

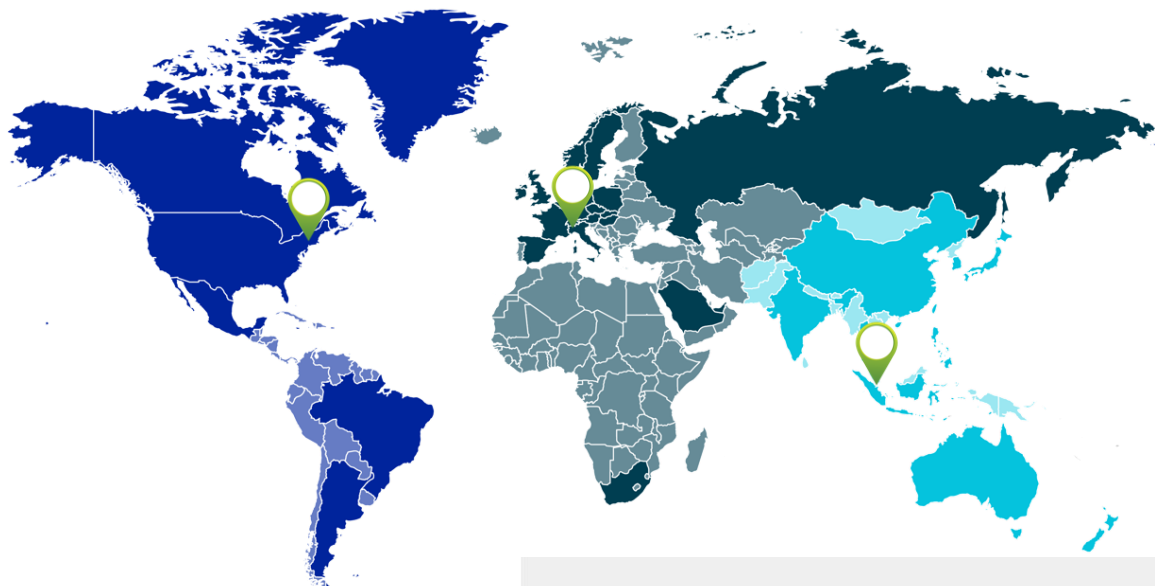
グリーン水素： 水素製造プロセスの効率化 と水素品質向上に向けて

Filtration & Separation Technologies

内容

- Pallのご紹介
- 水素が注目される理由
- グリーン水素製造
- Pallのろ過・分離技術
- まとめ
- 質疑応答

Pallのご紹介



Pall
グローバルな製造/サービス拠点

- リージョナルヘッドクォーター
- アメリカ
- 欧州、中東、アフリカ
- アジア

Pallはろ過・分離・精製技術とその製品を提供するグローバルカンパニーです。

- 従業員数 約10,000人
- 35カ国に90カ所を超える拠点
- Danaherグループの一員
 - 各業界で実績を持つ事業会社
 - それぞれの分野での専門性に特化
 - 統合的なお客様サポート



ろ過・分離に関するハイクオリティな解決策を提供します

設備寿命の延長 ◆ 設備の信頼性と生産性の向上 ◆ 顧客製品の高品質化の実現

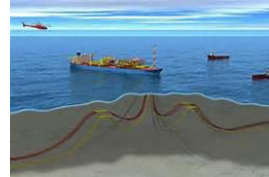
エネルギー分野におけるポールの活動



エンジニアリング会社



関連市場



海洋油田・ガス田



装置・設備メーカー



ライセンス事業者

主要市場



上流部門

- ・ 石油・天然ガス製造
- ・ ガス製造・処理
- ・ 液化天然ガス
- ・ シェールガス



中流部門

- ・ パイプライン輸送
- ・ 圧縮設備
- ・ 計量設備
- ・ ターミナル



下流部門

- ・ 石油精製
- ・ 石油化学 (エチレン等)
- ・ ファインケミカル



樹脂

- ・ 素材: PVC / PVDF
- ・ 樹脂成型品



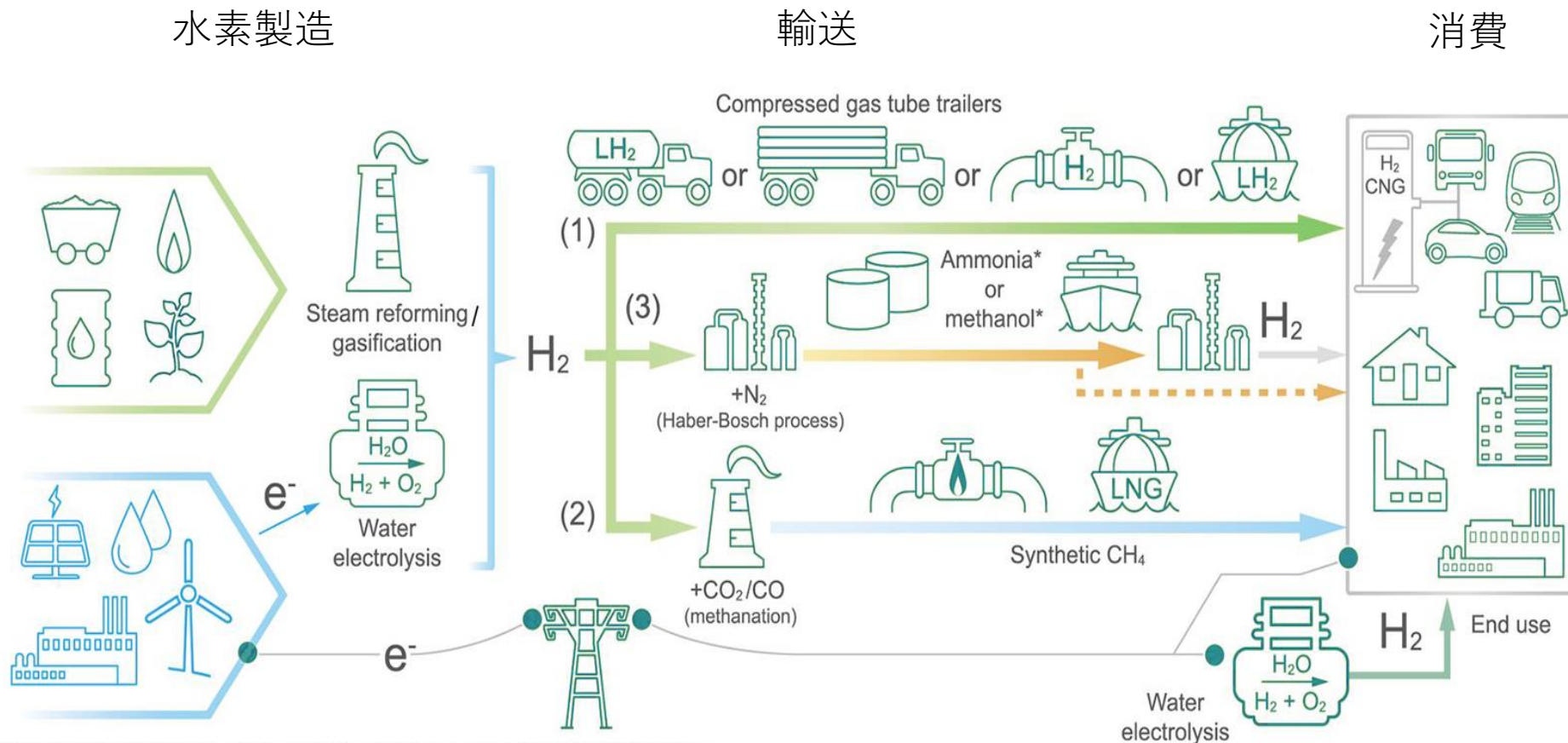
グリーンエネルギー

- ・ バイオ燃料
- ・ 生物由来化学製品・樹脂
- ・ バイオガス
- ・ 水素
- ・ 蓄電池

水素が注目される理由



- 無害な排出ガス：水蒸気のみ
- エネルギー源として利用しやすい
- 貯蔵ができる（電気は貯蔵が難しい）
- 脱炭素社会（産業）
 - CO₂を排出しない運輸の実現
 - 水素源としての原油を石油精製で貯蔵できる
 - 熱や電気を生み出せる

