



我が国の海水淡水化及び総合技術利用研究開発 発現状と展望

阮国嶺

国家海洋局天津海水淡水化と综合利用研究所

2016年11月26日



ガイドライン

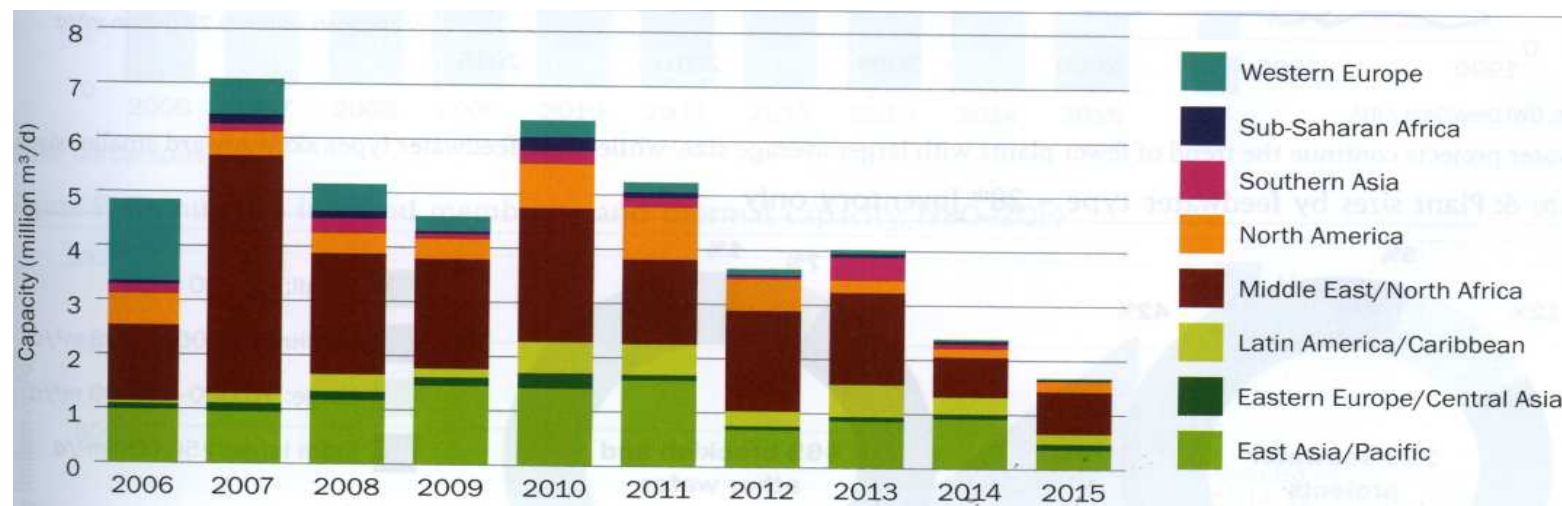
1. 我が国の海水淡水化発展現状
2. 海水淡水化技術の研究
3. 工事の設計
4. モデルの実例
5. 展望



1. 我が国の海水淡水化発展現状

1. 我が国の海水淡水化発展現状

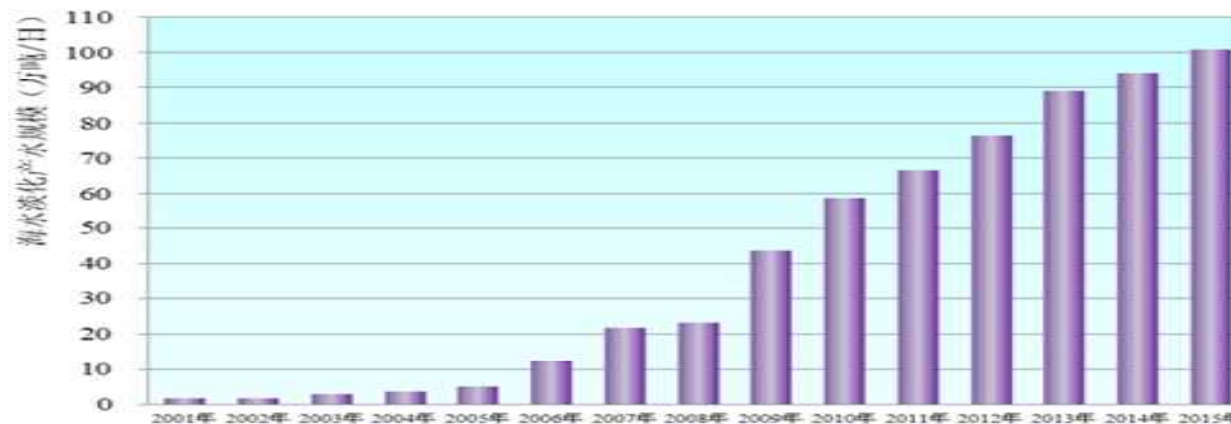
- 海水淡水化は世界範囲内で広く応用を獲得された、市場は全世界沿海と内陸の水が不足する地区に分布し、中東とアジア太平洋の市場は比較的活発しています。
- 多段フラッシュ（MSF）、多重効用法（MED）、逆浸透（RO）の三大主流技術がある。その中に、RO市場占有率は最高で、しかしMSF、MEDは中東地域における認可程度がもっと高い。





1. 我が国の海水淡水化発展現状

- 我が国は自身のエネルギー供給状況によって、20年余りの技術難関突破を通過して、MEDとROの両者に優劣がない海水淡水化技術の発展戦略を成す。
- 2015年末まで
 - 121個の海水淡水化工事を建った、総規模は100.9万m³/dに達した、MEDは34.5%、ROは64.9%を占める。
 - 主に北方の沿海に分布され、天津の産業発展は全国の一番目に位置して、しかし淡水化の用途は単一、主に工業応用で、規模は58.7万m³/dだ。

