

GSC

Green and
Sustainable
Chemistry

入門

No.5

第15回 GSC 賞経済産業大臣賞、環境大臣賞同時受賞 (2015年度)

世界の水問題解決に貢献する 高機能性逆浸透膜の開発

東レ株式会社

東レ株式会社は、透水性や除去性、耐汚れ性に優れた高機能性逆浸透膜を開発しました。省エネと高水質の両方の機能を兼ね備えた膜は、世界の水問題の解決に貢献する画期的な技術として注目されています。



GSC 賞と受賞企業のプロフィール

GSC 賞は、グリーン・サステイナブル ケミストリー (GSC) の推進に貢献した優れた業績を上げた個人、団体に贈るもので、毎年数件の業績が表彰されます。その中で、経済産業大臣賞は産業技術の発展への貢献に、文部科学大臣賞は学術の発展・普及への貢献に、環境大臣賞は総合的な環境負荷削減への貢献に、さらにベンチャー企業賞・中小企業賞 (2015年度新設) は中小規模の事業体を対象に産業技術の発展への貢献に対して贈ります。将来の展開が期待できる業績には奨励賞を贈ります。東レ株式会社は、1926年に創業した総合化学企業 (本社は東京都中央区) で、合成繊維や合成樹脂をはじめとする化学製品や情報関連素材を取り扱っています。

このテキスト シリーズの ねらい

世界規模で、資源やエネルギー、地球温暖化、水や食糧などの課題がますます深刻になり、複雑になっています。それらの課題を解決し、社会の持続可能な発展に向けて、環境保全と経済発展を両立させるイノベーションが求められており、

GSC への期待は高まる一方です。このテキストシリーズでは「GSC とは何か」を理解し、私たちみんなが持続可能な社会の担い手になることをめざして、GSC の推進に貢献したすぐれた業績に贈る GSC 賞を受賞した技術や製品を解説します。

※巻末の東京宣言 2015 をご参照ください。

GSC とは

名称：グリーン・サステイナブル ケミストリー
(Green and Sustainable Chemistry)

GSC の定義

人と環境にやさしく、持続可能な社会の発展を支える化学

GSC 活動の指針

- 化学は、社会の持続可能な発展のために、未来に向けた研究・教育、および環境に配慮したシステム・プロセス・製品の開発に取り組んできました。
- とりわけ、1992 年の地球環境サミット、リオデジャネイロ宣言を受けて、化学は、産・学・官一体となり、化学製品の設計から、原料の選択、製造過程、使用形態、リサイクル・廃棄までの製品の全サイクルにおいて、環境との共生の下、社会の要求に従い、経済合理性をもって環境、安全、健康に配慮した取り組みを進めるべく GSC を立ち上げ、活動を行ってきました。
- 全地球規模で、資源・エネルギー、地球温暖化、水・食糧、人口問題などの長期的課題が深刻化・複雑化する今世紀において、これらの課題解決を図り、より健康で豊かな社会の持続的発展をもたらす牽引役として、化学を基盤とするイノベーションへの期待は、益々大きくなっています。
- 化学は、産・学・官・民・国等の枠組みを超えたグローバルな連携・協調によって GSC を強力に推進し、これらの期待にこたえていきます。

GSC の事例

一大分類は、目的とする社会的貢献とその達成手段との組合せで表現しています。そして、それらの取組対象において、製造時あるいは使用時から社会的課題、さらに長期的難課題へと順次、取り組み対象を広げたものとし、また共通・基盤的項目も設けています—

低環境負荷生産に向けた

資源消費最小化・反応プロセス高効率化

1. 副生成物の発生量を低減する化学技術および製品
2. CO₂ 等の温室効果ガスや汚染物質の発生量を抑え、環境負荷を低減する分離・精製・リサイクル
3. CO₂ 等の温室効果ガスの発生量、環境への放出量を低減する化学技術および製品
4. 省資源・省エネを実現する触媒および反応プロセス

安全・安心な生活環境に資する化学物質のリスク低減

5. 廃棄物の発生量を低減する化学技術、製品およびシステム
6. 有害・汚染物質の発生と排出を抑止する化学技術、製品およびシステム

エネルギー・資源・食糧・水問題の解決に向けた取組み

7. 低品位の熱源や非在来型資源などを利活用するための化学技術、製品およびシステム
8. 未利用エネルギー・資源を有効なエネルギーに転換して貯蔵・輸送する化学技術、製品およびシステム
9. 枯渇資源(化石資源・希少資源)への依存度を低減する、または再生可能エネルギー・資源への転換・貯蔵を促進する化学技術、製品およびシステム

