

NEDO水素・燃料電池成果報告会2024

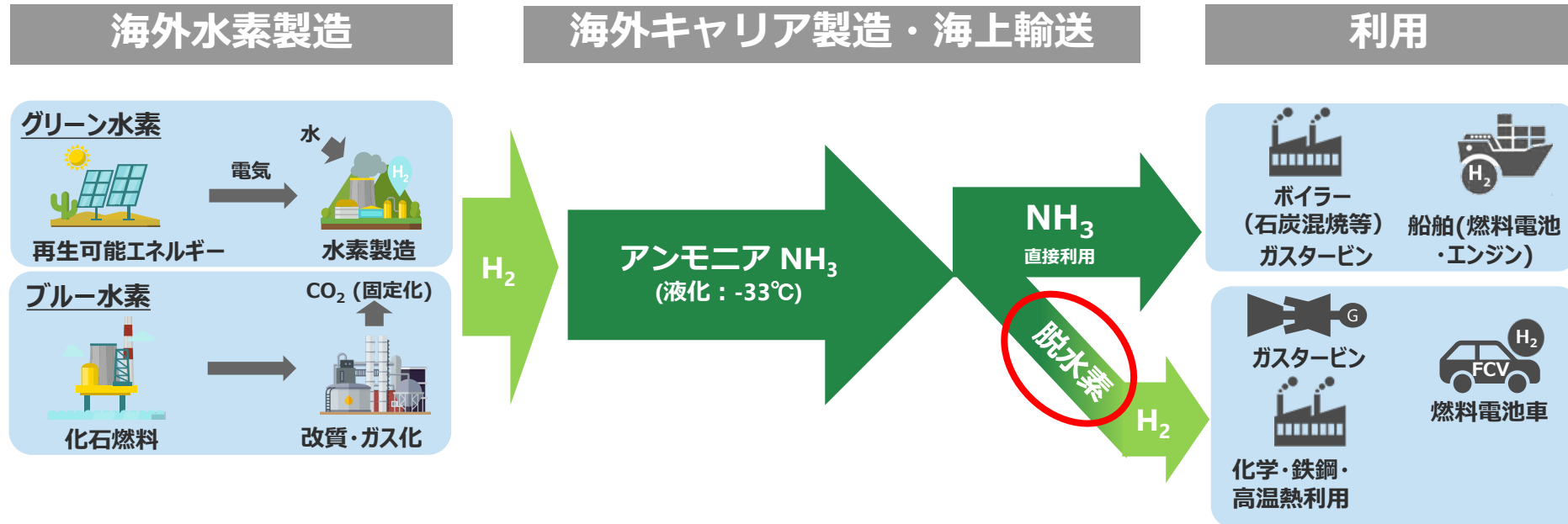
発表No.B1-13

競争的な水素サプライチェーン構築に向けた技術開発事業 ／大規模水素サプライチェーンの構築に係る技術開発 ／大規模外部加熱式アンモニア分解水素製造技術の研究開発

発表者名 : 甲斐 元崇
団体名 : 日揮ホールディングス株式会社（委託先：出光興産株式会社）、株式会社クボタ、大陽日酸株式会社
発表日 : 2024年7月18日

