

宜蘭蘭陽平原與圓弧形海岸的形成

甘藷形狀的台灣島在東北角好像被咬了一口，成為幾近圓弧形的海岸線，且有腹地頗大的蘭陽平原，與東部其他陡峭的岩質海岸不同，其必經特殊狀況所形成。

引言

由於地殼板塊的飄浮作用，菲律賓海洋板塊持續不斷向西推擠歐亞大陸板塊，引發蓬萊造山運動，大約在五百萬年前台灣島才擠出了海面，因此台灣島東邊應同為陡峭的岩質海岸。但是在東北角宜蘭的海岸僅冬季的東北季風比較強烈，但其波濤也未正面吹襲，竟然會形成內凹的圓弧形海岸和呈三角形的蘭陽平原。本文根據近期已發表的資訊綜合說明其形成的過程。

蘭陽平原的形成未明

當人們從台北市往宜蘭經過北宜公路時，必須爬行五十餘公里才能到達雪山山脈稜線，而後轉為下坡。由於山坡過於陡峭，必須使用「九彎十八拐」的方式幾近於垂直下降到蘭陽平原；高度從約一千公尺的山脊陡降至約四百公尺平原的邊緣。

山脈大陡坡的發生，一般是有斷層存在，兩邊地面經百千萬年的變動，才有數百、數千公尺的高差。但是在台灣地質資料上，這個大陡坡附近並無斷層通過。

蘭陽平原被認為是由蘭陽溪帶來的砂土沖積而成的，但是一般的沖積平原大都呈扇形，而蘭陽平原卻呈三角形。

台灣島東岸是由海底浮出，應同為陡峭的岩質海岸，即由花東海岸呈直線伸展通過龜山島的東方大約15公里處，一直到達三貂角。但是在蘭陽平原的西海岸卻呈內凹的圓弧形海岸線。

上述這些現況如何形成？是否曾經被大自然的力量所削切出來的？仍待解答。

台灣東北海底發現高沉積區

2001年4月底，國際共同參與的海洋鑽探船「聯合果敢號」在台灣東北海域進行海洋鑽探計畫(ODP)1202站的作業。在龜山島東方約75公里處的南沖繩海槽南坡，即宜蘭海脊北坡、水深1,275公尺處，鑽取四口岩心，其中最深一口深入海底地層410公尺。由鑽取的岩心，氧同位素研究綜合紀錄中，其沉積率估算約為每千年500公分(1)，一般海底沉積率平均才有3-5公分而已，我們可以



台灣東北角附近地形圖

發現此處沉積率是世界最高的區域。

根據ODP研究室發表的成果，1202站岩心中有深厚的砂層，被認為是含有由岩屑形成的碳酸鹽和高含量的雲母，可以在台灣的山脈裡找到的低等級變質片岩和泥灰岩；換言之，該區的砂土沉積物與台灣島的山脈成分相近(2)，其來源應來自台灣的山脈。但是在1202站最接近的大溪流——蘭陽溪，是一條清流，含沙量很低，並且流量有限。每年流出的沉積物不超過150萬立方公尺；又根據1996年台灣水資局的資料透露，沉積量每年僅約八億噸，況且蘭陽溪河口與1202站距離約有90公里，顯示蘭陽溪流出的砂土不可能到達該站沉積410公尺厚，其沉積物的來源不明。

根據1202站所鑽探410公尺岩心的研究成果，沉積物的年代如下：

一、從重氧同位素消耗量得知，砂土沉積物從17,000年前開始沉積，持續到8,000年前。

二、在大量的沉積物中，由小於63微米部分的碳氮比(C/N)和碳酸鈣含量的研究得知，1202站在25,000年前至11,000年前之間，有來自陸地的砂土大量流入，一直到10,000年前才達到今日的「亞洋性狀態」。

