



認識電解水

詹舒斐/工研院能資所節水團

前言

人類在地球的活動與水有密不可分的關係，從早期單純利用的各式天然水源，如河水、地下水、雨水等，到現代對水作各種方式之處理利用。「水」，除了維繫人的基本生存要求外，人類對水之利用與需求亦日趨多元化。近年來，正如同「好喝的水」這句標榜一樣，水的環境出現許多類似流行趨勢的動向。這是由於人已重新正視水的存在，積極開發水的潛在特性，希望能增加其附加價值。「機能水」這個名詞乃不斷出現在文獻報導上。

機能水，顧名思義乃賦與水某種特定效能之新興技術。目前為止對機能水並沒有嚴格而明確的定義。一般而言是指自然狀態下或經人工處理後比普通水具有較高能量的水稱為活水，以不同目的而施加人工處理所成的活性水稱為機能水。日本機能水專家藤田 矩彥教授曾為機能水下了一個較為嚴謹之定義：(1)水本身或(2)水中所含有的微量混雜物，在某種條件下(電解、電場、添加物、高溫高壓)，呈現本身卓越的潛在特性，使水達到某種特定的狀況(打斷氫鍵、改變酸鹼度，ORP)，或達到某種值得注意的目的(防腐蝕，結垢.. 等)。此種新發現的水，均稱為機能水。舉例來說：水分子團(Cluster)與超臨界水屬於第(1)類，一些壽命有限的活性種子及金屬離子則歸屬於第(2)類。



在討論到本文的主題「電解水」前，為使讀者能對機能水有一整體認識，筆者想先就機能水的分類及應用略述如下。

目前出現在市面上之各種機能水製造或應用技術，大致可分為三大類：(1)外部水質控制技術，(2)水質過濾技術，(3)水質加工技術，而其應用則遍及工業、民生，其分類詳如表 1 所列。

綜合表 1 所列各種水質控制與加工技術，其目的不外乎藉由處理水之性質改變，達到更具特殊效能之活性水。由於機能水之種類與技術繁多，部份技術均

停留於廠商本身之商業宣傳，且限於目前偵測儀器之極限，其原理與效用尚待查證。其中的電解水是目前應用最為廣泛，製造技術也較為成熟的一種。

一、用途

電解水依其電解方式分為隔膜式與無隔膜式，依其作用又可分為強電解水與弱電解水。電解產出水分為兩股，分別是酸性水與鹼性水，各有不同的用途。大致上可區分如下：

1. 鹼性離子水(pH=9~11)：

根據廠商之使用建議，主要為生飲、解宿醉、沖茶，咖啡、調酒、沖泡奶粉、煮飯、烹調用水、清洗蔬菜、植物澆灌等。

日本有醫療機構，以鹼性離子水代替一般飲用水，供給患者飲用。其宣稱之療效包括：治療胃腸不適、便秘、下痢、糖尿病、高血壓、改善體質等。國內亦有學者指出鹼性離子水可消除人體內之自由基(free radical)⁴(自由基，含不安定之不成對電子，過多可破壞人體之脂質，甚至最後使細胞突變而產生癌症)。

