

超純水的秘訣

胡毓輝 撰

一、什麼是超純水？

超純水雖然是實驗用水的名詞，卻無法明確表示水的純度。將水中的導電污染物質去除到比阻抗值達到 $18.2 \text{ M}\Omega\cdot\text{cm}@25^\circ\text{C}$ 時，就稱為超純水。但在此必須注意的是，比阻抗值只是代表水中電解質的量，並不能表示不含其他的污染物質。也就是，稱為超純水的水，還是可能含有不確定的有機物、微粒子、微生物等污染物質，或具有不同的TOC值。因此，必須同時參考比阻抗值與TOC值來評估水質。

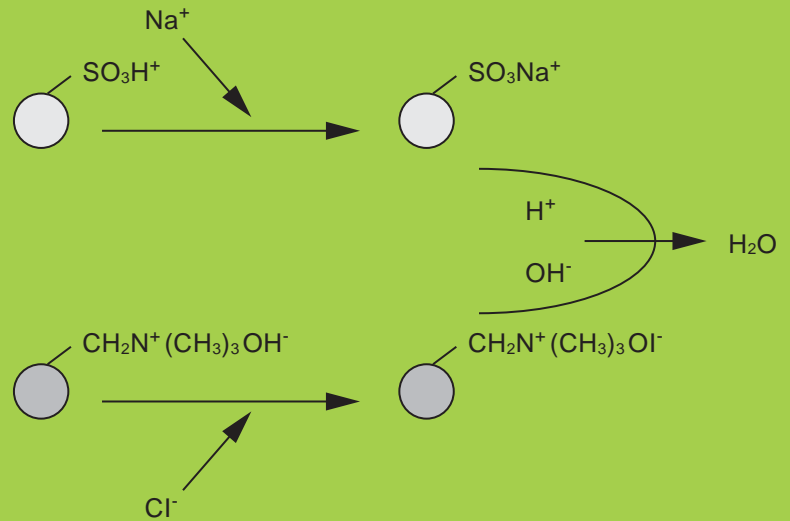
超純水的定義：一般指經離子交換樹脂、活性碳、濾膜法去除水中的主要不純物質，而比阻抗值達到 $18.2 \text{ M}\Omega\cdot\text{cm}@25^\circ\text{C}$ 的水。

二、離子交換樹脂

在有機高分子材質上，將離子性官能基進行化學結合的材料，就被稱為離子交換樹脂。表面帶有磺酸(sulfonic acid)者，稱為陽離子交換樹脂，而帶有四級氨離子，則為陰離子交換樹脂。由於離子交換樹脂可以有效去除水中陽離子、陰離子，因此經常使用於超純水的製造程序。

離子交換樹脂上的官能基雖然可以去除原水的離子，但隨著官能基的飽和，會造成去除效率的降低，而引發水質起伏、水質劣化等缺點。此外，樹脂本身也是有機物質，使用中會受到氧化分解、機械性破裂、而造成有機物的流出。

陽離子交換樹脂



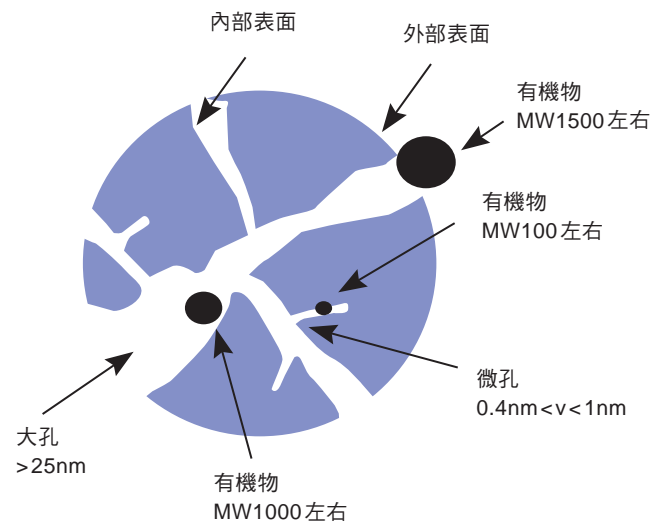
陰離子交換樹脂

此外，帶有電荷的有機物質也會受到離子交換樹脂的吸附，使離子交換樹脂很容易受到有機物質的汙染 (Fouling)。而有些微生物由於菌體表面帶著負電，也會被離子交換樹脂所吸附，樹脂表面因而成為微生物的繁殖場地，造成純水的汙染。在此同時，微生物所產生的代謝產物也會成為有機物質的汙染來源。這些都是使用離子交換樹脂時，引發水質劣化而不可不注意的地方。

