

## 1 3

助成番号 0013

## 高効率ナノ濾過—逆浸透海水淡水化プロセスの開発 (2)

助成研究者：高羽 洋充 (東京大学大学院工学系研究科)

1. 研究目的：申請者らは昨年度、逆浸透膜を用いた海水淡水化プロセスにおける造水コストを削減する新しい試みとして高温海水を供給する高温海水淡水化逆浸透膜プロセスを提案した。供給水として高温海水を用いることで、海水の粘度低下による透過流束の増加、送水コストの低減、が見込まれ、ゴミ処理施設などの排熱の有効利用などによって造水コストを大幅に削減できることをプロセス計算により明らかにした。本年度は、高温海水によるバイオフィウリング抑制効果について検討した。

2. 実験方法：高温で供給される海水がバイオフィウリングの抑制に効果があるかどうかを検討するために、(1) 高温実海水を用いた膜プロセス、(2) 生海水を供給海水とする常温膜プロセス、(3) 現行の淡水化で行われている塩素前処理海水を用いた常温膜プロセスについて14日間の連続透過実験を行った。なお、本研究では前処理段階でのバイオフィウリング効果を明らかにすることを目的に、ナノ濾過膜(日東電工 NTR-7250)を用いた。なお、微生物量の定量にはルシフェラーゼによるATP抽出法を用いた。

3. 結果と考察：操作圧力および供給海水流量を同じ条件にした時の、透過流束の時間変化を下図に示す。高温海水を用いた場合には初期段階では高い透過流束を示したが、時間が経つにつれバイオフィウリングのために透過流束が低下した。ATP抽出法による検討結果から、高温の方が微生物が増殖しやすいことがわかった。しかしながら、二日おきに純水を間欠注入し浸透圧ショックを与えることで、塩素注入を行わなくても高温海水プロセスの特徴である高いフラックスを維持しながら、バイオフィウリングを抑制できることを明らかにした。

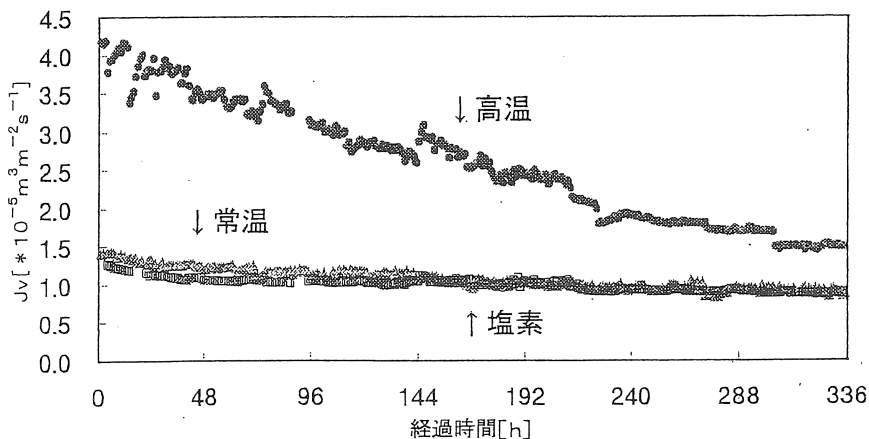


図 各モデル透過実験における透過流束の経時変化



13

助成番号 0013

## 高効率ナノ濾過—逆浸透海水淡水化プロセスの開発（2）

助成研究者：高羽 洋充（東京大学大学院工学系研究科）

## 1. 研究目的

逆浸透膜を用いた海水淡水化プロセスは、蒸発法に比べ省エネルギーで淡水化を実現できる方法であり既に実用化されているが、浄水などに比べて高い造水コストの削減が課題となっている。最近、逆浸透膜プロセスを2段にすることによって原海水に対する回収率を現在の40%程度からさらに上げコストを削減する試みがなされている。しかしながら濃縮に伴う浸透圧の増加と膜面でのスケール成分生成による透過量の低下などが更なる回収率増加の妨げになっている。

申請者らは昨年度、造水コストを削減する新しい試みとして高温の原海水を供給水とする高温海水淡水化逆浸透膜プロセスを提案した<sup>1)</sup>。供給水として高温海水を用いることで、海水の粘度低下による透過流束の増加、送水コストの低減、が見込まれ、ゴミ処理施設などの排熱の有効利用などによって造水コストを大幅に削減できることをプロセス計算により明らかにした。また、高温海水を供給する利点として、高温での殺菌効果によって膜面での微生物の繁殖を抑制し、透過流束低下の原因となるバイオフィウリングの抑制効果が期待できる。これまでバイオフィウリングを防止するために塩素注入法が一般的であったが、塩素注入を行わなくても高温海水を用いることでバイオフィウリングを抑制できればプロセスの簡素化が可能となるとともに、トリハロメタンの生成、塩素耐性微生物の繁殖などの懸念もなくなる。また、提案した高温海水淡水化法では、凝集沈殿などの代わりとしてナノ濾過膜を用いることで、スケール成分の除去と懸濁物質の除去を単一処理で実現することも目指している。

本申請では、高温海水淡水化法の実現に向けての一つの課題である、高温海水によるバイオフィウリング抑制効果について検討した。高温で供給される海水がバイオフィウリングの抑制に効果があるかどうかを検討するために、実海水を用いた高温海水膜透過実験を行うとともに、生海水を供給海水とする常温膜プロセス、現行の淡水化で行われている塩素処理海水を用いた常温膜プロセスについても実験を行い比較した。なお、本研究では前処理段階でのバイオフィウリング効果をまず明らかにする必要性から、ナノ濾過膜におけるバイオフィウリングをモデルとして検討を行った。

## 2. 高温海水淡水化プロセスに関する理論計算結果

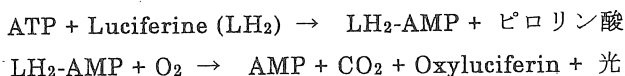
高温海水淡水化法の概要を図1に示した。温度の上昇によって海水粘度が減少するために、物質移動係数が大きくなり濃度分極の減少が期待でき、その結果、温度が上昇することによる浸透圧の増加分を正確に考慮しても、20℃のときと比べて60℃では同じ操作圧力

