

高効率・高耐久・可逆作動SOFCの研究開発

団体名：国立大学法人山梨大学（共同実施：株式会社リタケカンパニーリミテド）

発表日：2024年7月18日

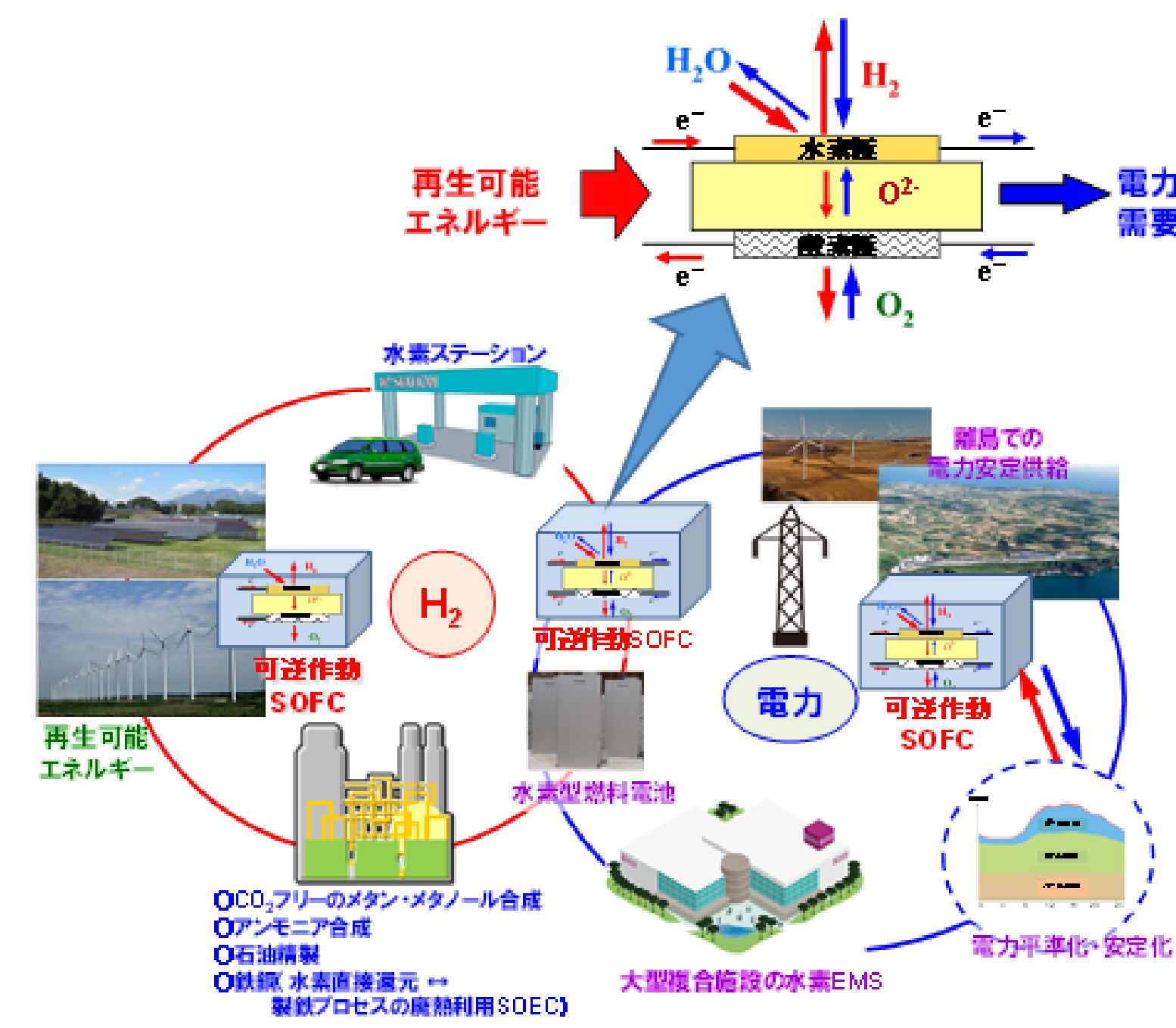
1. 本事業の背景と目的

可逆作動SOFCは1つのセルで高効率な発電と、余剰電力を利用した水蒸気電解（SOEC）が可能であり、再生可能電力の平準化や高効率な電解能力を活かしたPower to Gasへの需要も見込まれている。これによりSOFCの稼働率が向上し、コストダウンへの貢献が期待できる。国内外でスタック等の試験が進められているが、SOECモードのみに発現するNiロス等による劣化現象が解明されていない。

