

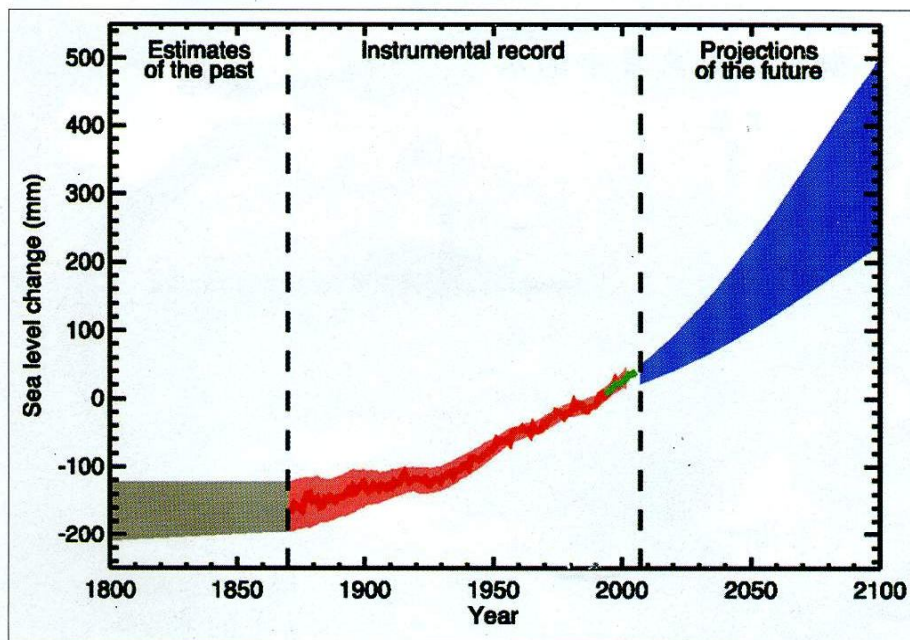
氣候暖化與海平面高度

前言

是否海平面高度會隨著氣候暖化持續上升？這是全球普遍關切的問題，地勢較低和海島型的國家尤其不敢掉以輕心。聯合國跨政府氣候變遷小組 (IPCC) 在二〇〇七年發表的第四次評估報告公布了上一個世紀的全球平均海平面上升速度，約為每年 1.7~1.8 毫米 (1.7~1.8 mm/year)，一百年升高 17~18 公分；如果不積極減碳，本世紀末的海平面高度有可能比上世紀末高出 22~50 公分，平均上升速率約為每年 4 毫米 (4 mm/year)，為二十世紀上升速率的兩倍以上 (圖1)。海平面上升除了造成海岸線退縮，還可能使原本容易發生淹水的低窪地區出現更頻繁更嚴重的洪災，沿海區域的海水侵蝕情況更為惡化，許多居住地與文化遺產可能隨之消失。臺灣四面環海，主要的人口與經濟活動集中在沿海城市，追求社會安和樂利與經濟永續發展的同時不能忽視氣候暖化與海平面高度的變化。

海平面高度

海平面高度變化分為全球平均變化和區域變化兩種，二者不能混為一談。如同陸表的高度有高有低，海表面的高度自然也不是各處相同。全球平均海平面高度的估算基礎乃是根據海水總體積，也就是如果不考慮海洋盆地容積的變化 (如：板塊的擴張與移動)，海水體積愈大平均高度就愈高，總體積愈小時平均高度就愈低。地球自然界水分子總量不變，也就是液態、氣態、固態水的總量基本上是固定的。水以不同型式儲存在地球不同地方 (圖2)，有 97% 儲存在海洋裏，其餘主要儲存在高山上的冰河、積雪和南北極區的冰山與冰原。氣態水在大氣中停留的時間不超過兩週，液態水可留在海洋裏數千年，留在地底下的時間甚至能超過萬年。高山與極區的冰河、冰蓋、積雪是最主要的淡水儲存庫，全球 75% 以上的淡水資源都存在這裏，有 99% 存在南極大陸和北極格陵蘭。由於水的總量不變，如果陸地上存的水減少，海洋的存水就會增加，海平面高度



