

逆浸透式海水淡水化装置の性能に 関する調査研究—I*

小型船における性能テスト

日笠純扶・松下 博・安成幹男

Studies on Performance of Desalination Plant by Reverse
Osmosis System-I

Performance Test on Small Boat

By

Sumio HIKASA, Hiroshi MATUSHITA, and Mikio YASUNARI

A fresh water generating plant equipped with a reverse osmosis module (PERMASEP B-10, Du Pont) was run tentatively on the training ship "M.S. Tenyo-maru" (518.31 ton) for the purpose of squeezing drinking water from sea water. The experiment was carried out in the sea areas ranging in water temperature from 25.7°C to 31.1°C for about 1200 hours. The permeated water was good enough for drinking throughout the experiment. The rising of sea water temperature accelerated the decrease in both the desalination rate and the permeated water amount. Although effective elimination of suspended solids in sea water could not be achieved in spite of the serial use of sand filter and cartridge filter, the amount of them hardly affected the permeated water amount as far as this experiment. Periodical cleaning of the filter mediums with a solution of chemicals prevented the bacterial growth on them. The life of the reverse osmosis module on the boat was shorter than that of land plant. However the cause could not be found out.

1. 緒 言

現在、一般に船舶における生活用水は、蒸発法による海水の淡水化によって得られている。これには多量の熱エネルギーを必要とする。このエネルギー源として、一般には主機関の廃熱を利用しているので、小出力機関を搭載している小型船舶では、乗組員が生活するのに充分な量の淡水を得

ることが困難である。

一方、最近になって海水淡水化用の半透膜が開発され、逆浸透法による海水の淡水化が可能となった。海水から脱塩する作業のエネルギー消費量は、逆浸透法では蒸発法に比べて非常に少ない。また消費エネルギーの形態も逆浸透法の場合は、電気エネルギーであるから蒸発法の熱エネルギーに比べて得やすい。したがって逆浸透法は小型船舶に適した淡

* 水産大学校研究業績 第963号, 1982年10月15日受理.
Contribution from Shimonoseki University of Fisheries, No. 963, Received Oct. 15, 1982.

水化の方法である。天鷹丸において飲用水を得るために、逆浸透法による海水淡水化装置を設置して、昭和56年5月から昭和56年11月の間、本船の実習航海に合わせて約1,200時間にわたり海水淡水化の実験を行い、次のような結果を得たので報告する。

2. 実験装置および方法

2・1 実験装置

Fig. 1 に示すプロセスフローを基本とした装置を用いた。

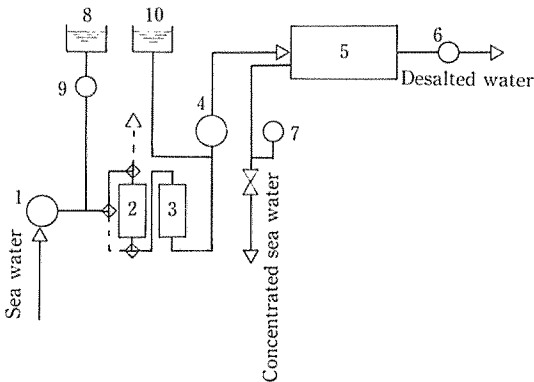


Fig. 1. Process flow diagram of the reverse osmosis system.

- 1: Sea water pump,
- 2: Sand filter,
- 3: Cartridge filter,
- 4: High pressure pump,
- 5: Reverse osmosis module,
- 6: Flow meter,
- 7: Pressure gauge,
- 8: Chemical (NaHSO_3) tank,
- 9: Chemical pump,
- 10: Formalin tank.