10. 3R(リデュース・リユース・リサイクル)に貢献する化学技術、製品およびシステム

11. 食料の生産・供給過程の高効率化、水資源の有効活用に資する化学技術、製品およびシステム

安全・安心・豊かで持続可能な社会実現のための長期的課題に対する先駆的取組み

12. 社会的課題の解決(エネルギー・資源、食糧・水、防災・インフラ整備、運輸・物流、医療・ヘルスケア、教育・福祉等)のための、ICT 等を活用した新しい社会システムの導入に貢献する、化学技術・新製品、および新形態のサービス
13. 環境への負荷を抑止しつつ社会や人の快適性の向上に寄与する化学・化学技術、新製品、および新形態のサービス

GSC の体系化・普及啓発・教育および GSC の評価方法の確立・普及

14. GSC の体系化
15. GSC の普及啓発・教育
16. GSC に関する評価方法、ライフサイクルアセスメントの確立と普及

世界の水問題の解決に貢献 高機能性逆浸透膜の開発

東レ株式会社

第15回(2015年度)のGSC賞は、東レ株式会社の「高機能性逆浸透膜の開発」が経済産業大臣賞と環境大臣賞を同時受賞しました。同時受賞はこの業績が初めてです。この膜は海水のみならず河川水や下排水など多様な水処理に使われており、省エネルギーで高い水質の水を得ることができます。



1 技術開発に至るまで

～社会の持続可能な発展の実現に向けて、
どのような意志のもとで開発が始まったのでしょうか。

水は人々の命を支えるばかりでなく、日常生活や経済を考える上でも重要な「資源」です。世界では人口の急増や経済発展とともに、水不足や水汚濁などの水問題が深刻化しています。この問題は今後もますます悪化し、国際的な紛争の引き金になるかもしれないと懸念されています。中でも一番の問題は、アフリカなどの途上国では約9億人の人々が安全な水を容易に手に入れることができないことです。2015年の国連サミットで採択された持続可能な開発目標(SDGs)でも、重要項目として水問題の解決を掲げており、「安全な水を安定して確保すること」が人類共通の重要課題として認識されています*1。

地球の表面の70%は水で覆われ、「水の惑星」と言われていますが、その多くは海水で私たちが利用できる淡水はわずか0.01%にすぎません。水問題を解決するためには、海水や内陸部のかん水*2など多様な水質の水の利用を促すことが求められています。

淡水の少ない中東などの地域では、海水から淡水をつくる「海水淡水化」が行われています。その方法には海水を加熱し、水蒸気を冷やして淡水を得る「蒸発法」*3や海水を逆浸透膜という特殊な膜でろ過して、淡水にする「逆浸透法」などがあります。逆浸透膜は孔径1 nm以下のたくさんの孔があいた膜で、水は通しますが、塩などの不純物を

通さない性質があります。海水から水だけを通すことで、海水に含まれる不純物を除去し、淡水を得ることができます(コラム参照)。蒸発法は大量のエネルギーが必要なため、造水コストがかかります。そのため、エネルギー効率が比較的よい逆浸透法に注目が集まっています。この方法なら、経済的に恵まれない国でも利用できる可能性があります。

逆浸透法でも海水に大きな圧力をかける必要があります、エネルギーは必要です。また、海水中にはプランクトンやその死骸などの有機物や塩分以外の無機物などが含まれており、膜が目詰まりしてしまいます。すると、水が通りにくくなったり、塩分を取り除きにくくなったりしてしまうので、定期的に膜を洗浄することが必要で、その間は淡水が得られなくなります。その上、洗浄を繰り返すと洗浄剤により膜にダメージが生じ、膜の寿命が短くなって造水コストが増加することが問題でした。

東レ株式会社(以下東レ)は、40年以上前から逆浸透膜を開発しています。膜の用途は、半導体工業向けの超純水の製造から始まり、かん水の淡水化、海水の淡水化、さらには下水や廃水の再利用まで拡大しています。同社は、これまでに培った技術を応用し、水問題の解決に貢献したいと高機能性逆浸透膜の開発に着手しました。

*1
GSC入門特別号
http://www.jaci.or.jp/gscn/img/page_19/gsc_guide_sp1.pdf

*2
湖沼や河川の低濃度の塩分を含んだ水。

*3
減圧で蒸留する多段フラッシュ法や缶を連結して蒸留する多重効用法など。

コラム 1

逆浸透の原理

浸透膜は、ある大きさ以上の分子やイオンは通さず、それより小さいものだけを通す膜のことをいい、半透膜とも呼ばれます。孔の大きさは、水分子(約0.38 nm)より数倍以上大きく、水分子は自由に行き来することができます。海水中の主要なイオンであるナトリウムイオン(0.12~0.14 nm)

