

No.13 ー海水淡水化プラント材料(RO 膜)ー

調査責任者 一般社団法人日本化学工業協会

1. 調査の目的

RO 膜(逆浸透膜、Reverse Osmosis Membrane)は、分子レベルでイオンや塩類など水以外の不純物は透過させない性質を持ち、真水と塩分などを分離する機能を発揮する半透膜である。

浸透とは、半透膜を經由して希薄溶液から濃厚溶液に溶媒が移行する現象であり、浸透作用が収まり平衡に達した時点で両液間に生じた圧力差のことを浸透圧と呼ぶ。逆浸透は、濃厚溶液側に浸透圧以上の圧力をかけることで溶媒が濃厚溶液側から希薄溶液側に移行する現象である。この原理を利用し、塩分などの除去対象物質を含む溶液(海水など)に圧力をかけ、逆浸透膜を介して水のみを透過させて淡水を得ることが可能であり、海水の淡水化技術として利用されている。

本事例は RO 膜法による淡水化技術の CO₂ 排出削減貢献量を定量的に把握するために cLCA による評価を行った。温暖化領域に対する評価のみを行い、他の影響領域は対象範囲外とした。



図 13- 1. RO 膜

①CO₂ 排出削減貢献の内容

加熱を必要としないためエネルギー消費量が少ない。

②海水淡水化プラントの種類

- ・ 蒸発法 : 海水を蒸発させて蒸留水を作る方法
- ・ 膜法 : RO 膜による塩分を除去する方法

③海水淡水化プラントのトレンド

かつては蒸発法による海水淡水化が主流であったが、膜法は造水に要するエネルギー消費量が少なく、現在、大型プラントにおいて膜法の採用が主流となっている。

世界的な淡水需要の増加を反映し、海水淡水化プラントの大型化傾向は続くと考えられ、エネルギー消費量の小さい膜法は、低ランニングコストで大きな造水量を実現するとともに、エネルギー起源の CO₂ 排出量が少ないといった環境配慮性の優位性もあるため、今後さらに主要な方式としての地位を固めていくことが予想される。

2. バリューチェーンにおけるレベル

本事例は海水から淡水を造るための技術を対象としたものであり、そのバリューチェーンを下図に示す。

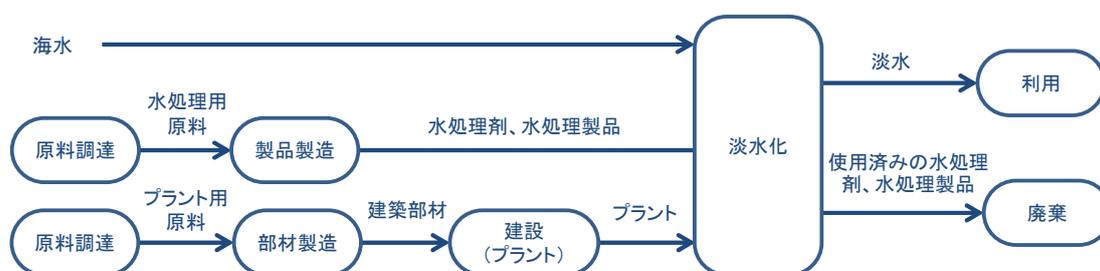


図 13- 2. 本事例のバリューチェーン

3. 製品の比較

本事例は、RO 膜法による海水淡水化技術と蒸発法による海水淡水化技術を対象としたものである。

2020 年に使用されている評価対象技術のシェアは約 90%と推定され、2030 年では更にシェアを伸ばすものと考えられる。(「8. 今後の予測」を参照)

表 13- 1. 評価対象技術と比較技術

評価対象技術	比較技術
RO 膜法による海水淡水化技術	蒸発法による海水淡水化技術

本事例による GHG 排出削減貢献量は、評価対象技術が存在しなければ比較技術を使い続けていたとみなし、「評価対象技術が普及したことによって、比較技術を使い続けた場合よりも削減された GHG 排出量」を表現している。

