

菲律賓呂宋西北岸一萬年來的海平面變動

文・圖／宮守業

摘要

現在大家都很關心全球暖化，因為全球暖化很可能會引起冰河溶解而造成全球海平面上升。那麼，地球溫度上升多少度之後，冰河會溶解多少？海平面又會上升多少呢？

科學家根據巴貝多、大溪地等地珊瑚礁鑽探已經發現，全新世海平面上升的速率並不一致，7000 年以來大致沒有太大變動，1 萬 4 千多年前的海平面可能在 500 年之內上升了大約 20~25 公尺。假如從現在開始 20 年，全球海平面上升 1 公尺，那麼世界上幾個大三角洲，像珠江三角洲、密西西比三角洲、恆河三角洲這些人口密集的地區，都會發生毀滅性的災難。

目前所知道的海平面上升過程仍然相當簡略，所以科學家一直在努力建立更詳細的海平面上升過程。我們 2008 年 4 月在居里茂鑽探所得當地珊瑚礁的層序和年代剖面顯示，呂宋西北岸在將近 1 萬年前海平面比目前低了 25~27 公尺左右；大約 9000 年前，上升到低於目前海平面 21~23 公尺；大約 8000 年前上升到低於目前海平面 10~12 公尺左右，大約 7000 年前，上升到目前海平面左右。

關鍵詞：全球暖化、海平面上升、全新世、珊瑚礁、菲律賓

2008 年 4 月，筆者前往菲律賓西北部北伊洛可斯省 (Ilocos Norte) 的居里茂 (Currimao)，進行全新世珊瑚礁的鑽探。2009 年 2 月又再度前往拉允隆省 (La Union) 的巴拉微耳 (Paraoir) 工作了 1 個月。上次去就遇到了許多困難，為什麼還要再自討苦吃呢？當然是因為上次的收穫還滿不錯的，值得克服種種困難去做。

現在大家都很關心全球暖化，因為全球暖化很可能會引起冰河溶解而造成全球海平面上升。那麼，地球溫度上升多少度之後，冰河會溶解多少？海平面又會上升多少呢？要回答這個問題得到地球歷史裡找前例。最接近現代，可以供我們參考的例子是末次冰期結束後，2 萬年以來的歷史。科學家根據巴貝多 (Barbados)、大溪地等地珊瑚化石的分布，重建出末次冰期以來海平面上升過程。發現 2 萬年來海平面上升了大約 120~130 公尺 (Fairbank, 1989; Bard et al., 1996) (圖 1)。在這個過程中，有 50 兆立方公尺的冰溶解，流入大海；全球平均溫度上升了攝氏 6~7 度。這當然對我們面對全球暖化的問題有很大的參考價值，所以很多科學家現在都在努力把過去 2 萬年來，特別是 7000 年以前的海平面上升的過程仔細弄清楚。

