

のための超純水製造プロセス用のほうが大きく、日本の半導体製造技術を支える重要な役割を担っている。そのフローは図3.23に示されるように、イオン交換樹脂の負担軽減のための、逆浸透膜による前脱塩、ならびに限外濾過膜による微粒子や菌体の除去、といった形の応用が主体であった。しかしICの集積度が高まるとともに、超純水の水質に対する要求も厳しくなった。逆浸透膜は脱塩だけではなく、TOCを構成する有機溶質の除去も担当することや要求され、またTOCを発生すると考えられるイオン交換樹脂の代わりに、逆浸透膜による2段処理の形のプロセスになりつつある。ここで用いられている逆浸透膜の性能に関してはナノ濾過膜の項を参照されたい。

(3) 埋立地浸出水の処理

ごみの最終処分場として山間部に建設されている埋立地から発生する浸出

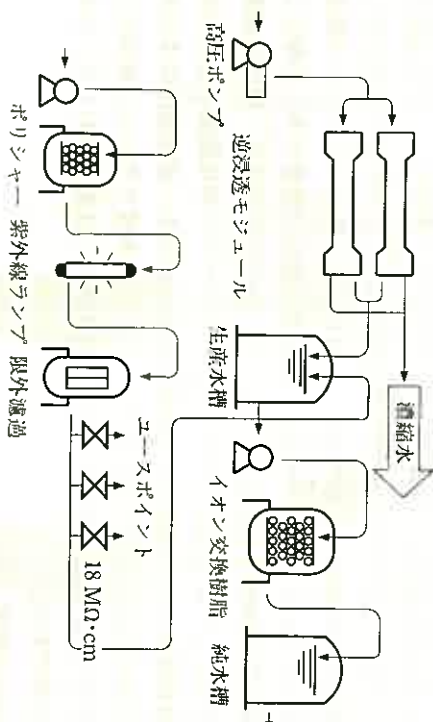
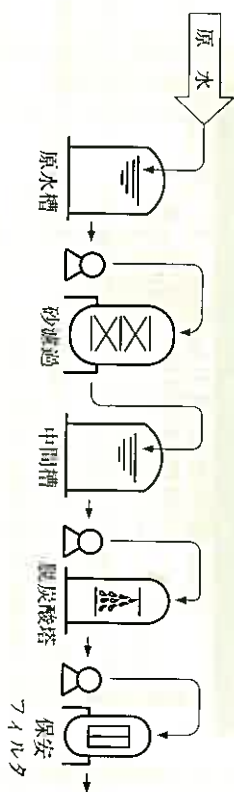


図3.23 超純水製造プロセス (東レ(株)資料)

水は、河川水や地下水を汚染する恐れが指摘されている。この浸出水の浄化に逆浸透法を適用する例がスイスのロツケム社によって行われている。ここで用いられているモジュールは図3.24に示されるようなダイヤスク型であり汚れに強いとされている。これを用いて図3.25に示されるような2段処理

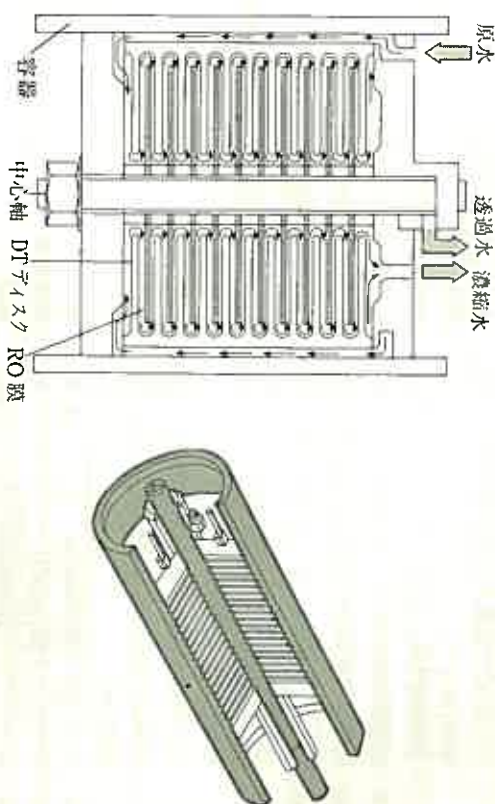


図3.24 ロツケムDTモジュールの構造 (神鋼ベンテック(株)資料)

