

水的問題，人的問題

文／許晃雄

沒有陽光，生物或許還可存活幾個月，沒了水，生物只剩下幾天的生命。水是一種寶貴的資源，我們卻常常低估了它的實際價值。而台灣近年來，不雨則旱，一雨成澇，台灣的水的問題，是世界的縮影……

繽紛生命的泉源

水，在我們所熟知的宇宙中，大概沒有任何物質比它更有用、更神秘、更柔和美麗、更兇殘無情。有人說，陽光、空氣、水是生命三大要素。許多星球有陽光，有空氣，卻沒有水，也因此沒有生命。有一種理論說，就是因為有了水，早期地球的單細胞生物才可以在水的保護下，躲過紫外線的荼毒，逐漸演化出無以數計的繽紛生命。人體的百分之七十是水。沒有陽光，生物或許還可存活幾個月，沒了水，生物只剩下幾天的生命。有水的地方，生命總是較為繽紛多樣。人類也多傍水而居，孕育出多彩多姿的文化。水，一種沒有生命的物質，透過生物，卻展現出獨特、無以倫比的生命力。

陽光取之不盡用之不竭，水則不同，在某些地區或許垂手可得，對另一地區的人可能比黃金還珍貴。但垂手可得不一定代表水源豐富。富裕的美國在西南部的沙漠地區，利用龐大的資金與科技，硬是創造出揮霍如拉斯維加斯的欲望城市，將荒蕪乾旱的山谷改造成重要的蔬果產地。居住在同等乾旱少雨非洲的婦人，卻必須每天頭頂著一個小水罈，步行幾個小時，才收回少量骯髒、滿是病菌的水。對美國西南部的人而言，水只不過是彈指之間從水龍頭流出的沁涼液體；對非洲的婦人而言，那一罈污水則是維繫全家生命的寶貴資源。

地球上到處都有水，在生物體內、在海洋河流湖泊、在土壤、地下水層、在五彩繽

紛的天空，無所不在。百分之七十的地球表面是海洋，地球的確是一個多水的藍色星球。可惜的是，淡水只佔了其中的百分之一，而且在這百分之一大多存在於冰川、地下水層、土壤，地表附近可用的淡水少得可憐。如果將大氣中所有的水（包括水氣、冰晶）都集中到地表，厚度也不過約2.5公分。這麼少的水，在過去的數十億年中，卻支撐了地球的龐大生命體系。

不斷供需的水循環

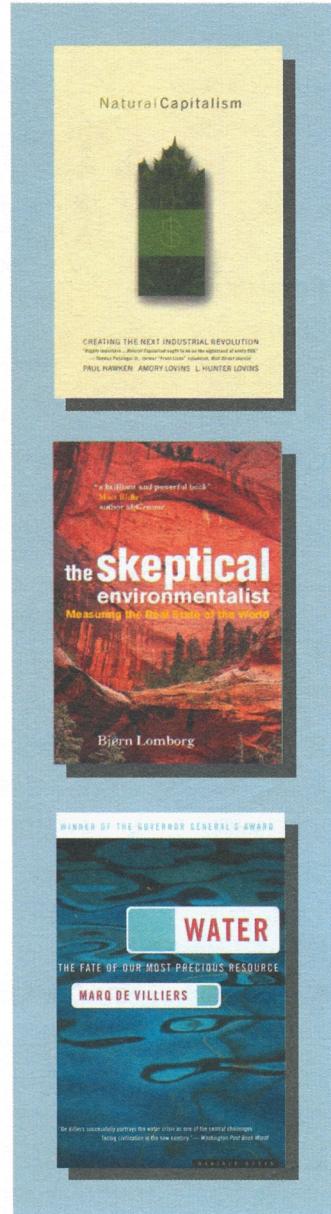
水不只是一種資源，它還是可以循環使用的資源。在地底下，大自然經過數億年才鍊製出來的石油、煤，燒掉就沒有了。若要人工製造石油或煤，恐怕就不敷成本了。一九七〇年代，石油危機期間，曾經有石油公司發展出從煤提煉石油的技術，卻因為成本太高而放棄。水卻因為可以在液態、氣態、固態之間，輕易轉換它的形態，成為絕無僅有的再生資源。舉個簡單的例子，無論多髒的水，任何人只要將之放在簡單的容器中，曝曬在陽光之下，慢慢收集蒸發出來的水蒸氣，又可得到無比乾淨的純水。

