逆浸透膜（RO）の出口水質の改善 – リキセル分離膜コンタクター（脱気膜）による電気再生式イオン交換（脱塩）（EDI/CDI）装置

逆浸透膜（RO）と電気再生式イオン交換（脱塩）技術（EDI/CDI）の組合せが高純水の生産に急速に受け入れられています。この 2 つの技術を結び付けることで、従来の混床式イオン交換樹脂と逆浸透膜（RO）装置に対し多くの利点が得られます。逆浸透膜（RO）と電気再生式イオン交換（脱塩）（EDI/CDI）装置の全体性能は、逆浸透膜（RO）と電気再生式イオン交換（脱塩）ユニット（EDI/CDI）の間の溶存二酸化炭素を除去することで改善されます。分離膜コンタクター（脱気膜）は一般的にこれらの技術と組み合わせて使用され、メンテナンスの少ない薬品を含まない高純水装置が得られます。

下記の情報は、電気再生式イオン交換（脱塩）（EDI/CDI）と分離膜コンタクター（脱気膜）の一般原理について述べ、このプロセスで使用される基本的な水質について説明します。

逆浸透膜（RO）-電気式再生イオン交換（脱塩）（EDI/CDI）装置

電気再生式イオン交換（脱塩）（EDI/CDI）は、水処理産業で急速に受け入れられている技術です。この技術は、従来のイオン交換樹脂技術と電流を組み合わせた膜ベースの装置です。樹脂の連続再生に電流を使用し、定期的な薬品による再生の必要性を排除します。

この技術は一般的に逆浸透膜（RO）と組み合わせます。このコンセプトは従来の逆浸透膜（RO）混床式イオン交換樹脂に対しいくつかの利点を与えます。

逆浸透膜（RO）-電気式再生イオン交換（脱塩）（EDI/CDI）装置は高品質の水を連続生産します。再生のために停止する必要はありません。これにより、混床式イオン交換樹脂の再生サイクルの最初と最後に発生するイオンの漏洩がなくなります。この連続プロセスにより運転も単純化されます。再生サイクルの繰返しに伴う運転員と運転手順も必要がなくなります。

電気式再生イオン交換（脱塩）（EDI/CDI）により実現する 1 つの大きな利点は、再生に化学薬品が必要ないことです。これにより、従来のイオン交換樹脂装置の再生に伴う有害な再生化学薬品と廃水の貯蔵費と処理費がなくなります。

電気式再生イオン交換（脱塩）（EDI/CDI）は、過去 10 年で小さなパイロット規模の用途から大流量の産業用途まで進化しました。このコンセプトの目標は、もともと電子産業における高純水の生産に向けられてきました。化学薬品と廃棄物の処理に関する環境上の懸念から規制がより厳しくなるにつれて、このコンセプトはさらに広く受け入れられるようになりました。(1)

分離膜コンタクター（脱気膜）

分離膜コンタクター（脱気膜）は、水とガスを混合しないで直接接触させる疎水性膜装置です。膜の一方を水が流れ、他方をガスが流れます。膜の孔径が小さいことと疎水性により、水は孔を通り抜けることができません。膜は、孔を通してガスと水を接触させる支持体の働きをします。水と接触するガスの圧力と組成を調整することで、溶存ガスを水相から気相に移動させる駆動力を生成することができます。

分離膜コンタクター（脱気膜）は、真空脱気塔（脱気筒）や脱炭酸塔が動作する原理と同じ基本原理で動作します。ただし、膜ベースの技術は、従来の脱気塔（脱気筒）デザインよりクリーンで小型、かつ安定した運転装置を提供します。

分離膜コンタクター（脱気膜）は、疎水性の微多孔質膜の孔で気相と液相を直接接触させます。膜の孔径は約 0.03 ミクロンで、空気中の汚染物質は孔を通り抜けることができず、水を汚染しません。

膜がガスと液体の間に生成する構造的インタフェースは、液体の流量変化にも乱れることがありません。これにより、広範囲の流量で安定した運転装置が得られます。この構造的インタフェースにより、従来の脱気塔（脱気筒）の充填で見られる単位容積当たり接触面積の 10 倍の接触面積が得られます。これにより、この膜装置は従来の脱気塔（脱気筒）に比べはるかに小型にすることができます。(2)