三、由岩心的沉積物中，氧同位素數值的反算得到更正確的數值，其發生的沉積紀錄是在11,600年前至11,100年前的「新仙女木冰期」。

上述三種砂土沉積物檢測發生的年代取其平均大約在12,000年前，這是地球第四冰河期結束的年代。

上述三種砂土沉積物檢測發生的年代取其平均大約在12,000年前，這是地球第四冰河期結束的年代。

台灣東北海域是災害性海嘯起源區

第四冰河期在一萬八千年前達到最高峰，全世界的冰河作用達到頂點，一些水分結成冰雪被攔截在陸地上。當時冰雪所覆蓋的地區比今日大三倍，全球地面上堆積著厚達數十至上千公尺的冰層，因此海平面比現在低約120公尺。此後氣溫開始回暖，冰河逐漸消退，海平面隨之持續上升。冰河期在一萬二千年前結束，地面上數量龐大的冰雪溶化而消失後，在軟流層的地殼強度因而減弱，地殼平衡受到破壞而產生裂縫，地球內部岩漿庫的岩漿就從裂縫竄出，因此發生一連串的火山爆發，以及強烈地震。

台灣東北部的火山區是在琉球火山島弧和呂宋火山島弧連接的轉折處；此處的台灣東北角，屬於雪山山脈北段，從遠古以來到近萬年前，曾經多次發生火山爆發，至今還遺留有著名的礁溪與烏來兩處天然溫泉區，分別位於雪山山脈的東西兩山麓。在附近的龜山島海域仍有多達六十多座噴出型海底火山，其中有11座為活火山。龜山島是大約七千年前海底火山爆發後才形成的火山島，至今仍為活火山。這些現象代表東北角就是屬於火山地帶的性質；2005年學者李昭興等人曾提出警告：東北海域火山群是台灣災害性海嘯起源區。

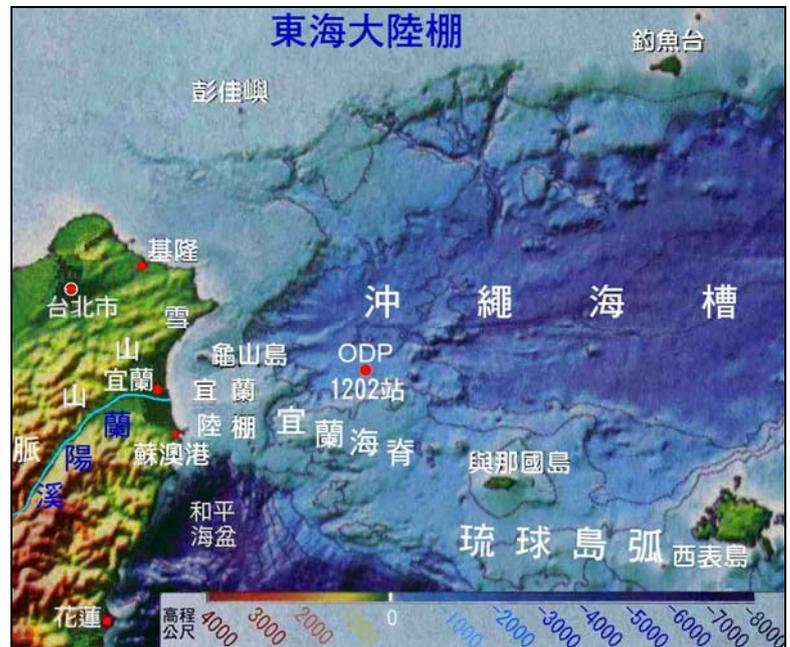


圖2 台灣東北海域地形圖

雪山山脈證實有層型火山構造曾造成大山崩

1997年12月北宜高速公路雪山隧道鑽掘中，發現地層複雜和產生大量湧水的現象，其高壓大湧水，每小時達750公升，隨伴而生大量土石流。高速公路新建工程局曾自雪山隧道的開挖面分別採集地下水樣進行¹⁴C(碳十四)及³H(氫)同位素定年法檢測。由³H檢測顯示這些地下水很少與地面雨水混合，即不屬於地表水；由¹⁴C定年檢驗結果顯示，地下水的生成年代都是四、五千年以上，甚至有三處超過八千年，俗稱「萬年古水」。上述兩種現象，表示雪山山脈北段有「天然地下水庫」。由此可知，台灣東北角雪山山脈北段屬於「層型火山」構造的一種，易於崩塌。開鑿雪山隧道時，挖破這些水庫才產生大量湧水。