連絡先：
日揮ホールディングス株式会社 サステナビリティ協創オフィス
増淵 耕平 masubuchi.kohei@jgc.com

水素サプライチェーン構築の向けて，大量に輸入したアンモニアを熱分解・脱水素することで，大規模な水素供給に貢献する。



【アンモニアを使用するメリット】

- 貯蔵・輸送に既存インフラを利用できる
- 他の水素キャリアと比較すると水素密度が高い

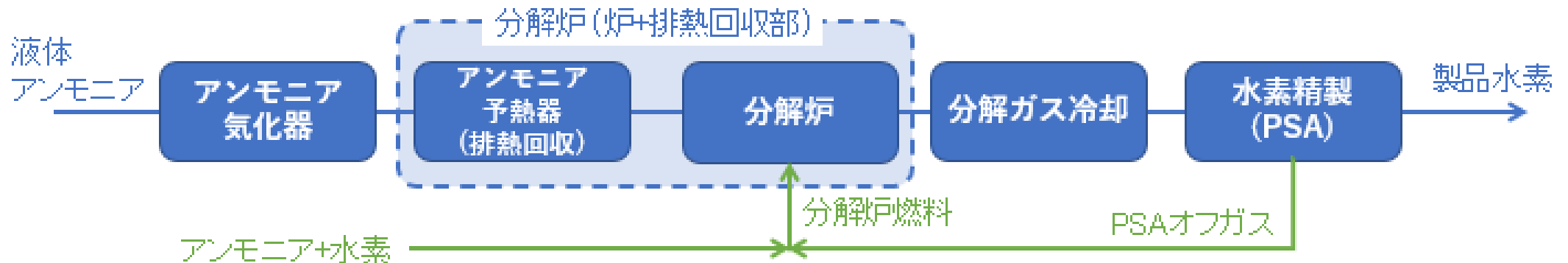
1. 概略

早期実装が可能且つ大規模化が容易な、外部加熱式のアンモニア分解水素製造技術の開発

- 全体プロセス開発 : アンモニア分解から水素精製まで
- 要素技術開発 : 分解炉、分解管、精製装置(PSA)の開発
- 実証装置基本設計

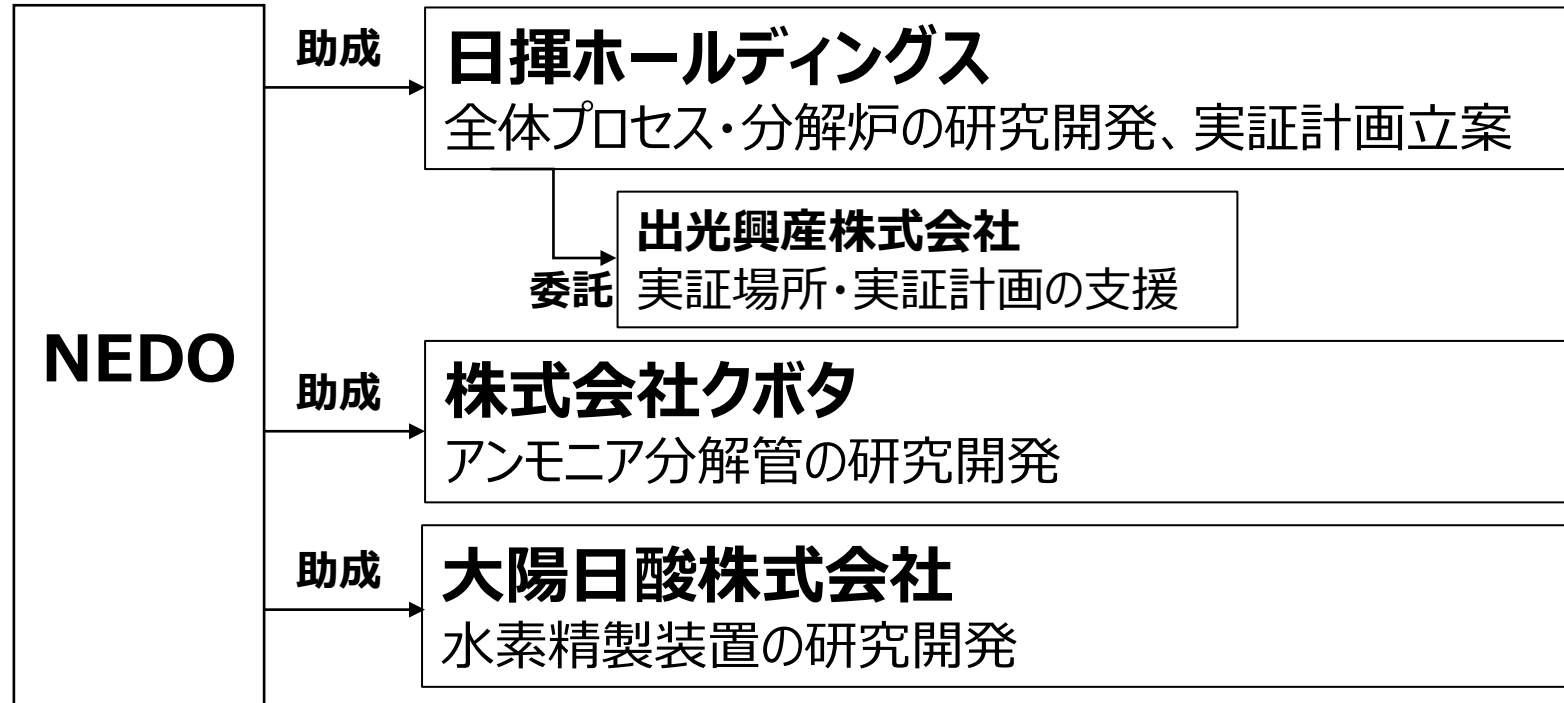
2. 開発の特徴 :