は、水和によりイオンの周囲に水分子が配位することで見かけの大きさは数倍から十数倍になるため、浸透膜を通しにくくなります。この膜を上手に利用すると海水から淡水を得ることができます。

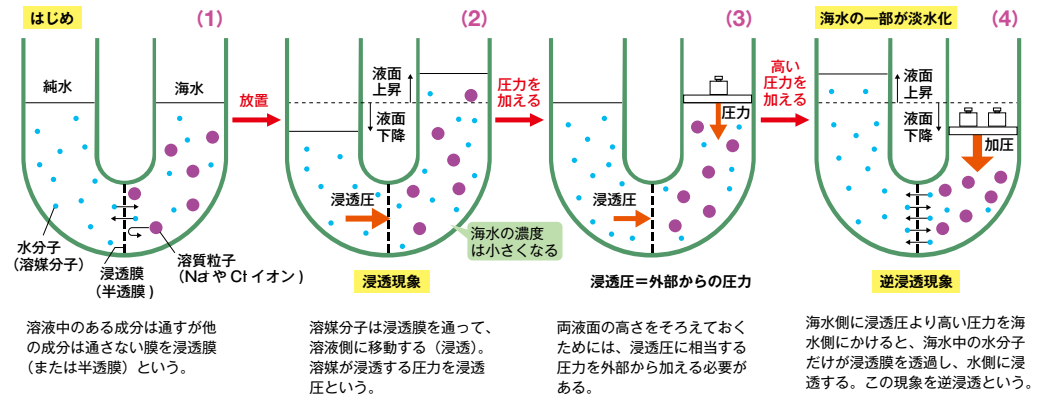


図1：浸透と逆浸透、浸透圧の原理

純水と海水をそれぞれ浸透膜で仕切り(1)、しばらく放置すると海水の濃度を小さくする方向に水分子が移動します。これを浸透現象といいます。純水と海水の液面差が生じたのは、水分子が浸透する圧力(浸透圧)によって海水が押し上げられるからです(2)。水分子の浸透を抑え、両液面の高さをそろえておくには、浸透圧に相当する圧力を外部から加える必要があります(3)。そこで、海水側に浸透圧より大きい圧力をかけると、水分子だけが濃度の高い側から低い側に移動します。これを逆浸透現象といいます(4)。

この逆浸透を利用して、海水から淡水(ナトリウムイオンや塩化物イオンをほとんど含まない水)を得ることができます。ただし、膜を通過しなかった塩類を連続的に排出しないと、加圧側の塩類濃度が高くなります。すると、浸透圧が高まって水分子が膜を通過できなくなるため、加えた海水の全量を透過させて取り出すことはできなくなります。また、この排出する水を膜の表面に沿ってある程度の流速で流し続

ければ、不純物の膜への付着を減らすことができます。

このため、工業的には塩類や不純物が濃縮された水(濃縮水)が連続的に排出されるように施設を設計します。逆浸透膜は、①原液の塩類濃度が高くなるほど、②膜を透過した水に残る塩類濃度を低くしようとするほど、③濃縮水を減らすようにするほど、高い圧力をかけてる必要があります。そのため、膜の厚さを厚くしたり、複数の膜を連続させたりします。例えば、平均的な塩分3.5%の海水から日本の飲料水基準に適合する塩分0.01%の淡水を約40%程度の回収率で得るには、50~60気圧程度が必要とされています。淡水をとった後の残りの海水は濃縮水(塩分5.8%)として周辺海域への影響が小さくすむように工夫をし、海へ放流しています。

詳しくは、沖縄県海水淡水化センター[<http://www.eb.pref.okinawa.jp/water/73/79>]などに、施設の概要や淡水化の原理が解説されています。

コラム 2

膜を利用した水処理法

*4
1 μmは1 mmの $\frac{1}{1000}$
1 nmは1 μmの $\frac{1}{1000}$

水処理には、nm~μm^{*4}程度の細孔のある膜が使われ、孔のサイズすなわち分離可能な物質の大きさによって、精密ろ過膜(MF)、限外ろ過膜(UF)、ナノろ過膜(NF)、逆浸透膜(RO)に分類されます。孔が小さいほどより細かい不純物を取り除くことができます。それぞれの膜は目的に応じて使い分けられています。