で2倍以上の透過流束を得ることができる。透過流束の増加によって所要膜面積を30%以上も削減することが可能であり、装置の大幅なコンパクト化および所要動力の削減が実現される。また、温度上昇に伴って阻止率は低下するが、60℃でも飲料水として影響のない水質を維持できることも理論計算上確認された。

### 3. 研究方法

#### 3. 1. 微生物定量法

膜面でのバイオフィロウリングを定量的に比較するためには、膜面上の微生物量を測定することが必要不可欠である。本研究では、ルシフェラーゼによるATP抽出法によって微生物量を測定法した<sup>2, 3)</sup>。ルシフェラーゼは蛍の光の発光物質で、ATP（アデノシン三リン酸）に特異性が高く以下の反応を触媒する酵素である。



発光量はATPの量に比例して起こるので、発光量を測定することによって試料中に含まれるATP量を定量することができる。ATPはすべての生細胞に含まれており、細胞が死滅すると千分の1程度まですみやかに減ってしまうという特性を有し、その量は細胞の体積にほぼ比例しているため、ATPを測定することで膜面の微生物量を測定することができる。なお、実際の測定では、トリクロロ酢酸でATPを抽出してから測定している。このATP抽出法では、微生物の種類まで特定することはできないが、これまでの一般的な微生物定量方法であるコロニー法と比べ操作が簡単であり、また数分で結果を得ることが

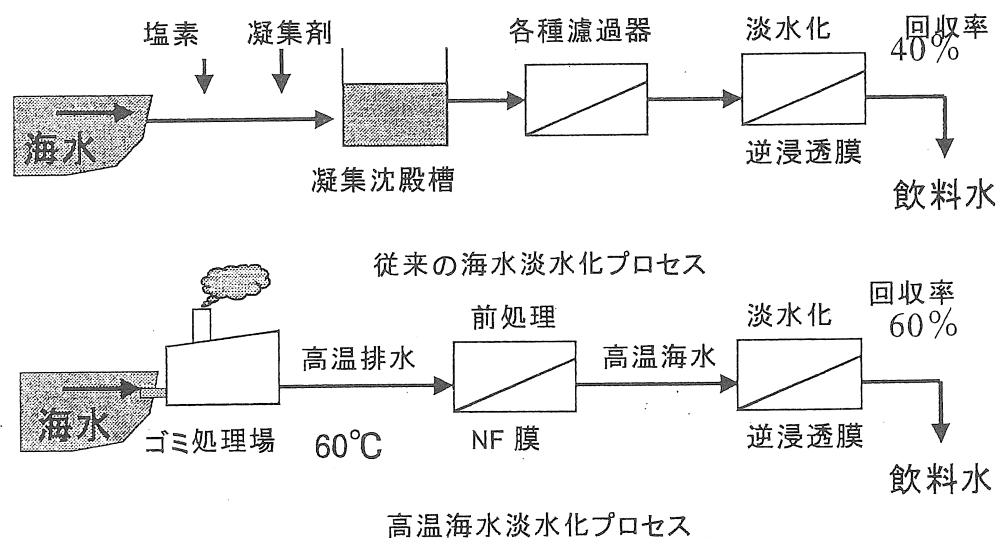


図1 高温淡水化プロセスの概略図（従来プロセスとの比較）

できるので、膜面に付着した微生物全体量の測定を必要とする本研究の目的に最適な測定方法である。

ルシフェラーゼ試薬としてはルシフェール250（キッコーマン）を用い、ATP抽出液には2.5%トリクロロ酢酸を用いた。また測定には、ルミテスターK-210（キッコーマン社製）を使用した。

### 3. 2. 透過実験

バイオフィアウリングへの温度の影響を評価するために、（1）生海水を供給海水として用いた常温未処理海水、（2）塩素殺菌を行った常温塩素処理海水（塩素濃度 0.5ppm）、（3）高温海水を供給する高温(60℃)塩素無添加海水、の3つの膜プロセスモデル系列に対して3系列同時に連続透過実験を行った。透過はクロスフローとし、供給海水の流速は2リットル/分である。使用膜として日東電工社製のナノ濾過膜 NTR-7250（ポリビニールアルコール系膜）を用いた。また、連続透過実験の期間は14日間とした。透過流束は電子天秤を用いて自動測定し、各イオンの阻止率は、生海水と各系列の透過液を200倍に希釈したものをサンプルとして、イオン交換クロマトグラフィーを用いて測定を行った。また、生海水中ATP量とFI値の変化についても測定した。実験は、神奈川県茅ヶ崎市の（財）造水促進センターにて行った。

常温未処理海水系列では、生海水を供給海水とし、前処理は行わずに原海水をタンク(50リットル)に注入し、そのまま膜面に流した。常温塩素処理海水系列および高温塩素無添加海水系列の実験装置図を図2、3に示す。

常温塩素処理海水系列では、供給される生海水をタンク(50リットル)にまず導入し、次亜塩素酸ソーダ0.25%溶液を毎分0.4gずつマイクロチューブポンプでタンクに注入した。これにより、タンク中での塩素濃度は0.5mg/リットルとなる。次に、この塩素処理海水を塩素除去用タンク(50リットル)に導入し、濃度0.25%のSBS（重亜硫酸ソーダ）溶液塩素を毎分0.4gずつマイクロチューブポンプでタンクに注入することで添加した塩素を除去した。

高温(60℃)塩素無添加海水系列では、供給される生海水をまずタンク(200リットル)に導入し、合計12kWhのヒーターで60℃まで温度を上昇させた後すみやかに透過セルへと供給した。

直列につないだ透過セルを3つ使い、一定期間の透過実験を行った後に、それぞれのセルから膜を取り出し、膜面ATP量を測定した。交換サイクルを表1にまとめた。セル2、セル3は、それぞれ6日、11日間の実験後に新しい膜に交換してさらに透過実験を行った。