1. 分解炉燃料として水素・アンモニアを利用 → プロセス全体からのGHG排出をゼロにする
2. 大規模化が容易な加熱方式・炉構造を採用 → 早期の技術確立・商業化を狙う



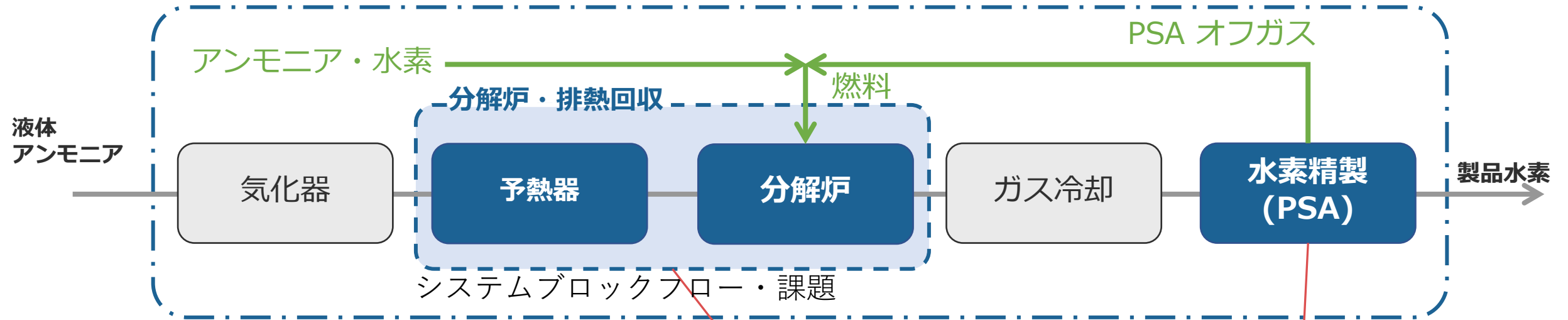
【アンモニア分解水素製造システムのブロックフロー図・開発範囲】

3. 実施体制



4. 実施期間

2023年度~2024年度



課題

[システム全体]

- ・ エネルギー効率
- ・ 設備コスト

[分解炉]

- ・ アンモニアの分解率
- ・ 材料の耐熱・耐圧・耐窒化性

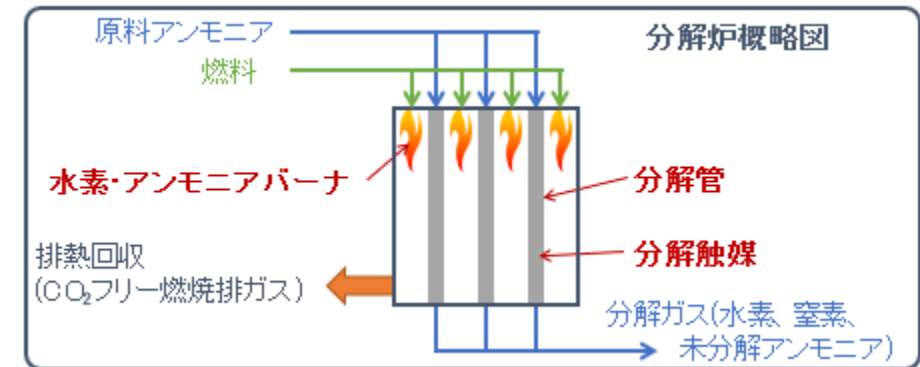
[水素精製]

