

純水の精製方法とその特徴 ～ Elix 水と蒸留水の比較～

日本ミリポア株式会社 ラボラトリーウォーター事業部

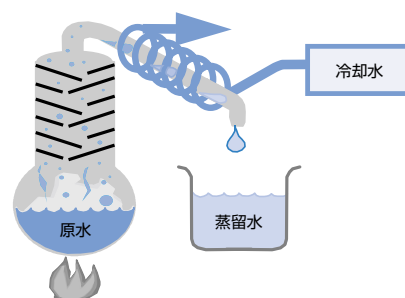
「水」あるいは「純水・超純水」という言葉は実験に用いる水の表現としてプロトコール上などでよく用いられるが、実験に使用した(使用する)「水」について説明する語句としては不十分である。なぜなら、「純水」は何らかの方法で精製された水の総称であり、精製方法や水質に限定はないからである。そして、その「純水」を製造するための純水装置は現在では多種多様化してきている。イオン交換水、蒸留水やRO(逆浸透)水などはすべて純水に分類されるが、「純水」は製造方法が異なれば、必然的に得られる性能、言い換えると水質が異なる。

従来、純水といえば蒸留水が最も一般的であった。しかし、近年、省エネルギーへの要求や水質面から Elix 方式で精製された純水が多用されてきている。

そこで本報では、2つの方式で精製された純水の違いについて多面から比較を行い、以下に論じる。

蒸留水の概要

蒸留水を精製するために用いられる技術は「蒸留」である。蒸留とは、揮発性の有無および沸点の違いを利用して、不純物を含む水から、水を気化させて回収する方法である。しかし、蒸留の際、沸騰した水が粒子状のまま蒸気中に飛散(飛まつ同伴)され、蒸留水の純度を低下させてしまうことがある。また、冷却器からでてくる水は水滴となっているため、実験室の空気と極めて良く接触し、空気中の不純物を再度吸収して純度が低下する。そのため、1回蒸留を行っただけの蒸留水では、様々な実験で要求される水質を満たすことができず、2回以上蒸留を繰り返すか、あらかじめイオン交換樹脂などで処理した水を蒸留装置に供給する、あるいは蒸留した後にイオン交換樹脂で処理するなどの処置が施されている。蒸留水に分類される純水のうち、イオン交換処理などを組み合わせず蒸留操作1回のみで精製されている蒸留装置の使用率は、現在ではおおよそ5%程度である。このことは、純水の水質に対する要求が高まっていることを意味している。



蒸留のイメージ図

Elix水の概要

Elix水はRO(逆浸透膜)とEDI(Electric DeIonization:連続イオン交換)により、純水化が行われる。ROは水中の不純物である無機物を97%、有機物に関しては99%程度除去することができる高性能な膜である。EDIはイオン交換樹脂を陽イオン交換膜と陰イオン交換膜で交互にはさみ、その両端の電極で直流電流を通すことによりイオンの除去を連続的かつ効果的に行う電気透析の原理を応用したシステムである。電流を流すと、原水中のイオンは陽極もしくは陰極にひきつけられる。その際に、陽イオン交換膜と陰イオン交換膜の2種類の膜がイオンを選択的に透過させるため、イオンが濃縮される層と排除さ

れる層に分かれる。通水しながら電流を流すことで、イオンを濃縮し、外へ排除することができる。イオン交換樹脂は、イオンが電極へ移動しやすくする良導体としての役割とイオン交換樹脂上の官能基にイオンを保持しイオン交換膜へ運ぶ役割を担っており、官能基が飽和することなく長期間に渡りイオンの除去を行うことができる。Fig.2に示すとおり、従来無機イオン除去法として用いられてきたイオン交換樹脂を比較すると、長期間にわたって優れた無機イオン除去能力を有する。また、EDIは通電によって細菌増殖に対して抑制効果があることも報告されている。¹⁾