炭酸ガス（二酸化炭素）
炭酸ガスは逆浸透膜（RO）を自由に通り抜けます。逆浸透膜（RO）を通り抜けた炭酸ガスは解離し、水の電気伝導率が上昇します。電気再生式イオン交換（脱塩）ユニット（EDI/CDI）から出る水の流出側の抵抗は流入側の電気伝導率に比例するので、炭酸ガスから生成されるイオン種はすべて電気再生式イオン交換（脱塩）（EDI/CDI）により生成される水の流出側の抵抗を低下させます。イオン負荷を追加すると、電気再生式イオン交換（脱塩）（EDI/CDI）がボロン（ホウ素）やコロイダル・シリカなど弱荷電イオン種を除去する能力に影響を与えます。

炭酸ガスは全世界の給水に一般的に見られます。これは炭酸マグネシウム(MgCO3)と炭酸カルシウム（CaCO3）（マグネシウムとカルシウムの炭酸塩）の溶解により生成されます。これらの化合物は地中に多く見られる鉱物中に存在します。これらは、水が地殻中の鉱物の上を流れるときに、水に溶解します。これらの炭酸塩が水に溶解すると、マグネシウム、カルシウム、炭酸イオン、重炭酸イオン、炭酸ガスが生成されます。それぞれの濃度は水源の pH に依存します。(3)

逆浸透膜（RO）はイオン種を通しませんが、炭酸ガスは膜を自由に通り抜けます。膜を通り抜けた溶存炭酸ガスは再度イオン化します。(2) これが水中のイオンの供給源になり、水の電気伝導率を上昇させます。下記の式は、水中の炭酸ガスの化学を支配する反応を示します。pH が低いと平衡は炭酸ガスの方に移り、pH が高くなると平衡はイオン種の方に移ります。

低 pH　$CO_2 + H_2O \leftrightarrow H_2CO_3$（炭酸）

↓

$H_2CO_3 \leftrightarrow H^+ + HCO_3$（重炭酸塩）

高 pH　$HCO_3^- \leftrightarrow H^+ + CO_3^{-2}$（炭酸塩）

炭酸ガス管理
水中の炭酸ガスの管理は、一般的に次の 2 つの方法のどちらか 1 つで行います。水の pH を調整して逆浸透膜（RO）がイオン種を通さないようにするか、またはスウィープ・ガスで水から炭酸ガスを除去します。

pH 調整
逆浸透膜（RO）に入る水の pH を上げて、平衡式を炭酸塩の方に移します。このプロセスでは、水中に炭酸ガスがほとんど存在しません。逆浸透膜（RO）はイオン種を通さず、逆浸透膜（RO）の下流では炭酸ガスがほとんど存在しません。

水の pH を調整するときは、化学薬品を水に添加します。これは処理すべき廃棄水の汚染物質に追加されます。強アルカリ性の水も逆浸透膜（RO）を汚します。この汚れを防ぐため、通常スケール防止剤が使われます。これも水に添加される化学薬品の増加になります。

水質は季節により変わるため、その点を考慮して化学薬品の添加量を調整する必要があります。これにより、pH 管理装置の複雑さが増します。

pH 管理の大きな難点は、水に化学薬品を添加する必要があることです。化学薬品の取扱、貯蔵、その使用により発生する廃水の処理が加わります。

エアー・スウィープ
水から炭酸ガスを徐供するもう 1 つの方法は、スウィープ・ガスでガスを水から除去することです。これは従来から脱炭酸塔により行われてきました。脱炭酸塔は充填材の上に水を流し、空気を塔に吹き込みます。水が充填材の上を流れると、空気と接触する薄膜が形成されます。炭酸ガスは優先的に水から空気に移動し、水から除去すなわち「ストリップ（スウィープ）」されます。

逆浸透膜（RO）-電気式再生イオン交換（脱塩）（EDI/CDI）装置では、脱炭酸塔はサイズが大きいことと、RO 透過水に追加の汚染物質を戻す可能性があるため、実用的ではありません。分離膜コンタクター（脱気膜）は従来の脱炭酸塔に対するコンパクトでクリーンな低コストの代案になります。

分離膜コンタクター（脱気膜）は装置のデザインを単純で低コストにします。従来の脱炭酸塔の流出側の水は、浄水槽（ストレージ・タンク）から脱炭酸塔にポンプで送る必要があります。