表1 3つのセルにおける膜の交換サイクル

	セル1	セル2	セル3
透過時間	14日	6日&8日	3日&11日

連続透過実験は、14日間を1サイクルとし、全部で4サイクルを行った。第2および第3サイクルでは、高温系列における操作圧力を変えると同時に、常温生海水あるいは純水の一泊おきの間欠注入を行った。また第4サイクルでは、塩素系列に代わり、常温純水間欠注入を行った。まとめたものを表2に示す。また、実験期間は、第1サイクル：1999年12月13日～1999年12月27日、第2サイクル：2000年1月26日～2000年2月9日、第3サイクル：2000年1月12日～2000年1月26日、第4サイクル：2000年3月19日～2000年4月2日である。

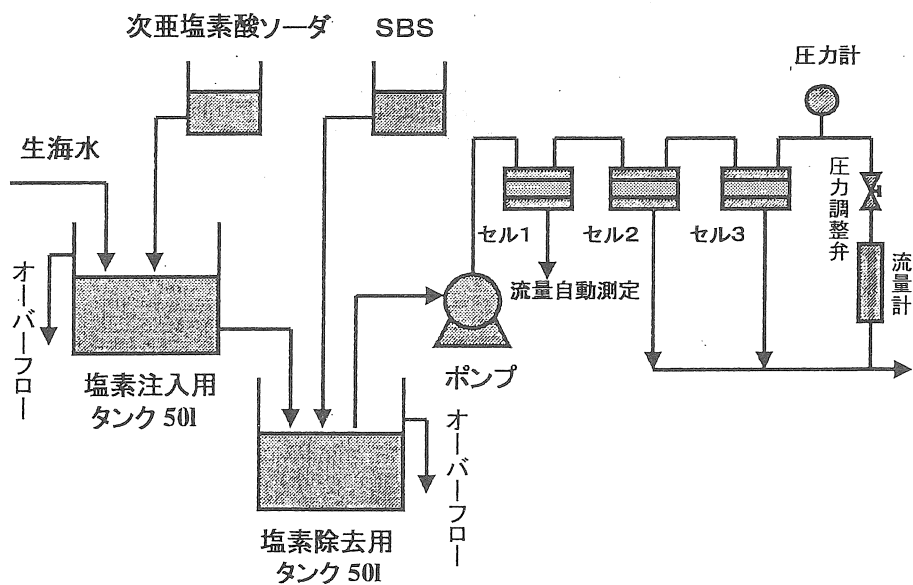


図2 常温塩素処理海水のフロー

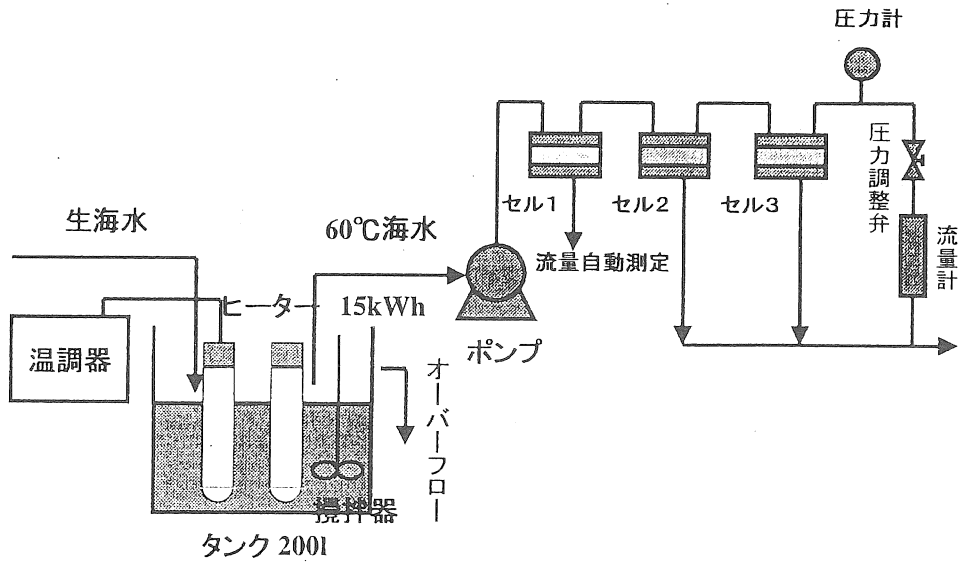


図3 高温(60°C)塩素無添加海水のフロー

表2 各サイクルの操作条件

		第1サイクル	第2サイクル	第3サイクル
実験期間[日]		14		
操作圧力 [MPa]	常温・塩素系列	20	20	20
	高温系列		0.85	0.85
その他の条件		なし	高温系列における1日おきの 生海水間欠注入	高温系列における1日おきの 純水間欠注入

第4サイクル

	常温系列	常温系列純水間欠注入	高温系列純水間欠注入
操作圧力[MPa]	2.0	2.0	0.85
その他の条件	なし	純水間欠注入	純水間欠注入

## 4. 結果および考察

### 4. 1. 第1サイクル

第1サイクルにおける各系列の操作条件は、供給海水の処理以外は全て同じである。各系列の透過流束の経時変化を図4に示した。高温系列では、粘度が小さいために他系列より初期透過流量が大きい。時間経過に伴う透過量の減少量も大きい。塩素系列では、バイオフィウリングが起こりにくいために透過量の減少量が最も小さくなった。初期透過流束は塩素系列より、常温系列の方が若干大きい。これは膜のロットによる誤差範囲だと考えられる。粘度補正を行った透過流束の経時変化を図5に示す。粘度補正を行っても、高温系列の方が初期透過流束が大きくなったことから、高温系列では高温海水の供給によって膜に何らかの構造変化が起きたことが示唆された。

膜面 ATP 量測定の結果を表3に示す。これらの結果から、高温系列の膜面で最も多くの微生物が繁殖していたことが明らかになった。基礎実験により、60℃で2時間程度の殺菌により海水中の微生物のほとんどが死滅することが確認されていたが、海水中にはわずかながら高温菌が存在し、膜面上で非常に速い増殖速度<sup>1),2)</sup>により繁殖したものと考えられる。なお、タンク内の海水での微生物量を測定してみた結果、微生物の存在はほとんど確認されなかった。