装置の主要目を次に示す。

装置名：漁船用逆浸透圧式脱塩装置「アクアベット」(俣
笹倉機械製作所製

型式：HR-4-05 型

製造水量：5 m³/day (圧力 56 kg/cm², 海水温度 25°C)

製造水塩分濃度：TDS 500 ppm 以下

運転圧力：56 kg/cm²

高圧ポンプ・モータ：1.8 m³/h×600m・5.5 kW

電源：動力 AC 220V 60 Hz 3相

制御 AC 110V 60 Hz 単相

サンドフィルタ：(俣笹倉機械製作所製

濾材容積 100 l

性能 30 μm 以上の懸濁質除去および10 μm
以上の懸濁質 5～6% 除去

カートリッジフィルタ：AM社製糸巻型およびPALL
社製ペーパー型

性能 1 μm 以上の懸濁質を98%除去

モジュール：Du Pont 社製 PERMASEP-B-10 (ポリア
ミド系ナイロン中空糸)

シェル寸法：φ 140 mm×1200 mm

重量：29.5 kg

透過水量：5.67 m³/day (56 kg/cm² 25°C)

透過面積：139 m²

塩分排除率：99%以上

運転圧力：56 kg/cm²

測定機器を次に示す。

羽根車型フローメータ：日東製工(俣製 13-2 型

電気伝導計：東亜電波工業(俣製 CM-20型

ミリポア・フィルタ：Millipore 社製, 孔径 0.45 μm, 直
径47 mm

ミリポア・サンブラ：Millipore 社製, Total Count™サ
ンブラ

2・2 実験方法

実験の期間および海域を次に示す。

第1次実験は南支那海から南太平洋の海域で、昭和56年5月12日から6月24日まで635時間、第2次実験は東支那海の海域で、昭和56年7月21日から8月6日まで215時間、第3次実験は東支那海から太平洋沿岸海域で、昭和56年10月4日から11月23日まで401時間、合計1,251時間である。

実験にあたっては、モジュール出口圧力を54～56 kg/cm² に設定して運転し、毎日1回20分間モジュールの洗浄およびサンドフィルタの逆洗浄を行った。逆洗浄のときはFig. 1のサンドフィルタ出入口のコックを操作して点線で示すラインを用いた。運転中は2時間ごとに水温、透過水量、電気伝導度等を計測し、海水の濁度および細菌数は毎日調査した。港内停泊中は運転を停止し、細菌の発生を防ぐためモジュール内に3%ホルマリン溶液を封入した。第1次実験後モジュールの性能低下がみられたので、装置

作製工場において、モジュールの PTB 洗浄*を行った後、第2次実験を行った。第3次実験ではモジュールを新品に、またカートリッジフィルタをペーパー型から糸巻型に交換し、さらに細菌の繁殖を考慮して亜硫酸水素ナトリウム (NaHSO₃) 500 ppm 溶液を、実験前半の114時間は1日に3回、以後は1日に2回、30分間ずつ給水の中の NaHSO₃ の濃度がほぼ60 ppm になるよう注入した。

計測方法を次に示す。

透過水量はモジュールの出口に設置した羽根車フローメータを用いて測定した。

塩分濃度 (全溶解固形形で表し、以後 TDS と略記する) は、サンドフィルタ入口、モジュールの濃縮水出口および透過水出口の3箇所より試水を採取し、電気伝導度計で測定した値から次式を用いて、それぞれ算出した。

海水および濃縮海水の場合²⁾

$$TDS_{1,2} = 0.739EC - 4207.5$$

透過水の場合³⁾

$$TDS_3 = 0.633EC - 63.3$$

EC : 電気伝導度 (μS/cm · 25°C)

TDS₁: 海水の塩分濃度 (ppm)

TDS₂: 濃縮海水の塩分濃度 (ppm)

TDS₃: 透過水の塩分濃度 (ppm)

細菌数はミリポア・サンブラを試水中に30秒間浸漬した後、35°C で24時間培養して、サンブラの表面に現れたコロニー数 (試水 1 ml) である。

濁度はサンドフィルタ入口、サンドフィルタ出口およびカートリッジフィルタ出口の3箇所より試水を採取して、次の方法で計測した。

すなわち、試水 1 l をミリポア・フィルタを用いて、真空度 550 mmHg で吸引濾過し、その濾過時間 (秒) を測定し、これを次式⁴⁾により25°C に補正した値を濁度とし、MF 値で示す。

$$MF \text{ 値} = K_T \cdot t$$

t : 濾過時間 (秒)