在電子業方面，NEC 公司於 1994 年，曾提出以鹼性離子水清洗切割晶圓表面⁶，比一般所用之氨水更能有效去除塵粒，且減少化學品之使用與廢水處理成本。

處理方式	水的性質變化	應 用
(1)外部水質控制技術 電解水 電導、留渣之抑制 超音波照射 遠紅外線照射 熱的負荷 超臨界狀態之維持 (374℃、22Mpa)	改變pH值、ORP產生微量活性物質。 改變水分子及溶存物質之極性。 使水分子及溶存物質轉動。 影響水分子及溶存物質轉動、旋轉。 汽化(蒸氣)。 極性、密度、擴散能力、對物質溶解度有極顯著之變化。	鹼性、酸性、醫藥、食物清洗液等、殺菌、防腐清洗、酸性、消毒、漂白、漂白、殺菌清潔、殺菌清洗、防止腐蝕、結垢、長藻等之發生。 防止或防止溶存物質之析出。 氣體等之分解。 高黏度等之動作保護。 溶存物質之分解、促進溶解、殺菌、廢棄物處理。
(2)水質過濾技術 陶瓷過濾水、樹脂活性炭、編織 纖維膜水、α水、β水、γ水等	物理改變水特性、微量添加物。	1.美味好喝的水。 2.具保健、療效的水。
(3)水質加工技術 加入氫氣、臭氧等 不純物之去除 添加營養鹽 調整水硬度 蒸氣之特殊用途	改變溶解、氧化還原特性。 純水溶解特性改變。 微生物、細菌培養能力增加。 生物等之特性改變。 水分子團(cluster)之大小改變。	工業、電子業清洗。 以得之洗淨用水、促進溶解。 生化工業用水。 生化工業用水。 美味好喝的水。

表 1 機能水的分類及應用

2. 酸性離子水(pH=5~2.5)：

弱酸性離子水可當皮膚收斂劑使用，據稱有美容效果，亦可清潔器皿、擦拭傢俱等。pH 值小於 2.5 之超酸性水則有殺菌功能，日本有醫療機構以超酸性水作為消毒傷口、殺菌用。農業上也有以超酸性水替代農藥殺菌，再以鹼性水改善土壤 pH 值之例子。日本 NEC 及 Organo 公司則發展出以酸性離子水清洗晶圓表面之殘餘金屬離子⁸，可減少化學藥劑之使用量。

一般來說弱電解水大都應用在飲用、食物清洗浸泡及與人體或動物接觸之消毒等，強電解水則在工業及醫界之器材消毒、清洗較多。日本是電解水應用最為普遍的國家，各種機型與用途之電解水機相當多，電解水機製造及販售業者有近 40 家，相關研究團體及機構有 13 所。早在 1965 年日本厚生省即核准製造電解水生成器作為醫療器材，並承認其對於胃腸疾病的療效。目前日本全國有超過 400 台的銷售量，普及率約為 8%，日本醫界有相當多有關電解鹼性水的療效及電解酸性水在殺菌方面應用的文獻出現。此外，強電解水製造販售商約有 30 家，1994~1996 年度的銷售量為 1000~3000 台/年，銷售額 20~50 億日元/年，7 成為醫療用，另外 3 成則分布在食品、廚房及農業畜牧方面。

	廠牌	代理商或製造商
1	旭硝子(AGC)	統健公司
2	美生水(ESPEC)	耀進企業
3	富美力(HARMONY)FUJITECH	建宥公司
4	健寧牌(OMC)	建齡公司
5	東洋(TOYO)	台灣歐帝克公司
6	水世界	長農公司
7	企鵝	遠茂公司
8	國際牌(NATIONAL)	遠茂公司
9	養生牌	養生企業
10	湧水	
11	AQUA CRISTA	鴻滔企業
12	長壽村	長壽村
13	加能(CALION)	百齡飲水機公司
14	TRIM活化機能水	台灣多寧
15	惠爾康(WELCOME)	惠爾康興業有限公司
16	優能電解水、新基電解濾原水(淨水器款)	亞太水資源有限公司

表 2 電解水機相關廠牌

	書名	作者	出版社
1	電解水是好水	呂鋒洲	元氣齋出版社
2	好水可以治療疾病	林秀光	正義出版社
3	喝好水治百病	林秀光	世茂出版社
4	喝水健康法-鹼離子水的神奇功效	三宅肇	世茂出版社
5	為了健康請喝好水	條原秀隆	正義出版社
6	喝甚麼水最健康	舒玉萍	希代出版社
7	科學的長壽水	全武植	青春出版社
8	水是百藥之王	林杰樑·胡紹安等	元氣齋出版社