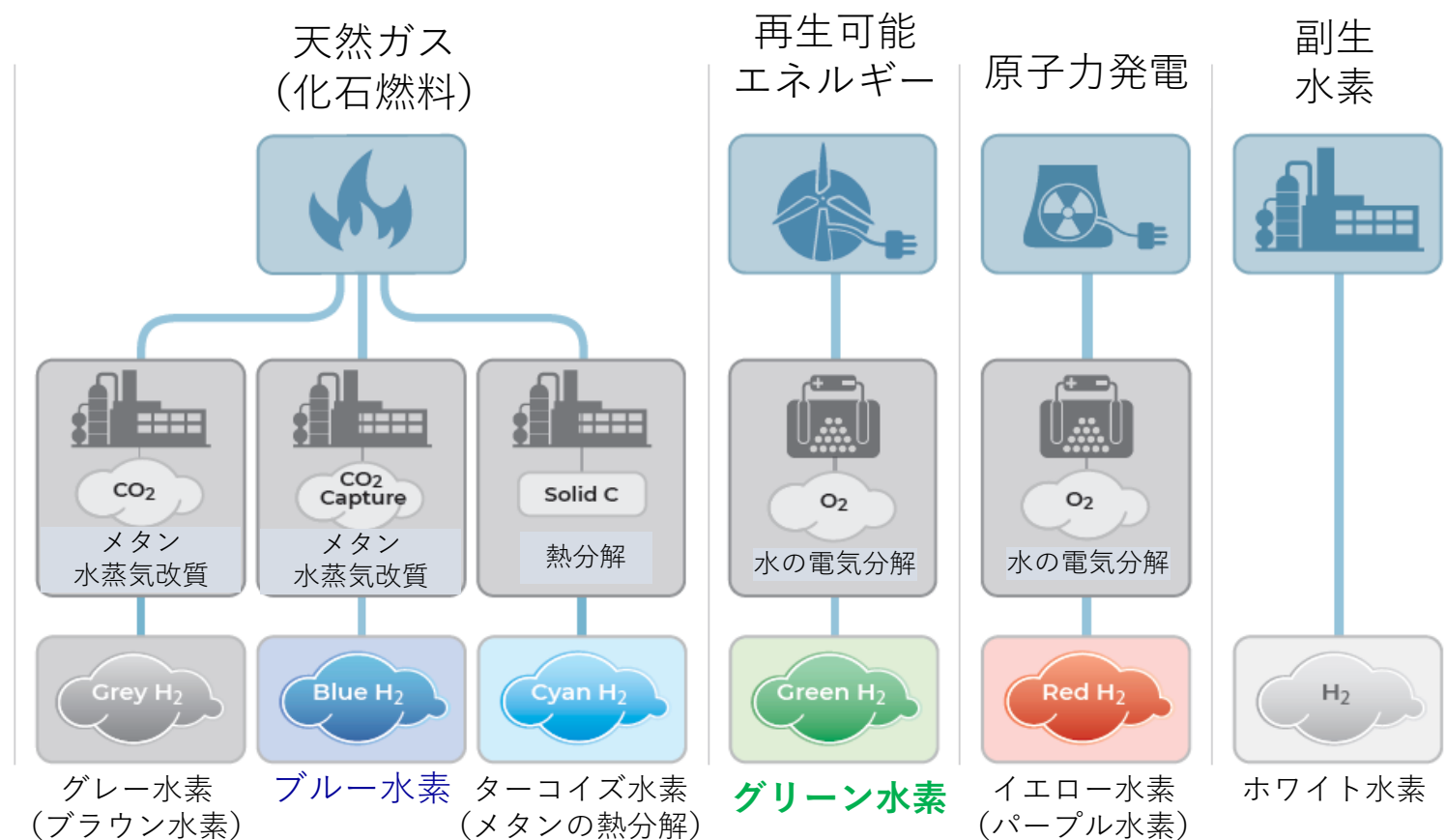


*Alternative transport methods like ammonia and methanol will be assessed at IHS Markit fall 2019 workshops.
Source: IHS Markit

水素製造プロセス



- グレー水素
 - 化石燃料のリフォーミング
 - \$1.25 - \$3.5/kg (最もコスト安)
- ブルー水素
 - 化石燃料のリフォーミング + 二酸化炭素除去
- グリーン水素
 - 再生可能エネルギーによる水の電気分解
 - \$2.5-\$7.25/kg (最もコスト高)



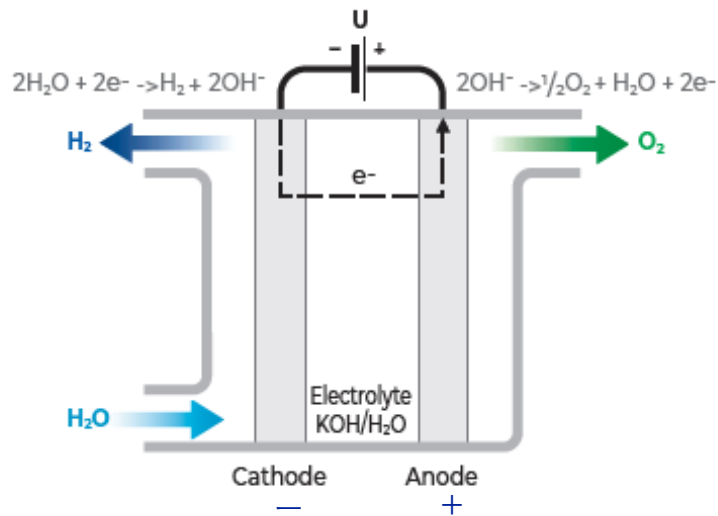
メタンの分解エネルギー：25 kJ/mol
 水（液体）の分解エネルギー：286 kJ/mol

グリーン水素製造ー再生可能エネルギーを利用した水の電気分解

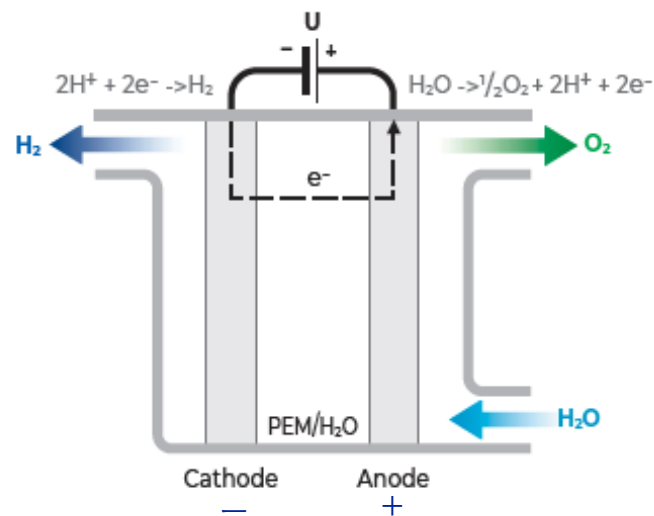


- 再生可能エネルギー（太陽光発電、風力発電、水力発電など）による水の電気分解
- 水素は電解装置の陰極（一極: Cathode）で発生する
- 陽極（+極: Anode）では酸素が発生する
- 電気分解装置には3つのタイプがある（AEL, PEM, SOEC）

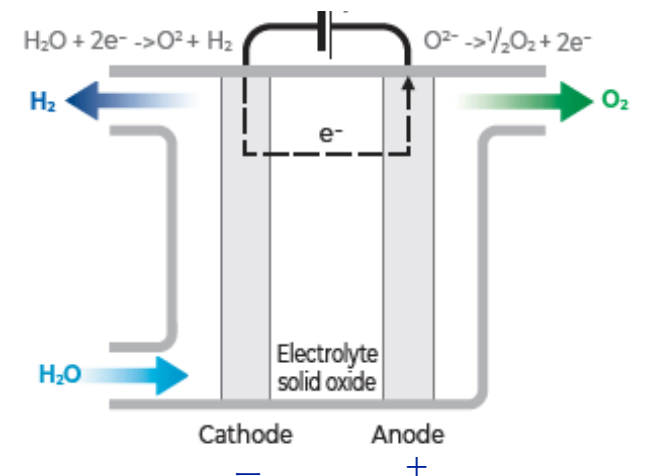
アルカリ (AEL)型



固体高分子電解質膜 (PEM)型



固体酸化物形電解セル (SOEC)型
(高温水蒸気電解セル型)



電気分解装置の比較



アルカリ型	固体高分子型
運転圧力：低	運転圧力：高
運転温度：中程度 (20～150 °C)	運転温度：中程度 (~120 °C)
電解液 (KOH水溶液)	高分子電解質膜
水やアルカリにそれほど高い純度は求められない	供給水に高い純度が求められる
ダイヤフラムで陽極と陰極を分離	高分子電解質膜で陽極と陰極を分離
H ₂ 純度: ~99.9 %	H ₂ 純度: ~99.999 %
エネルギー効率: ~80 %	エネルギー効率: ~90 %
電流密度：低	電流密度：高
構成部品コスト：低	構成部品コスト：高
応答速度が遅い	応答速度が速い