K_T: 粘度補正係数

3. 実験結果

2時間ごとの計測結果を考慮して、約50時間ごとの測定値、およびこれらから算出した結果を Table 1 に示す。ただし、Table 1 の Q₂₅、および DSR はそれぞれ次式による。

$$Q_{25} = E \cdot Q$$

Q₂₅: 給水温度を25°C に換算した透過水量 (m³/day)

Q: 測定透過水量 (m³/day)

E: 温度補正係数⁵⁾

$$E = 1.028^{T-25}$$

T: 給水温度 (°C)

$$DSR = 1 - \frac{2TDS_3}{TDS_1 + TDS_2}$$

DSR: 脱塩率⁶⁾

また、Table 1 の T、Q₂₅ から算出した Q_{PT}、TDS₃、および DSR を Fig. 2 の (1)、(2)、(3) および (4) に示す。ただし、Q_{PT} は次式により算出した。

$$Q_{PT} = F \cdot A$$

Q_{PT}: 給水温度25°C、圧力56 kg/cm²、塩素量19.00%における1日の透過水量 (m³/day)

F: 補正係数 (28.63 kg/cm²)

A: モジュールの推進力 (ΔP - Δπ), 1 kg/cm² 当たり、25°C における1日の透過水量 (透過特性値) (m³/day · kg/cm²)

なお、透過特性値 A は次式⁷⁾ による。

$$A = \frac{Q_{25}}{\Delta P - \Delta \pi}$$

ΔP: モジュール内の給水と透過水との圧力差 (kg/cm²)

Δπ: モジュール内の給水と透過水との浸透圧差 (kg/cm²)

実験海域の海水の濁度および細菌数の測定結果を Table 2 に示す。

* PTB 洗浄 (Post Treatment B)

モジュール内の膜面に付着堆積した物質を除去し、膜の補修を行う目的で、クエン酸1%とタンニン酸80 ppm の混合溶液をモジュールに循環させて洗浄する。

サンドフィルタおよびカートリッジフィルタの除去率と濁度の関係を Fig. 3 に示す。除去率は各フィルタの入口、出口における MF 値の差を、入口の MF 値で除したものである。

第 1 次、第 2 次および第 3 次実験の各測定月日における MF 値と Q_{PT} との関係を Fig. 4 に示す。

Table 1. Running record of reverse osmosis system

	Date (1981)	H	T (°C)	ΔP (kg/cm ²)	Q_{25} (m ³ /day)	TDS ₁ (ppm)	TDS ₂ (ppm)	TDS ₃ (ppm)	DSR (%)
1st experiment	May 12	2	17.5	55.0	5.17	28490	30930	196	99.3
	" 14	52	26.0	55.0	4.79	34330	37360	276	99.2
	" 16	100	27.0	57.5	4.88	34040	38180	357	99.0
	" 24	150	28.8	56.5	4.86	32330	38480	443	98.8
	" 26	200	30.1	56.0	4.38	34330	37960	472	98.7
	Jun. 2	251	29.9	56.5	4.51	34550	38550	520	98.8
	" 4	301	28.9	56.5	4.42	34110	37730	523	98.5
	" 7	350	29.2	56.0	4.17	34630	38330	578	98.4
	" 9	400	29.0	56.5	4.19	34700	38100	606	98.3
	" 16	450	29.3	56.0	4.05	34180	38250	643	98.2
	" 18	500	27.7	56.5	3.68	34850	38250	650	98.2
	" 20	550	26.3	57.0	4.05	34630	37880	655	98.2
" 23	600	25.7	56.5	3.77	34780	37960	656	98.2	
" 24	635	25.9	56.5	3.75	34550	37510	680	98.1	
2nd experiment	Jul. 21	1	29.0	54.0	3.98	34410	37880	282	99.2
	" 22	16	28.2	56.0	3.73	33670	37070	344	99.0
	" 24	65	27.4	56.0	3.82	33070	36330	427	98.8
	" 30	115	27.7	56.0	3.90	34780	37960	559	98.5
	Aug. 2	165	28.4	56.0	3.93	32030	36480	509	98.5
	" 6	215	27.6	56.5	3.91	33520	36550	522	98.5
3rd experiment	Oct. 4	3	24.7	54.0	5.69	32560	37440	234	99.3
	" 6	49	26.0	54.5	5.25	33670	38100	244	99.3
	" 8	98	25.6	54.0	5.19	34260	38100	263	99.3
	Nov. 6	151	23.1	54.0	5.06	34550	38250	291	99.2
	" 8	199	22.6	54.5	5.13	34700	38740	301	99.2
	" 11	249	23.1	55.0	5.06	34410	38180	281	99.2
	" 16	300	23.3	54.0	5.03	35000	38400	313	99.2
	" 19	350	20.9	55.0	5.11	34700	38030	282	99.2
" 23	401	22.2	54.5	4.93	34920	38400	324	99.1	