三、活性碳

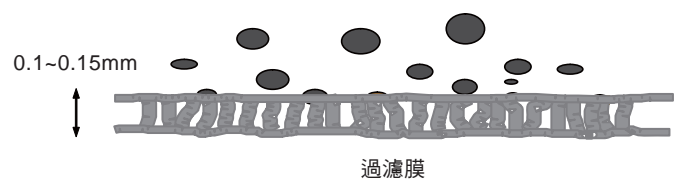
活性碳屬多孔性碳質吸附劑，從水質的高度純化到家庭用除臭劑製造都廣泛的被使用。表面基本上為疏水性(但存在大量的 $\text{C}=\text{O}$ 基及 COOH 基產生程度上親水性及吸附有機物功能)，內部有許多細密發達的微細孔洞，1 g擁有超過 1000 m^2 的表面積，因而具有很好的有機物質去除能力。

利用活性碳來去除有機物質的吸附機制，水中分子量在1000以下的有機物質很容易進入活性碳細孔而被吸附，而分子量在1500以上的有機物質則無法進入，會造成細孔被阻塞。所以，活性碳無法吸附所有的有機物質，而為了提高有機物質的被吸附率，如何先將大分子有機物質加以去除是必要的。



四、微孔過濾 Microfiltration

一般微孔過濾的濾膜具有像窗上格子一般的結構，可以將大於孔徑的粒子有效的加以捕捉。雖然可以把微細樹脂的碎片、活性碳末以及微生物完全的去除，但在循環系統中若使用MF，會由於所捕捉的微生物造成繼續的繁殖，所以超純水系統中MF都配置於最終端出水的位置。此外，也可以使用於取樣口，來防止環境中的微生物混入。



總結：在超純水問世已經超過20年以上的今天，科技的進步使得在系統設計及材料開發上，都更加提升不少。例如：

1. 定時的自動循環設計，來降低微生物的附著及污染。
2. 利用紫外線光氧化水中有機物，達到降低TOC的效果。
3. 利用超過濾膜來分離高分子量的分子及懸浮膠狀物質。
4. 強化沉降水流的設計，避免因柱床分層造成純化效果降低。

在純化材料的開發上，有著更多元、更分工的趨勢，例如：

1. 利用煤碳活性碳來阻擋有機物的汙染，也可稱為“犧牲活性碳”(sacrificial)。利用椰殼活性碳來吸附有機物，椰殼活性碳包含小毛孔或細孔，對吸附有機物達到微量等級的功能很重要。
2. 利用半導體等級離子交換樹脂，取代核子級離子交換樹脂，來達到同時最穩定及最大總離子交換能力。
3. 利用特殊的氧化還原材料，來取代活性碳吸附水中餘氯的功能。例如某種顆粒狀的鋅 / 銅合金材料(KDF 55, from KDF Fluid Treatment, Inc. of Three Rivers, Mich)可以達到10~20倍除氯能力。
4. 利用特殊的觸媒材料(Centaur.RTM. from Calgon Carbon Corporation of Pittsburgh, Pa.)，來中和水中因為紫外線光氧化過程中產生的臭氧、過氧化物，避免其對樹脂的功能造成破壞。觸媒材料的氧化活性指數(maximum peroxide number)達到14，其保護效率是煤碳活性碳的3倍，是椰殼活性碳的9倍。
5. 採用親水性PESU過濾膜，取代疏水性PVDF材質，不僅因材料因素提升更高的化學穩定性，以及加強過濾的效率。

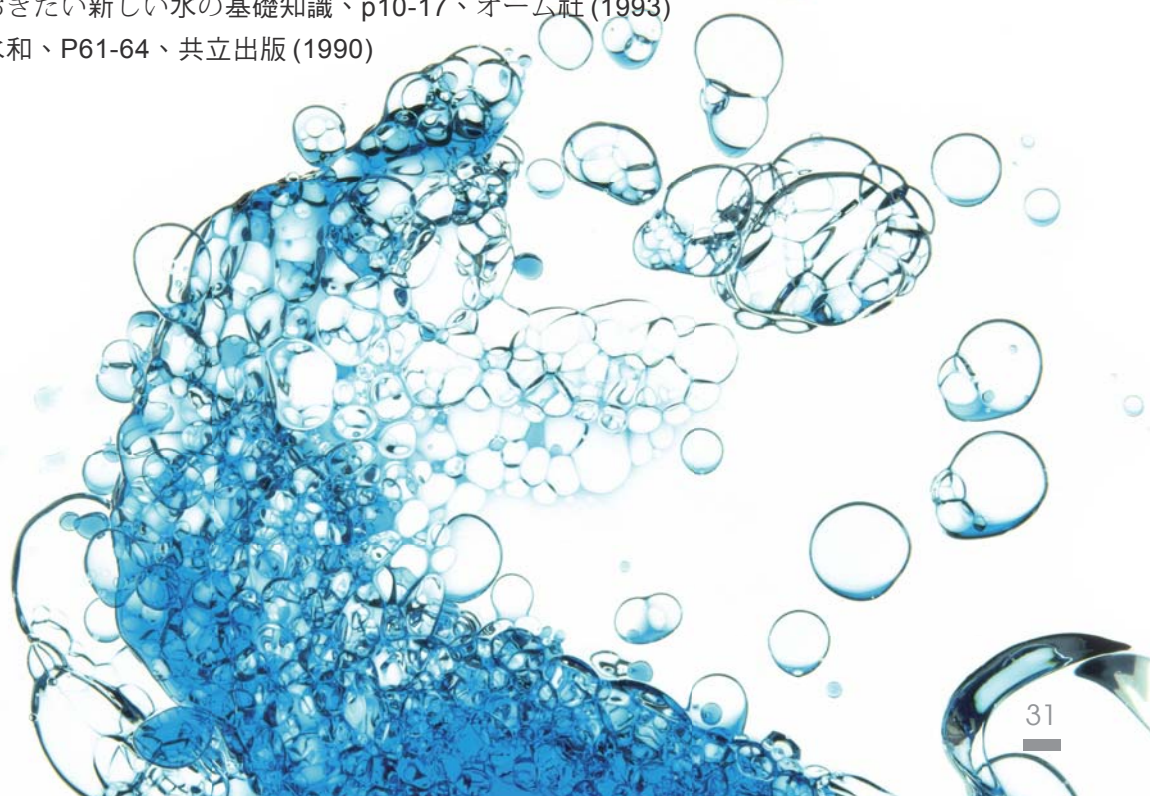
綜合上述科技所賜，在20年後的今天，超純水的水質表現已不可同日而語。例如：Sartorius arium pro VF超純水系統產水規格，奠定了一個劃時代的標竿。