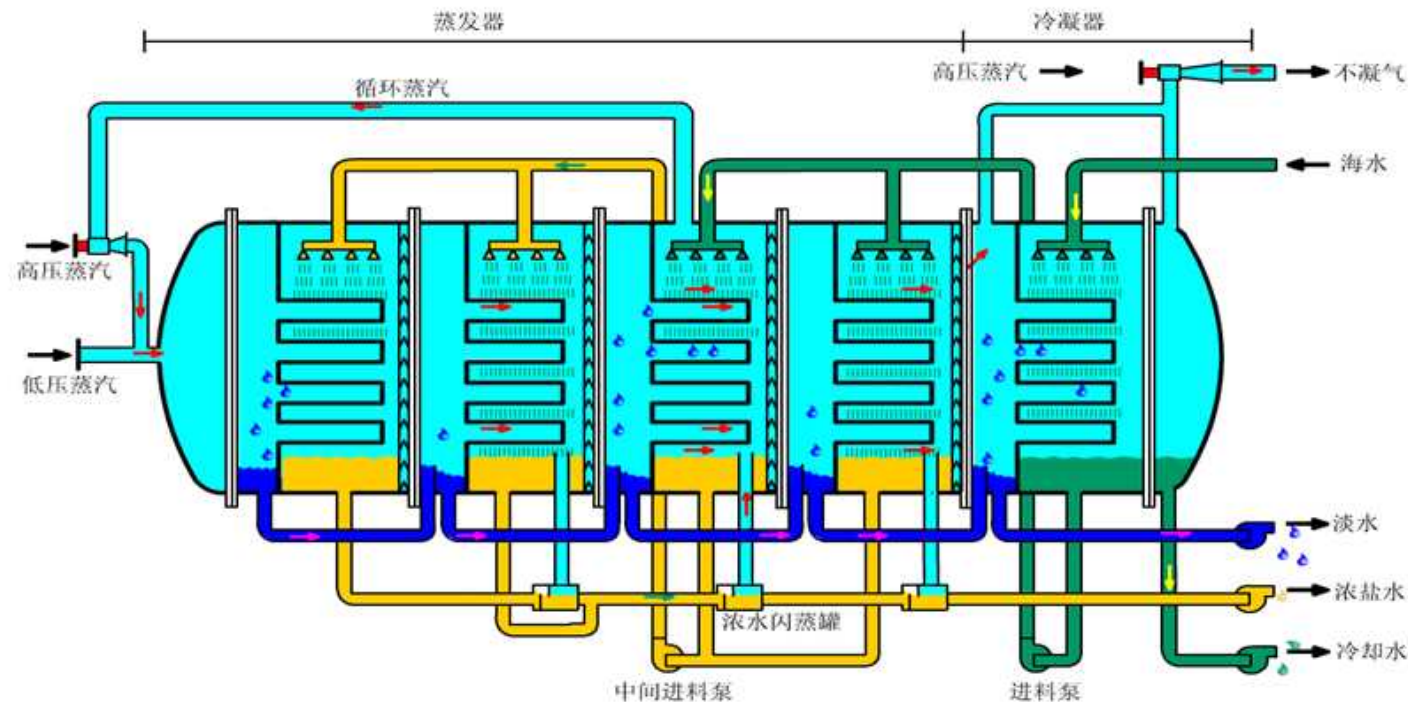


我が国の20年間の海水淡水化工事規模変化傾向図

1. 我が国の海水淡水化発展現状

■ 多重効用海水淡水化（MED）

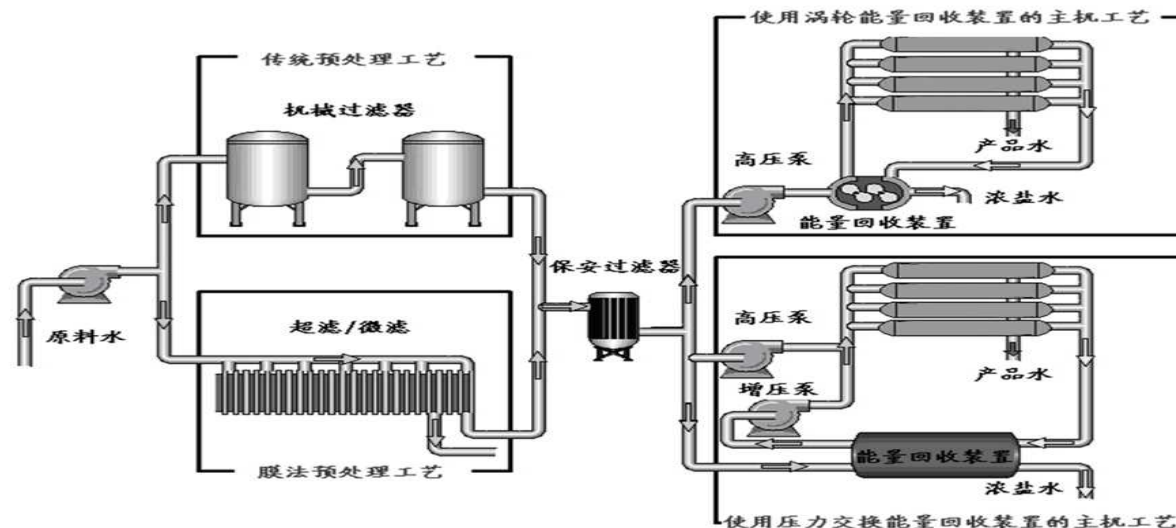
- 現代MED技術は伝熱管の内外水蒸気凝縮と海水加熱蒸発の両側位相変化伝熱を利用するので、高熱エネルギー利用効率を持つ。
- 工業余熱、廃熱で海水淡水化を行い、水製造コストの低減に適する。



1. 我が国の海水淡水化発展現状

■ 逆浸透海水淡水化 (RO)

- RO技術は圧力で溶剤（水）を駆動し、逆浸透膜を通じて、淡水を生産する。
- 淡水化の過程は位相変化がなく、システム操作と制御が便利である。
- ただ電気エネルギー入力だけに頼り、全体のエネルギー利用効率が低い。





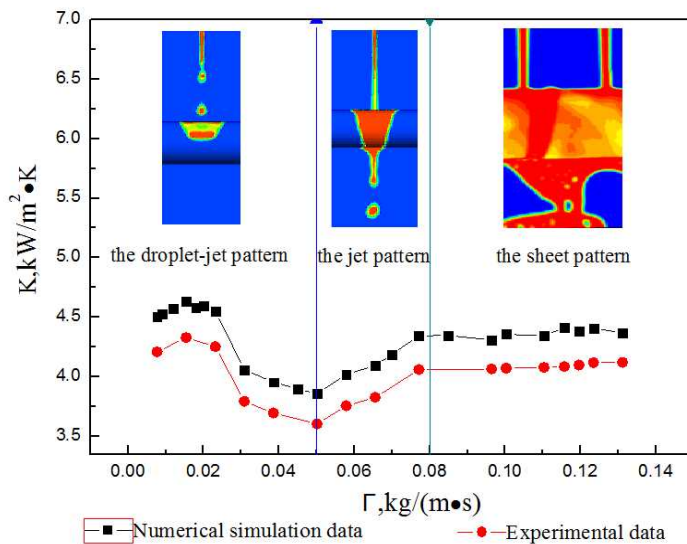
2. 海水淡水化技術の研究

2. 海水淡水化技術の研究——熱法

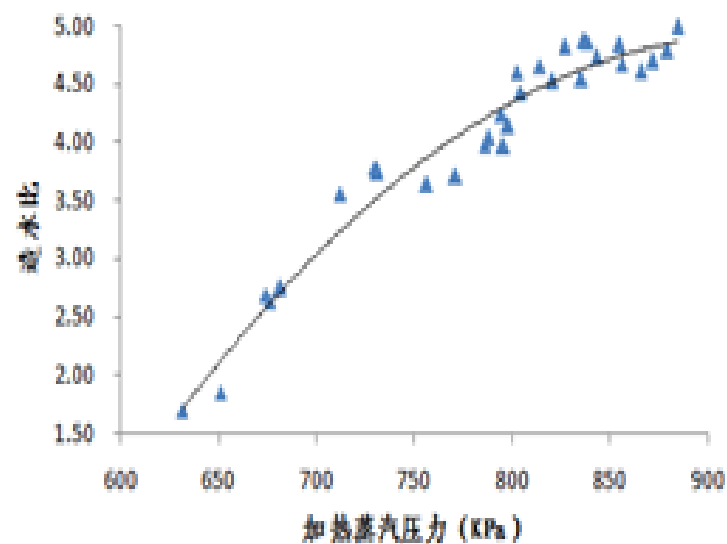
2.1 熱法淡水化のキーテク研究

■ 熱法淡水化蒸発プロセス技術

- 数値シミュレーションと試験研究を通じて、水平管降膜蒸発と板式昇膜蒸発など過程の位相変化によって伝熱へ影響する原因を分析し、工事設計合理化の技術パラメーターを提供する。



水平管降膜蒸発試験結果



板式昇膜蒸発試験結果

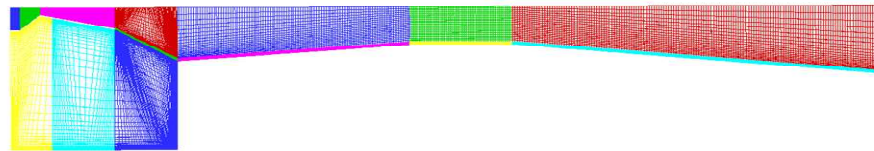


伝熱試験プラットフォーム

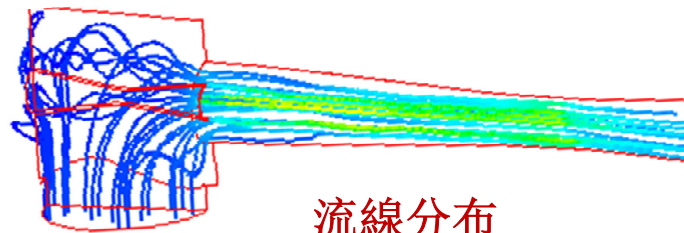
2. 海水淡水化技術の研究——熱法

■ 蒸気噴射ポンプ（TVC）の開発

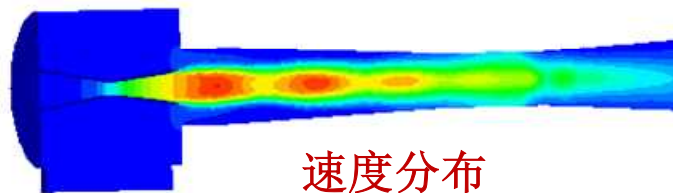
- 熱圧縮試験プラットフォームを建て、設計パラメータを検証する。
- 合理化の動力学模型で大型TVCの設計と開発を行う。