←圖1. IPCC 第四次評估報告提供的全球平均海平面高度相對於一九八〇至一九九九年平均值偏差隨時間的變化。中段紅色部分是運用全球一百多個潮位站觀測資料估算的結果，顏色範圍愈寬表示誤差範圍愈大。運用一九九三年之後的衛星觀測估算結果以綠色曲線表示。二〇〇七年之後的藍色部分是數值模式的計算結果，一八七〇年以前的灰色部份是根據少量潮位站觀測的估算結果。圖片來源：http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/faq-5-1-figure-1.html

便會上升。

區域海平面高度則是指特定地點的海面高度，通常是以近海的陸地上某一定點作為水準點，衡量海平面的相對高度。區域海平面高度會因水準點受地層下限、冰河反彈、大規模地殼結構運動的影響而改變，和全球海水總體積變化沒有必然的關係。遠洋的海面高度會因海底地形產生差異，海底山脈以上的海面高度相對偏高，深海溝或海盆以上的海面高度則相對偏低。

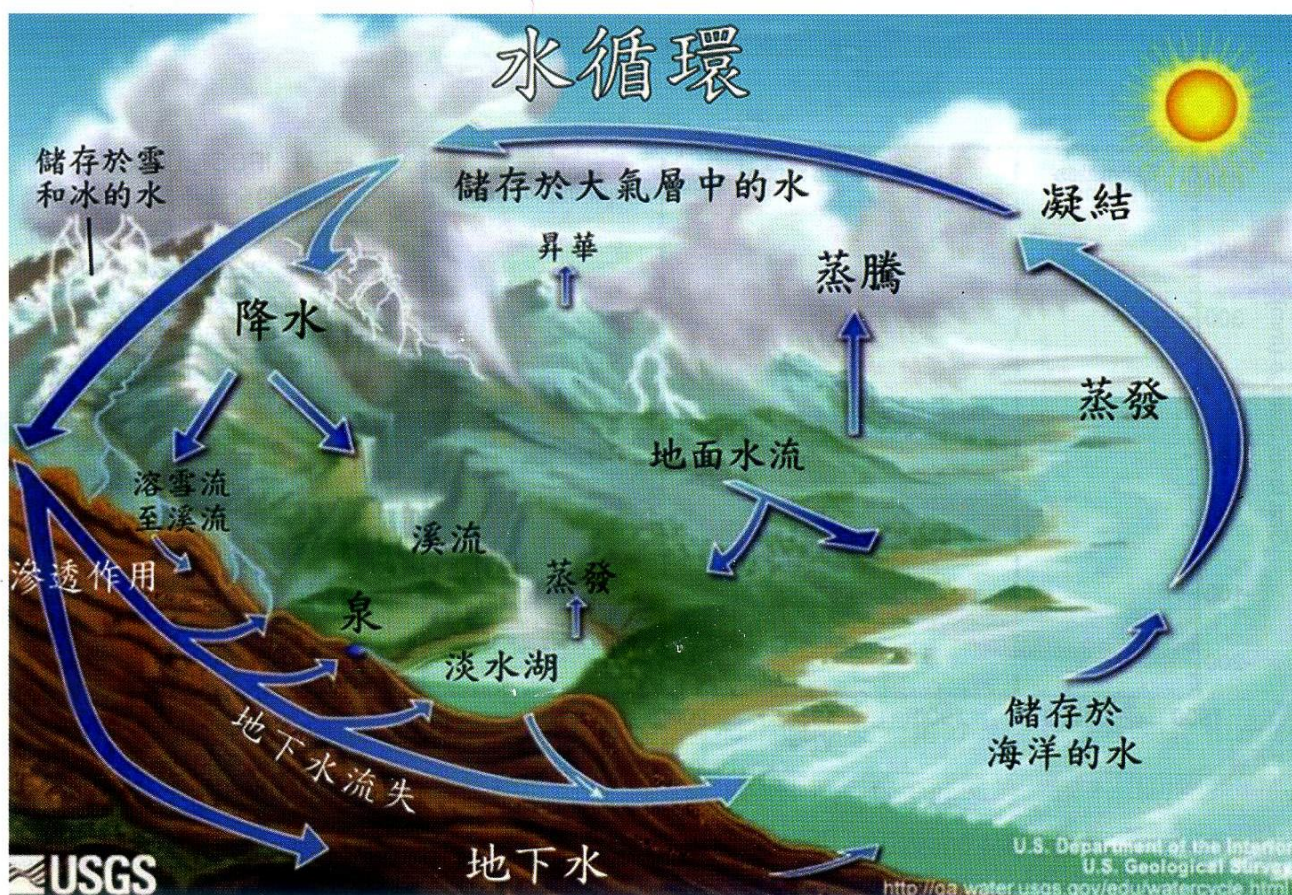
海平面高度隨時間的改變

在四十六億年的歲月中地球經歷過十一次冰河期，距離現在最近的一次發生在一萬八千年前，全球大概有 $1/3$ 的陸地覆蓋在冰雪之下，全球平均海平面高度與現在相比可能低

