

表2-4 施設基準第1条第17号ハに規定する基準「別表第2」

事項	基準
カドミウム及びその化合物	カドミウムの量に関して、 0.001 mg/L 以下であること。
水銀及びその化合物	水銀の量に関して、 0.00005 mg/L 以下であること。
セレン及びその化合物	セレンの量に関して、 0.001 mg/L 以下であること。
鉛及びその化合物	鉛の量に関して、 0.001 mg/L 以下であること。
ヒ素及びその化合物	ヒ素の量に関して、 0.001 mg/L 以下であること。
六価クロム化合物	六価クロムの量に関して、 0.005 mg/L 以下であること。
シアン化物イオン及び塩化シアン	シアンの量に関して、 0.001 mg/L 以下であること。
硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素	1.0 mg/L 以下であること。
フッ素及びその化合物	フッ素の量に関して、 0.08 mg/L 以下であること。
ホウ素及びその化合物	ホウ素の量に関して、 0.1 mg/L 以下であること。
四塩化炭素	0.0002 mg/L 以下であること。
1,4-ジオキサン	0.005 mg/L 以下であること。
1,2-ジクロロエタン	0.0004 mg/L 以下であること。
1,1-ジクロロエチレン	0.002 mg/L 以下であること。
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.004 mg/L 以下であること。
ジクロロメタン	0.002 mg/L 以下であること。
テトラクロロエチレン	0.001 mg/L 以下であること。
1,1,2-トリクロロエタン	0.0006 mg/L 以下であること。
トリクロロエチレン	0.003 mg/L 以下であること。
ベンゼン	0.001 mg/L 以下であること。
ホルムアルデヒド	0.008 mg/L 以下であること。
亜鉛及びその化合物	亜鉛の量に関して、 0.1 mg/L 以下であること。
アルミニウム及びその化合物	アルミニウムの量に関して、 0.02 mg/L 以下であること。
鉄及びその化合物	鉄の量に関して、 0.03 mg/L 以下であること。
銅及びその化合物	銅の量に関して、 0.1 mg/L 以下であること。
ナトリウム及びその化合物	ナトリウムの量に関して、 20 mg/L 以下であること。
マンガン及びその化合物	マンガンの量に関して、 0.005 mg/L 以下であること。
塩化物イオン	20 mg/L 以下であること。
蒸発残留物	50 mg/L 以下であること。
陰イオン界面活性剤	0.02 mg/L 以下であること。
非イオン界面活性剤	0.005 mg/L 以下であること。
フェノール類	フェノールの量に換算して、 0.0005 mg/L 以下であること。
有機物(全有機炭素(TOC)の量)	0.5 mg/L 以下であること。
味	異常でないこと。
臭気	異常でないこと。
色度	0.5 度以下であること。
濁度	0.2 度以下であること。
エピクロロヒドリン	0.01 mg/L 以下であること。
アミン類	トリエチレントトラミンとして、 0.01 mg/L 以下であること。
2,4-トルエンジアミン	0.002 mg/L 以下であること。
2,6-トルエンジアミン	0.001 mg/L 以下であること。
酢酸ビニル	0.01 mg/L 以下であること。
スチレン	0.002 mg/L 以下であること。
1,2-ブタジエン	0.001 mg/L 以下であること。
1,3-ブタジエン	0.001 mg/L 以下であること。
N,N-ジメチルアニリン	0.01 mg/L 以下であること。

表 2 - 5 水道用膜モジュール一覧 (2005 年 3 月 31 日現在)

認定番号	# 1	# 2	販売会社名	膜モジュールの名称	膜の種類	膜モジュールの型式	規格番号	認定日
171	111	044	旭化成ケミカルズ(株)	マイクロザ UF モジュール	UF	LOV-5210	001	2004/4/1
172	103	---	三菱レイヨン(株)	ステラポア LFM	MF	LFM923, LFM2923, LFM5823, LFM7823	001	2004/4/1
173	124	034	三菱レイヨン(株)	ステラポア G	MF	MRM2001(A), MRM2001(B), MRM2003, MRM2007, MRM2019, MRM2031, MRM2037, MRM2055	001	2004/4/1
174	156	---	三菱レイヨン(株)	ステラポア LFB	MF	LFB3423, LFB6823, LFB13623, LFB2723, LFB40823, LFB54423, LFB68023, LFB81623	001	2004/4/1
175	116	---	(株)クラレ	ML モジュール	UF	MLK-2201-S	001	2004/4/1
176	117	---	(株)クラレ	ML モジュール	UF	ML-7203-S	001	2004/4/1
177	125	014	(株)クラレ	SF モジュール	MF	M-3100-PS (8108A), T3-S(8108A), T7-S(8108A), T9-S(8108A), T37-S(8108A), T55-S(8108A)	001	2004/4/1
178	144	---	(株)クラレ	LS モジュール	MF	LS-6101-S	001	2004/4/1
179	168	116	(株)クラレ	ML モジュール	UF	MLKA-2201-S, MLKB-2201-S, MLKC-2201-S	001	2004/4/1
180	123	033	日立プラント建設(株)	外圧中空糸 UF 膜モジュール	UF	EHU200PA12F07	001	2004/4/26
181	134	---	東洋紡績(株)	ホロセップ HB シリーズ	海水淡水化RO	HB10255, HB9155	003	2004/4/26
182	135	---	東洋紡績(株)	ホロセップ HM シリーズ	海水淡水化RO	HM10255, HM9255, HM8255	003	2004/4/26
183	136	---	東洋紡績(株)	ホロセップ HR シリーズ	海水淡水化RO	HR8355, HR6355, HR5255, HR5155, HR3155	003	2004/4/26
184	145	---	日本碍子(株)	モリス型セラミック膜モジュール	MF	CF55HM01-001N, CF55HM01-004N, CF55HM01-007N, CF55HM01-037N, CF55HM01-059N, CF55HM01-081N, CF55HM01-101N, CF55HM01-122N, CF55HM01-153N	001	2004/4/26
185	146	---	日本碍子(株)	モリス型セラミック膜モジュール	MF	CF2KHM01-001N, CF2KHM01-002N, CF2KHM01-003N, CF2KHM01-004N, CF2KHM01-005N, CF2KHM01-006N, CF2KHM01-007N, CF2KHM01-008N, CF2KHM01-009N, CF2KHM01-010N	001	2004/4/26
186	---	---	(株)クラレ	大孔径膜モジュール	大孔径	KR-CUBE	004	2004/5/28
187	108	039	ダイセー・マンブレン・システムズ(株)	モルビュア	UF	FW50RVC-FUC1582	001	2004/7/1
188	152	108	ダイセー・マンブレン・システムズ(株)	モルビュア	UF	FW50RVC-FUC1583, FW50RVC4FUC1583	001	2004/7/1
189	165	109	ダイセー・マンブレン・システムズ(株)	モルビュア	UF	FN20-VP-FUC1583	001	2004/7/1
190	170	---	東洋紡績(株)	東洋紡UF膜モジュール	UF	UPC5015	001	2004/7/1
191	109	040	ダイセー・マンブレン・システムズ(株)	モルビュア	UF	FN20-VP-FUC1582	001	2004/7/1