H : Working hours,

T : Temperature of sea water,

ΔP : Pressure of sea water at module,

Q_{25} : Amount of desalted water at 25°C per day,

TDS₁ : Total dissolved solid in sea water,

TDS₂ : Total dissolved solid in cocentrated sea water,

TDS₃ : Total dissolved solid in desalted water,

DSR : Desalting ratio.

Table 2. Record of sea water quality

	Date (1981)	Station		M F			B C							
		Latitude (N)	Longitude (E)	Sea water	Sand filter outlet	Cartridge filter outlet	Sea water		Sand filter outlet		Cartridge filter outlet			
							Before disinfection	After disinfection	Before disinfection	After disinfection	Before disinfection	After disinfection		
1st experiment	May 13	30°34'	128°23'	271	265	255								
	" 14	27 32	125 44	244	228	231	8		TNTC			7		
	" 15	24 02	124 10	183	189	211	—		—			—		
	" 16	21 35	120 37	241	219	235	4		TNTC			25		
	" 17	21 59	116 53	225	194	207	16		TNTC			50		
	" 23	18 40	116 01	221	209	194	3		TNTC			65		
	" 25	12 59	120 29	159	166	151	8		2			7		
	" 26	09 49	122 12	130	130	134	100		15			23		
	Jun. 2	10 36	125 55	122	113	118	26		TNTC			TNTC		
	" 5	12 22	133 36	140	136	128	0		70			100		
	" 9	14 54	139 52	134	126	124	20		50			20		
	" 15	13 31	144 33	—	—	—	8		20			80		
	" 18	20 49	139 40	149	138	145	8		TNTC			3		
	" 21	27 08	140 10	162	165	165	0		30			4		
" 24	32 18	133 02	165	158	152	23		TNTC			12			
2nd experiment	Jul. 22	30 05	127 50	207	220	195	10		100			100		
	" 23	29 17	126 43	245	241	229	7		400			60		
	" 24	27 49	125 50	188	191	203	15		100			20		
	" 30	28 09	129 17	217	192	179	12		TNTC			70		
	" 31	28 15	129 00	231	204	193	20		TNTC			10		
	Aug. 1	29 22	125 52	219	170	182	7		400			70		
	" 2	32 10	129 37	181	195	170	400		TNTC			10		
3rd experiment	Oct. 4	31 44	129 02	195	189	—	0	1	15	1	5	5		
	" 5	30 05	126 07	198	172	197	—	14	—	35	—	20		
	" 6	29 36	125 27	203	204	204	—	3	—	50	—	50		
	" 7	28 59	126 38	213	193	191	100	20	80	10	50	3		
	" 8	31 47	129 13	185	183	177	30	6	50	20	20	30		
	Nov. 6	33 01	134 10	192	197	199	5	3	1	2	3	4		
	" 8	30 53	134 59	—	—	—	10	TNTC	30	60	30	50		
	" 9	33 05	133 58	208	195	194	5	5	10	0	5	0		
	" 10	30 21	133 01	202	203	191	2	1	20	20	20	10		
	" 11	31 50	131 44	206	202	190	100	TNTC	15	0	10	0		
	" 15	31 38	131 50	213	168	176	—	—	—	—	—	—		
	" 16	32 17	132 28	180	167	172	2	2	10	5	4	10		
	" 17	32 31	133 14	167	166	166	50	—	5	—	5	—		
	" 19	33 24	133 35	209	201	200	2	10	2	2	5	3		
" 22	33 04	133 35	240	240	253	3	4	10	10	40	15			

