

其離子的傳輸速率較透析法為快。由於電透析是利用離子交換膜和直流電場的作用，從水溶液和其他不帶電成分中分離帶電離子成分的一種電化學分離過程，具有快速的離子分離能力；因此，常用於海水淡化、純水製備和廢水的高級處理；在分析上可用於無機鹽溶液的濃縮或脫鹽、溶解的電解物質和中性物質的分離等<sup>[2]</sup>。

電透析設備的組合如圖1<sup>[2]</sup>所示，當直流電通於兩側的電極時，溶液中的陽離子即向陰極移動，同時所有的陰離子也向陽極移動。當陽離子向陰極移動時，可以通過陽離子的半滲透膜，但無法通過陰離子半滲透膜。因此陽離子濃度逐漸的在陽離子膜和陰離子膜中間的透析室中增加，而其相鄰的透析室則成為含有低濃度電解質的溶液<sup>[3]</sup>。

電透析膜(陰、陽離子半滲透膜)是一種由多孔、薄層的合成離子交換樹脂所做成的網狀結構體。陽離子可以滲透至陽離子滲透膜的網狀體內，由於陽離子的交換位置而離子化，使其帶有負電荷。其孔隙內的可交換陽離子與網狀體的負電荷達成平衡。但當通以直流電場時，對陽離子的電吸引力大於陽離子與陽離子膜間的吸引力，因而使得陽離子進入孔隙並通過陽離子膜，同時帶負電荷的陽離子膜，會排斥陰離子的接近。同樣的情況也發生在陰離子滲透膜上，只允許陰離子通過而排斥陽離子<sup>[3]</sup>。電透析使用的膜通常是具

有選擇透過性能的離子交換膜(Charged Membranes)。用電透析可使溶液中的離子有選擇地分離或富集。一良好的電透析膜需具備高度離子選擇(透過)性、低電阻、物化性質穩定、避免極化及積垢產生及足夠之機械強度等特性。

為什麼離子交換膜具有選擇性呢？離子交換膜是一種由功能性高分子物質構成的薄膜狀的離子交換樹脂。它分為陽離子交換膜和陰離子交換膜兩種。離子交換膜之所以具有選擇透過性，主要是由於膜上孔隙和離子基團的作用。

高分子膜中間有足夠大的孔隙，讓水中的離子在膜孔隙通道中進行電遷移(Electromigration)運動。例如：在水溶液中，陰離子交換膜的活性基團會發生解離，留下的是帶正電荷的固定基團，構成了強烈的正電場。因此，在外加直流電場作用下，根據異電相吸原理，溶液中帶負電的陰離子就可被它吸引、傳遞而通過離子交換膜到另一側，帶正電荷的陽離子則因為離子膜上固定負電荷基團的排斥而不能通過交換膜。在電透析過程中，膜的作用並不像“離子交換樹脂”那樣對溶液中的某種離子起交換作用，而是對不同電性的離子起選擇性透過作用，因而離子交換膜實際上應稱為離子選擇性透過膜<sup>[3]</sup>。

此外，電透析離子交換薄膜發展出一價離子(一價陽離子Na、K或一價陰離子Cl)選擇性離子交換

薄膜，其原理是在原離子交換薄膜上塗佈新的材質(Thin Polymer)，而達到限制一價離子可通過而其他相同電性離子無法通過的優點，利用這項優點可更加靈活使用電透析離子交換薄膜。圖2為一價離子選擇性離子交換薄膜的示意圖<sup>[4]</sup>，透過這樣的薄膜在淨水技術中有其優越的性質。以海水中硫酸根離子為例，其為二價陰離子，原可通過陰離子交換薄膜，但因表面塗佈Thin Polymer層，而能使一價氯離子完全通過，而硫酸根離子僅能部分通過，達到脫硫的目的。若利用在海水淡化(或鹽井水淡化)，則能利用電透析去除鈉、氯等離子而保留鈣、鎂等使得出流水的藍氏係數(LSI)不會因通過薄膜後而降低，造成管線腐蝕，亦能獲得礦物質水(Mineral Rich Water)，如圖3所示<sup>[4]</sup>。目前深層海水即以此方法獲得礦物質水，用來調配RO純水製成深層海水飲用水，該設備(見圖4)及其實驗所得之溶液中離子濃度與導電度關係如圖5所示<sup>[4]</sup>。

### 電透析種類

電透析所用之離子薄膜的歷史甚早，1950年初次有人發明利用高分子聚合物膠著劑製成兩種離子樹脂交換膜，此種薄膜是最初的離子薄膜，但由於薄膜之性能並不理想，因此離子薄膜並不受到重視。到了1960年代就有人利用架橋聚合物(類似橋型的高分子化合物)做成了均質薄膜，雖然膜的性能提昇了，但是薄膜無法承受機械的強度，後續又有酚系離子交換膜、苯乙烯離子交換膜和脫鹽交換膜被研發成功，因此，1960年後期，就有人將脫鹽的離子交換膜商業化，應用於海水濃縮製鹽製程。後來研究學者漸漸將薄膜之性能改進，到了1970年，發明了以網狀補強材質做成的離子交換膜，此種材質的薄膜性能及機械強度已經改善了許多。之後相繼出現了一價選擇性離子交換膜、氟系離子交換膜。1970年末期，將膜的材質再進一步的改良之後，發展成現今的離子交換薄膜。

