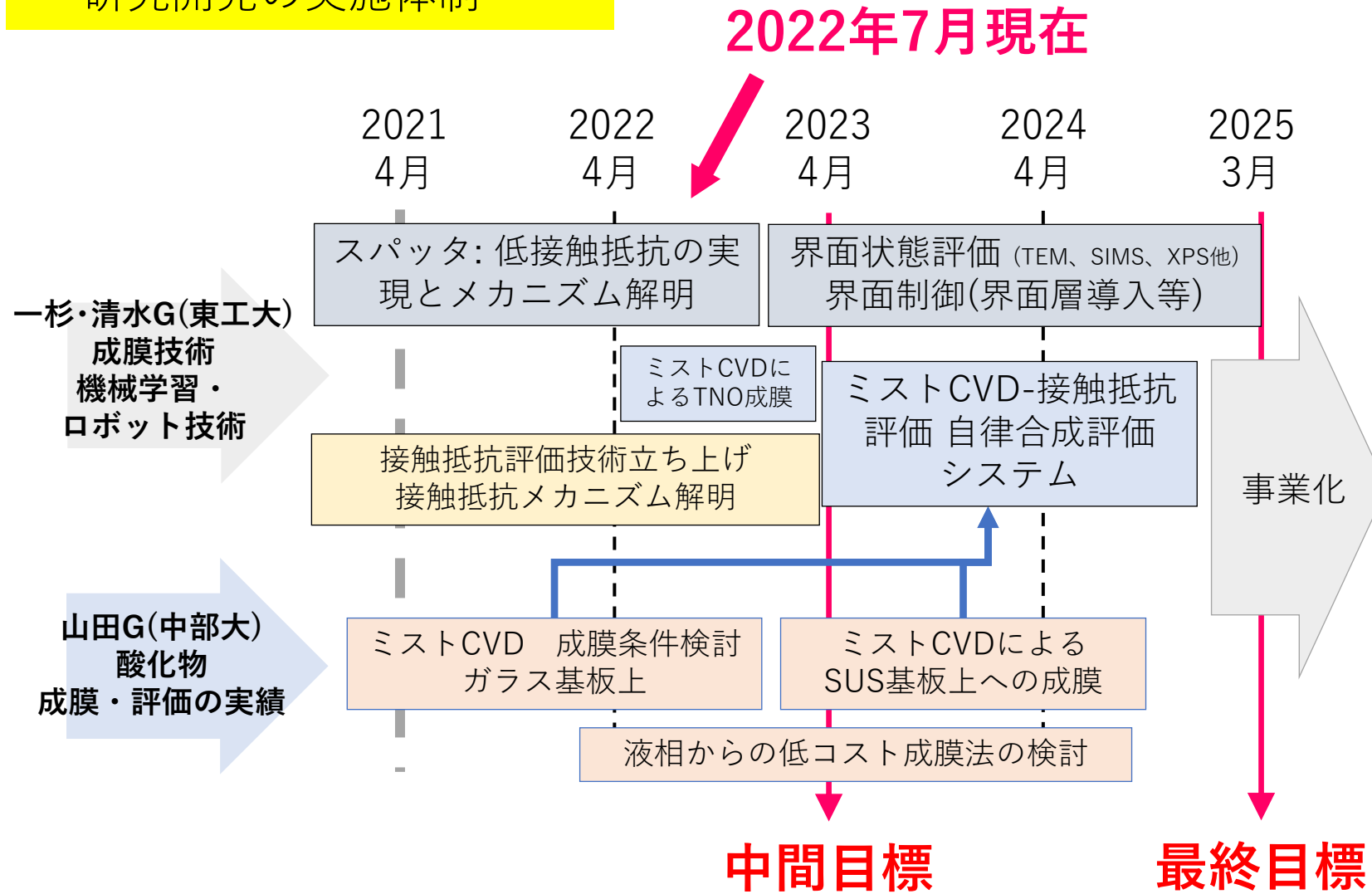
*柳本博: 表面技術 Vo.71 No.1 (2020)

☆目標設定の考え方

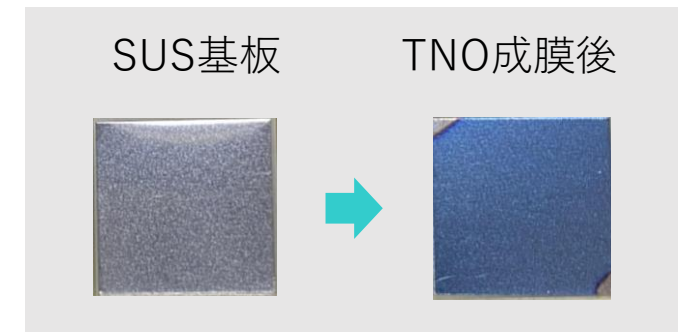
- 接触抵抗値はすでに実用化されている燃料電池と同等の数値
- 腐食耐久性は燃料電池の他部材の寿命以上に設定
- 総プロセス時間は真空プロセスの1/10に設定 ※真空装置が不要：製造装置コストも1/10
(上記の最終目標値は協力企業であるトヨタ自動車と合意済みである)