MF : Fouling index by means of membrane filter method,

BC : Bacterial count,

— : Indicates "Not determined",

TNTC: Indicates "Too Numerous To Count".

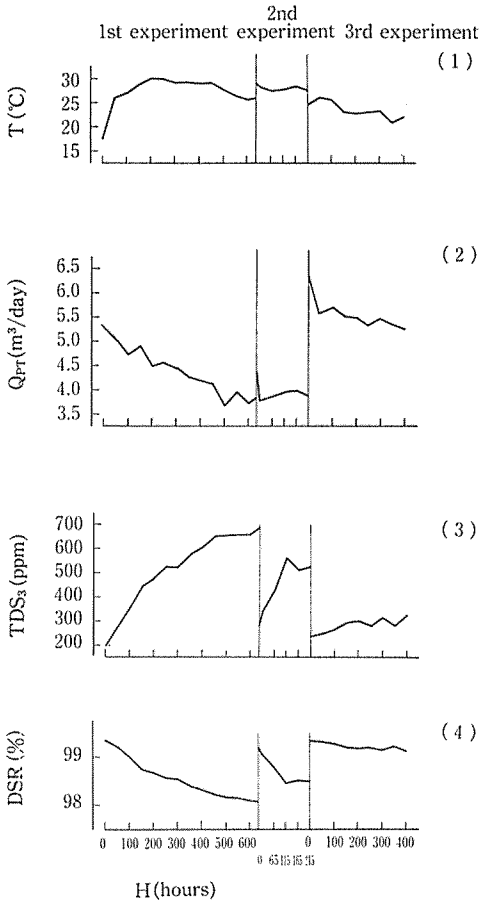


Fig. 2. Changes in characteristics of the reverse osmosis system during the experiments.
 (1) sea water temperature, T .
 (2) amount of desalted water at 25°C , 56 kg/cm^2 per day, Q_{PT} .
 (3) total dissolved solids in desalted water, TDS_3 .
 (4) desalting ratio, DSR .

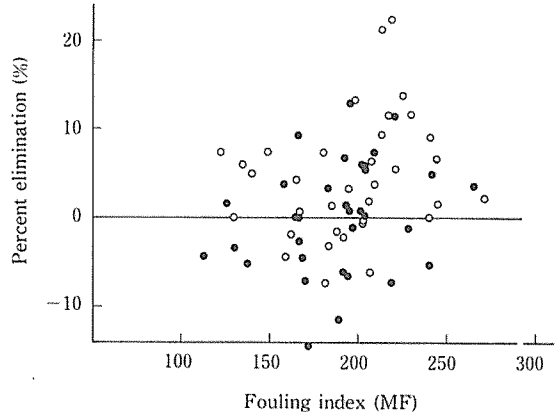


Fig. 3. Percent elimination of suspended solids indicated with fouling index, MF , in sea water after through sand filter or cartridge filter. Each plot shows the percent elimination by sand filter (\circ), or cartridge filter (\bullet).