在冰河期結束時，引發雪山山脈北段火山爆發，其地下岩漿上升時，將山脈裡的「天然地下水庫」加熱而膨脹，內部產生極大蒸汽壓力而導致大山崩，整片巨大的東側山坡大量砂土及岩塊滾落太平洋三千公尺深的海底，部分濱海陸地因而消失，形成內凹的美麗圓弧形海岸線。

東北角大山崩土石飄散到ODP1202站

從雪山山脈陡坡以東、中央山脈以北和原海岸線圍成的面積，估算約有800平方公里。在這一大大山坡崩塌時，高度從現在雪山山脈北段稜線約1500公尺至500公尺之間降低至海平面以下，估計平均降低約600公尺，以此估計至少有480立方公里的土石方崩落，換算約有一兆二千億噸以上的土石方滾落太平洋海底。崩落的龐大土石方引起一個巨大的「超級海嘯」，毀滅人類的古文明。

在雪山山脈崩落後，巨大的土石方不但填滿東邊三千公尺深的海溝，而且造出「宜蘭陸棚」和「宜蘭海脊」，連接琉球島弧。其崩落入海的鬆散土石受到黑潮海流2.8~3.8公里時速的沖激而向東、北方飄散，沉積於南沖繩海槽，使其海底墊高千餘公尺。由海底地形圖可以看出宜蘭陸棚和宜蘭海脊南坡呈陡坡，而北坡(1202站的坡面)呈緩坡，這些現況說明曾有雪山山脈大山崩的土石崩落海中，飄散到達距離原海岸線西方僅約60公里的1202站，可以說明該站沉積物的來源。

從海岸地形判讀大山崩使蘭陽溪從蘇澳灣改道

現今蘭陽平原最大河流——蘭陽溪，發源於南湖北山，沿著山谷向東北流到下游的蘭陽平原，轉東向流入太平洋。其出海口附近的海岸和海底地形顯示，沒有海底沖積扇的證據和主要的斜坡變形特徵，而其海底坡度平緩，流出的沙土沉積物不多，並未留下明顯的堆積物，而且海岸線也較平直，顯不出大河流出口長期流出沙土沉積物的象徵，表示蘭陽溪是近期才形成的年輕河流。

根據台灣東北角附近地形圖，可以看出台灣東北海域的等高線是以蘇澳灣為中心，向外降低高程。因受到黑潮向北流動的影響，從蘇澳灣流出的砂土沉積物，以偏北流入太平洋，形成現在的海底地形，以致海底等高線向北偏移。蘇澳灣有北方澳和南方澳兩座突堤凸出海岸，而且還有深度在一百公尺以內的海底橢圓形沙洲在出海口外海，明確地顯示蘇澳灣曾經是大河流長期的出海口。這個大河流唯一的可能就是蘭陽溪，曾經長期流經此地出海。

由此可以解釋，自古以來到冰河期結束以前，原來的雪山山脈擋住蘭陽溪北流，而迫使它轉彎到蘇澳灣出海，但是在一萬二千年前雪山山脈北段東側大山崩，土石沒入海底後，蘭陽溪的下游沒有高山阻隔，不需轉個大彎流到蘇澳灣出海，而直接沖入太平洋中，形成年輕的河流，也間接證明雪山大山崩的事實(3)。

從地質學探討雪山山脈大山崩形成蘭陽平原

從台灣東北角附近地質圖可以看出雪山山脈北段是「中新世」和「漸新世」的岩層。蘭陽平原

是一個廣大的三角形「沖積平原」，其沖積平原的沉積物來源除了蘭陽溪以外，其他的河流均為區域性的小溪流，缺乏大量砂土的搬運力；然而長達66公里的蘭陽溪是一條清流，含沙量低，並且流量有限，因此蘭陽平原廣大的沖積層如何造成？令人費解。

蘭陽平原西側有西村層和四稜沙岩的聚合岩脈，其中四稜沙岩硬度為7，比鋼鐵5.5還高，但是這個岩脈驟然在蘭陽平原接壤處呈破裂狀斷頭而消失(大圓圈處)。另外在雪山隧道東端出口處，也就是工程施工最困難的地段，有一塊四稜沙岩(小圓圈處)。根據地質圖可以發現四稜沙岩的岩脈是在雪山山脈稜線附近成為主體。雪山隧道東端出口的一塊四稜沙岩，可能是雪山山脈稜線主體岩脈的延續，在雪山山脈崩塌入海後，成為單一岩塊。