そこで、本研究開発では、基礎に立ち返った耐久性向上と高効率化のコンセプトを確立し、企業と連携して可逆作動SOFCの高効率・高耐久・低コスト化に取り組む。これに必須の以下の項目を研究開発する。

- 山梨大学で初めて見出された、可逆運転によってNi-Co高分散SDC水素極が安定化する機構を解明し、高耐久化指針を明確にする。
- 共同実施者のリタケカンパニーリミテドは、高効率化・高耐久化に必須のナノ構造を制御した水素極およびガスシール材料を開発し、山梨大学と共同で性能・耐久性を評価する。
- コストと設置面積低減のキーポイントとなる高電流密度化に取り組む。

本研究開発において、可逆作動SOFCの耐久性向上と高効率化のコンセプトを確立し、高効率・高耐久・低コスト化が実現すれば、SOFCシステムの市場拡大による低コスト化へ貢献することが期待できる。さらに、開発ガスシール材料は通常型SOFCにも適用可能であり、燃料利用率向上による発電効率の向上への波及効果が期待できる。

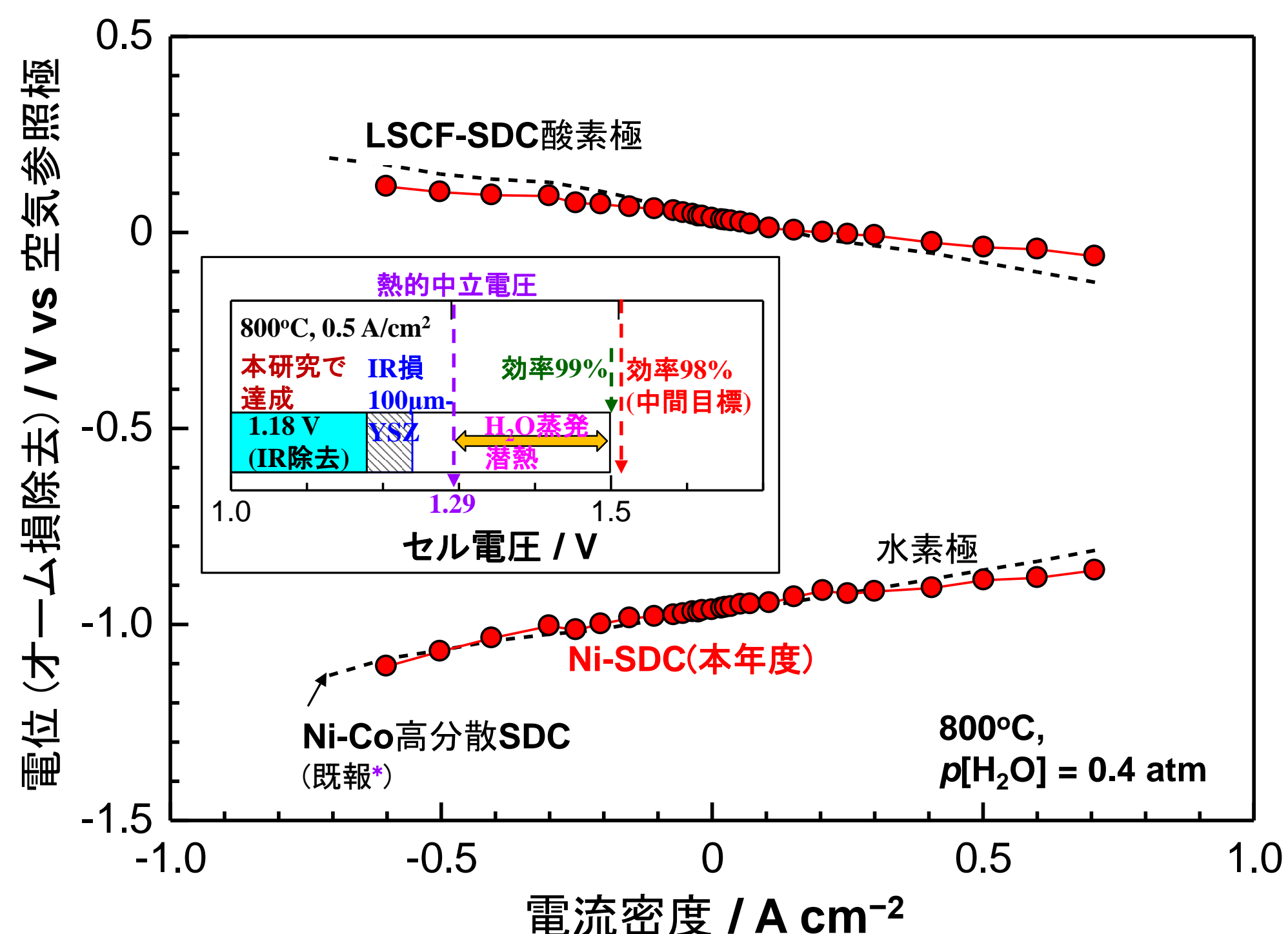
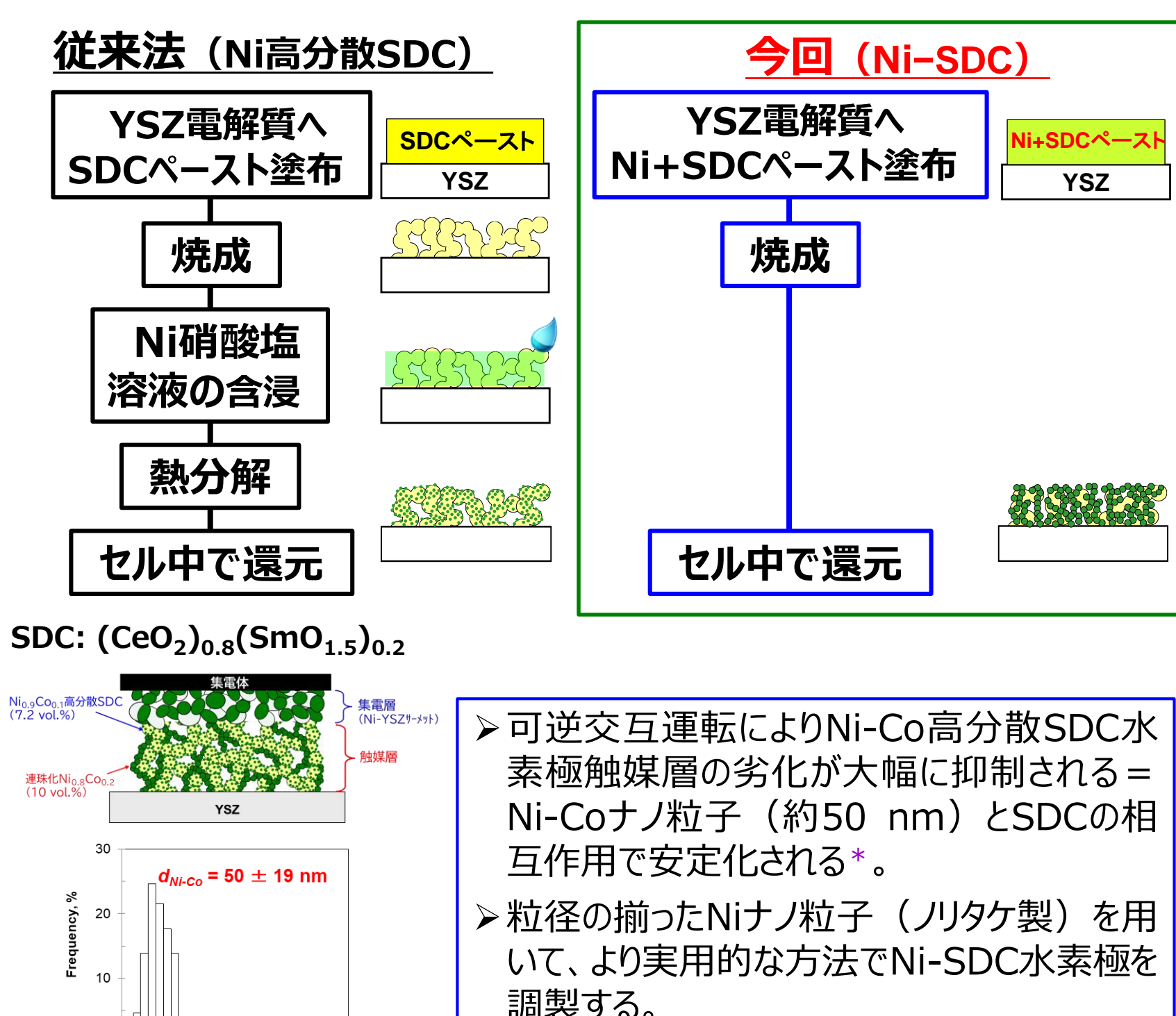