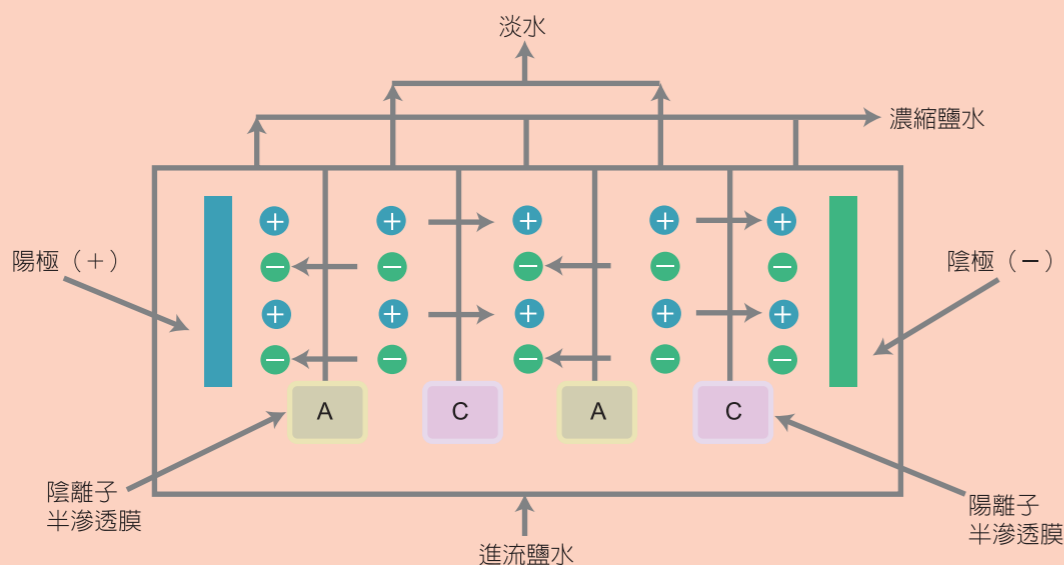


圖1 電透析設備組合示意圖

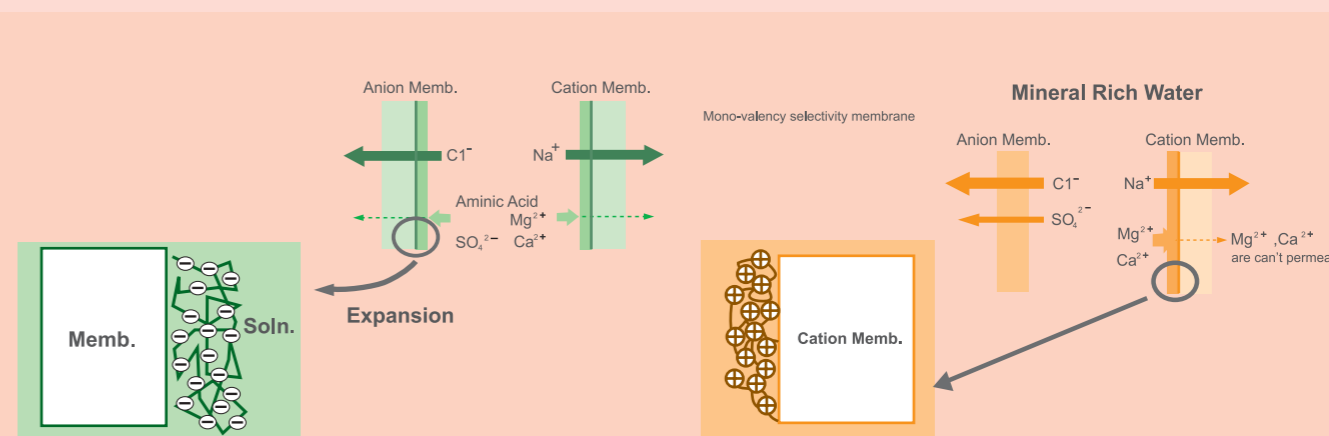


圖2 陰離子選擇性交換膜示意圖

圖3 陽離子選擇性交換膜示意圖



圖4 桌上型ED設備(ASTOM Corporation)

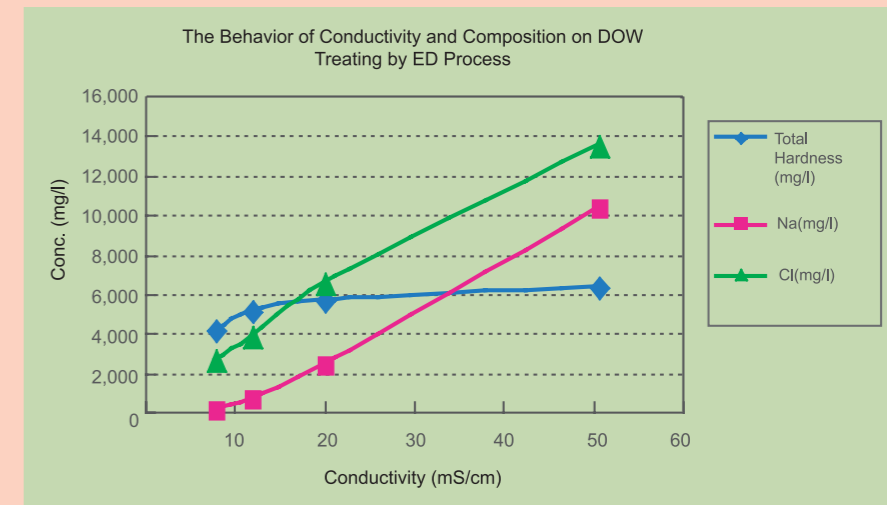


圖5 ED操作之離子濃度與導電度關係圖(ASTOM Corporation)