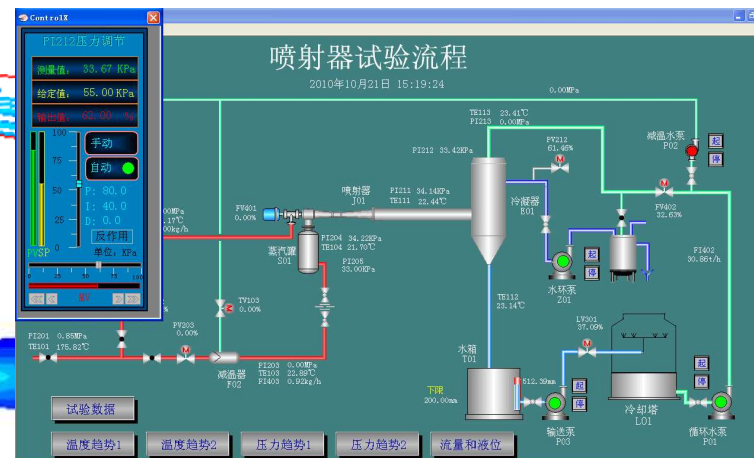
模型設置



流線分布



速度分布



試験プラットフォーム制御
インターフェース



大型TVC

2. 海水淡水化技術の研究——熱法

■ プロセス技術ブラント及び合理化

- 高い効率の位相変化及び水蒸気の循環利用、廃熱回収などの技術に基づいて、省エネの技術を成す。
- 水平管降膜、板片昇膜伝熱のMED中間試験装置に基づき、総合性試験を完成し、プロセス技術設計パラメータの検証と合理化を行った。



水平管式MED中間試験装置



板式MED中間試験装置

2. 海水淡水化技術の研究——熱法

■ ローコスト材料の開発と応用技術の研究

- アルミニウム合金伝熱管、表面鈍化ステンレス熱交換素子、蒸発器内錆止めペイント、チタン鋼合せ板蒸発器などローコスト材料の加工品質制御、性能評価と組み合わせた工事応用技術指標体系を作成した。
- 苦塩辛い水淡水化、海水淡水化、工業廃水処理方面の異なる需要を満足できる高、中、低の方案を成した。



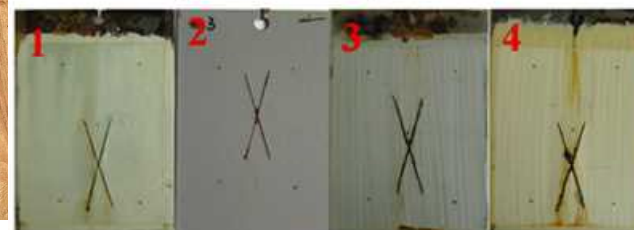
アルミニウム管盤
引延加工



鈍化处理前後の316L平鉄



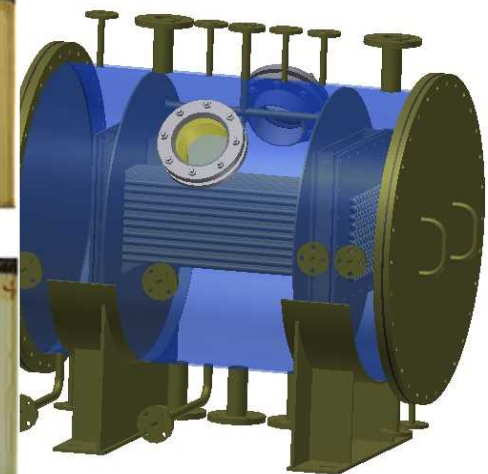
(a) Results of damp heat test



(b) Results of salt spray test

1. THD; 2. Rilsan; 3. Interzone 954;
4. XHDAC

国内外同類塗料の耐食性比較



チタン鋼合せ板蒸発器

2. 海水淡水化技術の研究——膜法

2.2 膜法海水淡水化技術とキーテック装備開発

■ 逆浸透膜材料

- 我が国の逆浸透膜生産メーカーは主に杭州水処理センター、貴陽時代アルシンダなどがある；2012年、時代アルシンダ会社の国内市場占有率は11%に達した、国際膜供給商の4番目になった；全世界の市場占有率は4%となり、国際膜供給商の6番目だ。

時代アルシンダ主要海水淡化逆浸透膜

型番	SW21-8040	SW22-8040
造水出来高gpd(m ³ /d)	5000 (18.9)	6000 (22.7)
塩分除去率(%)	99.7	99.7
有効膜面積ft ² (m ²)	330 (30.6)	380 (35.2)
テスト標準溶液(ppmNaCl)	32800	32800
テスト操作圧力psi (MPa)	800(5.5)	800(5.5)



2. 海水淡水化技術の研究——膜法

■ 限外濾過膜

- 汚染された海水水質に対応するため、中空繊維限外濾過膜は我が国の逆浸透海水淡水化の前処理に広く用いられ、良好な効果を得た。
- 最もよく用いられる膜材料はPVDFで、主な膜製造技術は位相転換法と熱誘導位相法だ。
- 一部メーカーの製品性能はすでに国際先進水準に接近した、膜透過量、実用寿命など指標はやはり向上の必要があり、大型工事検証が不足だ。



2. 海水淡水化技術の研究——膜法

■ 逆浸透膜殼

- ハルビン楽普実業発展センターなど国内ガラススチール企業は長期に逆浸透膜殼の研究開発と生産に従事し、製品性能は国際先進水準と相当する。
- 国内の逆浸透海水淡水化工事はほとんど自主製品を採用し、且つ部分輸出を実現した。



2. 海水淡水化技術の研究——膜法

■ エネルギー回生装置、高圧ポンプ、ブースターポンプ

- 国内海水淡水化エネルギー回生装置の研究開発機関は主に国内科学研究機関と一部の専門企業で、圧力交換式エネルギー回生装置を開発する。
- 我が国の吸い揚げポンプ業界における逆浸透海水淡水化揚程、流量、耐圧等級を満足できる吸い揚げポンプは部分プロジェクトに応用された。