精密ろ過膜は孔径が数μmから0.1 μm程度で、液体中に含まれる懸濁物やコロイド粒子、菌体などを効率よく除去するために使われます。下 wastewater 処理では、MF膜を水槽中に浸透させる浸透型膜分離活性汚泥法(MBR)が使われます。

UF膜は孔径が0.01 μmから0.1 μm程度で、孔径と溶

質の分子の大きさによって分子レベルでふるい分けのに使われます。ウイルスや細菌、酵母、微粒子、コロイドなどを除去する目的で広く使われています。RO膜は、孔径が1 nm以下で、イオン類や低分子の有機物を取り除くためのもので、海水淡水化や超純水の製造などに使われます。NF膜は、RO膜の一種です。RO膜はすべてのイオンの除去が目的ですが、NF膜は2価イオンの除去を目的としています。

水処理にあたっては、膜は膜モジュールと呼ばれるユニットに組み込まれ、水処理装置やプラントに設置します。モジュールの形状は、「ブリーツ型」、「チューブ型」、「スパイラル型」に分類されます。「ブリーツ型」はシート状の膜が重

なった形状で、一部のMF膜で使用されます。「チューブ型」は中が空洞になった膜(中空糸膜)を束にした形状で、MF膜、UF膜、RO膜で使われます。「スパイラル型」はシート

状の膜をパイプに巻き付けた形状で、RO膜でよく使われます。

大きさ	0.001 μm	0.01 μm	0.1 μm	1 μm	10 μm
分離対象物質	イオン・低分子	高分子	コロイド	粘土	大腸菌 クリプトスポリジウム
トリハロメタン	農業・有機物				
	1価イオン	多価イオン	バクテリア		
膜の種類	RO(逆浸透)	NF(ナノろ過)	UF(限外ろ過)	MF(精密ろ過)	
膜製品	超純水製造 海水淡水化 下排水再利用	硬水の軟水化 有害物質の除去	病原性微生物の除去 下排水処理 高度処理の前処理	下排水処理	

図2：水処理膜の種類



2 課題の解決に向けて

～どのような技術課題が生じ、解決方法をあみ出したのでしょうか。

逆浸透膜の機能を高めるために

逆浸透膜の開発は、海水淡水化を目指して始まったのですが、そのハードルは高く、なかなか実用化されませんでした。その理由は、水の透過性と塩などの不純物の除去性を高めることの両立が難しかったからです。

膜の孔を大きくすれば水の透過性がよくなりますが、塩も通りやすくなります。膜の孔を小さくすれば塩がよく除かれ水質がよくなりますが、水処理の効率は悪くなります。また、圧力を加えるので耐圧性なども求められます。トレードオフの関係であるこれらの課題を解決するために、素材や表面構造の工夫が進められてきました。そこで開発されたのが界面重縮合^{*5}を利用した架橋芳香族ポリアミド^{*6}複合膜です(もっとくわしく参照)。この膜は表面がひだ状の構造(図3)になっているため、表面積を大きくすることが可能で大量

の海水が透過しやすくなります。そのため、孔径が非常に小さくても効率よく海水から塩を除去し、淡水をつくることができます。

膜利用の普及にともない、海水淡水化のみならず、かん水や河川水、下排水など多様な水処理においても、省エネや高水質、さらには運転安定性の向上が求められています。省エネルギーを実現するためには、水の透過性を高めることが重要です。水がたくさん流れれば、必要な水量にかかるエネルギーを節約することができるからです。また、水質をよくするためには、不純物の除去率を高めることが重要です。膜表面に汚れがつきにくければ、水の透過性の低下を抑えることができるばかりでなく、膜の洗浄頻度を減らすことができます。これら多くの機能をもつ膜を開発することにしました。

*5 互いに混合しない2液相の界面で重縮合させる方法。

*6 アミンと酸塩化物やカルボン酸の重縮合でできたポリアミド。逆浸透膜の主要な材料。

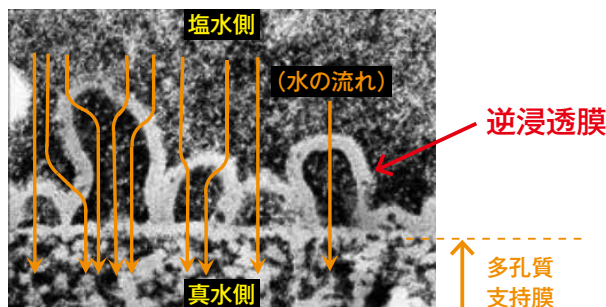


図3：膜表面の構造(透過型電子顕微鏡)