認定番号	#1	#2	販売会社名	膜モジュールの名称	膜の種類	膜モジュールの型式	規格番号	認定日
192	122	---	ダイセン・メンブレン・システムズ(株)	モルビユア	UF	FE10-FC-FUC1582	001	2004/7/1
193	164	---	住友電工ファインポリマー(株)	オードビュール(浸漬型MF膜モジュール)	MF	SPMW-201P(M), SPMW-201P(M)B SPMW-201P(M)C	001	2004/7/1
194	110	003	旭化成ケミカルズ(株)	マイクロザ MF モジュール	MF	RSC-640S, RSC-540S	001	2004/7/1
195	149	143	旭化成ケミカルズ(株)	マイクロザ MF モジュール	MF	RSC-640S, RSC-540S	001	2004/7/1
196	153	105	(株)クボタ	浸漬用マルチ方式セラミック膜モジュール	MF	KCM-230(N)	001	2004/7/1
197	113	029	東レ(株)	トレフィル外圧式 PAN 中空糸 UF 膜モジュール	UF	CP20-1010-B	001	2004/7/1
198	114	032	東レ(株)	トレフィル外圧式 PAN 中空糸 UF 膜モジュール	UF	CP20-T110 TP-TE04-S, TP-TE07-S, TP-TE19-S TP-TE28-S, TP-TE37-S, TP-TE48-S TP-TE61-S, TP-TE80-S	001	2004/7/1
199	115	038	東レ(株)	トレフィル外圧式 PAN 中空糸 UF 膜モジュール	UF	TP-TE04-P	001	2004/7/1
200	151	---	東レ(株)	トレフィル外圧式 PVDF 中空糸 MF 膜モジュール	MF	HFM-2020, HFM-2010, HFM-2008 HFM-1020, HFM-1010	001	2004/7/1
201	169	---	東レ(株)	トレフィル外圧式 PVDF 中空糸 MF 膜モジュール	MF	HFS-2020, HFS-2010, HFS-2008 HFS-1020, HFS-1010	001	2004/7/1
202	126	035	東レ(株)	トレキューブ PS 中空糸 MF 膜モジュール	MF	TCM-PC1	001	2004/7/1
203	128	---	東レ(株)	ロメンブラ膜モジュール	NF	SU-600 エレメントシリーズ及び PV-2000 圧力容器シリーズで構成	002	2004/7/1
204	129	---	東レ(株)	ロメンブラ膜モジュール	RO	SU-700 エレメントシリーズ及び PV-2000 圧力容器シリーズで構成	002	2004/7/1
205	130	---	東レ(株)	ロメンブラ膜モジュール	RO	SU-700L エレメントシリーズ及び PV-2000 圧力容器シリーズで構成	002	2004/7/1
206	131	---	東レ(株)	ロメンブラ膜モジュール	RO	SUL-G エレメントシリーズ及び PV-2000 圧力容器シリーズで構成	002	2004/7/1
207	132	---	東レ(株)	ロメンブラ膜モジュール	海水淡水化RO	SU-800 エレメントシリーズ及び PV-7000 圧力容器シリーズで構成	003	2004/7/1
208	160	---	東レ(株)	ロメンブラ膜モジュール	RO	TM700 エレメントシリーズ及び PV-2000 圧力容器シリーズで構成	002	2004/7/1
209	161	---	東レ(株)	ロメンブラ膜モジュール	RO	TML00 エレメントシリーズ及び PV-2000 圧力容器シリーズで構成	002	2004/7/1
210	162	---	東レ(株)	ロメンブラ膜モジュール	RO	TMG00 エレメントシリーズ及び PV-2000 圧力容器シリーズで構成	002	2004/7/1
211	163	---	東レ(株)	ロメンブラ膜モジュール	海水淡水化RO	TM800 エレメントシリーズ及び PV-7000 圧力容器シリーズで構成	003	2004/7/1
212	112	002	アクアソース社	---	UF	M1A35	001	2004/7/1
213	167	---	アクアソース社	---	UF	A1A35	001	2004/7/1

認定番号	#1	#2	販売会社名	膜モジュールの名称	膜の種類	膜モジュールの型式	規格番号	認定日
214	158	---	日本リット(株)	X-Flow 膜モジュール	MF	XF3-08-CL, XF6-08-CL, XF3-08-PT, XF6-08-PT	001	2004/7/1
215	159	---	日本リット(株)	X-Flow 膜モジュール	MF	XF3-15-CL, XF6-15-CL, XF3-15-PT, XF6-15-PT	001	2004/7/1
216	159	---	日本リット(株)	X-Flow 膜モジュール	MF	XF3-15-CL, XF6-15-CL, XF3-15-PT, XF6-15-PT	001	2004/7/1
217	121	005	ヴェオリア・ウォーター・システムズ・ジャパン(株)	ムムコア膜モジュール	MF	M10C	001	2004/7/1
218	157	---	ヴェオリア・ウォーター・システムズ・ジャパン(株)	ムムコア膜モジュール	MF	S10V	001	2004/7/1
219	---	---	三菱レイヨン(株)	ステラポアGB	MF	UMF7074WFC	001	2004/7/8
220	---	---	日本碍子(株)	モリス型セラミック膜モジュール	MF	CFL2KHM01-001N, CFL2KHM01-002N, CFL2KHM01-003N, CFL2KHM01-004N, CFL2KHM01-005N, CFL2KHM01-006N, CFL2KHM01-007N, CFL2KHM01-008N, CFL2KHM01-009N, CFL2KHM01-010N, CFL2KHM01-011N, CFL2KHM01-012N	001	2004/7/8
221	150	---	旭化成ケミカルズ(株)	マイクロザ MF モジュール	MF	USV-3003	001	2004/9/30
222	106	042	(株)エアサンプレンシステム	マイクロン T 型膜モジュールユニット	MF	TC-10A05-30, TC-10A05-60, TC-10A05-120, TC-10A05-150	001	2004/9/30
223	101	028	日本碍子(株)	モリス型セラミック膜モジュール	MF	CF61M01-037N, CF61M01-059N, CF61M01-081N, CF61M01-101N, CF61M01-122N, CF61M01-153N	001	2004/9/30
224	102	---	日本碍子(株)	モリス型セラミック膜モジュール	MF	CF2KM01-001N, CF2KM01-002N, CF2KM01-003N, CF2KM01-004N, CF2KM01-005N, CF2KM01-006N, CF2KM01-007N, CF2KM01-008N, CF2KM01-009N, CF2KM01-010N	001	2004/9/30
225	133	---	東レ(株)	ロメンブラ膜モジュール	海水淡水化RO	SU-BCM エレメントシリーズ及び PV-10000 圧力容器シリーズで構成	003	2004/9/30
226	138	---	日東電工(株)	RS50-S8 エレメント及び 8FRP6RS 圧力容器シリーズ	UF	RS50-S8-8FRP5RS-1, RS50-S8-8FRP5RS-2, RS50-S8-8FRP5RS-3	001	2004/9/30
227	139	--	日東電工(株)	NTR-729HF エレメントシリーズ及び 8(4)FRP25UP 圧力容器シリーズ	NF	NTR-729HF-S4-4FRP25UP-1~6, NTR-729HF-S8-4FRP25UP-1~6	002	2004/9/30
228	140	---	日東電工(株)	ES20 エレメントシリーズ及び 8(4)FRP25UP 圧力容器シリーズ	RO	ES20-D4-4FRP25UP-1~6, ES20-D8-8FRP25UP-1~6	002	2004/9/30

認定番号	#1	#2	販売会社名	膜モジュールの名称	膜の種類	膜モジュールの型式	規格番号	認定日
229	141	---	日東電工(株)	NTR-70SWC エレメントシリーズ及び8(4)FRP70B 圧力容器シリーズ	海水淡水化RO	NTR-70SWC-S4-4FRP70B-1~6 NTR-70SWC-S8-8FRP70B-1~6	003	2004/9/30
230	---	---	東洋紡績(株)	中空糸型逆浸透モジュール ホロセップ	海水淡水化RO	HB10255FI	003	2004/9/30
231	119	039	オルガノ(株)	ORFINE HF	UF	OFU-330HJ2	001	2004/9/30
232	155	119	オルガノ(株)	ORFINE HF	UF	OFU-330HJ6	001	2004/9/30
234	---	---	オルガノ(株)	ORFINE	UF	UHF OFU-330HJ2, UHF4 OFU-330HJ2	001	2004/9/30
235	---	---	(株)クラレ	ML モジュール	UF	MLK-2201-S(5505), ML-7204-S(5505)	001	2004/12/10
236	---	---	日本ポール(株)	ポールセプトラCBフィルター	大孔径	CBY6040S010Y-J	004	2005/1/31
237	---	---	水道機工(株)	スイオー外圧式PVDF中空糸MF膜モジュール	MF	SOVM-2803, SOVM-2403, SOVM-2303 SOVM-1803, SOVM-1403	001	2005/3/3
238	146	---	旭化成ケミカルズ(株)	マイクロザ MF モジュール	MF	SUNC-620A	001	2005/3/3
239	---	---	日本碍子(株)	モリス型セラミック膜モジュール	MF	CF2KHM01-001NB, CF2KHM01-002NB CF2KHM01-003NB, CF2KHM01-004NB CF2KHM01-005NB, CF2KHM01-006NB CF2KHM01-007NB, CF2KHM01-008NB CF2KHM01-009NB, CF2KHM01-010NB	001	2005/3/3
240	---	---	(株)クボタ	セラミック膜モジュール	MF	KCM-CA200, KCM-CA220, KCM-CA300	001	2005/3/22
241	---	---	ダイセン・メンブレン・システムズ(株) ヴェオリア・ウオーター・システムズ・ ジャパン(株)	モルピュア	UF	FW100RT-FUC1583	001	2005/3/31
242	---	---	東レ(株)	MEMコア膜モジュール	MF	M10V	001	2005/3/31
				トリアフル外圧式 PVDF 中空糸 MF 膜モジュール	MF	HFS-2020S 交換用膜エレメント HFS-2020E	001	2005/3/31

