

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026

プログラムNo.603-1-15

NEDO先導研究プログラム/エネルギー・環境分野に おける革新的技術の国際共同研究開発 ローカル水素供給を実現するアンモニア 分解システムに関する国際共同研究開発

発表：2026年7月21日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

大友 順一郎

*（国）東京科学大学、（国研）産業技術総合研究所、（一財）電力中央研究所

問い合わせ先 東京科学大学 大友 順一郎

E-mail: otomo@tse.ens.titech.ac.jp TEL: 03-5734-3971

事業概要

1. 事業期間

開始：2024年12月1日 終了（予定）：2027年11月30日

2. 最終目的

アンモニアを水素エネルギーキャリアとして活用し、**従来必要であった分解・水素分離・昇圧の複数プロセスを一体化**するプロトン伝導セラミック電気化学リアクター（PCER）技術を開発することで、オンサイトでの高効率・低コストな水素供給システムの実現を目的とする。特に、内陸部や分散型需要地における水素供給の課題を解決し、水素利用の拡大とCO₂削減に貢献する革新的基盤技術の確立を目指す。

3. 成果・進捗概要

研究開発項目	主な成果	実施担当者
A: PCER用NH ₃ 分解電極触媒の開発	• Ni基二層電極構造を選定、90%以上のNH₃転化率達成 • オーム過電圧低減が効率向上の決定要因	• Science Tokyo
B: PCERセルの開発と実証	• 水素透過量 12 mL min⁻¹cm⁻²、50 cm²セル、最大ファラデー効率約90%（水素透過）、リーク電流が効率低下要因 • NH₃混合ガス下での水素分離・部材安定性を実証、シール材選定・昇圧試験により0.2 MPaまで耐圧性確認	• 産総研 • 電中研 • EIFER
C: システム数値モデル解析手法開発	• DETCHEM解析による水素収率95%条件下で最適電極構造の評価 • HHV効率80%におけるシステム運転条件最適化	• Science Tokyo • KIT

1. 事業の位置付け・必要性

【背景】

アンモニアは輸送・貯蔵性に優れた水素エネルギーキャリア（※海外からの大量輸入が計画）

↳ アンモニアをローリー車で内陸エリアに輸送し、水素利活用域を広げることで、我が国のCO₂削減に寄与

オンサイトに設置できる小型で低コストなアンモニア-水素変換システムが必要

（※現在のシステムでは触媒、高温アンモニア分解装置、ガス分離装置、圧縮装置が必要）



【目的】

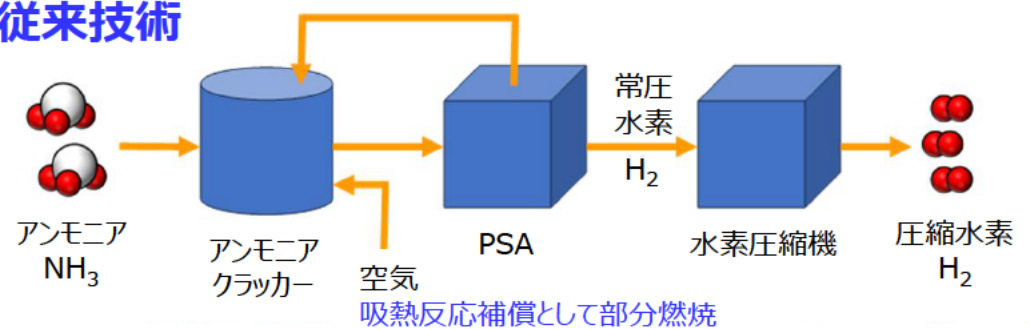
革新的アンモニア分解水素供給システムを実現するための、**プロトン伝導セラミック電気化学リアクター（PCER）**を開発

①アンモニア脱水素反応、②水素分離、③水素昇圧の3プロセスを1ステップで行うことで、「高効率・小型化・低コスト化」

【研究開発内容】

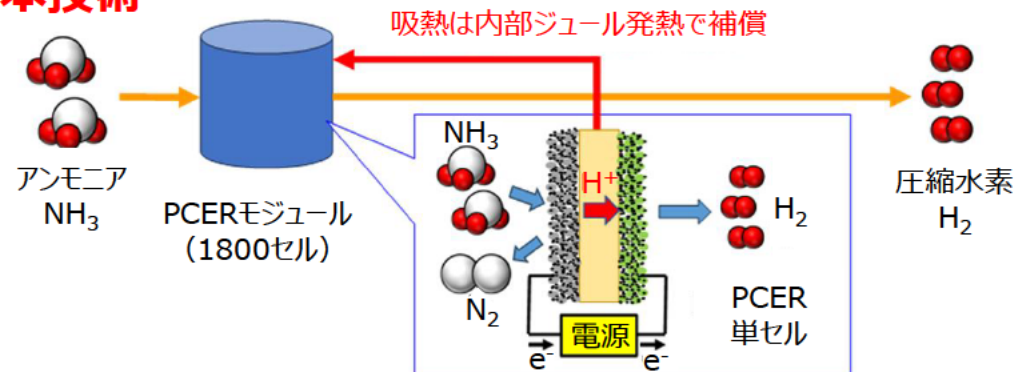
(A)アンモニア分解電極触媒の開発、
(B)PCERセルの開発と実証、
(C)アンモニア分解システムの数値モデル解析に取り組む