2. 研究開発目標

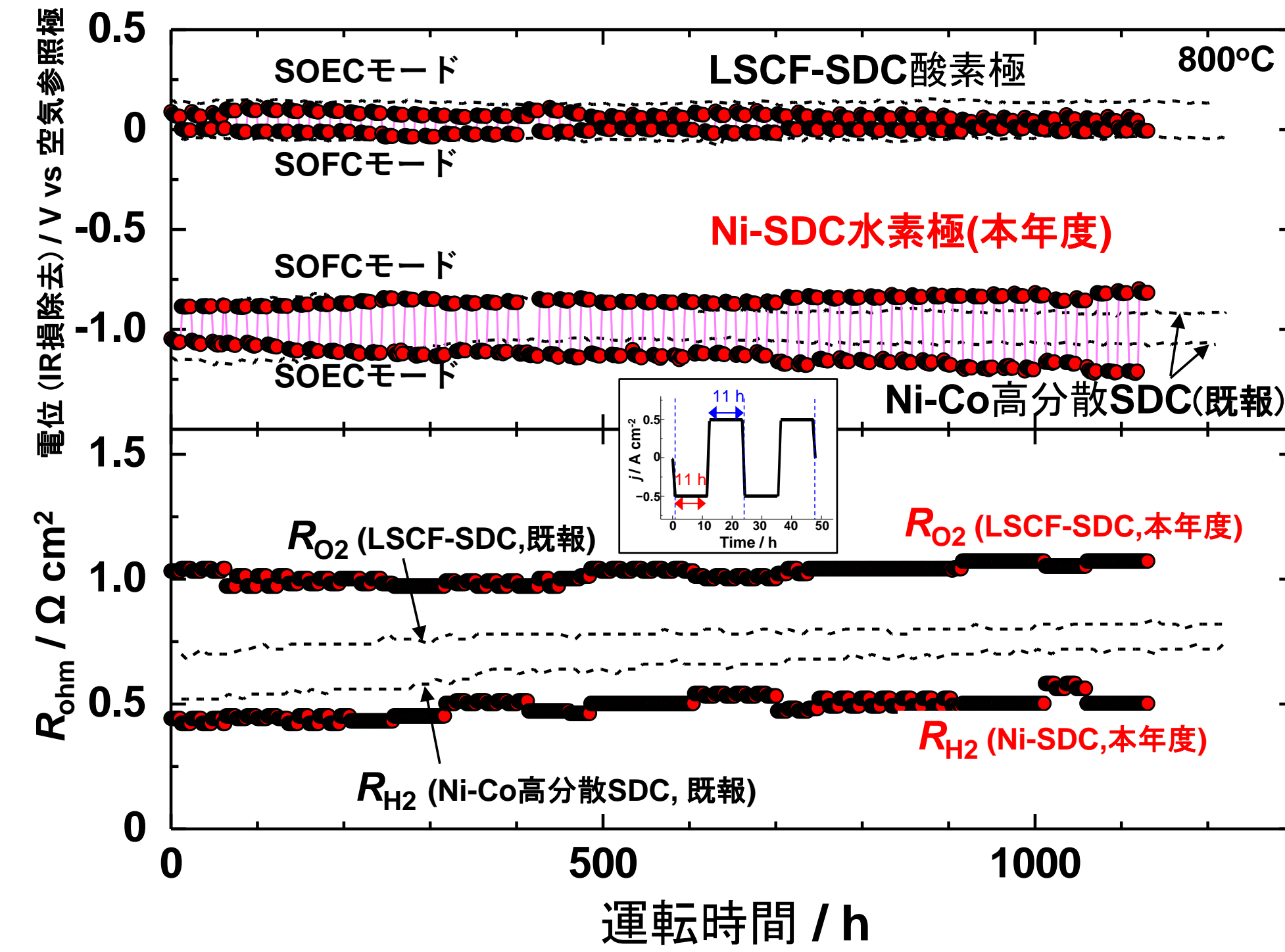
目標時期等	可逆作動SOFC電極の高性能・高耐久化（山梨大学）	水素電極材料およびガスシール材料の研究開発（リタケカンパニーリミテド）
2020年度 (2021年3月)	<ul style="list-style-type: none"> 種々の条件で運転した山梨大学開発セルでの水素極の微細構造を定量的に解析する。 協力企業から提供される従来型SOFC単セルの可逆運転特性評価装置を整備し、試験運転を開始する。 	<ul style="list-style-type: none"> 可逆SOFC雰囲気曝露試験の評価項目を明確化し、治具設計等によりガスシールの評価法に目処を立てる。 700～800℃、広範囲の水蒸気分圧で水素リーク量が1%以内のガスシール材の開発方針を立てる。 山梨大学のアドバンス型セル用の水素極材料を試作し、山梨大学に提供する。
中間目標 2022年6月	<ul style="list-style-type: none"> 山梨大学開発セルでの水素極安定化現象を定量的に解析し、水素極材料開発指針を明確にする。 協力企業から提供される従来型SOFC単セルの可逆運転での課題を抽出し、課題解決の指針を提示する。 	<ul style="list-style-type: none"> 可逆作動SOFCの運転環境（700～800℃、広範囲の水蒸気分圧）で水素リーク量（Heリーク量で測定）が1%以内のガスシール材料を開発する。また、得られた成果を国際学会等で報告し、国内外に技術アピールを行う。関連特許1件の出願を目標とする。