- ・ 水素純度（不純物除去）
- ・ 水素回収率

<p>研究開発内容</p>	<p>① アンモニア分解水素製造の全体プロセス開発 ② アンモニア分解炉の開発</p>
<p>開発の特徴</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 外部加熱式 ➤ 高効率 …オフガス利用・排熱回収 ➤ 排ガスのCO₂フリー化 …PSA*オフガス/水素・アンモニア燃料 ➤ 高拡張性 <p style="text-align: right; font-size: small;">*PSA : Pressure Swing Adsorption (圧力変動吸着)</p>
<p>成果概要</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ アンモニア分解触媒のラボ評価の完了 ➤ 高い変換効率が実現するプロセス条件の特定

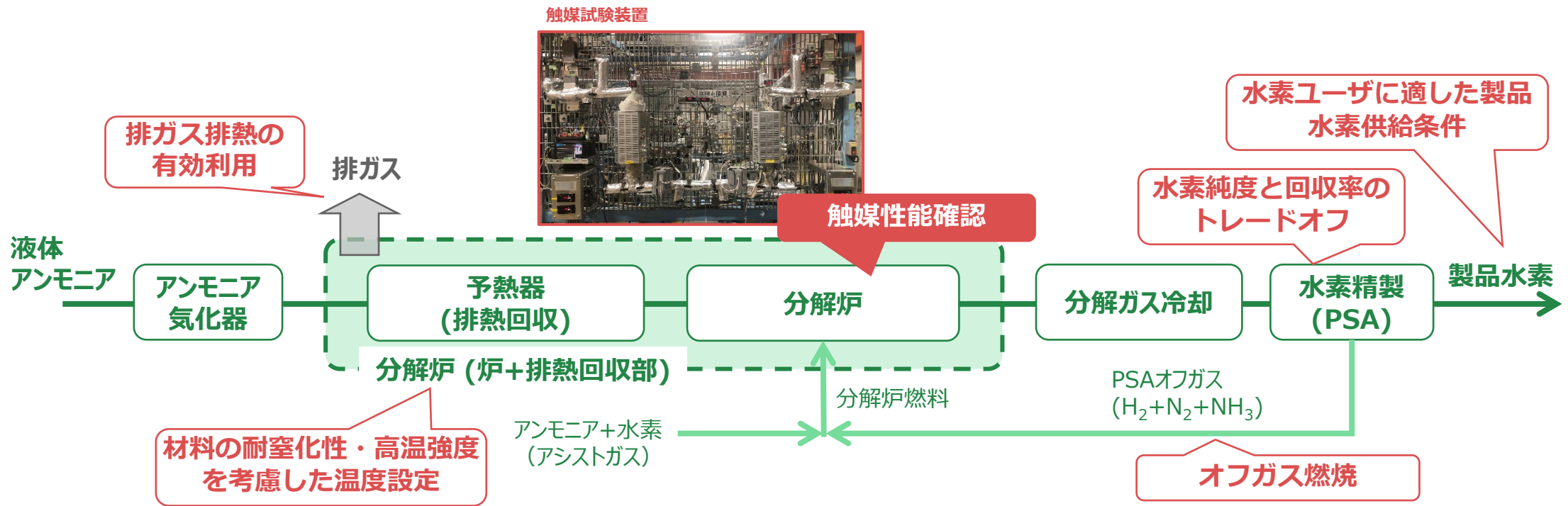


日揮が納入した天然ガス水蒸気改質炉(SMR)外観



分解炉全体コンセプト

- ✓ プロセス設計に必要な複数の候補触媒の評価や、水素供給条件の調査を実施。高い変換効率が実現できる触媒選定およびプロセス条件の特定を行い、現在プロセス設計を進めている。
- ✓ 上記の触媒評価、および分解管を始めとする材料特性を踏まえた分解炉設計を開始。今後水素・アンモニアバーナーの燃焼試験を行い、設計に反映する。