▲ 表 3 電解水相關著作

電解水目前在台灣較為人知的為市售供飲用之電解水機，一般商店亦偶而可看見保特瓶裝的電解飲用水，商人是以養生保健為主要訴求。市面上目前約有 10 多種廠牌之電解飲水機販售，大部份為日本進口，國產有 2~3 種(見表 2)，坊間對電解水的療效亦有學界出書說明，見表 3。

近年來，在工業界有廠商(如 Organo)提出以電解水取代傳統藥劑溶液來清洗晶圓、電子材料等。但此技術尚不普遍，其設備與操作成本較不具競爭力，優點為 1. 可減少有害藥劑使用量。2. 間接降低廢水處理成本。3. 減少勞工因接觸有害藥劑引起之職業傷害、災害。4. 操作簡易，減少人力工時。

農業及畜牧業有用電解酸性水殺菌及電解鹼性水澆灌、餵食之例子。

電解水之應用案例大都集中在日本，包括醫院、農業、畜牧業等。有許多醫院裝設電解飲水機供慢性病人飲用，改善健康狀況，以及利用電解酸性水消毒傷口等；牙科則利用電解酸性水沖洗器具及病人口腔殺菌。下文略舉兩個案例說明。

東京醫科齒科大學附屬病院，於 1999 年 3 月在其病房專屬廚房，裝設電解次亞水供水系統，以往未裝設此套設備前所使用之消毒水是以人工配製之次氯酸鈉溶液，用來消毒洗淨蔬果及病人使用過之餐具，地板清洗完後也以電解次亞水消毒，設備費用包含供水管路及施工共 1500 萬日幣。根據使用者之實際操作心得表示，雖然該設備費用高昂，但可節省人工配製藥品時間也減少使用次氯酸鈉之危險性，此外造水容易，只要啟動機器即可得到電解次亞水，詳細優缺點比較如表 4，表 5 則為電解次亞水與其他消毒水之操作成本比較。

	電解次亞水	次氯酸鈉溶液
操作難易度	容易，連續式運轉。	耗時，不連續式，完全為人工操作。
藥品配製	定期在藥劑桶中加入氯化鈉即可，無危險性。	需以人工配製次氯酸鈉溶液，有危險性。
設備成本	高(包含主機，配管)。	低。
人工	節省人工。	耗費人工。
使用效果	良好。	良好。

表 4 電解次亞水與次氯酸鈉溶液比較表

製作1L溶液的 成本 (元/L)-日幣	電解次亞水(2 type)		次氯酸鈉溶液	強酸性電解水	酒精
	SHS-900	SHS-210			
	0.288	0.259	0.243	0.54	330
	有效氯濃度70ppm				

▲ 表 4 電解次亞水與次氯酸鈉溶液比較表

畜牧業方面，在北海道有 27 家牧場以電解鹼性水取代自來水給乳牛飲用，由一組獸醫團體觀察牛隻健康情形，得到以下幾點結論：

1. 產乳量增加 18~28%。
2. 糞便臭味減輕。
3. 痢疾減少。
4. 食慾增加。
5. 繁殖率增高，死胎減少等。

二、原理

電解離子水是以電解方式使水之 pH 值與氧化還原電位改變，並分解產生 O₂ 及 H₂。一般來說，能讓自由能增加的化學反應是不存在的。因此水在自然狀態下不可能分解產生 O₂ 及 H₂，但是若在水中加入陰極、陽極，通上電流，即能比照法拉第定律發生電解反應。陽極的材料通常以不易溶解的白金或石墨比