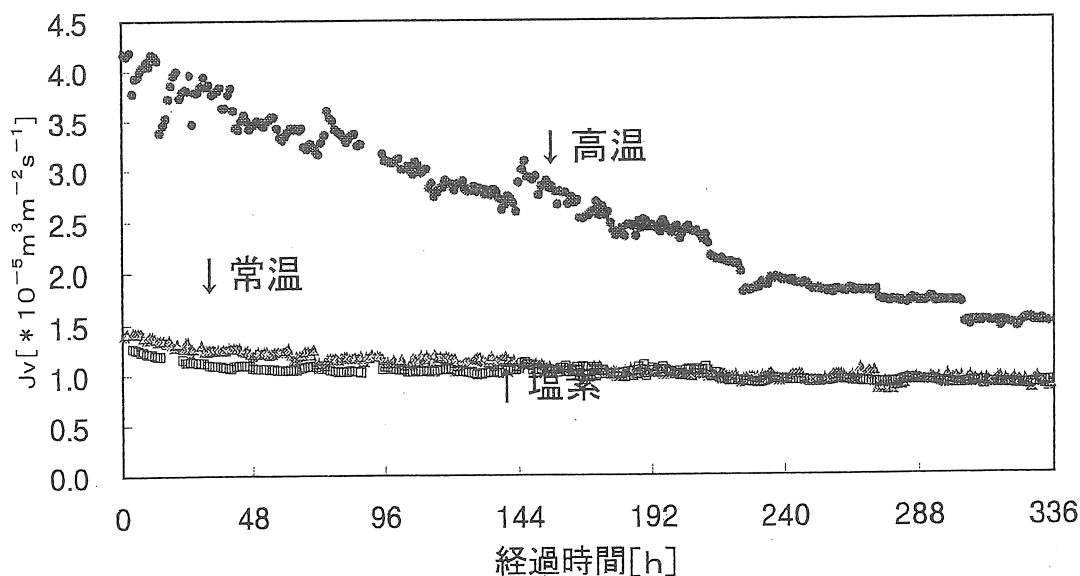


図4 第1サイクルにおける透過流束の経時変化



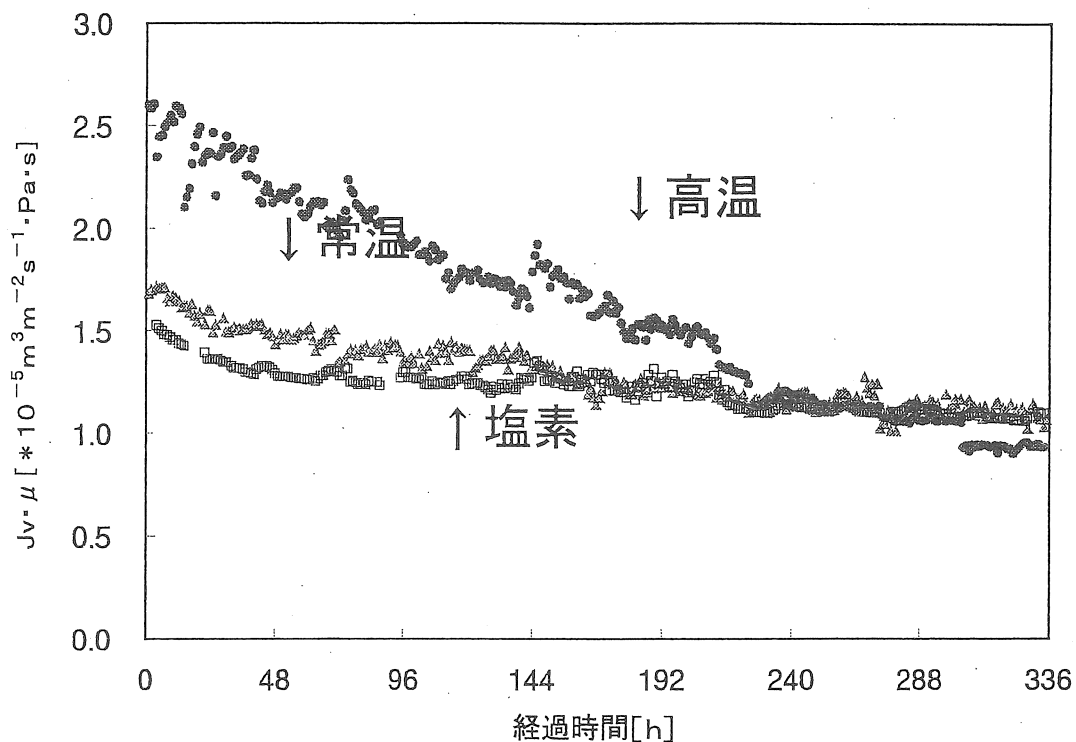


図5 第1サイクルにおける透過流束の経時変化 (粘度補正後)

表3 膜面の微生物量 (第1サイクル)

日数	常温[pg/cm <sup>2</sup> ]	塩素[pg/cm <sup>2</sup> ]	高温[pg/cm <sup>2</sup> ]
3日目	5214	121	3360
6日目	5212	127	5637
8日目	5569	132	8038
11日目	6389	130	10399
14日目	7248	138	11943

(膜面のブランクは 38[pg/cm<sup>2</sup>]であった)

各系列の透過液と、生海水中におけるイオンごとの阻止率を表4に示す。2価イオンが、1価イオンより阻止率が高い。また、14日経過した後でも、全体的に阻止率は落ちているものの1価・2価イオンの分離は示していた。このことは、ナノ濾過膜処理によって、スケール成分の分離が可能であることを示唆している。

表 4 各イオンの阻止率 (第1サイクル)

	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>
1日目(常温)	0.22	1.00	0.26	0.55	0.55
1日目(塩素)	0.24	1.00	0.43	0.65	0.41
1日目(高温)	0.22	1.00	0.26	0.50	0.58
7日目(常温)	0.12	0.96	0.14	0.41	0.32
7日目(塩素)	0.29	0.96	0.29	0.58	0.32
7日目(高温)	0.11	0.87	0.16	0.28	0.24
14日目(常温)	0.17	0.88	0.18	0.36	0.25
14日目(塩素)	0.19	0.88	0.19	0.43	0.39
14日目(高温)	0.06	0.85	0.14	0.31	0.20