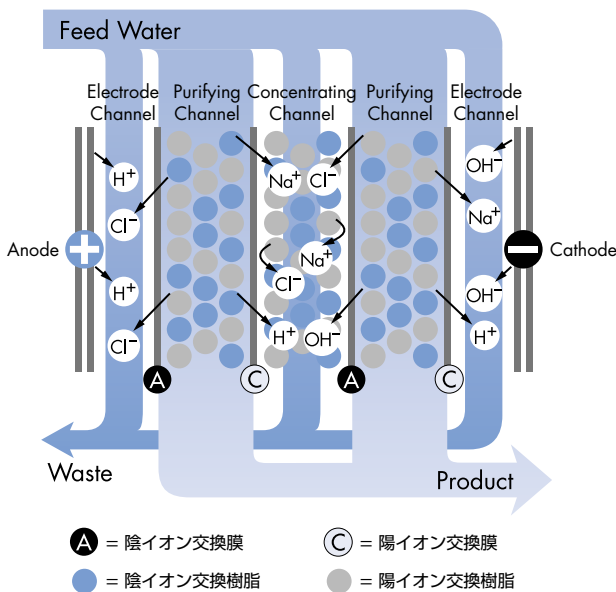


Fig.1 EDI原理

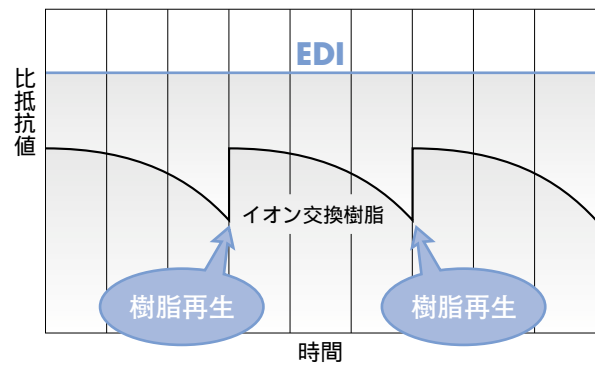


Fig.2 水質安定性概念図

蒸留水とElix水の比較 ① 水質

蒸留水とElix水の水質(導電率、TOC)をTable 1に示す。導電率はイオン量を示し、TOC(Total Organic Carbon:全有機体炭素)は有機物量を示す。蒸留水とElix水は水質が大きく異なり、また蒸留水であってもイオン交換樹脂を前処理に用いる場合とそうでない場合で異なる。

またイオン量に関して、ナトリウム、カリウム、カルシウムおよび数種の陰イオンについてICP-MSとイオンクロマトグラフィーによる分析を行った。蒸留水は、イオン交換樹脂に通水したのち蒸留を行うタイプの蒸留装置で精製を行った。今回検討したすべてのイオンに関して、Elix方式で精製した純水は蒸留水よりも高純度であることが確認された。(Fig.3、4)

また、微生物に関しては、蒸留法では微生物学的には無菌的な状態で水蒸気化されるため、蒸留水=微生物数が少ない水、と理解されている場合もあるが、実際にはその後の冷却管・配管・タンクでの汚染があるため、使用時の水質には微生物の汚染がある。Fig.5に蒸留水をタンクに貯水した際の微生物数の推移

を示す。²⁾蒸留水をタンクに貯留することにより、微生物の増殖が起こることが分かる。すなわち、蒸留水が加熱して精製されているからといって微生物の点から高純度であるとは同義ではないのである。

この純水精製後の微生物の汚染は、純水をどのような方法で精製した場合にも共通して言える。すなわち、純水を精製する場合には、精製後の汚染を十分に考慮しながら、システムを構築していく必要がある。Elix方式の純水精製は前述の通り、EDIでの通電により微生物の増殖抑制効果があるものの、蒸留水同様、タンクでの貯留においては微生物の増加が観察される。³⁾⁴⁾そこで、日本ミリポア製純水装置ElixおよびElix-UVは配管やタンクでの微生物汚染を殺菌用紫外線ランプの利用により最小限に抑えている(タンク貯留時の微生物数:<1 cfu/mL)。⁴⁾ただし、このときも紫外線ランプの設置方法によって、その効果は大きく異なるため新たなシステムを構築する場合には、十分な検討が必要である。⁴⁾