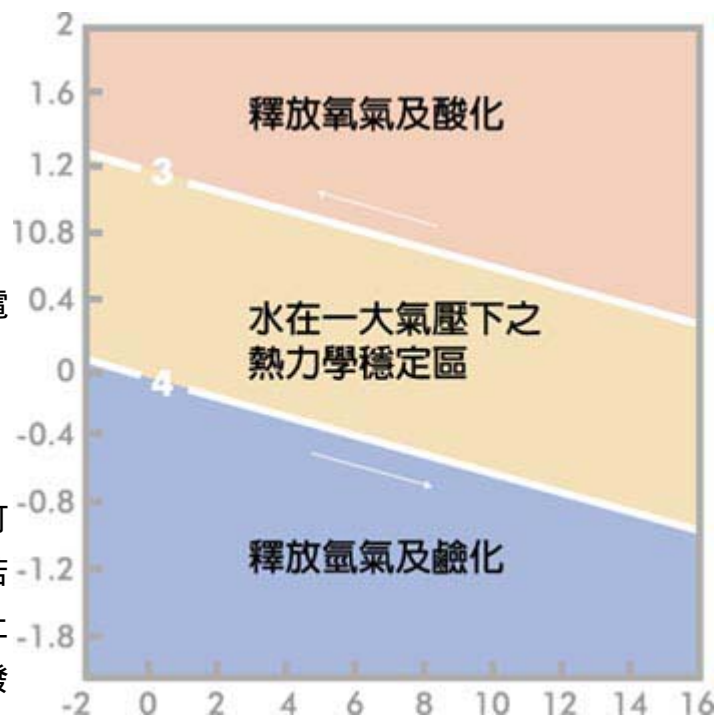
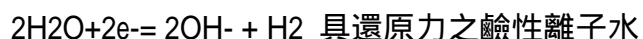
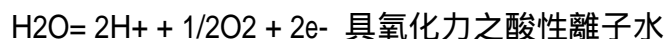


圖 1 水的 Pourbaix 圖

較妥當。在陽極及陰極的氧化還原反應如下：

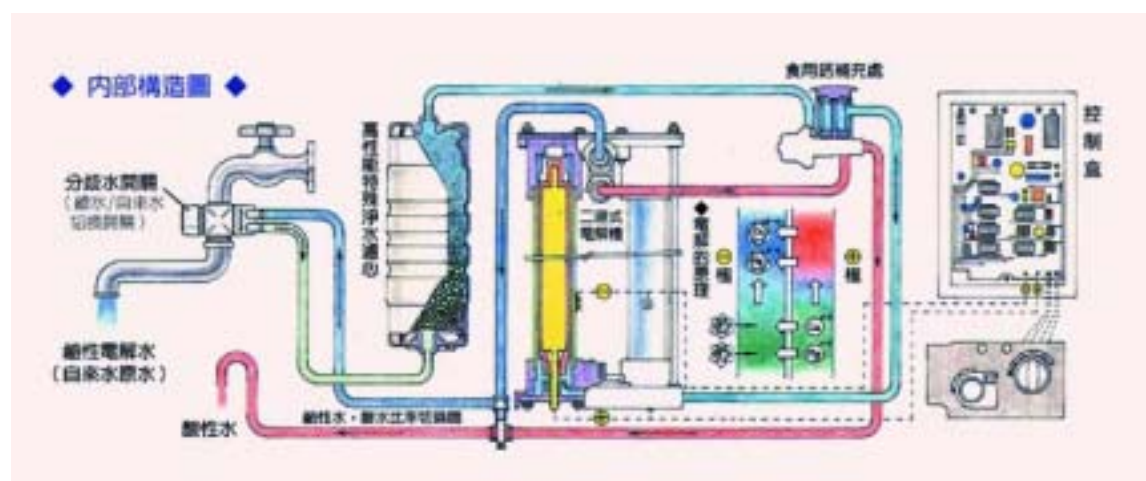


$$E_0 = 0 - 0.0591\text{pH}$$



$$E_0 = 1.228 - 0.0591\text{pH}$$

陰極和陽極表面生成氫與氧後，電極四週的水，便會傾向酸性和鹼性，氧化還原電位亦隨之改變，如圖 1 所示。在兩極之間插入能限制水移轉的多孔性半透膜，或能讓陰陽離子有選擇性通過的陰陽離子半透膜，即能自陽極收集氫離子濃度高且具氧化力的酸性水，自陰極收集氫氧離子濃度高具還原力的鹼性水，如圖 2 即為一般市售產品之內部構造與製造原理。