(注記) #1: 現認定の元になった認定番号を示す。(#1 から現認定番号への変更は AMST-004 の制定に伴うものである。)

#2: #1 の関連で、追加または変更の対象となった従来の認定番号を示す。

(#1 の認定日 (#2 から #1 への変更日) については「AMST 旧・規格認定一覧」
http://www.amst.gr.jp/AMST_Module_List_20040331.pdf を参照のこと。)

最新情報は、<http://www.amst.gr.jp/ichiran.htm> を参照のこと。

2. 4. 5 廃棄膜モジュールの有効利用

環境影響低減化浄水技術とは、浄水処理だけではなく、処理に使用した部材の廃棄処理、処分に至るまでのトータルの環境影響低減を意味する。経年劣化などによる使用済みの廃棄膜モジュールはその典型であり、モジュールの適切な処理、処分さらには有効利用を今後一層推進する必要がある。

(1) 現状と課題

1) 廃棄などの現状

現在、使用済みの膜モジュールの大半は、種類や型式あるいは用途（工業用・水処理用）に関係なく、産業廃棄物として廃棄処分されている。そのため、膜モジュールの開発に当たっては、その高性能化、高機能化のみが優先され、廃棄処理、処分性についてはほとんど検討されてこなかった。高効率浄水技術開発研究（ACT21）、および環境影響低減化浄水技術開発研究(e-Water)においても、廃棄膜モジュールの有効利用方法が検討された¹²⁾。また、拡大生産者責任の考え方では、製品の製造、流通時だけでなく廃棄段階まで生産者の責任が拡大されることから、膜モジュールの廃棄や有効利用のあり方についても見直す必要がある。

膜モジュールは様々な部材（プラスチック材料や無機材料）で構成されており、一般に、膜、ケーシング（膜支持体）、接着剤・その他の3つの構成部材に分類することができる。表2-6に各構成部材別の処分方法の現状を示す。また、表2-7にプラスチック材料（膜モジュールに限らない）の一般的な有効利用方法を示す¹³⁾。

表2-6 廃棄膜モジュールの処分方法

構成部材	処分方法
膜	現状では産業廃棄物として処分している。
ケーシング	一部の部材以外は産業廃棄物として処分している。
接着剤・その他	現状では産業廃棄物として処分している。

表2-7 プラスチック材料の各種有効利用方法（特徴と問題点）

有効利用方法	特徴と問題点
材料リサイクル (マテリアルリサイクル)	化学的変化を伴わず、破碎粉碎などしてペレットを作成し、原料として再利用する。しかし、バージン原料と比較すると、品質劣化は避けられない。
化学材料リサイクル (ケミカルリサイクル)	樹脂を熱分解などで化学原料に戻して、原料として再利用する。原料としての回収率向上と分解副産物の処理が課題である。
エネルギー回収 (サーマルリサイクル)	ごみ発電などの燃料として再利用する。燃料として排出される廃棄物の状態が一定でないので、エネルギーとしての回収率を高めることができない。

なお、従来の膜モジュール（特に中空糸膜モジュール）は、中空糸膜とハウジングが一体化されていたが、最近は廃棄物量削減を目的に中空糸膜をエレメント化し、ハウジングと分離して交換可能にしたものが増えてきている。（写真2-9）

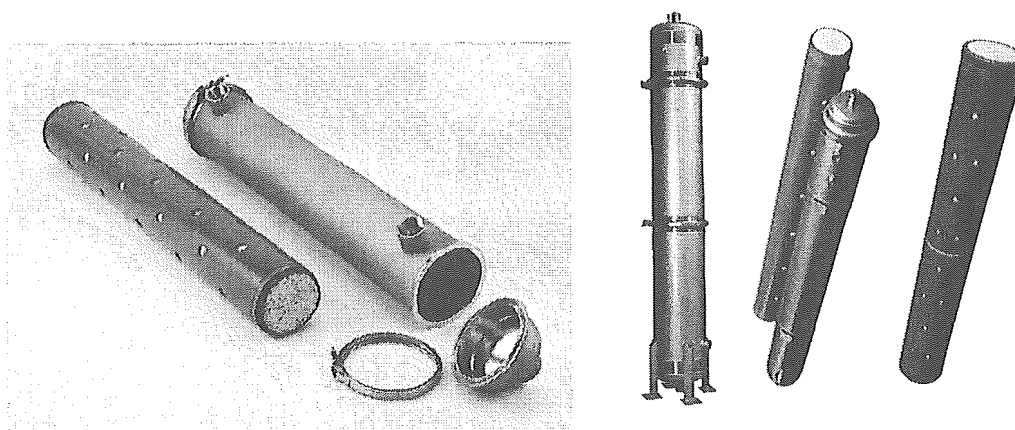


写真2-9 エレメント化された中空糸膜とハウジング

2) 有効利用への課題

水道の高普及時代と言われる今日、水道施設の経年劣化問題は多くの水道事業者がかかえる課題である。浄水施設においても、部分改修ではなく大規模な全面更新の必要性に迫られている場合も多い。浄水場の更新は多くの場合、現有施設の一部を稼動しながら実施する必要があり、用地スペースの確保が大きな問題になる。そこで、処理水質の向上が可能で、さらに施設の省スペース化が可能な膜ろ過施設が注目され、これを導入する水道事業者が増加している。さらに現在は中・小規模が多いが、今後膜ろ過施設は大規模浄水場へ展開していくことが予想される。

一方、地球温暖化対策、廃棄物の減量化や資源の有効利用などの環境問題への対応について市民の関心が集まっており、水道事業者としても環境問題への対応の一環として、ISO認証資格取得や環境会計の導入などに取り組む例が増えている。

膜は他の構成機器と比較して耐用年数が比較的短期間であり、一定の期間で交換する

必要がある。今後、大規模浄水場に膜ろ過設備が導入された場合、膜交換などにより継続的に大量の膜モジュールが廃棄されることになり、廃棄膜モジュールの処理、処分あるいは有効利用が地球環境保全上の重要な課題となる可能性がある。

- ① 廃棄膜モジュールを産業廃棄物として取り扱う場合：新たに産業廃棄物処理処分費が発生する。さらに、マニフェストの追跡などの事務手続きも必要となる。
- ② 廃棄膜モジュールを有価物として取り扱う場合：有価物として回収することができれば、産業廃棄物処理処分費などの新たなコストを発生させずに他の工業製品に代替できることになる。このためには、回収した廃棄膜モジュールを他の工業製品に代替させる技術の確立とその技術のコスト低減が課題となる。

(2) 廃棄膜モジュールの有効利用

現段階では、有効利用について明確なガイドラインを示すことは困難である。ここでは、膜素材別に各種有効利用方法の可能性を検討した結果を示すこととする。(表2-8参照)