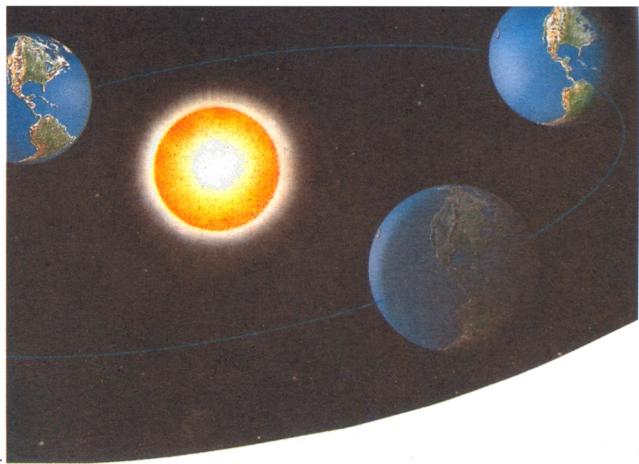
水之所以獨特，不在於它可以是清流，而是水可以在洗滌人間污穢之後，再次淨化成發人深省的清流。在

地球的水循環過程中，一滴水可以輕易地從海洋（甚至被嚴重污染的河川）蒸發成水氣，隨風飄蕩，凝結成水滴、冰晶，有些留在天空中，排演彩虹、月暉等光怪陸離的光影。有些則掉落到地面，或進入河川終歸於大海，或滲透到土壤、地下水層，或被封印於冰川中，或被生物吸收、被人類使用。無論落腳於何處，總有一天（有的只有幾小時、幾天，有的可能長達千萬年），這滴水會再次加入水循環。所幸大氣與地表組成的水循環，平均大約一個多星期就可完成一次循環，讓水成為效率極高的再生資源。

大氣與地表的水循環十分快速，卻無法雨露均霑，大部分的雨都下在少數地區。也因此，地球陸地約有二分之一的面積屬於乾旱地區。這也是為何水資源的爭奪，在人類的歷史中，留下無可抹滅的註腳。部落間為爭奪水源大動干戈，位於河流上下游的國家，為了是否建水庫，劍拔弩張。Bulloch與Darwish在《水的戰爭》(Water War: Coming Conflicts in the Middle East)一書中，就大膽預言使中東分裂的將是水，而不是石油。

水資源的豐寡，與雨量（或可用淡水量）多寡沒有必然的關係。水源豐富的地





從太空中眺望地球，最明顯的特徵就是水——藍色的海洋。圖為地球繞太陽運行的模擬圖。
圖片來源／Geographica, Periplus.

方，可能因為人口過多、使用不當，反而缺水。水源不足的地方，可能因為人口不多、使用得當，反而無缺水之虞。然而，人口快速膨脹、生活水準提高、生態環境的破壞，造成水資源供需失調。多一張口，需要多一分水。生活水準提高，物質享受需求越高，用水量越大。森林號稱地下水庫，具有調解水循環的功能，雨季時儲水，旱季時釋水，不僅防澇更可抗旱。然而，森林的濫墾濫伐破壞了地下水庫的功能。森林的消失，也使得地表溫度上升、地表蒸發量變小、雨量變小，改變了水循環，也減少了水資源的供應。水污染也使得可用水量大量減少。水的需求增加，供應卻減少，供需失調是必然的。

環境變遷中的水失衡

水循環是氣候的一個環結，氣候變遷當然也造成水循環變遷，間接衝擊水資源。氣候的自然變化，自有其運作的韻律。工業革命以來，人造溫室氣體（如二氧化碳、甲烷、破壞臭氧層的氟氯碳化物等）的大量排放，顯然造成了全球暖化，也可能因此顛覆了氣候的自然運作，改變原有的水循環。如果，乾旱地區的雨量變得更少，原本雨量多的地方下更多雨，水患與水荒將更加嚴重。更值得注意的是，人為因素的衝擊，使得土地逐漸喪失原有應變能力，越形脆弱。以往，不足為奇的氣候變化，可能在現今與未來的世界，造成更大的災害。

