

須賀茂雄
木村哲也
前号より続く

促進耐候(光)性試験の歴史と発展(33)

(4)RO(Reverse Osmosis) 膜を用いる方法

逆浸透膜純水装置は RO 膜(逆浸透膜)を利用して、原水側に浸透圧以上の圧力をかけ、溶媒の水のみを通過させる脱塩処理が可能な精製法で、脱塩率や有機物の分離性能は使用する膜により異なる。水の溶存する二酸化炭素などの溶存気体は、水と同様に RO 膜を通過するので、蒸留水や超純水精製の前処理に利用される。放射性物質やダイオキシン、トリハロメタンなどの有害物質やミネラル成分も除去される。逆浸透膜の原理は、図 147 のように水は透過させるが有機物、塩類、コロイド等を通過させない半透膜を用いて純度の高い水を得る方法である。水と有機物等を含む水を半透膜で仕切ると、水が有機物等を含む水のほうへ移動する。この現象を浸透現象といい、日常よく現れる現象で、ある水位で平衡点に達し、この水位差を浸透圧という。そこで、図 148 のように有機物等を含む水に圧力を加えると半透膜を通して水のみが透過する。この圧力差を逆浸透圧といい、逆浸透膜を用いた純水製造装置の原理である。図 149 に逆浸透膜純水装置のブロック構成図を示す。前段処理として中空糸フィルタ、活性炭フィルタを用い、逆浸透膜装置に高圧力をかける高圧ポンプを有し、貯水タンクに純水を貯蔵する。

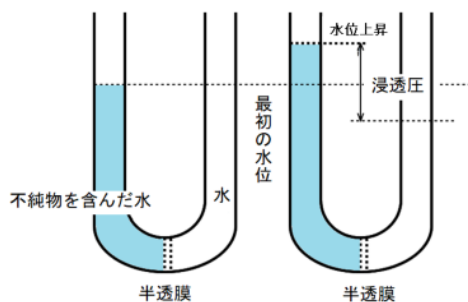


図 147 浸透圧の原理

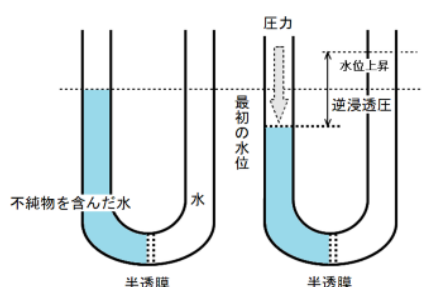


図 148 逆浸透圧の原理

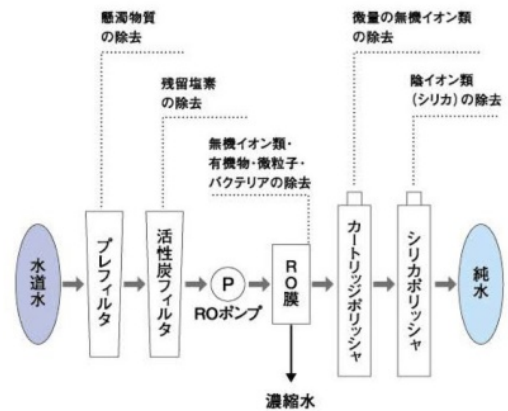


図 149 逆浸透膜純水装置のブロック構成図

当社では、促進耐候(光)性試験機の湿度発生機及びスプレに使用する純水を供給する装置として、RO 膜を用いた純水装置 OS-Z 型(写真 8)を準備している。その仕様を表 63 に示す。

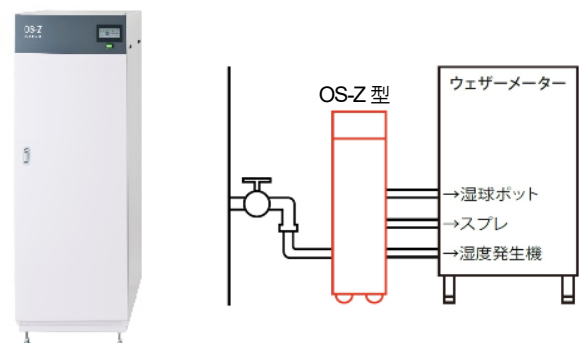


写真 8 純水装置 OS-Z 型

表 63 純水装置 OS-Z 型の仕様

採水水質	電気伝導率	1 μ S/cm 以下
	シリカ濃度	0.1ppm 未満
	固形分	1ppm 未満
	採水量	約 100 ℓ /h
原水水質	種類	水道水(水道水質基準に準拠)
	水压	0.15~0.34MPa
	水温	10~30 $^{\circ}$ C
	水量	300 ℓ /h 以上:50Hz
		360 ℓ /h 以上:60Hz
	事前に水質検査を行う必要あり	
外形寸法	約幅 50 $\times$ 奥行 100 $\times$ 高さ 150cm	
運転質量	約 240kg	
設置場所	JIS Z 8703(試験場所の標準状態) 温度 23 $\pm$ 5 $^{\circ}$ C、湿度 65 $\pm$ 10%rh	