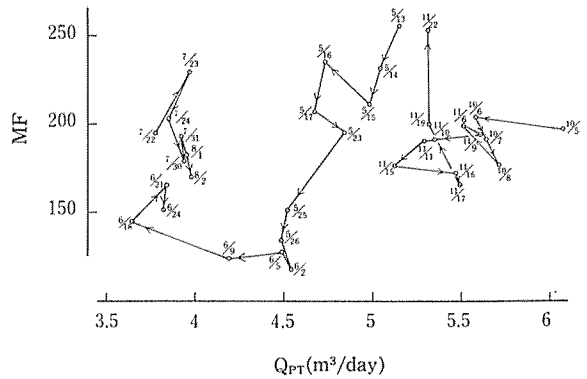


Fig. 4. Relation between MF value (MF) as fouling index of sea water after through cartridge filter and amount of desalted water (Q_{PT}). The numeral added at each plot indicates the date of the measurement.

4. 考 察

モジュールの性能低下に及ぼす影響について考察する。

4・1 給水温度

給水温度は Fig. 2-(1)に示すとおり、第1次実験では1日を除き25.7~30.1℃、第2次実験では27.4~29.0℃であるが、第3次実験では20.9~26.0℃であり、第1次および第2次の実験のときより低い。このことが性能にかなりの影響を与えていると思われる。この傾向は、Fig. 2-(2)に示す Q_{PT} の値に示される。

第1次実験では Q_{PT} は短時間の運転で低下し、定格の5 m³/day を持続できたのは運転開始後わずか数時間で、635時間後には3.8 m³/day となり、その性能は75%に低下している。これは膜が高温度で軟化し、機械的圧力で圧密化されるためと考えられる。

第2次実験開始時において、 Q_{PT} はわずかに増加し性能に多少の回復がみられるが、16時間後には第1次実験終了後と同程度まで低下している。これは高温度の海域ではPTB洗浄による性能回復は効果的でないと考えられる。第3次実験では細菌の繁殖を抑える目的で海水にNaHSO₃を注入した効果も考えられるが、給水温度が26℃以下の海域であったこともあって Q_{PT} の減少の割合が少ないと推定される。

また透過水の塩分濃度については Fig. 2-(3)から、第1次実験では実験開始時のTDS₃は196 ppmであるが、250時間の運転後には500 ppmを越えている。第2次実験ではPTB洗浄の結果、TDS₃は282 ppmまで低下し、洗浄の効果が認められる。しかし、115時間の運転でふたたび500 ppmまで上昇しているが、第3次実験ではTDS₃は234 ppmから324 ppmへ上昇し、その割合は第1次実験と比較して緩やかである。

脱塩率についても Fig. 2-(4)に示すように、第1次実験ではDSRは運転時間の経過と共に徐々に低下し、実験開始時は99.3%であるが、635時間の運転後98.1%となっている。

第2次実験の開始時はPTB洗浄によって、ほぼ99.2%まで回復しているが、215時間後には98.5%まで低下している。第3次実験では99.3%~99.1%とほぼ一定であり、第1次および第2次実験に比較して良好であることより、給水温度の低下の影響があったことを裏書している。

PTB洗浄については、Fig. 2-(1)、(2)および(3)に示すとおり、第2次実験で給水温度が上昇しているにもかかわらず

ず、 Q_{PT} は3.8 m³/dayより4.3 m³/dayに一時的に増加し、16時間後には3.7 m³/dayに減少している。TDS₃に関しては680 ppmより280 ppmに減少し、その後の運転に伴い215時間後に522 ppmとなる。これらのことからPTB洗浄は Q_{PT} の増大にはそれほど効果的ではないが、TDS₃に関しては洗浄の効果が認められた。

4・2 細 菌

Table 2に示すとおり、第1次および第2次実験では、多くの場合サンドフィルタ出口の細菌数が海水の細菌数より多い。このことはサンドフィルタ内で細菌が繁殖していることを示唆している。モジュール内でも同様の現象が起こることが考えられ、モジュールの目づまりの原因になりうる。カートリッジフィルタは細菌の除去に効果があり、とくに細菌数の多いときに効果が顕著であった。第3次実験において薬液(NaHSO₃)を注入した結果、Table 2に示すとおりサンドフィルタ出口で細菌数は減少し、無数(TNTC)は一度も観測されていない。