従来技術



300 Nm³/h級 水素製造システムの設置面積（推定）：約2m × 約5m = 約10m²

本技術



300 Nm³/h級 水素製造システムの設置面積（推定）：約2m × 約2m = 約4m²

2. 研究開発マネジメントについて



2. 研究開発マネジメントについて

SG審査

研究項目	FY 2024		FY2025				FY2026				FY2027		
	3 Q	4 Q	1 Q	2 Q	3 Q	4 Q	1 Q	2 Q	3 Q	4 Q	1 Q	2 Q	3 Q
<u>A: PCER用アンモニア分解電極触媒の開発</u> A-1: アンモニア分解電極触媒の材料選定と電極化 A-2: PCERの高効率動作にむけたボトルネックの抽出													
<u>B: PCERセルの開発と実証</u> B-1: PCERセルの高性能化と大面積化 B-2: アンモニア－水素変換の実証													
<u>C: システムの数値モデル解析手法の開発</u> C-1: PCER電極反応速度モデルの構築 C-2: PCERシステムモデルの構築													
イベント (★: 全体会議、◎: 国際交流)		★ ◎		★ ◎		★ ◎	★ ◎		◎		★		★ ◎

3. 研究開発成果について

(A) PCER用アンモニア分解電極触媒の開発（東京科学大学）

研究開発内容と目標

【A-1】

NH₃転化率99%を達成する
電極材料の選定とPCERの
操作条件の明確化

【A-2】

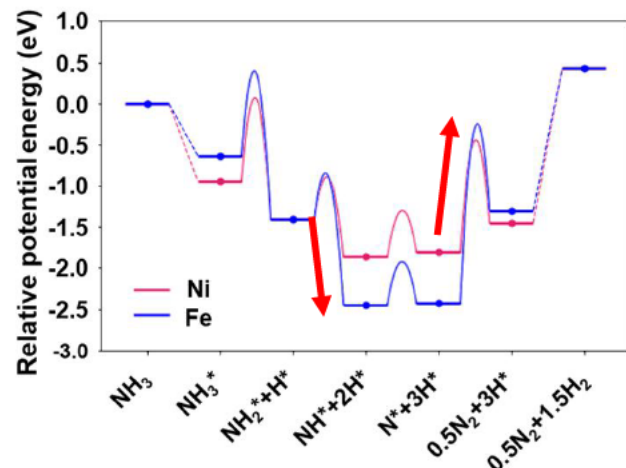
PCERの高効率作動にむけた
ボトルネックの抽出

研究成果

【A-1成果1】DFT計算

ボトルネック過程: $\text{N} \rightarrow \text{N}_2$

触媒活性: $\text{Ni}, \text{Co} > \text{Fe}$



研究成果

【A-1成果2】NH₃分解実験

- Co元素拡散のため
Ni・Feを比較

➤ NH₃転化率
(材料比較):

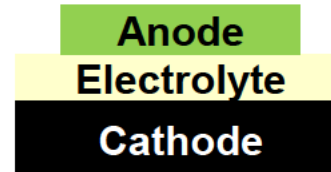
$\text{Ni} > \text{Fe} > \text{Ni-Fe}$

➤ NH₃転化率
(構造比較):

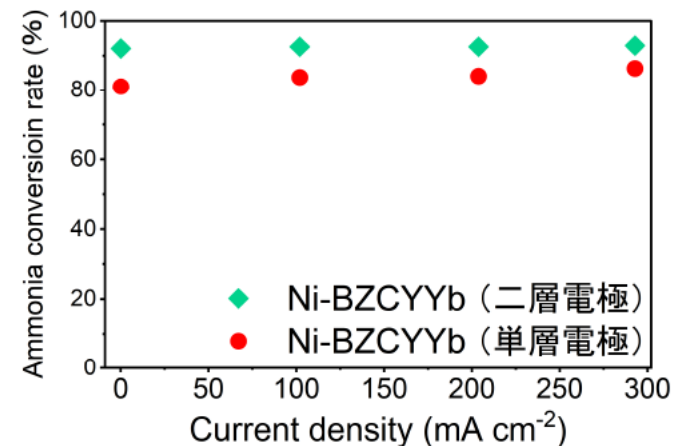
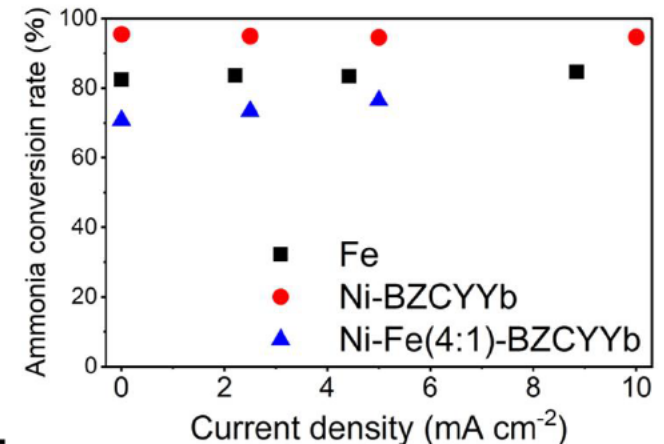
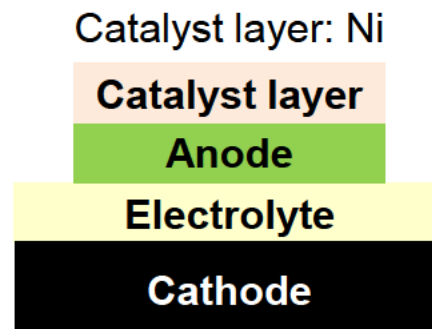
二層電極 > 単層電極