エネルギー回生装置



杭州水中心が開発するエネルギー回生



海水淡水化研究所が開発する



天津大学と中冶が開発する

淡水化用吸い揚げポンプ

南方ポンプ業



浙江ウイル

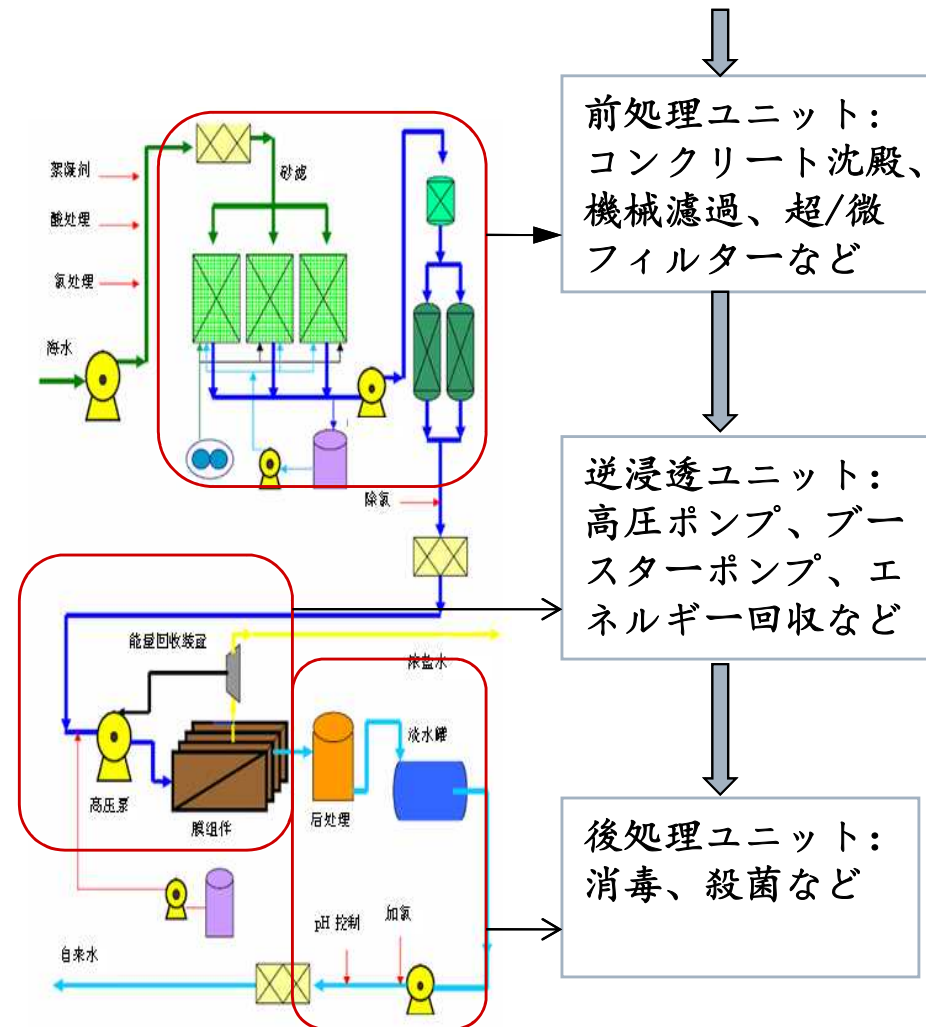




2. 海水淡水化技術の研究——膜法

■ 技術ブランド及び工事建設

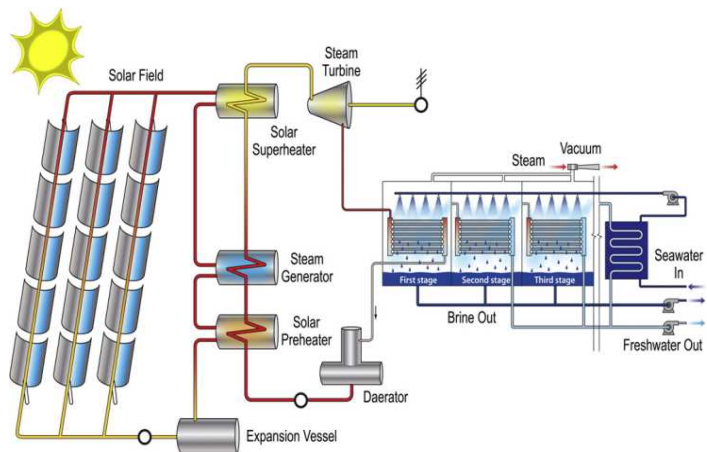
- 成熟した1級逆浸透、2級逆浸透及び水生産後の処理方案となった。
- 国内外の各類ブランド膜モジュール、高圧ポンプ、ブースターポンプ、エネルギー回収などに対応する最適化ブランド能力が備えた、所有者の異なる需要を満足できる。
- 我が国は自主的に多くの大型逆浸透海水淡水化工事の設計と建設を行った、一定の工事経験を身に付けた。



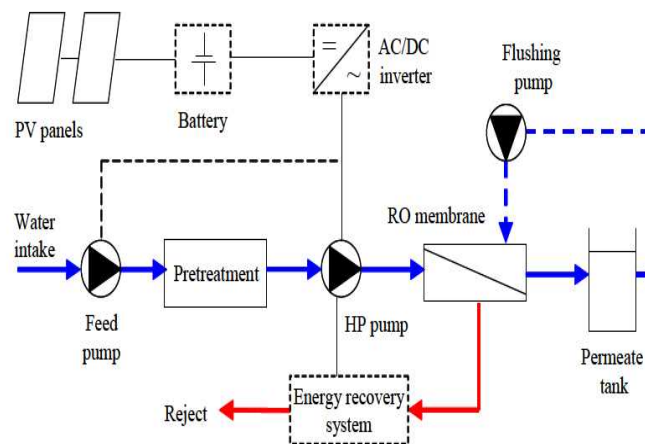
2. 海水淡水化技術の研究——新しいエネルギー淡水化技術

2.3 新しいエネルギー淡水化技術研究

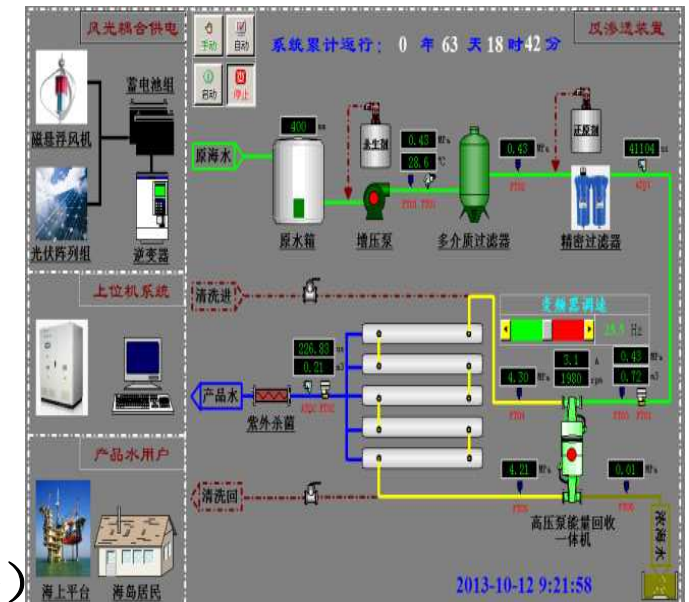
- ソーラー、光熱、風電及び多エネルギー相互補完に対応す多様な再生可能エネルギーの海水淡水化カップリング技術となった、大陸浜海、オフショア島地区は新しいエネルギー海水淡水化技術に対する需要を満足した。



光集光熱海水淡水化（熱法）



海水ソーラー淡水化（膜法）

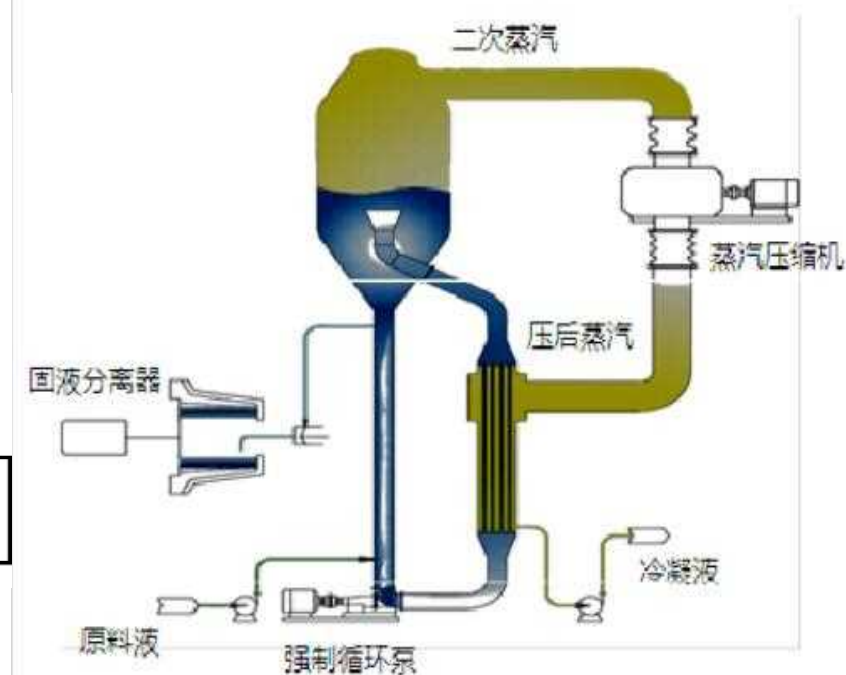
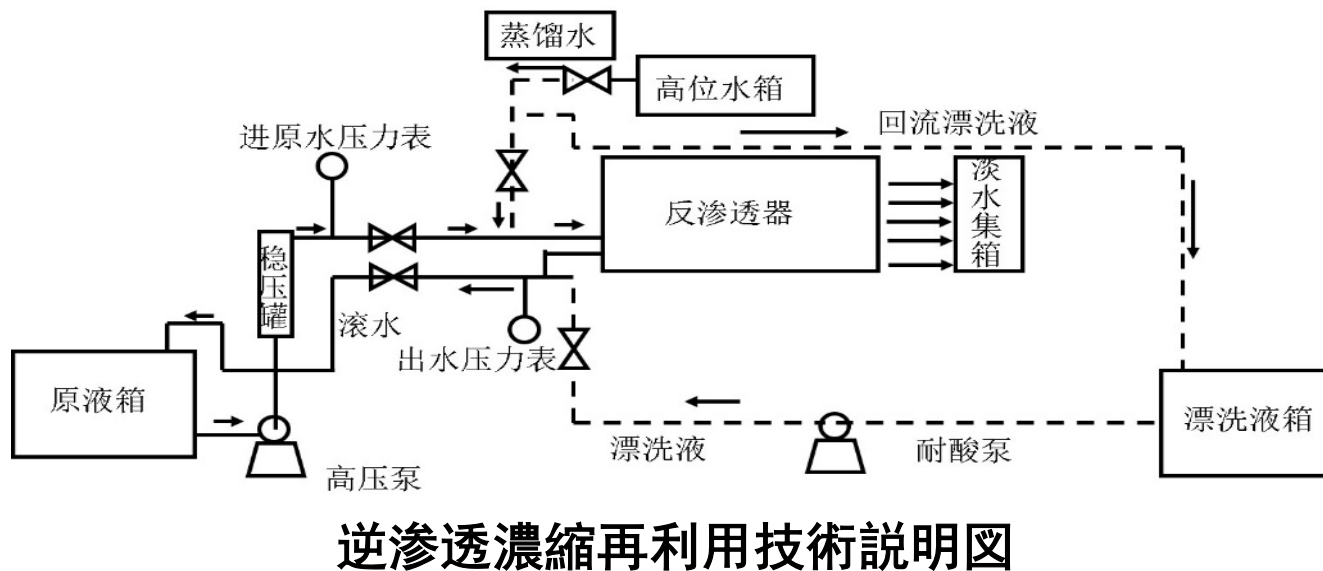