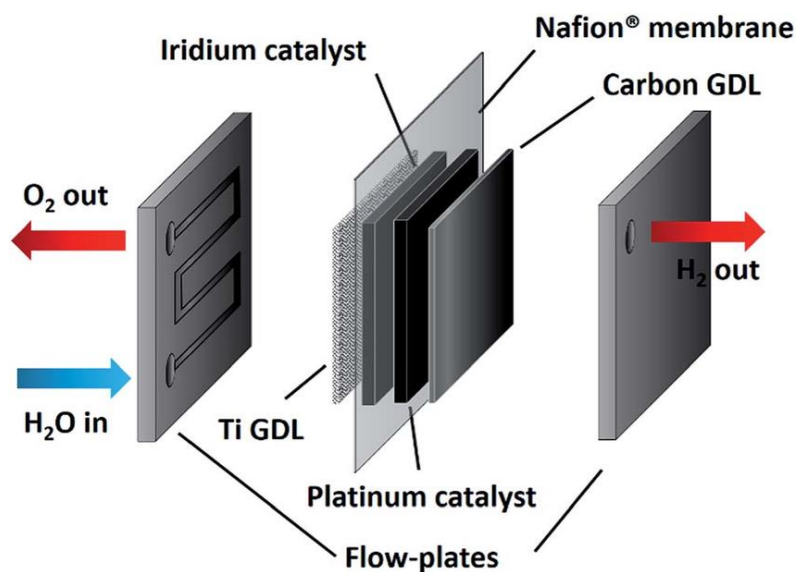
備考：SOEC型は作動温度が800°C程度と非常に高温である。なお、SOECは未だ研究段階である。

グリーン水素製造における課題

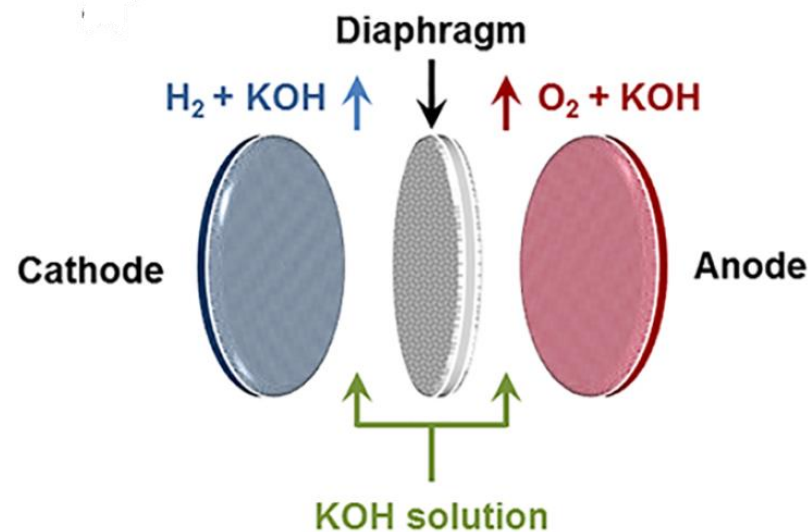


- 電気分解装置が高価である
- 高純度流体の要求

- 例：燃料電池向け
 - 水中不純物：0.2 % \Rightarrow < 5 ppm
 - 酸素中不純物：0.4 % \Rightarrow < 5 ppm



PEM型水電解装置の例

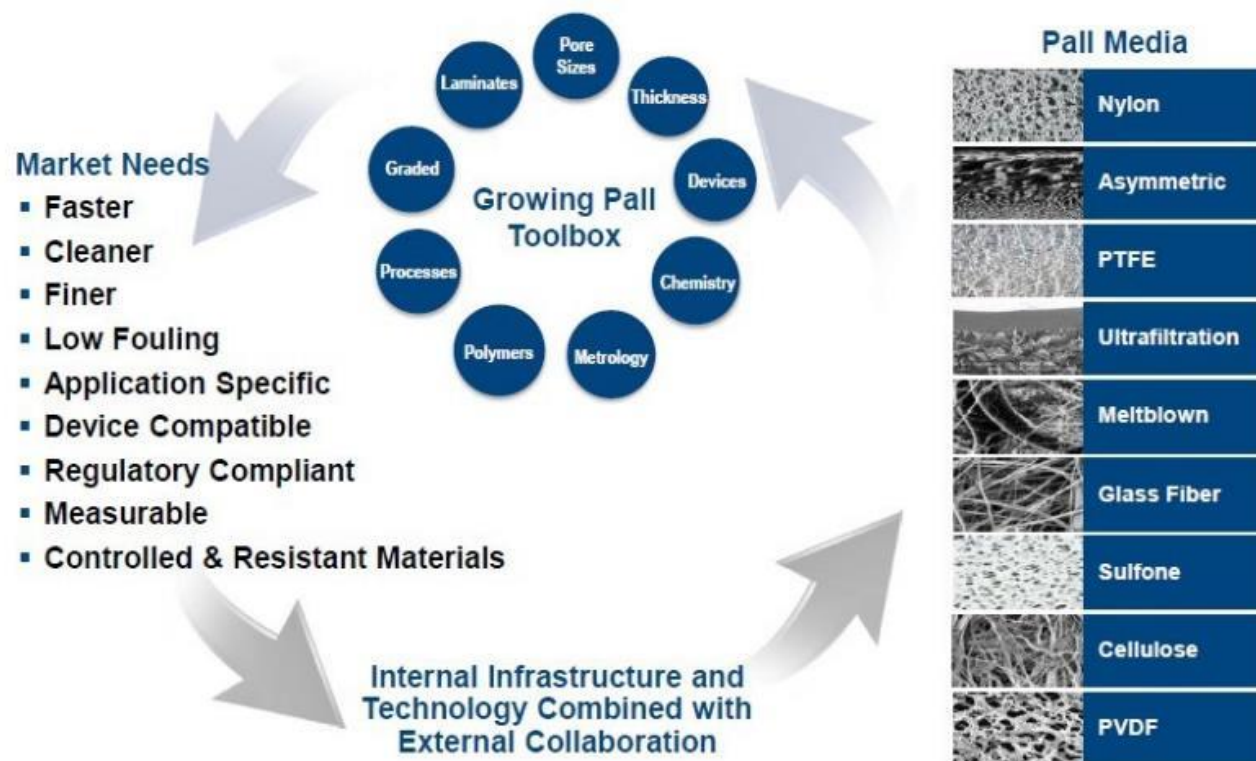


アルカリ型電解装置の例

Pallのろ過・分離技術

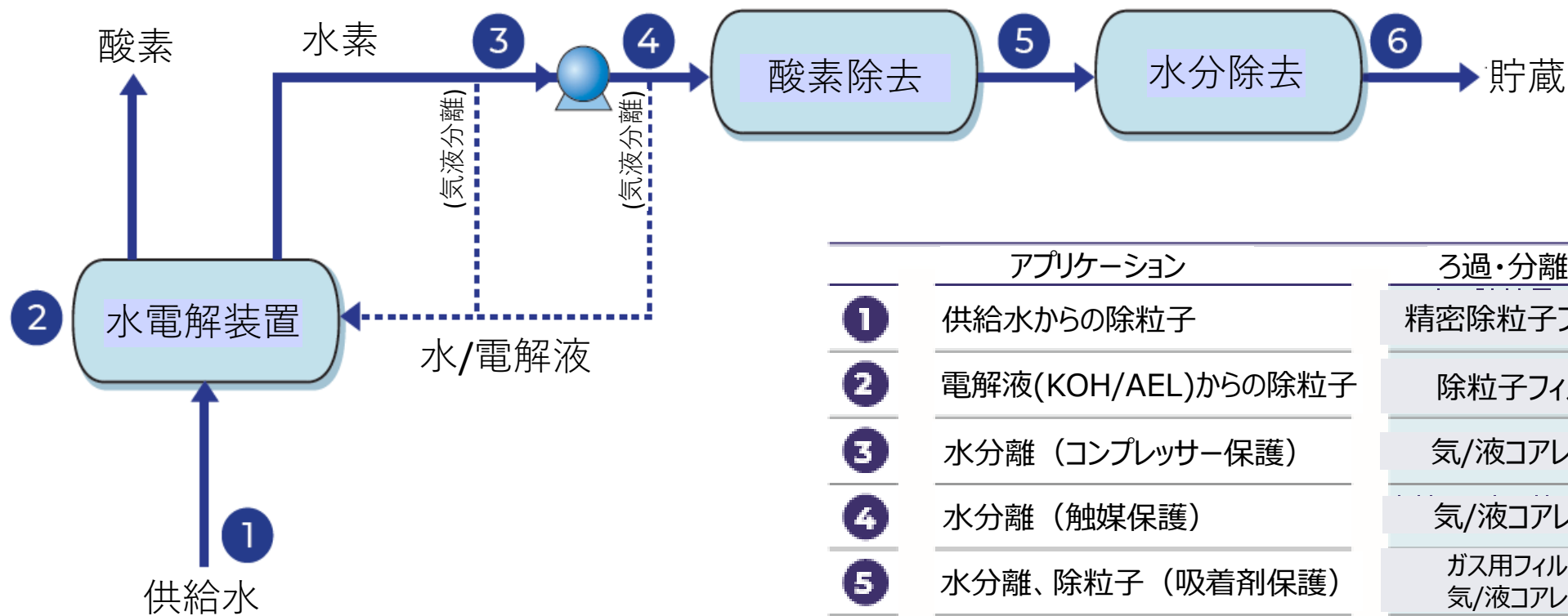


- 流体中の汚染物質のろ過・分離
 - 液体中の固形汚染物質（粒子）除去
 - 気体中の固形汚染物質（粒子）除去
 - 液体中の液滴の分離
 - 気体中の液滴の分離
- ろ過・分離装置の選択において考慮すべき項目
 - お客様の製品品質の要求値
 - 処理量（流量）
 - 汚染物質の種類と量
 - 経済性
 - 初期投資と運転コスト
 - 廃棄物処理コスト
 - 保全コスト