2. 研究開発マネジメントについて

- 研究開発のスケジュール
- 研究開発の実施体制



自律合成評価システム



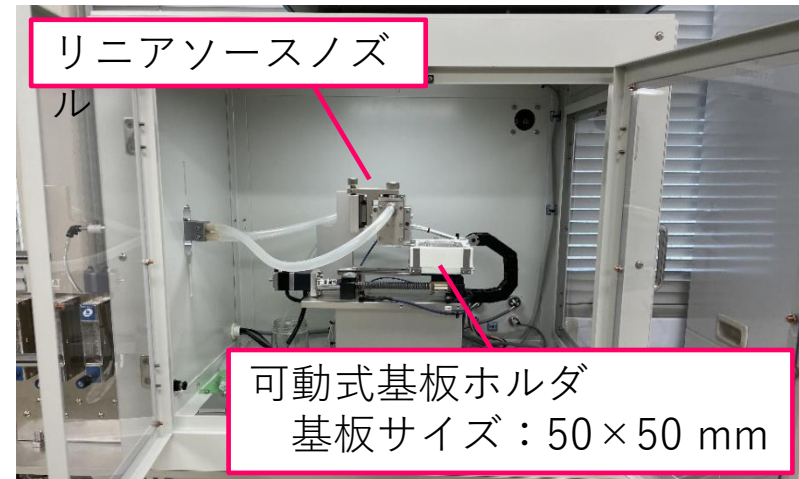
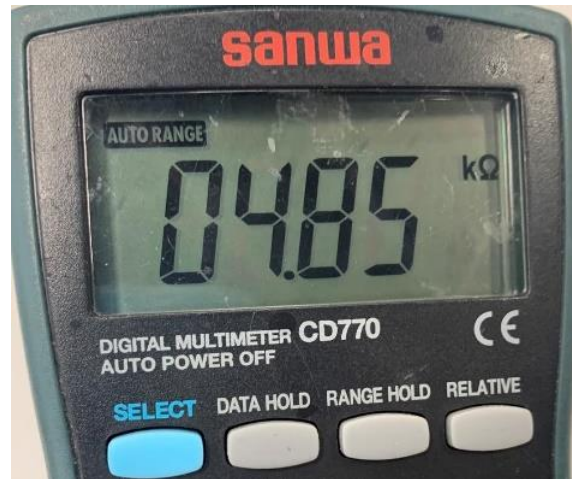
SUS基板上へのTNO成膜

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
- 特許や論文、学会発表、広報等の取り組み

★中間目標値(2022年度末)

1. TNOの抵抗率 : $1 \times 10^{-1} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下 (1 cm角ガラス) $\Rightarrow 2.6 \times 10^{-1} \Omega \cdot \text{cm}$ (現在)
2. 接触抵抗 : $10 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下 (1 cm角SUS) $\Rightarrow 30 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ (現在)
3. TNO成膜速度 : 5 nm min^{-1} 以上 (1 cm角ガラス) $\Rightarrow 10 \text{ nm min}^{-1}$ (現在)



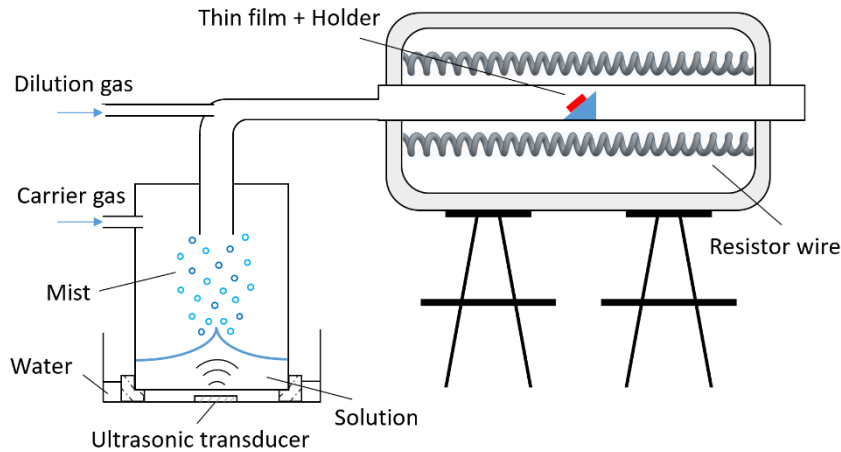
東工大 ガラス基板上に成膜した
導電性TNO薄膜

中部大学 大面積基板への成膜に適した
リニアソース型装置

☆ここまでの成果について2022年応用物理学会で学会発表を予定(2件)