4. 機能単位

4.1 機能及び機能単位の詳細

本事例は海水を淡水化する技術を比較しており、どちらの製法によっても生産された水の機能は同じである。機能単位は RO 膜エレメント 1 本分の生涯造水量である 2.6 万 m³ の造水とした。

RO 膜法によって生産された水を使用するによって便益を受けるユーザーは水の利用者である。

・機能

淡水の提供

・機能単位

水 2.6 万 m³

・便益を受けるユーザー

水の利用者

4.2 品質要件

評価対象技術は RO 膜法による海水淡水化、比較技術は蒸発法による海水淡水化であり、海水から同じ品質の淡水を得る技術である。RO 膜法を使用することによって淡水化を行う際のエネルギー消費量を低減することができる。

4.3 製品のサービス寿命

本事例では RO 膜の使用年数は、平均的な使用実態から 5 年とした。製品を海水淡水化プラントに設置してから 5 年間は交換しない前提とした。

4.4 時間的基準と地理的基準

CO₂ 排出量の算定に用いたデータは 2009 年のデータを使用した。製品製造(淡水化)段階の電力 CO₂ 係数については、世界の電源構成予測に基づく 2018 年に作成された世界平均の 2030 年予測データを用いている。

CO₂ 排出削減貢献量は、対象年(2030 年)に世界で建設される海水淡水化プラントに設置される製品を、ライフエンド(5 年)まで使用した際のフローベースでの CO₂ 排出削減貢献量として算定されている。