(5)連続再生式電気透析器 EDI(Electric (regeneration type) deionization) を用いる方法

逆浸透膜装置とイオン交換技術の利点をまとめて一つにした装置で、イオン交換樹脂法のような薬品再生工程を必要とせずメンテナンスフリーで高純度の水を連続的に精製可能な装置で、1980年代から市場で導入されている。

イオン交換膜とイオン交換樹脂を組み合わせ、電気透析の原理で水の精製を行うことが可能である。

その原理は、図 150-1 のように①電解槽に直流電流を流すと陽イオンは陰極(一電極)に、陰イオンは陽極(+電極)に引き寄せられる、②電解槽を陽イオン交換膜で電極間を仕切ると、陽イオンはすべて一電極陰極に引き寄せられるが、一電極と陽イオン交換膜に囲われた陰イオンは陽イオン交換膜を通過できずに+電極に引き寄せられない(図 150-2)、③陰イオン交換膜で電極間を仕切ると、陰イオンはすべて陽極に引き寄せられるが、+電極と陰イオン交換膜に囲われた陽イオンは陰イオン交換膜を通過できずに一電極に引き寄せられない(図 150-3)。連続再生式電気透析器・EDI は、直流電源の陽極・陰極の間に上記のような陽イオン交換膜・陰イオン交換膜を交互に並べ、その間にイオン交換樹脂を封入した構造をしている。図 151 のように、水中の陰イオンは陽極側に、陽イオンは陰極側に引き寄せられ、間にある陽イオン交換膜・陰イオン交換膜でイオンが希釈される層と濃縮される層が現れる。希釈層を通過した水は純水になり、濃縮層を通過した水は排水される。イオン交換樹脂はイオンを一時的にとらえる役割で、ない場合は水の流れが層を横切るイオンの流れより速く強いためイオンが EDI モジュールの出口まで押し流されてしまい、所定の純水が得られなくなる。EDI は RO と組み合わせることで、イオン・有機物・微粒子・微生物などを除去した純水の供給が可能になる。EDI の問題点としては、カルシウムや溶存炭酸ガスが多い水を処理すると濃縮層と陰極近傍に炭酸カルシウムが固化し性能が低下する。通常スケールと呼ばれ、その部分のイオンや電子の流れが阻害され純水の水質低下を招く。水に溶けた炭酸ガスは pH が大きくなると変化して炭酸イオンになりさらにカルシウムイオンと結合することでスケールになることがある。

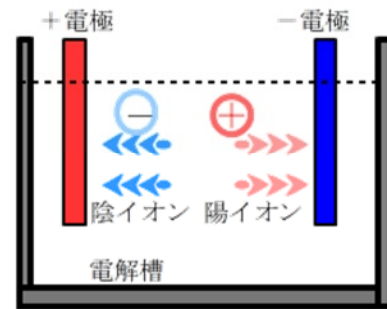


図 150-1 イオンの電気泳動

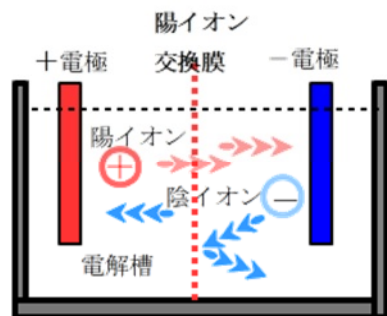


図 150-2 陽イオン交換膜挿入時の電気泳動

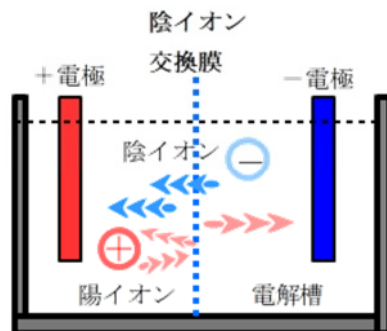


図 150-3 陰イオン交換膜挿入時の電気泳動

希釈層のイオン樹脂や陰イオン交換膜を通過する場合は、イオンは十分な移動速度を保っているが、濃縮層では速度が遅く炭酸カルシウムが作られやすくなっている。炭酸カルシウムの固化を防止するため濃縮層にイオン交換樹脂を入れ、希釈層側から陰イオン交換膜を通過してきた水酸化物イオンの速度を落とすことなく濃縮層側に拡散させ陰イオン交換膜表面の pH を下げ、炭酸イオンになるのを防止している。さらに、陰極近傍に粒状のカーボンを封入して電極の単位面積当たりの電流を小さくし、水酸化物イオンの発生を抑え電極面での反応を防止している。