ポールの幅広い製品群とテクノロジーにより、お客様に最適な解決策を提供します。

グリーン水素製造 - ろ過・分離

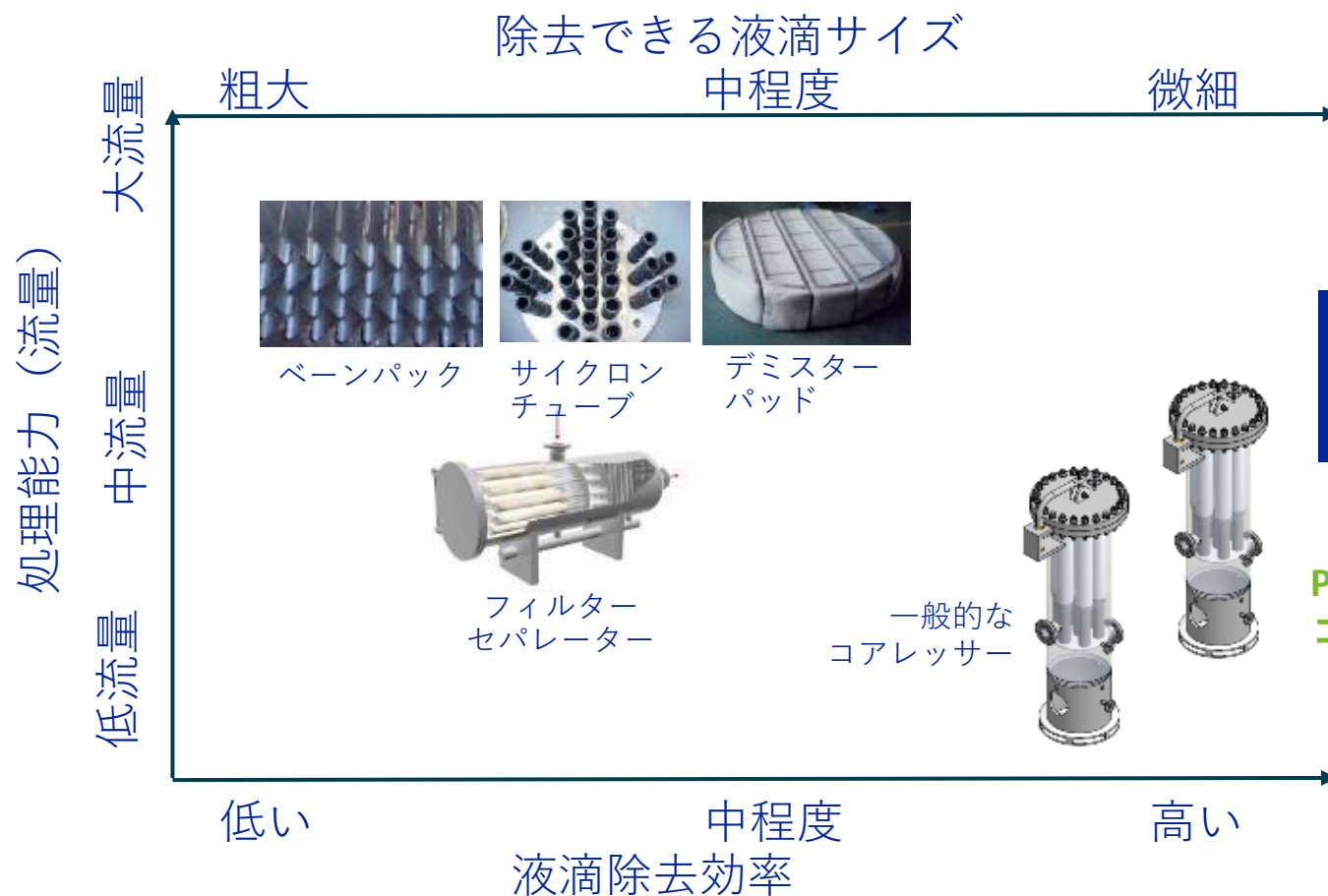


	アプリケーション	ろ過・分離技術
①	供給水からの除粒子	精密除粒子フィルター
②	電解液(KOH/AEL)からの除粒子	除粒子フィルター
③	水分離 (コンプレッサー保護)	気/液コアレッサー
④	水分離 (触媒保護)	気/液コアレッサー
⑤	水分離、除粒子 (吸着剤保護)	ガス用フィルター 気/液コアレッサー
⑥	除粒子 (水素純度改善)	ガス用フィルター

気液分離技術



キャリーオーバーを防止するには、液滴径に応じた適切な分離技術があります。
エアロゾルを分離するには高効率コアレッサーが適しています。



ポールの高効率コアレッサーは出口液体濃度を0.01 ppmw*以下に抑える性能を有しています。

* LASE testによる結果

Pall高効率
コアレッサー

Pallのろ過・分離技術（気液分離）



コアレッサー

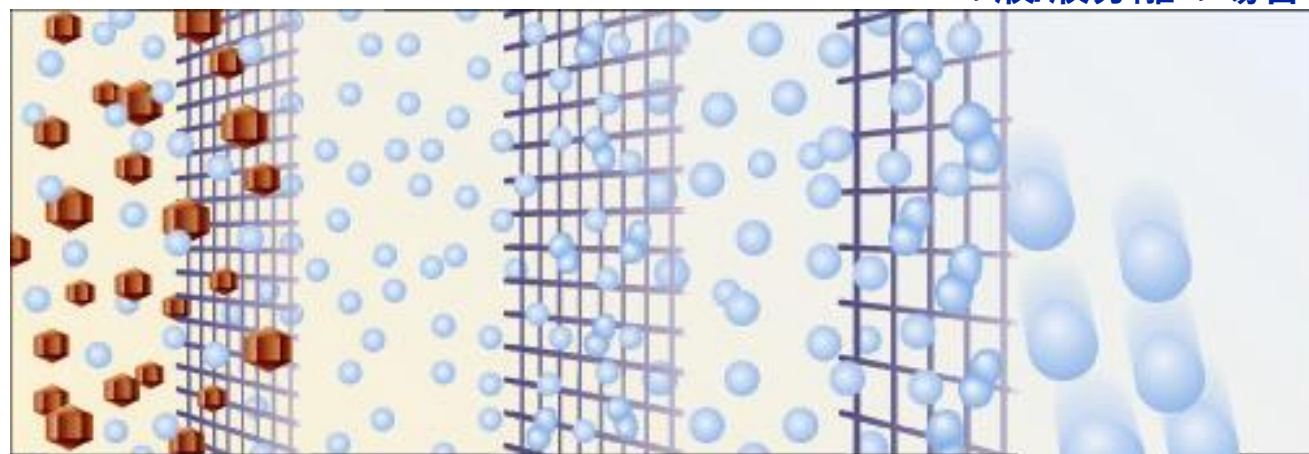
- **コアレッサー** = バルク相（液体や気体）に分散している微細な液滴を分離・除去する
 - **気/液コアレッサー（LGコアレッサー）** = 気体中に存在する **ミスト・エアロゾル** を除去
 - **液/液コアレッサー（LLコアレッサー）** = 液体中に分散している **液滴** を除去