#### 4. 2. 第2サイクル (生海水間欠注入)

第1サイクルにおいて、高温系列では他系列よりも膜面でのファウリングが起りやすいことが明らかとなった。その一因として、透過量が多いためであることが考えられる。そこで、第2サイクルでは、他系列と初期透過流束が等しくなるよう圧力を0.85MPaに変更した。その他の系列での操作圧力は変更していない。また、高温系列において1日おき(奇数日)に常温未処理海水(生海水)の間欠注入を2時間行い、温度ショックによるバイオフィウリング抑制効果について検討した。

各系列の透過流束の経時変化を図6に示す。本サイクルでは、高温系列において、1日

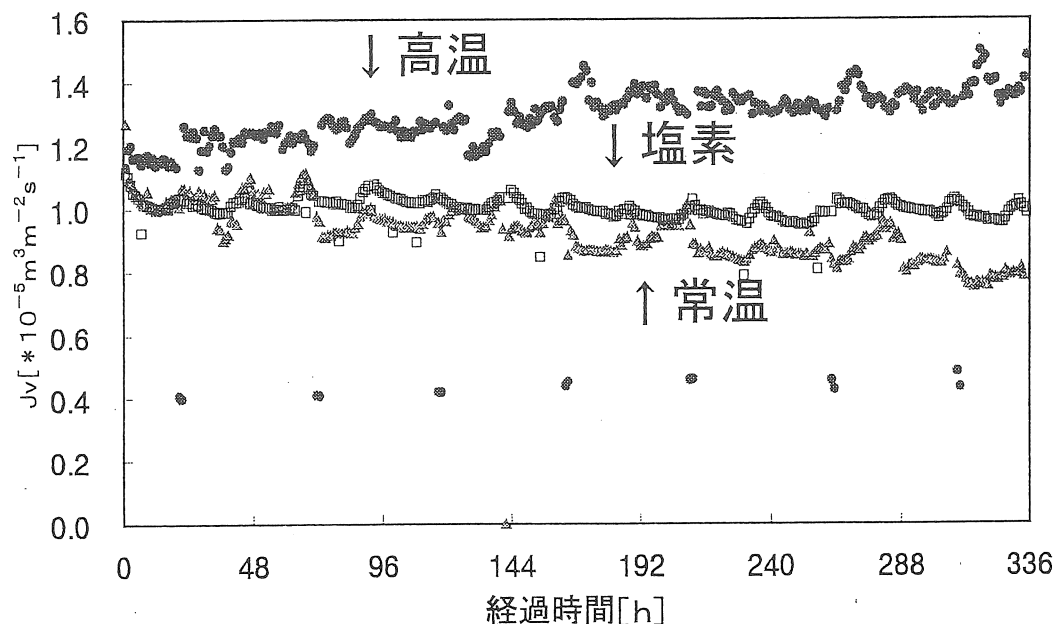


図6 第2サイクルにおける透過流束の経時変化

目の生海水間欠注入後、透過流束が上昇する現象が観察された。この原因としては、温度ショックによる膜構造の変化などが考えられるが、後に示すように阻止率に大きな変化はなく膜の分離性能自体には変化はみられなかった。なお、高温系列のグラフにおいて、約48時間おきの一時的な透過流束の低下は生海水の間欠注入によるものである。本サイクルでは、明らかに塩素系列の透過流束が常温系列を上回っていたことが分かる。

膜面 ATP 量測定の結果を表 5 に示した。塩素系列については、第 1 サイクルと同様に微生物量は最も少ない。高温系列については、常温系列よりも微生物量が多いことが示されており、第 1 サイクルのように急激な増殖はみられなかったものの、温度ショックによる顕著なバイオフィリング抑制効果はみられなかった。この原因としては、海水中の高温菌はもともと常温海水中に存在していたために、2 時間という短い時間の温度ショックでは完全に死滅しなかったものと考えられる。

表 5 膜面の微生物量（第 2 サイクル）

日数	常温[pg/cm <sup>2</sup> ]	塩素[pg/cm <sup>2</sup> ]	高温[pg/cm <sup>2</sup> ]
3日目	2353	61	5863
6日目	3147	325	6670
8日目	5266	48	8319
11日目	7581	266	9777
14日目	9545	55	11705

（膜面のブランクは 38[pg/cm<sup>2</sup>]であった）

各イオンの阻止率を表 6 に示す。条件を変えた高温系列でも、第 1 サイクルとほぼ同じ結果であり、1 価・2 価イオンの分離が示されている。

表 6 各イオンの阻止率（第 2 サイクル）

	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>
1日目(常温)	0.23	1.00	0.21	0.52	0.46
1日目(塩素)	0.27	1.00	0.25	0.55	0.33
1日目(高温)	0.12	1.00	0.14	0.32	0.48
7日目(常温)	0.18	0.96	0.19	0.47	0.32
7日目(塩素)	0.17	0.91	0.19	0.52	0.45
7日目(高温)	0.10	0.91	0.13	0.36	0.24
14日目(常温)	0.10	0.95	0.12	0.35	0.18
14日目(塩素)	0.21	0.94	0.32	0.51	0.15
14日目(高温)	0.06	0.76	0.29	0.41	0.22