Anode: Ni-BZCYYb1711

単層



二層



3. 研究開発成果について

(A) PCER用アンモニア分解電極触媒の開発（東京科学大学）

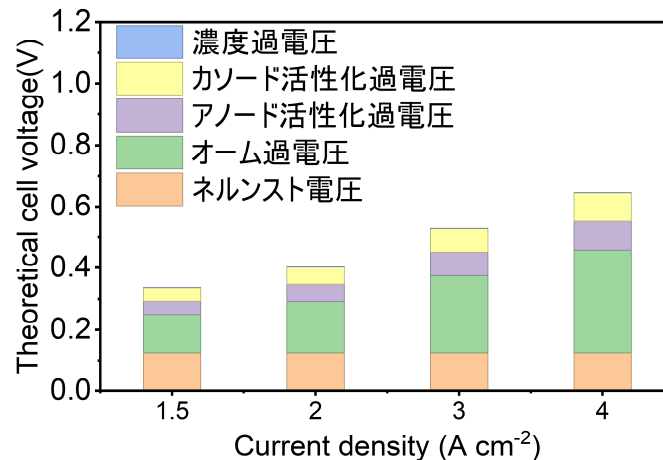
研究成果

【A-2成果1】
損失要因評価各
過電圧（活性化・
オーム・濃度）の
効率への影響評価

オーム過電圧が
最大損失要因

【A-2成果2】供給ガス加湿検討（ネルンスト・
プランク・ポアソンモデル）
プロトンポンピングに
おける供給ガス
水蒸気濃度の
影響評価

供給ガス加湿
（3～7%）により
必要電力低減



国際共同研究の成果

【成果】
EIFER・KITを含む**全機関が共著**
となる論文執筆

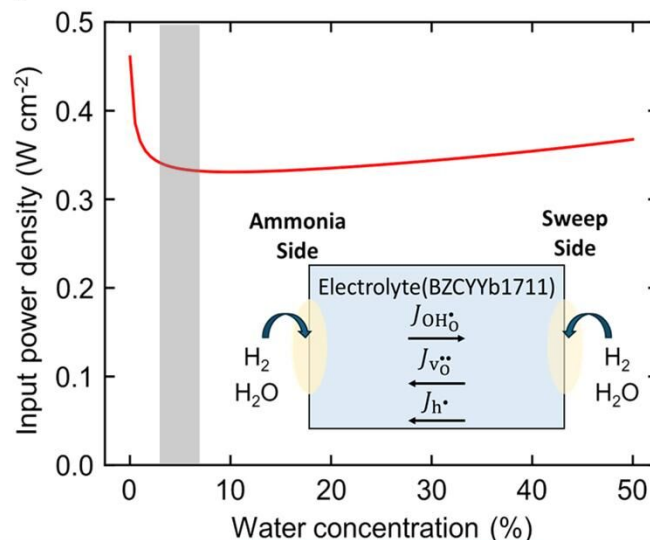
【ポイント】
計4回の日独間相互訪問により、研究
者間の直接的な議論が活発に実施