逆浸透膜の構造を解析する

開発担当者たちは、従来の架橋芳香族ポリアミド複合膜の微細なひだと細孔の構造を精密に制御できれば、機能を向上できると考えました。そのため、膜の表面構造を徹底的に解析することにしました。とはいえ、1 nm以下の表面構造を解析することは容易ではありませんでした。

表面のひだの大きさは電子顕微鏡をつかって解析しましたが、従来の走査型電子顕微鏡による観察では、ひだの形状の情報しか得ることはできません。また、透過型電子顕微鏡では、より微細な構造の観察が可能ですが、微細な構造まで定量する技術はありませんでした。

そこで、分析が専門の東レリサーチセンターとの共同研究により独自の解析技術を開発し、ようやく、ひだの内部構造や表面積、膜の厚みなど新しい情報が得られるようになりました。その結果、ひだの構造と逆浸透膜の特性の関係が明らかになり、それが膜の構造の設計につながりました。

さらに、膜の孔の大きさの定量を試みたものの微細な孔の構造を測定する方法なども当時はもちろんありませんでした。いろいろ検討し、思いついたのが「陽電子消滅寿命測定法」を使うことでした。この方法は、陽電子を試料に打ち込んでから、電子と衝突して消滅するまでの時間を測定すると

いうものです。小さい孔に捕捉された陽電子は周囲の電子と衝突する確率が高くなるため、寿命が短くなるので、その原理を利用して孔の大きさを測定できます。

測定用の小型の装置は、いまは導入されていますが、開発していた2015年当時は市販品などはありませんでした。これもリサーチセンターをはじめ、社内外のいろいろな協力があって、ようやく開発して測定に成功しました。さらに分子動力学計算も組み合わせ、孔の大きさの測定法を確立しました。逆浸透膜の孔の大きさは0.5~0.7 nmであることが確認され、細孔径とホウ素除去率の相関も見出すことができました。ホウ素やホウ素化合物は飲料水の規制物質です。

こうした解析結果をもとにコンピュータシミュレーションを駆使し、高透過性や除去性、耐久性などを兼ね備えたものにするためにひだや孔のサイズをどうコントロールすればいいのか、膜の立体構造を設計しました。また、界面重合法や表面制御技術を工夫し、試行錯誤を繰り返したうえで、ついに理想の構造を実現できました。膜表面を制御することで、汚れがつきにくい表面をつくることもできました。

分子動力学計算による細孔構造

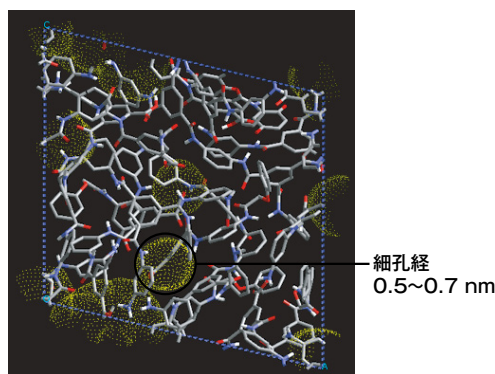
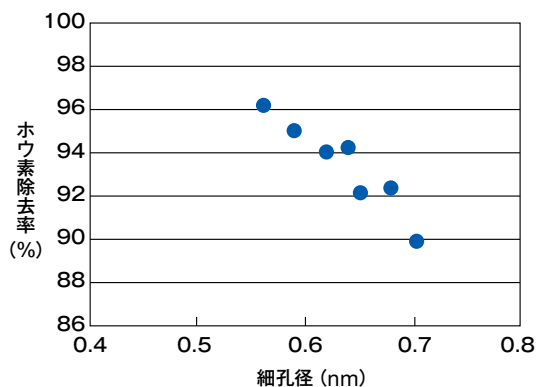


図 4：逆浸透膜の孔径の解析

逆浸透膜の細孔径が0.5~0.7 nmであること(左)や細孔径とホウ素除去率との相関(右)が明らかになった。

細孔径とホウ素除去率の関係



エレメントの構成部材も改良して省エネ化

逆浸透膜は、平たいシート状にして、流路材とともにロールケーキのように巻いたスパイラル型エレメントとして使います。一方の断面が供給側となって海水を入れ、圧力をかけて逆浸透膜を透過させながら塩分を取り除きます(図5)。

この際、膜で分離された塩が膜の表面に蓄積し、表面のイオン濃度が原液の海水のイオン濃度より

高くなるという濃度分極現象が起こります。この現象が起こると透過性能が変化するので、供給水の流速を高めることによって逆浸透膜の表面のイオン濃度を低下させることが重要になります。そのため、流路材も高性能化しました。流体解析を駆使し、流路材を薄型にし、網目構造を最適化することで、供給水の流速を2倍以上に高め、膜表