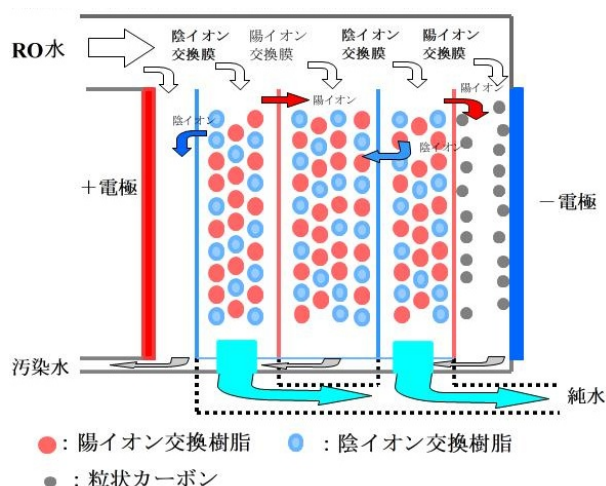


図 151 電気再生式電気透析式連続純水装置の構成

(6)蒸留器を用いる方法

原水を加熱、気化した蒸気を冷却し凝縮させることにより不純物を除去し、純度を高めた精製水。水中の不純物のうち、低沸点成分は気化により、又不気圧成分は液相中で凝縮させることにより除去される。

その他、水道水に含まれる塩素やミネラルなどの不純物を一切取り除いたコンタクトの洗浄水に利用されることが多い精製水や活性炭を用いた方法は、水に不溶な微粒子や残留塩素を除去し、通過した水の全てを採水できるが、イオンはほとんど除去できない。又浮遊物が活性炭表面の微細な穴をふさぐと有機物や残留塩素を除去できなくなるので水質により活性炭の交換が必要になる。また、フィルタを用いる方法は不溶の粒子を極めて安価に除去できるが、その他の物質は除去できないので、一般に逆浸透膜法やイオン交換法の前処理として用いられる。

6.4 促進耐候性試験機の降雨周期及び水質の決め方

降雨回数・周期・水質はどのように決めたのであろうか？

促進耐候性試験の条件で促進耐候性試験機の誕生の初期からよく用いられているのは、①照射のみ 102 分／照射+降雨 18 分 ②照射のみ 48 分／照射+降雨 12 分のサイクルである。このサイクルは加圧した水をノズルより試験片にスプレーさせるので、供給水圧、周期時間、噴霧ノズルの径により試験片の受ける水量は変化する。これらの決め方にはその暴露地区の降雨条件に合わせるのが基本とする考え方と規格等

の条件に定められた方法をとる場合がある。暴露地区の降雨条件に合わせて決める場合には、暴露地区の年間の太陽から受ける放射露光量、年間の降水量及び降水回数から計算する。

戦後、日本において促進耐候性試験機が初めて産業界に使用された時代に、紫外線ウェザーメーター(2 灯式)を一例として紹介された文献がある⁽²⁾。

初期の試験規格である Federal Method 6151 Accelerated Weathering(Open Arc Apparatus)(Sep.1/1965)には、下記のように下記のように規定されている。

4.1 Operation schedule.

4.1.1 Unless otherwise specified, the apparatus shall be operated 5 days each week, and each 2-hour cycle of operation shall be divided into periods, during which the test films are exposed 102 minutes to light without water and 18 minutes to light with water spray. The test specimens shall remain undisturbed during the remaining 2 days of the week(see 5.2).