気/液分離や油中水分の液/液分離の場合

コアレッサーの原理：

細かい液滴を合体させて、大きな液滴とすることで、バルク流体（連続層）との密度差で、バルク流体と液滴を分離する。

- 薬品不使用
- 電力不要
- 遠心力不要



プレフィルターで固形異物を捕捉します。液滴はプレフィルターを通過します。

コアレッサーエレメント

液滴はメディアに捕捉され、メディア内を移動する間に合体し、どんどん大きな液滴となります。

重力（密度差）により、液滴がバルク流体中を沈降する。

気/液コアレッサーの性能

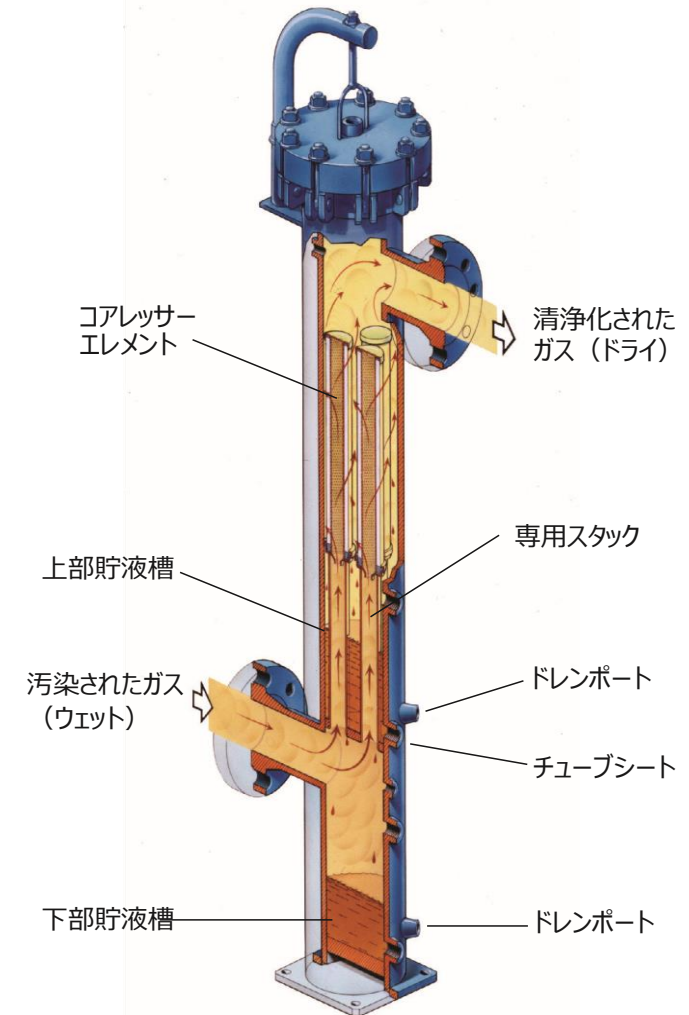


- 気/液コアレッサーの性能はコアレッサー出口でのガス中液体濃度で規定される。
- 気液分離において、液滴径と分離効率で性能を規定するのは適切ではない。
不適切な規定の例：5 μm (99 %除去)
- 液滴径分布はコンピューターシミュレーションでも予測は難しく、実際の現場での液滴径の測定は困難である
- したがって、**出口ガス中の液体濃度で規定**するのが適切である
 - 液体濃度は現場で測定可能
 - 入口ガス中液体濃度も同時に測定する

ポール高効率 気/液コアレッサー



- ポールでは縦型のみ対応
- 横型コアレッサーやデミスターに比べ、設置面積が小さい
- 高流量対応 & 高容量
- 疎油性 & 疎水性処理
- **コンパクトなハウジングデザイン**
- **安定して高い分離性能を発揮**



ポール気/液コアレッサーエレメント



セプラゾール

ろ過精度(ガス) 0.3 μm (99.99%, NaCl aerosol)
最高使用温度 82°C (水分離の場合65°C)
出口液体濃度 0.003 ppmw (LASE)



セプラゾール・プラス

ろ過精度(ガス) 0.3 μm (99.7%, NaCl aerosol)
最高使用温度 82°C (水分離の場合65°C)
出口液体濃度 0.01 ppmw (LASE)



メダリオン

(PP, Nylon, PPS)

ろ過精度(ガス) 0.3 μm (99.99%, NaCl aerosol)
最高使用温度 62°C - 204°C (材質による)
出口液体濃度 材質とアプリケーションによる

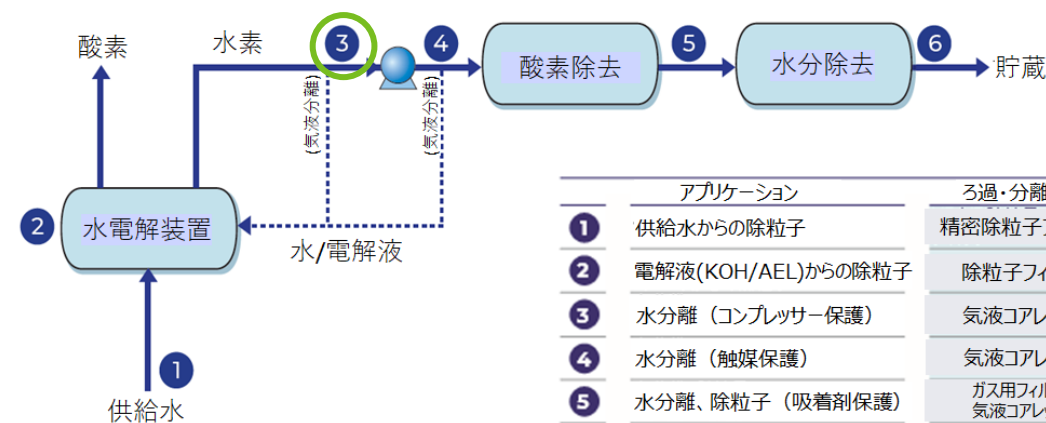
事例紹介 – 水電解後の気液分離（コアレッサー）



- 顧客：水電解装置メーカー（ドイツ）
- 水電解装置：アルカリ型 (AEL)
- アプリケーション：水電解で発生した水素ガスからの水/KOHの除去（コンプレッサーの前段）
- 既存のミストエリミネーターをポールの気液コアレッサーに置き換えた
- コアレッサー：縦型配置
- アルカリ耐性を考慮し、ポリプロピレン製のコアレッサーエレメントとした
- エレメント寿命予測と運転コスト見積もりのために、試験継続中
- 更なる分離性能の最適化を検討中
- 酸素中の水/電解液の分離についても試験予定



メダリオンコアレッサーエレメント



	アプリケーション	ろ過・分離技術
①	供給水からの除粒子	精密除粒子フィルター
②	電解液(KOH/AEL)からの除粒子	除粒子フィルター
③	水分離（コンプレッサー保護）	気液コアレッサー
④	水分離（触媒保護）	気液コアレッサー
⑤	水分離、除粒子（吸着剤保護）	ガス用フィルター 気液コアレッサー
⑥	除粒子（水素純度改善）	ガス用フィルター

事例紹介 – 圧縮水素の気液分離（コアレッサー）



水素ガスを圧縮すると、液体の発生やコンプレッサーの種類によっては潤滑油の混入がみられます。
 ポールはこの用途で多数の気/液コアレッサー（LGC）をグローバルで提供しています。

水素ガスからの油分除去

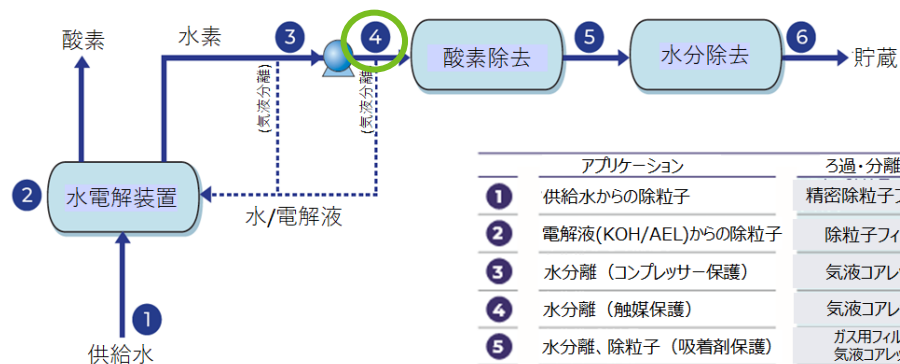
- 流量: 340 kg (H₂)/h
- LGC入口油分濃度: 100 ppmw
 - LGC出口油分濃度: < 0.01 ppmw
- 温度: 40 °C
- 圧力: 20 – 30 MPa