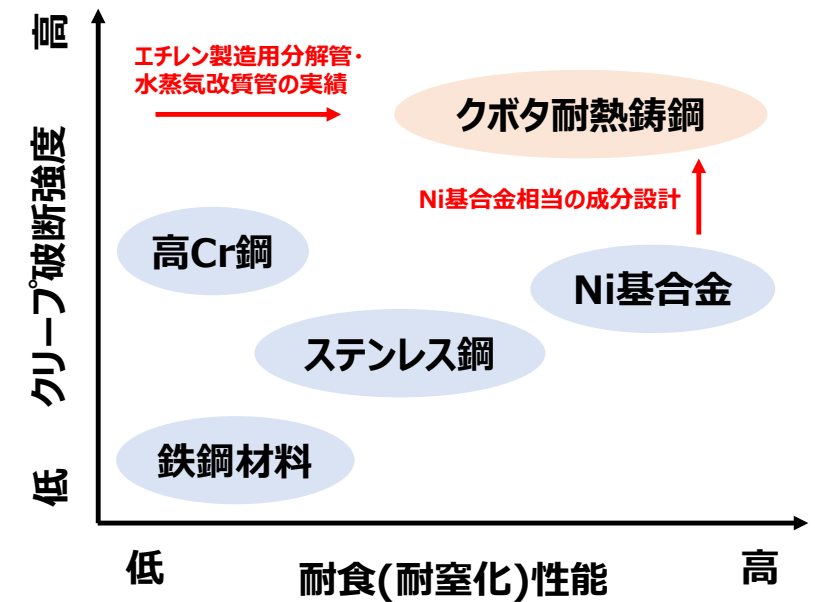


プロセス設計に考慮する項目・要素技術例

<p>研究開発内容</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ オーステナイト系耐熱鋼のアンモニア分解プロセスへの適用評価 ➤ アンモニア分解プロセス特化型分解管材料の開発
<p>開発の特徴</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 高温下での高いクリープ破断強度と高い耐窒化特性を兼ね備えた分解管の材料評価，および両特性を最大化した新規材料の開発 ➤ アンモニア分解プロセス再現試験機の開発による材料の新評価技術の確立
<p>成果概要</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ アンモニア分解プロセスへの既存オーステナイト系耐熱鋼の適用材料の選定の完了 ➤ 材料窒化メカニズムの一部評価完了 ➤ アンモニア分解プロセス特化型分解管の開発コンセプトの決定および一部評価完了

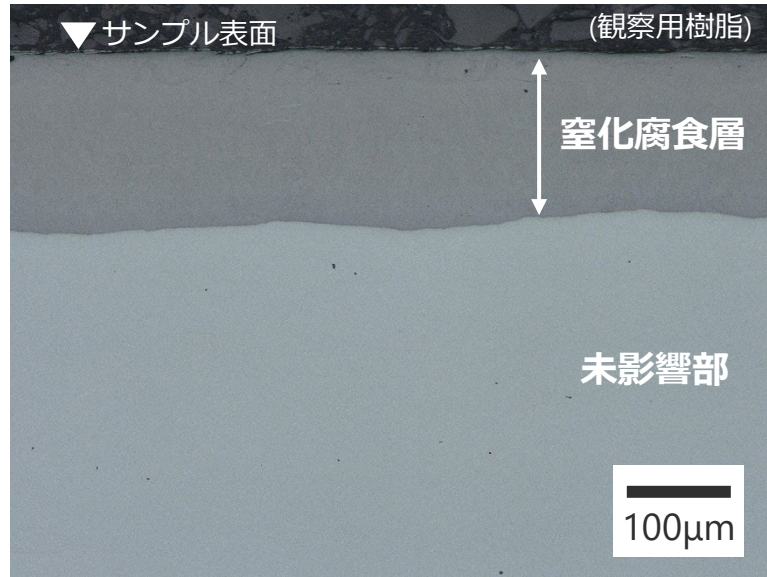


耐熱鋳鋼管（水蒸気改質管）



分解管材料の位置づけ

窒化再現試験後の組織



比較用サンプル (ステンレス鋼) の
窒化腐食後の断面写真
(温度・時間・条件等は非開示)