▲ 圖 2 電解離子水內部構造參考圖

陰極、陽極產生之電解水稱謂目前並未統一，電解酸性水亦稱為電解氧化水，電解鹼性水則是電解還原水，本文為統一起見，一律稱電解酸性水、電解鹼性水。

三、效能驗證

1. 電解水的組成分析

在合理解釋電解水各種效能前，首先必須瞭解酸性水與鹼性水基本水質資料，日本栗田工業(株)研究開發總部以當地自來水混合氯化鈉當電解質，觀察不同電解時間，酸性水與鹼性水之水質變化情形如表 6、圖 3。

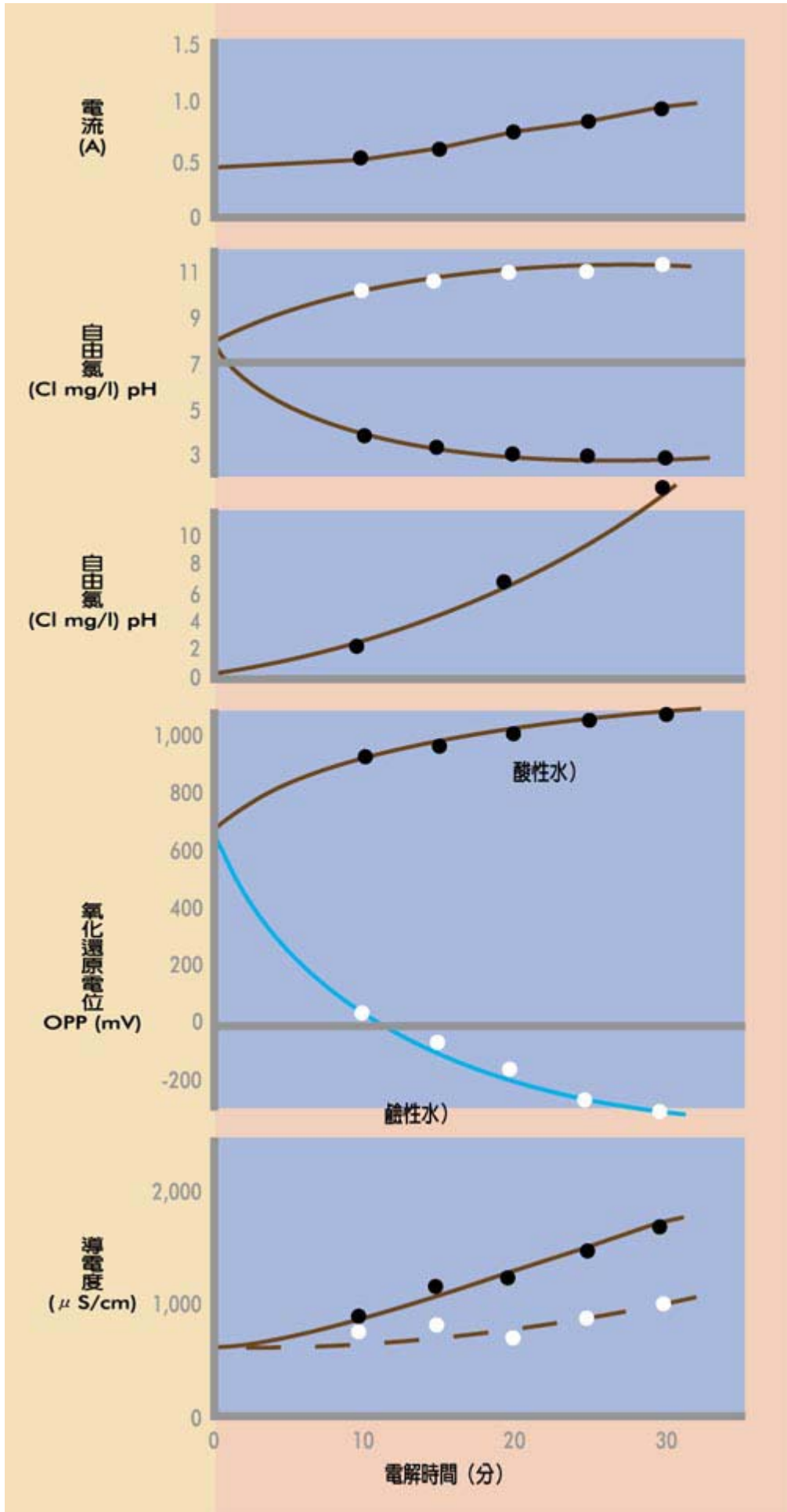


圖 3 電解時間與電解水組成之關係

	自來水	電解還原水(鹼性水)	電解氧化水(酸性水)
氧化還原電位(mV)	500	-250	750
pH值	7.2	8.9	3.7
溶氧量(mg/L)	8.2	7.2	9.5
硬度(mg/L)	61	75	45
鈣(mg/L)	14.2	17.4	10.3
鎂(mg/L)	6.5	8.0	4.9
氯(mg/L)	19.0	13.8	26.3
硫酸根(mg/L)	27.7	18.8	24.6

▲ 表 6 不同電解時間之電解水的組成

電解時間 (分)	電流 (A)	酸性水				鹼性水		
		ORPmV	pH	導電度 μ S/cm	自由氯Cl (mg/L)	ORPmV	pH	導電度 μ S/cm
0	0.46	682	7.50	600	0.50	682	7.60	600