2022年度	<ul style="list-style-type: none"> リタケから供給される新規水素極材料を用いた水素極を調製し、調製条件と可逆SOFC初期特性および微細構造の関係を明らかにする。 	<ul style="list-style-type: none"> 開発したガスシール材料の可逆SOFC運転における耐久性を明らかにする。
2023年度	<ul style="list-style-type: none"> リタケから供給される新規水素極材料とLSCF-SDC酸素極を用いたアドバンス型ボタンセルにより可逆SOFC運転し、SOECモードの電流密度0.5 A cm⁻²で初期電圧効率98%以上の見通しを得る。 各種運転モード（電流変動、高電流密度、交互運転等）でのアドバンス型ボタンセルの耐久性を明らかにし、フィードバックする。 	<ul style="list-style-type: none"> ナノ材料制御による電極材料の高性能化により、可逆作動SOFCモードで初期1000時間の材料劣化率3%以下の見通しを得る。また、得られた成果を国際学会等で報告し、国内外に技術アピールを行う。関連特許1件の出願を目標とする。
最終年度 2024年度	<ul style="list-style-type: none"> アドバンス型セルの各種運転モード（電流変動、高電流密度、交互運転等）での劣化機構を解明する。劣化機構解明に基づき、可逆作動SOFCの高耐久化運転指針を確立する。 	<ul style="list-style-type: none"> ガスシール材料および高性能水素電極材料の開発を行い、可逆作動SOFCで実用的に使用可能な材料を創出する。電極材料およびガスシール材料について可逆SOFCモードで評価し、初期1000時間の劣化率1%以下の見通しを得る。