膜素材としてはポリフッ化ビニリデン (PVDF)、ポリエチレン、酢酸セルロースの有機膜、およびセラミック素材を用いた無機膜を取り上げた。

表2-8 膜素材別の有効利用方法

膜素材	有効利用方法
有機膜	材料リサイクル(マテリアルリサイクル)およびエネルギー回収(サーマルリサイクル)がある。 一部の膜素材については化学材料リサイクル(ケミカルリサイクル)も可能性がある。
無機膜	粉碎後、窯業原料や緑化資材として材料リサイクル(マテリアルリサイクル)を行う。

注) ケーシングなどは基本的に再利用する。

1) エネルギー回収(サーマルリサイクル)

膜モジュールには様々な材質が使用されており、それらを材質毎に分類して再利用することは難しい。また、膜モジュールには接着剤で固着した部分もあり、分別が困難な場合もある。しかし、膜モジュールを構成する材料は有用資源であり、ここでは廃棄膜モジュールを焼却して熱回収する方法について検討した。

表2-9は、材質の異なる膜モジュールA~Dの4種類について、それぞれ構成する材質の組成から燃焼熱を計算し、モジュール単位質量当たりの燃焼熱と発電量を試算した結果である。膜モジュール構造(ケーシング型、浸漬型)の違いにより、モジュール質量は大きく異なっているが、モジュール単位質量当たりの燃焼熱および発電量には大差はない。

表 2-9 廃棄膜モジュールを熱回収した場合の燃焼熱および発電量

膜種類	モジュール質量 (kg)	燃焼熱 (kJ)	モジュール単位質量[kg]当たり	
			燃焼熱(kJ/kg)	発電量(kWh/kg)
A	43	825,000	19,200	1.60
B	29	558,000	19,200	1.60
C	5.6	160,000	28,600	2.38
D	120	2,568,000	21,400	1.78

<前提条件>

モジュール構成部材	膜：酢酸セルロース、ポリエチレン（軟質）、 ポリエチレン（硬質）、ポリフッ化ビニリデン モジュール容器：塩化ビニル 接着剤：ウレタン
燃焼熱	酢酸セルロース：23,676 kJ/kg ポリエチレン（軟質）：46,632 kJ/kg ポリエチレン（硬質）：45,899 kJ/kg ポリフッ化ビニリデン：21,800 kJ/kg 塩化ビニル：18,063 kJ/kg ウレタン：18,586 kJ/kg

なお、発電量は発電効率を燃焼熱の 30%と仮定して計算した。

上記の結果をもとに、大規模膜ろ過施設（100,000m³/日）に膜ろ過設備を導入した場合の、膜モジュール熱回収による総発電量の試算を行った。表 2-10 は、4 種類の膜モジュールについて、100,000m³/日膜ろ過設備に必要な膜モジュール数を算出し、熱回収した場合の総燃焼熱を求め、総発電量（総電気料金に換算）を比較した結果である。

表 2-10 100,000m³/日設備の膜モジュール熱回収による総発電量試算

膜種類	モジュール数 (本)	モジュール質量 (kg)	総燃焼熱 (kJ)	総発電量 (kWh)	総電気料金換算 (@10円/kWh)
A	585	25,155	482,976,000	40,248	¥ 402,480
B	667	19,343	371,385,600	30,949	¥ 309,488
C	3,000	16,800	480,480,000	40,040	¥ 400,400
D	1,746	209,520	4,483,728,000	373,644	¥ 3,736,440

<前提条件>

原水は濁度 2~3 度の河川水と仮定し、膜ろ過流束は次のように仮定した。
A：2.5m³/m²・日、B：3.0m³/m²・日、C：1.0m³/m²・日、D：0.5m³/m²・日
売電単価は 10 円/kWh と仮定した。

廃棄膜モジュールを処分する場合、現状では産業廃棄物（埋立）として処分されているが、産業廃棄物処分場の不足や環境問題の観点から、膜モジュールを焼却し、発生する熱を利用して発電を行った場合には、電気として有効利用することができる。

ただし、これらの膜モジュールの中には膜素材にフッ素や塩素を含むものもあり、焼却する場合には有害ガスやダイオキシンなどが発生することも考えられる。その場合には粉塵や排ガス処理設備を備えた焼却炉で焼却する必要がある。

2) 化学材料リサイクル(ケミカルリサイクル)、材料リサイクル(マテリアルリサイクル)

①有機膜

化学材料リサイクルの例として酢酸セルロースを取り上げる。酢酸セルロースは炭素(C)、水素(H)、酸素(O)によって構成されているため、図2-35に示すような化学材料リサイクルが可能である。現在、酢酸セルロース中空糸膜をガス化して、一酸化炭素や水素を発生させ、それらをもとに酢酸セルロースの原料であるメタノールや酢酸を再合成する化学材料リサイクルが検討され始めている。そこで、以下の前提条件で膜モジュールを再利用した場合と産業廃棄物として廃棄処分した場合についてコスト比較を行った。(図2-34, 図2-35参照)

<前提条件>

膜素材：化学原料（一酸化炭素、水素）として再利用→化学材料リサイクル

ケーシング：再使用

接着剤：ウレタン→エネルギー回収

その結果、酢酸セルロース中空糸膜を化学材料リサイクルして、再合成するメタノールは、通常購入しているメタノールの50倍程度のコストとなることが試算された。ケーシング部を再使用、接着剤部をエネルギー回収によって熱回収すると仮定しても、膜モジュールを全て産業廃棄物として処分した場合のコスト1に対し、化学材料リサイクルによってメタノール合成までに要するコストは約20となる。

これらの試算結果から、現時点では廃棄膜モジュールを材料リサイクルする場合、コストアップとなるが、今後、地球環境保全上、リサイクルを推進していく必要がある。また、この廃棄膜モジュールのリサイクルの取り組みが、日本のみならず世界的に広まっていけばリサイクルのコストダウンにもつながるものと考えられる。