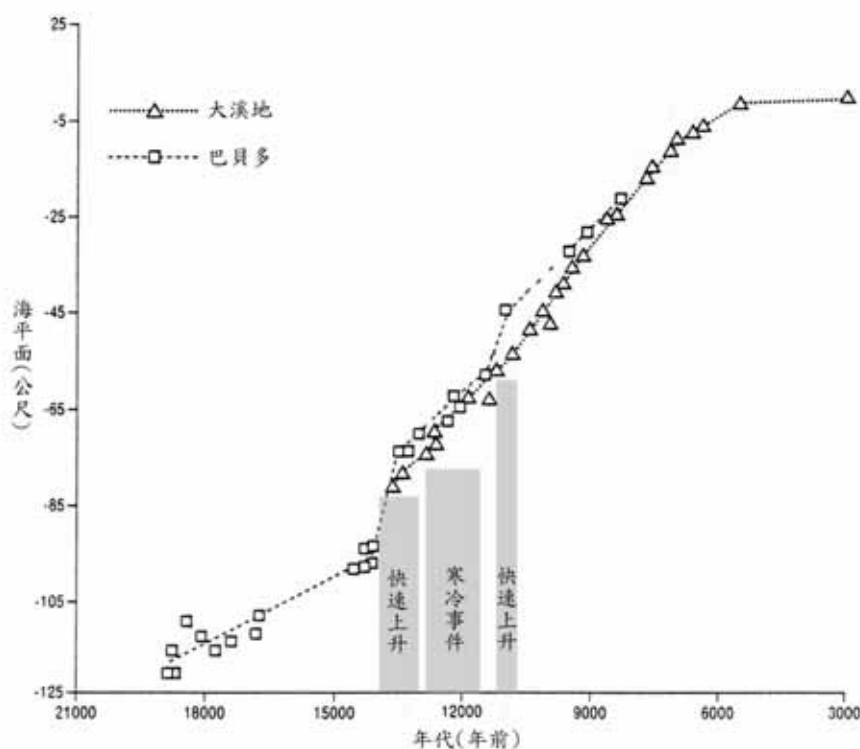


圖 1. 巴貝多和大溪地末次冰期以來海平面上升記錄

科學家已經發現，全新世上升的速率並不一致，7000 年以來大致沒有太大變動，而在某些年代又特別快。有些科學家認為，1 萬 4 千多年前的海平面可能在 500 年之內上升了大約 20~25 公尺 (Weaver et al., 2003; Webster et al., 2004)；1

萬 1 千多年前也是另一個海平面快速上升的時期。這表示我們不能用一個簡單的公式，來推算地球溫度上升多少，海平面會上升多少。有可能某一個時期特別快。這就很麻煩了。假設 500 年上升 25 公尺，就是說從現在開始 20 年，全球海平面上升 1 公尺，那麼世界上幾個大三角洲，像珠江三角洲、密西西比三角洲、薩爾溫江三角洲、恆河三角洲這些人口密集的地區，都會發生毀滅性的災難。現在你知道為什麼科學家那麼關心海平面上升的過程了吧！

可是全球海平面上升並不是很容易弄清楚的。前述根據巴貝多、大溪地等地珊瑚化石建立的海平面上升過程仍然相當簡略，而且兩者還不完全一致。所以科學家一直在努力尋找更詳細的資料，希望能建立詳盡的海平面上升過程。可是由於我們還不完全知道的原因，世界各地 8000 年以前的珊瑚礁記錄非常少。其他地區珊瑚礁的鑽探結果到目前為止甚至還不如巴貝多、大溪地的連續而完整。所以說研究尚未成功，同志仍須努力。

菲律賓是所謂「珊瑚三角」(菲律賓、印尼和新幾內亞)的一部分，向來被認為是珊瑚的擴散中心，又鄰近西太平洋暖池(Western Pacific Warm Pool)。理論上應該是冰河時期結束後，氣候最先回暖的地區之一。這也是當初前往菲律賓的重要原因。

我們 2008 年 4 月在居里茂鑽探所得當地珊瑚礁的層序和年代剖面(圖 2)顯示，呂宋西北岸在將近 1 萬年前(準確的說是 9.85 千年前)海平面比目前低了 20~22 公尺左右(有誤差範圍的原因是當初珊瑚生長的水深有一個範圍)，再考慮當地構造運動造成的上升了 3.5 公尺左右，1 萬年前的海平面就比目前低了 23~25 公尺左右。1 萬年前之後，海平面繼續上升，到大約 9.16 千年前，上升到低於目前海平面 21~23 公尺；大約 8.18 千年前上升到低於目前海平面 10~12 公尺左右；大約 6.86 千年前，上升到目前海平面左右。這是到目前為止南中國海地區根據珊瑚礁所做的最早、最可靠的海平面記錄。