10	0.51	929	3.69	870	2.80	-44	10.22	780
15	0.58	967	3.30	1,140		-90	10.60	820
20	0.70	1,101	3.10	1,220	7.01	-165	10.80	690
25	0.81	1,054	2.96	1,450		-280	10.98	850
30	0.91	1,070	2.90	1,670	11.60	-315	11.15	980

▲ 表 7 電解次亞水與次氯酸鈉溶液比較表

酸性水之 pH 值與電解時間成反比，ORP、導電度及氯離子濃度則成正比，由 ORP 可看出酸性水具氧化力，氯離子之增加則可能增強其殺菌力，反之鹼性水之還原力隨著 ORP 遞減而加強。

另有一說為比較原水與電解水之 NMR(核磁共振)O17 圖譜，發現電解水之半高寬比原水小，意謂著電解水之水分子團(cluster)較原水小。

表 7 為一般電解水與原水之組成比較 4，除了前述 pH 值與氧化還原電位之差異外，微量元素亦有差別。

2. 效能

電解鹼性水大部份用途為飲用、植物栽種等，其效能較難以量化數據顯示，且每個個體體質不同亦使其效用莫衷一是。較為合理之說法為鹼性水可消滅(還原)人體中之多餘自由基 4，降低體內氧化狀況，換言之即降低致癌之可能，這方面的驗證目前尚有待醫學界之合作研究。植物澆灌方面，日本曾有文獻比較過用自來水、電解水栽種芽菜之結果，差異不大 5，但令人質疑處為每種植物對水質