面のイオン濃度を従来に比べ30%以上低下させる技術を開発しました。

また、透過水の流路材は加圧したときの高圧に耐えられるよう緻密な構造をしたトリコット(縦方向に網目がつながった生地)が使われています。しかし、この構造は緻密であるため、水が流れにくくなり、透過性能を低下させる一因となっています。そこで、流体解析や構造解析ばかりでなく

繊維加工技術を応用して、熔融樹脂をドット状やストライプ状に微細精密成形し、耐圧性をもたせたまま流路を拡大することに成功しました。そのおかげで流動抵抗を50%低減し、水の透過量も最大で20%高めることができました。

このように、膜の機能を最大限に発揮させるために、供給水や透過水の流路材の構造も改良しました。

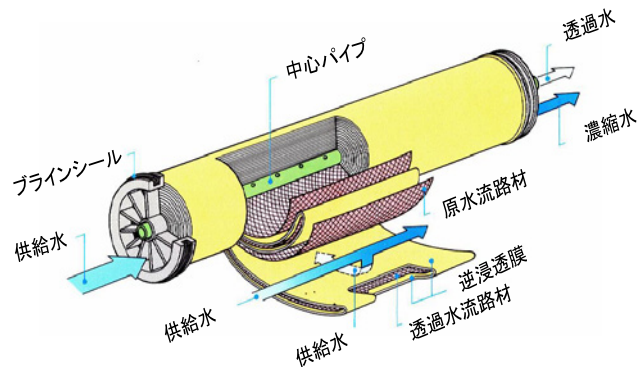


図5: 逆浸透膜エレメント

コラム ③

化学工業における分離操作

分離操作は化学プロセスの基礎となる技術です。原料の精製や有害物の除去、未反応物の回収などあらゆるものの製造に不可欠なプロセスで、近年では工業廃水や廃棄物の処理など環境負荷を減らすうえでも重視されています。

分離操作には、ろ過や蒸留、分留、昇華、抽出、再結晶、吸着、クロマトグラフィーなどがあります。たとえば、石油工業で

は原油を蒸留して、ガソリンや灯油などに分けます。

化学工業は大きなエネルギーを消費する産業であり、エネルギー使用量のうち約7割が分離工程で使われているといわれています。なかでも、石油化学工業では、約4割のエネルギーが蒸留で使われており、蒸留工程の高効率化や、蒸留に代わる膜分離などの技術が期待されています。



3 社会への貢献

～新しい技術は社会にどんな価値をもたらしたでしょうか。

膜素材の化学構造や物理化学データを徹底的に分析し、孔の大きさやひだ構造を最適化するなど膜の表面の構造を制御する技術を確立した結果、東レは逆浸透膜にこれまで以上の高透水性と高除去性の両立を実現しました。水の透過性が高まったために低圧で水処理が行えるようになり、省エネも可能になったのです。そればかりではありません。耐汚れ性や耐薬品性という機能のおかげで、膜の洗浄頻度が減るばかりでなく、膜の耐用年数も長くなりました。長期にわたり、ホウ素などの有害物質を安定して除去し、高品質の水を提供できるようになったのです。

その結果、下廃水処理の試算では、60%の造水コスト削減が期待できることがわかりました。さらに、RO膜の省エネ性により2010年から2014年の5年間で約800万トンの二酸化炭素を削減す

る効果があったと見積もられています。

海水ばかりでなく、かん水や下廃水などさまざまな原水でも高品質な水を安定に、安価につくることができます。また、従来の蒸発法などに比べて使用時の消費エネルギーが大幅に低減すると見積もられています。いまでは、世界の多くの地域で採用され、さらに多くの用途で水問題の解決に貢献しています。

逆浸透膜は、食品や医薬品など水分野以外でも使われるなど用途が広がっています。将来は、石油やガスの採掘など資源エネルギー分野、リチウムやレアメタルなど有価物の製造、バイオリアファイナリーなど幅広い分野で適用されることが期待されています。化学産業においても、大規模なエネルギー削減を実現する革新的な技術になると注目されています。

もっとくわしく

架橋芳香族ポリアミド複合膜の構造

逆浸透膜 (RO 膜) は、分離機能層と支持層で構成されています。分離機能層は膜の表面にあり、不純物を取り除きます。支持層は不純物を除去する機能はほとんどなく、たくさん孔のある多孔質の構造をしています。複数の層・素材から形成されていることから複合膜と呼ばれています。