現在規定されている ISO、ASTM、JIS を初め、促進耐候性試験に関する規格は数多くある。光源がキセノンランプ・サンシャインカーボン・紫外線カーボンについては 102 分照射／18 分照射+降雨の降雨周期条件が最も多く規定されている。それ以外に 48 分照射／12 分照射+降雨が日本のように比較的多雨の条件として規定されている。但し、品質を的確に判断する方法としてそれ以外の降雨周期の規定もある。紫外線蛍光灯を光源とする促進耐候性試験機では、その条件はいろいろ試験目的によって異なっている。

降雨のサイクルを極端に短くすると、試験片の乾く余裕がなく、試験片に与える影響が自然暴露試験結果と異なる結果になったり、試験槽内の温湿度の制御が難しくなることがあるので注意する必要がある。

水質については、近年ますます厳しくなっている。

試験結果に悪影響を与える痕跡やしみが発生しないように、スプレに用いる水の水質については、固形分・シリカ量・電気伝導率について大半の規格が、固形分 1ppm 以下、シリカ量 0.1ppm 以下、電気伝導率 5 μ S/cm 以下と記載されている。又、pH についても報告のことと記載され、スプレ水の再利用は推奨しないとの記載がされている。又、RO(Reverse Osmosis)膜及び連続再生式電気透析器(EDI; Electric (regeneration type) deionization)を利用して純度の高いスプレ水を得ることができるとの記載がある。スプレ水により、試験片が本来の結果と異ならないように十分に注意することがますます重要視されてきており、近年試験方法の規格においても大きな要素を占める項目として条件が厳しくなっている。各規格の水質の規定について表 64 に示す。最後に本稿で紹介した純水作製方法により、水を純水に浄化した場合の伝導率と有機物量の関係の概要図を図 152 に示す。

【参考文献】

- (1) Federal Method 6151 Accelerated Weathering(Open Arc Apparatus)(Sep.1/1965)
- (2) ウェザーメータ(深谷三男著)計量管理(1955 年 12 月、1956 年 1 月号)
- (3) 水処理技術 工業調査会
- (4) ISO 4892 Plastic-Method of exposure to laboratory light sources
- (5) ISO 16474 Paints and varnishes-Methods exposure to laboratory light sources
- (6) ASTM G 151 ~155 Standard Practice for Exposing Nonmetallic Materials in Accelerated Test Devices that Use Laboratory Light Sources
- (7) SAE J 2527 Performance Based Standard for Accelerated Exposure of Automotive Exterior Materials Using a Controlled Irradiance Xenon-Arc Apparatus
- (8) JIS B 7753 サンシャインカーボンアーク式耐光性及び耐候性試験機
- (9) JIS B 7754 キセノンアークランプ式耐候性及び耐光性試験機
- (10) JIS K 5600-7-7 塗料一般試験方法—第 7 部: 塗膜の長期耐久性—第 7 節: 促進耐候性及び促進耐光性
- (11) JASO M 351 自動車部品の耐候性試験方法—外装部品のキセノンアークランプによる促進耐候性試験方法

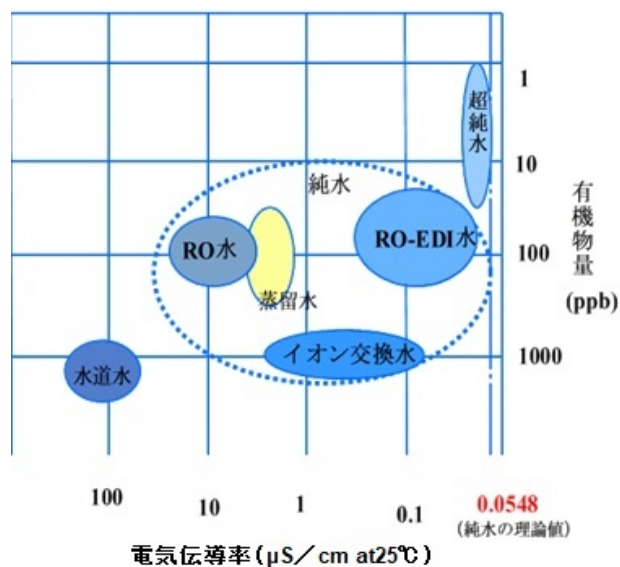


図 152 水の電気伝導率と有機物量

表 64 促進耐候性試験の代表的な規格一覧(水質・降雨周期)