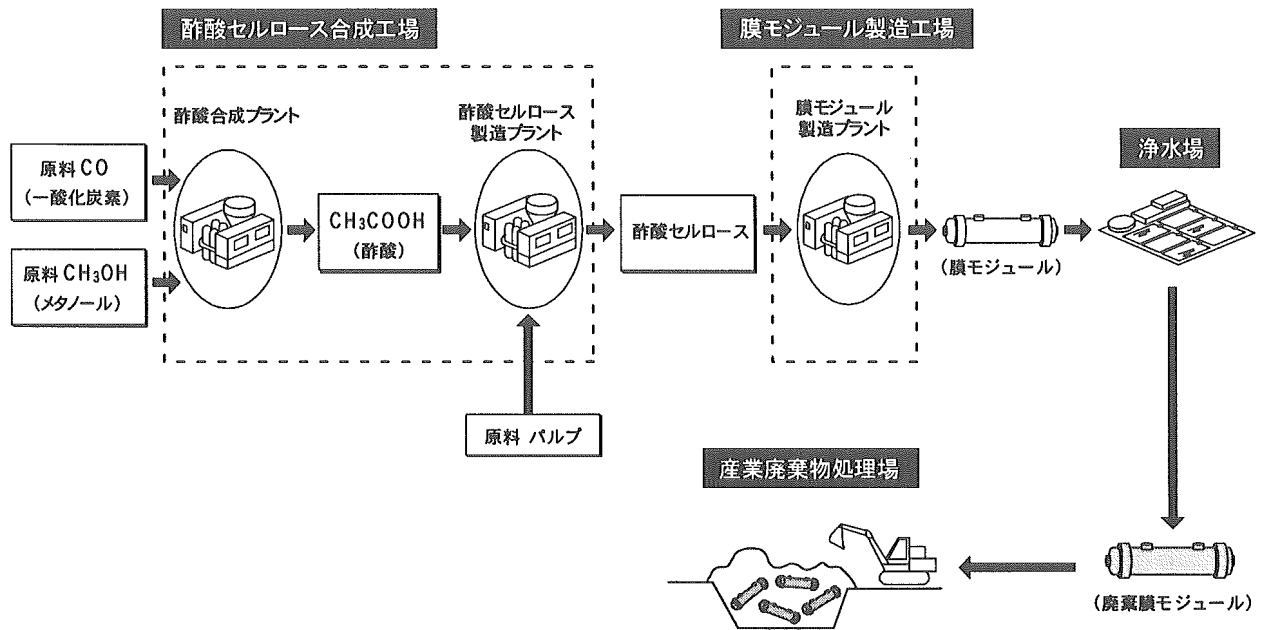


図 2-34 従来の膜モジュール廃棄の流れ

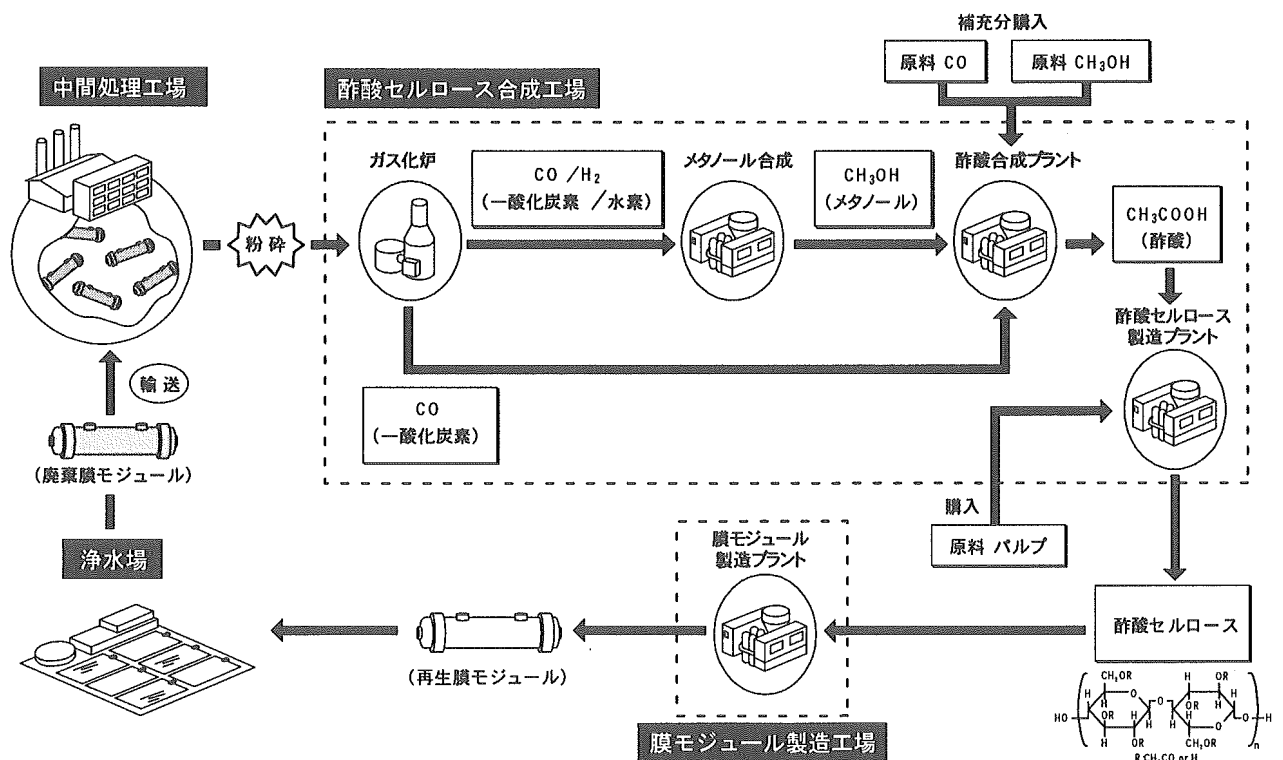


図 2-35 化学材料リサイクルによる廃棄膜モジュールの有効利用概念図

②無機膜

材料リサイクルの例としてセラミック素材の膜を取り上げる。一般に無機素材は、無機系物質そのもの、あるいはそれを熱処理することにより得られる比較的安定な物質である。したがって、無機素材は廃棄物になっても、熱処理などのプロセスを再度加えることにより無機製品への材料リサイクルが比較的容易に行えるという特長がある。

セラミック素材の材料リサイクルは、どのような種類であっても基本的には、同一のリサイクル手法を経て行われる。セラミック製品の製造工程および廃棄物の有効利用の流れを図2-36に示す。

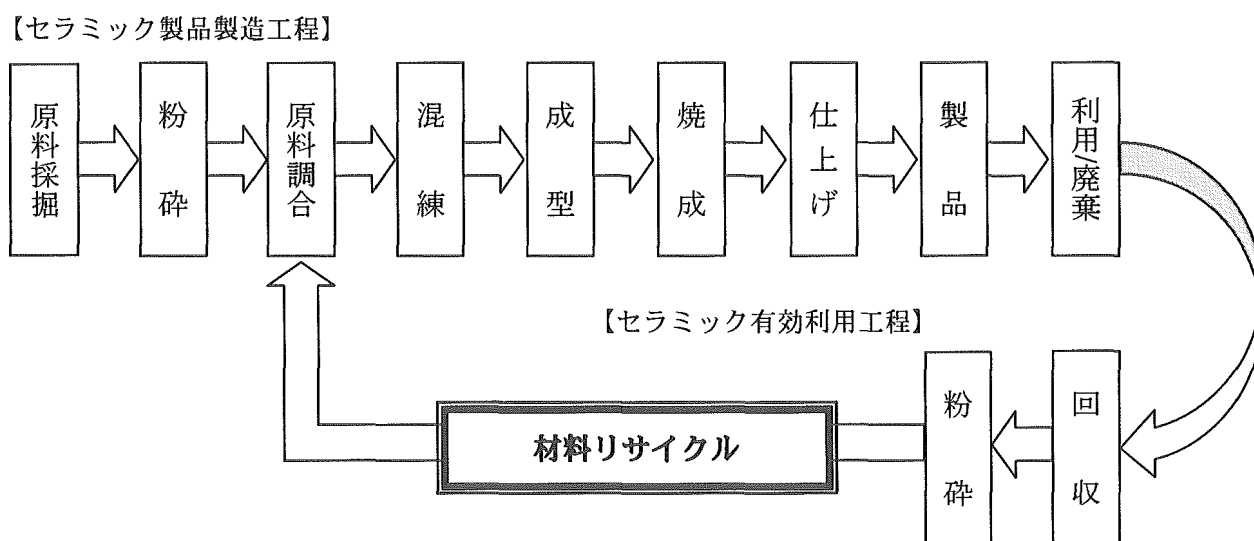


図2-36 セラミック製品の製造および有効利用工程

セラミック廃棄物のリサイクルの場合、材料として非常に安定しているため、回収、輸送、保管などが容易であり、材料リサイクルを行うにあたって必要な工程は粉碎工程のみである。セラミック廃棄物は、粉碎された時点でセラミック原料となり、原料調合により製造工程にリサイクルされる。

セラミック製品の材料リサイクルを行った場合の LCA による環境負荷評価影響については、陶磁器について検討が行われている¹⁴⁾。図2-37に示すように、セラミック製品の材料リサイクルの場合、異なるのは、原料採掘、粉碎の工程のみであるので、回収（運搬含む）、粉碎の LCA との比較になる（表2-11）。採掘原料に比べ、回収原料（陶磁器）の LCA は、約 16kgCO₂/ton 程度減少しており、環境負荷は軽減されている。

次に、セラミック膜を有効利用した場合の特徴を以下に示す。

- ・廃棄物発生頻度が小さい

一般的にセラミック膜の交換周期は長い
ため、廃棄物として発生する頻度が小さい。

- ・材料リサイクルが可能
- ・高純度素材である

セラミック膜は高純度の材料から製造されている
ファインセラミックに分類される。したがって、
材料リサイクルを行う際には、粉砕することにより、
高純度の材料として再生が可能である。

リサイクルを行う場合、再利用を行う廃棄物の組成の純度が問題となるが、
セラミック膜は、高純度のままでの回収が容易であり、一般的な窯業廃棄物より
幅広い用途において有効利用することができる。