薬液が細菌の繁殖を抑える作用をしたと考えられる。

4・3 懸濁質

陸上施設においては沈澱槽を設け、凝集剤を使って給水の懸濁質を除去しており、1 μm以下の懸濁質も同時に除去されていると考えられる。しかし、船舶では沈澱槽を設ける場所を得ることが困難であるので、サンドフィルタとカートリッジフィルタを使用した。実験を行った海域の海水濁度は、Table 2に示すとおりMF値で122より271で平均195.3であり、サンドフィルタ出口のMF値の平均は186.5で懸濁質の除去率は4.6%であり、カートリッジフィルタによる除去率は0.3%と非常に低いことが明らかとなった。また Fig. 3で示すとおり懸濁質の除去率は海水のMF値が200より250の範囲では高く、200以下では低いことが明らかとなった。

Table 2のMF値がしばしばサンドフィルタおよびカートリッジフィルタ入口より出口で高くなっている場合がある。これは細菌数の測定結果(BC)から明らかのように、フィルタ内で細菌が繁殖したためと思われる。この繁殖率はサンドフィルタ内の方がより多い結果を示している。このことから、Fig. 3に示すように、両フィルタの除去率が負の場合が生じたものと考えられる。

今回使用したカートリッジフィルタの性能は1 μm以上の懸濁質を98%以上除くことができると明記されている。しかし、このように除去率が低いことは、1 μm以下の細

菌と粒子が海水中の懸濁質の大部分を占めていると言える。MF 値が増加すると、 Q_{PT} が低下する傾向が考えられるが、Fig. 4 ではそのような特性は見られず MF 値と Q_{PT} との相関関係は明らかでない。

4・4 透過特性値の変化

第1次実験および第3次実験の透過特性値の変化を Fig. 5 に示す。透過特性値の時間的変化は次式⁹⁾による。

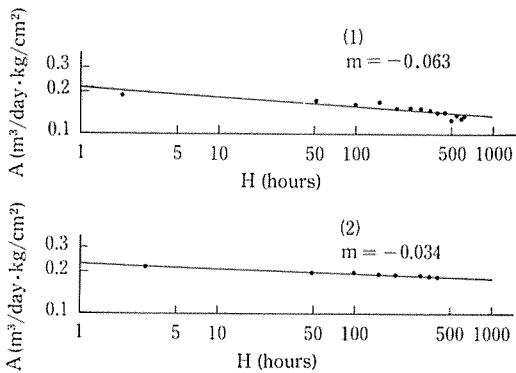


Fig. 5. Reduction coefficient (m) of desalted water amount. Each plot shows A value with changing of running hours, and reduction coefficient (m) is defined as the slope of the regression line.
(1): 1st experiment,
(2): 3rd experiment.

$$A_H = A_0 \cdot H^m$$

A_0 : 運転初期の透過特性値

A_H : H 時間運転後の透過特性値

m : 実験的に定まる減少係数

この係数 m からある時間後の透過特性値を推定することができる。さらにモジュール寿命をも推定することができる。Fig. 5 の直線の傾きから、この m 値は第1次実験では -0.063 、第3次実験では -0.034 となる。

これらの m 値から各実験の透過特性値の減少率を比較すると、1,000時間後には第1次実験では26.4%、第3次実験では17.9%となる。2,000時間後には第1次実験では29.5%、第3次実験では19.8%となる。これらの値から第3次実験の方が、第1次実験の場合よりもモジュールの寿命が長い。しかし、陸上施設の値⁹⁾ (たとえば、伯方島の

場合 $m = -0.0159$) にはおよばない。その理由として、陸上施設では給水の前処理が十分であり、また装置の配管その他がモジュールの性能低下に影響をおよぼす金属を用いず、塩ビ管等を使用しているためと考えられる。