了 130 公尺。大約在距今一萬年前，海平面高度隨著氣候暖化快速回升，到距今三千至五千年前達到穩定，近三千年來海平面高度變化不大。

氣候暖化並不會帶來區域海平面高度的全面上升。以美國阿拉斯加和加拿大為例，在一些發生冰河退縮的沿海區域，過去五十年出現海平面高度明顯下降的現象，稱為冰河反彈。由於冰的重量較重，冰河下的土地長期承受極大的重量，一旦冰溶化成水流入大海，地表因承受的壓力變輕即會出現陸面上升的反彈現象，以致於海平面高度相對下降。

區域海平面高度除了因地層變動帶來的變化之外，也會隨著潮汐、氣壓、風、海嘯等天文、氣象、地震因素改變，但是這些因素影響的時間尺度和冰河消長或大規模的地殼板塊結構性變化相比是非常短暫的。



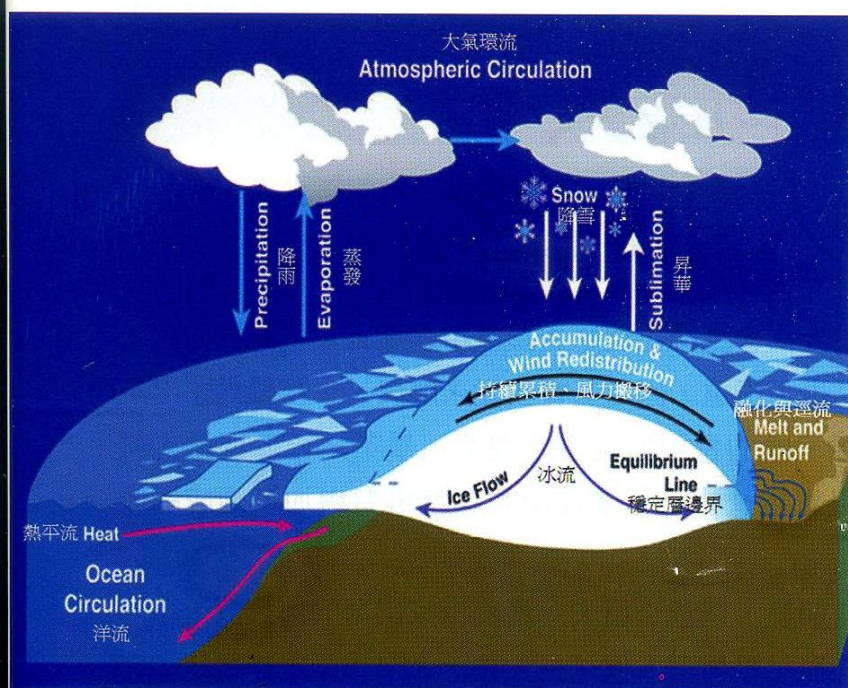
↑圖2. 水循環示意圖。地球表層水體構成的水圈包括海洋、河流、湖泊、沼澤、冰河、積雪、地下水和大气中的水。海洋和地表中的水蒸發到天空中形成了雲，雲中的水通過降水落下來變成雨，冬天則變成雪。落於地表上的水滲入地下形成地下水；地下水從地下冒出形成泉水，經過小溪、江河匯入大海。水在陸地、海洋、大氣之間運行變化構成水循環。圖片來源：<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%B4%E5%BE%AA%E7%8E%AF>