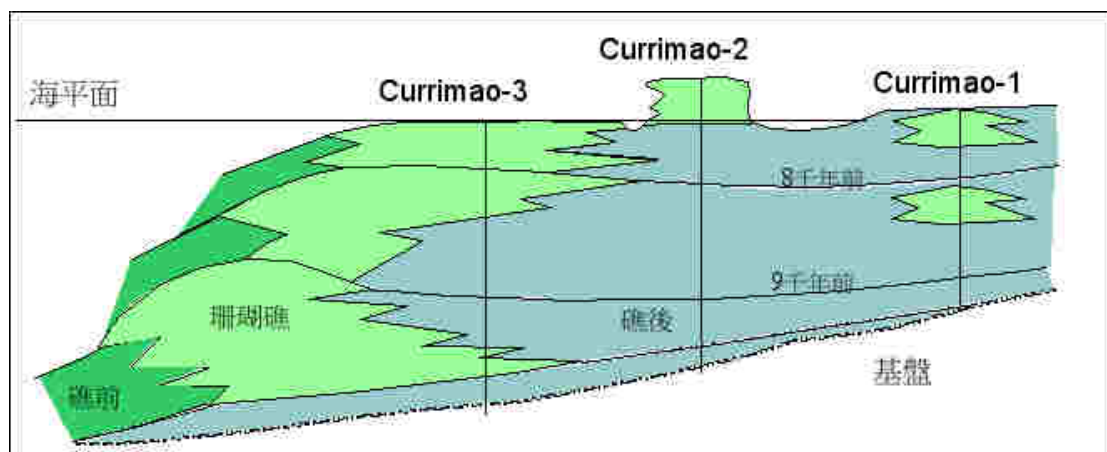


圖 2. 居里茂珊瑚礁鑽井的岩相、年代剖面圖。



圖 3. 圖中岩芯標本上方的角菊珊瑚年代是 6 千 5 百多年前，下方的微孔珊瑚化石是大約 1 萬 2 千 8 百多年前。這怎麼解釋呢？

找！

還有一個有趣的事，大溪地的海平面在 1 萬年前大約低於目前海平面 37 公尺(Bard et al., 1996)，比居里茂 1 萬年前的海平面大約低了 10 公尺(圖 4)。科學家一致公認大溪地的海平面記錄是最完整可靠的，那是不是居里茂的海平面記錄不正確呢？可是我們查到澳洲西岸(東印度洋) Abrolhos 島珊瑚礁中的海平面記錄(Eisenhauer et al., 1993)，竟然與呂宋西岸居里茂(南中國海)幾乎一致。在科學上，一件事情有兩件獨立的證據，它的證據力是很強的。所以可以合理的相信，Abrolhos 島和居里茂的海平面記錄都是可靠的。那麼，1 萬年前的海平面究竟低於目前海平面 37 公尺還是 27 公尺呢？或者太平洋和印度洋、南中國海的海平面不一樣呢？還是那句話，研究尚未成功，同志繼續努力。

可是這次我們還是沒有找到 1 萬年前的珊瑚礁。呂宋西岸的海平面和珊瑚礁在科學家最想知道的 1 萬 4 千多年前和 1 萬 1 千多年前的兩次海平面快速上升事件中究竟發生了什麼事，仍然是未知數，有待繼續探求。不過，我們的確發現了一個滾動過的微孔珊瑚(*Porites*)化石，年代是 1 萬 2 千 8 百多年前，卻在數千年後被一個年代為 6 千 5 百多年前的角菊珊瑚(*Favites*)長在上面(圖 3)。這表示當地很可能在 1 萬 2 千多年前就有珊瑚礁了，只是這次我們沒找到而已。下次再去找！