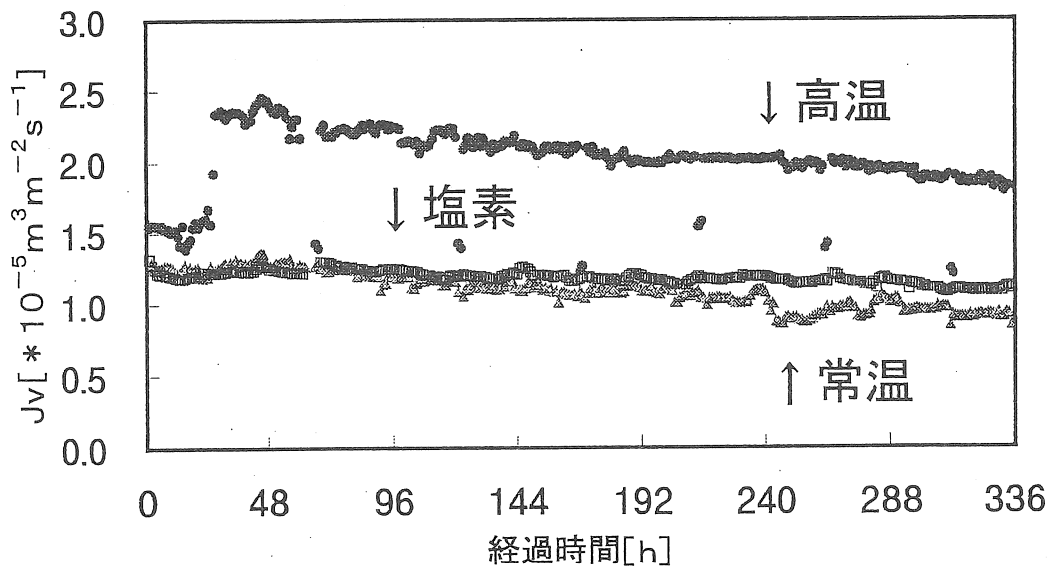


図7 第3サイクル 透過流束の経時変化

#### 4. 3. 第3サイクル (純水間欠注入)

第2サイクルの結果から、生海水間欠注入による温度ショックでは、バイオフィアウリングを完全に抑制できないことが分かった。そこで、第3サイクルでは、高温系列において1日おき(奇数日)に純水の間欠注入(2時間)を行い、温度ショックに加えて浸透圧ショックを与えることで、微生物の繁殖を抑制することを試みた。なお、純水の注入を行っている間は淡水の生産はできない。その他の操作条件は第2サイクルと同様である。

各系列の透過流束の経時変化を図7に示す。高温系列において、1日目の純水間欠注入後に透過流束が極端に上昇する現象が観察された。本サイクルでは、経過時間に対する透過流量の減少量が高温系列と常温系列でほぼ同じになった。一方、バイオフィアウリングが起りにくいと考えられる塩素系列の減少量が最も少なかった。

膜面ATP量測定の結果を表7に示す。高温系列において膜面での微生物量が激減していることがわかる。他サイクルでは、激しい増殖をみせていた高温系列であるが、本サイクルでは、増殖することなく、ほぼ一定の微生物量を示していた。これにより、純水間欠注入がバイオフィアウリング抑制に非常に効果的であることが明らかになった。生海水の間欠注入を純水に変えることにより、微生物の細胞外浸透圧が急激に変化することによる細

胞破壊と、温度ショックの相乗効果によりこのような結果が得られたものと考えられる。

表 7 膜面の微生物量（第 3 サイクル）

日数	常温[pg/cm <sup>2</sup> ]	塩素[pg/cm <sup>2</sup> ]	高温[pg/cm <sup>2</sup> ]
3日目	3052	44	2805
6日目	4196	47	2666
8日目	4275	55	3543
11日目	8514	98	1017
14日目	10666	103	2524

（膜面のブランクは 38[pg/cm<sup>2</sup>]）

各イオンごとの阻止率を図表 8 に示す。他サイクルとはほぼ同じ結果であり、1 価・2 価イオンの選択分離が観察された。

表 8 各イオンの阻止率（第 3 サイクル）

	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>
1日目(常温)	0.22	1.00	0.21	0.53	0.46
1日目(塩素)	0.25	1.00	0.24	0.49	0.36
1日目(高温)	0.14	1.00	0.16	0.31	0.28
7日目(常温)	0.20	0.95	0.21	0.58	0.55
7日目(塩素)	0.25	0.96	0.25	0.57	0.44
7日目(高温)	0.20	0.97	0.21	0.52	0.41
14日目(常温)	0.13	0.78	0.15	0.41	0.39
14日目(塩素)	0.19	0.94	0.21	0.46	0.49
14日目(高温)	0.04	0.80	0.09	0.17	0.30

#### 4. 4. 第 4 サイクル

高温系列において、純水間欠注入が非常に効果的であることが明らかになった。純水注入による温度ショック効果と浸透圧ショックの相乗効果が有効的であることを実証するため、本サイクルでは、常温系列、常温系列純水間欠注入（以降、純水系列）、高温系列純水間欠注入（以降、高温系列）の 3 系列同時の透過実験を行った。また、間欠注入する間隔を延ばして、2 日おき（実験開始後 2 日目、5 日目、8 日目、11 日目、14 日目）に 2 時間間欠注入を行った。その他の条件は、第 2、3 サイクルと同様の条件で行った。

各系列の透過流束の経時変化を図 8 に示す。本サイクルでも、これまでのサイクルと同様に、高温系列において、1 回目の純水間欠注入後に透過流束が極端に上昇する現象がみられた。純水系列でも、透過流束は若干上昇したが高温系列ほど顕著な変化は観察されず、また初期透過流量を越えることもなかった。本サイクルでは、経過時間に対する透過流量の減少量は、透過量の多い高温系列が最も大きくなり、純水系列の減少量が最も少なくなった。

膜面 ATP 量測定の結果を表 9 に示す。本サイクルでは、間欠注入間隔を延ばしたが、高温系列および純水系列でも常温系列での微生物量を大きく下回り、常温系列に比べて微生物の増殖速度が非常に遅いことが示されている。しかしながら、高温系列よりも純水系列での微生物量の方が小さくなっている。このことは、温度ショックによるバイオフィアウリング抑制効果はないことを示唆している。

また、セル内の膜の状態を観察してみると、高温系列の膜は、汚れが均一に広がっているのに比べ、常温で実験を行った膜は、汚れが塊状になって分散しておりセル中の海水中にもその汚れが多く浮遊していた。このことは、純水系列では測定値以上にバイオフィアウリングを起こしている可能性を示唆している。なお、この状態は全てのサイクルでほぼ同じように起こっていた。