3. 顕著な成果

可逆作動SOFC電極の高性能・高耐久化

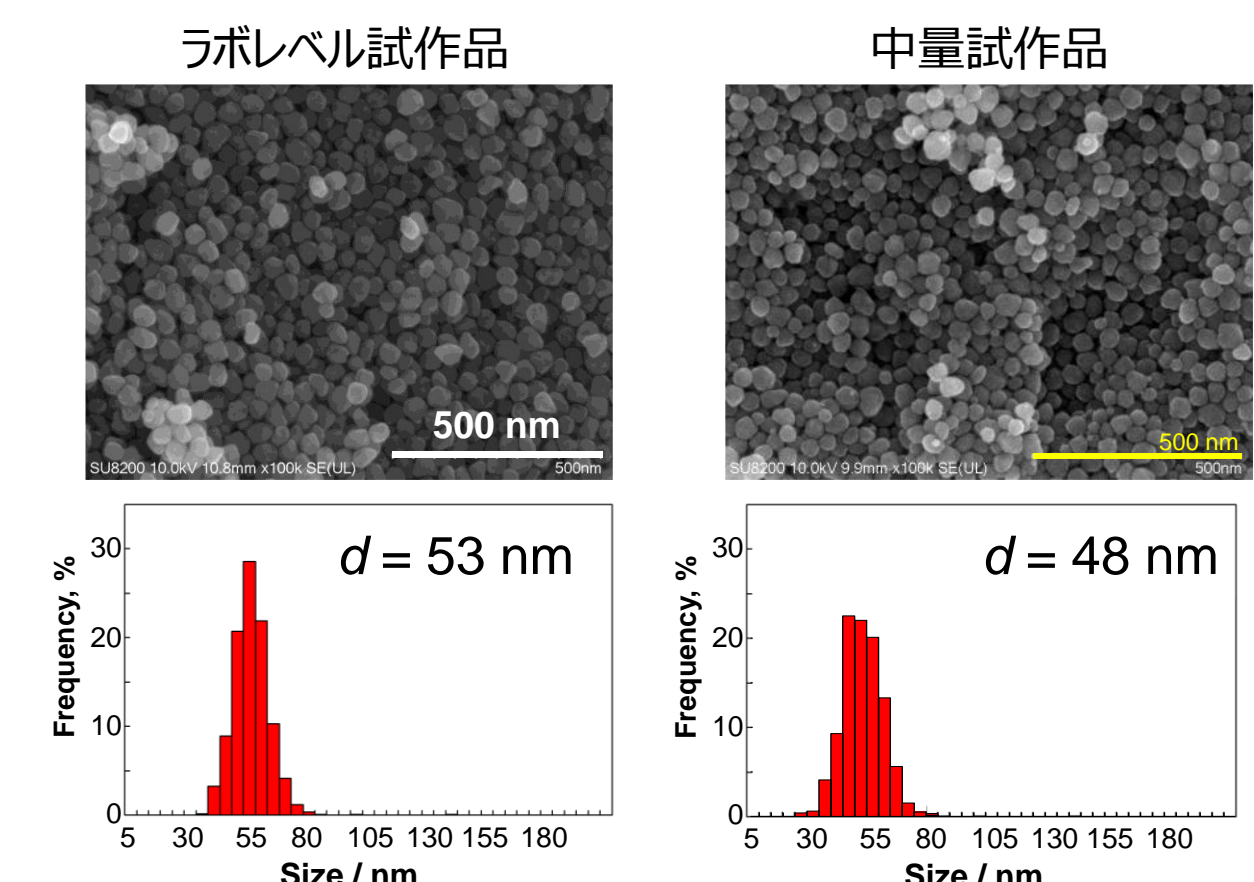


- Niナノ粒子を用い、より実用的な方法で分散性が良好なNi-SDC水素極を調製できた。
- 微細構造の制御により、従来の含浸法で調製した水素極と同等以上の性能が得られ、中間目標をクリアできた。
- LSCF-SDC酸素極の性能は既報*よりも、やや向上した。