風光カップリング海水淡水化（膜法）

2. 海水淡水化技術の研究——工業廃水処理

2.4 淡水化技術に基づく工業廃水処理技術

- 逆浸透、機械圧縮蒸留（MVC）に基づく工業廃水濃縮処理技術を開発した、循環再利用水、廃水濃縮資源回収、廃水濃縮ゼロエミッションなど方面に適用する。





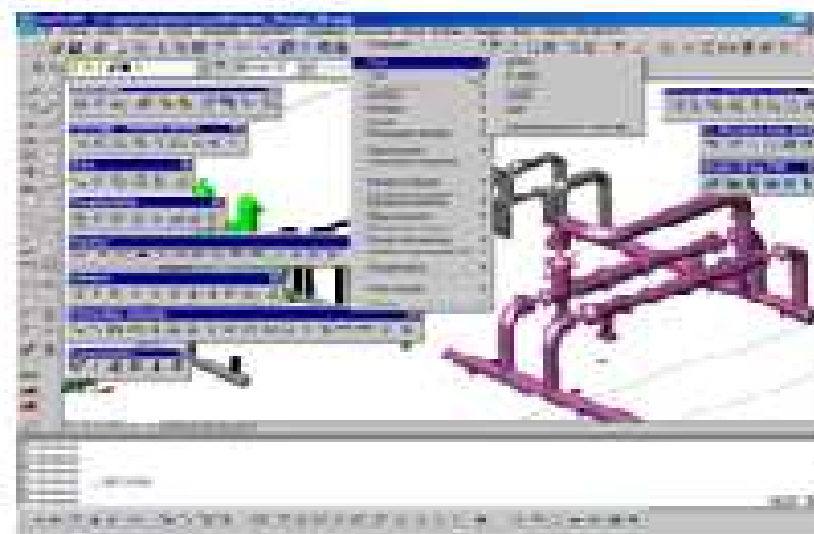
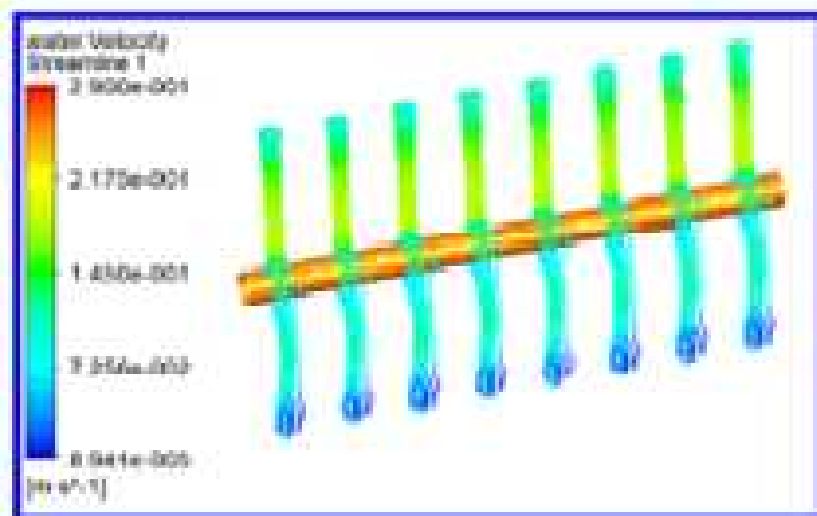
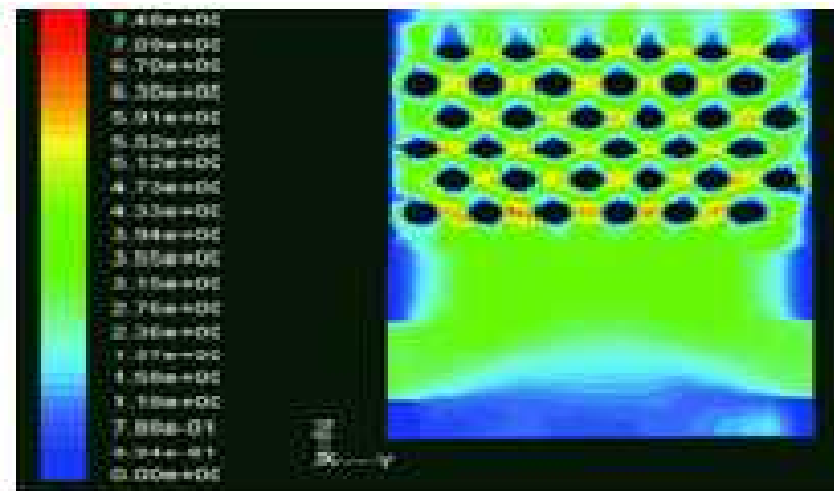
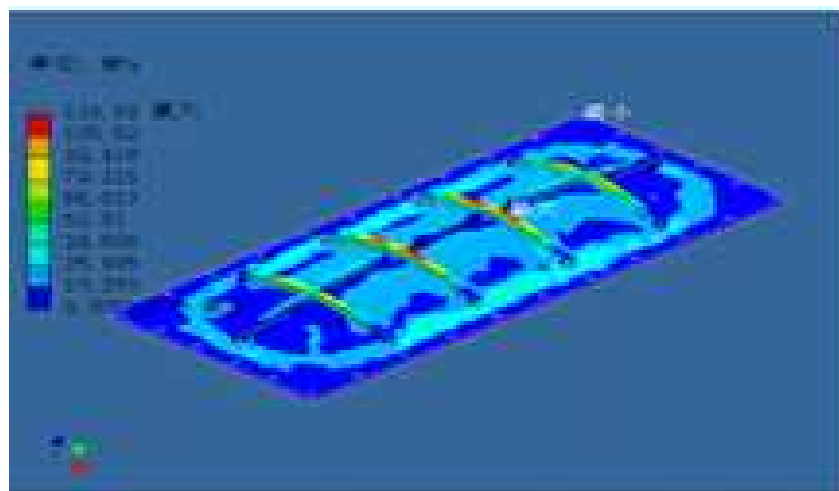
3. 工事の設計



3. 工事の設計

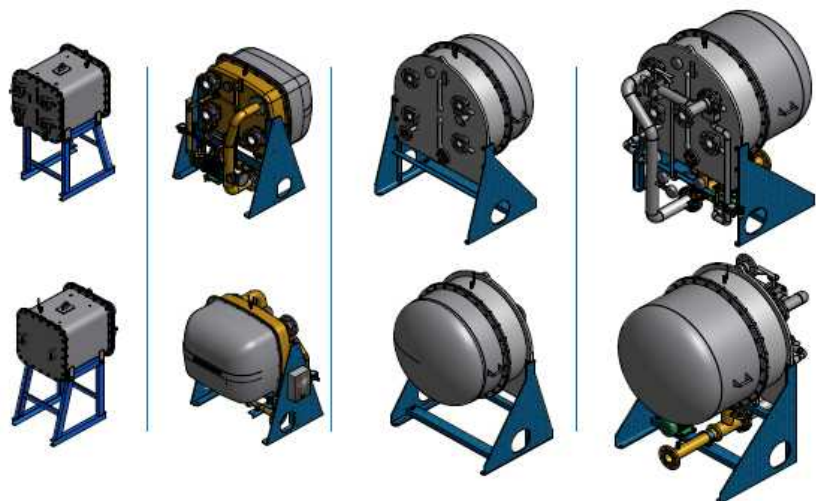
- 分析、設計ソフトウェアとバージョンアップデータベースを統合し、専門、高い効率の開発設計プラットフォームとなった。
 - 構造分析ソフトウェア(SW6、PV—Elite、ANSYS)、3次元装置設計ソフトウェア(Inventor)、技術設計ソフトウェア(PDMS)、システム制御設計ソフトウェア(PIW、Promis.e)
- 設計プラットフォームは国家規格あるいは国際標準（例えばASME、DIN、JISなど）を参照し、装備の開発設計を行い、国内外ユーザーの需要を満足できる。
- 下記のようにシリーズ化装備設計案となった。
 - 熱法淡水化装置規模5m³/3day~5×10⁴m³/3dayは船舶、島、浜海発電所の需要を満足できる。
 - 300MW、600MWと1000MWユニットの大型水電共同生産カップリングのセット方案に適用する。
 - RO装備規模5m³/3day~1×10⁵m³/3dayは島、工業区域、都市の給水需要に満足できる。