レシプロコンプレッサー



セプラゾール
コアレッサーエレメント

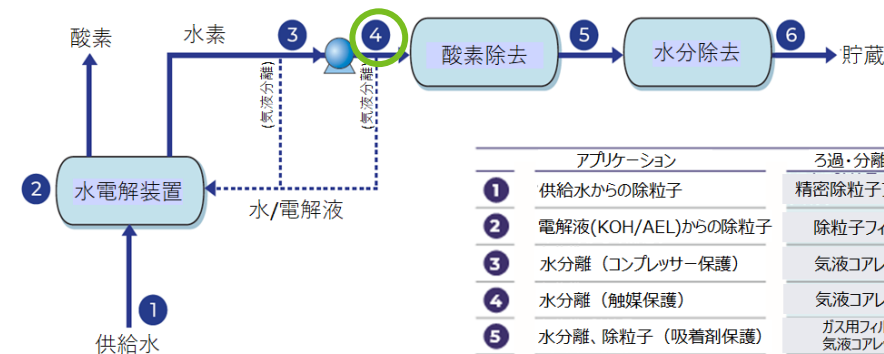
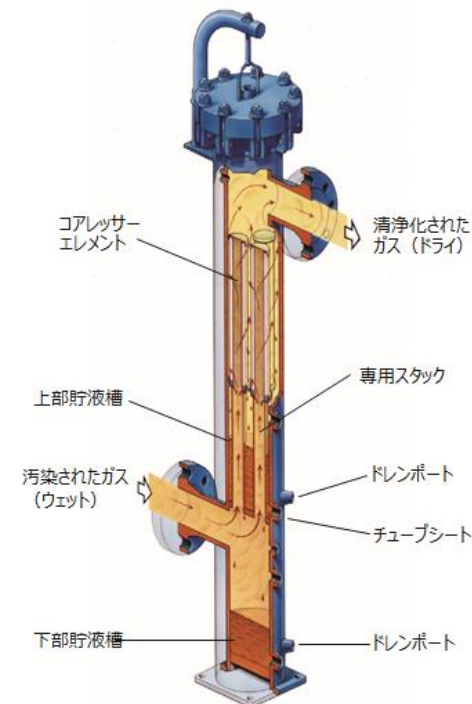


アプリケーション	ろ過・分離技術
1 供給水からの除粒子	精密除粒子フィルター
2 電解液(KOH/AEL)からの除粒子	除粒子フィルター
3 水分離（コンプレッサー保護）	気液コアレッサー
4 水分離（触媒保護）	気液コアレッサー
5 水分離、除粒子（吸着剤保護）	ガス用フィルター 気液コアレッサー
6 除粒子（水素純度改善）	ガス用フィルター

事例紹介 – PSA保護のための気液分離（コアレッサー）



- 顧客：アンモニア製造工場（フランス）
- PSA装置の前段にポール気/液コアレッサーを設置
- PSA装置への液体汚染物質の持ち込み量（濃度）が2 ppb 以下になった
- 作業者がバブル操作を間違え、ガスの逆流が起こり、コアレッサーエレメントが破損した
 - その結果、急激なPSA効率の低下が起こった
 - そこで、コアレッサーエレメントを新品に入れ替えた



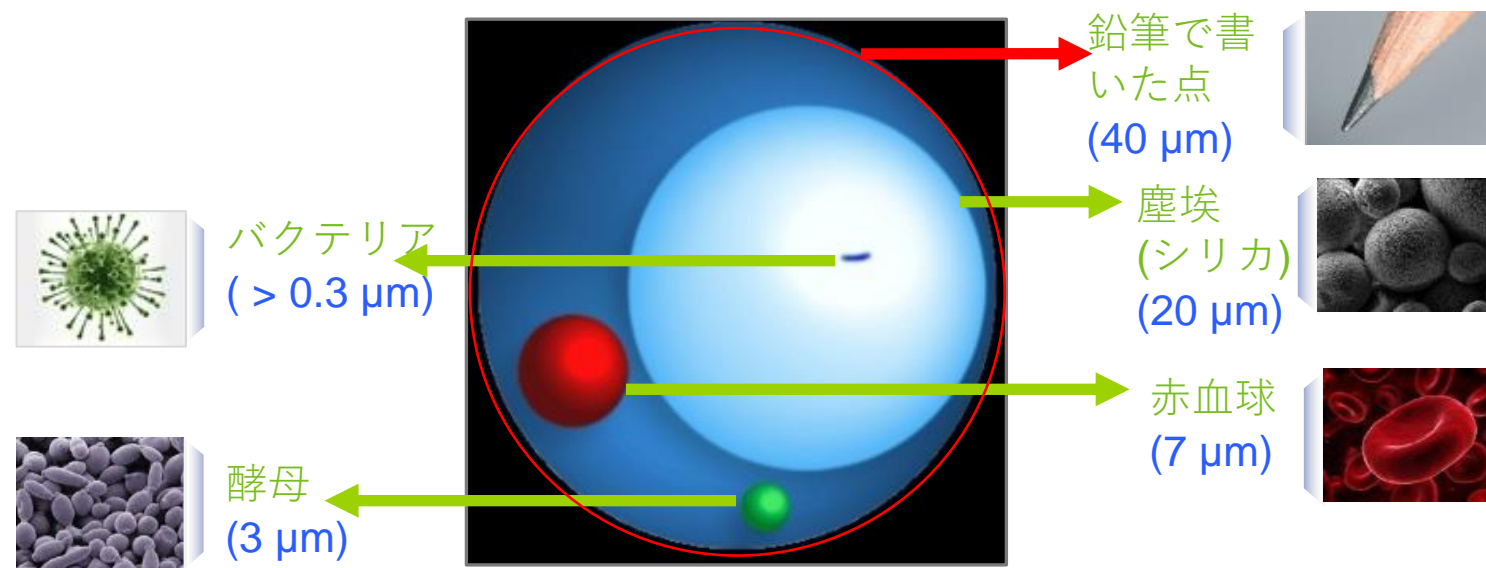
	アプリケーション	ろ過・分離技術
①	供給水からの除粒子	精密除粒子フィルター
②	電解液(KOH/AEL)からの除粒子	除粒子フィルター
③	水分離（コンプレッサー保護）	気液コアレッサー
④	水分離（触媒保護）	気液コアレッサー
⑤	水分離、除粒子（吸着剤保護）	ガス用フィルター 気液コアレッサー
⑥	除粒子（水素純度改善）	ガス用フィルター

固形汚染物質除去（除粒子）



固形汚染物質の由来

- 汚染された供給水やKOH (アルカリ型電気分解装置)
- 配管や装置（ポンプやコンプレッサー）の腐食
- ドライヤーやPSAからの吸着剤（微粉）の流出
- 薬品類の変化や劣化
- メンテナンス中に混入（溶接や給油など）



裸眼で目視可能な大きさ:約 40 μm

固形汚染物質除去（除粒子）技術



除粒子フィルター



目的とする粒子を確実に除去するには、除粒子性能の確かな定格ろ過精度のフィルターを使わなければなりません

定格ろ過精度フィルターと公称ろ過精度フィルターの違い



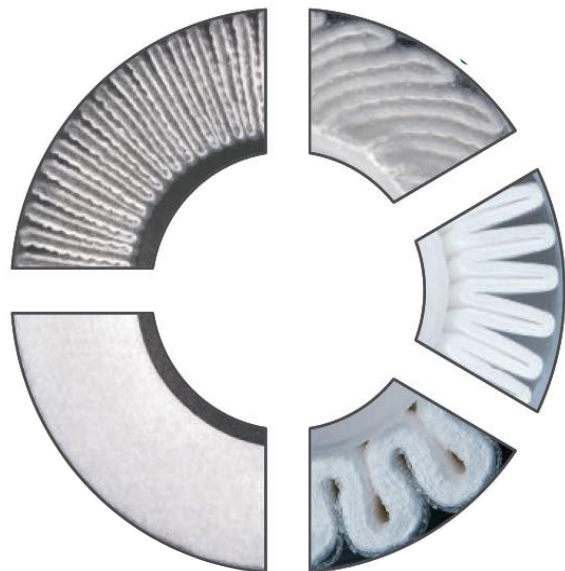
- ①: ろ過前のアミン溶液
- ②: 公称ろ過精度10 μm フィルターでろ過後
- ③: 定格ろ過精度10 μm フィルター (99.98%) でろ過後

- **定格ろ過精度フィルター:**
国際規格 (ISO) や国家規格 (JIS/ANSI/DIN etc.)、業界規格 (SAE/ASTM etc.) に従って除粒子性能を評価し、ろ過精度を定める。
- **公称ろ過精度フィルター:**
フィルターメーカーが任意の試験方法で、任意の除去率 (質量除去率) でろ過精度を定める。メーカー間での比較は実質的に不可能。
- よくみられる公称ろ過精度フィルターでの問題点:
質量除去率に基づいているため、ろ過精度よりも大きな粒子が期待よりも多数、フィルターをすり抜けてしまう。

Pallのろ過・分離技術（除粒子）



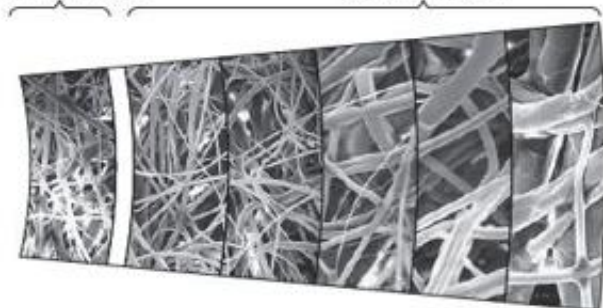
多様な製品群が幅広い温度範囲と様々な流体に対応します
用途・目的に最適な除粒子性能を持つ製品を提供します