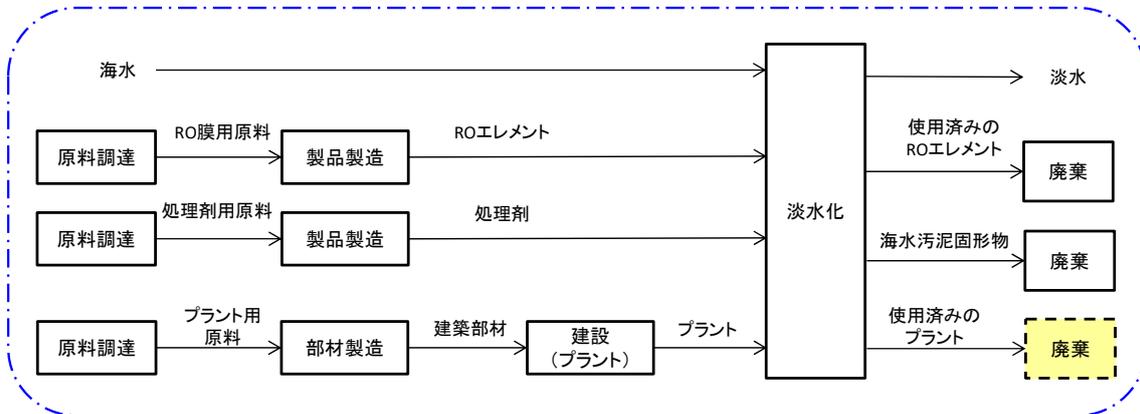
対象地域は世界での使用とした。

5. 算定の方法論

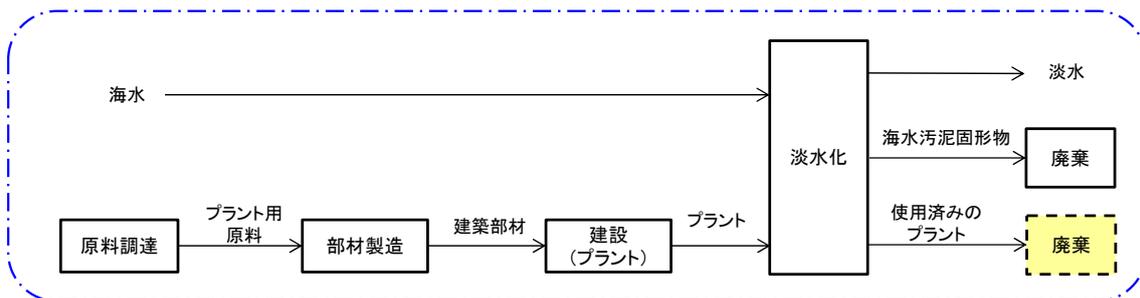
5.1 境界の設定

原料の製造から海水淡水化プラントの材料製造、プラント建設、使用(淡水化プロセス)に関わる段階を、RO 膜法による海水淡水化技術と蒸発法による海水淡水化技術のそれぞれについて評価を実施した。ただし廃棄に関しては、RO 膜利用による CO₂ 排出量を評価するため、RO 膜エレメントは、産業廃棄物として埋立処分するものとした。また RO 膜エレメント以外のプラント構成材料の廃棄処理に関するプロセス、及び材料の輸送プロセスはシステム境界に含めていないが、それぞれ CO₂ 排出量は相対的に小さく、無視できるレベルである。

【評価対象技術のシステム境界】



【比較技術のシステム境界】



注: 本図ではプロセス間の輸送を省略している。

- CO₂ 排出量を考慮しているプロセス
- CO₂ 排出量が少なくカットオフしたプロセス
- システム境界

図 13- 3. システム境界

5.2 前提条件

・単位導入量

RO 膜エレメント 1 本分の生涯(5 年)造水量である 2.6 万 m³

・使用済み RO 膜エレメントの廃棄

RO 膜利用による CO₂ 排出量を評価するため、RO 膜エレメントは、産業廃棄物として埋立処分するものとした。

5.3 主要パラメータ

CO₂ 排出量全体のほとんどは淡水化プロセスにおけるエネルギー使用に伴う排出である。したがって、CO₂ 排出量全体に与える影響が大きいパラメータは淡水化プロセスの電力使用量、電力 CO₂ 係数と化石資源の使用による熱エネルギー使用量である。

5.4 不確実性と将来的進展シナリオの統合

将来何の変化も起こらないと想定しており、製品製造(淡水化)段階の電力 CO₂ 係数以外は 2009 年のデータを使用した。電力 CO₂ 係数は世界の電源構成予測に基づく 2018 年に作成された世界平均の 2030 年予測データである。

6. 貢献の度合い(重要性)

評価対象技術である RO 膜法による海水淡水化技術は、RO 膜が分子レベルでイオンや塩類など水以外の不純物を透過させない性質を使ってライフサイクルで使用されるエネルギー消費量が蒸発法よりも小さく、CO₂ 排出削減に貢献している。ただし、CO₂ 排出削減貢献量は、化学産業だけに帰属しておらず、原料調達から淡水化プロセス、廃棄プロセスまでバリューチェーン全体に帰属している。

貢献度合い		化学製品と最終製品の関係
○	基本的 (Fundamental)	その化学製品は、最終製品を用いて GHG 削減貢献を可能にする上で重要な要素である。
	必要不可欠 (Extensive)	その化学製品は重要な要素の一部であるとともに、最終製品を用いて GHG 削減貢献を可能にするためにその化学製品の特性・機能が必要不可欠である。
	実質的 (Substantial)	その化学製品は GHG 削減貢献に直接的な貢献をしていないが、最終製品による削減貢献量に影響なく容易に置き換えられるものではない。
	間接貢献 (Minor)	その化学製品は GHG 削減貢献に直接的な貢献をしていないが、基本的又は広範囲に貢献している製品の製造プロセスで用いられている。
	貢献対象外 (Too small to communicate)	その化学製品は、最終製品を用いた GHG 削減貢献量に変化を及ぼさずに置き換えが可能である。

7. CO₂ 排出量の算定結果

評価対象技術と比較技術の CO₂ 排出量¹⁾を以下に示す。

評価対象技術の造水量 2.6 万 m³ あたりの CO₂ 排出量は 44.36t-CO₂、比較技術は 335.9t-CO₂ である。

●原料調達・プラント製造段階の CO₂ 排出量

評価対象技術の原料調達からプラント建設段階の CO₂ 排出量は造水量 2.6 万 m³ あたり 2.31t-CO₂、比較技術の CO₂ 排出量は 12.4t-CO₂ である。