一般人認為蘭陽平原是由蘭陽溪帶來的沖積物堆積而成，但是從中央地質調查所的水文地質調查研究資料透露，蘭陽平原接近中央的沖積層最厚，反而接近出海口的沖積層較薄，與一般的沖積平原愈接近出海口愈厚的現象相違背(4)，顯示蘭陽平原不是由蘭陽溪所沖刷的泥沙堆積而成的沖積平原。另外在蘭陽平原的中央部分，正是堅硬的雪山山脈西村層和四稜沙岩的聚合岩脈延伸線上，應仍是岩脈構造，竟然成為沖積層最厚的部分，這些現象顯示蘭陽平原並非蘭陽溪的沖積平原，而是由雪山山脈崩落的砂石所造成的。

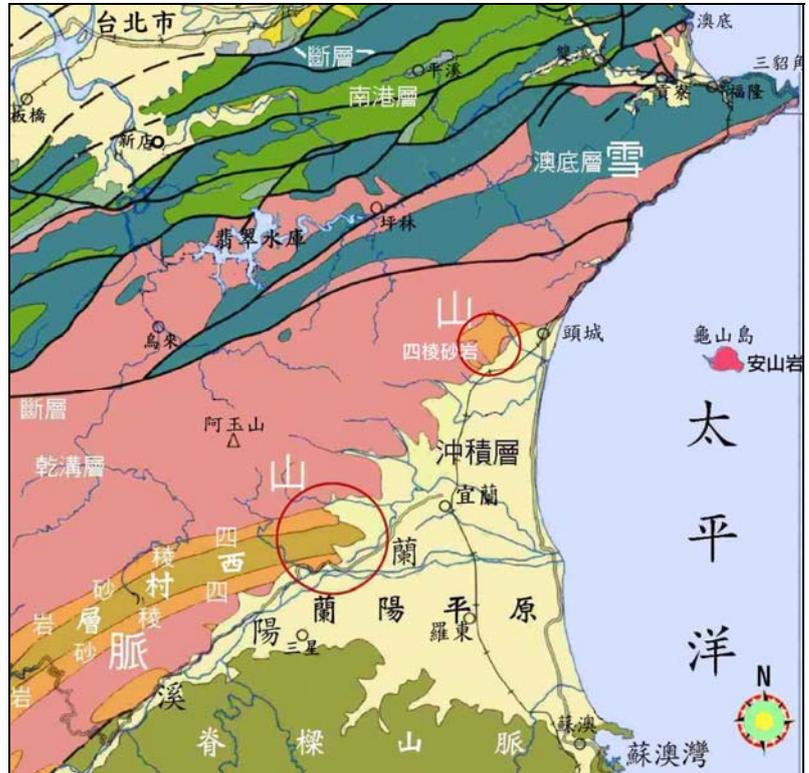


圖 3 台灣東北角附近地質圖

結語

蘭陽平原是一萬二千年前雪山山脈北段火山爆發，產生大山崩，由滾落的砂石鋪成的，同時造成從三貂角到蘇澳的圓弧形內凹之海岸線。

參考資料

1. Wei, K. Y., Mii, H. and Huang, C. Y., Age model and oxygen isotope stratigraphy of Site ODP1202 in the southern Okinawa Trough, northwestern Pacific. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences, TAO* 16, 1. 2005.
- 2.. Salisbury, M.H., Shinohara, M., Richter, C., et al., Proceedings of the ocean drilling program, initial reports volume 195; Site 1202. The Integrated Ocean Drilling Program, Publication Services 2, 2002.
3. Ho, Hsien-Jung and Hsui, Haw-Ping, Mega-Tsunami In Northeastern Taiwan At Least 12,000 Years Ago, *3rd International Conference On Asian And Pacific Coasts 2005*, Hanrimwon Publishing Co., Seoul Korea, 199-208, 2005.
4. 陳文山著，2000；沉積物與沉積環境分析及地層對比研究——蘭陽平原，台灣地區地上水觀測網第二期計畫水文地質調查研究。