許多報導經常引述，因天氣災害造成的經濟損失有快速增加的趨勢。美國學者Pielke與Landsea卻發現，如果同時考慮人口、經濟發展等因素，颶風在美國造成的經濟損失並沒有增加的趨勢。也就是說，風災造成的經濟損失，並不是因為颶風增加或變

適得其反的人工智慧 vs. 水問題的三個案例

水的問題十分急迫，卻也十分複雜。人類利用自以為是的小聰明，改變大自然，卻經常適得其反。以下三個分別發生在不同地區的案例，說明了水問題的嚴重性。

寧靜的車諾堡事件：最為可怕、卻一直被忽略的例子是世界第四大湖泊——鹹海，它的乾涸對環境的衝擊；美國自然作家 Marq de Villers 在《水：我們最珍貴資源的命運》(Water: The Fate of our most precious resource) 中，稱之為「寧靜的車諾堡事件」。鹹海是個內陸湖，主要水源是阿姆河 (the Amu) 與錫爾河 (the Syr) 分別從帕米爾高原與天山帶來的雪水。高山與鹹海之間是廣大的旱地與沙漠，任由大片土地荒蕪，未免太浪費！前蘇聯政府因此開鑿運河，將河水引走，灌溉旱地成棉花田。初期，白色黃金 (即棉花) 帶來不少外匯，改造旱地為良田似是以傲世的成就。好景不常，鹹海面積不斷縮小，海底變成沙灘，大量鹽分、殘餘農藥與有毒物質 (如多數國家禁用許久的DDT)，暴露在空氣中隨風飄送，到城市、荒野、農地，進入食物鏈，留在人體內，從母親的乳腺進入嬰兒的小嘴。

《牛頓雜誌》第二一七期 (二〇〇一年年度特集) 報導鹹海乾涸對環境的衝擊，一系列照片張張怵目驚心——一個母親推著嬰兒車走在看似覆蓋著皑皑白雪的道路上，可是那不是雪，而是一片白鹽；一艘廢棄鏽蝕的漁船，斜躺在沙漠中，那原本是漁港，如今卻距離海岸一百公里。De Villers 也在書中詳述了各種人間煉獄的慘狀——漁民無魚可捕，漁業蕭條；野生動物消失不見，連帶影響到曾經盛極一時的皮草業；沒有溝渠灌溉的農田荒蕪，過度灌溉的農田則是土壤含鹽量過高。

原本來自極區的冷冽空氣經過鹹海的馴服，變得較為溫暖濕潤；因著鹹海的庇祐，南方的農作物得以欣欣向榮。面積縮小的鹹海已不再具有溫暖濕潤的功用，無霜的生長季縮短到只有一百七十天，

強，而是因為人類雖然越富有，卻有更多人居住到容易發生災害的地方。一旦發生天災，受災程度當然遠高於昔日。台灣近年來，不雨則旱，一雨成澇，天氣災害頻傳，也是相同道理。

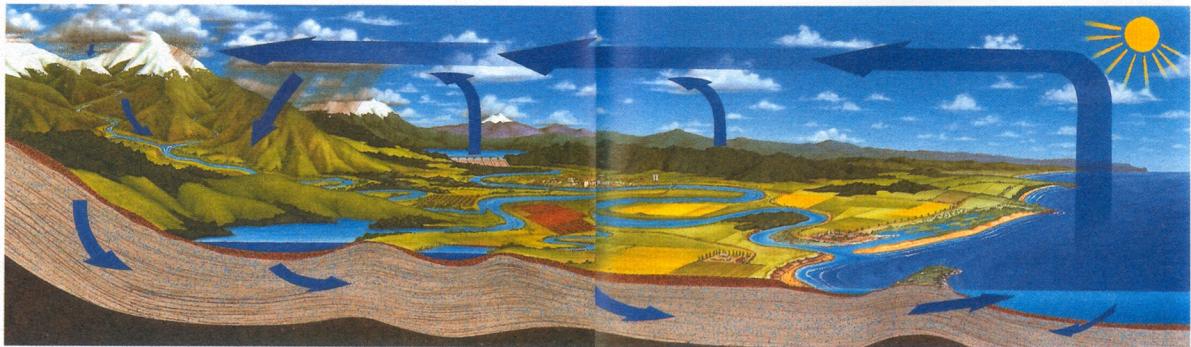
遠少於棉花生長所需的二百天，農業自然由盛而衰；嚴重的環境污染，也使得鹹海鄰近地區的居民百病纏身，母親被警告不要以母乳餵食嬰兒，嬰兒死亡率高達千分之一百。更糟的是，前蘇聯政權解體之後，新成立國家的財力大不如前，「寧靜的車諾堡事件」的解決之日，遙遙無期。