分離膜コンタクター（脱気膜）の流出側の水は加圧されています。浄水槽（ストレージ・タンク）や再送水ポンプは必要ありません。

適正設計の逆浸透膜（RO）–分離膜コンタクター（脱気膜）装置の流出側の水の抵抗は、1-2 メガオーム/cm まで大きくなる可能性があります。この電気伝導率の低下は電気再生式イオン交換（脱塩）ユニット（EDI/CDI）の性能を大幅に向上します。

分離膜コンタクター（脱気膜）の脱炭酸性能：リキセル分離膜コンタクター・4 インチ膜（エアー・スウィープ 8 m^3/hr）

流入側の炭酸ガス（二酸化炭素）濃度		流出側の炭酸ガス（二酸化炭素）濃度 (ppm)		
	ppm	1 m^3/hr	2 m^3/hr	4 m^3/hr
CO_2	30.0	1.5	4.3	9.5
	50.0	2.0	7.0	15.7
	100.0	3.6	13.4	31.0

結論

逆浸透膜（RO）-電気式再生イオン交換（脱塩）（EDI/CDI）装置は水処理産業において急速に普及しています。電気式再生イオン交換（脱塩）（EDI/CDI）装置の流入側の電気伝導率が高いことが、流出側の水の抵抗を低下させます。電気伝導率が高い原因は一般的に溶存炭酸ガスです。分離膜コンタクター（脱気膜）は、pH 調整なしに水から炭酸ガスを除去するクリーンでメンテナンスの必要がない方法を提供します。

詳細または具体的な用途のお問い合わせは、お近くの支店や代理店にご連絡ください。

参考文献：

(1) E-Cell web page www.e-cell.com 7/00
(2) Wiesler, F "Membrane Contactors: An Introduction to the Technology"（「分離膜コンタクター（脱気膜）：技術への導入」）Ultrapure Water Journal V13 No 4, Tall Oaks Publishing, Littleton, CO pp. 27- 31 (May/June 1996)
(3) 1996 Kemmer, F N Nalco Water Handbook Second Edition pp 4.7-4.12 McGraw Hill New York, NY (1988)

* Electrodeionization/Continuous Deionization (EDI/CDI) 電気再生式脱イオン交換／連続脱イオン交換

本製品の使用者は、その使用方法を十分に理解し、使用に精通している必要があります。本製品は所定の条件下で使用、保管する必要があります。本製品の製造上の欠陥以外については、明記の有無を問わず一切責任を負いません。本製品の使用方法における妥当性や適合性、健康や環境保護および本製品が含まれる安全性については、使用者が全責任を負うものとします。本書の内容は、可能な限り正確に記載しております。ただし、セルガート社およびその関連会社は、本書に含まれる情報の正確さや完全性に責任を負うものではありません。材料の妥当性、特許、商標、登録商標侵害についての最終的な判断は、使用者個人の責任で行ってください。製品の安全な使用方法に関しては、使用者個人の判断に委ねられています。いくつかの危険性については、本書に記述してありますが、これが危険の全てであることを保証するものではありません。

Liqui-Cel ,Celgard, SuperPhobic, Minimodule は、Membrana-Charlotte (Celgard)社の登録商標 および NB は Membrana-Charlotte (Celgard)社の商標です。当社製品のいかなる特許、商標、登録商標または企業情報のいかなる権利も付与されるものではありません。

©2005 Membrana – Charlotte A Division of Celgard, LLC (TB19Rev4 10-05)

Certified System ISO 9001 ISO 14001

Membrana - Charlotte
A Division of Celgard, LLC
13800 South Lakes Drive
Charlotte, North Carolina 28273
USA
Phone: (704) 587 8888
Fax: (704) 587 8585

Membrana GmbH
Oehder Strasse 28
42289 Wuppertal
Germany
Phone: +49 202 6099 - 658
Phone: +49 6126 2260 - 41
Fax: +49 202 6099 - 750

セルガード 株式会社
メンブラーナチーム
〒163-0427
東京都新宿区西新宿 2-1-1
新宿三井ビル 27F
Phone: 03 5324 3361（代）
Fax: 03 5324 3369

MEMBRANA Underlining Performance

www.liqui-cel.com

A POLYPORE Company