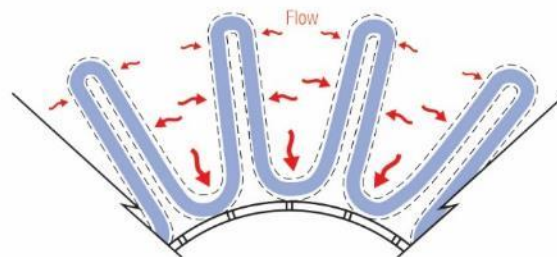
メディア形状（断面）

精密ろ過層

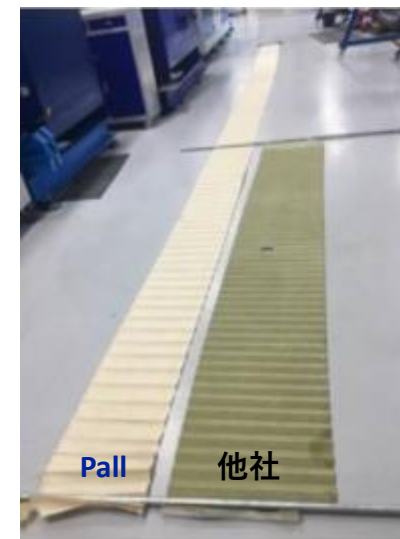
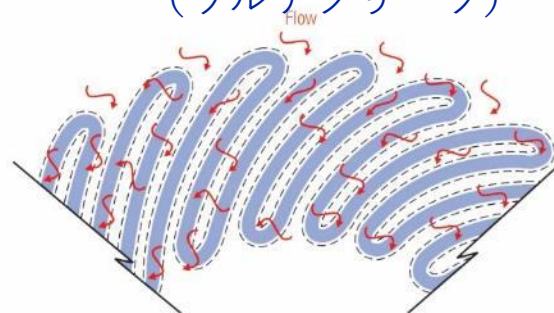
テーパ孔構造
（プレろ過層）



一般的なファンプリーツ



Pall独自のレイドオーバープリーツ
（ウルチプリーツ）



Pallレイドオーバープリーツ：
10.85 m

他社ファンプリーツ：
3.61 m

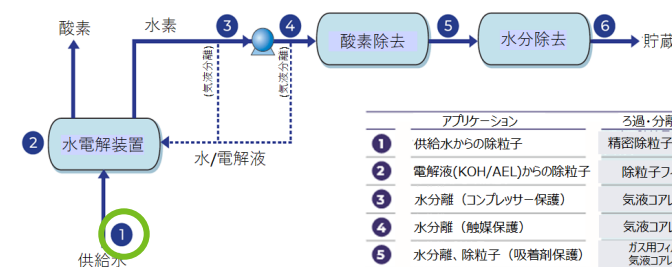
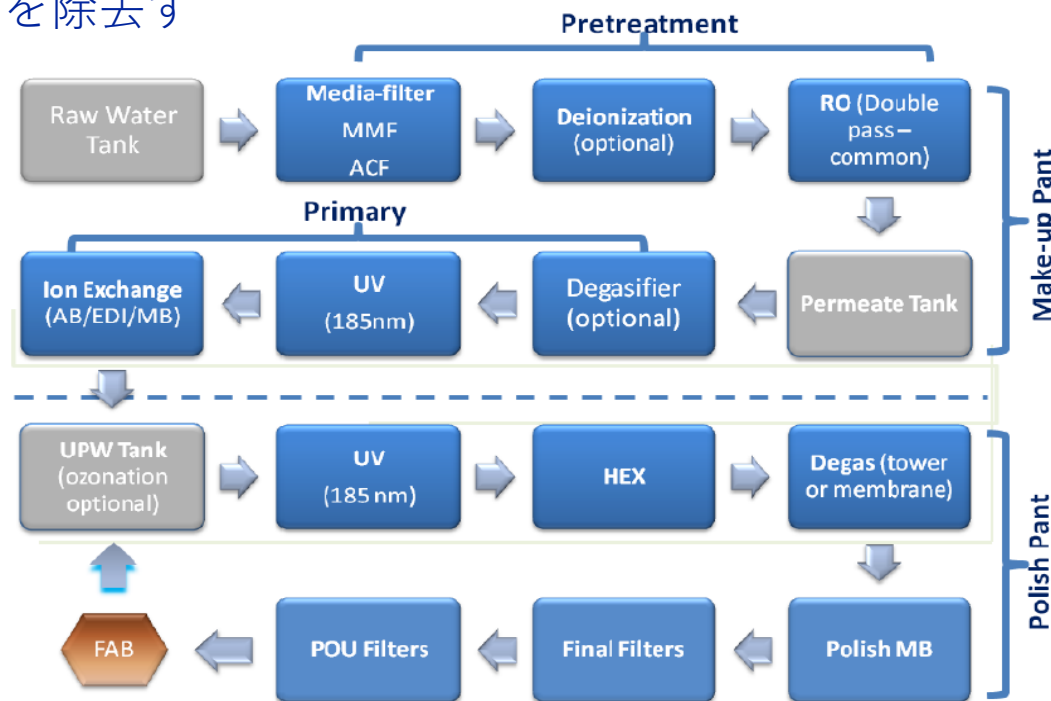
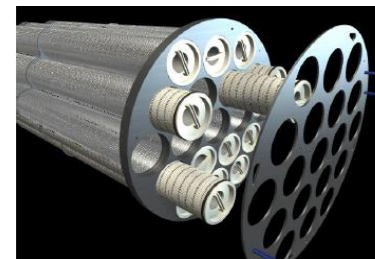
プリーツ形状の違いによるろ過面積の違い

供給水 – PEM型電解装置



Pallのご提案

- RO膜の保護：定格ろ過精度5 μmの除粒子フィルター
- RO膜から発生する粒子の除去：定格ろ過精度0.02~1 μmの除粒子フィルター
- イオン除去: 鉄やカルシウムを除去するイオン交換型フィルター



アプリケーション	ろ過・分離技術
1 供給水からの除粒子	精密除粒子フィルター
2 電解液(KOH/AEL)からの除粒子	除粒子フィルター
3 水分離 (コンプレッサ保護)	気液コアレサ
4 水分離 (触媒保護)	気液コアレサ
5 水分離、除粒子 (吸着剤保護)	ガス用フィルター 気液コアレサ
6 除粒子 (水素純度改善)	ガス用フィルター

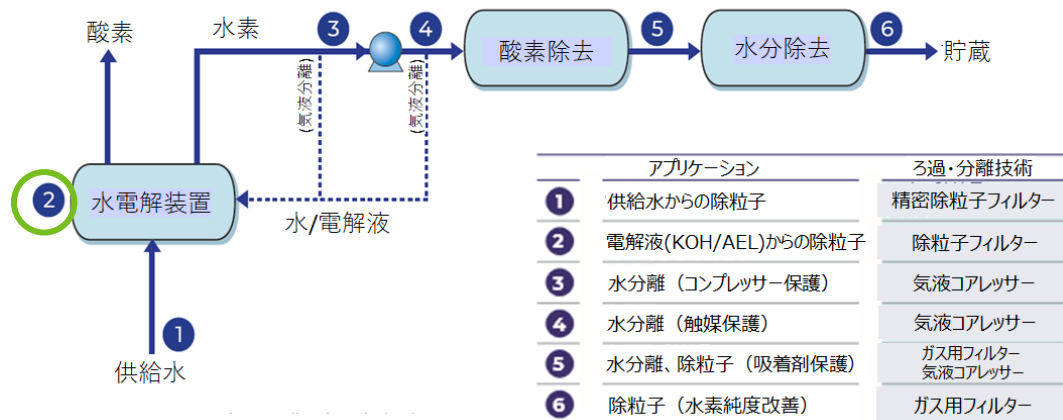
供給電解液（KOH） – アルカリ型電解装置



- 電解液供給ポンプの保護：
定格ろ過精度10 μmの除粒子フィルター
- フィルター寿命（交換頻度）：～1年
- 80°Cの30% KOH水溶液で使用可能
- 高流量対応フィルター
- 電解液に適合する材質：PP, PTFE, ECTFE*
*ECTFE：エチレン-クロロトリフルオロエチレン