- ・有効利用処理が容易

実際にセラミック膜をリサイクルする場合の工程概念フローを
図2-37に示す。

まず、廃棄膜の薬品洗浄を行うが、膜の利用状況、再生用途によ
っては薬品洗浄は必ずしも必要ではない。

回収、運搬、保管、貯留の後、再利用に必要な量が確保された
時点で、粉砕し、種々の窯業製品の原料として有効利用される。

表2-11 採掘原料と回収原料
1トンあたりのLCA (kgCO₂/ton)

原料項目	採掘原料	回収陶磁器
	採掘 22.33	輸送 16.57
	粉砕 15.66	粉砕 15.56
	輸送 10.50	
合計	48.49	32.13

※表中数字は、各原料の平均値

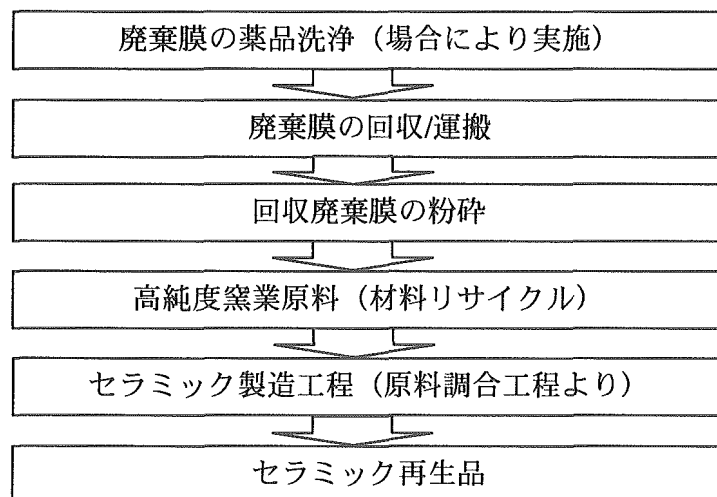


図2-37 セラミック膜の有効利用工程

(3) 有効利用への今後の課題

膜モジュールは通常の汎用製品とは異なり、使用される分野が限定されているため、
回収することはそれほど困難なことではない。したがって、膜モジュールを企画・設計
する段階から廃棄処分性を考慮することにより、廃棄膜モジュールの有効利用という
課題もある程度解決することは可能である。

膜分離技術振興協会でも、製造時の段階からリサイクル、焼却熱回収を考慮に入れた
材料選択、部材組み立てを実施していかなければならないことをすでに提案している¹⁵⁾。

これからの膜モジュール機能には、膜モジュールとしての性能だけでなく、廃棄処分にも配慮されていることが求められるようになるはずである。このような場合、膜モジュールの機能上、廃棄処分性を優先することで、使用時の性能に制限が加わることも予想される。一方では、廃棄処理・処分性を向上させるために、膜モジュールのコストがアップする可能性もある。

これらの問題をトータルシステムにおける環境影響低減という観点から判断していくことが今後の重要な課題である。

2. 5 膜ろ過装置の種類と基本事項

2. 5. 1 膜ろ過方式¹⁶⁾

(1) 全量ろ過方式

膜供給水を循環することなく、砂ろ過と同じく全量をろ過する方式(図2-38)である。ケーシングに収納された膜モジュールに膜供給水を供給し、全量をろ過水として得る。

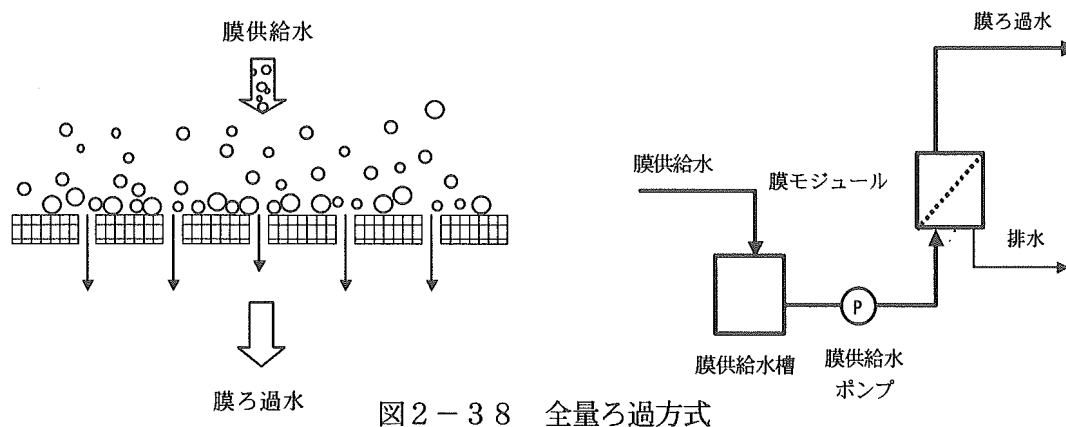


図2-38 全量ろ過方式

(2) クロスフローろ過方式

膜供給水を膜面に沿って供給し、膜ろ過水が膜供給水と直角方向に流れるようにするろ過方式である(図2-39)。ケーシングに収納された膜モジュールに供給した膜供給水の一部を循環し、膜面に剪断力を与えることで、膜供給水中の懸濁物質やコロイド物質などのファウリング物質の膜面への付着や堆積を抑制しながら運転する。

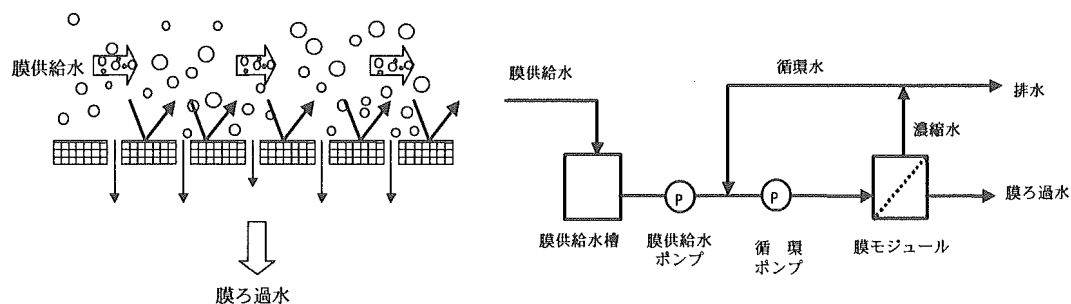


図2-39 クロスフローろ過方式

(3) 槽浸漬方式

膜モジュールを槽（開放型または密閉型）に浸漬した状態で膜ろ過する方式をいう。基本的には全量ろ過方式で、加圧、または吸引、もしくはこれらの併用も可能である。

図2-40に槽浸漬方式の一例を示す。

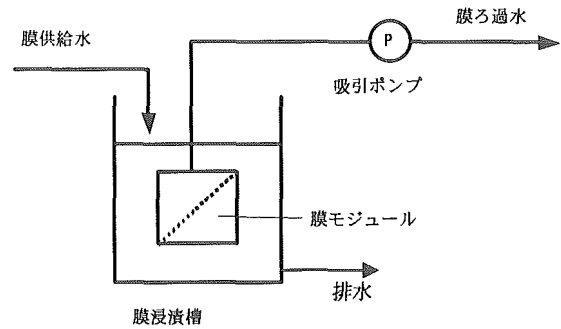


図2-40 槽浸漬方式

2.5.2 物理洗浄方式¹⁷⁾

物理洗浄とは、逆圧水洗浄のように水流や圧力を利用したり、空気洗浄（エアスクラビング）のように膜を気泡で振動させたりして、物理的な作用により膜面に付着した物質を取り除く方法である。

物理洗浄方式には、逆圧水洗浄、逆圧空気洗浄、空気洗浄（エアスクラビング）、フラッシング洗浄などがあり、これらを単独または併用して洗浄を行う。膜の物理的強度、運転条件、膜モジュール形状、膜ろ過方式、通水方向など、それぞれの方式に適した洗浄方法を選ぶ必要がある。これらの洗浄方式は、主に膜材質によって適した方式が選定されている。

物理洗浄頻度は、原水水質、運転条件、膜モジュール形状および膜ろ過方式などにより異なるが、一般に15分～数時間に一回定期的に行う。膜差圧上昇などで膜の透水性能の低下を検知して洗浄を行う方法もあるが、定期的に行うのが一般的である。