今後解決すべき課題、問題点

【A-1課題】**NH₃転化率向上**
【対策】実触媒の構造を考慮した解析、
電極構造（厚さ・気孔率）や流量
条件の最適化

【A-2課題1】**水蒸気の影響解明**
【対策1】水蒸気がオーム過電圧に
与える影響を評価

【A-2課題2】**水素収率向上**
【対策2】ガスリーク低減プロセス開発

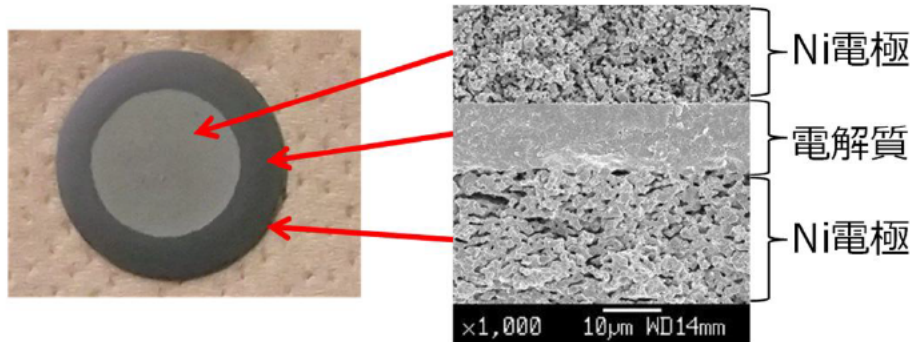


3. 研究開発成果について

(B-1) PCERセルの高性能化と大面積化（産総研・電中研・EIFER）

研究開発内容と目標

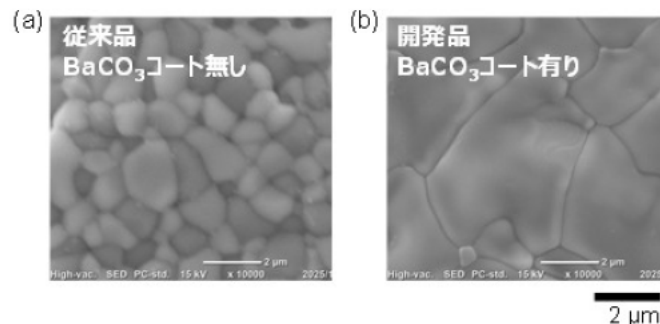
- ・コインサイズのPCERの製造プロセスの確立
- ・水素透過量 $14 \text{ mL min}^{-1}\text{cm}^{-2}$ （電流密度 2.0 A cm^{-2} ）以上の達成
- ・大面積化PCERの試作と課題の抽出



事業開始時のコインサイズPCER
（電極面積：約 1 cm^2 ，
水素透過量：約 $3 \text{ mL min}^{-1}\text{cm}^{-2}$ ）

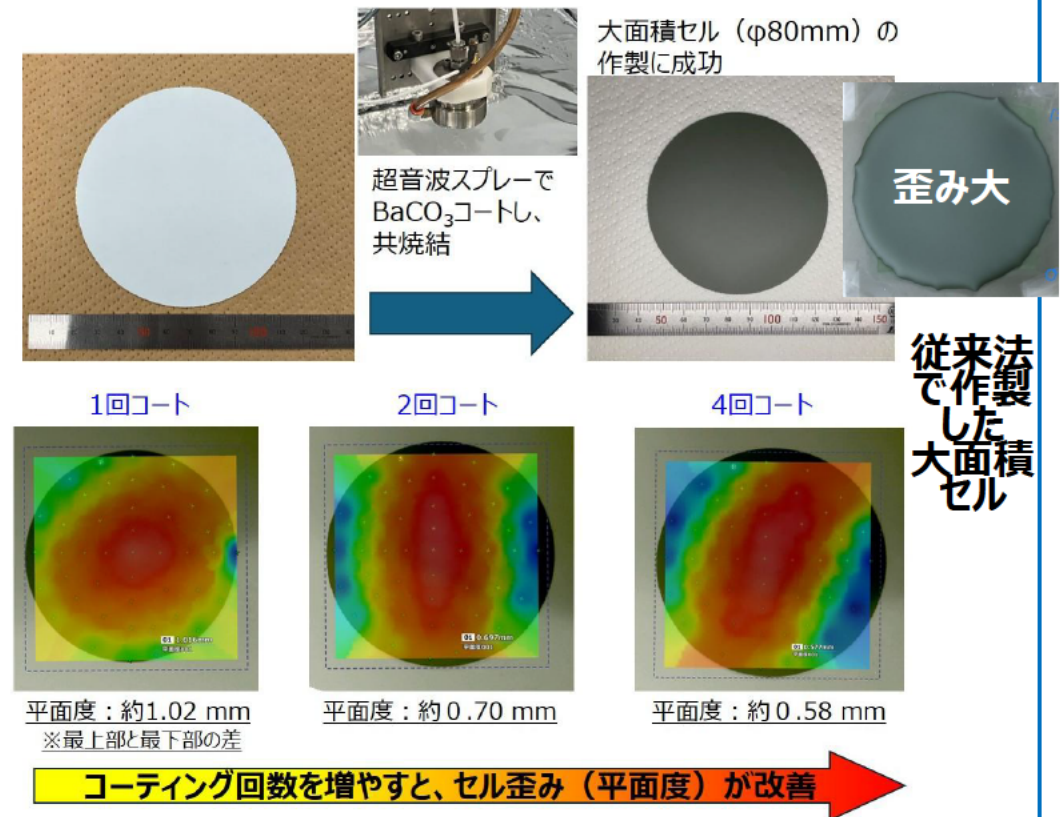
研究成果

【成果1】
電解質の
粒成長を促す
新規プロセス「 BaCO_3 コート焼結法」を開発



研究成果

【成果2】超音波スプレーによる BaCO_3 コートにより、歪みのない、 **$\phi 80 \text{ mm}$ 大面積セル**（ **50 cm^2** ）の作製に成功