現在、主に使われている RO 膜は分離機能層にポリアミド素材を使った架橋芳香族ポリアミド複合膜です。水相と有機相の境界面である界面で重合体を連続的につくるとい

う界面重合で分離機能層はつくられます。不織布の上にポリスルホン製の多孔質膜を支持層として作り、その上にアミン水溶液を塗布し、水相をつくり、その上に酸塩化物の有機溶媒溶液を加えて界面重合させます。すると厚さ $0.2 \mu\text{m}$ 以下のポリアミドからなる緻密層ができます。

界面重合によって膜をつくると、膜の表面はひだ状になります (図 6: 左の写真)。このひだとこの層に存在する 1nm 以下の細孔を利用して水と塩などの不純物を分離します。この膜は優れたイオン除去性を発揮することから、海水淡水化に使われるようになりました。

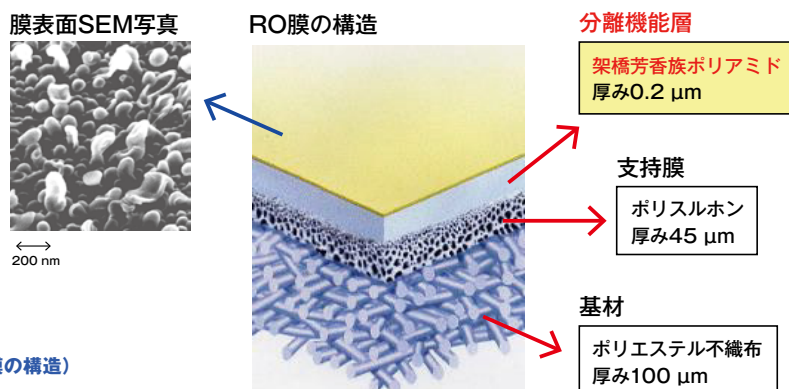


図 6: 従来の RO 膜
(架橋芳香族ポリアミド複合膜の構造)

設問

理解を深めるために

この事例を通して、GSC の観点から以下の問いについて考えてみましょう。

Q1 本教材の技術・製品は GSC の事例のどれに最もよく当てはまるか、その理由と共に討議して下さい。

Q2 社会に実装されて初めて GSC は完結します。そのためには、3 要素、すなわち環境性・社会性・経済性の要求を同時に満たす必要があります。例えば、本教材の技術・製品の事例で環境性・社会性のみならず経済性を満たすためにどのような方策を講じたか整理して下さい。

Q3 地球上の生物は水に依存しています。

- ① 水のルイス構造を書き、この分子が曲がっている理由を説明して下さい。
- ② 現在、水に関するどのような問題が起こっているかを調査し、発表して下さい。
- ③ 飲み水を手に入れるために行われる「蒸留法」と「逆浸透圧法」について比較して下さい。

Q4 GSC 入門特別号^{*7}をみて本事例と SDGs との関係を説明して下さい。

Q5 本事例は GSC の 4 軸法を用いて評価するとどのようになりますか。

Q6 半透膜に対して浸透圧以上の圧力をかけると逆浸透が生じます。浸透圧はファントホッフの法則を使って計算できます。ファントホッフの法則は、 $\pi = cRT$
 π : 浸透圧、 c : モル濃度、 R : 気体定数、 T : 絶対温度
 で表されます。
 模擬的な海水として 3.5wt% の NaCl 水溶液中のイオンモル濃度は約 1.2 mol/L です。27°C (=300K) における浸透圧を計算してみましょう。

*7
GSC 入門 No.4
http://www.jaci.or.jp/gscn/img/page_19/gsc_guide_no4.pdf

文献紹介

こんな資料を活用しよう

- 1) 荻野和子、竹内茂彌、柘植秀樹編、「環境と化学 グリーンケミストリー入門 第3版」2章「貴重な水資源」(東京化学同人)
- 2) 化学工学会分離プロセス部会 編、「分離プロセス工学の基礎」(朝倉書店)
- 3) 伊東章、「トコトンやさしい膜分離の本」(日刊工業新聞社)
- 4) 藤原雅俊、青島 矢一、「イノベーションの長期メカニズム: 逆浸透膜の技術開発史」(東洋経済新報社)

The Statement 2015

We, the participants of the 7th International GSC Conference Tokyo (GSC-7) and 4th JACI/GSC Symposium make the following declaration to promote "Green and Sustainable Chemistry (GSC)" as a key initiative in the ongoing efforts to achieve global sustainable development.

The global chemistry community has been addressing future-oriented research, innovation, education, and development towards environmentally-benign systems, processes, and products for the sustainable development of society.