Table 1 精製方法と水質の関係

純水精製方法	導電率 (μS/cm)	TOC (ppb)
蒸留水 (蒸留単独)	1.2 ~ 2	200 ~ 300
蒸留水 (イオン交換樹脂 蒸留)	1 ~ 2	150 ~ 200
Elix水 (RO EDI連続イオン交換)	0.1	100

* 導電率は値が大きいほどイオンが多いことを意味する

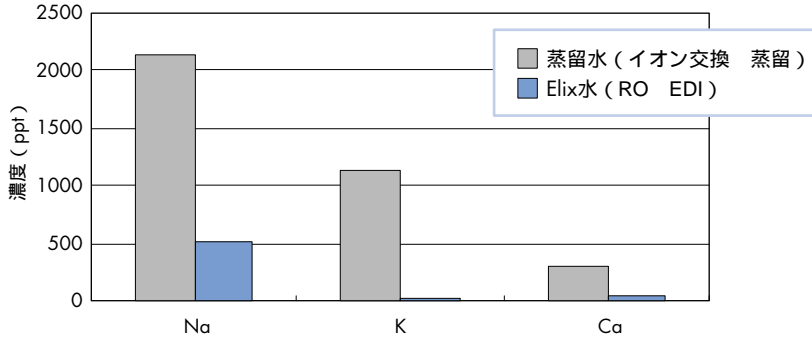


Fig.3 蒸留水とElix水の元素濃度

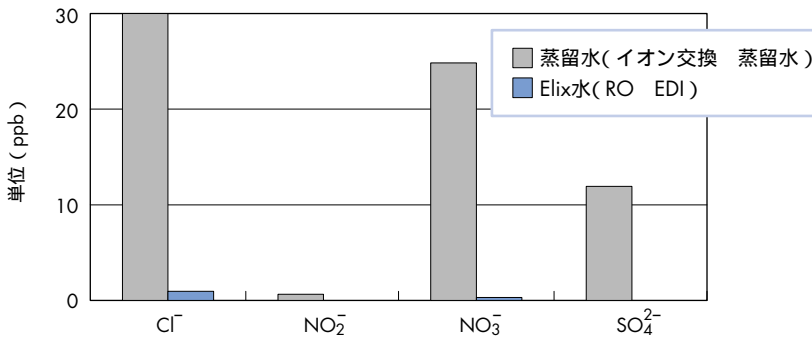


Fig.4 蒸留水とElix水の陰イオン濃度

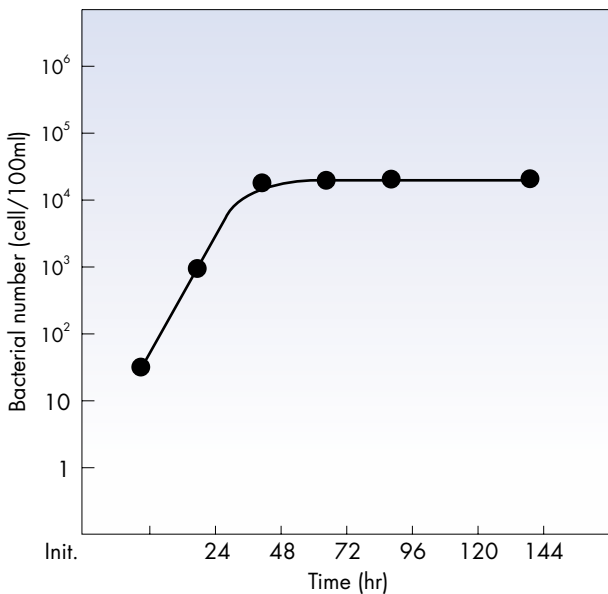


Fig.5 蒸留水タンク貯水時 (25℃) の微生物数の変化²⁾

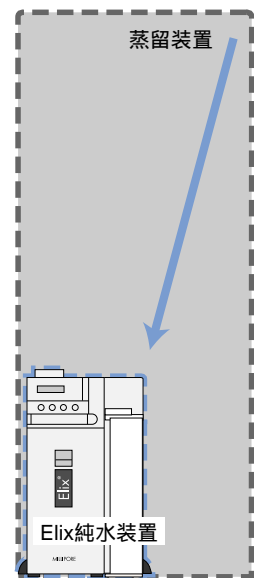


Elix-UV 3/5/10



Elix-UV 20/35/70/100

蒸留法は相変化により純水を精製するため、製造スピードが遅い。そのため、Elix方式純水装置と同等の製造能力を有するためには、10倍程度の装置体積を必要とする。



蒸留水とElix水の比較 ② 純水精製に必要なエネルギー量

次に、純水を精製するために必要なエネルギーに関して論ずる。蒸留は相変化を利用するため、エネルギーを多量に必要とする。一方、ElixはRO膜を利用しているため、加圧を行うためのエネルギーを必要とする。また、Elix方式では、原料となるための水のみが必要とされるのに対し、蒸留法では水蒸気を水に戻すための冷却用途においても水を必要とするため、

同量の純水を精製するために必要な原料となる水の量も大きく異なる。そこで、2つの方式で純水を精製した場合に必要な電気量と水道水量の比較を行った。(Table 2) 電気量、水道量ともに蒸留法ではElix方式よりも非常に多く必要であることがわかる。金額に換算すると、1年間で十倍程度の開きが生じている。

Table 2 蒸留法とElix法の電気・水道代比較の一例

	製造能力	必要電力	純水を1L製造するために必要な				1年間の 電気・水道代
			水道水量(L/1L)	電気代(円/L)	水道代(円/L)	電気・水道代の合計(円/L)	