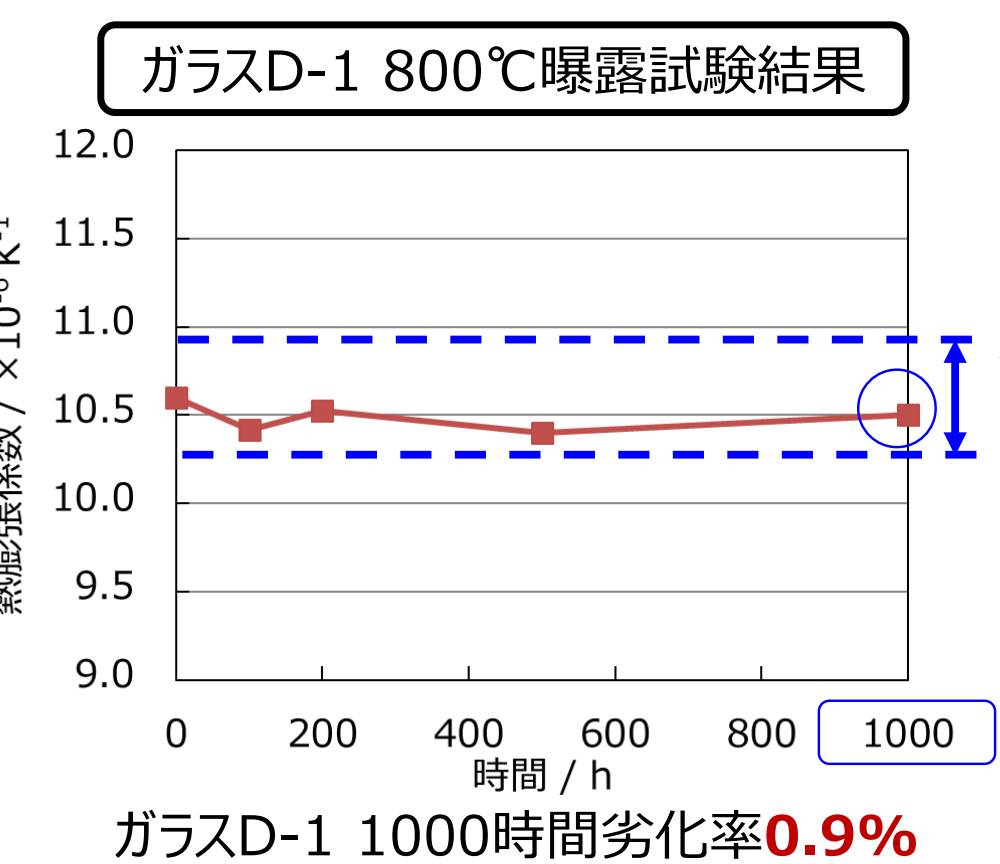
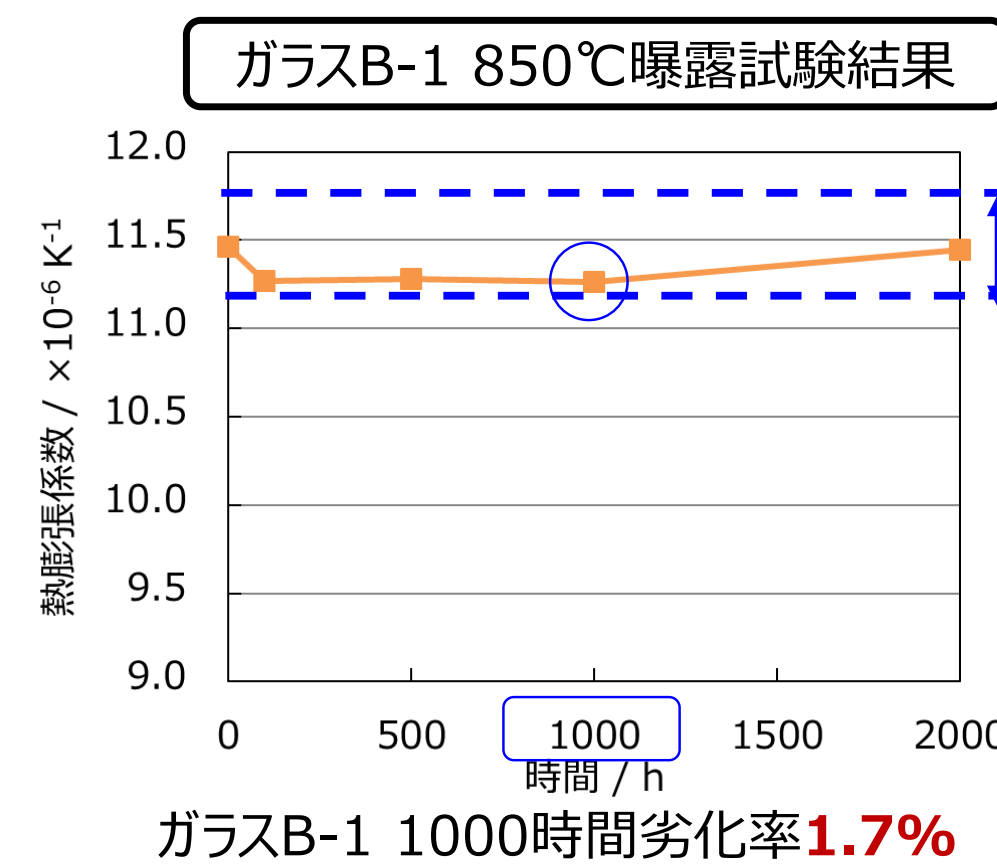