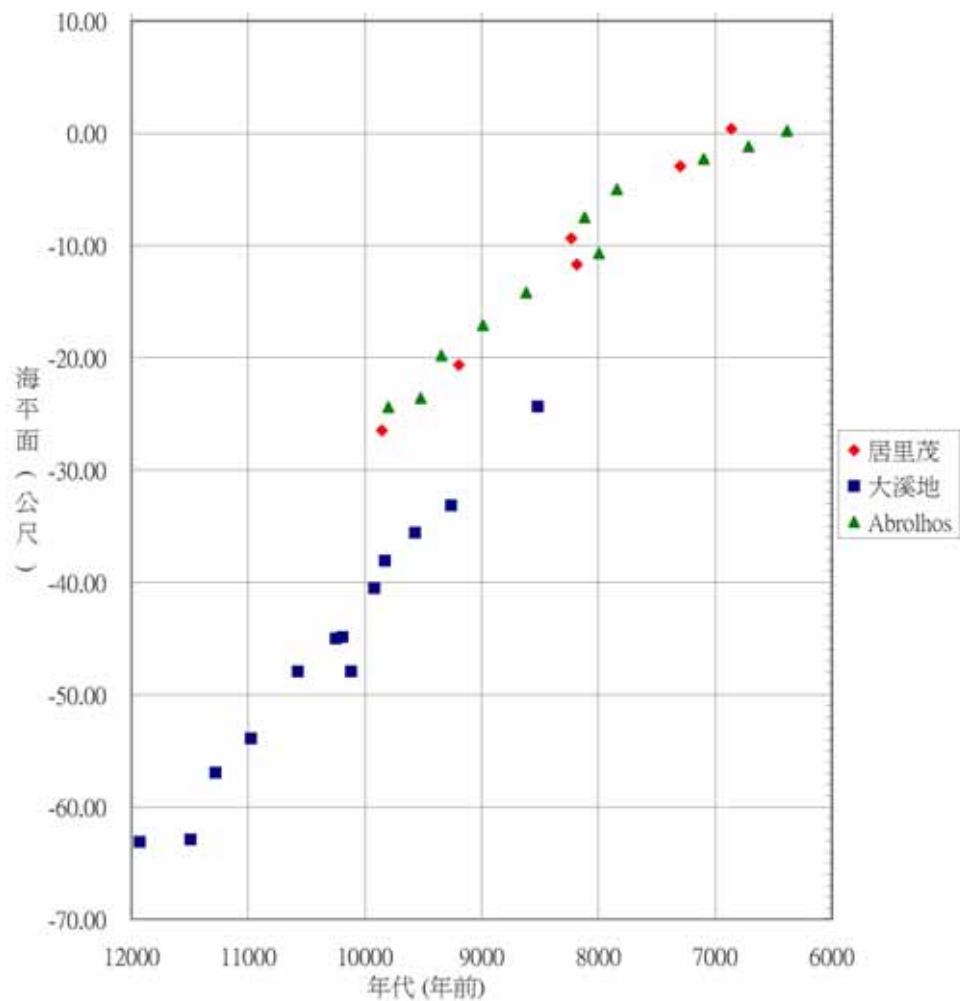


圖 4. 居里茂地區的海平面記錄和大溪地海平面記錄的比較

參考文獻

- Bard, E., Hamelin, B., Arnold, M., Montaggioni, L.F., Cabioch, G., Faure, G., & Rougerie, F., 1996. Deglacial sea-level rise record from Tahiti corals and the timing of global meltwater discharge. *Nature*, 382:241-244.
- Eisenhauer, A., Wasserburg, G.J., Chen, J.H., Bonani, G., Collins, L.B., Zhu, Z.R. & Wyrwoll, K.H., 1993. Holocene sea-level determination relative to the Australia continent: U/Th (TIMS) and C14 (AMS) dating of coral cores from the Abrolhos Islands. *Earth and Planetary Science Letters*, 114: 529-547.

- Fairbanks, R.G., 1989. A 17,000-year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation. *Nature*, 342:637-642.
- Weaver, A.J. Saenko, O.A., Clark, P.U. &Mitrovica, J.S., 2003. Meltwater Pulse 1A from Antarctica as a Trigger of the Bølling-Allerød Warm Interval. *Science*, 299: 1709-1713.
- Webster, J.M., Clague, D.A., Riker-Coleman, K., Gallup, C., Braga, J.C., Potts, D., Moore, J.G., Winterer, E.L. & Paull, C.K., 2004. Drowning of the -150 m reef off Hawaii: A casualty of global meltwater pulse 1A? *Geology*, 32:249-252.