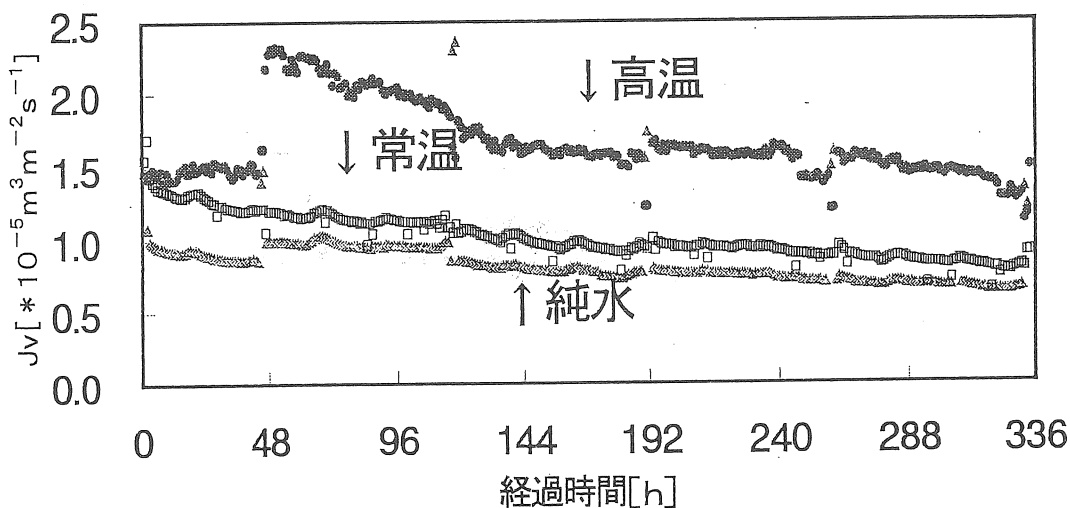


図8 第4サイクルにおける透過流束の経時変化

表 9 膜面の微生物量（第 4 サイクル）

日数	常温[pg/cm <sup>2</sup> ]	純水[pg/cm <sup>2</sup> ]	高温[pg/cm <sup>2</sup> ]
3日目	6546	1757	3716
6日目	7098	1581	3754
8日目	10198	1098	3155
11日目	12521	1983	6394
14日目	18168	2368	7771

(膜面のブランクは 38[pg/cm<sup>2</sup>])

イオンごとの阻止率を表 10 に示す。他サイクルとほぼ同様の結果であり、1価・2価イオンの分離は示していた。また、純水系列では阻止率が若干増加していた。

表 10 各イオンの阻止率 (第 4 サイクル)

	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>
2日目(常温)	0.19	1.00	0.19	0.50	0.56
2日目(純水)	0.27	1.00	0.28	0.63	0.36
2日目(高温)	0.09	0.82	0.12	0.29	0.33
8日目(常温)	0.22	0.93	0.17	0.41	0.48
8日目(純水)	0.23	0.97	0.21	0.42	0.31
8日目(高温)	0.18	0.90	0.15	0.28	0.36
14日目(常温)	0.16	0.93	0.13	0.39	0.23
14日目(純水)	0.12	0.92	0.16	0.40	0.14
14日目(高温)	0.09	0.80	0.12	0.25	0.07

#### 4. 5. 生海水中微生物量と FI 値

各サイクルにおける生海水中微生物量と FI 値の結果を、それぞれ図 9-12 に示した。FI 値は濁度変化を示すものであり、微生物のみではなく懸濁物質となるもの全てを測定したものである。併せて示したルシフェラーゼによる海水中的 ATP 値の変化と比べてみると、懸濁物質と微生物量の変動は似ている。つまり、懸濁物質と微生物量には相関があることがわかった。本実験は冬期に行われたため、微生物量は比較的少なかった。また、第 4 サイクルは、3月から4月にかけて行った実験の結果であるが、冬期に比べ微生物量は4倍近く増加していたことがわかる。