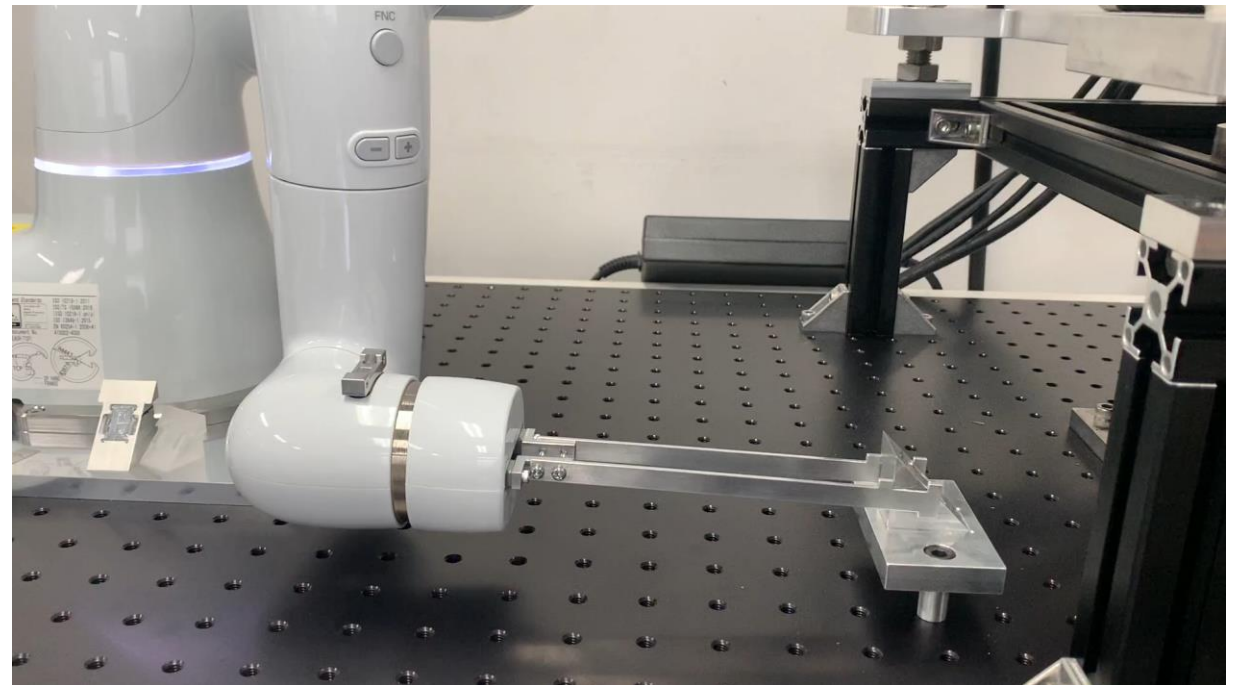
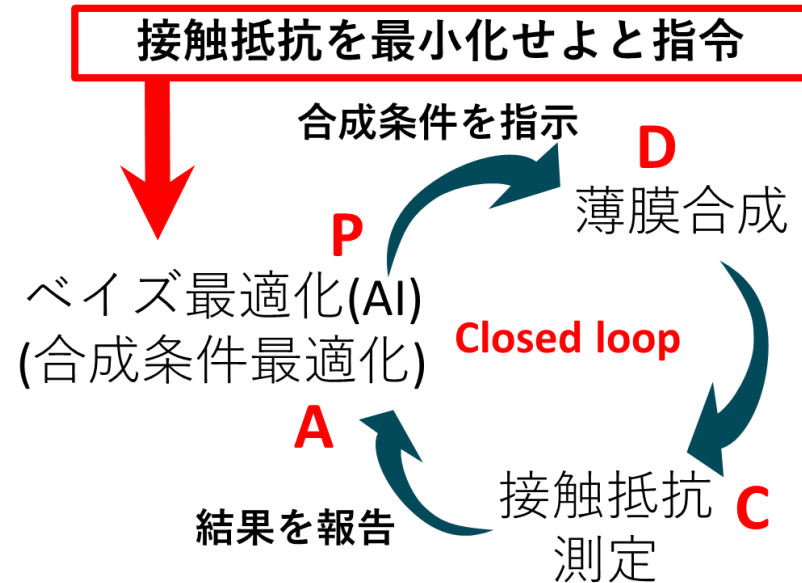
3. 研究開発成果について

☆目標達成に向けたアプローチ：自律的に実験を進め、研究を加速



制御パラメータ

溶液濃度、溶媒、温度、ガス種、ガス流量
(キャリア、希釈)、成膜温度、成膜時間、基板
位置、炉心管内径、etc.



4. 今後の見通しについて

- 実用化・事業化のイメージ（成果がどのように使われるか）
 - 実用化・事業化に向けた具体的な取り組み（計画や戦略等）
-
- 新セパレータにより、
燃料電池セルの5-10%コスト削減を実現する
 - プロジェクト終了後は薄膜作製装置メーカーとともに、
セパレータ作製用大面積ミスト CVD 装置を開発する
 - 自動車メーカー、あるいは燃料電池セルメーカーに納め、
新セパレータの実用化を図る
 - 自動化・自律化した研究開発システムを
多様なコーティング材料へ応用展開し、迅速な技術開発を行う