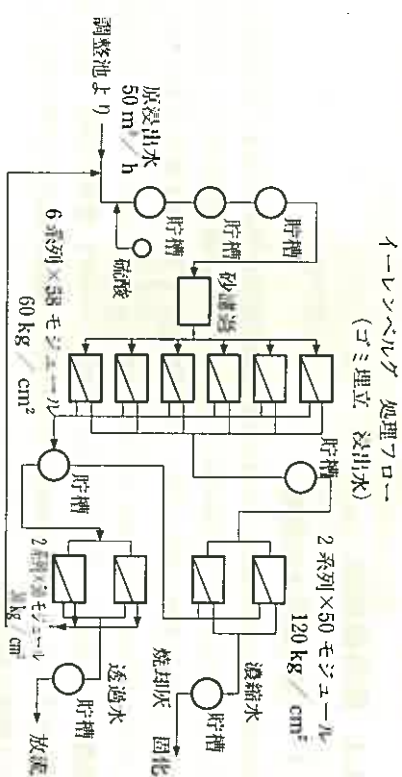


図3.25 浸出水処理プロセス (神鋼ベンテック(株)資料)

で、汚水を純化して水道水なみの水を得ている。

記号

A	(3.15)式で定義される水透過係数 $[m^3 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-1}]$	R	係数 $[m \cdot s^{-1}]$
B	(3.16)式で定義される溶質透過係数 $[m \cdot s^{-1}]$	R_{os}	見かけの阻止率 $[-]$
C	溶質濃度 $[mol \cdot m^{-3}]$	x	距離 $[m]$
D	拡散係数 $[m^2 \cdot s^{-1}]$	δ	境界厚さ $[m]$
D_m	膜内拡散係数 $[m^2 \cdot s^{-1}]$	μ	粘度 $[Pa \cdot s]$
d_k	動水直径 $[m]$	π	浸透圧 $[Pa]$
J	透過流量 $[mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}]$	σ	反射係数 $[-]$
J_v	体積透過流量 $[m^3 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}]$	ρ	密度 $[kg \cdot m^{-3}]$
k	物質移動係数 $[m \cdot s^{-1}]$	ω	(3.18)式で定義される溶質透過係数 $[mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-1}]$
L_p	(3.17)式で定義される溶液透過係数 $[m^3 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-1}]$	添え字	
l	膜厚 $[m]$	b	バルク
N_{Ae}	レイノルズ数 $(d_k u_p / \mu)$	f	供給液
N_{Se}	シェミット数 $(\mu / \rho D)$	m	膜
N_{Sh}	シャーウッド数 $(k d_k / D)$	ρ	膜透過液
P	圧力 $[Pa]$	s	溶質
P	(3.19)式で定義される溶質透過係数 $[m^3 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-1}]$	w	水

3.4 限外濾過法

3.4.1 限外濾過法の発展

限外濾過法は逆浸透法に比べれば歴史的には古い方法である。歴史的に1番古い膜分離法として透析法があるが、この方法は濃度差に基づく拡散操作であり、膜透過速度が遅い。そこで圧力を加えてより速く膜を透過させようとしたのが限外濾過法の始まりであると考えられる。このように圧力を加えて透過させる方法は一般に濾過法とよばれているが、普通の濾紙に比べて膜の孔は小さく、コロイドを透過させないので、従来の濾過の限界を越えた、という意味で限外濾過と名づけられた。

現在でもよく知られている初期の限外濾過膜としてコロジオン膜がある。

これは硝酸セルロースをアルコールとエーテルの混合溶媒に溶解したものである。この膜の、製膜液組成や製膜条件を変化することによって、膜の孔径などが制御できることが文献^[9)]に記載されている。そしていろいろの会社から膜がメンブレンフィルムターなどという名称で市販されるようになった。この膜の孔径範囲は $0.01 \mu m \sim 1 \mu m$ 程度であり、これは現在では精密濾過膜として分類される範囲の膜である。

その後、セロファン膜がつくられるようになり、現在、限外濾過膜として分類される膜がつくられるようになった。1960年の逆浸透膜の開発に刺激されて多くの膜が開発されたが、逆浸透膜はなかなかできなかったが、限外濾過膜は比較的容易にすることができたために、数多くの高分子膜や無機材料膜が開発され、逆浸透法のエレメントやモジュールによく似た形式のものが開発されてきている。

表3.7 限外濾過膜の主な素材とメーカー

膜 素 材	主 な メ ー カ ー 名	
	日 本	外 国
PANおよびPAN系	旭化成 ダイセル化学 三菱レイヨン クラレ 三菱レイヨン 日東電工	ローヌ・ブーラン(仏) ロミコン(米) PCI(英) アミコン(米) DDS(デンマーク) アアコー(米) ミリポア(米) デサリネーション(米) アミコン(米) ロミコン(米) PCI(英)
ポリスルホン		
酢酸セルロース	ダイセル化学	
ポリエーテルサルホン	ダイセル化学	
ポリオレフィン	日東電工	
ポリイミド	日東電工	
フッ素系		ローヌブーラン(仏) DDS(デンマーク) アアコー(米) ミリポア(米)