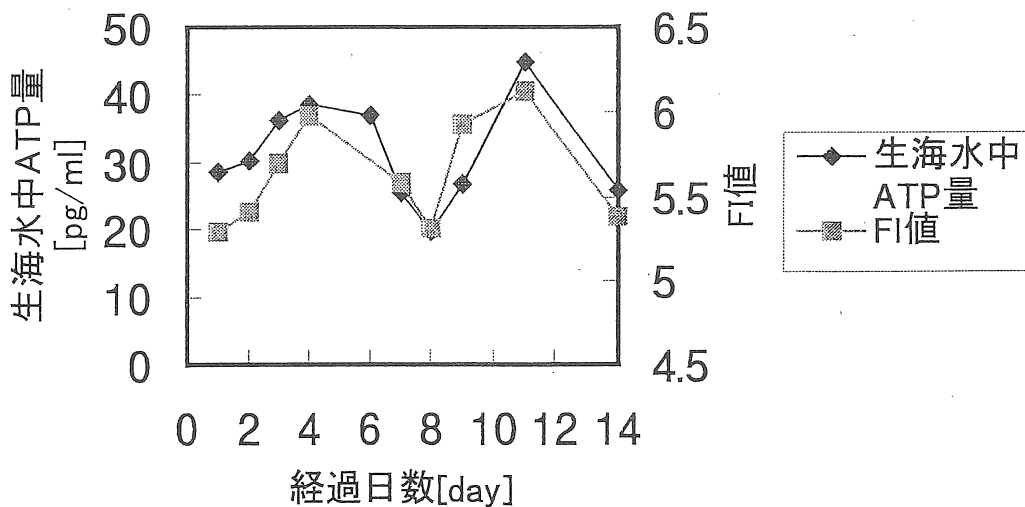


図9 第1サイクル生海水中ATPとFI値

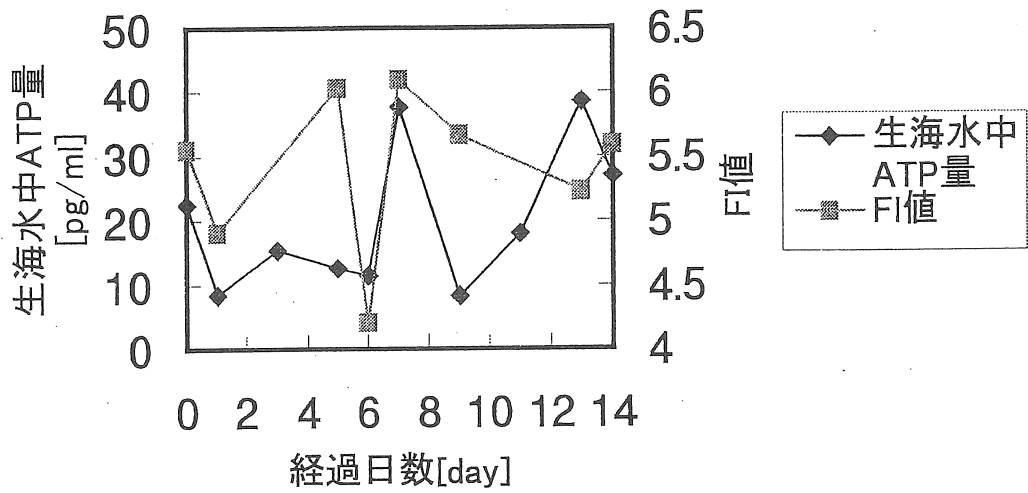


図10 第2サイクルにおける生海水中ATPとFI値

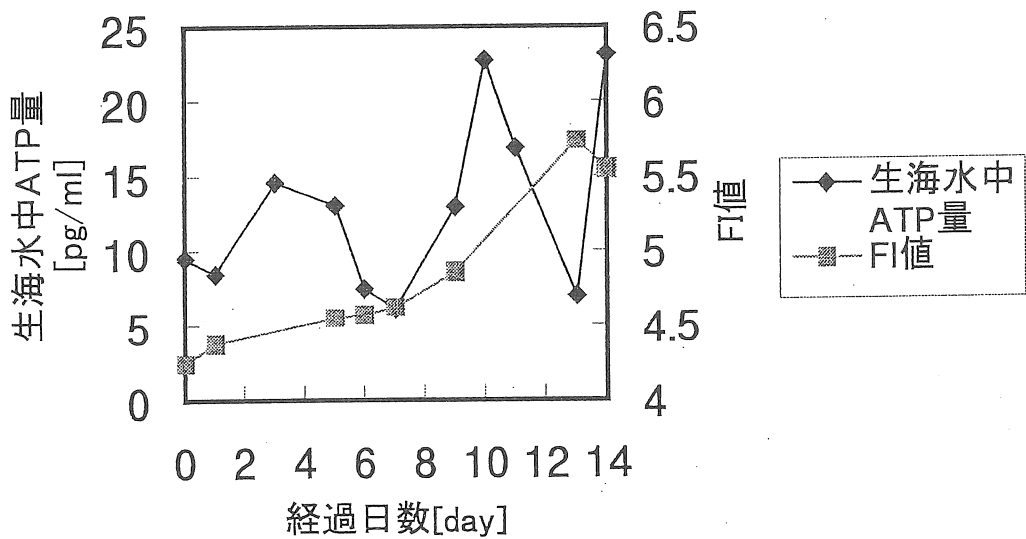


図11 第3サイクル生海水中ATPとFI値



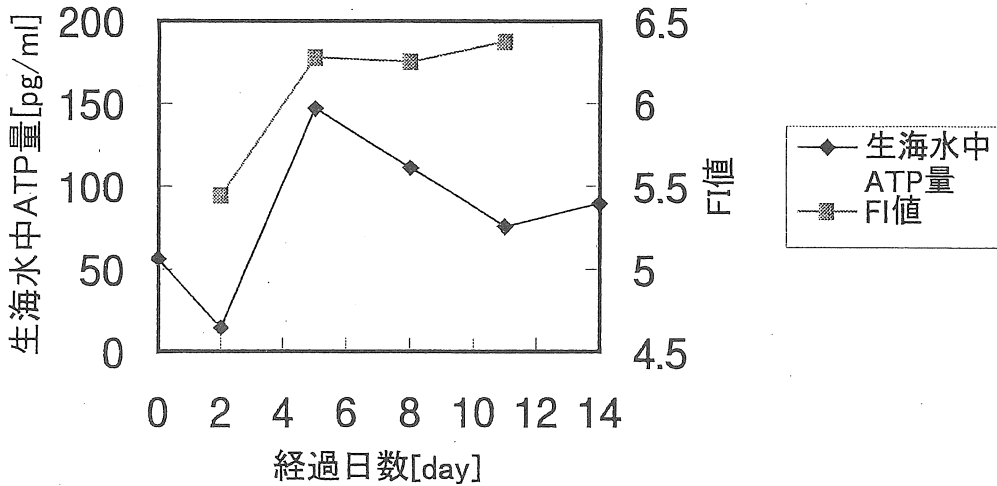


図12 第4サイクル生海水中ATPとFI値

## 5. 結論

実海水を用いたナノ濾過膜を用いた膜透過実験を行うことにより、膜表面でのバイオフィウリングに対する供給海水の温度の影響、および温度ショック効果、浸透圧ショック効果について検討した。その結果、高温ほどバイオフィウリングは起きやすく温度ショックによるバイオフィウリング抑制効果は期待できないことが明らかになった。一方、浸透圧ショックは、バイオフィウリング抑制に極めて有効であることがわかった。これらの結果より、高温淡水化プロセスでは、高温海水を用いることによるバイオフィウリング抑制効果は期待できないものの、純水間欠注入を行うことによってバイオフィウリングを効果的に抑制できることがわかった。

## 6. 参考文献

- 1) 高羽洋充 中尾真一 日本海水学会、54、37-44、(2000).
- 2) 杉山純多ら 新版 微生物学実験法 (1999)
- 3) H.S.Vrouwenvelder et al. *Desalination*,118, 157-166,(1998).
- 4) 柳田友道 「微生物科学 2」 (1985)
- 5) 大島泰郎 「好熱性細菌」 (1978)

Development of Hot-seawater Desalination combined with  
nanofiltration membrane as pre-treatment (2)

Hiromitsu Takaba

Department of Chemical System Engineering, The University of Tokyo

New high efficient desalination process utilizing reverse osmosis membrane combined with nanofiltration membrane as pre-treatment is proposed. In this process, hot-seawater is used as feed resulting in the high flux with acceptable permeation of salt for drinking. The theoretical estimation based on the permeation model, carried out in last year investigation, revealed the significant cost-down in the necessary energy. In this year, the possibility of the protection of bio fouling on the membrane surface in the hot-seawater desalination is investigated. The experiment with seawater permeation on the nanofiltration membrane having similar properties to the reverse membrane shows that the hot-seawater feed promotes the bio fouling on the membrane surface caused the serious decrease of flux compared with that in seawater desalination under moderate temperature. However, the interval introducing of the non-salt water into the line efficiently prevents the bio fouling in hot-seawater desalination with remaining the high flux.