各種オーステナイト系耐熱鋼 (Fe-Ni-Cr系) でアンモニア分解による窒化再現試験を実施した。試験結果から材料の寿命予測設計式を導出し、アンモニア分解炉での適用可能であると評価した。

アンモニア分解プロセス特化型分解管の開発



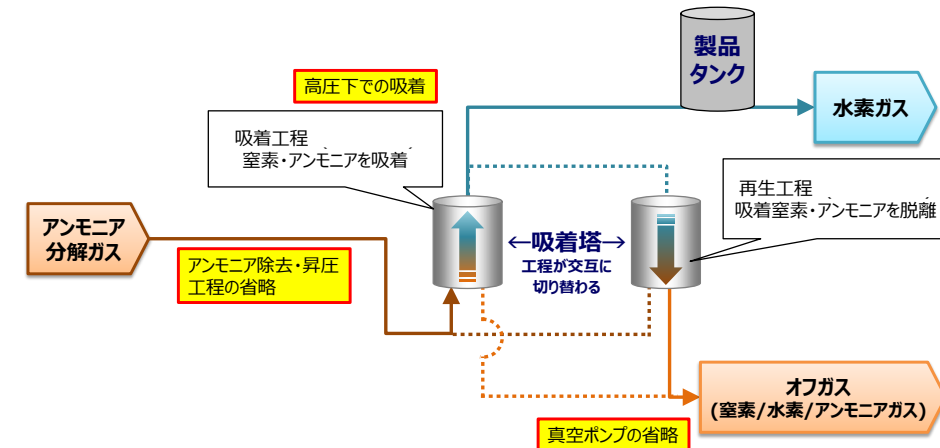
アンモニア分解プロセス特化材 試作鑄造サンプルの写真

従来のオーステナイト系耐熱鋼 (Fe-Ni-Cr系) は、エチレン製造や水蒸気改質に適用するために開発されたものであり、必ずしもアンモニア分解プロセスに最適な材料とは言えない。アンモニア分解プロセスには、高い高温強度かつ耐窒化性能を併せ持つことが望ましい。クボタでは、過酷な環境で使用される材料開発の知識・経験を活かし、アンモニア分解プロセスに特化した新材料開発を進めている。

<p>研究開発内容</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ アンモニア分解ガスからPSA*方式により水素を分離精製する技術
<p>開発の特徴</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 高圧のアンモニア分解ガスから、一段のPSA装置で残留アンモニア・窒素ガスを分離除去し水素を精製 ➤ PSA*オフガスの安定供給 <p style="text-align: center;">*PSA : Pressure Swing Adsorption (圧力変動吸着)</p>
<p>成果概要</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 吸着圧力 1MPaG 未満でのプレ試験より、水素回収率 80%の時に製品水素純度 97vol%を達成。より高圧の商用条件では製品水素純度 99vol%が達成できる見込み ➤ 5 塔式や 10 塔式の 3 段均圧 PSA プロセスの開発による水素製造コストの低減の見通し