沙漠地下水庫不再：非洲的查德湖和許多湖泊一樣，因為氣候變遷加上人為因素的影響，面積迅速縮小。尼羅河水主要來自查德湖，湖面縮小，勢必影響尼羅河水量與埃及龐大人口的生計。幾千年前，撒哈拉沙漠曾經是草原，不像現在那麼乾旱。即使是現在，地表上是沙漠，地底下卻仍然有許多昔日遺留下來的「地下水庫」（《世界地理雜誌》第二一〇期）。埃及為了抗旱，在沙漠中設了許多抽水站，抽取地下水。這項大規模（而且持續擴大中）的與大自然爭水的措施，長期實施之後會有何影響，值得觀察。

黃河上游沙漠化、斷流：在東亞洲，黃河因為上游土地逐漸沙漠化（因為氣候變遷、過度放牧、過度用水等因素），最近年年斷流，沒有水流入渤海。「黃河之水天上来，奔流到海不復返」已經不再是必然。一九九七年中國北方發生嚴重乾旱，黃河斷流長達二百二十六天。有一段時間，甚至未達山東，就已經斷流。山東是中國的穀倉之一，黃河斷流勢必衝擊中國的糧食生產。「世界守望研究院」的Lester R. Brown在一九九五年Who will feed China?一書中預言，中國在廿一世紀將面臨嚴重糧食短缺的問題。「政府間氣候變遷小組」推估在全球暖化的影響下，將有更多的人口面臨缺水的問題，中國的乾旱也將持續惡化。這項預告對已經緊繃的中國糧食問題，無異雪上加霜。

（文／許晃雄）

我們常問氣候暖化是否造成了更多的異常天氣與氣候，導致災害更頻繁、更嚴重？其實，這個並不是問題的核心，而且有避重就輕、推卸責任的嫌疑。最重要的是，地球的環境在人類作為的影響下，已經變得更脆



水的三態循環圖：海水蒸發至大氣之中，成為雨水降落地表，再以河水的形態匯集入海，成為一個循環。
圖片來源／Geographica, Periplus.

弱。即使，氣候運作一如往昔，毫無明顯變遷，水患與水荒（一體兩面的水資源問題）仍然會更加嚴重。

水的問題，人的問題

但關於水資源的問題，並不是每個專家都持此悲觀的態度。Bjørn Lomborg 在 *The Skeptical Environmentalist* 一書中，就認為沒有水資源的問題，而是分配與管理的問題；也沒有國家會因為搶奪水資源而戰爭，因為不符合經濟效益。（在台灣出刊不久的中文版《科學人》雜誌，自〈創刊號〉起曾以三期刊登對該書的評論與作者的回覆，值得一讀）。比如，水價普遍偏低，無形中鼓勵浪費。（台灣水價在每度八～十元之間，更是遠低於歐洲、日本等國數十元至上百元的水價。）農業用水比例過高，產值卻偏低。缺水的地區與其將寶貴的水資源用在農業上，不如進口糧食還比較划算……問題的癥結顯然大家都了解，卻是知易行難，已開發的富裕國家或許游刃有餘，貧窮小國已經無水可用，更是無錢購買糧食。

de Villers 也認為中國的問題是“an allocation, supply, and management problem”。中國正進行史無前例龐大的長江三峽大壩工程，並計劃「南水北運」，解決未來經濟發展所需水資源的供需問題。這項龐大的「實驗」從來沒人進行過，也无法在電腦中模擬，對整體生態環境與民生經濟有何衝擊，只有等答案揭曉的時候，才知道這項投