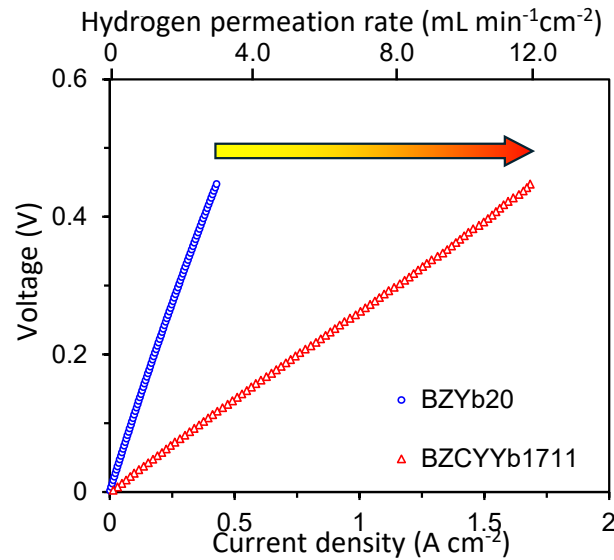
特許出願中

3. 研究開発成果について

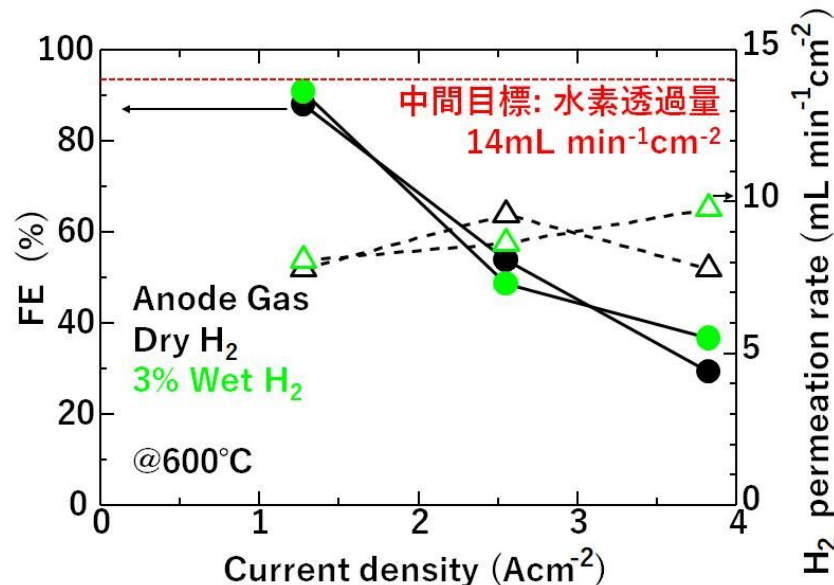
(B-1) PCERセルの高性能化と大面積化 (産総研・電中研・EIFER)

研究成果

【成果3】
水素透過量を
約12 mL
 $\text{min}^{-1} \text{cm}^{-2}$
(事業開始時
の約4倍) に
向上



【成果4】約90%の高いファラデー効率
(1.27 A cm^{-2} 時) を達成



国際共同研究の成果

【成果】PCERセル大面積化 ($\phi 80 \text{ mm}$)
を前倒して達成

【ポイント1】EIFERの開発コンセプトに同調、
アイロニング（焼き直し）を行わない大面積
化プロセスに開発リソースを集中

【ポイント2】セル歪みの改善方法について、
EIFERを参考に、超音波スプレーの導入とそ
の活用法について着想

今後解決すべき課題、問題点

【課題1】水素透過性能のさらなる向上

【対策1】電極微細構造制御と電解質の
粒成長によりセル総抵抗低減

【課題2】高電流密度でのファラデー効率低下

【対策2】リーク電流および側面ガスリークの
増大が原因、ガラスシール材改良による
気密性向上、中間層導入によるリーク抑制、
高プロトン伝導材料の適用による低電圧化

3. 研究開発成果について

(B-2) アンモニア－水素変換の実証 (電中研・産総研・EIFER)

研究開発内容と目標

- ・NH₃混合ガスからのPCERによる高純度水素分離 (水素収率90%・純度99%以上)
- ・PCERセルおよび部材の分析・解析
- ・電気化学ポンプによる昇圧特性評価の設計・製造