(1) 逆圧水洗浄

膜のろ過水側から供給水側に水を圧力で押し込み、膜などに付着した汚染物質を排除する方法である。図2-41に外圧式の場合の逆圧水洗浄の概念図を示す。

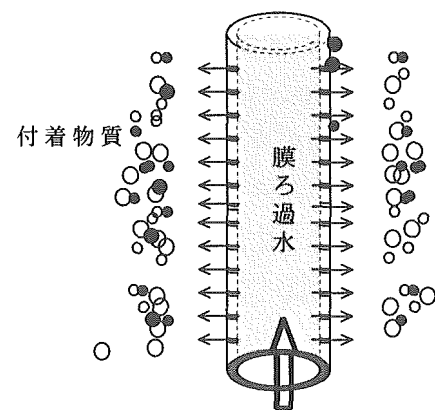


図2-41 逆圧水洗浄

(2) 逆圧空気洗浄

膜のろ過水側から供給水側に空気を圧力で押し込み、膜面に付着した汚染物質を排除する方法である。膜表面から剥離された汚染物質は、膜供給水（もしくは膜ろ過水）によって系外に排出される。図2-42に外圧式の場合の逆圧空気洗浄の概念図を示す。

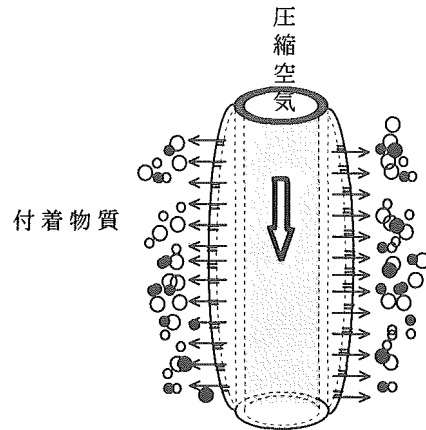


図2-42 逆圧空気洗浄

(3) 空気洗浄（エアスクラビング）

膜供給水側に空気を吹き込んで膜を水中で振動させることにより、膜面に付着した汚染物質を除去する方法である。ケーシング型の場合、逆圧水洗浄と併用されることが多い。

図2-43に浸漬型および外圧式の場合の空気洗浄の概念図を示す。

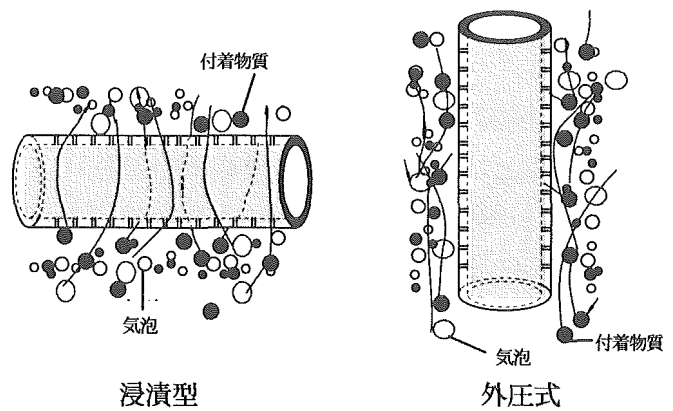


図2-43 空気洗浄（エアスクラビング）

(4) フラッシング洗浄

膜供給水流路に膜供給水（主に清澄な原水）を高速で膜面に沿って流すことにより、膜面に付着した汚染物質を除去する方法である。図2-44に外圧式の場合のフラッシング洗浄の概念図を示す。

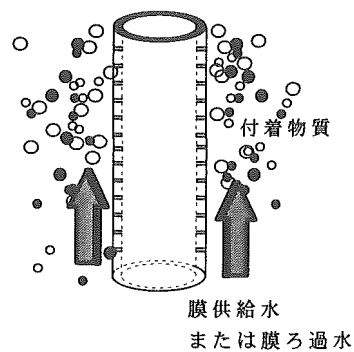


図2-44 フラッシング洗浄

2. 5. 3 膜ろ過装置

膜ろ過施設の採用、導入に際して、膜ろ過装置の実証実験を行い、膜ろ過装置の性能を評価することは、検討に要する期間の長期化、費用の増加を招くことになるがすでに性能を評価された膜ろ過装置を用いることで、検討に要する期間の短期化、費用の低減化を図ることが可能である。

第三者機関による膜ろ過装置の性能評価制度の例としては、当センターが実施している膜ろ過装置認定制度が挙げられる。以下にその内容を示す。

(1) 膜ろ過装置認定制度¹⁸⁾

当センターでは、各企業が開発した水道用浄水装置についての公正・中立・適正な調査、評価を行うことにより、浄水装置の円滑かつ適切な設置および維持管理性の確保ならびに、浄水システムへの円滑かつ適切な導入と民間事業者における研究開発の促進に資することを目的に水道用膜ろ過装置の認定を実施している。本認定は、1995年4月から当センターの前身である(社)水道浄水プロセス協会が開始し、1998年7月、厚生省から当事業の活用については水道事業者などの任意とする旨の通知が行われた(厚生省衛生第55号参照)。

膜ろ過施設、膜ろ過装置評価・認定事業は、当センターの自主事業として継続している。

(2) 膜ろ過装置認定

浄水装置の性能などについて、認定依頼者(企業)が6ヶ月間(低水温期を含む)以上行った実証実験結果をもとに、技術的に公正・中立・適正な調査を行うことができる学識者、事業者から成る「浄水技術支援委員会」において審査し、認定を行うものである。なお、認定された装置の名称などは当センターのホームページ(http://www.jwrc-net.or.jp/tec/makuroka_souchi.html)で公開をしている。

1) 認定対象

- ① 水道用膜ろ過装置(精密ろ過膜または限外ろ過膜を使用して浄水処理を行う装置)
- ② 上記以外の新技術による浄水装置(ただし、ナノろ過法および逆浸透法による装置は除く)

2) 評価方法

水道用浄水装置に係る基本的事項(適用できる原水水質など)、前処理設備、膜ろ過流束などの装置性能、運転制御、洗浄機能、排水処理・処分方法などの項目について審査し認定(認定書の発行)を行っている。

以下に、認定済み水道用膜ろ過装置一覧表を表2-12に示す。(2005年3月現在)

表2-1-2 認定済み膜ろ過装置一覧 (2005年3月現在)