- 安定に交互運転できた。酸素極は既報よりも優れた可逆性を示した。
- 水素極側のR_{ohm} 0.45 → 0.50 Ω cm²。電位が劣化方向にシフトした。微細構造変化を解析中。
- 同バッチのセルでSOEC連続運転した時の電位とR_{ohm}は安定していた。

水素電極材料およびガスシール材料の研究開発



水素極用Niナノ粒子：ラボ(数十g/ロット)→中量(数百g/ロット)へのスケールアップを実現 山梨大学へサンプル提供、スケールアップ安定性をN増し試験により検証中。



ガラスシール材料：低温域用（700～800℃）シール材として開発したガラスD-1を800℃、従来品B-1を850℃で空気曝露試験した。ともに熱膨張係数の1000時間後劣化率3%以内であり、特にD-1は0.9%以内で最終目標1%以内をクリアできた。

ガラスD-1シートでのシール形状

小サイズ用
外径18 mm
内径14 mm

中サイズ用
外周□42 mm
内周□30 mm



- シール寸法のサイズアップ
- シール形状 丸→四角
- 評価用四角セル想定手法への適合ポテンシャルを確認
- 更なる大サイズ化（□100 mmレベル）を検証中

ガラスシール材料のスケールアップ：ガラスD-1の100 kg級量産を検討し、製造条件調整によりラボ品と同等の特性を得られることを確認できた。

4. 実用化に向けた取り組み

- 本PJの協力機関：システムメーカー（東芝エネルギーシステムズ）、ユーザー企業に想定されるガス会社（東邦ガス）とSOECを用いたグリーンメタン合成の大型プロジェクトを推進している大阪ガスが関心表明書を提出している。
- 本PJで定期的に開催する技術協議連絡会には、山梨大学と共同実施のリタケカンパニーリミテド、NEDOの担当主査に加え、上記協力機関からの登録委員等が参加し、活発に意見交換している（NDA締結済み）。
- 可逆SOFC運転での劣化解析について、NEDOプロジェクトでSOFC劣化解析のノウハウを集積している産総研と連携している（NDA締結済み、2022年～）。

特許出願

出願日	出願番号	発明の名称	出願人
2023/3/30	特願2023-058526	焼成用または乾燥用の治具、該治具を構成する支持部材、および該支持部材を構成するユニット部材	リタケカンパニーリミテド
2023/3/30	特願2023-056527	ガラス接着剤および該ガラス接着剤の焼成物である接合部を有する焼成用または乾燥用の治具	リタケカンパニーリミテド
2024/3/29	特願2024-055140	ガラス接合材およびその利用	リタケカンパニーリミテド

連絡先：国立大学法人山梨大学 クリーンエネルギー研究センター
内田裕之（h-uchida@yamanashi.ac.jp）