

## 海水特性簡介

吳建國\* 論述

台灣四面環海，材料所遭受之腐蝕損失相當嚴重。國內目前許多海洋結構物，如澎湖跨海大橋、核能發電廠之冷凝管及船體設備均受海洋腐蝕。海洋材料腐蝕之研究應對海水特性深入瞭解，以期獲得可靠性及適用實際工程之資料，本文將介紹海洋材料腐蝕試驗所採用之天然海水及合成海水。

### 天然海水 (Natural sea water)

天然海水可區分成三種，即公海所取之清潔海水、海岸附近因河水稀釋之清潔海水及受污染之海水。

公海之清潔海水具有下列特性：

1. 世界各地海水之主要組成濃度比例是固定的。
2. 高鹽濃度，主要係氯化鈉 (NaCl)。
3. 高導電率。
4. pH 值高且定值。
5. 具緩衝能力 (buffering capacity)。
6. 溶解氧氣及二氧化碳。
7. 有多種有機化合物存在。
8. 有生物存在，可區分成微污生物 (micro-fouling) 如細菌及生物所排放之黏液，及巨污生物 (macrofouling) 如海草、蚌類、貝類及各種魚類。

其中有些因素與物理、化學及生物有關，如海洋深度、溫度、光度及滋養物之獲取，也與季節、日期及潮汐有關。

海水中可以發現多種元素，其中11種主要溶質的組成已佔99.95%，如表1所列。其中又以氯離子濃度最高，海水之各組成濃度也可能因時而略異，如河水、雨水或融冰而稀釋或因蒸發而濃縮。海水可以鹽度 (salinity) 表示之，其與溶質濃度有關，鹽度即所有溶解之固溶物量，單位是  $g / kg (\%)$ ，其中少許之溴與碘離子經轉換成等量之氯離子，碳酸根離子則轉換成氧化物，並考慮所有之有機化合物均完全氧化。海水在25°C時之密度是  $1023 g / l$ ，總含鹽度之導電度量測通常在32-35‰間。海水之溫

表1 鹽度35‰海水在25°C之組成

組成	濃度 $g Kg^{-1}(\%)$
Na <sup>+</sup>	10.77
K <sup>+</sup>	0.399
Mg <sup>2+</sup>	1.290
Ca <sup>2+</sup>	0.4124
Sr <sup>2+</sup>	0.0079
Cl <sup>-</sup>	19.354
Br <sup>-</sup>	0.0673
F <sup>-</sup>	0.0013
HCO <sup>-3</sup>	0.140
SO <sub>4</sub> <sup>2+</sup>	2.712
B (OH) <sub>3</sub>	0.0257

\*國立台灣海洋大學船舶機械工程學系教授

度、溶氧量及 pH 值亦與時間、位置及海水深度有關。海水之 pH 值在 7.8–8.3 間，海水之 pH 值變化則視溶解之 CO<sub>2</sub> 或未分解之碳酸量之緩衝作用而定，大多數海水表面具超飽和碳酸系，而深海處之碳酸系呈未飽和狀態。溶氧量與鹽度及溫度有關，海水中所含之各種可溶性有機化合物只有 2ppm。海水亦為一優良之滋養物，海洋中有相當多的生物賴以為生，海洋上層有多種植物。

細菌活性(bacteriological activity)及污生物(fouling)對金屬之腐蝕影響頗為重要。生物所排放黏液出現之細菌活性，屬雙原子之單細胞植物。有些細菌與腐蝕過程直接有關，如硫酸還原菌。污生物附著在材料表面並繼續成長，屬有機生物，有些生物是固定於一處不動，有些是會活動的，所有動植物污生物均具附著生存之特徵，例如茗荷介，蠔、蚌類、珊瑚、海藻、海草及海水蛭等。

海水因高鹽度而導電率亦高，海平面之溫度在 0-35°C，溫度隨海流、風向及季節而異。海水之流速則因地點、風速及深度而異。

海岸附近之海水可能受淡水之稀釋，稀釋程度可使鹽度降至 5-10‰，但主要離子間之比例並未改變，而微量元素可能變化甚多。近海與公海海水仍有不同處，如因滋養物濃度不同，細菌活性也有顯著變化，污生物之生存較依賴滋養物，近海之固體浮物也比公海多。因環境因素之不同如鹽度、污染及淤泥，海港、海灣及河口也有不同之污生物。

海岸區受污染的來源有二，一是工業、農業或家庭排出廢水物如重金屬離子、滋養物（磷酸鹽、硝酸鹽）及可溶性有機物等，另一來源是海水自行產生之細菌及生物過程。

除非一次使用後便排掉用過的海水，否則儲存及循環試驗用天然海水會迅速變質，變化較明顯的有溫度、pH 值、生物活性及某些元素之濃度。循環用海水必須安裝適當儀器以監測溫度及 pH 之變化，同時腐蝕產物必須過濾或離子交換除去，其中以生物活性較難維持或偵測。

合成海水 (Synthetic Sea Water)

海水合成溶液採用混合之無機鹽配方，有時採用單獨之 3.5% NaCl，通常再添加碳酸根作為緩衝用，ASTM D1141-75 也列有更接近天然海水之組成，如表 2 所列。另一種取代海水的方法是直接採用天然海水蒸發所得之海鹽。唯此種溶液均缺乏生物活性及有機化合物。解決的方法是在合成海水中添加氨基酸、糖及天然環境中過濾所得之

表 2 ASTM 合成海水配方

化學藥品	濃度 (g/l)
NaCl	24.53
MgCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	5.20
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4.09
CaCl <sub>2</sub>	1.16
KCl	0.695
NaHCO <sub>3</sub>	0.201
KBr	0.101
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0.027
SrCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	0.025
NaF	0.003
Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.0000994
Mn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.0000340
Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.0000308
Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.0000096
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.0000066
Ag NO <sub>3</sub>	0.00000049

註：溶液須經預配再稀釋混合，最後再以 0.1N NaOH 溶液調整 pH 值至 8.2 以供使用。

生物活性化合物。

利用合成海水之材料腐蝕試驗缺乏實際生物活性組成，很可能導致錯誤之結論，特別是對長期腐蝕性之預測，所以採用合成海水之實驗數據時應格外留意。

#### 參考文獻

- (1)F. P. IJsseling; "General Guidelines for corrosion Testing of Materials for Marine Applications", British Corrosion Journal, Vol. 24, No. 1, pp. 53-78 (1989).
- (2)P. D. Gilbert, P. A. Attwood, T. D. B. Morgan and B. N. Herbert; "Biofilm Associated Corrosion", Industrial corrosion, Vol. 7, No. 9, pp. 13-18 (1989).
- (3)"Substitute Ocean Water", ASTM D 1141-75, 1980.