研究成果

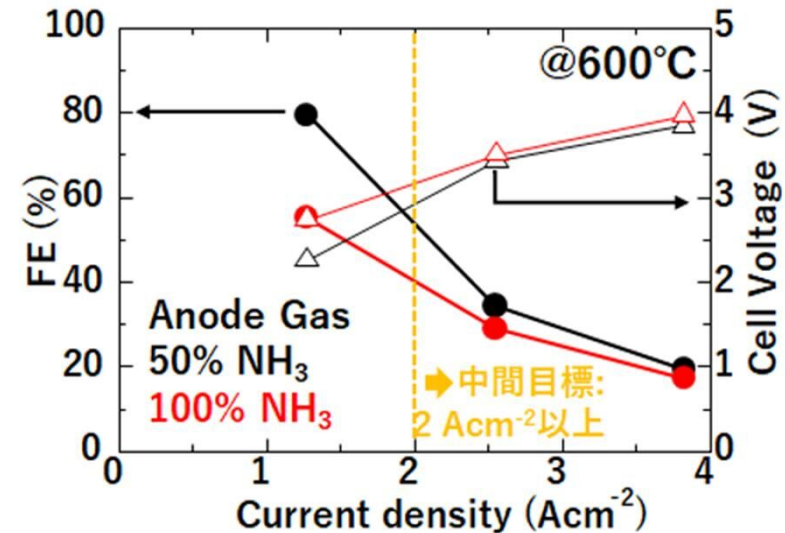
【成果1】NH₃混合ガスからのPCERによる高純度水素分離



- ・ 腐食性のある高濃度NH₃ (～100%) を用いて試験が行えるよう、既存の装置をアンモニア対応に改造して水素分離の実証を実施

研究成果

【成果2】NH₃混合ガス (50%、100%) からの水素分離特性評価



- 50%NH₃では水素雰囲気と同等のセル性能、100%NH₃ではセル抵抗・電極抵抗が増大
- **ファラデー効率 (FE) 最大80%程度**を示す条件もあるが、電流密度の増加に伴い低下、高電流密度域ではガス組成による差は小

NH₃混合ガスからの水素分離は可能、
水素収率90%および水素透過量
14 mL min⁻¹cm⁻²以上の達成には
セル電圧低減とリーク電流抑制が重要

3. 研究開発成果について

(B-2) アンモニア-水素変換の実証 (電中研・産総研・EIFER)

研究成果

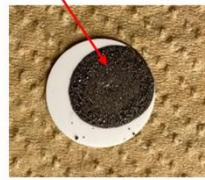
【成果3】電極・電解質・ガラスシール材のNH₃耐性評価

アルカリ金属元素が黒色化の原因



空气中焼成後

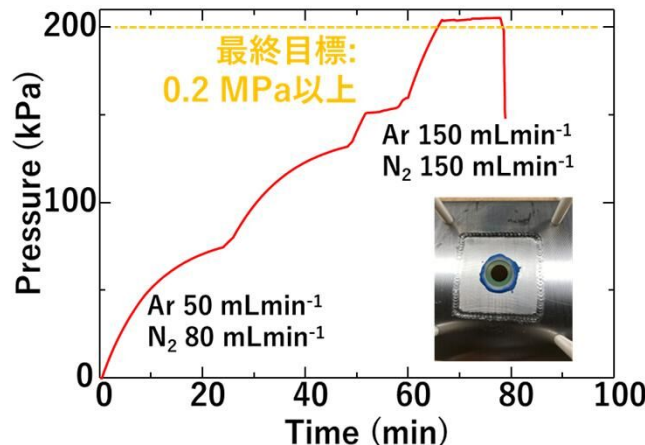
ノリタケ製
RQ3
シール材



650°C, 30min NH₃暴露後

- **Ni電極は高い安定性**、Feは窒化の影響を受けやすい
- BZCYYb系電解質とNi電極の組み合わせは**NH₃雰囲気下でも安定**
- ガラスシール材は、アルカリ金属を含むと劣化、Ba含有のガラスシール材では、**元素拡散抑制**

【成果4】電気化学ポンプによる昇圧特性評価の設計・製造



研究成果

- 昇圧用セルホルダーを設計・製作、Ba含有ガラスシール材 (NDD236) の加圧試験を実施
- 600°Cにおいて**目標値である0.2 MPaまでのシール材の耐圧**および安定保持が可能、昇圧運転の実現可能性を実証