氣候暖化對海平面高度的影響

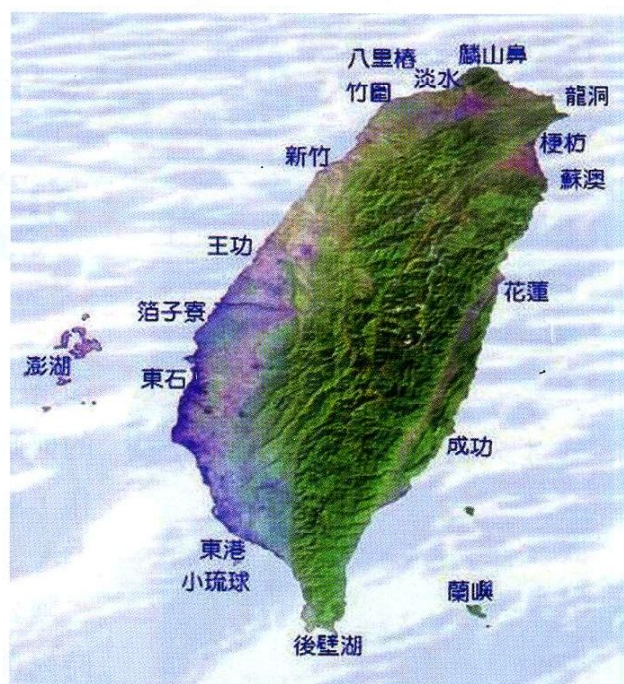
儘管影響海平面高度變化的因素甚多，全球平均海平面高度會隨氣候暖化而升高是相當確定的，因為海水的體積必隨海水溫度升高而膨脹，另外還會有大量因陸地和極區冰雪溶解產生的淡水注入海中，也會造成海水體積的增加。漂浮在極區洋面上的海冰並不影響海水總體積，因此它們的消長速度不直接影響全球海平面的高度變化。但是海冰變少會加速海洋的熱平流（圖3），使海冰更加快速消滅，海面上冰的覆蓋面積減小使海洋吸熱能力增加，有利

於氣候暖化與全球平均海平面高度升高。

科學家估計如果北極格陵蘭陸地上的冰完全溶化，可造成全球海平面高度上升 7 公尺，需要的時間長度大概是數百年至千年之久。南極的西半部有些部份地勢較低，甚至低於海平面，近些年來已出現冰架崩塌的現象，如果這些地方的冰完全融化，可造成全球海平面高度上升 5 公尺，整個過程同樣需要數百年以上的時間。東半部地勢甚高，有些區域的高度在 1500 公尺以上，積冰厚度超過 1500 公尺，平均氣溫低於零下 40 度，因此縱使全球平均氣溫比現在升高 6 度，也不容易破壞南極東半部



↑圖3. 海洋、大氣、海冰與極區冰河之間水循環示意圖。
圖片來源：http://en.wikipedia.org/wiki/Current_sea_level_rise



↑圖4. 中央氣象局潮位站設置地點。圖片來源：http://www.cwb.gov.tw/V7/eservice/docs/overview/observation/mmc/cwbmmc_obs_tide.htm

積冰的穩定度。如果這些全球最穩定的冰也完全融化，可能造成海平面上升 55 公尺，需要的時間要千年以上。

臺灣附近海平面高度變化

臺灣自一九五七年開始就有潮位站（基隆）資料記錄，由中央氣象局維護的潮位站現在已遍布全島（圖4）。國內一些學者分析三十年以上的潮位站資料發現，臺灣附近海平面高度上升速度約為每年 0.23~0.25 毫米（0.23~0.25mm/year）。據海洋大學海洋環境資訊系助理教授董東璟研究，推估二一〇〇年臺灣附近沿海海平面將比現在上升 36~59 公分。地

層下陷是造成臺灣附近海平面上升的重要原因，近二十年南海的海溫偏高、太平洋副熱帶高壓偏強、熱帶太平洋聖嬰現象活躍都有可能造成臺灣附近海平面高度升高，全球暖化並的影響相對較小。

不管誰是造成海平面高度上升的元兇，影響的後果都是相同的。沿海低窪地區更容易發生水災，海岸受到侵蝕的程度更強，颱風帶來的暴潮頻率和破壞力都隨之增加，災害規模更大。不僅危害沿海居民的生命財產安全，也會使土地鹽化與海水內侵，造成農業減產，破壞生態環境。正視與減緩臺灣的區域海平面上升，實在是寶島居民的當務之急。