ポールウルチプリーツハイフロー・フィルター

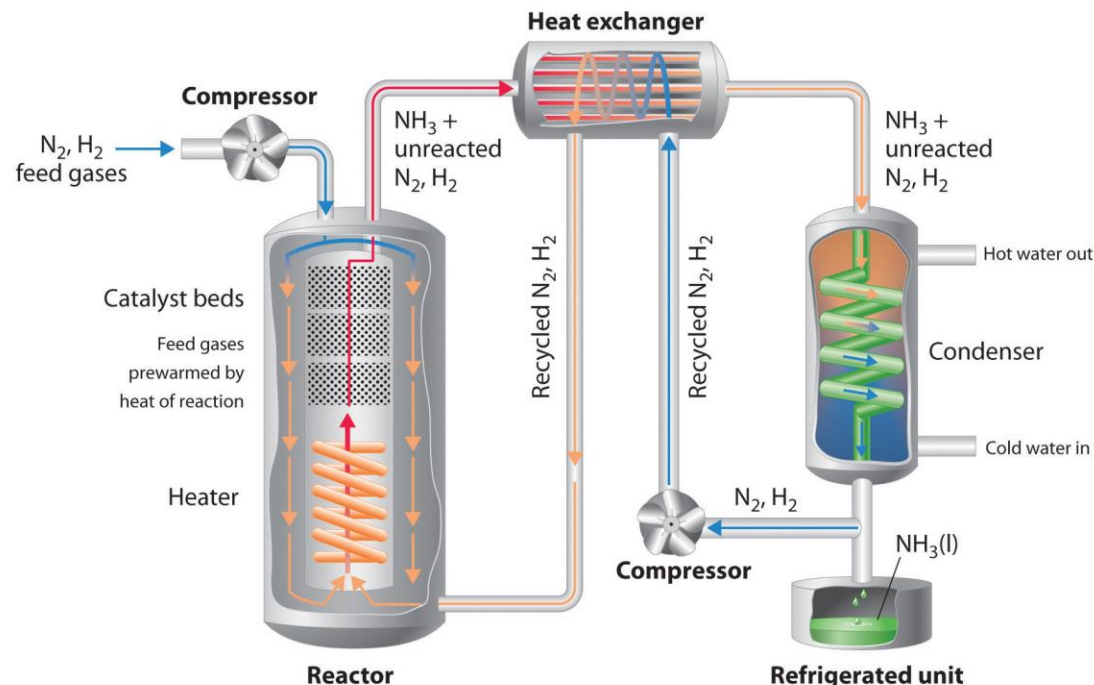


水素貯蔵

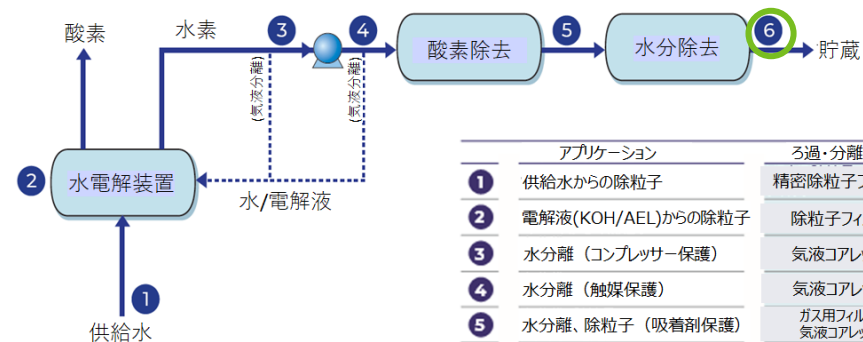


水素貯蔵例

- タンクに水素として貯蔵（高圧水素、液体水素）
- アンモニアに変換（例えばHarber-Bosh合成）してアンモニアとして貯蔵
 - 200を超えるPallフィルターとコアレッサーがアンモニアプラントに導入されています。
- コンプレッサーで加圧すると、水素が微細固形異物やコンプレッサーオイルで汚染されることが（よく）あります。
- 貯蔵タンク内で水素が汚染されることもあります。
- エンドユーザーが要求する水素の品質を達成するために、Pallのガスフィルターや気/液コアレッサーが役立ちます。



Haber-Bosch法アンモニア合成



アプリケーション	ろ過・分離技術
① 供給水からの除粒子	精密除粒子フィルター
② 電解液(KOH/AEL)からの除粒子	除粒子フィルター
③ 水分離 (コンプレッサー保護)	気液コアレッサー
④ 水分離 (触媒保護)	気液コアレッサー
⑤ 水分離、除粒子 (吸着剤保護)	ガス用フィルター 気液コアレッサー
⑥ 除粒子 (水素純度改善)	ガス用フィルター

事例紹介 – ブルー水素製造



- ある電力会社が石炭ガス化とCO₂回収・貯留による水素製造（ブルー水素）を検討している。
- その水素を液化し、近隣諸国へ輸出する計画である。
- 石炭ガス化により生成するガス中のチャーを除去するため、Pallのメタルフィルターを用いたブローバックシステムがパイロットプラントで検証実験された。
- この検証実験で、アルミ化鉄製のメタルフィルターが十分な耐食性及び耐熱性を有することが確認された。
- 現在、このプロジェクトは商用化に向けたスケールアップが検討されている。



Pall PSSシリーズメタルフィルター

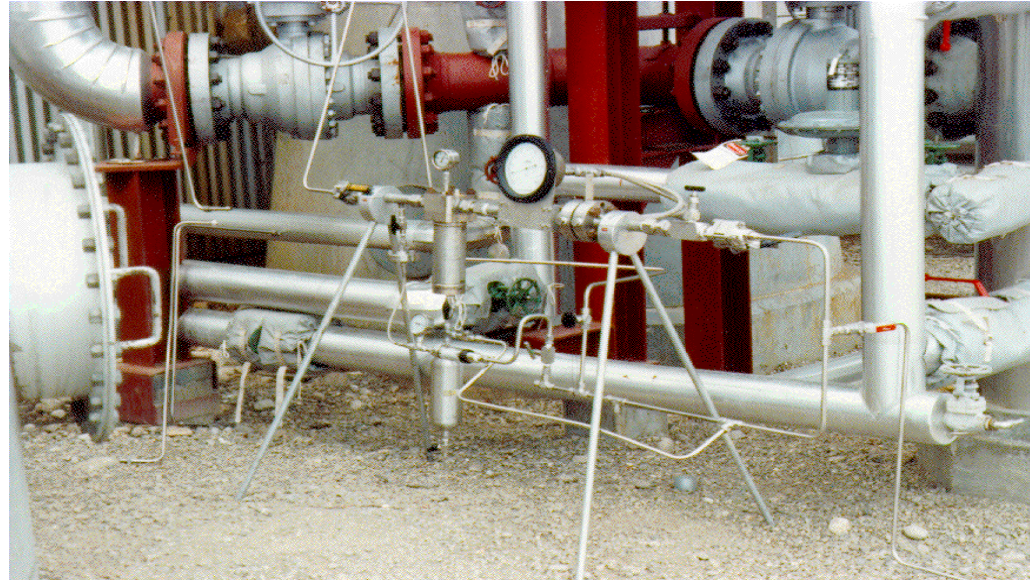
SLS

Global Technical Support

Pallの提供する製品群が、お客様のご期待通りの役割を果たすように技術的なサポートをする組織がSLSです。

- フィルターの性能試験（ラボスケール／パイロットスケール）
- お客様と協働し、プロセスの最適化に貢献します。また、ろ過・分離・精製に関するセミナーやトレーニングを提供します。
- お客様がろ過・分離・精製に関する問題を抱えている場合、現地調査も含め、問題解決に貢献します。
- Pall社のテクノロジーの学会発表や雑誌投稿
- 規格（ISOやJIS）作成技術小員会での規格審査や原案作成

Pallレンタルユニット – フルスケール・パイロットスケール



- お客様のプロセスに直接接続
- スケールアップ検討に最適
- 短期～長期のレンタルが可能
- レンタル装置のメンテナンスや流体清浄度評価をPallがサポート



- 水素はクリーンエネルギー源やエネルギー媒体として主役を務めるとみなされている
- グリー水素製造を加速しなければならないが、商用化とスケールアップに課題が残されている。
- 特に水電解装置の高コストが問題であり、また、求められる水素純度の達成も課題である。
 - 液体汚染物質および固形汚染物質の除去が必須
- **お客様の問題を解決するろ過・分離・精製技術を提供することで、ポールはグリーン水素製造の推進に貢献します。**



ご清聴ありがとうございました。



どのような事でも、お気軽にお問い合わせください。

Takemi Namba

Principal Technical Specialist, FTAP

takemi_namba@ap.pall.com

You can also contact

Toshi_Sato@pall.com

Geetha_Sanjeev@pall.com

This presentation is the Confidential work product of Pall Corporation and no portion of this presentation may be copied, published, performed, or redistributed without the express written authority of a Pall corporate officer.

© 2023 Pall Corporation