国際共同研究の成果

【成果】NH₃混合ガスおよび加圧条件を含む実運用評価を初めて実現

【ポイント】EIFERとの国際共同研究により、アンモニア系評価および材料耐性に関する知見を取り入れ、セル評価の枠組みを構築

今後解決すべき課題、問題点

【課題】**シール材起因の昇圧時ガスリーク**

【対策】焼成温度条件の検討によりガラスの緻密化、気密性向上によって、加圧条件の安定した水素保持が可能となる見通し

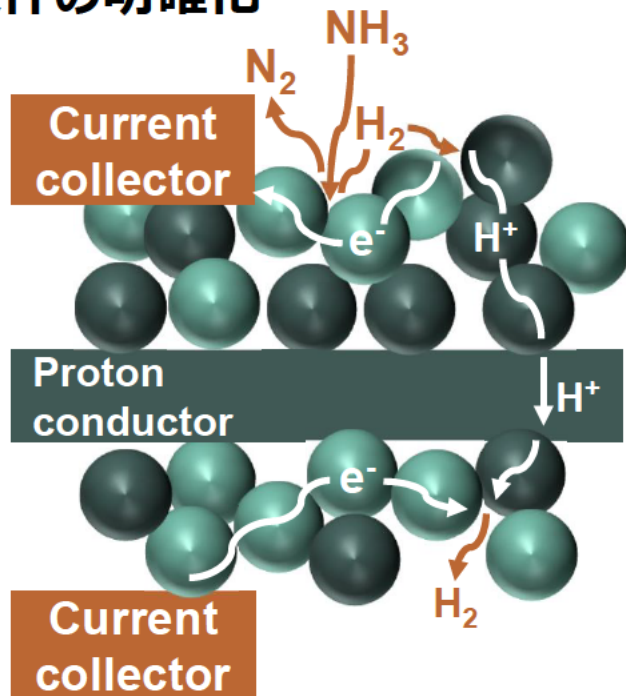
3. 研究開発成果について

(C) システムの数値モデル解析手法の開発（東京科学大学・KIT）

研究開発内容と目標

【C-1】

PCER電極反応モデルを構築し、 NH_3 分解効率95%を達成する条件の明確化



【C-2】

PCERシステムモデルを構築し、効率80%（HHV）を達成する条件の明確化

研究成果

【C-1成果】DETCHEMによるモデル構築

運転条件や異なる電極構造が NH_3 転化率・水素収率に与える影響を評価

- 二層構造で最大の NH_3 転化率:約95%と水素収率:約95%を達成可能

20 μm	Ni-BZCYYb
5 μm	BZCYYb
800 μm	Ni-BZCYYb

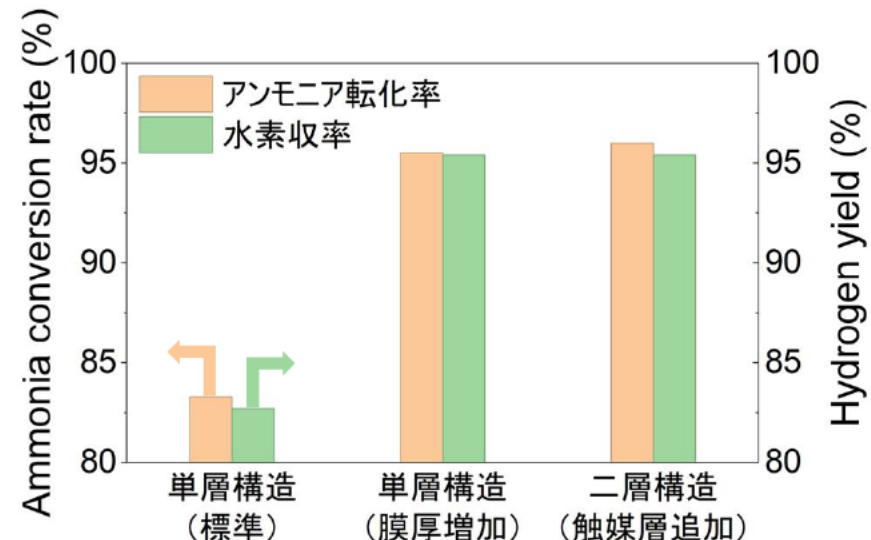
単層構造
(標準)

20 μm	Ni-BZCYYb
5 μm	BZCYYb
800 μm	Ni-BZCYYb

単層構造
(空隙率増加)

20 μm	Ni
20 μm	Ni-BZCYYb
	BZCYYb
	Ni-BZCYYb

二層構造
(触媒層追加)



3. 研究開発成果について

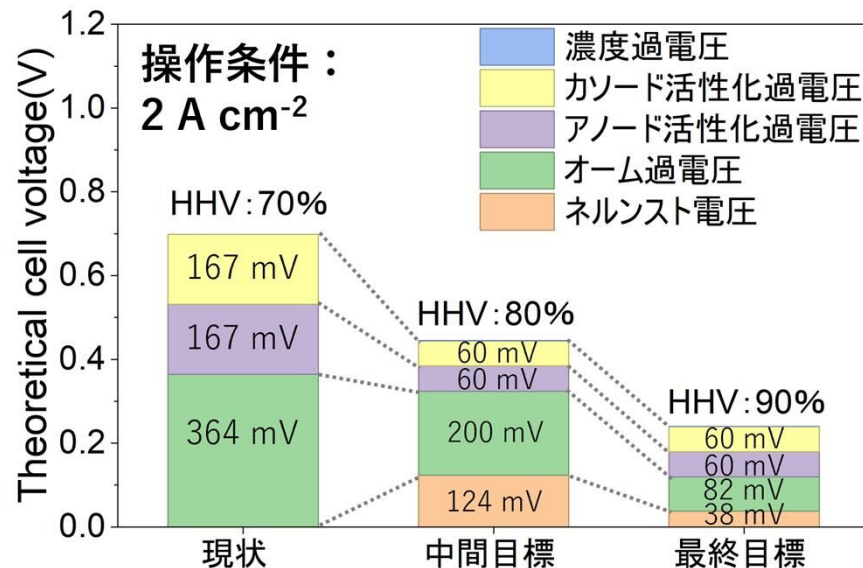
(C) システムの数値モデル解析手法の開発（東京科学大学・KIT）

研究成果

【C-2成果】システム計算

- HHV効率80%を達成する操作条件を確認

$$\eta = \frac{\dot{m}_{\text{H}_2} \text{HHV}_{\text{H}_2}}{\dot{m}_{\text{NH}_3} \text{HHV}_{\text{NH}_3} + IV_{\text{cell}} n}$$