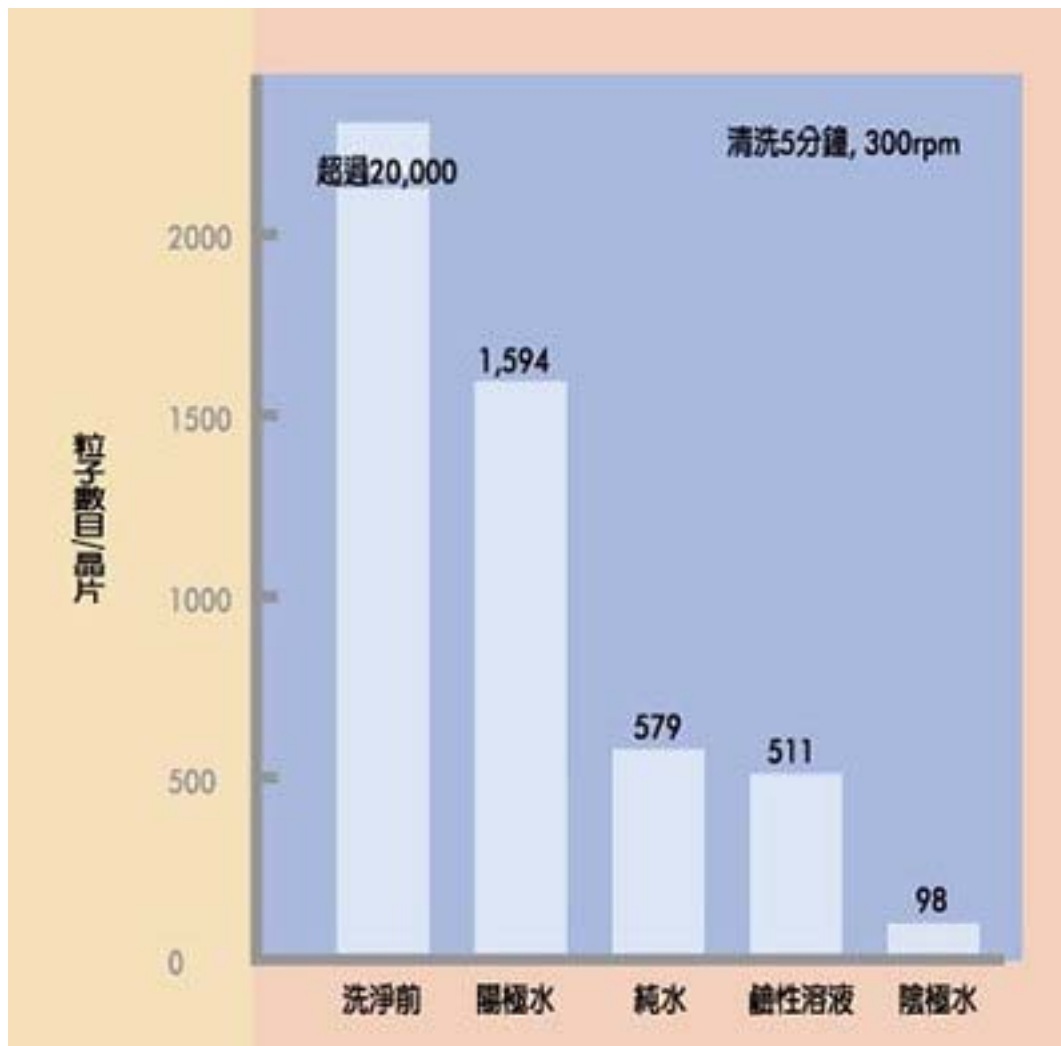
的要求並不相同，較為嚴謹之作法應請教園藝或植物學家，挑選數種不同性質植物來作比較。下文舉出 3 個驗證例，說明電解酸性水與鹼性水之實際應用及結果。

殺菌力 3：

電解酸性水是在自來水中添加規定濃度的氯化鈉(NaCl)，加以電解所得出。對照組則是在自來水中加入次氯酸鈉(NaOCl)溶液及鹽酸，調整至次氯酸根濃度與 pH 與電解酸性水相同。經與脫氯水比較發現，電解酸性水與次氯酸鈉溶液具相同之殺菌效果，見表 8。證明電解酸性水之殺菌效果應是來自次氯酸根與較低之 pH 值。

試驗水	電解酸性水	次氯酸鈉溶液	脫氯水 (Blank)
ORP(mV)	870	868	--
PH	5.68	5.66	--
自由氯(Cl mg/L)	2.05	2.06	--
經過時間0分	--	--	1.8×10^7
0.5	4	10	
1	1	8	
5	0	0	
10	0	0	1.6×10^7