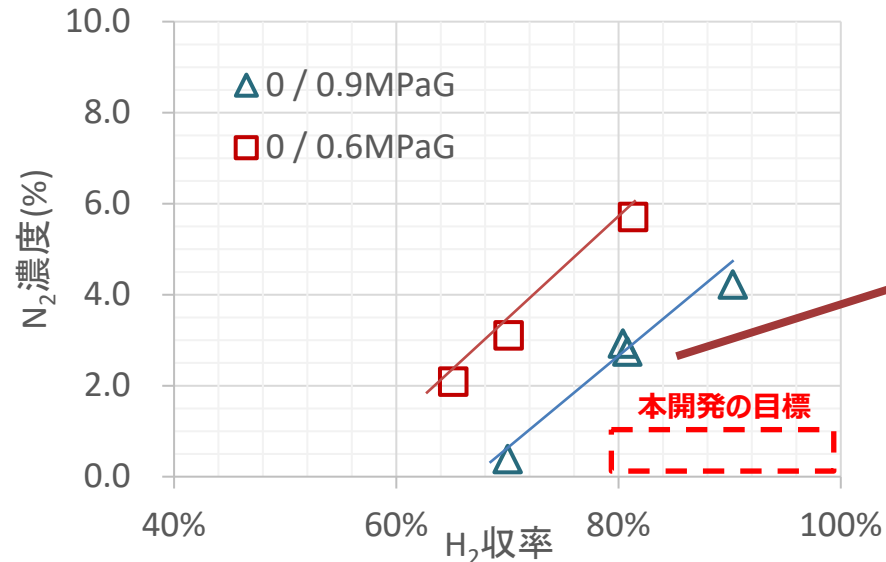
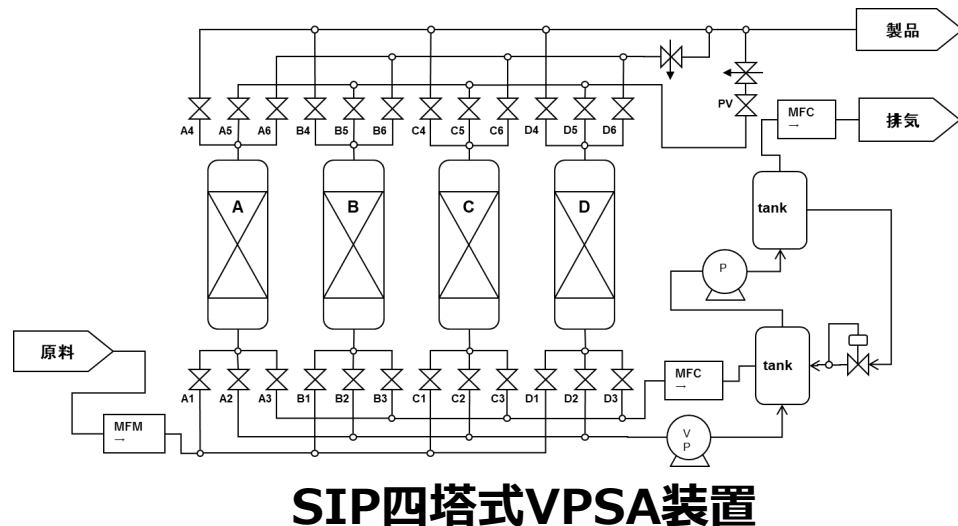
PSAガス分離装置



新たに開発するPSA式ガス分離の概略図

③-1 水素精製要素技術の開発

- SIPエネルギーキャリア「アンモニア水素ステーション基盤技術」において、4塔式VPSA（真空再生型圧カスイング吸着）法によりアンモニア分解ガス中の窒素25%を100ppm以下、水素回収率90%を達成する技術を確立
- 本開発では、発電/工業用水素供給をターゲットに、大規模かつ低コストの精製技術を開発。5～10塔式PSA（大気圧再生型圧カスイング吸着）法により、水素純度99%（窒素1%以下）、水素回収率80%以上を目指し、かつ残留アンモニアと窒素の同時除去技術を開発する。