In response to the Rio Declaration at the Earth Summit in 1992 and subsequent global Declarations, the global chemistry community has been working on challenges in a unified manner linking academia, industry, and government with a common focus to advance the adoption and uptake of Green and Sustainable Chemistry. The outcomes include the pursuance of co-existence with the global environment, the satisfaction of society's needs, and economic rationality. These goals should be pursued with consideration for improved quality, performance, and job creation as well as health, safety, the environment across the life cycles of chemical products, their design, selection of raw materials, processing, use, recycling, and final disposal towards a Circular Economy.

Long-term global issues, in areas such as food and water security of supply, energy generation

and consumption, resource efficiency, emerging markets, and technological advances and responsible industrial practices have increasingly become major and complicated societal concerns requiring serious attention and innovative solutions within a tight timeline. Therefore, expectations are growing for innovations, based on the chemical sciences and technologies, as driving forces to solve such issues and to achieve the sustainable development of society with enhanced quality of life and well-being.

These significant global issues will best be addressed through promotion of the interdisciplinary understanding of Green and Sustainable Chemistry throughout the discussion of "Toward New Developments in GSC."

The global chemistry community will advance Green and Sustainable Chemistry through global partnership and collaboration and by bridging the boundaries that traditionally separate disciplines, academia, industries, consumers, governments, and nations.

July 8, 2015

Kyohei Takahashi

on behalf of Organizing Committee

Milton Hearn AM, David Constable,

Sir Martyn Poliakoff, Masahiko Matsukata

on behalf of International Advisory Board

of 7th International GSC Conference Tokyo (GSC-7),

Japan July 5-8, 2015

東京宣言 2015

我々、「第4回 JACI/GSC シンポジウム・第7回 GSC 東京国際会議」の参加者は、世界の持続可能な発展のために各界の弛みない努力が進められている中で、その基盤をなすイニシアチブとして「グリーン・サステナブル ケミストリー (GSC)」の推進を次のように宣言します。

我々、世界の化学に携わる者は、社会の持続可能な発展のために、未来にむけた研究・イノベーション・教育、および環境に配慮したシステム・プロセス・製品を志向する開発に取り組んできました。

1992年の地球サミットにおけるリオ宣言及びそれに続く諸条約を受けて、世界の化学に携わる者は、産・学・官一体となり共通の目的意識をもって、グリーン・サステナブル ケミストリーの採用と活用を前進させるために、困難な課題に取り組んできました。その成果としては、地球環境との共生、社会的要請への充足、および経済の合理性を同時に達成することを求めてきました。またその最終目標としては、化学製品の設計から原料の選択、製造過程、使用形態、リサイクル、廃棄までの製品の全サイクルにおいて、より良い健康、安全、環境とともに、品質、性能、および雇用創出へも配慮した循環型経済をめざして取り組みを続けてまいりました。

昨今、長期的・全地球規模での問題、すなわち食糧と水供給の確保、エネルギー創出と消費、資源効率、新興市場、および技術の進歩とその責任ある工業の実施などの課題が大きくかつ複雑な社会的懸念として注視されるようになり、またこれらの解決には、時間的に余裕のない状況の中で革新的な解決と本問題を真剣に注視することが必要とされています。それゆえに、これらの課題解決を図り、より健康で豊かな社会の持続可能な発展をもたらす牽引役として化学に関わる科学と技術を基盤とするイノベーションへの期待は益々大きくなっています。

これらの地球規模の課題解決に向けては「グリーン・サステナブル ケミストリーの新たな発展へ」の討議全体を通じたグリーン・サステナブル ケミストリーへの理解を、他分野との連携にまで広げることによって、今後十分に取組んでいく必要があります。

そのためにも、我々世界の化学に携わる者はグローバルな連携と協調によって、また学問分野や、学、産、消費者、官、および国を隔ててきた従来の壁を乗り越えて、グリーン・サステナブル ケミストリーを強力に推進していきます。

注：採択された東京宣言は英文であり、この和訳は参考資料となります。



JACI テキスト : GSC 入門~ GSC 賞を受賞した社会的実践事例から学ぶ GSC
2020年3月発行

企画・編集 公益社団法人新化学技術推進協会 GSCN 普及・啓発グループ教材ワーキンググループ
発行 公益社団法人 新化学技術推進協会
〒102-0075 東京都千代田区三番町2 三番町KSビル2階
電話: 03-6272-6880 FAX: 03-5211-5920
URL: <http://www.jaci.or.jp/>
制作 有限会社サイテック・コミュニケーションズ
〒101-0052 東京都千代田区神田小川町3-14-3 イルサ202