資是否值回票價，或者如鹹海的例子，血本無歸。

無論是自然或人為變遷造成水資源匱乏，唯一的真相是人類並不如自己以為的那麼珍惜自然資源。我們為了提高工作效率、節省時間與人力成本，為了舒適與美觀，不經意地浪費了許多資源。《四倍數》一書中，就指出大部分的資源在尚未使用之前，就浪費掉了。台灣自來水漏水率高達百分之三、

四十，電的使用率不到百分之五十，就是最好的例子。Hawken 等因此提出自然資本主義（Natural Capitalism）的觀念，希望藉由提高資源的使用效率與生產力，達到經濟發展與環境保護的雙贏局面。

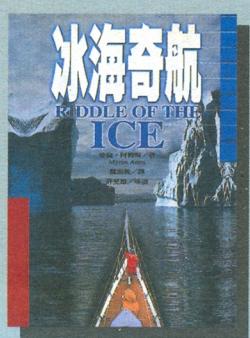
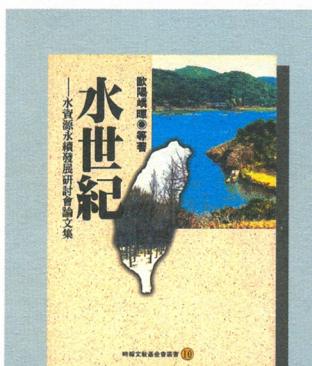
《冰海奇航》書中有一段話是最好的寫照：……我們需要學習分辨，需要瞭解濫用的

危險，需要學習評估替代方案，權衡短期利益與長期成本。

無論氣候是否變遷，水資源生產力的提高勢在必行。綠色革命讓人類暫時避開了馬爾薩斯（Malthus，一七六六～一八三四，「人口論」提出者）預言的飢荒。我們需要有新的觀念，利用新科技，進行一場水資源革命——如以價制量、智慧型節水與儲水設施、海水淡化、節水農業工業等，提高水資源的生產力，為乾渴的未來未雨綢繆。

台灣易澇也易旱，地雖小，水的來源不穩定，問題也一籠筐。《聽，水在說話》道盡台灣水荒、水患與水污染的問題，《台灣的水》告訴我們台灣的水與台灣的人的親密關係。時報文教基金會一系列有關水的書（《水的關懷》、《水世紀》、《我心中的一條河》等），讓我們驚覺台灣的水的問題，是世界的縮影，別人有的問題我們都有，而且我們都知道應該如何解決。可是，水的問題只見越發嚴重，從不見舒緩；這顯然不是自然的問題，而是人的問題。

（本文作者為台灣大學大氣科學系教授）



●延伸閱讀

Brown, Lester R. *Who Will Feed China? : Wake-up Call for a Small Planet*. W. W. Norton, 1995.

de Villers, Marq. *Water: The Fate of Our Most Precious Resource*. Houghton Mifflin Company, 2001.

Hawken, P., A. Lovins, and L. H. Lovins. *Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution*. Little, Brown and Company, 2000.

Lomborg, B. *The Skeptical Environmentalist: Measuring the Real State of the World*. Cambridge University Press, 2001.

von Weizsäcker, E. U. & A. B. Lovins & L. H. Lovins. 《四倍數：資源使用減半，人民福祉加倍》。吳信如譯，台北：聯經，二〇〇〇。

布洛克、達維斯。《水的戰爭》。新新聞編譯小組譯，台北：新新聞，一九九四。（已絕版）林馨琴主編。《我心中的一條河》。台北：時報文化，一九九五。

容劭武。《聽，水在說話》。台北：書泉，一九九五。

麥倫·阿姆斯。《冰海奇航》。魏韻純譯，台北：新新聞，二〇〇一。

張文亮。《台灣的水》。台北：文經社，二〇〇一。

歐陽嶠暉等。《水世紀》。台北：時報文化，一九九五。

蕭新煌等。《水的關懷》。台北：時報文化，一九九一。