3. 工事の設計



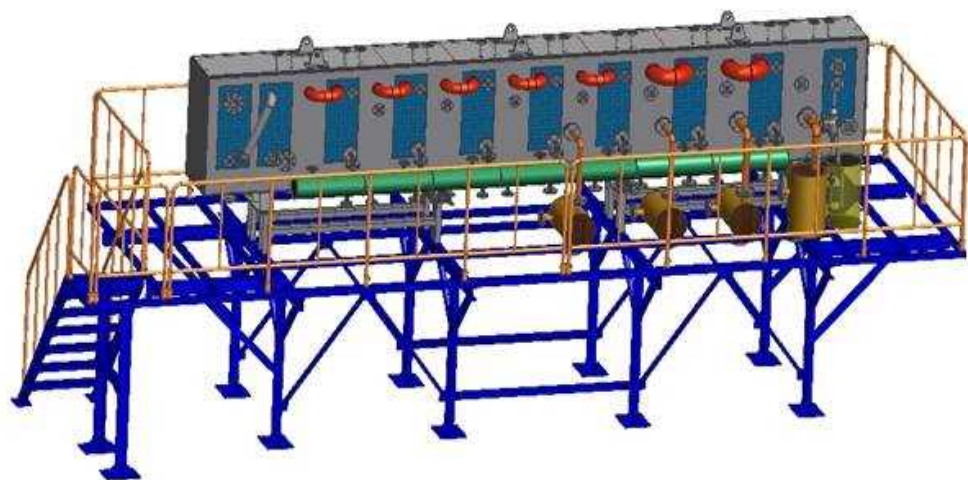
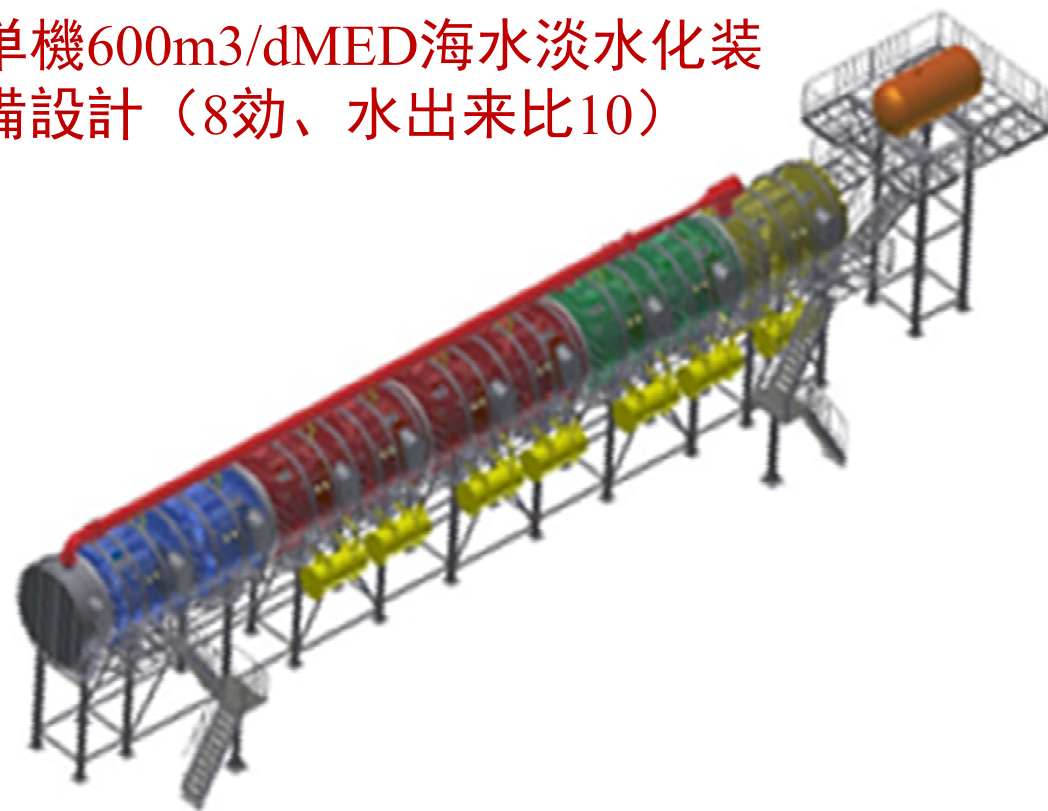
構造と流体分析ソフトウェア

3. 工事の設計——熱法淡水化工事



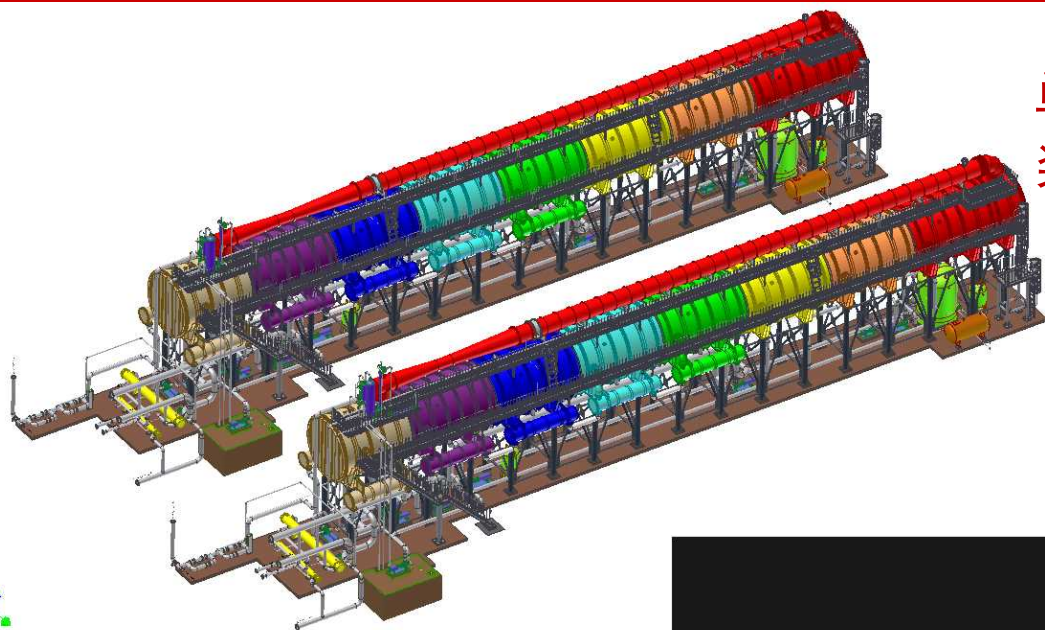
5~20m³/d板式蒸留海水淡水化装置

单機600m³/dMED海水淡水化装置設計（8効、水出来比10）



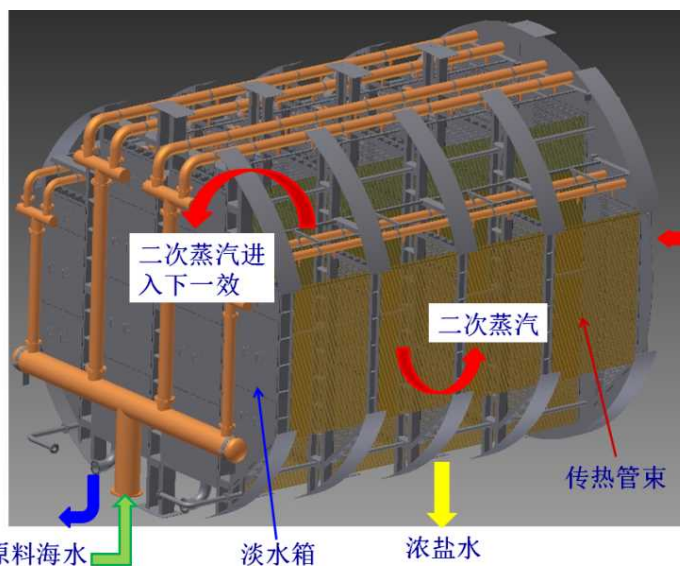
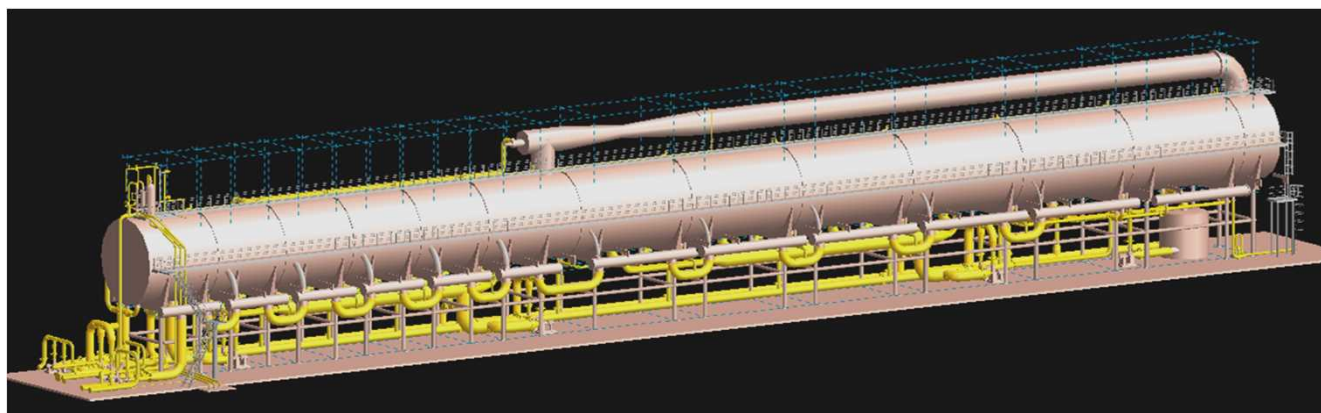
20~200m³/d多効板式蒸留海水淡水化装置