●製品製造(淡水化)段階の CO₂ 排出量

評価対象技術の製品製造(淡水化)段階における CO₂ 排出量は造水量 2.6 万 m³ あたり 41.9t-CO₂、比較技術の CO₂ 排出量は 323.5t-CO₂ である。

●廃棄段階の CO₂ 排出量

廃棄段階においてはプラント解体、RO 膜エレメント以外の原材料廃棄はシステム境界外としたため算定していない。

評価対象技術の廃棄段階における CO₂ 排出量は RO 膜エレメントの廃棄処理において 0.15t-CO₂ である。

・造水量 2.6 万 m³ 当たり CO₂ 排出削減貢献量

評価対象技術と比較技術の CO₂ 排出量の差から算出した CO₂ 排出削減貢献量は 291.5t-CO₂ となる。

表 13- 2. 淡水 2.6 万 m³ 当たり (RO 膜エレメント 1 本分の生涯 (5 年) 造水量) の CO₂ 排出量と CO₂ 排出削減貢献量¹⁾

単位: トン-CO ₂ /造水量 2.6 万 m ³ (RO 膜エレメント 1 本分)		評価対象技術	比較対象技術
原料調達	RO 膜エレメント製造	0.01	—
プラント製造	RO 膜エレメントの原材料製造	0.1	—
	RO 膜エレメント以外の原材料製造、 プラント建設	2.2	12.4
製品製造 (淡水化)		41.9	323.5
廃棄	RO 膜エレメントの廃棄処理	0.15	—
	プラント解体、 RO 膜エレメント以外の原材料廃棄	(システム境界外)	
合計 (トン-CO ₂ /造水量 2.6 万 m ³)		44.36	335.9
CO ₂ 排出削減貢献量 (トン-CO ₂ /造水量 2.6 万 m ³)		▲291.5	

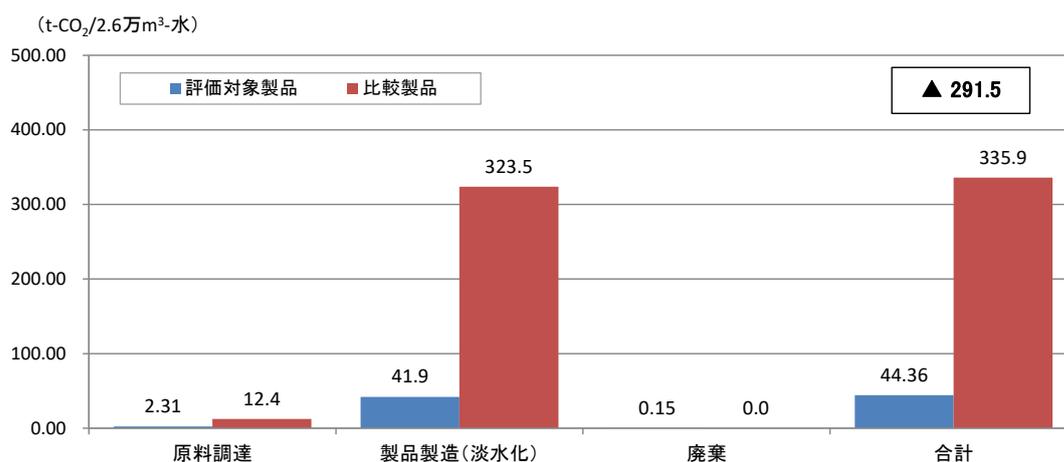


図 13- 4. 淡水 2.6 万 m³ 当たり (RO 膜エレメント 1 本分の生涯 (5 年) 造水量) の CO₂ 排出量と CO₂ 排出削減貢献量

8. 今後の予測

世界での導入効果

海水淡水化プラントは日本国内での導入規模は小さく、導入の大半が海外であることから、RO 膜に関しては世界全体での導入効果の評価を行った。2030 年の RO 膜海水淡水化の導入規模に関するデータは、最も近辺の予測データである 2020 年のかん水/海水淡水化割合、および、蒸発法の市場規模の予測値²⁾を 2030 年のデータとして代用し、2030 年の海水・かん水淡水化の市場規模予測データ³⁾から推計した。