表 8 CFU 測定結果



▲ 圖 4 CMP 後塵粒去除效果比較

高爾夫球場：

日本某高爾夫球場使用電解酸性水噴灑在草坪上殺菌已實施 3 年，電解液是 0.8%氯化鉀溶液，噴灑量通常是每週交互散佈 1 次 1L/m² 的酸性水(殺菌)與鹼性水(鉀肥)。實地調查結果發現，電解酸性水沒有藥劑殘留之問題並可節省 70~80%殺菌劑與殺蟲劑，但對除草沒有效果且設備昂貴，經濟效益方面較無競爭力。作者建議，可調配使用次氯酸鈉溶液與鹽酸相同條件之溶液，其設備費不但比電解法廉價，藥品的儲藏與操作等，也比用電解法製造酸性水來得簡便安全。但筆者認為如從環境保護之長遠觀點考量，節省藥劑及沒有藥劑殘留之問題則為電解法優異之處。

晶圓清洗(wafer)：



NEC 公司於 1994 年提出以電解鹼性水代替氨水，能更有效去除塵粒 (particles)，如圖 4 所示。由於電解鹼性水(cathode water)富含 OH⁻離子，且其離子強度較小，具電化學

還原性，故比一般鹼性水溶液之塵粒去除效果佳。

四、未來之展望

現代社會，科技日趨複雜且多元化。在考量發展一種新興技術時，除了基本功能訴求外，設備成本、日常維護、對社會及自然環境之影響也應作一整體評估，亦即產品生命週期評估。電解水之應用在各方面而言，最主要優勢為：1.減少化學藥劑之使用。2.無殘餘效應，環境污染問題小。如能確實掌握操作條件增加其再現性，替代目前高污染用水，其發展範圍將無可限量。

目前工業、農業用之電解水設備費用及操作成本較高，尚無法與傳統處理法競爭，但在環境保護及勞工安全日漸被重視情形下，業界已開始面臨兩大問題：1. 廢水、廢棄藥品無處可處理或處理費用遠高於現前的問題。日前高雄縣飲用水源被傾倒有毒有機溶劑，正突顯出此嚴重問題，而最直接解決方法即設法減少有毒藥劑之用量。2. 操作者之安全顧慮與工時縮短，人力成本增加。電解水所使用的藥劑無毒且價格便宜易取得，產出水沒有藥劑殘留問題，皆可彌補上述缺失，未來應可逐漸取代傳統方式而成為主流，屆時因需求量大及器材本身之改良，預期電解設備及操作成本應可降低到可競爭範圍。

本文僅就電解離子水作較為詳細之介紹，對眾多機能水種類而言尤如冰山一角，但亦即意味機能水之領域尚有許多待努力的空間。就電解水而言，從人體飲用，清洗，烹調，消毒到高科技產業用水都可見其行蹤。未來如有更多應用實例並配合驗證方法、反應機制之建立，電解水之使用或可解決一些目前無法突破之問題。

參考文獻

1. 藤田 矩彥 - 「機能水の考察」，造水技術，June 29，1999。
2. 通商産業省環境立地局産業設施課造水對策室 - 「明日の水資源」，p23，平成 8 年 8 月。
3. 關川泰弘等 - 「電解酸性水的作用機構」，造水技術，p19~24，Vol.20. No.3，1994。
4. 呂鋒洲，元氣齋出版社 - 「電解水是好水」，p190，1998。
5. 長谷川 進等 - 「電磁場及電解處理水的效果」，造水技術，p19~23，Vol.20 No.2，1994。
6. 蔡明蒔 - 「化學技術研磨後清洗技術簡介」，毫微米通訊，6 卷 1 期，88 年 2 月。
7. 郭葉輝 - 「造水技術發展新趨勢-機能水介紹」，工業用水與造水技術之展望研討會論文集，p E-1~E-9，87 年 11 月 10 日。
8. Hidemitsu Aoki etc. - “ Cleaning Technologies using Electrolytic Ionized Water and Analysis Technology of Fine Structures for Next Generation Device Manufacturing ”，mat.Res.Soc.symplProc. vol. 477，1997。
9. 松尾昌樹 - 「電解水的基礎及利用技術」，技報堂出版，2000 年(日文)。