3. 工事の設計——熱法淡水化工事



単機4500 m³/d MED海水淡水化
裝備設計（7効、水出来比8）

単機25000 m³/d MED海水淡水化
裝備設計（11効、水出来比12.5）

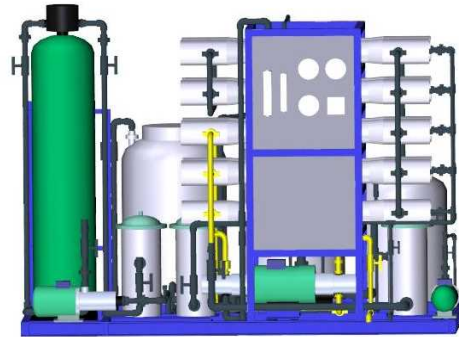


蒸発器内部構造図

3. 工事の設計——膜法淡水化工事



5 m³/d



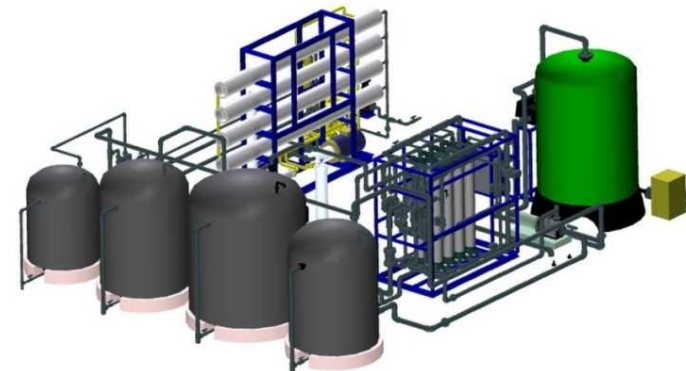
10 m³/d



20 m³/d



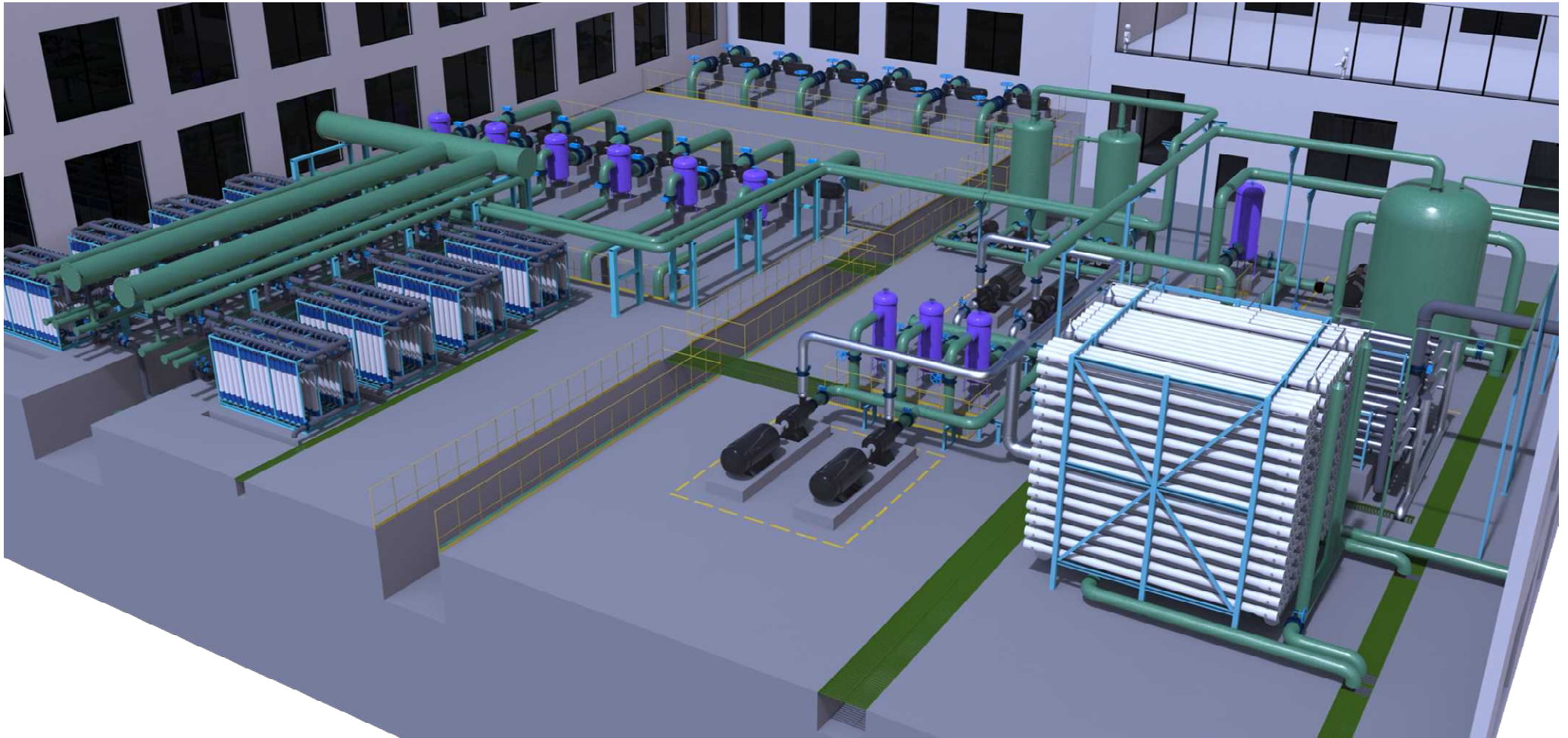
500 m³/d



100 m³/d

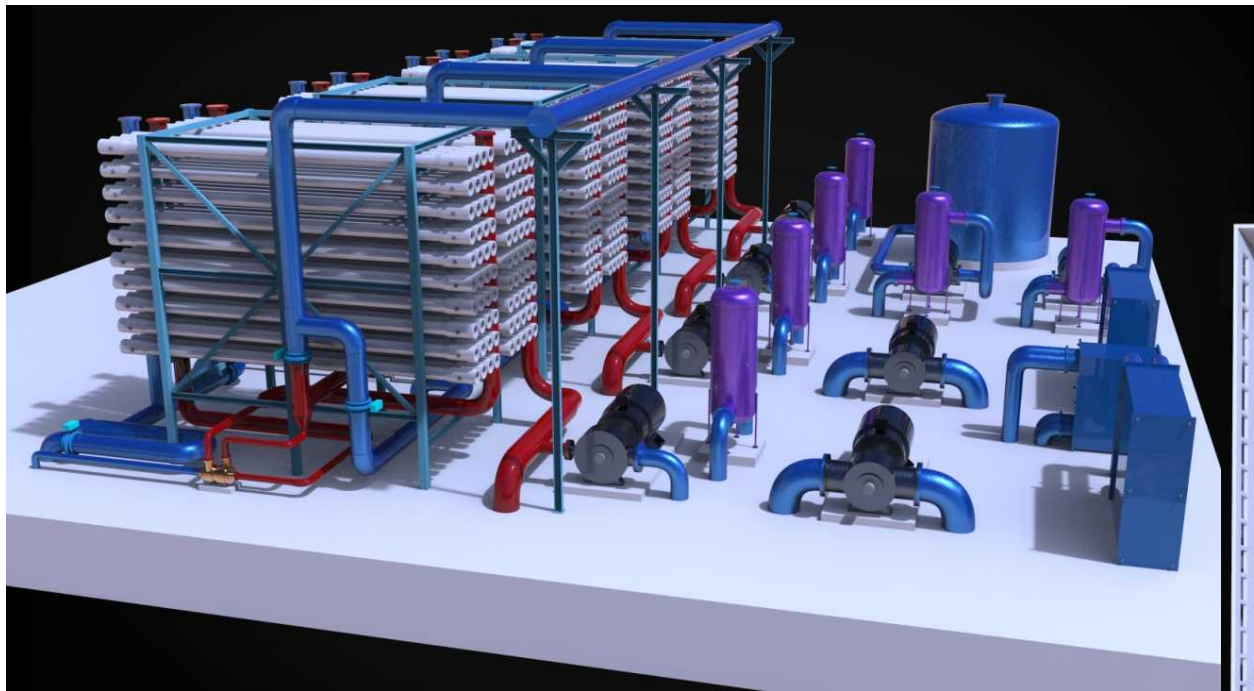
5 ~ 500 m³/d シリーズ 逆浸透海水淡水化装置

3. 工事の設計——膜法淡水化工事



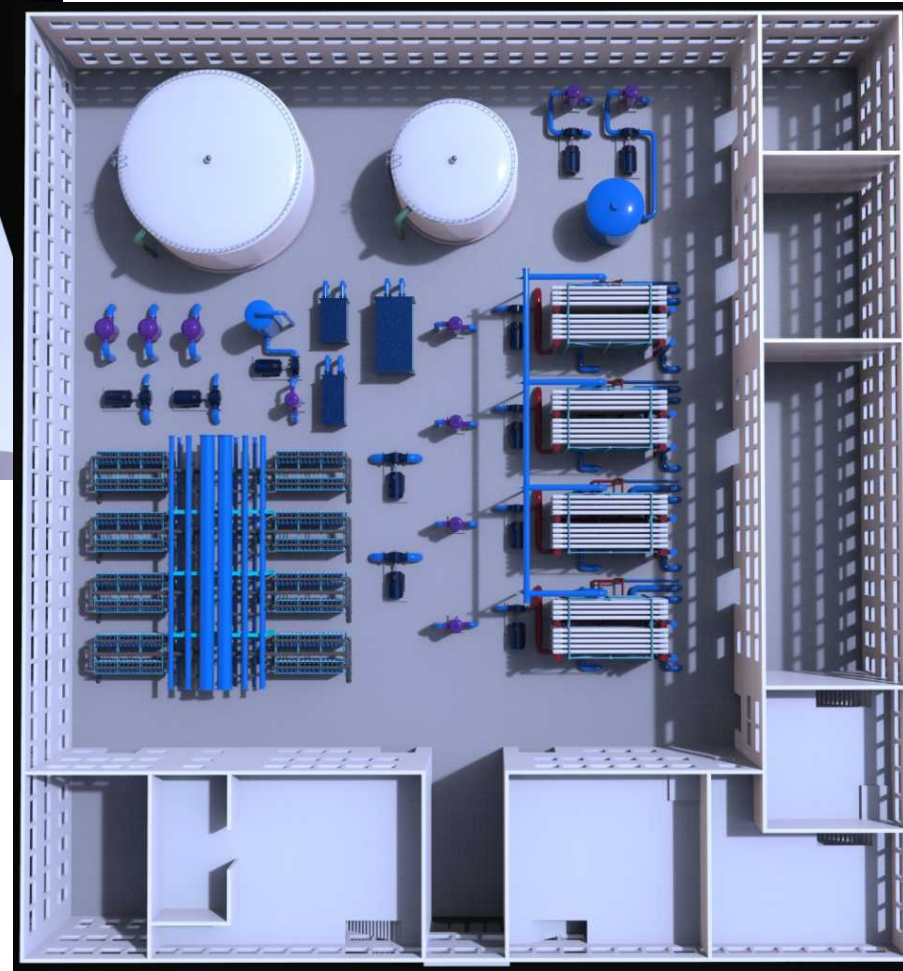
20000m³/d逆渗透海水淡水化裝備效果图

3. 工事の設計——膜法淡水化工事



40000m³/d逆渗透海水淡水化ROモジュールシステム効果図

40000m³/d逆渗透海水淡水化工場の見下ろし効果図





4. モデルの実例

4. モデルの実例——熱法海水淡水化

■ インドネシアへ6台/セットMED蒸留海水淡水化装置を輸出した

- インドネシアインデラマヤ、龍湾、バキタン発電所の用水需要を満足した。
- 7効蒸発器設計を採用し、水出来比 ≥ 8 （4500m³/d装置水出来比10）、1トン水のエネルギー消費 ≤ 1.8 kWh/m³
- 自主的な技術力に頼り、問い合わせ、設計、建築とデバッグを完成した、我が国の初めて輸出した大型MED海水淡水化装置だ。



インドネシアへ輸出した（2×4500m³/d+4×3000m³/d）MED海水淡水化装置

4. モデルの実例——熱法海水淡水化

- 我が国におけるすでに操業開始した自主開発の最大単機規模のMED蒸留海水淡水化装置
河北国華滄電2.5万トン/日の多重効用海水淡水化工事



4. モデルの実例——膜法海水淡水化

- 大連長海県1500トン/日の逆浸透海水淡水化装置（中国の1番早い2つRO海水淡水化工事の一つ、このプロジェクトは1999年の国家海洋工事設計銀賞を光栄に獲得した）
- 青島黄島発電所（3000+10000）トン/日の逆浸透海水淡水化装置（このプロジェクトは2006年の国家海洋局科学技术進歩1等賞を光栄に獲得した）