- HHV効率80%を達成するために
必要な動作電圧は0.446 V
- **2.00 A cm⁻²**においてHHV効率と
NH₃分解吸熱量を同時に達成

国際共同研究の成果

【成果】

DETCHEM（KITのOlaf教授らが開発したソフトウェア）を用いた**高精度電極反応モデル構築・論文執筆**

【ポイント】

登録研究員の**KITへの研究留学**において、
現地でのモデル構築指導により達成

今後解決すべき課題、問題点

【C-1課題】**水素収率90%に向けた最適化**

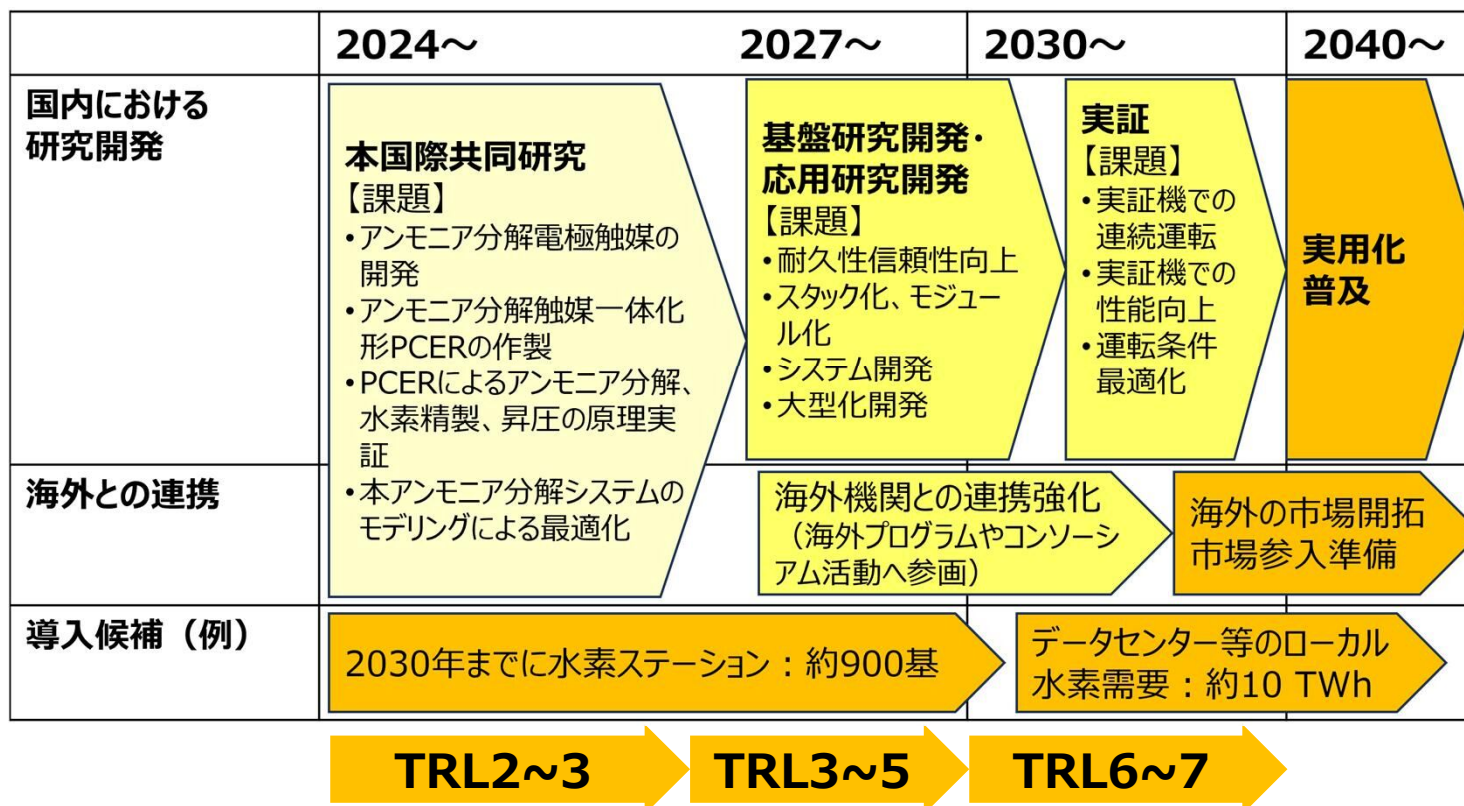
【対策】電極条件・操作パラメータの検討、
ガス流量・圧力制御による滞留時間・電極
構造の最適化

【C-2課題】**水蒸気が効率に与える影響**

【対策】水蒸気濃度・NH₃分解に伴う吸熱量
を考慮、動作条件（電流密度・電圧・セル
数）の最適化、数値解析によりシステム効率
への影響を定量的に評価

4. 今後の見通しについて

■ 実用化に至るまでのシナリオ・CO₂削減効果等



- データセンターの電力需要：現状の成長率を考慮すると2030年以降は約100 TWh/年の見込（国内のみ，インプレス総合研究所調査：現状で19 TWh/年）
- 100 TWhの需要に相当する市場を想定：**PCERの市場規模（設備コスト）は約2700億円/年、水素の潜在需要は約1兆円/年と予想**
- CO₂回収・貯留技術（CCS）付きNH₃の**CO₂削減の原単位は290 g/kWh**であると見積（出典：JST調査に基づく）
- 100 TWhの電力需要に対する**CO₂年間削減量は2900万トン**と試算
- **エネルギーストレージ（災害時レジリエンス向上・エネルギーセキュリティ対策）**の観点でも効果的