4・5 透過水の水質

水産庁の研究報告¹⁰⁾によると、蒸発法により得た水は船舶乗組員に飲用水として歓迎されないと報告されている。

蒸発法により得た水は蒸留水であって無味であるからであろう。これに対し、逆浸透法により得た透過水は pH 6~7 であり、塩分をわずかに含有した味のある水である。今回の実験で得た透過水は飲用水として乗組員から歓迎され、また船舶飲用水としての水質検査 (林兼産業(株)分析センター) でも Table 3 に示すように、飲用水として可と判定された。

5. 結 言

本実験では、逆浸透式海水淡水化装置によって、水道水基準である TDS 330 ppm 以下の飲用水を得るため、種々の海域で実験を行い、次のことが明らかとなった。

1) 逆浸透法により得た透過水は、十分飲用として使用できる。

2) 透過水量 (Q_{PT}) の変化に給水温度が大きく影響することが明らかとなった。とくに給水温度が 26°C 以上になると、 Q_{PT} および脱塩率が急激に減少する。すなわち、モジュールの圧密化による性能低下が著しい。

3) 細菌の繁殖の抑制に関しては、薬液注入により効果があることが明らかとなった。なお、薬液注入量および回数については、今後検討すべき課題である。

4) 本装置付属の濾過装置では、1 μm 以下の懸濁質を除去することが困難であるので、これを除去する方法を考える必要がある。

5) 透過特性値の減少係数から推定したモジュールの寿命は、まだ陸上施設のそれにはおよばないことが明らかとなった。この延命方法については今後の検討すべき課題である。

おわりに本稿のとりまとめに御指導いただいた水産大学校製造学科 田川昭治教授および実験に御協力くださった天鷹丸乗組員諸氏に厚く感謝する。

Table 3. Inspection of water quality

Sample	Standard	Desalted water	Desalted water	Desalted water
Date		Mar. 25, 1981	Jul. 13, 1981	Nov. 22, 1981
Item of inspection				
Smell	Normal	Odorless	Odorless	Odorless
Taste	Normal	Tasteless	Tasteless	Tasteless
Coloring index	< 5	< 1	< 1	< 1
Fouling index	< 2	< 1	< 1	< 1
pH value	5.8~8.6	6.43	6.81	6.28
Nitrogen nitrate	<10(mg/l)	Nil	Nil	Nil
Nitrogen nitrite	<10(mg/l)	Nil	Nil	Nil
Chloride ion	<200(mg/l)	71.61	63.46	178.31
Consumption of KMnO ₄	<10(mg/l)	1.18	2.65	0.88
Viable count	<100(/ml)	0	0	0
Coli forms	Nil	Nil	Nil	Nil
Iron	<0.3(mg/l)	0.03	0.03	0.03
Remaining chlorine		0	0	0.1
Conclusion		Good for drinking	Good for drinking	Good for drinking

文 献

- 1) 佐々木忠義監修：海洋開発，5，海洋のスペース利用と海水の利用開発，海洋開発センター出版局，東京，1971，pp. 354~355.
- 2) 淵 秀隆：海洋科学基礎講座，1，海洋物理 I（増沢譲太郎編），第3刷，東海大学出版会，東京，1977，pp. 22~23.
- 3) 財団法人 造水促進センター資料（ECとTDS の関係式）.
- 4) 榎笹倉機械製作所資料（透過水量の温度換算表）.
- 5) Du Pont社資料（Correction Factor "E" For B-10）.
- 6) 国定勇一：逆浸透法・限外濾過法 II，応用 膜利用ハンドブック（大矢晴彦編著），初版，幸書房，東京，1978，p. 147.
- 7) 大矢晴彦：逆浸透法・限外濾過法 I，理論，初版，幸書房，東京，1976，pp. 19~20.
- 8) 大矢晴彦：逆浸透法・限外濾過法 I，理論，初版，幸書房，東京，1976，pp. 229~230.
- 9) 榎笹倉機械製作所資料（伯方町，300 m³/day 逆浸透海水淡水化装置製造水量の推移表）.
- 10) 高木和男：水産庁委託研究報告，造水機による飲用水が人体に与える影響調査研究報告，水産庁，1974~1975.