大連長海県RO海水淡水化工事



黄島発電所RO海水淡水化工事



自主的に研究開発するエネルギー回生装置

4. モデルの実例——膜法海水淡水化

- 我が国が自己技術を採用する最大の逆浸透海水淡水化工事

浙江六横の2万トン/日の逆浸透淡水化工事



4. モデルの実例——再生資源の海水淡水化

■ 光集光熱蒸留淡水化システム



新疆托甫基地の太陽エネルギー
光熱+ガス発電機排気ガス余熱カ
ップリング供給多効板式蒸留淡
水化装置、24トン/日



海南樂東の太陽エネルギー光熱多
重効用海水淡水化装置、30トン/
日

4. モデルの実例——再生資源の海水淡水化

■ 海南600トン/日の太陽エネルギー蒸留海水淡水化工事——実行中

- プロジェクト場所：海南省東方市感城鎮
- 海水淡水化生産能力：600t/d
- 水質：≤10ppm



4. モデルの実例——再生資源の海水淡水化

■ 多元カップリング供給可能の逆浸透海水淡水化システム



大管島5m³/d 5m³/d多元カップリング供給能力の逆浸透海水淡水化装置

5m³/d風光ディーゼル発電
逆浸透海水淡水化装置



4. モデルの実例——その他

■ 鹹水、工業廃水及び循環再利用水処理工事



鹹水淡水化

滄州化学工業グループ18000トン/日



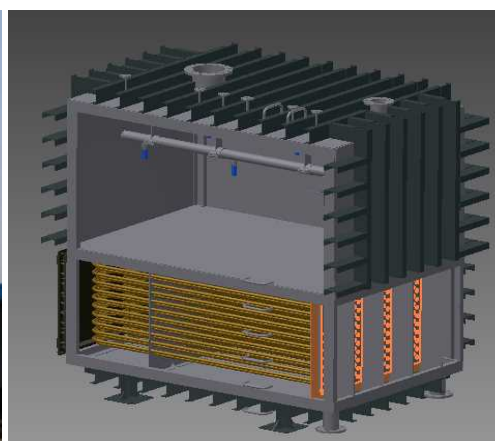
工業廃水処理再利用

魯南化学肥料工場500トン/日の塩化アンモニウム廃水処理プロジェクト



循環再利用水

天津市經濟技術開發区40000トン/日



採油廃水ゼロエミッション
60トン/日の機械圧縮蒸留廃水
処理中間試験装置



5. 展望



5. 展望——提携の見通し

- 下記のように協力で各自の国内市場における海水淡水化技術の応用領域を広く開拓する。
 - 排気ガス、発電所過熱蒸気、煙などを利用する低品位の廃熱蒸留海水淡水化技術
 - 大規模逆浸透海水淡水化プラント技術
 - 熱法、膜法に基づく淡水化廃水資源回収、ゼロエミッション処置技術
 - 新しいエネルギー海水淡水化のカップリングモードを探求する
- 協力で国際市場を広く開拓する
 - 中日双方の装備材料開発、技術プラント、プロジェクト受注、工事建設方面の互いに補う優位に頼って、協力で国際淡水化市場を広く開拓する。



“ご連絡ありがとうございました”