世界の 2030 年における CO₂ 排出削減貢献量は、以下の設定に基づいて算定した。

①2030 年に新たに付加される世界の RO 膜淡水化能力

23 億 2140 万 m³/年

2030 年に新たに付加される世界の RO 膜淡水化能力は約 636 万 m³/日と予測される。
年間では 23 億 2140 万 m³(636 万 m³/日 × 365 日)となる。

②RO 膜エレメント 1 本分の年間造水量 0.52 万 m³/本/年

(RO 膜エレメント 1 本分の生涯(5 年)造水量 2.6 万 m³/本 ÷ 5 年)

③2030 年に世界で建設される海水淡水化プラントでの RO 膜エレメント需要の見込み

約 450 千本

2030 年に世界で建設される海水淡水化プラントでの 1 年間の淡水化量 ÷ RO 膜エレメント1本あたりの年間造水量
=23 億 2140 万 m³/年 ÷ 0.52 万 m³/年/本
≒450 千本

④淡水 2.6 万 m³ 当たり(RO 膜エレメント1本分の生涯(5 年)造水量)の CO₂ 排出削減貢献量
291.5t-CO₂/本

⑤CO₂ 排出削減貢献量

淡水 2.6 万 m³ 当たりの CO₂ 排出削減貢献量 × RO 膜エレメント需要見込み
=291.5t-CO₂/本 × 450 千本
=131,175 × 10³t-CO₂
≒131,200kt-CO₂

表 13- 3. 2030 年に世界で建設される海水淡水化プラントによる CO₂ 排出削減貢献量

1)2030 年の需要予測と CO ₂ 排出削減貢献量	数量	単位
・RO 膜エレメント需要見込み数	450	千本
・RO 膜エレメントによる CO ₂ 排出削減量 差分	▲291.5	kg-CO ₂ /本
2)CO ₂ 排出削減貢献量	▲13,120	万 t-CO ₂

淡水 2.6 万 m³ 当たり(RO 膜エレメント1本の生涯(5 年)造水量)の CO₂ 排出量は 44.36t-CO₂ であり、RO 膜エレメントの需要見込みは 450 千本であることから、評価対象技術の CO₂ 総排出量は約 2,000 万 t-CO₂(44.36t-CO₂/本 × 450 千本 ≒ 20,000 kt-CO₂)となる。

9. 事例(調査)の限界、将来に向けた提言

本事例は生涯造水量 2.6 万 m³タイプの RO 膜エレメントによる海水淡水化技術と蒸発法による海水淡水化技術を評価しており、今後の予測は 2020 年および 2030 年の市場予測から推定した 2030 年の需要予測に基づいて CO₂ 排出削減貢献量を算定したものである。したがって比較対象技術が異なるケース、処理能力が大きく異なる設備については個別の評価が必要であり、その結果によっては CO₂ 排出削減貢献量の算定結果が異なる。また、将来、RO 膜に関する技術開発で分離効率の向上や長寿命化が達成された場合の変化は考慮していない。RO 膜法による海水淡水化の製品製造(淡水化)で使用される電力の電源構成(再生可能エネルギー、火力等)や、蒸発法におけるエネルギー源が変化した場合、本調査の結果とは異なる CO₂ 排出削減貢献量となる可能性がある。このような変化があった場合は、本評価の結果を適用することはできない。

参考文献

- 1) 東レ(株)提供データ 2010 年度推定(但し、淡水化段階のみ 2018 年に作成された 2030 年電力 CO₂ 係数世界平均予測値を適用し、再計算)
- 2) GWI、「GLOBAL WATER MARKET 2017 VOLUME 1: COMPANIES AND MARKETS」(2016),
Figure 2.80, Figure2.84
- 3) GWI、「GLOBAL WATER MARKET 2017 VOLUME 1: COMPANIES AND MARKETS」(2016),
Figure 2.73

※著作権の帰属について

本著作物の著作権は著作者に帰属し、著作物の一部または全部を無断で複写・複製・転載することを禁じる。なお本著作物の著作者は一般社団法人日本化学工業協会とする。