No.	会社名	装置の名称	認定登録番号	認定年月日	膜種	内圧/外圧	膜材質※1	水回収率(参考)※2
1	水道機工(株)	膜ろ過装置	第001号	1995/09/05	UF	外圧、内圧	PAN	90%
2	(株)クボタ	槽浸漬方式セラミック膜ろ過装置	第002号	1995/09/05	MF	外圧	セラミック	標準99%(90~99.5%)
3	前澤工業(株)	内圧式膜ろ過MAMS-N・1	第003-1号	1995/09/05	UF	内圧	PS	90%
4	前澤工業(株)	内圧式膜ろ過MAMS-A・1	第003-2号	1995/09/05	UF	内圧	セルロース系	90%
5	前澤工業(株)	内圧式膜ろ過MAMS-D・1	第003-3号	1995/09/05	UF	内圧	CA	90%
6	大日本インキ環境エンジニアリング(株)	UF膜ろ過装置	第004号	1995/09/05	UF	内圧	セルロース系	90%
7	神鋼バンテツク(株)	水道用精密ろ過装置	第005号	1995/09/05	MF	外圧	PP	90~96%
8	石垣機工(株)	限外ろ過膜浄水処理装置	第006号	1995/09/05	UF	内圧	セルロース系	90%
9	扶桑建設工業(株)	UF膜ろ過装置	第007号	1995/09/05	UF	内圧	セルロース系	90%
10	(株)西原環境衛生研究所	ネオマック	第008号	1995/09/05	UF	内圧	CA	88~92%
11	日本鋼管(株)	NKK-MEMCOR精密ろ過装置	第009号	1995/09/05	MF	外圧	PP	90%
12	(株)住原製作所	槽浸漬方式膜ろ過装置(水位差利用型)	第010号	1995/09/05	MF	外圧	PE親水化処理	90~97%
13	(株)住原製作所	槽浸漬方式膜ろ過装置(吸引型)	第011号	1995/09/05	MF	外圧	PE親水化処理	90~97%
14	(株)住原製作所	槽浸漬方式膜ろ過装置(加圧型)	第012号	1995/09/05	MF	外圧	PE親水化処理	90~97%
15	日本碍子(株)	NGK-メムコア膜ろ過装置	第013号	1995/09/05	MF	外圧	PP	88~95%
16	日本碍子(株)	NGKセラミック膜ろ過装置	第014号	1995/09/05	MF	内圧	セラミック	98%以上
17	オルガノ(株)	浄水用膜ろ過装置オルファイン	第015号	1995/09/05	UF	内圧	CA	98%以上
18	(株)石垣	精密ろ過膜浄水処理装置	第016号	1995/09/05	MF	内圧	セラミック	90%
19	(株)石垣	精密ろ過膜浄水処理装置(浸漬型)	第017号	1995/09/05	MF	内圧	セラミック	98%
20	月島機械(株)	外圧式膜ろ過装置	第018号	1996/02/28	UF	外圧	PAN	90%以上
21	クロリンエンジニアーズ(株)	平膜式水道用膜ろ過装置	第019号	1996/03/27	MF	外圧	ポリオレフィン系	99%
22	栗田工業(株)	膜ろ過装置システムI	第020-(1)号	1996/03/27	UF	内圧	PS系	96%、排水回収系膜MF付きシステム
23	栗田工業(株)	膜ろ過装置システムII	第020-(2)号	1996/03/27	UF	内圧	PS系	90%、高濃度時75%
24	三菱レイヨン・エンジニアリング(株)	槽浸漬型膜ろ過装置	第021号	1996/03/27	MF	外圧	PE親水化処理	97~99%程度
25	日立プラント建設(株)	日立UF膜型浄水システム	第022号	1996/03/27	UF	外圧	PAN	90%以上
26	ユニチカ(株)	ユニチカ膜ろ過装置UMS-XX	第023号	1996/04/25	UF	外圧	PAN	98%以上
27	三機工業(株)	水道用容器収納型膜ろ過装置	第024号	1996/08/01	MF	内圧	PP	85%以上
28	理水化学(株)	膜ろ過浄水装置	第025号	1997/03/05	UF	内圧	CA	90%
29	(株)クボタ	クボタUF中空糸型膜ろ過装置	第026号	1997/03/05	UF	内圧	CA	90%
30	栗田工業(株)	膜ろ過浄水装置	第027号	1997/03/05	UF	内圧	PS系	90%
31	住友重機械工業(株)	槽浸漬型平膜ろ過浄水装置	第028号	1997/03/28	MF	外圧	PS	95%以上
32	磯村豊水機工(株)	膜分離式浄水システムUF装置	第029号	1997/04/28	UF	外圧	PAN系	90%以上
33	新日本製鐵(株)	新日鉄膜ろ過装置	第030号	1997/09/02	UF	内圧	CA	90%

No.	会社名	装置の名称	認定登録番号	認定年月日	膜種	内圧/外圧	膜材質 ^{※1}	水回収率(参考) ^{※2}
34	日本鋼管(株)	NKK-UF膜ろ過装置	第031号	1997/09/11	UF	外圧	PAN	90~95%以上
35	東レエンジニアリング(株)	膜利用浄水処理システム"TEKMAC"	第032号	1997/11/13	UF	外圧	PAN	90~98%
36	栗田工業(株)	クリタ式水道用膜ろ過装置システムIV	第033号	1998/01/27	UF	外圧	PAN	80%高濁、90%標準
37	神鋼パナテック(株)	水道用限外ろ過膜装置	第034号	1998/02/19	UF	内圧	CA	90~96%
38	三菱レイヨン・エンジニアリング(株)	加圧型MF膜ろ過装置	第035号	1998/04/28	MF	外圧	PE親水化処理	90~98%
39	(株)ヒラタ	ヒラタ型膜ろ過装置	第036号	1998/09/30	MF	外圧	PS	90~98%
40	前澤工業(株)	浸漬型膜ろ過装置	第1001号	1999/01/26	MF	外圧	親水性PE	95%以上
41	住友重機械工業(株)	UF膜ろ過装置	第1002号	1999/01/26	UF	内圧	セルローズ系	88%以上
42	水道機工(株)	膜ろ過装置-2	第1003号	1999/01/26	UF	外圧	PAN	90%以上
43	(株)クラレ	クラレ膜ろ過装置 ヒューリアタイプ1	第1004号	1999/01/26	MF	外圧	PS系	90%以上
44	栗田工業(株)	クリタ式水道用膜ろ過装置 システムV	第1005号	1999/02/26	MF	外圧	PS系	90%以上
45	前澤工業(株)	外圧式全量膜ろ過装置	第1006号	1999/03/24	UF	外圧	高重合度PAN	90%以上
46	日本鋼水(株)	膜式浄水装置	第1007号	1999/05/27	UF	外圧	PAN	90%以上
47	栗田工業(株)	クリタ式水道用膜ろ過装置 システムVI	第1008号	1999/10/22	MF	外圧	4フ化ポリエチレン	90~95%
48	三機工業(株)	MF膜ろ過装置	第1009号	2000/03/06	MF	外圧	PVDF	92%以上
49	扶桑建設工業(株)	UF膜ろ過装置FD型	第1010号	2000/04/21	UF	内圧	CA	90%以上
50	柳井原製作所	UF膜ろ過装置	第1011号	2000/05/25	UF	内圧	CA	90~92%
51	三機工業(株)	UF膜ろ過装置	第1012号	2000/08/11	UF	外圧	PAN	94%以上
52	日本碍子(株)	NGKセラミック膜ろ過装置	第1013号	2000/11/28	MF	内圧	セラミック	98%以上
53	ユニチカ(株)	ユニチカ内圧式膜ろ過装置	第1014号	2001/02/02	UF	内圧	CA	90%
54	(株)丸島アクアシステム	膜式浄水装置	第1015号	2001/04/09	UF	外圧	PAN	90%以上
55	理水化学(株)	膜ろ過浄水装置II	第1016号	2001/04/09	UF	内圧	CA	90%
56	(株)ウエルシイ	地下水膜ろ過システム	第1017号	2001/05/24	MF	外圧	PE	90%
57	磯村豊水機工(株)他2社	膜ろ過装置UF-2	第1018号	2001/05/24	UF	外圧	PAN	90~95%
58	オルガノ(株)	浄水用膜ろ過装置オルファインMHF	第1019号	2001/05/24	MF	外圧	PVDF	95%以上
59	オルガノ(株)	浄水用膜ろ過装置オルファインHF	第1020号	2001/07/10	UF	内圧	CA	90%以上
60	(株)栗本鐵工所	膜処理装置	第1021号	2001/07/10	UF	内圧	CA	90%以上
61	水道機工(株)	膜ろ過装置	第1025号	2001/11/13	MF	外圧	親水化PS	95%以上
62	日立造船(株)他	生物活性炭膜ろ過システム	第1028号	2002/03/04	MF	外圧	塩素化PE ^{※3}	99%以上
63	旭化成(株)他3社	膜分離式浄水システムMF装置	第1022号	2001/11/13	MF	外圧	PVDF	96%程度
64	旭化成(株)他3社	前オン注入式膜ろ過システム	第1027号	2002/01/21	MF	外圧	PVDF	90%以上
65	前澤工業(株)	内圧式全量ろ過装置	第1023号	2001/11/13	UF	内圧	CA	90%以上
66	日立プラント建設(株)	日立膜型浄水システム HI-MAC	第1024号	2001/11/13	UF	外圧	PAN	90%以上
67	旭化成他3社	オン流浄水膜ろ過システム	第1026号	2002/01/21	MF	外圧	PVDF	90%以上
68	(株)西原環境衛生研究所、(株)西原ウォーターテック	マックハイオウ	第1029号	2002/11/22	MF	外圧	有機膜	93%~97%