4塔式2段均圧PSA実験条件
 吸着圧 : 0.6, 0.9MPaG
 再生圧 : 0.0MPaG
 原料ガス : 75%H₂+25%N₂+NH₃

・吸着圧力0.9MPaGでは、
 収率80%で水素純度は約97%
 ・高圧の商用条件／5-10塔式
 PSAでは目標性能達成を見込む

四塔式PSAによるPSA試験結果

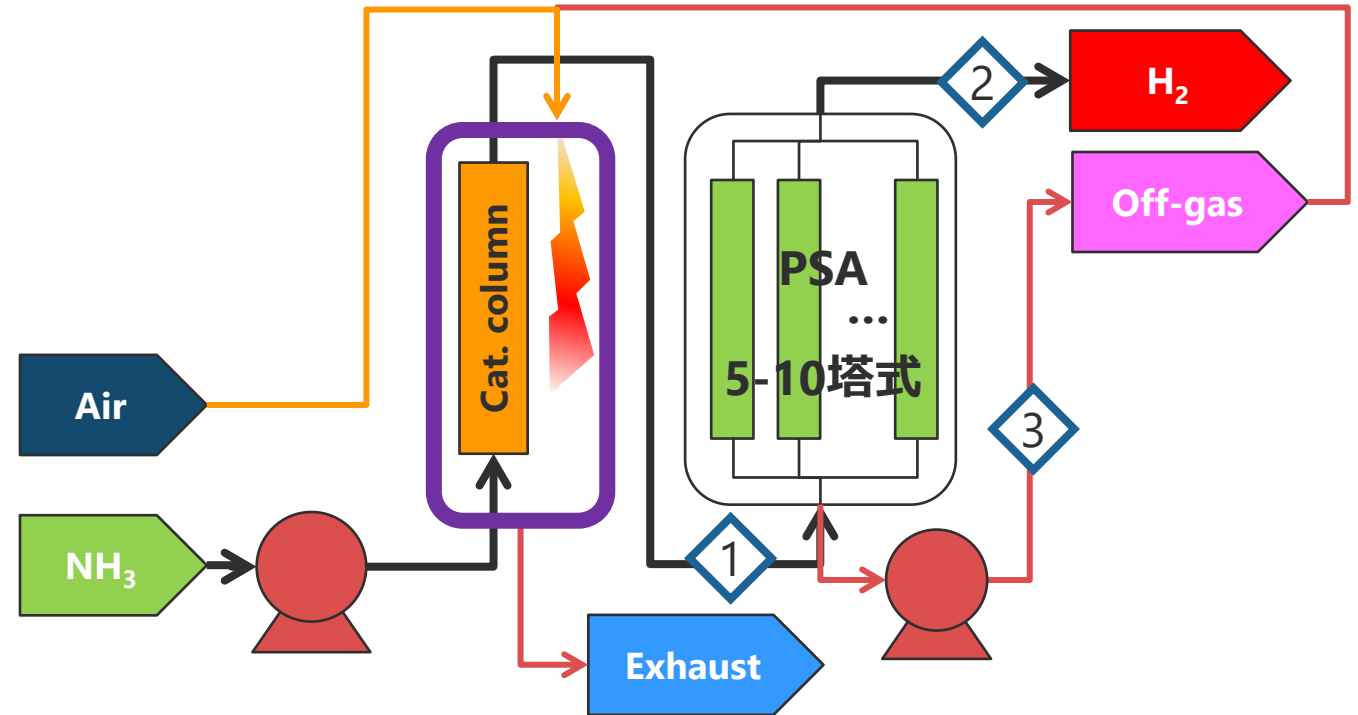
③-2 水素精製装置実証機の基本設計・コスト試算

- 今年度中には5-10塔式のラボスケール高圧PSA装置を製作／試験を行い、
実証試験装置クラスの概要装置設計を実施する計画
- 実証試験装置のマテリアルバランスイメージを作成

実証試験装置のマテリアルバランスイメージ

		1	2	3
ガス名		NH ₃ 分解ガス※	製品水素	オフガス
流量	[Nm ³ /h]	1000	606	394
組成 [mol%]	H ₂	75	99	38.1
	N ₂	25	1	61.9

※微量のNH₃を含む



実証試験装置のイメージ

- 【日揮】プロセスおよび分解炉設計の実施
- 【日揮】委託先での実証を想定した、実証設備の基本設計（FEED）の実施
- 【クボタ】実炉再現窒化装置による検証、アンモニア分解プロセス特化材の試作・性能検証
- 【大陽日酸】ラボスケールの5-10塔式高圧PSA試験の実施・性能評価

ご清聴ありがとうございました