分野	光源	規格番号	水質				pH	備考
			電気伝導率	固形分	シリカ			
プラスチック	通則	ISO 4892-1:2016	5 μ S/cm を 超えたら暴露停止	Xe*, Sun*: 最大 1 μ g/g UV-F*: 2.0 μ g/g 未満	Xe*, Sun*: 最大 0.2 μ g/g UV-F*: 0.5 μ g/g 未満		—	ISO 4892-1 and ISO 16474-1 ・Recirculation of water used for specimen spray is not recommended and shall not be done unless the recirculated water meets the purity requirements listed above ・If specimens are found to have deposits or stains after exposure, the water purity shall be checked to determine whether it meets the purity requirements specified in 5.3.2. ・If bacterial contamination is detected, the entire system used for specimen water spray shall be flushed with a chlorinating solution such as sodium hypochlorite and thoroughly rinsed prior to resuming exposures.
	キセノン	ISO 4892-2:2013	5 μ S/cm 未満	1 μ g/g 未満	0.2 μ g/g 未満			
	紫外線蛍光灯	ISO 4892-3:2016	5 μ S/cm 未満	1 mg/l (1 ppm) 未満	0.2 mg/l (0.2 ppm) 未満			
	サンシャインカーボン	ISO 4892-4:2013	5 μ S/cm 未満	1 μ g/g 未満	— (規定なし)			
	通則	ISO 16474-1:2013	5 μ S/cm を 超えたら暴露停止	Xe*, Sun*: 最大 1 μ g/g UV-F*: 2.0 μ g/g 未満	Xe*, Sun*: 最大 0.2 μ g/g UV-F*: 0.5 μ g/g 未満		—	
塗料	キセノン	ISO 16474-2:2013	5 μ S/cm 未満	1 μ g/g 未満	0.2 μ g/g 未満			試験片の表面に析出物が生成されることによって誤った結果を招くおそれがあるので、必要な純度の水が得られない限り、水の再利用はしてはならない。 ASTM G151 ・Without proper treatment to remove cations, anions, organics and particularly silica, exposed specimens will develop spots or stains that do not occur in exterior exposures. ・If specimens are found to have deposits or stains after exposure, the water purity must be checked to determine if it meets the purity requirements described in 5.3.2. ・Recirculation of water used for specimen wetting is not recommended and if done the recirculated water shall meet the specified purity requirements. ASTM G152, 153, 154 and 155 ・Spray water must leave no observable stains or deposits on the specimens. ・Very low levels of silica in spray water can cause significant deposits on the surface of test specimens. ・The pH of the water used should be reported. The water for spray and humidification or other purposes shall leave no objectionable deposits or stains on the exposed specimens.
	紫外線蛍光灯	ISO 16474-3:2013	(ISO 16474-1 準拠)	1 μ g/g 未満	0.2 μ g/g 未満			
	サンシャインカーボン	ISO 16474-4:2013	5 μ S/cm 未満	1 μ g/g 未満	(ISO 16474-1 準拠)			
	キセノン	JIS K 5600-7-7:2008 (ISO 11341:2004)	2 μ S/cm 以下	1 μ g/g 未満	0.2 μ g/g 未満		—	
	通則	ASTM G 151-19	5 μ S/cm を 超えたら暴露停止	最大 1 ppm	最大 0.2 ppm			
非金属材料	サンシャインカーボン	ASTM G 152-13	5 μ S/cm 未満	1 ppm 未満	0.1 ppm 未満			試験片に付着物が生じない水 注 シリカ成分は、試験結果に影響するので取り除くことが望ましい。 試験片に付着物が生じない水 注 試験材料に応じて電気伝導率を適宜選択することが望ましい。 * Xe...キセノン, UV-F...紫外線蛍光灯, Sun...サンシャインカーボン
	紫外線カーボン	ASTM G 153-13	5 μ S/cm 未満	1 ppm 未満	0.1 ppm 未満		—	
	紫外線蛍光灯	ASTM G 154-16	5 μ S/cm 未満	1 ppm 未満	0.1 ppm 未満			
	キセノン	ASTM G 155-13	5 μ S/cm 未満	1 ppm 未満	0.1 ppm 未満			
	キセノン	SAE J2527 SEP2017	— (規定なし)	1 ppm 以下	0.2 ppm 未満		—	
自動車	キセノン	JASO M 351-98	5 μ S/cm 以下	1 ppm 以下	— (規定なし)		—	試験片に付着物が生じない水 注 シリカ成分は、試験結果に影響するので取り除くことが望ましい。 試験片に付着物が生じない水 注 試験材料に応じて電気伝導率を適宜選択することが望ましい。 * Xe...キセノン, UV-F...紫外線蛍光灯, Sun...サンシャインカーボン
アルミ	キセノン	JIS H 8602:2010	2 μ S/cm 以下	— (規定なし)	— (規定なし)		—	
	サンシャインカーボン	JIS B 7753:2007	5 μ S/cm 以下	1 ppm 以下	— (注参照)		6.0~ 8.0	
試験機	サンシャインカーボン	JIS B 7754:1991	— (注参照)	20 ppm 以下	— (規定なし)		6.0~ 8.0	
	キセノン							