1. 比阻抗值Resistivity 18.2 MΩ.cm@25°C
2. 總有機碳濃度TOC < 1 ppb (µg/L)
3. 微生物Micro-organism < 1 cfu/1000ml
4. 微顆粒particle@ 0.2µm < 1
5. 內毒素Endotoxin < 0.001 EU/ml



【參考文獻】

1. 久保田昌治；知っておきたい新しい水の基礎知識、p10-17、オーム社(1993)
2. 大瀧仁志；イオンの水和、P61-64、共立出版(1990)



WORTH MORE THAN JUST A PLACE ON YOUR SHELF

賀

ARIUM PRO 榮獲德國 iF 設計大獎



product
design
award

2010



New: arium® pro. Ultrapure water systems.
Outperformance meets cost control.

The arium® pro system defines the latest benchmarks for operating performance and cost control. The innovative glass display with touch screen functions and graphic support enable users to control and activate all procedures with total efficiency.

The exceptionally high capacity of arium® pro purification components means long running time between maintenance intervals and low operating costs.

- All operating data at a glance
- Manual, time-controlled or volume-controlled dispensing
- A PIN code can be activated for basic settings
- Automatic management and display of maintenance intervals; custom-configuration optional
- Benchtop, wall-mounted and underbench units; variable positioning of the display unit
- Sleek, space-saving design



analytica2010
Hall A3, Booth 151 | 250

www.sartorius-stedim.com/arium-pro
turning science into solutions

Sartorius Stedim Biotech
USA +1.800.368.7178
Europe +49.551.308.0

iF 小故事

iF 產品設計獎成立於 1953 年，和日本 Good Design Award G-mark、德國漢諾威 iF 及德國 Red Dot 並列世界三大設計獎項，評審委員從美感、實用性、創意等選擇出最好的產品，評選項目包括生活用品、娛樂產品等。其中德國漢諾威是三大設計獎項之首 iF，地位有如美國奧斯卡獎般重要。也是今天最重要的創新產品設計大獎。

總代理 岑祥公司特別推薦

值得擁有的精品



arium pro 的優勢與特色

- 強化玻璃觸碰面板
手動取水、定時、定量取水
無段取水流量設定0.5~2.0L
- 結合進水及產水比導電值監測
- 內建流量統計功能
- 友善操作功能及內建導航步驟
- 資料備份，採SD卡、Printer及PC PIN code分級管理功能及維修表單圖形介面提供維護及警報提醒
- 智慧訊息管理介面
客製化操作設計，可符合桌上型、壁掛型及櫥櫃型等各式需求。具設計感的造型及完美空間利用，可依據水質需求，管理耗材壽命
- 可調整式低限值提醒功能，符合各種應用內建壓力保護閥，提供0~6.9 bar的彈性設計。產水溫度監控，內建提醒、警報紀錄、記事功能

產水水質規格

	pro DI	pro UV	pro UF	pro VF
Resistivity (MΩ x cm)	18.2	18.2	18.2	18.2
TOC (ppb)* @ 100 ppb feed water	< 4	< 1	< 4	< 1
TOC (ppb)* @ 1000 ppb feed water	< 20	< 10	< 20	< 10
Absorbance units (AUFS @ 210 nm)	n.a.	< 0.005	n.a.	< 0.005
Endotoxin (EU / ml)	n.a.	n.a.	< 0.001	< 0.001
Particles (@ 0.2 μm)	< 1/ml	< 1/ml	< 1/ml	< 1/ml
Bacteria (CFU / 1000 ml)	< 1	< 1	< 1	< 1
Flow rate (l / min)**	up to 2	up to 2	up to 1.7	up to 1.7

* depends on inlet water quality

** at a pressure of 2 bar, without final filter