蒸留装置	1.8L/hr.	100V, 15A	33.3	¥10.8	¥15.0	¥25.8	¥123,768
	5L/hr.	200V, 20A	24	¥10.4	¥10.8	¥21.2	¥101,760
	10L/hr.	200V, 40A	20	¥10.4	¥9.0	¥19.4	¥232,800
Elix純水装置	3L/hr.	100V, 0.8A	5.6	¥0.3	¥3.0	¥3.3	¥15,912
	5L/hr.	100V, 0.8A	5.6	¥0.3	¥2.5	¥2.8	¥13,536
	10L/hr.	100V, 0.8A	4.1	¥0.3	¥1.8	¥2.1	¥25,740

* 1日の純水使用量：20L、1ヶ月に20日稼働の場合。ただし、製造能力10/hr.の装置は1日の使用量を50Lとした。

** 電気代は13(円/kwh) 水道代は0.45(円/L)として算出

まとめ

“純水”はその精製方法により、必要なエネルギー量やさらには用いる上で最も重要な事項である水質そのものも大きく異なることが理解いただけたのではないだろうか。

また、今回は話題に取り入れなかったが、“イオン交換水”という純水は、蒸留水やElix水とはまた水質が大きく

異なる。純水=蒸留水とイメージされる場合も時として見られるが、試験・研究に関わる機器類が日々進化していると同様に、純水精製技術も進化している。純水を使用する際には、その精製方法と水質の特徴を理解した上で、適切な純水精製技術を選定・使用することが必要である。

参考文献

- 1) Gary C. Ganzi, Paul L. Parise ; PHARM TECH JAPAN,7,2,P61-70 (1991)
- 2) Wataru AGUI, Yoshiya KURACHI, Masahiko ABE and Keizo OGINO ; J. Antivact. Agents,16,7,p313-322 (1988)
- 3) 石井直恵 ; The R&D Notebook vol.4、日本ミリポア (1999)
- 4) 石井直恵 ; The R&D Notebook vol.11、日本ミリポア (2002)

本書の内容の一部または全部を無断で複製することは、著作権の侵害となります。すべての著作権は日本ミリポア株式会社に帰属します。転載や二次利用を希望される方は、あらかじめ弊社まで許諾をお求めくださるようお願いいたします。